

**T.C.  
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI  
DSİ JEOTEKNİK HİZMETLER VE YERALTISULARI DAİRESİ  
BAŞKANLIĞI**

**TEMEL SONDAJ VE ENJEKSİYON  
TEKNİK ŞARTNAMESİ**



**Destek Hizmetleri Dairesi Başkanlığı  
Basım ve Foto - Film Şube M¼d¼rl¼Đ¼  
ANKARA — 2013**





**T.C.**  
**ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**  
**DSİ Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı**



Sayı : B.23.1.DSİ.0.14.15.00-114.02-526921  
Konu : Temel Sondaj ve Enjeksiyon

06.11.2012

**GENEL MÜDÜRLÜK MAKAMINA**

6 Nisan 1987 tarih ve 1332 sayılı Genel Müdürlük Olur'u ile yürürlüğe giren "Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi" tünel açma tekniklerindeki yenilikler ve kimyasal katkı malzemelerinin enjeksiyon karışımlarında kolaylıkla kullanılabilir hale gelmesi sonucunda yetersiz hale gelmiş, yeni tanımlama ve uygulamaların tariflenmesiyle yenilenmesine ihtiyaç duyulmuştur.

Bu amaçla hazırlanan yeni "Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi" nin 01.01.2013 tarihinden sonraki yapılacak tüm Temel Sondaj ve Enjeksiyon işlerinde geçerli olması ve uygulamaya konulması hususunu OLUR'larınıza arz ederim.

06.11.2012  
Ali Faruk ÖZTAN  
Jeoteknik Hizmetler ve YAS  
Dairesi Başkanı

Uygun Görüşle Arz Ederim.  
06.11.2012  
Güven KARAÇUHA  
Genel Müdür Yardımcısı

**OLUR**  
06.11.2012

Akif ÖZKALDI  
Genel Müdür

**EK/EKLER :**

Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi



ÖNSÖZ.....	iii
1. GENEL .....	1
1.1. Amaç .....	1
1.2. Kapsam.....	1
1.3. Tanımlar .....	1
1.4. Standartlar .....	3
1.5. İdarenin Yetkileri .....	3
2. PERSONEL VE EKİPMAN.....	5
2.1. Personel .....	5
2.1.1. Temel Sondaj Personeli.....	5
2.1.2. Enjeksiyon Personeli .....	5
2.2. Ekipman .....	5
2.2.1. Temel Sondaj Ekipmanı .....	5
2.2.1.1. Temel Sondaj Makinesi.....	5
2.2.1.2. Su Pompası.....	6
2.2.1.3. Diğer Sondaj Ekipmanı .....	6
2.3. Enjeksiyon Ekipmanı .....	6
2.3.1. Enjeksiyon Pompası .....	6
2.3.2. Mikserler .....	7
2.3.3. Çalkalayıcılar .....	7
2.3.4. Diğer Enjeksiyon Ekipmanı .....	7
2.3.5. Haberleşme.....	8
3. TEMEL SONDAJ İŞLERİ .....	9
3.1. Karotların Arşivlenmesi .....	9
3.2. Basınçlı Su Testi (BST).....	9
3.3. Permeabilite Deneyleri .....	10
3.3.1. Basınçsız Su Testi (Serbest Permeabilite).....	10
3.3.2. Pompaj Deneyi .....	10
4. ENJEKSİYON İŞLERİ .....	12
4.1. Enjeksiyon Deliklerinin Açılması .....	12
4.2. Enjeksiyon Deliklerinin Yıkınması .....	13
4.3. Metodoloji .....	13
4.3.1. Ano.....	13
4.3.2. Yukarıdan Aşağıya Doğru İnen Kademeler Metodu İle Enjeksiyon .....	13
4.3.3. Aşağıdan Yukarı Doğru Çıkan Kademeler Metodu İle Enjeksiyon.....	14
4.3.4. Çok Safhalı Enjeksiyon .....	14
4.4. Enjeksiyonda Kullanılacak Malzemeler.....	14
4.4.1. Çimento .....	14
4.4.2. Sülfata Karşı Dayanımlı Çimento .....	14
4.4.3. BAB (Borlu Aktif Belit) Çimentosu .....	15
4.4.4. Çimentoda İstenilen Deneyler .....	15
4.4.5. Bentonit .....	16
4.4.6. Kum.....	16
4.4.7. Su.....	17
4.4.8. Kimyasal Katkı Malzemeleri .....	17
4.4.9. Kalafat Malzemeleri .....	17

4.4.10.	Enjeksiyon Malzemelerinin Sürekli Temini .....	18
4.4.11.	Enjeksiyon Malzemelerinin Depolanması.....	18
4.5.	Enjeksiyon Şerbetleri .....	18
4.5.1.	Enjeksiyon Şerbetlerinde Yapılacak Deneyler.....	19
4.6.	Perde Enjeksiyonu .....	20
4.7.	Bağ Enjeksiyonu .....	23
4.8.	Dikiş Enjeksiyonu .....	23
4.9.	Kapak Enjeksiyonu .....	24
4.10.	Kontak Enjeksiyonu .....	24
4.10.1.	Klasik Olarak Açılan Tünellerde Kontak Enjeksiyonu.....	25
4.10.2.	TDM İle Açılan Tünellerde Kontak Enjeksiyonu .....	26
4.10.3.	Cebri Boru ile Beton Arasındaki Kontak Enjeksiyonu .....	28
4.11.	Çeper Enjeksiyonu .....	28
4.12.	Konsolidasyon (Sağlamlaştırma) Enjeksiyonu .....	30
4.12.1.	Tünel, Galeri, Denge Bacası vb Yapılarda Konsolidasyon Enjeksiyonu.....	30
4.12.2.	Yapı Temellerinde Konsolidasyon Enjeksiyonu.....	32
4.13.	Kimyasal Enjeksiyon.....	33
4.14.	Derz Enjeksiyonu .....	33
4.15.	Alüvyon Enjeksiyonu .....	34
4.16.	Deneme Enjeksiyonu.....	34
4.17.	Enjeksiyon Kontrol Delikleri .....	35
4.17.1.	Perde Enjeksiyonu Kontrol Delikleri .....	35
4.17.2.	Konsolidasyon Enjeksiyon Kontrol Delikleri .....	36
4.17.3.	Kontak Enjeksiyonu Kontrol Delikleri .....	37
4.18.	Deliklerin Doldurulması.....	37
4.19.	Basınç Düşürme Drenaj Kuyuları .....	37
4.20.	Piyezometre Kuyuları.....	37
5.	İŞİN GEREĞİ GİBİ YAPILMAMASI DURUMU.....	38
6.	FORMLAR, LOGLAR VE GRAFİKLER .....	39
6.1.	Formlar .....	39
6.2.	Temel Sondaj Logu .....	39
6.3.	Enjeksiyon Grafikleri .....	39
7.	TALİMATLAR VE RAPORLAR.....	40
7.1.	Temel Sondaj Talimatı .....	40
7.2.	Temel Sondaj Raporu.....	40
7.3.	Enjeksiyon Talimatı .....	40
7.4.	Enjeksiyon Uygulama Sonuç Raporu .....	40
8.	EKLER .....	41

## ÖNSÖZ

Su yapılarının planlama, projelendirme ve uygulama aşamalarında temel sondaj ve enjeksiyon çalışmaları büyük bir öneme sahiptir. Enjeksiyon işlerinin müteahhit firmalara verilmeye başlanması ile birlikte, müteahhitlerce yapılan enjeksiyon işlerinde farklı uygulamaların olmaması amacıyla Nisan 1987 tarihinde “Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi” hazırlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu tarihten sonra yapılan tüm enjeksiyon işlerinde kullanılan teknik şartname oldukça faydalı sonuçlar vermiş, müteahhit firmalar ve DSİ camiasında enjeksiyon için hem öğretici hem de uygulamada kullanılan vazgeçilmez bir rehber haline gelmiştir.

Ancak bilimsel ve teknolojik gelişmelere paralel olarak bu alanda önemli değişiklikler ve yenilikler olmaktadır. Özellikle tünel açma tekniklerindeki yenilikler ve kimyasal katkı malzemelerinin enjeksiyon karışımlarında kolaylıkla kullanılabilir hale gelmesi sonucunda yetersiz kalan mevcut şartnamenin, yeni tanımlama ve uygulamaların tariflenmesiyle yenilenmesine ihtiyaç duyulmuştur.

Bu amaçla hazırlanan yeni “Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi” günümüz şartlarında daha uygulanabilir bir metodoloji ve daha uygun karışımlar hazırlanmasına yardımcı olacak değişiklikler içermektedir.

Su yapılarında yapılacak temel sondaj ve enjeksiyon çalışmalarına büyük katkı sağlayacağına inandığım bu şartnamenin hazırlanmasında emeği geçen; başta komisyonda bulunan Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı elemanlarına ve katkı sunan Bölge Müdürlüklerine teşekkürlerimi sunarım.

**Akif ÖZKALDI**

**Genel Müdür**





## 1. GENEL

### 1.1. Amaç

Bu şartname baraj, gölet, regülatör, santral, tünel, kanal vb su yapılarında temel sondaj ve enjeksiyon çalışmalarını tanımlamak amacıyla hazırlanmıştır.

### 1.2. Kapsam

Temel sondaj ve enjeksiyon işleri ile bu işlerle ilgili ekip ve ekipmanın temini, ikmali ve işletilmesi “Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi”ne uyularak ve sözleşme şartlarına bağlı kalınarak yapılacak/yaptırılacak ve kontrol edilecektir.

### 1.3. Tanımlar

Bu şartname içeriğinde kullanılacak tanımlar aşağıda verilmiştir.

**Şartname:** İşin kapsamını, planlamasını, projelendirilmesini, yapım ve yapım sonrası esaslarını belirleyen bu belge “Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi” olarak anılacaktır.

**İdare:** DSİ Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı ve/veya Bölge Müdürlüklerinde Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları ve/veya Sondaj Şube Müdürlükleri’dir.

**Şantiye Şefi:** Temel sondaj ve enjeksiyon işlerinde en az 5 yıl deneyimli yerbilimci (jeoloji, maden, jeofizik, petrol) mühendistir.

**Yüklenici:** Temel sondaj ve/veya enjeksiyon işlerini yapan ve İdareye karşı sorumlu olan firma veya firmalardır.

**TDM:** Tünel Delme Makinesi (Tunnel Boring Machine-TBM)

**Kontak (Dolgu) Enjeksiyonu:** Tünel, galeri, denge bacası, shaft gibi yapılarda kaplama betonu ile temel kaya arasındaki boşlukları, beton ile çelik kaplama ara yüzeyindeki muhtemel boşlukları, göçük boşluklarını ve TDM ile açılan tünellerde yapılan çeper enjeksiyonu sonrası kalabilecek boşlukları basınçlı enjeksiyonla doldurmaktır.

**Çeper Enjeksiyonu:** TDM ile açılan tünellerde segment kaplama ile kaya arasındaki halka şeklindeki boşluğun kalın harçlı karışımla veya ince çakıl ve uygun karışımla doldurulması ya da söz konusu boşluğa konan ince çakıl gercin (5-12 mm pea gravel) mukavemetini artırmak amacı ile yapılan enjeksiyondur.

**Konsolidasyon (Sağlamlaştırma) Enjeksiyonu:** Tünel, galeri, denge bacası çevresindeki ve herhangi bir yapının oturacağı temel kayanın iyileştirilmesi amacı ile yapılan enjeksiyondur.

**Kapak Enjeksiyonu:** Gövde sıyırma kazıları sırasında örselenen temel kayanın iyileştirilmesi amacıyla yapılan enjeksiyondur.

**Perde Enjeksiyonu:** Baraj, gölet ve regülatör gibi su yapılarında memba - mansap yönünde ve göl alanında olabilecek su kaçaklarını önlemek ve/veya sızma boyunu uzatmak amacı ile yapılan enjeksiyondur.

**Bağ Enjeksiyonu:** Enjeksiyon galerileri ile bölünmüş perde enjeksiyonlarının birbirlerine bağlanması amacıyla yapılan enjeksiyondur.

**Dikiş Enjeksiyonu:** Kaplama (beton veya kil blanket) yapılan bölgelerin sınırında enjeksiyon perdesi ile bütünlüğü sağlamak amacıyla yapılan enjeksiyondur.

**Derz Enjeksiyonu:** I. ve II. faz betonları arasındaki boşlukların doldurulması amacıyla yapılan enjeksiyondur.

**Kimyasal Enjeksiyon:** Bir veya daha fazla organik (uzun zincirli karbonlar) kimyasal bileşenin hava ve/veya su ile teması sonucunda hacminin birkaç katı şişerek yapılan enjeksiyondur.

**Deneme Enjeksiyonu:** Bir projede enjeksiyona başlamadan önce, planlanan enjeksiyonun delikler arası mesafe, kademe boyu, enjeksiyon basınçları, karışım oranlarını ve katkı maddelerini belirlemek için yapılan enjeksiyondur.

**Kademe:** Etkif bir enjeksiyonun yapılabilmesi için kuyu derinliğinin belirli aralıklara bölünmesidir.

**Ano:** Enjeksiyon işlerinde genellikle her 24 m'lik bölüm ano olarak adlandırılır. Ano boyları proje karakteristikleri ve jeolojik/jeoteknik özelliklere bağlı olarak azaltılabilir veya arttırılabilir.

**Enjeksiyon Basıncı (Etkif Basınç):** Kademe orta noktasında uygulanması gereken basınçtır.

**Manometre Basıncı:** Enjeksiyon basıncını elde etmek için kuyu başı manometresinden okunması gereken basınçtır.

**Refü:** Enjeksiyonu yapılan bir kademenin enjeksiyonuna son vermek için bu kademenin enjeksiyon basıncında ve kabul edilebilen miktarda veya daha az şerbeti yemesi halidir.

#### 1.4. Standartlar

Temel sondaj ve enjeksiyon işlerinde kullanılacak ulusal ve uluslararası standartlardan en önemlileri Çizelge 1’de verilmiş olup, bu standartlar zamana bağlı olarak güncellenecektir.

Çizelge 1: Temel sondaj ve enjeksiyon işlerinde kullanılacak ulusal ve uluslararası standartlar

TSE EN 197-1	Çimento - Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri
TSE EN ISO 13500	Petrol ve Doğalgaz Sanayi - Sondaj Çamuru Maddeleri - Özellikler ve Deneyle
TS 706 EN 12620 +A1	Beton Agregaları
ASTM C40	Standard Test Method For Organic Impurities In Fine Aggregates For Concrete (Agregalarda Organik Madde Tayini Testi)
TS EN 12350-1	Taze Beton Deneyle - Bölüm 1: Numune Alma
TS EN 12390-2	Beton - Sertleşmiş Beton Deneyle - Bölüm 2: Dayanım Deneylelerinde Kullanılacak Deneyle Numunelerinin Hazırlanması ve Küre Tabi Tutulması
TS EN 12390-3	Beton - Sertleşmiş Beton Deneyle - Bölüm 3: Deneyle Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini
TS EN 196-3	Çimento Deneyle Metotları - Bölüm 3: Priz Süresi ve Hacim Genleşme Tayini
TS 13353	Borlu Aktif Belit (BAB) Çimentosu, Tarifler, Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri
TS EN ISO 22475-1	Jeoteknik Etüt ve Deneyle - Numune Alma Yöntemleri ve Yeraltı Suyu Ölçümleri - Bölüm 1: Teknik Uygulama Esasları

#### 1.5. İdarenin Yetkileri

Temel sondaj ve enjeksiyon işleri, İdarenin onayladığı “Temel Sondaj ve/veya Enjeksiyon Talimatı”na göre yapılacaktır.

Temel sondaj (araştırma, piyezometre, drenaj vb) ve enjeksiyon işlerinde, zeminin jeolojik/jeoteknik özellikleri nedeniyle projelerde zorunlu revizyonlar gerekiyorsa, İdare

gerekli değişiklikleri yapabilir. Ayrıca İdare, projelerinde gösterilmesine ve teknik şartnamelerinde belirtilmesine rağmen gerekli gördüğünde kuyuların delinme şeklini, eğimini, çapını ve enjeksiyonun yapılış sırasını, şerbet karışım oranlarını, karışım maddelerinin (çimento, kum, bentonit, kimyasal madde vb) özelliklerini ve çeşidini, enjeksiyon basıncını, pompalama hızını, karışımın kontrolünü ve yapılan testlerin niteliğini, tüm enjeksiyon işlerini revize etme yetkisine sahiptir.

İdarece yapılacak tüm revize sondaj ve/veya enjeksiyon işleri, inşaat programında gecikmelere sebebiyet vermeyecek tarzda ve yukarıda belirtilen yetkiler doğrultusunda Yüklenici tarafından yerine getirilecektir. İşin devamı esnasında da ekipman sayısı ve bunların kapasitelerinin artırılması ile gerekli olacak başka ekipmanın teminini İdare Yükleniciden isteyebilecektir. Yüklenici bu talepleri, işlerin bitim süresini geciktirmeyecek bir sürede temin edecektir.

Alt Yüklenici tarafından yapılacak temel sondaj veya enjeksiyon işlerine başlamadan önce İdareden Alt Yüklenici onayı alınacaktır. İşe başlamadan önce İdareye sunulan ve Bölüm 2’de ayrıntılı olarak tarif edilen Yüklenici/Alt Yükleniciye ait personel, temel sondaj veya enjeksiyon işlerinde kullanılacak personel ve ekipman listesi kontrol edilecek, sunulan listenin eksik ya da yetersiz görülmesi halinde işe başlatılmayacaktır.

## **2. PERSONEL VE EKİPMAN**

Yüklenici, işi zamanında bitirebilecek özelliklere sahip yeterli sayıda temel sondaj ve enjeksiyon ekipmanını ve yedek parçalarını iş mahallinde hazır bulunduracaktır. İşe başlamadan önce personel ve ekipman listesini İdarenin onayına sunacaktır.

### **2.1. Personel**

#### **2.1.1. Temel Sondaj Personeli**

Her şantiyede 1 şantiye şefi, her vardiya için en az 1 yerbilimci mühendis (jeoloji, maden, jeofizik, petrol), her makine için 1 sondör ve yeteri kadar sondaj işçisi bulundurulacak olup, bu sayılar yapılan temel sondaj işlerinin büyüklüğüne göre İdarenin izni ve isteği doğrultusunda artırılabilir.

#### **2.1.2. Enjeksiyon Personeli**

Her şantiyede 1 şantiye şefi, her vardiya için en az 1 yerbilimci mühendis (jeoloji, maden, jeofizik, petrol), 1 enjeksiyon formeni, her makine için 1 sondör ve yeteri kadar sondaj işçisi bulundurulacak olup, bu sayılar yapılan enjeksiyon işlerinin büyüklüğüne göre İdarenin izni ve isteği doğrultusunda artırılabilir.

### **2.2. Ekipman**

#### **2.2.1. Temel Sondaj Ekipmanı**

##### **2.2.1.1. Temel Sondaj Makinesi**

Kullanılacak sondaj makineleri minimum 46 mm maksimum 116 mm çaplarında her eğim ve doğrultuda karotlu ve/veya karotsuz, her türlü zemin ve kayada en az 120 m derinlikte delgi ve borulama yapabilecek kapasitede, su sirkülasyonlu rotari tipte ve ayrıca projelerdeki eğik düzlemlerde, galeri ve tünellerin içinde çalışabilecek özelliklere sahip olacaktır. Ayrıca tünel ve galeri içinden yapılacak her türlü enjeksiyon ve drenaj delikleri sondajı için, rotari tipte ve su sirkülasyonlu makinelerle çalışılabilir. Suyla teması sonucunda problem oluşturabilecek kil dolgu vb zeminlerde motor gücü ile dönen burgulu makineler kullanılabilir.

Ayrıca galeri ve tünellerde kullanılacak ekipmanın tahrik motorları, susturucu veya ses izole edici aksamla teçhiz edilecektir. Sabit, içten yanmalı motor ve makinelerin bu yerlerde çalışmasına izin verilmeyecektir.

Alüvyon enjeksiyonunda Odex metodu (delgi yapılırken aynı anda muhafaza borusu sürebilen) ile veya delik dibi çekici (Down The Hole Hammer) ile çalışan sondaj makineleri de İdarenin onayı ile kullanılabilir.

### **2.2.1.2. Su Pompası**

Uygulama noktasında (kuyu veya kademedede) minimum 20 kg/cm<sup>2</sup> çalışma basıncına sahip ve bu basınçta en az 80 l/dak ve serbest çalışma basıncı altında ise en az 120 l/dak debiye sahip dubleks veya tripleks tipli pompalardan yeterli sayıda iş yerinde bulundurulacaktır.

### **2.2.1.3. Diğer Sondaj Ekipmanı**

Kullanılacak kesiciler, tijler, muhafaza boruları ve karotiyerler ile bağlantı parçaları, mevcut sondaj standartlarına uygun ve şartnameler içinde belirtilen çaplarda ve kuyu derinliğinde çalışabilecek kapasitede olacaktır.

Enjeksiyon ve basınçlı su deneyleri için çeşitli çaplarda ve yeterli uzunluklara (minimum 30 cm) sahip tek veya çift lastikli tıkaçlar (paker) kullanılacaktır. Bu ekipman, işin kapasitesine göre yeterli sayıda iş yerinde bulundurulacaktır.

Alüvyon enjeksiyonlarında kullanılmak üzere alüvyon enjeksiyon takımları, çeşitli sivri uçlu takımlar ve manşetli boru takımları vb yeterli sayıda iş yerinde bulundurulacaktır.

Karotlu açtırılan sondajların karotları için karot sandıkları yüklenici tarafından temin edilecektir. Bu sandıklar İdarenin kabul edeceği kalitedeki keresteden veya kaliteli sert plastikten imal edilecektir. Sandıkların ebatları alınacak karot çapına ve ağırlığına uygun olacak ve ara bölme tahtası ve manevra boyu takozları (en az 10 mm olacak şekilde) sonradan ilave edilecektir.

## **2.3. Enjeksiyon Ekipmanı**

### **2.3.1. Enjeksiyon Pompası**

Uygulama noktasında (kuyu veya kademedede) minimum 40 kg/cm<sup>2</sup> çalışma basıncına sahip ve bu basınç altında en az 100 l/dak, serbest çalışma basıncı altında ise en az 120 l/dak debiye sahip dubleks tipli enjeksiyon pompaları olacaktır. Yüksek basınçlı enjeksiyon yapılması gerektiği durumlarda bu işe uygun enjeksiyon pompaları kullanılacaktır. Bu pompalar kumlu karışımları (kum oranı % 25-50'e varan oranlardaki kumlu karışımlar) basma kapasitesine sahip olacaktır.

Şerbet alışırlarının fazla olduğu yerlerde, çimento miktarının % 100 ve daha fazla oranlardaki orta ve kaba boyuttaki (1 - 8 mm) kumlu şerbetleri basabilecek kapasitede ve en az yukarıdaki basınç ve debi özelliklerini de taşıyan **enjeksiyon harç pompaları** temin edilecektir.

### 2.3.2. Mikserler

Minimum 250 litre ve maksimum 1000 litre hacmine sahip olacaktır. Bu mikserler, çimento, bentonit, kum, su ve gerektiğinde kimyasal katkı maddelerini homojen halde birbirine karıştırmak için mutlaka mekanik olarak çalışan, dönme hızı en az 1000 devir/dak olan ve bu karışımları 2 dakikada homojen ve koloidal hale getirebilecek özellikte olacaktır. Karışıma giren maddelerin oranını dikkatle kontrol edebilmek için mikserlerin üzerinde veya yanında tartı cihazı veya hassas ölçü kapları bulunacaktır.

### 2.3.3. Çalkalayıcılar

En az mikser hacminin 2 katına eşit veya daha büyük hacimde olacaktır. Hazırlanmış olan enjeksiyon karışımını süspansiyon halinde muhafaza etmek için mekanik karıştırıcıya sahip olacaktır. Ayrıca çalkalayıcı, çimento ve bentonit şerbetlerinde 50 numaralı (0.297 mm), kumlu şerbetlerde ise 8 numaralı (2.38 mm) standart elekten geçmeyecek irilikte kum, kırıntı ve yabancı maddelerin enjeksiyon pompasına gitmesini önleyecek bir eleğe de sahip olacaktır. Bir kuyuya veya enjeksiyon kademesine verilen enjeksiyon şerbet hacmini hassas ölçmek için çalkalayıcıda litre cinsinden hacmi belirten bir eşel sistemi olacaktır.

### 2.3.4. Diğer Enjeksiyon Ekipmanı

**Kaydediciler:** Yüklenici, şerbet hazırlanışında kullanılan maddelerin (çimento, bentonit, kum, kimyasal katkılar vb) iş yerine gelişinde otomatik ve kaydedici tartı sistemleri kuracaktır. İdarenin uygun görmesi halinde, işin büyüklüğüne bağlı olarak otomatik tartı sistemi olmayan enjeksiyon santrallerinde torba çimento kullanılacaktır.

Yüklenici, kuyu başında şerbet gidiş hızını, miktarını ve basıncını otomatik olarak devamlı kaydeden cihazları (recorder) kullanacak, aldığı kayıtları günlük olarak İdareye sunacaktır.

**Enjeksiyon Hortumları:** Kullanılacak enjeksiyon hortumları, o işte tatbik edilecek en yüksek enjeksiyon basınçlarına emniyetli şekilde dayanacak sağlamlıkta olacaktır. İç çapı en az 1 inç olan hortumlar kullanılacaktır.

**Manometreler:** Uygulanacak enjeksiyon işlerine göre çeşitli kapasitede ve gliserin korumalı (yağlı) çalışan tipte olacaktır. Düşük basınçlı enjeksiyonlarda 10 kg/cm<sup>2</sup>'lik kadrana sahip manometreler, yüksek basınçlı enjeksiyonlarda 40 kg/cm<sup>2</sup>'lik kadrana sahip manometreler kullanılacaktır. Bu manometrelerin 10 kg/cm<sup>2</sup>'lik olanları en az 0,5 Atm, 40 kg/cm<sup>2</sup>'lik olanları da en az 1 Atm basıncı gösteren bölmelere sahip olacaktır. Manometre çapları en az 10 cm olacaktır.

Kullanılan bütün manometrelerin doğruluğunu kontrol etmek için, kalibrasyonu yapılmış hassas bir manometre alınarak İdare emrine verilecektir. İdare istediğinde bu manometre ile diğer çalışan manometreleri ve tamir edilen manometreleri kontrol edecektir. Manometre kontrolünde Yüklenici, İdareye yardımcı olacak ve kontrol için gerekli aparatı hazırlayacaktır. Enjeksiyonda çalışacak manometreler, içi yağla dolu ve özel diyaframa sahip manometre koruyucusu ile donatılacaktır.

**Enjeksiyon Nakil Hattı Boruları:** Enjeksiyonlarda şerbetin gidişi ve dönüşü için, şerbetin hazırlandığı yerden kuyu başı manometresine en fazla 100 m mesafe kalana kadar en az 1 inç'lik galvanizli veya siyah demir borular, sonrasında ise enjeksiyon hortumları kullanılacaktır.

Enjeksiyon şerbetinin nakli sırasında karışımın özellikleri İdare tarafından kuyu başında kontrol edilecek, gerekmesi halinde ara mesafelerde çalkalayıcı ve pompa konulması istenebilecektir.

**Vanalar, Çekvalfler ve Diğer Bağlantılar:** Yapılan işin özelliklerine uygun kalite ve kapasitede olacaktır.

**Su Saatleri:** Karışım oranlarında kullanılacak su miktarını ve basınçlı su deneyinde su kaçak miktarını litre mertebesinde hassasiyetle ölçebilecek tiplerden olacaktır. Su saatlerinin 1 litrelik gösterge numaralı olması şarttır. Ayrıca kontrol amacıyla bir adet su saati İdareye verilecektir. Kullanılacak saatler, uygulanacak maksimum basınca dayanıklı olmalıdır.

### **2.3.5. Haberleşme**

Yüklenici, iş mahallinde enjeksiyon işlerinin sıhhatli ve süratli bir şekilde teknik şartname ve talimatına uygun olarak yapılabilmesi için çalışma noktaları ile enjeksiyon genel merkezi arasında iletişim sağlayacak uygun sistemi kuracaktır.



### **3. TEMEL SONDAJ İŞLERİ**

Yapı yerlerinin jeolojik/jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla temel sondaj kuyuları açılacaktır. Bu kuyular, hazırlanacak temel sondaj talimatına uygun olarak açılacaktır.

Temel sondaj kuyularının açılmasında, T tipi veya çift tüplü karotiyerler kullanılarak yüksek oranda karot alınmasına özen gösterilecektir. Karot alınacak kuyularda başlangıç kuyu çapı, kuyu derinliğine göre ve kuyu dibinde minimum kuyu çapı 66 mm olacak şekilde ayarlanacaktır.

Kuyular karotlu açılacak ve basınçlı/basınçsız su deneyleri yapılacaktır. Alınan karotlar şartnameye uygun olarak sandıklanarak arşivlenecektir. Talimatında belirtildiyse PVC veya diğer rasat borusu ile teçhiz edilecek ya da doldurularak kapatılacaktır. Kuyu başına 50x50x50 cm ebatlarında en az C16 dozlu beton atılacak, beton üzerine büyük harflerle DSİ, kuyu numarası, kuyu derinliği, kuyunun açılma tarihi beton donmadan derin şekilde kazınarak yazılacaktır.

#### **3.1. Karotların Arşivlenmesi**

Karotlu açılan bütün kuyuların karotlarının sondaj logları Ek 1'deki gibi hazırlanacak ve karotlar sandıklanacaktır. Loglar Yüklenici tarafından hazırlanarak 5 kopya halinde İdareye teslim edilecektir.

Karotların sandıklara yerleştirilmesi, korunması ve yok edilmesi, Ek 2'de verilen "Karotların Yok Edilmesi, Korunması, Fotoğraflarının Çekimi ve Albümlenmesi Talimatı"na uygun olarak yapılacaktır.

#### **3.2. Basınçlı Su Testi (BST)**

Bütün enjeksiyon kontrol delikleri ve İdarenin isteyeceği diğer kuyularda (araştırma, enjeksiyon vb) basınçlı su testleri yapılacaktır. BST'ler daima deney kademesinin yikanmasından sonra yapılacaktır. Deney, enjeksiyona bağlı olarak tek lastikli veya çift lastikli uygun basınçlı su test takımları ile 2 m veya en çok 5 m kademe aralıkları ile yapılacaktır. Deneye zemini (temel kayayı) suyla doygun hale getirip lineer su kaçakları sağlandıktan sonra başlanacak ve 10 dakikalık okumalar yapıldıktan sonra son verilecektir.

Basınçlı su testlerinde bir kademedede tatbik edilecek basınçların manometrede okunan değerleri 2-4-6-8-10-8-6-4-2 veya 3-6-10-6-3 kg/cm<sup>2</sup> olacaktır. Derinliği az olan veya sağlam olmayan formasyonlarda 1-2-3-2-1 kg/cm<sup>2</sup> şeklinde artan ve azalan değerlerde uygulanacaktır. Uygulanan her basınçta iki 5 dakikalık su kaybı ayrı ayrı tespit edilecektir. Şayet uygulanacak

basınç 10 kg/cm<sup>2</sup>'den az ise, en az üç basınç seviyesinde ikişer 5 dakikalık ölçüm yapılacaktır (3-6-3 kg/cm<sup>2</sup> veya 2-4-2 kg/cm<sup>2</sup> gibi).

Su kayıplarının çok olduğu deney seviyelerinde (BST'de manometre basıncının yükselmediği hallerde), yükselen en son manometre basıncında 10 dakikalık su kayıplarının tespiti ile deneye son verilecektir. Örnek olarak basınçlı su testinde manometre hiç yükselmezse yani manometre 0 kg/cm<sup>2</sup> ise, deneyi yapılan kademe boyu bir metreye indirilerek (basınçlı su deneyi için manometrenin yükselmesi sağlanacak) bu kısmın küçük aralıklarla basınçlı su testi yapılacaktır. İstenen basıncın en az yarısı elde edildiği durumlarda ise kademe boyu yarıya düşürülecektir.

Tüm temel sondaj ve enjeksiyon ano başı kuyularında BST yukarıda anlatılan basınçlarda yapılacaktır. Enjeksiyon kontrol deliklerinde ise uygulanacak basınç, her kademede uygulanan enjeksiyon basıncının % 90'ı kadar olacaktır.

### **3.3. Permeabilite Deneyleri**

#### **3.3.1. Basınçsız Su Testi (Serbest Permeabilite)**

Alüvyonlarda ve taneli zeminlerde İdarenin istediği kuyularda basınçsız su testi (serbest permeabilite) yapılacaktır. Bu deneyde kademe boyu 0,5 - 1,5 m olacaktır. Deneyde 5'er dakikalık 4'er ölçüm alınacaktır.

Alüvyonun tane boyutlarına bağlı olarak uygun çapta delinmiş delikli çakma boruları, sivri uçlu delikli borular veya çıplak delik halinde basınçsız su testi yapılabilir.

#### **3.3.2. Pompaj Deneyi**

Alüvyonun geçirimsizliğini (K) hesaplamak amacıyla su sondaj kuyusu ve gözlem kuyusu/kuyuları açılarak pompa deneyi yapılacak ve hidrolik parametreler (hidrolik iletkenlik, depolama katsayısı vb) belirlenecektir.

Alüvyon hakkında önceki çalışmalar ve bilgiler değerlendirilerek akiferden çekilebilecek en uygun debi ve düşüm konisi yarıçapı belirlenecek, pompaj kuyusunun çapı, gözlem kuyusunun adetleri ve pompaj kuyusuna olan mesafeleri buna göre karşılaştırılacaktır. Pompaj kuyusu alüvyonun en derin olduğu yerde, akarsu veya geçirimsiz birimlerden oluşan sınır şartlarına mümkün olduğunca uzakta ve akiferi tam geçecek derinlikte açılacaktır. Pompaj kuyusu su sondaj kuyusu olarak "Su Sondajı Teknik Şartnamesi"ne göre açılacaktır.

Gözlem kuyuları su sondajı olarak açılabilir gibi, alüvyonun özelliğine ve makine imkanlarına göre temel sondaj kuyusu olarak da açılabilir. Gözlem kuyusunun su

sondajı olarak açılması durumunda “Su Sondajı Teknik Şartnamesi” ne göre açılacaktır, temel sondaj makinesiyle açılması durumunda ise kuyu çapı en az 76 mm olacak ve kuyu tabanına kadar 50 mm çapında delikli PVC veya sac boru inilecektir. Pompaj kuyusu alüvyon derinliği kadar, gözlem kuyusu/kuyuları ise düşümlerin gözlenebileceği uygun derinlikte açılacaktır (Gözlem kuyuları pompaj kuyusuna göre daha küçük çaplı açılabilir).

Pompa deneyi 24 saat (1440 dak) süresince yapılacaktır. Pompaj kuyusuna uygun debide pompa monte edilecektir. Pompa deneyi süresince debinin sabit kalmasına dikkat edilecektir. Zamana karşı düşümler pompaj ve gözlem kuyusundan/kuyularından eş zamanlı olarak ölçülecektir. Ölçümler avometre, diver (basınç sensörlü limnigraf) ya da düdüklü metre ile hassas bir şekilde yapılacak ve her kuyu için bir tane ölçüm cihazı bulundurulacaktır. Her bir kuyu için düşüm deneyi tamamlandıktan hemen sonra yükselim değerleri de eş zamanlı olarak ölçülecektir.

Pompa deneyi sonucunda elde edilen düşüm - zaman verileri akiferin özelliklerine uygun bir yöntemle (Theis, Jacob, Neuman, Theim gibi) değerlendirilecek ve akiferin geçirimsizliği (K) hesaplanacaktır.

## **4. ENJEKSİYON İŞLERİ**

Tüm enjeksiyon işleri, projesine göre hazırlanan ve İdare tarafından onaylanan “Enjeksiyon Talimatı”na uygun olarak yapılacaktır.

### **4.1. Enjeksiyon Deliklerinin Açılması**

Enjeksiyon (kontak, konsolidasyon, kapak, perde ile bunların karotlu/karotsuz kontrol kuyuları) sondaj kuyuları İdare tarafından onaylanmış ekipmanla, bu şartnamede belirtilen Temel Sondaj bölümüne uygun olarak açılacaktır.

Projede yer alan ve ayrıca İdarenin isteyebileceği bütün yerlerdeki perde, kapak ve temel iyileştirme (konsolidasyon) enjeksiyon delikleri, kuyu taban çapı minimum 56 mm olacak şekilde, her türlü eğimde, su sirkülasyonlu rotari tip sondaj makineleriyle delinecektir. Ano başı enjeksiyon kuyuları ve BST yapılacak sondaj kuyularının delgilerinde kapalı matkap kullanılmayacaktır.

Perde enjeksiyon deliklerinde sapma miktarı aynı yönde %2'den fazla olmayacaktır. İdarenin uygun gördüğü deliklerde sapma miktarı (sapma açısı ve yönü) ölçülecektir.

Alüvyon enjeksiyonlarında delgi yapılırken aynı anda muhafaza borusu sürebilen sondaj makineleri de İdarenin onayı alınarak kullanılabilir.

Tünel ve galerilerdeki kontak enjeksiyonu, delik tabanında minimum 46 mm çapta karotsuz olarak su sirkülasyonlu rotari veya darbeli-rotari tipli sondaj makineleri kullanılarak açılacaktır. Ancak konsolidasyon enjeksiyonu ve perde bağlantılı bağ enjeksiyonları ile bunların kontrol delikleri, perde enjeksiyonu şartlarında delinecektir.

Galeri ve tünellerdeki drenaj delikleri, projelerinde belirtilen veya İdarenin belirteceği çap, derinlik ve her türlü eğimde, su sirkülasyonlu rotari tip sondaj makineleriyle açılacaktır.

BST yapılan ve karot alınmasını gerektiren sondaj delgilerinde bentonit kullanılmayacak, delgi ekipmanı üzerinde gres yağı vb yağlar bulunmayacaktır.

Sondaj çalışmaları esnasındaki tüm bilgiler (devridaim suyunun kaybı, azalması, suyun rengi ile kesicinin cinsi, çapı, kuyu ve kademenin delinmeye başlandığı tarih, saat vb) DSİ standart formu olan vardiya kartına (Ek 3) işlenecektir. İdare, işin özelliğine göre bu karta ilaveler yapabilecektir.

## **4.2. Enjeksiyon Deliklerinin Yıkılması**

Enjeksiyon yapılacak bütün delikler enjeksiyondan önce basınçlı su ile yıkılacaktır. Eğer enjeksiyon işlemi sondaj ilerlemesine müteakip kademeler şeklinde yapılırsa (yukarıdan aşağıya inen fazlar metodu), her kademede delgiden sonra ve enjeksiyondan önce yıkama yapılacaktır. Şayet sondaj ilerlemesi bütün delik boyunca yapılıyor ve enjeksiyon delgi bitiminden sonra kademe kademe yapılıyorsa (aşağıdan yukarıya çıkan fazlar metodu), enjeksiyona başlamadan önce delik tabanından başlanarak yukarıya doğru su jeti ile yıkılacaktır. Yıkama işlemi, her enjeksiyon kademesinin her metresi için en az 1 dakika süre hesabıyla yapılacaktır. Bu suretle deliğin kestiği dolgu çatlaklar ve eklemlerdeki dolgu materyalinin yıkılması sağlanacaktır.

Yıkama işleminde deşarj suyunun (delikten geri gelen suyun) delik içinde en az 60 cm/s'lik bir geri dönüş hızına sahip olması gereklidir. Bu nedenle yüklenici yıkama işleminde bu hızı temin edecek kapasitede pompayı ve uygun memeli jeti iş yerinde bulunduracaktır. Yıkama işlemine, su jeti delik dibine tutturularak dönüş suyu berrak gelinceye kadar devam edilecektir. Bu son yıkama işlemi 20 dakikadan fazla sürer ve dönüş yıkama suyu tam berraklaşmazsa, yıkamaya son verilecektir.

## **4.3. Metodoloji**

### **4.3.1. Ano**

Enjeksiyonu yapılan eksen önce 24 m'lik parçalara bölünerek anolar tespit edilir. Ano boyları proje karakteristikleri ve jeolojik/jeoteknik özelliklere bağlı olarak İdarenin izni ile azaltılabilir veya artırılabilir. Çalışma koşullarına uygun birbirine yakın en az üç ano ele alınarak enjeksiyonlara başlanılır. Ele alınan anoların ano başı delikleri (A delikleri) açılır ve enjeksiyonları yapılır, sonra her anonun ortasına gelen (iki A deliğinin orta noktasındaki) B delikleri açılır ve enjeksiyonları yapılır. Daha sonra A ve B deliklerinin ortasına gelen C delikleri açılır ve enjeksiyonları yapılır. En son A-C, C-B, B-C, C-A deliklerinin ortasındaki D delikleri açılır ve enjeksiyonları yapılır. Böylece, bu bölümün daralan aralıklar şeklinde delgi ve enjeksiyon işlemleri bitirilmiş olur ve enjeksiyonları yapılacak diğer bölüme geçilir.

### **4.3.2. Yukarıdan Aşağıya Doğru İnen Kademeler Metodu İle Enjeksiyon**

Başlangıçta delik kademe boyu kadar delinir, yıkanır, basınçlı su deneyi ve enjeksiyonu yapılır. Çimento tam priz almadan delik yıkanır ve takım dışarı alınır. Deliği çevreleyen kayadaki şerbet prizini aldıktan sonra, aynı deliğin ikinci kademesi delinir ve bir yukarıdaki kademede yapılan işlemler tekrarlanır. Böylece kuyunun son kademesine kadar işlemler devam eder.

### **4.3.3. Aşağıdan Yukarı Doğru Çıkan Kademeler Metodu İle Enjeksiyon**

Bu metotta delik, projede belirtilen derinliğe kadar delinir, yıkanır ve varsa her kademenin basınçlı su deneyleri yapılır. Bundan sonra tıkaç en alttaki kademeyi enjekte etmek üzere yerleştirilir ve en alttaki kademenin enjeksiyonu yapılır. Sonra tıkaç, bir üstteki kademeyi enjekte etmek üzere yukarıya alınır ve aşağıdan yukarıya doğru ikinci kademenin enjeksiyonu yapılır. Bu işleme topoğrafya yüzeyine kadar devam edilir.

### **4.3.4. Çok Safhalı Enjeksiyon**

Bu metotta delik, projede belirtildiği üzere delinirken yıkıntı oluyor veya devirdaim suyunun %70 ve daha fazlası kaçıyorsa delme işi durdurulur, bu kısımların üstlerinden lastik tutturularak enjeksiyonları yapılır. Priz müddeti sonunda, delik delme işlemine devam edilir. Aynı durumlar tekrar meydana gelirse, delme işlemi durdurulup o kısımların da enjeksiyonları yapılır. Deliğin projede belirtilen derinliğe kadar delme işlemi bittikten sonra, aşağıdan yukarıya doğru çıkan kademeler metodu ile enjeksiyonu yapılır.

## **4.4. Enjeksiyonda Kullanılacak Malzemeler**

### **4.4.1. Çimento**

Sülfata dayanıklı çimentoların kullanılacağı yerlerin haricindeki bütün enjeksiyon işlerinde CEM-I veya CEM-II tipi çimento kullanılacaktır. CEM-II gibi katkı çimentolarda katkı miktarı "A" tipinde (az katkı) olacaktır. CEM-II tipi katkı çimentoların sulu ortamlarda daha dayanıklı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Diğer katkı tipleri gerekli hallerde İdarenin onayı ile kullanılabilir.

Bu çimentonun özgül yüzeyi en az 3500 cm<sup>2</sup>/gr olmalıdır ve 200 mikron göz açıklığı olan elek üzerinde en çok % 1, 90 mikron göz açıklığı olan elek üzerinde ise en çok % 12 kalıntı bırakmalıdır. Su kaçaklarının fazla olduğu fakat alışların az olduğu yerlerde Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı onayı ile özgül yüzeyi daha fazla olan, kalıntı miktarı daha az olan çimentolar kullanılabilir.

### **4.4.2. Sülfata Karşı Dayanımlı Çimento**

Bu çimentonun özellikleri TS EN 197-1'e uygun olacaktır. Yüklenici, çimento aldığı fabrikanın ürettiği mümkün olan en ince taneli ve sülfat iyonuna karşı dayanıklı olan çimentoyu kullanacaktır. Sülfata dayanıklı çimento seçilirken CEM-III tipinin tercih edilmesi durumunda, mutlaka Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının onayı alınmalıdır.

#### 4.4.3. BAB (Borlu Aktif Belit) Çimentosu

Yapılacak deneylerle priz süresi ayarlanması durumunda, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının izni ile sülfatlı sulara dayanıklı ve hidrasyon ısı düşük olan BAB çimentosu da enjeksiyon işlerinde kullanılabilir. Bu çimentonun özellikleri TS 13353'e uygun olacaktır.

#### 4.4.4. Çimentoda İstenilen Deneyler

Enjeksiyon karışımlarına giren çimentoda, enjeksiyon karışımlarının özelliklerinin tayini için yüklenici tarafından TSE ve ASTM standartlarına uygun olarak aşağıda belirtilen deneyler yapılacaktır. Standartlaştırılmamış bir deney söz konusu ise, bu deney İdarenin gösterdiği veya uygun gördüğü bir yöntemle yapılacaktır.

1. Granülometrik analizler,
2. Priz başlangıç ve bitiş süresinin tespiti,
3. Çimento hacminin değişimi (Hacimsel Stabilite Deneyi)
4. Basınç mukavemeti,
5. Muhtelif oranlarda çimento/su karışımlarının süspansiyon halindeki stabilitesi (zamana göre çökelmenin karışımdaki su hacminin yüzdesi olarak ifade edilecektir).

Yüklenici yukarıda belirtilen çimento deneylerinin yerine her husus için imalatçı fabrikanın sertifikasını sunabilir. İş yerine getirilen her "Günlük parti" için imalatçı fabrikanın fiziksel ve kimyasal analiz raporu günlük olarak İdareye teslim edildikten sonra bu çimento, çimento ambarına konulabilecektir. İmalatçı fabrika tarafından yapılamayan deneyler, yüklenici tarafından DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi veya İdarenin uygun gördüğü akredite laboratuvarında yaptırılacak ve bu analizlerin sonucuna göre bu çimentoların kullanılıp kullanılmayacağına karar verilecektir. Yüklenici sunduğu deney sonuçları ile İdarenin yaptırdığı deney sonuçları arasında farklılık olması durumunda, İdarenin yaptırdığı deney sonuçları esas alınacaktır.

Kabulü kesinleşmemiş çimento, kabulü yapılmış çimento deposuna boşaltılmayacaktır. Çimento nakleden her vasıta, ayrı ayrı olmak üzere fabrika çıkış fişini kontrollüğe teslim edecektir (çıkış fişinde, yüklenici firma adı, çimento miktarı, vasıta trafik plaka numarası ve çimento imalat parti numarası, tarihi belirtilecektir).

Enjeksiyon çalışmaları hangi çimento ile yapılacaksa laboratuvar ve arazi deneyleri de mutlaka **aynı çimento** ile yapılacak ve/veya yaptırılacaktır.

#### **4.4.5. Bentonit**

İdare tarafından aksi belirtilmediği takdirde, bütün şerbet ve harçlı karışımlarda çimento miktarının % 1'ine kadar bentonit ilave edilerek kullanılacaktır. Kullanılacak bentonitin özellikleri, TSE EN ISO 13500 standardına uygun sodyum bentonit olacaktır. Buna göre;

1. Yaş elek analizinde, 200 nolu (74 mikron aralıklı) elekte kalan kalıntı en çok % 2,5 olacaktır.
2. Kuru elek analizinde, 149 mikron aralıklı elekten geçen miktar en az % 98 olacaktır.
3. Ağırlıkça en çok rutubet miktarı % 10 olacaktır.
4. Direk viskozite ölçen alette, 600 devir/dakikadaki viskozite değeri en az 30 olacaktır.
5. Likit limit değeri, % 400'den az olmayacaktır.

Bentonitin teslim edildiği her seferde, bu partiye ait yukarıdaki özelliklerin hepsini açıklayan ve DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi veya İdarenin uygun gördüğü akredite bir laboratuvarдан alınan deney raporları onay için İdareye sunulacaktır. Temin edilecek bentonitlerde hiçbir kimyasal katkı bulunmamalıdır.

#### **4.4.6. Kum**

Enjeksiyonlarda fazla alış yapan kademelerde, çimento ağırlığının % 25, 50, 100'ü kadar kum, çimento şerbetlerine ilave edilerek kullanılacaktır.

Kullanılacak kum, sert ve dayanıklı taşların kumu olacaktır. Tanelerin şekli, genel olarak yuvarlak veya kübik, ince veya orta irilikte olacaktır. İçinde organik maddeler ile sodyum sülfat ve kil olmayacaktır. Şayet bu zararlı maddelerin toplam miktarı % 5'den fazla ise, kum mutlaka yıkanarak bu maddelerden arındırıldıktan sonra kullanılacaktır. Enjeksiyonlarda kesinlikle deniz kumu kullanılmayacaktır.

Kullanılacak kumun, ağırlıkça 16 nolu (1.19 mm aralıklı) elekten % 95'i, 50 nolu (0.297 mm aralıklı) elekten % 50'si geçmelidir. 200 nolu (74 mikron aralıklı) elekten ise %5'ten fazlası geçmeyecektir. Özgül ağırlığı 2 gr/cm<sup>3</sup>'ten büyük olacaktır.

İdarece, her 30'ar m<sup>3</sup> enjeksiyona hazırlanmış kumdan, ortalama bir örnek alınacak ve bu örnek üzerinde elek analizi, özgül ağırlık deneyleri yaptırılacaktır. Ayrıca organik madde ve sodyum sülfat deneyleri için, kullanılacak kum ocağından alınan örnekler üzerinde İdarenin laboratuvarlarında deneyler yaptırılacak ve bu deneyler sonucuna göre kum ocağının uygunluğu tespit edilecektir. Eğer bu ocağın bir kısmı standartlara uygun değilse, bu



kısımdan kum alınmayacak veya tamamı standartlara uygun değilse kum ocağı değiştirilecektir.

Sodyum sülfat don kaybı deneyi sonucunda kumdaki kayıpların ortalama ağırlığı, ağırlıkça %10'dan düşük olacaktır.

Kum, beton içine zararlı herhangi bir yabancı madde girmesine engel olmak maksadıyla uygun olarak depolanacaktır.

Kum, üzerinde (TS 706 EN 12620+A1) ve/veya ASTM C40 standardına göre organik madde deneyleri uygulandığında standart referans renginden daha koyu renk vermemelidir. Standart referans renginden daha koyu renk veren bir kumun kullanılabilmesi için, bu kumla harç yapıldığında 7 ve 28 günlük basınç mukavemetleri, standart kumla (TS EN 12350-1, TS EN 12390-2, TS EN 12390-3) aynı şartlarda yapılan mukayese küplerinin mukavemetlerinin en az % 95'i olmalıdır. Aksi halde bu kum kullanılamaz.

#### **4.4.7. Su**

Enjeksiyonda kullanılacak su, betonda kullanılan karma suyu niteliğinde temiz ve berrak olacaktır. Yağ, asit, alkali gibi maddeler ile odun, kömür ve diğer materyallerin parçalarından arındırılmış olacaktır.

Kalitesinden şüphe edilen sulardan örnekler alınarak İdarenin laboratuvarlarında kimyasal analizleri yapılacaktır. Suyun kimyasal analizine göre sodyum sülfat iyonu ve diğer iyonlar betona zarar vermeyecek limitlerde olacaktır. Kullanılacak su ile yapılacak betonun mukavemeti, aynı tarzda içme suyu ile hazırlanmış harcın mukavemetinin %10'undan daha düşük bir mukavemet göstermeyecektir.

#### **4.4.8. Kimyasal Katkı Malzemeleri**

Enjeksiyon işlerinde kullanılacak kimyasal katkı maddeleri (akışkanlaştırıcılar, priz hızlandırıcılar vb), cinsi, miktarı ve ilave etme zamanı ile şerbetlerin kullanım zamanları ile ilgili laboratuvar deneyleri yapıldıktan sonra, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının onayı ile kullanılabilir. Bu deneyler, farklı firmaların ürünleri kullanılarak yapılacaktır.

#### **4.4.9. Kalafat Malzemeleri**

Satıhta, tünelde ve galerilerdeki enjeksiyon esnasında, enjeksiyon şerbetinin yüzeye sızdığı çatlaklar, eklem yerleri kalafat malzemesi ile tıkanacaktır.

Kalafat malzemesi olarak alçı, üstüğü, ağaç kaması ve çabuk priz alan maddeler kullanılacaktır.

#### **4.4.10. Enjeksiyon Malzemelerinin Sürekli Temini**

Enjeksiyon malzemeleri (su, çimento, kum, bentonit, kimyasal katkı maddeleri), enjeksiyon işlerinin aralıksız devam edebilmesi için her enjeksiyon ünitesi ekibine yetecek miktarda olacak ve uygun nitelikte malzeme stokları devamlı takviye edilecektir.

#### **4.4.11. Enjeksiyon Malzemelerinin Depolanması**

Enjeksiyon malzemeleri, özellikle çimento, bentonit ve kimyasal maddelerin hava, kar, yağmur ve suya karşı özelliklerini yitirmemeleri için muhafaza altında tutulacaktır. Torba halinde gelen çimento ve bentonit, ne kadar süre olursa olsun hiçbir zaman 10 torbadan fazla üst üste konmayacaktır. Toptan gelen çimentonun depolanmasında kullanılacak ambar veya silolar, her 3 ayda bir tamamıyla boşaltılacak ve temizlenecektir. Depolama esnasında bozulup topaklaşan veya bu şartnameye uymayan çimento kullanılmayacaktır. 3 aydan fazla bekleyen çimentonun deneyleri tekrarlanarak, şartnameye uygunluğu tespit edildikten sonra kullanılacaktır. Depodaki çimento, sevkiyatı yapılacak çimentonun deneylerinin yapılmasına zaman bırakacak miktarda olmalıdır. Yüklenici çimentoyu işyerine geliş sırasına göre kullanacaktır.

#### **4.5. Enjeksiyon Şerbetleri**

Özel olarak şerbet cinsi ve karışım oranlarının belirtilmediği yerlerde, çimento enjeksiyonlarında kullanılacak şerbetlerin karışım oranları, ağırlıkça çimento/su şeklinde aşağıdaki gibi olacaktır (Şerbetlere ilave edilecek bentonit, kum ve diğer katkı maddeleri çimento ağırlığının %'si olarak belirtilecektir).

1. 1/1 + % 1 bentonit + akışkanlaştırıcı
2. 10/9 + % 1 bentonit + akışkanlaştırıcı
3. 5/4 + % 1 bentonit + akışkanlaştırıcı
4. 7/5 + % 1 bentonit + akışkanlaştırıcı
5. 7/5 + % 1 bentonit + % 25 kum + priz hızlandırıcı
6. 7/5 + % 1 bentonit + % 50 kum + priz hızlandırıcı
7. 7/5 + % 1 bentonit + % 100 kum + priz hızlandırıcı

Genel olarak enjeksiyon çalışmalarında yukarıdaki karışım oranlarındaki şerbetler uygulanacaktır. Ancak;

Bentonit, akışkanlaştırıcı ve priz hızlandırıcıların kullanılıp kullanılmayacağı, kullanılacaksa oranları, gerekli laboratuvar deneyleri yapıldıktan sonra belirlenecek ve Jeoteknik Hizmetler

ve YAS Dairesi Başkanlığının onayı alınarak kullanılacaktır. Bentonit, 1/10 oranında su ile karıştırılarak 24 saat dinlendirildikten sonra kullanılacaktır.

Gerektiğinde, proje karakteristikleri ve birimlerin jeolojik/jeoteknik özellikleri dikkate alınarak, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının uygun görmesi durumunda 1/3 ve 2/3 oranlarındaki şerbetler de enjeksiyonlarda kullanılabilir.

Kumlu karışımların yalancı refüye sebep olduğu çok özel durumlarda, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının uygun görmesi halinde 5/3 ve 2/1 oranlarındaki şerbetler de enjeksiyonlarda kullanılabilir. Ancak bu tür karışımlar akışkanlaştırıcılarla beraber kullanılmalıdır.

Karstik oluşumların olduğu proje sahalarında karışımlarda akışkanlaştırıcı kullanılıp kullanılmayacağına Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığınca karar verilecektir.

Yukarıdaki karışım oranlarıyla hazırlanan şerbetler, hazırlanışından itibaren 2 saat içinde kullanılacaktır. Kullanılmazsa enjeksiyon yapılan kademeye verilmeyip dökülecektir. Katkı malzemeleri ile hazırlanan şerbetlerde bu durum, yapılacak deneyler vasıtasıyla tespit edildikten sonra İdarece bildirilecektir.

Alüvyon enjeksiyonlarında kullanılacak şerbetlerin cinsleri, oranları ve katkı maddelerinin tamamı İdarece tespit edilecek ve bunların tatbikat durumlarına göre de en uygun şerbetler sonradan belirlenecektir. Bu şerbetler, çimento, bentonit, kil şerbetleri veya bunların karışımları ile kimyasal katkı maddeli olup, İdarenin onayı ile bitümlü maddeli ve/veya reçineli şerbetler olabilir.

#### **4.5.1. Enjeksiyon Şerbetlerinde Yapılacak Deneyler**

Kullanılacak şerbetlerin enjeksiyondan önce deneyleri yaptırılacak ve enjeksiyon için uygunluğu tespit edilecektir. Ayrıca, sülfata dayanıklı çimento kullanılacaksa, en az bir ay önce bu deneyler sülfatlı çimentonun her karışım oranı için ayrı ayrı yaptırılacaktır. İdare bu deneyleri arttırıp, azaltmaya yetkilidir.

##### **▪ Priz başlangıcı ve bitim sürelerinin tespiti:**

TS EN 196-3'e uygun olarak priz başlangıç ve bitiş süresi tayin edilecektir.

##### **▪ Basınç dayanım deneyleri:**

Çimento ve sülfata dayanıklı çimentodan yapılmış ve su içinde küre tabi tutulan örnekler üzerinde 7 ve 28 günlük dayanım deneyleri yapılacaktır (28 günlük örnekler en az 10 kg/cm<sup>2</sup> basınç dayanımını sağlamalıdır).

▪ **Viskozite deneyi:**

Marsh hunisi ile her karışım oranlı şerbet için viskozite deneyi yapılacaktır. Bu deneylerin sonuçları İdarece değerlendirilip, neticesi yükleniciye bildirilecektir.

Hazırlanan her yeni karışımda yapılan deney sonuçları, İdarece uygun görülen değerler ile karşılaştırılacaktır. Uygun olmayan şerbetler kullanılmayacaktır.

▪ **Çökme deneyi:**

Kullanılacak her cins şerbet içindeki katı maddelerin, zamana göre çökme miktarının karışım hacmine yüzde olarak oranıdır. 2 saatlik çökme değeri % 5'i geçmeyecektir. Bu deney sonucuna göre uygun olmayan karışımlar kullanılmayacaktır.

▪ **Özgül ağırlık deneyi:**

Kullanılacak bütün şerbetlerin özgül ağırlıkları belirlenecektir.

Alüvyon enjeksiyonunda çimento şerbetlerinden başka kil, bentonit, kimyasal katkı maddeleri, bitümlü maddeler, reçineler vb şerbetler kullanıldığında, bunlar için özel deneyler ayrıca istenecektir.

#### **4.6. Perde Enjeksiyonu**

Perde enjeksiyonu delik derinlikleri, delikler arası mesafeler projelerinde gösterildiği şekilde olacaktır. Yüzeyde yapılacak enjeksiyon (perde ve kapak) başlık betonu üzerinden yapılacaktır. Başlık betonu, 6 m genişliğinde, 30 cm kalınlıkta olacak ve C16 dozlu betondan imal edilecektir.

Perde enjeksiyonu, kapak enjeksiyonundan sonra veya karşılıklı en az 3 kapak anosunun enjeksiyonu bitirildikten sonra yapılacaktır. İki sıralı perdede önce memba sonra mansap sırasının enjeksiyonu yapılacaktır. Araya girilmesi durumunda, ara kuyular iki sıranın ortasından yapılacaktır.

Perde enjeksiyon delikleri, enjeksiyon için yukarıdan aşağıya doğru tamamen delinecek ve aşağıdan yukarıya doğru kademeler metodu ile enjekte edilecektir. Şayet sondaj esnasında delikte yıkıntı olması veya devirdaim suyunun % 70 ve daha fazlasının kaçması hallerinde, o seviyenin üzerinden lastik tutturulup enjeksiyon yapılacaktır. Priz süresi sonunda ilerlemeye devam edilecektir. Bu süre, yüklenicinin yapacağı deneylerden sonra tespit edilecektir.

Perde enjeksiyonu deliklerinin üstteki 0-5 m arasındaki kısmının enjeksiyonu, aşağıdan yukarıya doğru çıkan metotla 2 kademedede yapılacaktır.

Enjeksiyonu biten deliklerde üst kısımda kalan boşluklar kuyu ağzından 4 numaralı şerbetle doldurulacaktır.

Bütün karotlu kontrol ve araştırma deliklerinin çapı, delik tabanında minimum 66 mm olacaktır.

Perde deliklerinin enjeksiyon basıncı (Efektif basınç),  $P_T = 0,33 H$  formülüne göre hesaplanarak bulunacaktır.

H = Metre cinsinden kademe ortası kuyu ağzı arasındaki mesafedir.

$P_T$  = Efektif basınç (kg/cm<sup>2</sup>).

İdare gerekli gördüğünde, bu basınçları bir miktar artırıp azaltabilir.

Bir delik veya delik kademesinin enjeksiyonuna son verebilmek için manometrede okunacak refü basıncı, deliğin yukarı yönde (enjeksiyon galerisinde) veya aşağı yönde açılışına göre hesaplanacaktır. Yukarı yönlü deliklerde şerbet sütununun hidrostatik basıncı enjeksiyon basıncına ilave edilerek, aşağı yönlü deliklerde ise çıkarılarak bulunacaktır. Ayrıca eğimli deliklerde şerbetin hidrostatik basıncına kuyu eğimi de (düşey ile yaptığı açı) etken olacağından, manometrede okunacak refü basıncı aşağıdaki formüllerle bulunacaktır.

Yukarı yönde ve yukarı yönde eğimli deliklerde:

$$P_m = P_T + (W.L. \cos \alpha) / 10$$

Aşağı yönde ve aşağı yönde eğimli deliklerde:

$$P_m = P_T - (W.L. \cos \alpha) / 10$$

Burada;

$$P_T = \text{Enjeksiyon basıncı (kg/cm}^2\text{)}$$

$$P_m = \text{Manometre basıncı (kg/cm}^2\text{)}$$

L = Delikte enjekte edilecek kademe ortasından delik başı manometresine kadar olan mesafe (manometre deliğinin başında değilse manometrenin bulunduğu yer ile delik arasındaki metre cinsinden düşey mesafe)

$\alpha$  = Delik yönü ile düşey arasındaki açıdır. Bu sadece eğimli enjeksiyon deliklerinde etken olmaktadır. Düşey deliklerde  $\cos \alpha = 1$ 'e eşit olup neticeyi etkilememektedir.

W = Enjeksiyon şerbetinin özgül ağırlığıdır.

Eğer enjeksiyon su yükü altında yapılacaksa, basınçlar hesaplanırken su yükü de dikkate alınacaktır.

Enjeksiyona başlamadan önce şerbetin sızıntı yapabileceği yerler, fazla su emebilen ağaç kama, alçı, üstüğü veya çabuk priz yapan koyu çimento şerbetleri ile tıkanmalıdır.

**Enjeksiyon uygulamalarında aşağıdaki sıra takip edilecektir:**

1. Enjeksiyona 1 numaralı şerbetle başlanacak ve bu şerbetten 1 m<sup>3</sup> verilecektir.
2. Basınçta bir yükselme olmazsa, 2 numaralı şerbete geçilecek ve 1 m<sup>3</sup>'e kadar bu şerbetten verilecektir.
3. Basınçta bir yükselme olmazsa, 3 numaralı şerbete geçilecek ve 1 m<sup>3</sup>'e kadar bu şerbetten verilecektir.
4. Yine basınçta bir yükselme olmazsa, 4 numaralı şerbete geçilecek ve 5 m<sup>3</sup>'e kadar bu şerbetten verilecektir.
5. Basınçta hiç yükselme yoksa, 5 numaralı kumlu karışım kullanılacaktır. Bu karışımdan 5 m<sup>3</sup> verilecek, basınçta bir yükselme ve refüye gitme durumu olmazsa 6 numaralı kumlu karışımdan 5 m<sup>3</sup> daha basılacaktır. Bu işlemlerden sonra basınç hala yükselmezse, enjeksiyon harç pompası ile 7 numaralı karışımdan 5 m<sup>3</sup> basılacaktır.

Bir kademenin enjeksiyonunda deliğe 7 numaralı karışım basılmasına rağmen refü elde edilmemişse, enjeksiyona ara verilip prize bırakılacaktır. Bu aşamada kuyunun refü olmamasının jeolojik/jeoteknik sebepleri araştırılacak ve değerlendirme sonuçlarına göre o kademenin enjeksiyon metodolojisi gözden geçirilecektir. Bu kuyuda tekrar enjeksiyona başlamadan önce refü elde edilemeyen kademe temizlenecek ve enjeksiyona başlanacaktır.

Enjeksiyona tekrar başlandığında basınç 0 kg/cm<sup>2</sup> ise başlangıç şerbetinden 0,25 m<sup>3</sup> verilecek, daha sonra da prize bırakılan karışımla enjeksiyona devam edilecektir.

Ancak, karstik ve büyük boşlukların olduğu yerlerde yukarıda belirtilen metodoloji, gerekli görülmesi halinde Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı tarafından revize edilebilecektir.

Gerek çimento şerbetli, gerekse kumlu karışımlarda herhangi bir karışım kullanılırken basınç o kademe basıncının henüz yarısına erişmemiş ise, bir sonraki karışıma geçilecektir. Ancak, mevcut basınç kademe basıncının yarısını aşmışsa, aynı karışımla şerbet yemeyinceye kadar enjeksiyona devam edilecektir.

Baraj ve göletlerdeki perde enjeksiyonuna talveg seviyesinden başlanarak sağ ve sol sahilde yamaçlara doğru çıkılacaktır. Sağ ve sol sahildeki perde enjeksiyonunun dolgunun önünde gitmesine dikkat edilecek ve enjeksiyon şerbetinin dolguya karışmaması için gerekli tedbirler alınacaktır.

Kuyu tabanında projede belirtilen kabul edilebilir katı madde miktarından fazla alışı olduğu durumlarda, enjeksiyon kuyusu 1 kereye mahsus olmak üzere 1 kademe uzatılacaktır.

#### **Refü Şartı:**

Gerek şerbet gerekse kumlu karışımlarla, istenen basınç elde edilip 10 dakikalık zamanda kademe şerbet veya kumlu karışım yemediği zaman, başlangıç şerbetine geçilecek ve enjeksiyona bu şerbetle devam edilecektir. Kademe 20 dakika içinde 0,6 litre/metre/dakika veya daha az şerbet yemişse, refü elde edilmiş sayılacak ve bu kademenin enjeksiyon işlemleri durdurulup diğer kademe veya başka bir deliğin enjeksiyonuna geçilecektir. Refü şartındaki değerler kaydediciye tanımlanarak kontrol edilecektir.

Perde enjeksiyonlarında enjeksiyondan önceki su kaçaqları ile şerbet alışı kıyaslanacaktır. Su kaçaqlarıyla şerbet alışlarının uyumsuz olduğu durumlarda jeolojik/jeoteknik sebepler araştırılacak ve değerlendirme sonuçlarına göre o kademenin enjeksiyon metodolojisi (şerbet kıvamları, uygulanan basınç vb) gözden geçirilecektir.

İdare, zeminin yapısına, yıkıntı yapma durumuna, çimento alışı ve su deneylerine göre kademe boylarını değiştirebilecektir.

#### **4.7. Bağ Enjeksiyonu**

Perde enjeksiyonu, enjeksiyon galerileri ile bölünmüş şekilde yapılıyor ise bu perdelerin birbirlerine bağlanması amacıyla bağ enjeksiyonu yapılır. Bağ enjeksiyon delikleri en az 2 adet olacak (kuyuların eğimleri tünel merkezinden biri yatay, diğeri bu kuyuyla 30 derece eğimli) ve perde enjeksiyonuna 2 m soketlenecektir.

#### **4.8. Dikiş Enjeksiyonu**

Rezervuarlarda yapılan her türlü kaplamanın (beton veya kil blanket) sınırında enjeksiyon perdesi ile bütünlüğü sağlamak amacıyla, projelerinde belirtildiği şekilde dikiş enjeksiyonları yapılacaktır. Bu enjeksiyonlar, Bölüm 4.6.'da belirtilen şekilde yapılacaktır.

#### **4.9. Kapak Enjeksiyonu**

Projelerinde öngörüldüğü gibi perde eksenini boyunca talvegde, sağ ve sol yamaçta en az iki sıra olarak ano sistemine göre yapılacaktır. Delgi ve enjeksiyon, Bölüm 4.6.'da tarif edildiği gibi yapılacaktır. Delgi çapı en az 56 mm olacaktır.

Kapak enjeksiyonunun delik derinlikleri, delikler arası mesafe ve kapak sıralarının perde sırasına uzaklığı projesinde belirtildiği gibi olacaktır. Projesinde belirtilmemişse derinlik 5 m, ara mesafeler ise 3 m olarak alınacaktır.

Kapak enjeksiyonunda önce memba tarafındaki sıra, sonra mansap tarafındaki sıra yapılacaktır.

Kapak enjeksiyonu, perde enjeksiyonundan önce yapılacak veya karşılıklı en az üç ano kapak enjeksiyonu bitirildikten sonra buradaki perde enjeksiyonuna geçilecektir.

Kapak enjeksiyon kuyularında kullanılacak basınç;

$P = 0,23 H \text{ kg/cm}^2$  formülü ile bulunacaktır.

H= Kademe ortasından delik ağzına kadar olan mesafedir (m).

İdare, gerekli gördüğü durumlarda basınçları artırıp azaltabilecektir.

Kapak enjeksiyon deliğinin tamamı delinecek ve aşağıdan yukarıya doğru kademeler halinde enjeksiyonu yapılacaktır. Deliğin son 0-5 m'lik kısmı ise 2,5 m'lik 2 kademe halinde yapılacaktır.

Şayet delgi esnasında delikler yıkıntı yapıyorsa veya devirdaim suyunun % 70 ve daha fazlasının kaçması hallerinde, enjeksiyon delgiye paralel olarak yukarıdan aşağıya doğru inen kademeler metoduna göre yapılacaktır.

Kapak enjeksiyonunda kullanılacak karışım oranları, miktarı, refü şartı ve diğer hususlar Bölüm 4.6.'da belirtildiği gibi uygulanacaktır.

#### **4.10. Kontak Enjeksiyonu**

Tünel, galeri, denge bacası, şaft gibi yapılarda kaplama betonu ile temel kaya arasındaki boşlukları, beton ile çelik kaplama ara yüzeyindeki muhtemel boşlukları, göçük boşluklarını, TDM ile açılan tünellerde yapılan çeper enjeksiyonu sonrası kalabilecek boşlukları doldurmak ve tüm yüzey boyunca teması sağlamak için kontak (dolgu) enjeksiyonu yapılacaktır.



#### 4.10.1. Klasik Olarak Açılan Tünellerde Kontak Enjeksiyonu

Beton dökülmesinden sonra, 21 günlük priz süresini doldurmamış hiçbir yerde kontak enjeksiyonu yapılmayacaktır.

Kontak enjeksiyonu, beton dökülürken projesine uygun olarak beton içine bırakılan en az 3 inç'lik borular içinden, minimum çapı 46 mm olan su devirdaimli rotari ve darbeli-rotari tip sondaj makinesi ya da İdare tasvip ederse havalı makinelerle açılan deliklerden yapılacaktır.

Kontak enjeksiyonu, projelerinde gösterilen kesit aralıklarında yapılacaktır. Delik boyu, kaplama, ön kaplama ve kazı boşluğunu geçip temel kaya içine 15 cm girecek uzunlukta olacaktır. Delik adedi jeolojik/jeoteknik parametrelere bağlı olmakla birlikte, genel olarak 3 m'lik her kesitte tünelin üzeni hattı üzerinde 1 ve 2 olmak üzere şaşırtmalı olarak açılacaktır.

Tüneller ve galerilerde kontak enjeksiyonuna, 6'şar metre aralıklı kesitlerden başlanacaktır (ardışık kesitler bırakılacaktır). Tünelin veya galerinin 24 m'lik bölümü veya bunun birkaç katı bölümü ele alınacak ve 6'şar metre aralıklı kesitlerdeki üzeni hattı üzerindeki çiftli delikler delinecek, enjeksiyon yapılacaktır. Bu bölümdeki bu deliklerin tamamlanmasından sonra, yine 6 m aralıklı bu kesitlerin tekli delikleri delinerek enjeksiyon yapılacaktır.

Enjeksiyon basınçları tüm kontak enjeksiyon deliklerinde 2 Atm olacak ve enjeksiyon takımı boru içinden bütün delik bir kerede bir kademe olarak enjekte edilecektir. Manometrede okunan basınç, delik orta noktası ile manometrenin okunduğu seviye arasındaki farktan doğan şerbet yükü, 2 atmosfere ilave edilerek veya çıkartılarak hesaplanacaktır.

Tünel ve galerilerin eğimli olan bölümlerinin kontak enjeksiyonuna en düşük kottan başlanarak çalışılacaktır.

Kontak enjeksiyonunda bir delikten şerbet veya harç basılırken diğer deliklerden şerbet gelip gelmediği kontrol edilecektir. Su geliyorsa şerbete dönüşüncüye kadar akışa müsaade edilecek, şerbet geliyorsa bu delik elde mevcut enjeksiyon takımı varsa bununla, yoksa takoz tıpa ile anında tıkanacaktır. Sonra bu deliklerin enjekte edilme sırası geldiğinde tekrar delinerek enjeksiyonuna başlanacaktır.

Deliklerde refü elde edildikten sonra, enjeksiyon takımının ucundaki vana kapatılarak enjeksiyon hortumu sökülecek ve enjeksiyon takımı o delikte bırakılacaktır. Zaman zaman bu vana açılarak şerbetin geri gelip gelmediği kontrol edilecek, şayet şerbet geri gelmiyorsa enjeksiyon takımı o delikten alınacaktır. Eğer şerbet gelişi varsa, takım prize kadar bekletilecektir.

Tünel kaplaması arkasındaki boşluklar 1 metreden daha büyük ise (göçük yerleri vb) buranın doldurulması için beton kaplama dökülürken, beton pompasına uygun olacak çapta ve çeşitli noktalarda boşluk tavanına ve boşluğun çeşitli seviyelerine ulaşan çelik borular bırakılacaktır. Ayrıca harçla doldurulduktan sonra kalabilecek boşlukları enjeksiyonla doldurmak için de aynı tarzda 3 inç'lik enjeksiyon boruları da yerleştirilecektir. Enjeksiyon borularının üst uçlarının harçla dolmaması için beton dökümü sırasında betonun borunun içine girip tıkanmasını engelleyecek, fakat enjeksiyon basıncıyla yerinden atılabilecek özellikte bir malzeme ile tıkanacaktır. Önce beton pompası ile boşluğun en altındaki borulardan İdarenin belirteceği uygun beton karışımı basılacak, bu boru seviyesine kadar doldurulduktan ve prizini aldıktan sonra üst seviyelerdeki borulara geçilecektir. Bu şekilde bütün boşluk doldurulduktan sonra, enjeksiyon boruları içinden temel kayaya kadar delinerek dolmamış kısımlar için kontak enjeksiyonu yapılacaktır.

Sadece kontak enjeksiyonu yapılan tünellerin enjeksiyonu biten bölümlerinin fazla alış yapan ve su gelişi olan kesitlerinde, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının onayı ile kontrol delikleri açılacaktır. Kontrol deliklerinden elde edilen verilere göre ilave delikler açılıp enjeksiyonu yapılacaktır.

Tünel kontak enjeksiyonları, kesit numaraları ile belirtilecektir. Her kesitteki delikler tabandan başlayarak saat yönünde, a, b, c şeklinde isimlendirilecektir (Ek 4).

#### **4.10.2. TDM İle Açılan Tünellerde Kontak Enjeksiyonu**

TDM ile açılan tünellerde çeper enjeksiyonunun harçlı karışım ile yapılması durumunda, kontak enjeksiyonu yapılacaktır.

Kontak enjeksiyonu, segmentlerde imalat esnasında bırakılmış deliklerden yapılacaktır. Gerekmesi durumunda segmentler donatıya zarar vermeyecek şekilde delinecektir. Bu deliklerden yapılacak enjeksiyon delgileri, çeper enjeksiyonunu geçerek ana kayaya en az 15 cm girecektir. Yapılan bu enjeksiyon ile hem segment ile çeper enjeksiyonu arasında kalan boşluk, hem de çeper enjeksiyonu ile ana kaya arasında kalan boşluk doldurulmuş olacaktır.

Kontak enjeksiyonu, segment kaplama ucuna göre gerideki bir alanda yapılacak olup, 100 m'den daha yakında ve 500 m'den daha uzakta olmayacaktır.

Enjeksiyonu biten bölümlerde fazla alış yapan ve su gelişi olan kesitlerde, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının talebi doğrultusunda kontrol delikleri açılacaktır. Kontrol deliklerinden elde edilen verilere göre ilave delikler açılıp enjeksiyonu yapılacaktır.

Segmentlerdeki derzlerden herhangi bir şerbet kaçağı olması durumunda, uygun görülen bir yöntemle durdurulacaktır.

Kullanılan karışım Bölüm 4.5.'e uygun olacaktır. Büyük boşlukların belirlendiği yerlerde İdarenin onayıyla karışıma kum ilave edilebilecektir.

Maksimum kontak enjeksiyon basıncı, kaplamaya zarar vermeyecek miktarda olacaktır.

Herhangi bir delikte kontak enjeksiyonu tamamlandığında, karışım prizini alıncaya kadar basınç muhafaza edilecek ve enjeksiyon kuyuları Bölüm 4.17.'deki şekilde tamamen doldurulacaktır.

**Hem klasik hem de TDM ile açılan tünellerde kontak enjeksiyon uygulamalarında aşağıdaki sıra takip edilecektir:**

1. Enjeksiyonlara 1 numaralı şerbetle başlanacak ve bu şerbetten 1 m<sup>3</sup> verilecektir.
2. Basınçta bir yükselme olmazsa, 2 numaralı şerbete geçilecek ve 1 m<sup>3</sup>'e kadar bu şerbetten verilecektir.
3. Basınçta bir yükselme olmazsa, 3 numaralı şerbete geçilecek ve 1 m<sup>3</sup>'e kadar bu şerbetten verilecektir.
4. Yine basınçta bir yükselme olmazsa 4 numaralı şerbete geçilecek ve 5 m<sup>3</sup>'e kadar bu şerbetten verilecektir.
5. Basınçta hiç yükselme yoksa 5 numaralı kumlu karışım kullanılacaktır. Bu karışımdan 5 m<sup>3</sup> verilecek, basınçta bir yükselme ve refüye gitme durumu olmazsa 6 numaralı kumlu karışımdan 5 m<sup>3</sup> daha basılacaktır. Bu işlemlerden sonra basınç hala yükselmezse, 7 numaralı karışımdan enjeksiyon harç pompası ile 5 m<sup>3</sup> daha basılacaktır.

Enjeksiyonda deliğe 7 numaralı karışım basılmasına rağmen refü elde edilmemişse, enjeksiyona ara verilip prize bırakılacaktır. Bu aşamada kuyunun refü olmamasının jeolojik/jeoteknik sebepleri araştırılacak ve değerlendirme sonuçlarına göre o bölümün enjeksiyon metodolojisi gözden geçirilecektir. Bu delikte tekrar enjeksiyona başlamadan önce refü elde edilemeyen bölüm temizlenecek ve enjeksiyona başlanacaktır.

**Kontak Enjeksiyonlarında Refü Şartı:** Gerek enjeksiyon şerbeti, gerekse harçlı karışımlarda istenen basınç elde edilip 10 dakikalık zamanda şerbet veya harcı yemediği takdirde, 1 numaralı şerbete geçilecek ve enjeksiyona devam edilecektir. Ancak 20 dakikalık süre içinde, delik 0,6 litre/dakika/delik veya daha az şerbet yemişse, refü elde edilmiş sayılacaktır ve başka deliğin enjeksiyonuna geçilecektir.

### **4.10.3. Cebri Boru ile Beton Arasındaki Kontak Enjeksiyonu**

Kuvvet tünelinin cebri borulu kısmının projelerinde gösterilen ve cebri boruya monte edilen beton içinde kalan borulardan, beton ile cebri boru arasındaki boşluk enjeksiyonla doldurulacaktır. Bu delikler kontak enjeksiyonundaki teknik ve delme usulüne göre, maksimum 2 Atm basınç altında ve 1 numaralı şerbetle enjekte edilecektir.

Cebri boru, salyangoz ve enjeksiyon gerektiren metal imalatlarda tıklama ile belirlenen yerler, laboratuvarlarda kullanılan mıknatıs ayaklı karot alıcılarla delinerek manşon kaynatılıp, buralardan 1 numaralı şerbetle enjeksiyon yapılacaktır. Kullanılan enjeksiyon basıncı, metal imalata zarar vermeyecek şekilde 0,5 atmosferden başlayıp en fazla 2 atmosfer olacaktır. Daha sonra uygun kaynak tekniği kullanılarak, delinen yerler kaynatılıp kapatılacaktır.

Refü şartı: Projede belirtilen basınç altında 10 dakika süresince şerbet alışı yoksa, refü elde edilmiş olacaktır.

### **4.11. Çeper Enjeksiyonu**

TDM ile açılan tünellerde segment kaplama ile kaya arasındaki halka şeklindeki boşluğun kalın harçlı karışımla veya ince çakıl ve uygun karışımla doldurulması ya da sözkonusu boşluğa konan ince çakıl gerecin (5-12 mm pea gravel) mukavemetinin artırılması amacı ile enjeksiyonu yapılacaktır.

#### ***Çeper enjeksiyonu harçlı karışım ile yapılacaktır:***

TDM kalkanı veya kuyruk mahmuzunun koruması altında yerleştirilen segmentlerin arkasındaki çeper enjeksiyonu, İdarece aksi kabul edilmedikçe monte edilen segment halka kalkanı veya kuyruk mahmuzundan kurtulunca hemen başlayacak ve bir sonraki halka başlamadan önce tamamlanacaktır.

Enjeksiyon, kuyruk kalkanı üzerindeki borulardan veya segmentler üzerinde bırakılan deliklerden yapılacaktır. Enjeksiyon şerbetinin ileri kaçmaması için makine kalkanı üzerinde mutlaka uygun fırça tertibatı bulunacaktır.

Çeper enjeksiyonu, tüm hava ve fazla suyun dışarı atılmasını sağlayacak şekilde ve basınçta, boşluk, enjeksiyonla tamamen dolduruluncaya kadar tabandan başlanarak yukarı doğru yapılacaktır.

Deliklerde refü elde edilene kadar veya bir üst sevideki kuyudan harç gelene kadar enjeksiyona devam edilecek, daha sonra delik tıkaçla kapatılarak enjeksiyon takımı bir üst

seviyedeki kuyuya taşınacaktır. Enjeksiyon işlemlerinde, halkanın her iki tarafında eşit bir enjeksiyon seviyesinin sağlanmasına dikkat edilecektir.

Enjeksiyon hortumu çekildiğinde, basınç altında harcın prizini almasını sağlamak üzere enjeksiyon deliklerine tıkaç, paker, vb yerleştirilecektir.

Enjeksiyon deliklerinden çıkan harç ve döküntüler, prizini almadan önce temizlenecektir.

Çeper enjeksiyon basıncı, enjeksiyonun yapıldığı yerdeki hakim hidrostatik basınca eşit veya 1 atm fazla olacak şekilde ve harcı düzgün olarak tatbik etmeye yeterli miktarda olacaktır. Yüklenici, enjeksiyon basınçlarının uygulanmasında zeminin kabarmamasına, kaplamanın bozulmamasına, contaların hasar görmemesine ve diğer yapılara zarar verilmemesine dikkat edecektir.

İdarece aksi kabul edilmedikçe, enjeksiyon kaybını önlemek için halkanın asıl kenarına monte edilmiş olan herhangi bir yalıtkan madde veya alet, çeper enjeksiyonunun tamamlanması üzerine çıkartılacaktır.

Her halka için kullanılan enjeksiyon harç miktarı kaydedilecektir. Enjeksiyon harç kayıtları, günlük tünel ilerleme kayıtları ile birlikte İdareye sunulacaktır. Şayet basılan harç miktarı, segmentlerin arkasındaki teorik boşluğu doldurmaya yeterli değilse, bunun nedeni araştırılacaktır. Eğer hala boşluklar mevcutsa, tüm boşluklar dolduruluncaya kadar enjeksiyona devam edilecektir.

Enjeksiyon sırasında çalışmayı engelleyecek miktarda basınçlı su ile karşılaşıldığında, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının bilgisi dahilinde kimyasal katkı maddeleri kullanılabilir.

Harç, çimento ve suyun homojen bir karışımı olacak ve uçucu kül, diğer puzolanik çimento vb maddeler ile İdarece kabul edilen diğer harç katkı maddelerini de içerebilecektir.

Harç, doldurulacak alanın tüm bölümlerine basınç altında serbestçe akabilecek kıvamda olacaktır. Harcın 100 mm'lik küp numunelerinin 28 günlük dayanımı, minimum 10 kg/cm<sup>2</sup> olacaktır.

Çeper enjeksiyonu ekipmanı, homojen ve tamamen karıştırılmış bir harç oluşturmak için sürekli mekanik olarak karıştırma yapabilecektir.

### ***Çeper enjeksiyonu ince çakıl (pea gravel) ve uygun karışım ile yapılacaktır:***

Segment kaplama ile kaya arasına öncelikle çakıl pompası ile çakıl (pea gravel) basılacak, daha sonra 1 numaralı şerbetle enjeksiyonu yapılacaktır.

### **4.12. Konsolidasyon (Sağlamlaştırma) Enjeksiyonu**

Konsolidasyon enjeksiyonları, yapıları çevreleyen veya yapının üzerine oturacağı temel kayanın dayanımını arttırmak amacıyla projelerine uygun olarak yapılacaktır.

#### **4.12.1. Tünel, Galeri, Denge Bacası vb Yapılarda Konsolidasyon Enjeksiyonu**

##### ***Klasik olarak açılan tünellerde konsolidasyon enjeksiyonu:***

Tünellerde, projelerinde belirtilen kesit aralıklarında ve her kesitte öngörülen sayı ve derinlikteki deliklerden en az iki kademe halinde konsolidasyon enjeksiyonu yapılacaktır. Konsolidasyon enjeksiyonları, beton dökülürken projesine uygun olarak beton içine bırakılan en az 3 inç'lik borular içinden, minimum çapı 46 mm olan su devirdaimli rotari makinelerle açılan deliklerden yapılacaktır.

Konsolidasyon enjeksiyonu delik derinlikleri genel olarak tünellerde  $D_{iç}/2$ , derivasyon tüneli tıkaç bölgelerinde ise  $D_{iç}$  kadar olacaktır. Ancak, zeminin jeolojik/jeoteknik özelliklerine bağlı olarak karstik boşluk, göçük, fay gibi süreksizlik zonlarıyla karşılaşıldığı durumlarda, jeoteknik gerekçe raporu hazırlanarak bu derinlikler değişebilecektir. Delik sayısı ise  $2\pi r/3$  formülünden hesaplanacaktır ( $D_{iç}$ : tünel nihai kaplama iç çapı, r: yarıçap).

Tünellerdeki konsolidasyon enjeksiyonu, delik çapı en az 46 mm olan rotari tipli ve su devirdaimli makine ile karotsuz açılan deliklerden yapılacaktır. Ancak, İdarenin isteyeceği karotlu kontrol deliklerinde ise delik tabanında minimum çap 66 mm olacaktır.

Tünellerde konsolidasyon enjeksiyonuna, o kesitteki kontak enjeksiyonunun bitirilişinden en az 14 gün sonra ve o kesitin her iki yönünden 1 ano (24 m) uzaklık içindeki kontak deliklerinin enjeksiyonu bitirilmiş olduğu takdirde başlanabilecektir.

Konsolidasyon enjeksiyon delikleri, önce 6'şar metrelik kesitler ele alınıp bunların alt deliklerinden başlanarak üste doğru sıra ile enjeksiyon hatları halinde teker teker delinip, enjekte edilecektir. Daha sonra ara kesitlere geçilecek ve aynı şekilde taban derinliklerinden başlanarak alttan üste doğru sıra ile enjeksiyon hatları halinde teker teker ele alınarak deliklerin enjeksiyonu yapılacaktır.

Şayet 6 m'lik kesitlerde delikler birbiri ile irtibat yaparsa, bu mesafe 12 m veya 24 m'ye çıkartılarak enjeksiyon ano usulü ile yapılacaktır.

Enjeksiyon ve ulaşım galerilerinde konsolidasyon enjeksiyonu yapılmayacaktır.

Tünel konsolidasyon enjeksiyonu, kesit numaraları ile belirtilecektir. Her kesitteki delikler tabandan başlayarak saat yönünde a, b, c, d,... şeklinde isimlendirilecektir (Ek 4).

Denge bacası, şaft, vb yapılarda konsolidasyon enjeksiyonu içeriden ve dışarıdan yapılabilecektir. İçeriden yapıldığında, delik sayısı ve derinliği normal konsolidasyon enjeksiyonu gibi olacaktır. Dışardan yapıldığında ise delik sırası ve sayısı jeolojik/jeoteknik özelliklere göre projelendirilecektir. Bu durumda uygulanacak enjeksiyon basıncı, betona zarar vermeyecek şekilde olacaktır.

**Tünel konsolidasyon enjeksiyonunda** uygulanacak enjeksiyon basıncı (Etketif basınç  $\text{kg/cm}^2$ ),  $P_T = 2 + 0,33 H$  formülü ile bulunacaktır (H, kademe ortasından delik ağzına kadar metre cinsinden mesafedir).

Bir delik veya kademenin enjeksiyonuna son verebilmek için manometrede okunacak basınç, deliğin yukarı yönde veya aşağı yönde açılışına göre şerbet sütununun hidrostatik basıncını enjeksiyon basıncına ilave etmek veya çıkarmakla bulunacaktır. Ayrıca düşeyden açılı olarak açılan eğimli deliklerde (bir kesitteki tavan kısmında ve taban kısmında bulunan yan deliklerde) şerbet hidrostatik basıncına deliğin eğimi (düşey ile yaptığı açı) etkili olacağından, manometrede okunacak refü basıncı aşağıdaki formüllerle bulunacaktır.

Tavan ve tavan yan deliklerde:

$$P_m = P_T + (W.L. \cos \alpha) / 10$$

Taban ve taban yan deliklerde:

$$P_m = P_T - (W.L. \cos \alpha) / 10$$

Burada;

$$P_T = \text{Enjeksiyon basıncı (kg/cm}^2\text{)}.$$

$$P_m = \text{Manometre refü basıncı (kg/cm}^2\text{)}.$$

L = Delikteki enjekte edilecek kademenin ortasından delik başı manometresine kadar olan mesafedir. Birimi m'dir.

$\alpha$  = Delik yönü ile düşey arasındaki açıdır. Bu açı sadece yan deliklerde etken olmaktadır. Düşey ve tam yatay deliklerde  $\cos \alpha$  değeri 1'e eşit olup neticeyi etkilememektedir.

$$W = \text{Enjeksiyon şerbeti özgül ağırlığı (gr/cm}^3\text{)}.$$

### ***TDM ile açılan tünellerde konsolidasyon enjeksiyonu:***

TDM ile açılan tünellerde, geçilecek birimlerin jeolojik/jeoteknik özellikleri ile hidrojeolojik koşulların doğru olarak belirlenmesi sonrası uygun makine seçimi yapılırsa, özel durumlar haricinde tüm tünel boyunca düzenli olarak konsolidasyon enjeksiyonu yapılmasına gerek yoktur. Ön delgi sonucunda elde edilen verilere göre; sadece ana kayadan tünel kazısına çalışmayı engelleyecek miktarda su gelmesi, tünel aynasındaki malzemenin dayanımının ilerlemeyi engelleyecek kadar az olması ve göçük yaparak kafa kısmının sıkışmasına neden olması, süreksizlikler ve bunların neden olduğu ezilme zonları gibi beklenmeyen durumlarla karşılaşırsa, TDM üzerinde yer alan düzenekler vasıtasıyla ilerleme yönündeki jeolojik birimin (tünel eksenini üst bölümünün) ve koşulların iyileştirilmesi enjeksiyon ile yapılabilir.

TDM ile açılan tünellerde konsolidasyon enjeksiyonu için işlemler aşağıda verilmektedir:

Ön delgi kuyularında yeraltı suyuna rastlandığında gelen iç akım ölçülecek ve talimat verildiğinde BST yapılacaktır.

Bir çember üzerinde açılacak kuyular demeti eşit aralıklı olacak, su taşıyan süreksizlikler tünel kazı kesitinden 1–2,5 m uzaklıkta kesilecek şekilde delikler konumlandırılacaktır. Ön delgi kuyularının uzunluğu, TDM'nin ön delgi aparatlarının dizaynına bağlı olarak 25–40 m arasında olabilir (kuyu uzunluğu aynadan ölçülen mesafe olup, kuyu geriden alınmışsa kuyu ağzı ile ayna arasındaki uzaklık hariç tutulur).

Enjeksiyonun performansını test etmek için ön delgi kontrol kuyuları açılacak ve gerektiğinde sondaj ve enjeksiyon işlemi tekrarlanacaktır.

Enjeksiyonun tamamlanması üzerine ön delgi ve kontrol kuyuları enjekte edilecektir.

#### **4.12.2. Yapı Temellerinde Konsolidasyon Enjeksiyonu**

Yapı temellerinde temel kayasının dayanımını arttırmak amacıyla yapılan sağlamlaştırma enjeksiyonudur.

Konsolidasyon enjeksiyonu, ano sisteminde daralan aralıklar yöntemiyle yapılacaktır. Bütün delikler enjeksiyon için yukarıdan aşağıya tamamen delinecek, basınçlı temiz suyla yıkanacak ve delik dibinden kuyu ağzına doğru belirtilen kademelerde enjekte edilecektir. Şayet deliklerin sondajı esnasında delik yıkıntı yapıyorsa veya sondaj devridaim suyunun % 70 veya daha fazlası kaçırıyorsa, delik ağzından delik dibine doğru ilerlemeye paralel (ilerlemeler en fazla belirtilen kademe boyu kadar olacaktır) olarak kademe enjeksiyon metodu ile enjeksiyonlar yapılacaktır.



Delgi ve enjeksiyon işlemleri, Bölüm 4.8.'deki tekniğe uygun olarak yapılacaktır. Basınçlar  $P_T = 0.23 H$  formülüne göre hesaplanarak uygulanacaktır.

Konsolidasyon enjeksiyonunda şerbet veya harçlar, Bölüm 4.5.'de belirtilen enjeksiyon uygulama sırasında anlatıldığı gibi olacaktır.

#### **4.13. Kimyasal Enjeksiyon**

Kimyasal enjeksiyon, ancak çok özel durumlarda ve Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının onayı alınarak uygulanacaktır.

Bir veya daha fazla organik (uzun zincirli karbonlar) kimyasal bileşenin hava ve/veya su ile teması sonucunda hacminden fazla şişerek yapılan enjeksiyondur. Bu bileşenler reaksiyona çok hızlı girdiği için, ayrı ayrı borulardan verilerek kuyu ağzında birleşen karışım istenilen çatlaklara enjekte edilecektir.

#### **4.14. Derz Enjeksiyonu**

Tüneller, galeriler, tıkaç betonu bölgesi ve diğer yerlerde projelerinde belirtildiği gibi, iki beton arasına yerleştirilmiş enjeksiyon kutuları ile bunlara bağlı enjeksiyon boruları vasıtasıyla iki farklı beton arası enjekte edilecektir. En son dökülen faz betonunun 28 günlük dayanımının % 60'ına ulaştıktan sonra enjeksiyona başlanabilecektir.

Enjeksiyonlara, öncelikle alt ve yanlardaki beton dökülmeden önce bırakılmış boru sistemlerinden başlanacak ve daha sonra üstteki boru sistemiyle devam edilecektir.

Boru bırakılmamış ya da borunun tıkalı olduğu yerlerde, derzleri kesecek tarzda açılacak deliklerden tek kademede enjeksiyonlar yapılacaktır.

Derz enjeksiyonu 1 numaralı şerbetle yapılacaktır.

Enjeksiyon yapılmadan önce, enjeksiyon için bırakılan boruların tıkalı olup olmadığı su sirkülasyonu ile kontrol edilecektir. Enjeksiyon boru sistemlerine su saati bağlanarak, 10 dakika süreyle 3 Atm basınç altındaki su kaybı tespit edilecektir. Su kaybı olmayan boru sistemine enjeksiyon bağlanmayacaktır.

Boru sistemiyle enjeksiyon yapılırken, her saatte bir dönüş borusunun tapası açılarak borunun tıkanması önlenecektir.

Beton barajların derz enjeksiyonu için özel metodoloji hazırlanarak İdarenin onayına sunulacaktır. Bu metodolojide uygulanacak basınç ve kullanılacak şerbet özel olarak belirlenecektir.

**Refü şartı:** Bir boru sistemi için, dönen şerbetin kıvamı başlangıç şerbetiyle aynı olduğunda ve dönüş basıncı 3 Atm'e ulaştığında refü elde edilmiş olacaktır.

Enjeksiyonda refü elde edilen her boru sistemi refüden sonra su sirkülasyonu ile temizlenecek ve sonra boru ağızları kör tapalar ile kapatılacaktır.

#### **4.15. Alüvyon Enjeksiyonu**

Alüvyon enjeksiyonu, gevşek zeminlerin iyileştirilmesinde düşük viskoziteli çimento şerbetinin ve/veya kimyasal katkıların düşük basınçla enjeksiyonudur.

Projesinde alüvyon enjeksiyonu için özel bir metodoloji bulunmadığı durumlarda, enjeksiyon ano sistemine göre yapılacaktır. Bunun için delik tabana kadar delinecek ve muhafaza borusu ile borulanacaktır. Enjeksiyon takımı deliğe indirilerek borunun içinden tutturulacaktır. Alt kademelerin enjeksiyonu, talimatta belirtilen şerbet oranları, kademe basınçları ve refü şartı uygulanarak yapılacaktır. Örneğin, delik derinliği 20 m ise enjeksiyon takımı 19-20 m arasına tutturulacak ve buranın enjeksiyonu yapılarak bir üst kademeye (18-19 m) geçilecektir. Muhafaza veya çakma boruları 1'er metre çekilerek aşağıdan yukarıya kademeler metodu ile delik ağzına kadar enjeksiyon yapılacaktır. Kuyunun enjeksiyonu tamamlandığında, takım çekilerek kalan boşluk harçlı karışımla doldurulacaktır.

Ano başlarında serbest permeabilite deneyi yapıldığı durumlarda ise, ucunda çarık olan 1 metrelik delikli çakma borusu veya standartlara uygun delikli boru ile ilerlenecektir. Enjeksiyonun kademe boyları 1 metre olduğundan, kuyuya indirilecek çakma borusu veya muhafaza borusunun boyu da 1 metre olmalıdır.

Her kademe basılacak toplam şerbet miktarının belirlenmesinde, kuyunun tesir mesafesi ve kademe yüksekliği ile belirlenen silindirik alüvyon kütlesi içindeki toplam porozite miktarı dikkate alınacaktır. Basılan şerbet bu miktarın maksimum 2 katı olarak belirlenecektir.

#### **4.16. Deneme Enjeksiyonu**

Barajlarda İdarenin isteği doğrultusunda delgi ve enjeksiyon projesine esas oluşturmak amacıyla, delgi ve enjeksiyon ekipmanının, yönteminin, şerbet tiplerinin ve enjeksiyon basınçlarının belirlenmesi için yüzeyden veya yeraltından yapılan enjeksiyondur. Deneme enjeksiyonu çalışmaları, laboratuvar deneyleri ile birlikte yürütülecektir. Deneme enjeksiyonunun yeri ve şekli (eşkenar üçgen ve bir hat), projenin özelliklerine göre belirlenecektir. Delgi çapı, derinliği, aralığı, kullanılacak malzeme ve şerbetler, refü basıncı, delgi ve enjeksiyon metodolojisi vb hususlara, yapılan çalışmalar sonucunda karar verilecektir. Deneme enjeksiyonu ve laboratuvar deney sonuçları ayrıntılı rapor halinde İdareye sunulacaktır.

#### **4.17. Enjeksiyon Kontrol Delikleri**

Yapılan enjeksiyonla ilgili olarak İdare, her yerde ve gerekli gördüğü sayıda kontrol delikleri açtıracaktır.

Bu kontrol delikleri, delik ağzından tabanına kadar karotlu olarak delinecek ve delik çapları delik tabanında minimum 66 mm olacaktır. Kontrol deliklerinin sondajında, çift tüplü veya T tipi karotiyerler kullanılarak yüksek oranda karot alınmasına özen gösterilecektir. Kontrol deliklerinden alınan karotlar şartlara uygun olarak sandıklanacak, deskripsiyonları yapılacak ve İdareye verilecektir (Ek 2). Bir kontrol deliğinin bütün işlemleri bitirildikten sonra, şartnameye uygun olarak enjeksiyonları yapılarak doldurulacaktır.

Enjeksiyon kontrol deliklerinde yapılacak BST'ler, tek basınç seviyesinde, iki adet 5 dakikalık sürede yapılacak ve uygulanacak basınç, o kademede uygulanan enjeksiyon basıncının % 90'ı kadar olacaktır.

##### **4.17.1. Perde Enjeksiyonu Kontrol Delikleri**

Projelerine uygun olarak enjeksiyonları bitmiş kısımlarda veya tüm perde enjeksiyonu bitirildikten sonra kontrol delikleri açılacaktır. Bu delikler İdarenin isteğine göre karotlu veya karotsuz açılacak, kademeler halinde ve bütün delik boyunca BST'ler yapılacaktır. Bu kontrol delikleri, çok alış yapan bölgelerde dik ve/veya eğimli olarak, her anoda 1-2 adet açılacaktır.

Proje sahasının jeolojik/jeoteknik özellikleri, proje karakteristikleri, regülasyon oranı vb kriterler göz önünde bulundurularak, her proje için perde kapatma kriterine yönelik katı madde alış miktarı (kg/m) belirlenecektir.

Enjeksiyon projesinin tamamı veya bir bölümünün projeli kuyuları tamamlandıktan sonra, proje için belirlenen katı madde alış miktarı ve açılan kontrol kuyularında elde edilen veriler doğrultusunda, enjeksiyon yapılış sırası da göz önünde bulundurularak çok alış yapan kademelerin 1 kademe altına incek şekilde sağına veya soluna (tek tarafa), eğimli ve/veya dik ara kuyuları Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının onayı ile verilecektir.

Enjeksiyon projesinin tamamı veya bir bölümünün projeli kuyuları ile yukarıda belirtilen ara delikler tamamlandıktan sonra, fazla alış yapan delik kademelerini kesecek tarzda eğimli ve/veya dik kontrol delikleri verilecektir. Bu deliklerin basınçlı su deneylerindeki su kaybı aşağıdaki formül ile kontrol edilecektir:

$$Q.10 / (P_T.L.t) \leq 3 \text{ Lugeon}$$

Q = Kademedeki toplam su kayıp miktarı (litre)

$P_T$  = Dene yapılan kademedede tatbik edilmiş olan enjeksiyon basıncı ( $\text{kg/cm}^2$ )

L = Dene yapılan kademenin uzunluğu (metre)

t = Su deneyi müddeti (dakika)

Şayet kontrol deliklerinde;

- Bir veya birkaç kademedede su kaybı 3 Lugeon'dan büyük ve öngörülen katı madde alış miktarından fazla alış var ise, o kontrol deliğinin temsil ettiği ano veya anolardaki perde deliklerinin arasına Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının uygun gördüğu sayı ve derinlikte delikler açılacaktır.
- Birçok anoda su kaybı 3 Lugeon'dan büyük ve öngörülen katı madde alış miktarından fazla alış var ise, jeoteknik gerekçe raporuna bağlı olarak revize proje hazırlanacaktır.

Tüm projede veya bir bölümündeki perde veya kontrol deliklerinin karotlarının incelenmesi ve su kayıpları ile şerbet alış durumlarının değerlendirilmesi sonucunda yapılan enjeksiyonun yeterli olmadığına Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı tarafından karar verilirse, diğer bölümlerin enjeksiyonu veya ilave enjeksiyonlar için sıra adedi, delik boyları, çapları, kademe uzunlukları, delik ara mesafeleri, delik eğimleri, şerbet oranları, enjeksiyon basınçları, farklı şerbetler vb hususlarda değişiklikler yapılabilecektir.

#### **4.17.2. Konsolidasyon Enjeksiyon Kontrol Delikleri**

İdare, yapı temellerinde, tünellerde (derivasyon, isale, enerji vb), galerilerde, şaftlar ve denge bacalarında yapılan konsolidasyon enjeksiyonlarını kontrol etmek için en az 66 mm çapında karotlu kontrol kuyuları açtırabilecektir. Kontrol kuyularının boyu, o kesitteki konsolidasyon kuyularının uzunluğu kadar olacaktır.

Tünellerde enjeksiyonu biten bir bölümde fazla alış yapan kesitlerin ortasına gelen herhangi bir yerde en az 1 adet konsolidasyon enjeksiyonu kontrol deliği, İdarenin isteğine göre karotlu veya karotsuz olarak açılabilir. Su gelişi olan ve/veya katı madde alış miktarı fazla olan yerlerde, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığının onayı ile iyileştirme yapılabilecektir.

Temel sağlamaştırma enjeksiyonunda fazla alış yapan bölümlerde, İdarenin onayı ile iyileştirme yapılabilecektir.

### **4.17.3. Kontak Enjeksiyonu Kontrol Delikleri**

İdare, yapı temellerinde, tünellerde (derivasyon, isale, enerji vb), galerilerde, şaftlar ve denge bacalarında yapılan kontak enjeksiyonlarını kontrol etmek için en az 66 mm çapında karotlu kontrol kuyuları açtırabilecektir. Kontrol kuyularının boyu, o kesitteki kontak kuyularının uzunluğu kadar olacaktır. Fazla katı madde alışı olan bölümlerde İdarenin onayı ile iyileştirme yapılabilecektir.

### **4.18. Deliklerin Doldurulması**

Doldurulması gereken araştırma kuyuları ve enjeksiyon deliklerinde yapılacak tüm işlemler bitirildikten sonra kuyu 4 numaralı şerbetle doldurularak kapatılacaktır.

Yatay ve yukarıya doğru olan deliklerdeki doldurma işlemi, delik ağzından lastik tıkaç tutturularak 4 numaralı şerbetin basılması suretiyle tek kademede yapılacaktır. Şerbet prizini alıncaya kadar tıkaç delik ağzında kalacaktır. Tıkaç yeri, daha kalın ve çabuk priz alan katkılı çimento harcı ile daha sonra doldurulacaktır.

### **4.19. Basınç Düşürme Drenaj Kuyuları**

Enjeksiyon ve drenaj galerilerinde projelerine uygun olarak drenaj kuyuları açılacaktır. Perde enjeksiyonlarında bu kuyuların boyu, enjeksiyon perde boyunun en az 1/3, en fazla 2/3'ü kadar ve delikler mansaba doğru düşeyle en fazla 10<sup>0</sup> eğimli olacaktır. Drenaj delik aralıkları zeminin geçirgenliğine bağlı olarak belirlenecektir (6, 9, 12, 24 m). Bu kuyular bütün enjeksiyon işlerinin bitmesinden en az 7 gün sonra açılacaktır. Drenaj kuyuları, kuyu tabanlarında minimum çapı 76 mm olacak şekilde karotsuz olarak rotari tip sondaj makineleri ile açılacak ve basınçlı su ile enjeksiyon kuyularındaki gibi yıkanacaktır. Yıkıntı yapan kuyular ile İdarenin belirleyeceği kuyular projesinde belirtilen boru çeşidiyle (PVC veya diğerleri), iç çapı eklem parçaları dahil en az 50 mm olan perfore borularla teçhiz edilecektir.

Drenaj kuyularına kırıntı vb yabancı maddelerle dolmasını önlemek için delik ağzlarına mutlaka deveboynu şeklinde boru monte edilecektir. Drenaj suları, tüneller ve galeriler içinden boru, kanal vb yapılar vasıtasıyla uzaklaştırılacaktır.

### **4.20. Piyezometre Kuyuları**

Piyezometre kuyuları, baraj ve göletlerde enjeksiyon perdesinin efektifliğini kontrol etmek amacıyla yüzeyde ve/veya galeri içinde projelerinde belirtilen çap, derinlik ve her türlü eğimde karotsuz olarak su sirkülasyonlu rotari tip sondaj makinesi ile açılacaktır.

## **5. İŞİN GEREĞİ GİBİ YAPILMAMASI DURUMU**

Yüklenici, temel sondaj ve enjeksiyon ile ilgili olarak yapacağı bütün işlerde, projede belirtilen veya İdarenin belirttiği işlemlerden herhangi birini çeşitli nedenlerle (takım sıkışması, malzeme eksikliği, elektrik kesilmesi vb) yapamadığı durumlarda veya bir kuyuda (bir kademedede) delme ve enjeksiyon işlerini tekniğine uymadan yaptığında ya da açılmış kuyuların iyi muhafaza edilmemesi sebebiyle istenen işlemlerin yapılamaması gibi durumlarda, bu delikler iptal edilip Bölüm 4.17’de belirtildiği şekilde doldurulacaktır. Bu türlü iptal işlemleri için yükleniciye herhangi bir ödeme yapılmayacaktır. İptal edilen kuyuların yakınında yeni delik açtırılarak projede belirtilen veya İdarenin belirttiği işlemler yapılacaktır.

## 6. FORMLAR, LOGLAR VE GRAFİKLER

Yüklenici, temel sondaj ve enjeksiyon çalışmalarına ait form, log ve grafikleri hazırlayacak ve İdareye sunacaktır. Form, log ve grafikler en az 2 kopya, ıslak imzalı ve elektronik ortamda hazırlanacaktır. Yüklenici, İdarenin istediği bu grafik, log ve formları 15 gün içinde İdareye teslim edecektir.

### 6.1. Formlar

Bütün sondaj ve enjeksiyon işlerinde, yüklenici tarafından iş yerinde yapılan işlemleri, bilgileri ve ölçümleri belirten formlar tutulacaktır. Tutulacak bu formlar, o noktadaki (delinen veya enjekte edilen delik başındaki ve mikser başındaki) İdare kontrol elemanlarının nezaretinde doldurularak onaylatılacaktır. Bu iki kopya halinde tutulacak formlardan bir tanesi İdareye teslim edilecektir. Tutulacak formlar Ek 3 ve Ek 5'deki gibi olacaktır.

### 6.2. Temel Sondaj Logu

Karotlu açılmış temel sondaj kuyularının ve serbest permeabilite, BST, SPT, presiyometre vb deneylerden biri veya birkaçı yapılmış karotsuz kuyuların logları (Ek 1) hazırlanacaktır.

### 6.3. Enjeksiyon Grafikleri

Tüm enjeksiyon işlerinde (perde, kapak, kontak, konsolidasyon ve derz enjeksiyonları vb) enjeksiyon grafiği (Ek 6) düzenlenecektir.

Bu grafiklerde her kademe için toplam katı madde alışları yazılacaktır. Ancak renklendirme, metre başına katı madde alışlarına (kg/m) göre yapılacaktır. Grafik aşağıdaki aralık ve renklere göre hazırlanacaktır.

0-50 kg/m alış olan kademeler sarı renkte,

sarı

51-100 kg/m alış olan kademeler yeşil renkte,

yeşil

101-200 kg/m alış olan kademeler mavi renkte,

mavi

201 – 400 kg/m alış olan kademeler kırmızı renkte,

kırmızı

>400 kg/m alış olan kademeler siyah renkte boyanacaktır.

siyah

## **7. TALİMATLAR VE RAPORLAR**

### **7.1. Temel Sondaj Talimatı**

Yapı yerleri, yakın çevresinin jeolojik yapısı ve bu yapıların oturacağı temeli oluşturan jeolojik birimlerin jeoteknik özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla yapılacak temel sondaj çalışmalarına ait temel sondaj talimatı, 5 kopya halinde Ek 7'deki gibi hazırlanarak İdareye sunulacaktır.

### **7.2. Temel Sondaj Raporu**

Temel sondaj çalışmaları sonucunda elde edilen kuyu logları, yerinde deney formları, karot fotoğrafları ve nihai kuyu yerlerini gösteren sondaj lokasyon haritasını içeren rapor hazırlanarak 2 kopya halinde İdareye sunulacaktır.

### **7.3. Enjeksiyon Talimatı**

Su yapılarında projesinde yer alan enjeksiyonların yapılma amaç ve yöntemlerini, kullanılacak malzeme ve özelliklerini, uygulanacak basınçları ve bunların kontrol yöntemlerini anlatan enjeksiyon talimatı, Ek 9'daki formatta hazırlanarak 5 kopya halinde İdareye sunulacaktır.

### **7.4. Enjeksiyon Uygulama Sonuç Raporu**

Enjeksiyon uygulamaları sonucunda yapılan tüm çalışmaları içeren rapordur. Bu raporda, delgi miktarı, katı madde alış miktarı ve grafiği, BST sonuçları vb konular yer alacaktır. Raporun sonuç bölümünde ise yapılan enjeksiyonun başarı durumu belirtilecektir. Enjeksiyon uygulama sonuç raporu, Ek 10'daki formatta hazırlanarak 2 kopya halinde İdareye sunulacaktır.



## **8. EKLER**

**Ek 1:** Temel Sondaj Logu

**Ek 2:** Temel Sondaj Karotlarının Korunması, Fotoğraflarının Çekilerek Albümlenmesi ve Gerek Duyulmayan Karotların Yok Edilmesi Talimatı

**Ek 3:** Sondaj Vardiya Kartı

**Ek 4:** Tünellerde Kontak ve Konsolidasyon Enjeksiyon Delik Yerleri ve İsimlendirilmesi

**Ek 5:** Delgi ve Enjeksiyon Takip Formu


**Ek 6:** Enjeksiyon Grafiği

**Ek 7:** Temel Sondaj Talimatı

**Ek 8:** Enjeksiyon Talimatı

**Ek 9:** Enjeksiyon Sonuç Raporu



	<b>Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltıları Dairesi Başkanlığı</b> <b>Temel Sondaj ve Enjeksiyon Şube Müdürlüğü</b>		<b>Doküman No</b>	F 14 00 26									
			<b>Yayın Tarihi</b>	Temmuz 2009									
			<b>Revizyon No</b>	1									
	<b>DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ TEMEL SONDAJ LOGU</b>		<b>Revizyon Tarihi</b>	Ekim 2012									
			<b>Sayfa No</b>	1/1									
<b>DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ TEMEL SONDAJ LOGU</b>													
<b>DSİ</b>		<b>BÖLGE</b>		<b>SONDAJ ŞB.MD. PROJE:</b>									
<b>İL:</b>													
Yeri	Başlangıç Tarihi :		Sondaj No:	Sayfa No:									
Konumu	Bitiş Tarihi :		YERALTISUYU DURUMU										
Derinliği	Makina Tipi :		Tarih	Derinlik									
Kotu	Sondör :		Açıklama										
Koordinatları X :	Logu Hazırlayanlar (İsim, Ünvan, İmza)												
Y :	Sondaj Şb. Müh. :												
		Deskripsyonu yapan:											
Derinlik (m)	Günlük Durum	Basıncsız Su Deneyi	SPT			Kaya Özellikleri	Jeolojik Kesit	Tanımlama					
			Darbesayısı										
			1. 15 cm için	2. 15 cm için	3. 15 cm için	SPT N değeri	50 darbedeki İlerleme (cm)	Presyometre	Dilatometre	Kararlı yüzdesi (%)	RQD (%)	Çatlak sıklığı (#m)	Ayrışma derecesi
0													
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
GEÇİRLİLİK (LUGEON)		KAYA NİTELİĞİ %(RQD)		AYRIŞMA DERECESESİ (W)			ÇATLAK SIKLIĞI (#m)						
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)			<1	Masif				
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış			1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı				
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış			3-10	Kırıklı				
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Çok Ayrışmış			10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı				
		90-100	Çok İyi	W5	Tamamen Ayrışmış			>50	Parçalanmış				



## **TEMEL SONDAJ KAROTLARININ KORUNMASI, FOTOĞRAFLARININ ÇEKİLEREK ALBÜMLENMESİ VE GEREK DUYULMAYAN KAROTLARIN YOK EDİLMESİ TALİMATI**

### **1. GİRİŞ**

Sondaj Şube Müdürlüğü/Yüklenici tarafından açılmış bulunan temel sondajların karotları Bölge ve/veya Sondaj Şube Müdürlüklerinin karot ambarlarında koruma altında tutulacaktır.

Proje sayısının her geçen gün artması ve araştırma kapsamlarının giderek genişletilmesi, zorunlu olarak mevcut ambarlara kapasitesinin üzerinde karot sandığı depolanmasına neden olmaktadır. Bu durum, gerekli olduğu anlarda depolardaki karotların incelenmesini zorlaştırdığı gibi bundan sonra açılacak sondajlara ait karotların açıkta kalması tehlikesini de doğurmaktadır.

Bu nedenle bölge müdürlüklerimizdeki karot ambarlarının yeniden gözden geçirilerek kapasitelerinin artırılması, mevcut ambarlarda iç düzenlemeye gidilmesi ve artık gerek kalmayan karotların yok edilmesi, yeni depolama alanları yaratılması açısından gerekli görülmektedir.

### **2. KOMİSYON OLUŞTURULMASI**

Bölge Müdürlükleri ve/veya Sondaj Şube Müdürlüklerimiz, karot ambarlarında bulunan karotların saklanması, fotoğraflarının çekilmesi ve artık gerek duyulmayan karotların yok edilmesi ile ilgili olarak bölge müdürlüklerimizde bir komisyon oluşturulacaktır. Bu komisyonun içinde yer alacak personel ve görevleri aşağıda belirtilmiştir.

#### **2.1. Komisyon Üyeleri**

1. Başkan: Jeotek. Hiz. ve YAS Şube Müdürü
2. Üye (Jeoteknik Başmühendisi): Projelerde çalışanlar tercih edilecektir.
3. Üye (Mühendis): Sondaj şube müdürlüğü personeli
4. Üye (İnşaat Mühendisi): Planlama, Etüt Plan veya Barajlar ve HES Şubesi personeli

#### **2.2. Komisyonun Görevleri**

Komisyonlar, ambarlarda bulunan tüm karotları inceleyecek ve elde edecekleri bilgileri formlara işleyerek Daire Başkanlığımıza gönderecektir.

Daire Başkanlığımıza gelen formlar merkezde ilgili şube müdürlüklerince değerlendirilecek ve ambarlardaki karotlarla ilgili olarak yapılması gereken (saklanması, fotoğraflarının çekilmesi, yok edilmesi vb) işlemler Bölge Müdürlüklerine bildirilecektir.

### **3. AMBARLARDA BULUNAN KAROTLARIN İNCELENMESİ**

Komisyon üyeleri ambarlarda yer alan tüm karotlarla ilgili projeler üzerinde incelemeler yapacaktır. Bu incelemelerden elde edilecek sonuçlara göre karotlar üzerinde yapılacak işlemler, aşağıdaki maddelere uygun olarak belirlenecektir.

#### **3.1. Yok Edilecek Karotlar**

Ekonomik veya jeolojik nedenlere bağlı olarak olumsuz olan ve yapımından vazgeçilen (üzerinden en az 10 yıl geçmiş) projelere ait karotlar ile inşaatı bitmiş ve üzerinden 5 yıl geçtiği halde herhangi bir temel sorunu çıkmamış projelerle ilgili karotlar, fotoğrafları çekilip albümlendikten sonra yok edilecektir.

Başka kuruluşlara protokol ile yapılan temel sondajlara ait karotlar bir tutanak ile ilgili kuruluşa teslim edilecek, teslim alınmaması halinde yok edilecektir.

#### **3.2. Koruma Altında Tutulacak Karotlar**

Araştırmalar sonucunda olumlu çıkan, üzerinde çalışılmakta olan veya bekleyen projelerle ilgili karotlar ve temellerinde sorun olan yerlerde inşaatları tamamlanmış projelerle ilgili karotlar, fotoğrafları çekilip albümlendikten sonra karot ambarlarında koruma altında tutulacaktır.

### **4. KAROT AMBARLARININ DURUMU**

Komisyon, Bölge Müdürlüklerindeki karot ambarlarının durumlarını inceleyecektir. Karotların düzenli ve emniyetli şekilde korunması için ambarların yeterli olup olmadığına bakılacak, gerekirse bu konuda yapılabilecek yeni düzenlemelerle ilgili bir rapor hazırlayarak Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığına ve İlgili Bölge Müdürlüğüne sunacaktır.

### **5. KAROT SANDIKLARININ DURUMU**

#### **5.1. Ambarlarda Bulunan Karot Sandıkları**

Yok edilen karotlardan boşalan sandıklar gözden geçirilecek ve yeniden kullanılabilmesi uygun olanlar ayırılarak gereken onarım ve işlemler yapılacaktır.

Korunmasına karar verilen karotların taşınmaları sırasında dökülmemeleri için önlem alınacak, gerekirse bu karotlar bez veya naylon torbalara konacaktır.

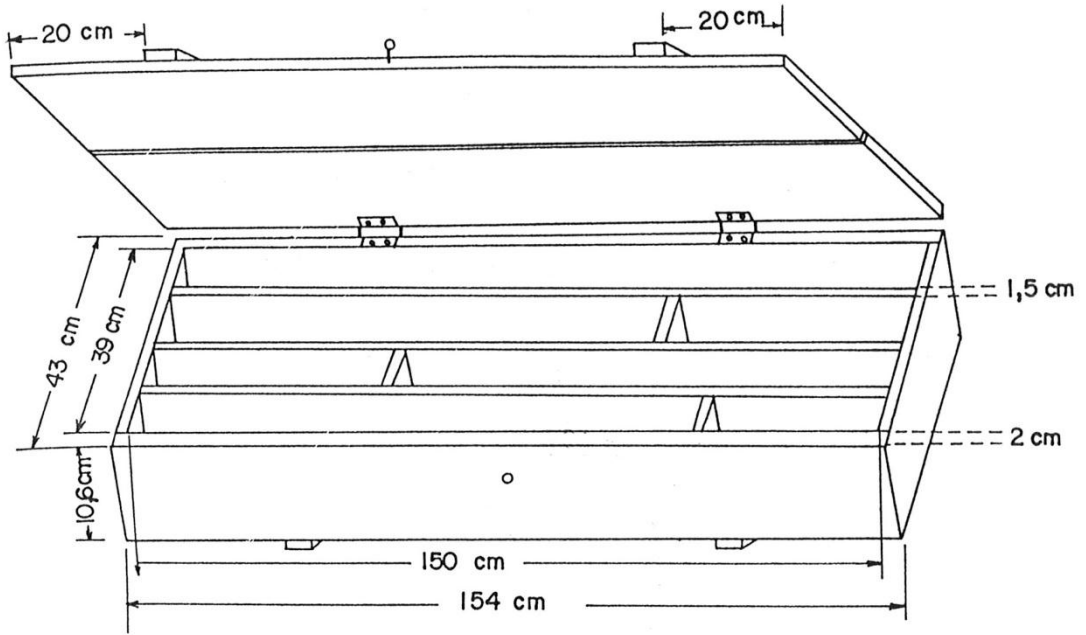
Sandıkların üzerindeki ve içindeki yazılar gözden geçirilerek, silinmiş olanlar yağlıboya ile yeniden yazılacaktır.

## 5.2. Yeni açılacak sondajlarla ilgili karot sandıkları

Sandıkların boyutları, şekilleri ve karotların sandıklara yerleştirilmeleri konusunda tüm Sondaj Şube Müdürlüklerimizce aşağıda belirtilen standartlar uygulanacaktır.

### 5.2.1. Karot sandıklarının boyutları

Sondaj Şube Müdürlüklerimiz veya DSİ projeleri ile ilgili olarak yükleniciler tarafından açılan sondajlardan elde edilecek karotların korunmasında kullanılacak sandıkların ölçüleri şu şekilde olacaktır (Şekil - 1):

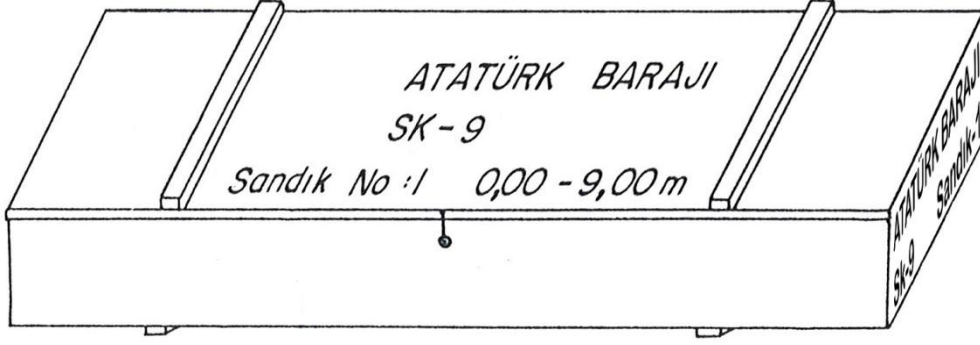


Şekil 1: Karot Sandığı Boyutları.

Karot sandıkları İdarenin kabul edeceği kalitedeki keresteden veya kaliteli sert plastikten imal edilecektir. Sandıkların boyutları, alınacak karot çapına ve ağırlığına uygun olacak ve ara bölme tahtası ve manevra boyu takozları (en az 10 mm olacak şekilde) sonradan ilave edilecektir. Karot sandıklarının iç uzunluğu 150 cm olacaktır.

### 5.2.2. Karot sandıklarının üzerine yazılacak bilgiler

Sandığın üzerine ve yan tarafına projenin adı, kuyu numarası, sandık numarası ve karotların metrajı, Şekil 2'deki gibi yazılacaktır.



Şekil 2: Karot Sandığının Üzerine Yazılacak Bilgiler.

### 5.2.3. Karot sandıklarının içine yazılacak yazılar

Her manevranın karot yüzdesi, karotun alındığı derinlikler, örnek alınan seviyeler, sabit kopya kalem kullanılarak bölme tahtaları üzerine yazılacaktır.

### 5.2.4. Karotların sandıklara yerleştirilmesi

Sondajlardan alınan karot veya sedimanlar, her bölmeye **soldan sağa doğru** (Kitap dizisi yönünde) yerleştirilecektir.

Her manevra karotu, manevra takozu ile ayrılacak ve sandıktan çeşitli amaçlarla örnek alındığında, alınan örnek yeri bölme içinde belirtilecektir.

## 6. KAROT FOTOĞRAFLARININ ÇEKİLMESİ

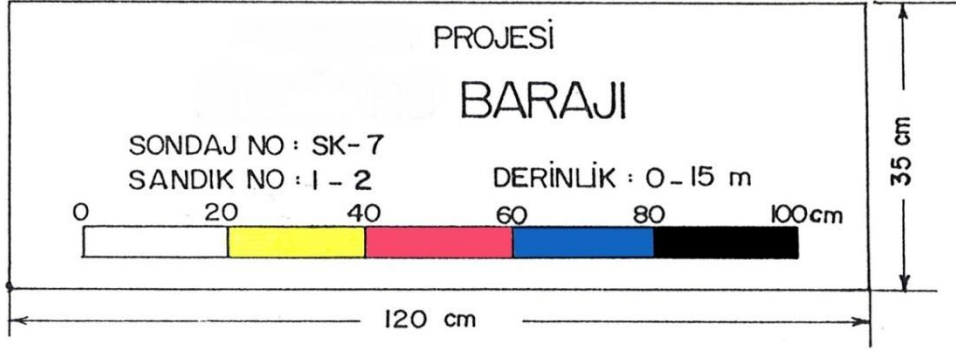
Karot ambarlarında bulunan ve yukarıda belirtilen koşullara bağlı olarak yok edilmesine veya koruma altına alınmasına karar verilen karotların fotoğrafları çekilerek albümlenecektir.

### 6.1. Fotoğraf Çekimi İçin Yapılacak Hazırlıklar

Fotoğrafi çekilecek olan karot sandıkları, her fotoğrafa 2 sandık sığacak şekilde dizilecektir. Karot sandıkları, kuyu ve sandık numaralarına göre düzenli sıralanmış ve alta gelen sandığın kapağı çıkartılmış olacaktır.

Fotoğrafi çekilen sandıklar ile ilgili bilgileri içeren bir pano hazırlanarak üstteki sandığın kapağına yerleştirilecektir (Şekil 3). Pano üzerinde Şekil 3'deki gibi bir renk skalası da yer alacaktır. Bu skala, 20'şer cm uzunluğunda 5 bölmeden oluşacak ve her bölme sırasıyla, ana renkleri oluşturan beyaz, sarı, kırmızı, mavi ve siyah renklere boyanacaktır. Pano üzerinde yer alacak bu renkler, fotoğrafın renkleri hakkında yorum yapılabilmesini sağlayacak, aynı zamanda ölçek görevi görecektir.





Şekil 3: Kerem Sandığı Renk ve Ölçek Skalası.

Tüm keremler ıslak bir sünger ile temizlenecek ve fotoğraflarda net görülebilmesi için üzerlerine fırça ile mazot sürülecektir.

Sandıkların içindeki keremler, jeolojik ve yapısal özelliklerinin (erime boşlukları, çatlaklar, dolgular, süreksizlik zonları vb) en iyi görülebileceği şekilde çevrilecektir.

Sandıkların içindeki eksik kerem yerlerine, eksikliğin nedenini açıklayan plakalar yerleştirilecektir (kerem alınmadı, laboratuvar için örnek alındı vb).

İlk sandığın başına "0", son sandığın sonuna "kuyu sonu" ve her 10 metrede bir olmak üzere (10, 20, 30 m ...) şeklinde derinlik belirten plakalar yerleştirilecektir.

Fotoğraf çekimi tamamlanan sandıkların kapakları takılacak ve belirli bir düzen dahilinde ambarlarındaki yerlerine yerleştirilecektir.

## 6.2. Fotoğraf çekimi sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar

Fotoğraflar bu konuda uzmanlaşmış bir fotoğrafçı tarafından çekilmelidir.

Fotoğrafçının gölgesinin keremler üzerine düşmemesi için gereken konum sağlanmalıdır.

Fotoğraf çekimi sırasında, keremlerin bütün ayrıntıları ile görülebilmeleri için gereken ışık ve hava koşulları takip edilmeli, mazotun ıslak parlaklığı gider gitmez çekilmelidir.

Fotoğrafların boyutlarını standartlaştırabilmek ve kerem sandıklarının görüntülerinin ekranı tam doldurabilmesini sağlamak amacıyla, mesafe ayarlaması yapılmalı ve bu mesafe tüm çekimler sırasında sabit tutulmalıdır.

Fotoğraflar kesinlikle keremlere dik olarak çekilmelidir. Bu amaçla sandıklar sehpa üzerinde yeterince eğik tutulmalı ve fotoğraf sehpasının yüksekliği, fotoğraf çekenin boyuna göre ayarlanmalıdır.

## **7. KAROT FOTOĞRAFI ALBÜMLERİNİN HAZIRLANMASI**

### **7.1. Ambarlarda Bulunan Karot Sandıkları İle İlgili Fotoğraf Albümleri**

Karot ambarlarında bulunan ve komisyon tarafından fotoğraflarının çekilmesine karar verilen karotlarla ilgili çekimler tamamlandıktan sonra, fotoğraflar A-4 boyutundaki renkli sayfalara yapıştırılarak bir albüm oluşturulacaktır. Her proje için ayrı bir albüm hazırlanacak ve bu albüm içinde, açılmış bulunan tüm sondajların karot fotoğrafları belli bir düzen içinde yer alacaktır.

Her sondaj ile ilgili fotoğrafların yer aldığı ilk sayfanın üst tarafına sondaj ile ilgili bilgiler yazılacak (adı, toplam derinliği vb), gereken yerlerde fotoğrafların altına not halinde açıklayıcı bilgi verilecektir (süreksizlik zonları, erime boşluğu, eksik karot olan yerlerde nedeni konusunda açıklama vb).

Her proje ile ilgili olarak 3 adet albüm ve 3 adet CD, Sondaj Şube Müdürlükleri/Yükleniciler tarafından hazırlanacak ve bunlardan 1 takımı arşivlenmek üzere Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığına gönderilecektir. Diğer 2 takımı ise Bölge müdürlüğü arşivlerinde saklanacaktır.

### **7.2. Yeni Açılacak Sondajlarla İlgili Fotoğraf Albümleri**

Yeni açılacak olan tüm sondajların karot fotoğrafları, sandıkları daha şantiyede iken çekilecek ve çekimleri tamamlanmayan karot sandıkları ambarlara konmayacaktır.

Yeni açılacak sondajlarla ilgili olarak, her proje için tüm sondajları içeren fotoğraflar CD'leriyle beraber Temel Sondaj Raporuna eklenecektir.

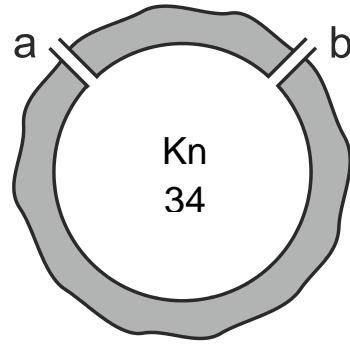
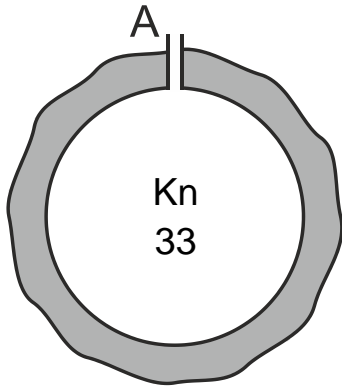
Sondaj Şube Müdürlükleri/Yükleniciler bu konuya özen gösterecekler ve arkasında ek olarak karot fotoğrafları bulunmayan "Temel Sondaj Raporu" Daire Başkanlığımızca kabul edilmeyerek geri gönderilecektir.

## SONDAJ VARDIYA KARTI

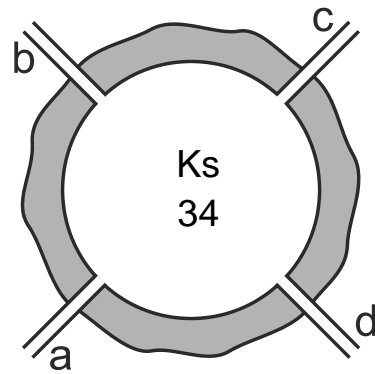
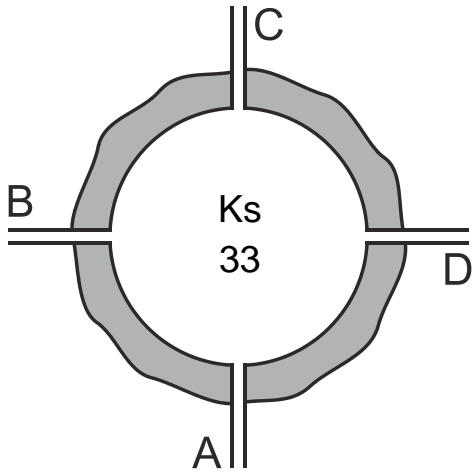
TF - 1

Sondörün adı : .....	Sondajın Yeri : .....	Delik No. : .....	Tarih : .....	
Sondözün tipi : .....		Vardiye No. : .....	Gün : .....	
ve numarası : .....				
<b>Çalışan takım :</b> Kuronun cins ve numarası : .....	İşsonu delik derinliği : .....			
Karotier cinsi : .....	İşbaşında delik derinliği : .....			
Kutur düşürümüş ise hangi m den başladığı : .....	Günlük iş (m) : .....			
<b>Delğe indirilen boru ve çimento</b>	<b>Kuyu çapı</b>	<b>Boru çapı</b>	<b>m den m</b>	<b>Miktar</b>
1 — Çakmak borusu				
2 — Muhafaza borusu				
3 — Çimentolama				
4 — Genişletme				
5 — Fısat borusu				
<b>Sondaj suyu - Baskı - Devir</b>	<b>Yeraltı suyu durumu</b>			
1 - Renk : .....	<b>İşbaşı su seviyesi</b>	<b>İşsonu su seviyesi</b>	<b>Kuyunun suyunu boşalttıktan 1 gün sonraki su seviyesi</b>	
4 - Baskı miktarı : .....				
2 - Miktar : .....				
3 - Tamamen kaçı : .....				
5 - Devir adedi : .....				

Sondör  
İmza :Şantiye Şefi  
İmza :Başmühendis  
İmza :



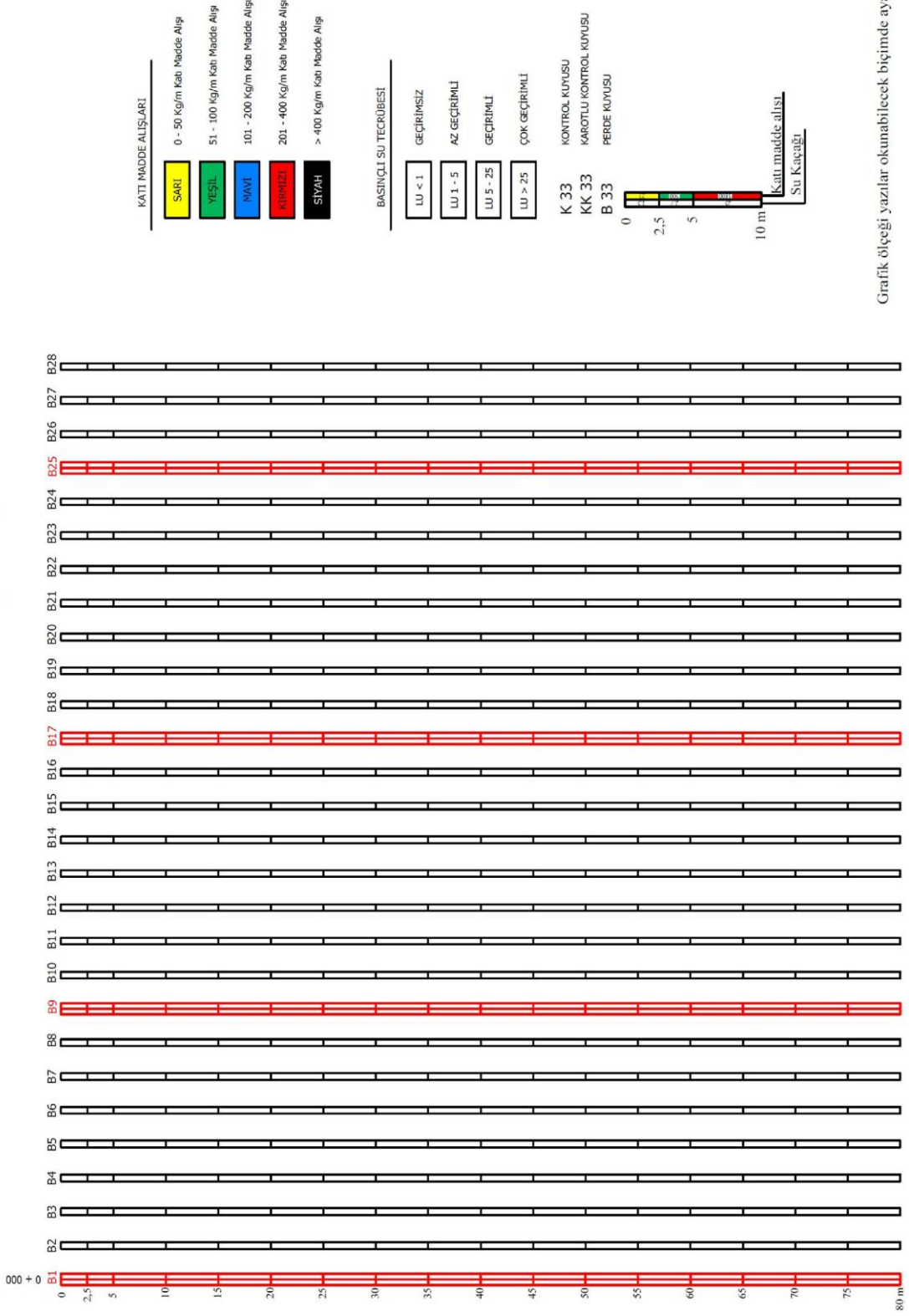
Kontak Enjeksiyonu Delikleri



Konsolidasyon Enjeksiyonu Delikleri



## ..... BARAJI ENJEKSİYON ALIŞ GRAFİĞİ



Grafik ölçeği yazılar okunabilecek biçimde ayarlanacaktır.

**T.C.**  
**ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**  
**DSİ JEOTEKNİK HİZMETLER VE YERALTISULARI DAİRESİ**  
**BAŞKANLIĞI**

**.....BARAJI/GÖLETİ**  
**TEMEL SONDAJ TALİMATI**



..... TEMEL SONDAJ TALİMATI

Talimat No:

Tarih:

1. Talimatın kısaca hazırlanma gerekçesi ve proje özellikleri yazılacaktır.
2. Proje sahasının kısaca jeolojisi anlatılacaktır.
3. Bu talimat gereğince ..... yerinde ..... adet kuyuda, toplam ..... metre uzunlukta temel sondaj kuyusu açılacaktır.
4. Temel sondaj kuyularının açılma amaçları ile ayrıntıları ..... sayfada maddeler halinde belirtilmiştir.
5. Açılacak kuyuların yerleri, ekteki jeoloji haritası ve kesitler üzerinde işaretlenmiştir. Kuyular ayrıca, ilgili teknik eleman tarafından arazide yerinde gösterilecektir.
6. Açılacak kuyuların yeri, numaraları, derinlikleri ve koordinatları aşağıda belirtilmiştir.

Kuyu No	Kuyu Yeri	Derinlik (m)	Kot (m)	Koordinat	
				x:	y:

7. Temel sondaj şantiyesinde, zaman kaybına neden olmamak için gerekli tüm ekipman hazır bulundurulacaktır.
8. Kuyuların esas amacına ulaşacak özellikte karot alınabilmesi için, zeminde en uygun kesici ve karotiyer kullanılarak çalışılacak, ayrıca ilerleme anında sondaj suyunun miktar ve renk değişimleri ile takım düşmeleri düzenli olarak kaydedilecektir.
9. Şantiyede çalışmalar başladıktan sonra, ilerleme durumlarını gösteren grafik ve enine kesitler hazırlanacak ve bunlar iş yerinde (oda, treyler, baraka vb içinde) uygun yerlere asılacak, çalışmalar devamlı bunlar üzerine işlenecektir.
10. Projeden sorumlu mühendis, temel sondajlarını sürekli takip ederek gerekli değişiklikleri İdarenin onayıyla yapabilecektir. Sondaj şantiyesi kapanmadan önce, proje ile ilgili tüm işler (İdare ile mutabakatı sağlanmış olan, onaylı kuyularda gerekli görülebilecek kuyu derinliğindeki artırma, eksiltme vb) eksik bırakılmaksızın bitirilmiş olacaktır.
11. Karot deskripsiyonları sondajdan sorumlu mühendis (Sondaj Şube/Yüklenici) ile İdarenin projeden sorumlu mühendisi tarafından birlikte kuyu başında, zamanında yapılacaktır.



12. Temel sondaj kuyularına rasat borusu konulup konulmayacağı, konulacaksa uzunluklarının ne kadar olacağı, ayrıca kaç metresinin filtreli olacağı ve çakılama yapılıp yapılmayacağı, sondajdan sorumlu mühendis (Sondaj Şube/Yüklenici) ile İdarenin projeden sorumlu mühendisi tarafından beraberce belirlenecektir.
13. Bütün kuyularda, alüvyon zeminlerde basınçsız su deneyleri (serbest permeabilite) ve sağlam kayada ise derinliğe göre değişen aşağıda belirtilen basınçlarda basınçlı su deneyleri (BST) yapılacaktır.

<b>Kuyu Derinliği (m)</b>	<b>Uygulanacak Basınç (Atm)</b>
0.00 – 4.00	2
4.00 – 10.00	2 – 4 – 2
10.00 – 20.00	2 – 4 – 6 – 4 – 2
20.00 – 30.00	2 – 4 – 6 – 8 – 6 – 4 – 2
30.00’den sonra	2 – 4 – 6 – 8 – 10 – 8 – 6 – 4 – 2

..... numaralı kuyularda geçirimsizlik deneyi yapılmamış kademe bırakılmayacak ve deney lastikleri karot örneklerinin incelenmesi sonucunda, kademelerin üst seviyelerindeki uygun kotlarda tutturulacaktır. İlerlemeye paralel olarak 1,5 – 5,0 m arasında değişen uzunluktaki kademeler halinde geçirimsizlik deneyleri yapılacaktır.

14. Açılan sondajlarda geçilen zemin veya kayadan, gerektiğinde projeden sorumlu mühendisin belirteceği seviyelerden örselenmiş/örselenmemiş örnekler alınacak ve bunlar üzerinde gerekli görülen laboratuvar deneylerinin yapılması için DSİ Bölge Müdürlüğü Laboratuvarına, DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığına veya T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından onay belgeli laboratuvarlara geciktirilmeden gönderilecektir.
15. ....numaralı sondajlarda alüvyonun ince ve orta taneli kısımlarında her 1,50 metrede bir standart penetrasyon testi (SPT) yapılacaktır.
16. ....numaralı kuyulardan projeden sorumlu mühendisin belirteceği seviyelerden numuneler alınarak taşıma gücü, oturma, şişme, sıvılaşma vb jeoteknik parametrelerin elde edilmesine yönelik deneyler yapılacaktır.
17. ....numaralı kuyularda 2,0 m’de bir “DSİ Presiyometre Deneyi Teknik Şartnamesi” ne uygun olarak presiyometre deneyi yapılacaktır. Deneylere başlanmadan önce gerekli tüm cihazlar tam ve eksiksiz olarak arazide bulundurulacak ve en az 15 gün önceden Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığına bilgi

verilerek deney cihazı ve ekipmanının kalibrasyonları yaptırılacak ve ONAY alınacaktır.

18. ....numaralı kuyularda dilatometre deneyi yapılacaktır. Deneylere başlamadan 15 gün önce Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığından onay alınacaktır.
19. ....numaralı kuyularda jeofizik (SP, R ve gamma ray) logu alınacaktır.
20. ....numaralı kuyularda kuyu televizyonu ile gözle incelemeler yapılacaktır (Bu kuyuların çapları 106 mm olacaktır).
21. ....numaralı kuyularda Kaya Kalite Katsayısı (RQD) değerleri, sondajdan sorumlu mühendis (Sondaj Şube/Yüklenici) ile İdarenin projeden sorumlu mühendisi tarafından birlikte tespit edilecek ve temel sondaj loguna işlenecektir.
22. Sondaj kuyularının açımı sırasında yeraltısuyu seviyeleri dikkatlice ölçülecektir. Kuyulardaki suyun gerçek yeraltısuyu olduğu belirlendikten sonra, yeraltısuyu ölçümleri sondaj kampı sonuna kadar her sabah işe başlamadan önce tespit edilecektir. Sondaj kampı o yerden ayrıldıktan sonra, Bölge Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Şube Müdürlüğüne bütün kuyulardaki yeraltısuyu seviyeleri her ay periyodik olarak ölçülecektir.
23. Sondajlardan alınan karotlar, karot sandıklarına kitap harfi dizgisi şeklinde konacaktır.
24. Biten kuyuların ağızları betonlanarak beton üzerine kuyu numarası, derinliği ve bitiş tarihi yazılacak, rasat borusu ucu kör tapa ile kapatılacaktır.
25. Açılacak kuyular kotlandırılacak (koordinatları verilecek) ve loguna işlenecektir.
26. Tüm kuyular tamamlandıktan sonra, en geç 15 gün içinde 2 kopya temel sondaj raporu İdareye gönderilecektir.

## EKLER

EK 1. Sondajların Açılma Amaçları ve Dikkat Edilecek Hususlar

EK 2. Jeoloji ve Sondaj Lokasyon Haritası (1/5000, 1/10000 veya 1/25000)

EK 3. Yapı Yerleri Jeoloji Kesiti (1/5000, 1/10000 veya 1/25000)

----- SONDAJLARININ

AÇILMA AMAÇLARI VE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

1. Temel sondaj kuyularının açılma amaçları ve kuyular açılırken dikkat edilmesi gereken konular kısaca belirtilecektir.
2. Bu kısım talimatı hazırlayan Jeoloji Mühendisi tarafından imzalanacaktır.

SONDAJI ÖNEREN

İmza

Yukarıda hazırlanan .....Temel Sondaj Talimatı onayınıza arz olunur.

TETKİK EDEN

TASVİP

JEOTEKNİK HİZMETLER VE YAS  
ŞUBE MÜDÜRÜ

BÖLGE MÜDÜRÜ

...MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ  
ŞUBE MÜDÜRÜ

TEMEL SONDAJ VE ENJEKSİYON  
ŞUBE MÜDÜRÜ

JEOTEKNİK HİZMETLER VE YERALTISULARI

DAİRE BAŞKANI

## ENJEKSİYON TALİMATI

1. GİRİŞ
  - 1.1. Amaç
  - 1.2. İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşımı
  - 1.3. Projenin Genel Özellikleri
2. GENEL JEOLojİ (yapısal jeolojiyi de içeren 1 sayfaı geçmeyecek şekilde genel jeoloji bilgileri verilecektir)
3. YERALTISUYU
4. MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ (yapılan sondajlar, yerinde deneyler ve elde edilen sonuçlar kısaca verilecektir)
5. ENJEKSİYON İŞLERİ
  - 5.1. Enjeksiyon Deliklerinin Açılması
  - 5.2. Enjeksiyon Deliklerinin Yıkınması
    - 5.2.1. Ano
    - 5.2.2. Yukarıdan Aşağıya Doğru İnen Kademeler Metodu İle Enjeksiyon
    - 5.2.3. Aşağıdan Yukarı Doğru Çıkan Kademeler Metodu İle Enjeksiyon
    - 5.2.4. Çok Safhalı Enjeksiyon
  - 5.3. Enjeksiyonda Kullanılacak Malzemeler
    - 5.3.1. Çimento
    - 5.3.2. Bentonit
    - 5.3.3. Kum
    - 5.3.4. Su
    - 5.3.5. Enjeksiyon Kimyasal Katkı Malzemeleri
  - 5.4. Enjeksiyon Şerbetleri ve Yapılacak Deneyler
  - 5.5. Deneme Enjeksiyonu
  - 5.6. Perde Enjeksiyonu
  - 5.7. Kapak Enjeksiyonu
  - 5.8. Bağ Enjeksiyonu
  - 5.9. Çeper Enjeksiyonu
  - 5.10. Kontak (Dolgu) Enjeksiyonu
  - 5.11. Konsolidasyon (Sağlamlaştırma) Enjeksiyonu
  - 5.12. Kimyasal Enjeksiyon
  - 5.13. Derz Enjeksiyonu
  - 5.14. Alüvyon Enjeksiyonu
  - 5.15. Enjeksiyon Kontrol Delikleri
  - 5.16. Deliklerin Doldurulması
  - 5.17. Basınç Düşürme Drenaj Kuyuları
  - 5.18. Piyezometre Kuyuları
  - 5.19. Kayıtlar ve Raporlar
6. EKLER (enjeksiyonla ilgili paftalar ve kesitler koyulacaktır)

Not: Yukarıda verilen başlıklardan gerekli olmayanlar kullanılmayacaktır.

## ENJEKSİYON SONUÇ RAPORU

### 1. GİRİŞ

#### 1.1. Amaç

#### 1.2. İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşımı

#### 1.3. Projenin Genel Özellikleri

### 2. GENEL JEOLJİ (yapılan mühendislik jeolojisi çalışmaları ile birlikte kısaca verilecektir)

### 3. YERALTISUYU

### 4. ENJEKSİYON İŞLERİ

#### 4.1. Yapılan Projeli Kuyular

#### 4.2. Kontrol Kuyuları (Alış, BST vb)

#### 4.3. Enjeksiyonda Kullanılan Malzeme Miktarları

##### 4.3.1. Çimento

##### 4.3.2. Bentonit

##### 4.3.3. Kum

##### 4.3.4. Enjeksiyon Kimyasal Katkı Malzemeleri

#### 4.4. Basınç Düşürme Drenaj Kuyuları

#### 4.5. Piyezometre Kuyuları

#### 4.6. Delgi ve Enjeksiyon İcmal Tabloları

#### 4.7. Debi Ölçümleri ve Su Deneyle Analiz Sonuçları

#### 4.8. Ölçüm Aletleri Sonuçları

#### 4.9. Enjeksiyonların Değerlendirilmesi (Enjeksiyonun yeterli olup olmadığı konusundaki görüş)

### 5. EKLER (loglar, alış grafikleri vb)

Not: Yukarıda verilen başlıklardan gerekli olmayanlar kullanılmayacaktır.