

T.C.
Niğde Üniversitesi
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

BETON AĞIRLIK BİR BARAJDA
ENJEKSİYON UYGULAMALARI: BOYABAT BARAJI

ALPER KOÇER

Ağustos 2012

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

BETON AĞIRLIK BİR BARAJDA
ENJEKSİYON UYGULAMALARI: BOYABAT BARAJI

ALPER KOÇER

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç. Dr. Osman SİVRİKAYA

Ağustos 2012

Alper KOÇER tarafından **Doç.Dr. Osman SİVRİKAYA** danışmanlığında hazırlanan **“Bir Beton Ağırlık Barajda Enjeksiyon Uygulamaları: Boyabat Barajı”** adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç.Dr. Osman SİVRİKAYA

(Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi)

Üye : Doç.Dr. Kutsi Savaş ERDURAN

(Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi)

Üye : Yrd.Doç.Dr. Emre ÇEÇEN

(İstanbul Kültür Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi)

ONAY:

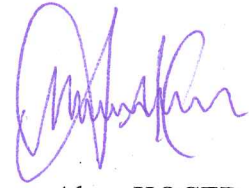
Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../20... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../20... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Osman SİVRİKAYA
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atf yapıldığını bildiririm.



Alper KOÇER

ÖZET

BETON AĞIRLIK BİR BARAJDA ENJEKSİYON UYGULAMALARI: BOYABAT BARAJI

KOÇER, Alper

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Osman SİVRİKAYA

Ağustos 2012, 154 sayfa

Bu tezinin konusu, Boyabat Barajı enjeksiyon perdesi üzerinedir. Enjeksiyon perdesi su kaçağı için ana kaya içerisinde bir bariyerdir. Enjeksiyon perdesi zemin içerisine yüksek basınçla pompalanan çimento enjeksiyonu ile oluşturulmuştur. Enjeksiyon karışım içerik oranı 0,9 su/çimentodur. Bu karışım 0,007 oranında (Rheobuild 2000 PF/çimento) süper akışkanlaştırıcı içerir. İlave olarak aşırı alış olması durumunda kum kullanılmıştır. Enjeksiyon işlemi öncesindeki ve sonrasındaki geçirimsizlik değerleri ile kademelere göre enjeksiyon alış miktarları kayıt altına alınmıştır. Azalan aralık yönteminin uygulandığı geçirimsizlik perdesi enjeksiyonunda sırasıyla P, S, T ve Q kuyuları delinip enjekte edilmiştir. İstisnalar olsa da her aşamada enjeksiyon alışlarının azaldığı görülmüştür. Karotlu kontrol kuyularının delinmesiyle de bu alış yapan kademelerde düşük geçirimsizlik oranın elde edildiği görülmüş ve enjeksiyon işleminin başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: baraj, enjeksiyon, çimento, alış miktarı, luzyon, geçirimsizlik perdesi, basınç, kontrol kuyusu, karot

SUMMARY

GROUTING APPLICATIONS IN A CONCRETE GRAVITY DAM: BOYABAT DAM

KOÇER, Alper

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor : Associate Professor Dr. Osman SİVRİKAYA

August 2012, 154 pages

Content of this MSc thesis is Boyabat Dam grout curtain. Grout curtain is a barrier for water leakage in the main rock. Grout curtain was made with cement grout which was pumped with high pressure into ground. Grout mix content ratio is 0,9 water/cement. This mix included 0,007 ratio of (Rheobuild 2000 PF/cement) super plasticizer. Additionally sand was added in the mix, if heavy in take occurred. Impermeability and penetration rates at different layers have been recorded both before and after the grouting works P, S, T and Q holes have been drilled during the grouting work; and the grout was injected respectively into these holes using split spacing method. It has been observed that penetration rate has gradually decreased at each layer with some exceptions. Impermeability of different layers have been inspected by drilling core holes; and the tests which resulted in low permeability rates reveal that the grouting work has been successful.

Key Words: dam, grouting, cement, penetration rate, lugeon, impermeability curtain, pressure, test hole, core

ÖN SÖZ

Bu çalışma, Boyabat Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş.'nin katkılarıyla gerçekleştirilmiştir. Yap-İşlet-Devret modeliyle yapılan Boyabat Barajı ve Hidroelektrik Santrali'nin temelden yüksekliği 192 m olup, kemer ağırlık tipinde projelendirilmiş olan baraj, toplam 510 megawatt gücünde 3 adet türbine sahiptir. Enjeksiyon işleri kapsamında toplam uzunluğu 200 bin metreyi aşan delgi yapılmıştır.

Yüksek lisans çalışmam esnasında benden görüş ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım, saygıdeğer hocam Doç. Dr. Osman SİVRİKAYA'ya teşekkürlerimi sunarım. Niğde Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine de lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca gösterdikleri özveri için teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans eğitimim boyunca bana olan desteklerinden dolayı başta genel müdürümüz Sayın Ö. Faruk ACUNER'e ve proje müdürümüz İnşaat Mühendisi Sayın Murat ERDİVAN'a olmak üzere, Jeoteknik Hizmetler kısım şefimiz İnşaat Mühendisi Sayın Ersan ARSLAN'a ve Boyabat Elektrik Üretim ve Tic. A.Ş.'deki tüm mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Bu proje boyunca karşılaştığımız güçlükleri yenebilmemizde tecrübe ve bilgi birikimleriyle bizlere destek olan müşavirlerimiz Jeoloji Yüksek Mühendisi Sayın Alican ASLAN'a, Jeoloji Mühendisi Sayın Cemal KOYAR'a ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Sayın Saydın ALTUĞ'a teşekkürlerimi sunarım. Boyabat Barajı ve HES İnşaatı projesinin yüklenici firması olan Doğu İnşaat ve Ticaret A.Ş.'nin yönetici ve saha personelleri ile enjeksiyon işlerinin yapımını üstlenen alt yüklenici Ayson Geoteknik ve Deniz İnşaat A.Ş.'nin yönetici ve saha personellerine teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca desteklerini hep yanımda hissettiğim aileme, maddi-manevi desteklerini esirgemeyen amcalarım Şenel KOÇER ve Kayhan KOÇER'e sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım...

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
SUMMARY	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xiii
SİMGE VE KISALTMALAR	xiv
BÖLÜM I GİRİŞ.....	1
BÖLÜM II BARAJLAR	2
2.1 Baraj Nedir	2
2.2 Barajların Tarihçesi	2
2.2.1 Anadolu'da baraj	3
2.3 Baraj Çeşitleri.....	3
2.4 Baraj Yıkılmaları	4
BÖLÜM III ENJEKSİYON UYGULAMALARI.....	10
3.1 Başlıca Geçirimsizlik Önlemleri.....	10
3.1.1 Katof Hendekleri	11
3.1.2 Palplanş Katoflar	11
3.1.3 Yerinde Dökülen Beton Kazık Perdeler	12
3.1.4 Bulamaç Hendeği	12
3.1.5 Diyafram Duvarlar.....	12
3.1.6 Enjeksiyon Perdesi	13
3.2 Enjeksiyonlar.....	13
3.2.1 Enjeksiyon çeşitleri	16
3.2.1.1 Amaçlarına göre enjeksiyonlar	16
3.2.1.2 Kullanılan karışım maddelerine göre enjeksiyonlar	17
3.2.2 Enjeksiyon şerbeti çeşitleri	17
3.2.2.1 Duraysız şerbetler	18
3.2.2.2 Duraylı şerbetler.....	19
3.2.3 Enjeksiyon uygulama yöntemleri.....	20

3.2.3.1 Karstik kayaların enjeksiyonu.....	20
3.2.3.2 Kırıklı ve çatlaklı kayaların enjeksiyonu	20
3.2.3.3 Çok açık çatlakların enjeksiyonu	20
3.2.3.4 Çatlakların yıkanması	21
3.2.3.5 Kil dolguların blokajı.....	21
3.2.3.6 İnce çatlakların enjeksiyonu.....	21
3.2.3.7 Alçalan kademe yöntemi.....	22
3.2.3.8 Yükselen kademe yöntemi	23
3.2.4 Barajlarda geçirimsizlik perdesi.....	24
3.2.4.1 Perde delgileri	26
3.2.4.2 Enjeksiyon delgi aralıklarının ve dizgilerinin belirlenmesi	26
3.2.4.3 Galerilerden perde enjeksiyonu uygulaması	27
3.2.4.4 Zeminlerde geçirimsizlik ve sağlamlaştırma delgileri.....	31
3.2.4.5 Perde enjeksiyonlarında başarı ölçütleri.....	31
BÖLÜM IV BOYABAT BARAJI VE HES İNŞAATI.....	32
4.1 Tarihçe	36
4.2 Projenin Yeri	36
4.3 Projenin Karakteristikleri.....	37
4.4 Baraj Yerinin Jeolojisi	42
4.4.1 Kepez formasyonu	44
4.4.2 Karımca formasyonu (Tk).....	46
4.5 Boyabat Barajı Geçirimsizlik Perdesinin Geometrisi	46
BÖLÜM V BOYABAT BARAJI ENJEKSİYON İŞLERİ	49
5.1 Hazırlık Aşamaları.....	49
5.1.1 Galerilerin açılması ve betonlanması	49
5.1.2 Enjeksiyon karışımlarının belirlenmesi	50
5.1.2.1 Enjeksiyon Karışım Bileşenleri.....	50
5.1.2.2 Enjeksiyon Karışımları.....	52
5.2 Enjeksiyon İşleri Laboratuvar Deneyleri	54
5.2.1 Karışım bileşenleri laboratuvar deneyleri.....	54
5.2.2 Saha kontrol deneyleri.....	55
5.3 Boyabat Barajındaki Başlıca Enjeksiyon Uygulamaları.....	56
5.3.1 Batardo enjeksiyonları.....	56
5.3.2 Galeri kontak enjeksiyonu	58

5.3.2.1	Kontak delgi işlemi	58
5.3.2.2	Kontak enjeksiyonu işlemi.....	60
5.3.3	Galeri konsolidasyon enjeksiyonu.....	61
5.3.3.1	Konsolidasyon delgi işlemi.....	62
5.3.3.2	Konsolidasyon enjeksiyon işlemi.....	63
5.3.4	Perde enjeksiyonları	65
5.3.4.1	Geçirimsizlik perdesi delgi işlemi.....	66
5.3.4.4	Geçirimsizlik perdesi enjeksiyon işlemi	69
5.3.4.12	Perde enjeksiyonu kontrol kuyuları	74
5.3.5	Perde bağlantı enjeksiyonları.....	77
5.3.5.1	Bağlantı kuyuları delgisi	78
5.3.5.2	Bağlantı kuyuları enjeksiyonu	79
5.3.6	Temel ve gövde konsolidasyon enjeksiyonları.....	81
5.3.7	Derz enjeksiyonları	84
5.3.7.1	Derz enjeksiyonu karışımları.....	93
5.3.8	Gömülü eleman enjeksiyonları.....	94
5.3.9	Epoksi reçine enjeksiyonları	96
5.3.10	Poliüretan (köpük) enjeksiyonları	96
5.3.11	Boru süren enjeksiyonları	97
5.3.12	Pasif ankraj enjeksiyonları.....	98
5.3.13	Öngermeli ankraj enjeksiyonları	99
BÖLÜM VII SONUÇ		100
KAYNAKLAR		101
EKLER		105
ÖZGEÇMİŞ		154

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	Jeolojik birimlere göre perde enjeksiyonu katı madde alışıları.....	30
Çizelge 3.2	Enjeksiyon alışılarının sınıflandırılması.....	32
Çizelge 3.3	Lugeon değerlerine göre geçirimsilik sınıflaması.....	35
Çizelge 5.1	Enjeksiyon şerbeti bileşenleri.....	50
Çizelge 5.2	Karışımda kullanılan çimentonun özellikleri.....	51
Çizelge 5.3	Karışımda kullanılan bentonitin özellikleri.....	51
Çizelge 5.4	Karışımda kullanılan kumun özellikleri.....	52
Çizelge 5.5	Karışımda kullanılan kimyasal katkıları.....	52
Çizelge 5.6	Enjeksiyonu şerbeti karışım oranları.....	53
Çizelge 5.7	Perde enjeksiyon şerbeti laboratuvar değerleri.....	54
Çizelge 5.8	Saha kontrol deneyleri.....	55
Çizelge 5.9	Konsolidasyon enjeksiyonu refü basınçları.....	64
Çizelge 5.10	Perde enjeksiyonu kuyuları işlem sırası.....	68
Çizelge 5.11	Perde enjeksiyonu basınçları.....	72
Çizelge 5.12	Basınçlı su testinde uygulanacak basınçlar.....	75
Çizelge 5.13	Perde enjeksiyonu öncesi ve sonrasında Lugeon değerleri dağılımı.....	77
Çizelge 5.14	Perde bağlantı enjeksiyonu refü basınçları.....	81
Çizelge 5.15	Derz enjeksiyonu kompartmanları.....	87
Çizelge 5.16	Derz enjeksiyonu karışımlarına ait laboratuvar değerleri.....	93

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Saint Francis baraj yeri jeolojik kesiti.....	6
Şekil 2.2	May Barajı'nda terra-rosa ile örtülü düdenlerden suların kaçması.....	8
Şekil 3.1	Sızma kontrol önlemleri için önerilen permeabilite katsayısı aralıkları.....	11
Şekil 3.2	Taneler arası boşluğun girişinde kemer oluşumu.....	19
Şekil 3.3	Alçalma kademe yöntemi.....	23
Şekil 3.4	Yükselen kademe yöntemi.....	24
Şekil 3.5	Baraj tipine göre delgi konumları.....	25
Şekil 3.6	Barajlarda açıktan ve galeriden yapılan perde enjeksiyonları	28
Şekil 3.7	Galeri konumları.....	29
Şekil 3.8	6 delgili sağlamlaştırma enjeksiyonu şaşırtmalı dizgisi.....	30
Şekil 3.9	Zeminlerde su sızdırmazlığı ve sağlamlaştırma delgileri dizgisi.....	31
Şekil 3.10	Lugeon basınçlı su deneyi.....	33
Şekil 3.11	Çeşitli akış tiplerinin gösterimi.....	34
Şekil 4.1	Yer bulduru haritası.....	37
Şekil 4.2	Baraj yeri jeolojik haritası.....	43
Şekil 4.3	Boyabat Barajı enjeksiyon perdesi yerleşim planı.....	47
Şekil 5.1	Enjeksiyon galerisi kesiti.....	49
Şekil 5.2	Kontak enjeksiyonu standart delgi örneği.....	59
Şekil 5.3	Kontak enjeksiyonu akış şeması.....	60
Şekil 5.4	Konsolidasyon enjeksiyonu standart delgi örneği.....	62
Şekil 5.5	Konsolidasyon enjeksiyonu akış şeması.....	63
Şekil 5.6	Perde delgilerine ait bağlantı kesiti.....	65
Şekil 5.7	Perde enjeksiyonu delgileri yerleşim planı.....	67
Şekil 5.8	Sapma ölçüm cihazı sonuç ekranı.....	69
Şekil 5.9	Perde enjeksiyonu akış şeması.....	71
Şekil 5.10	Uygulama bölgelerine göre perde enjeksiyonu basınçları.....	73

Şekil 5.11	Perde bağlantı enjeksiyonu standart delgi örneği.....	79
Şekil 5.12	Perde bağlantı enjeksiyonu akış şeması.....	80
Şekil 5.13	Yamaç konsolidasyonu kesiti.....	83
Şekil 5.14	Derzlerin plan görünümü.....	86
Şekil 5.15	Derz enjeksiyonu kompartmanları.....	88
Şekil 5.16	Derz yüzeyi ve vana yerleşimi.....	89

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 2.1	Teton Barajı'nın yıkılışı.....	6
Fotoğraf 2.2	Vaiont rezervuarının heyelan malzemesiyle dolmuş hali.....	7
Fotoğraf 2.3	Keban Barajı sol yamaç Petek Mağarası'ndan su kaçakları..	9
Fotoğraf 4.1	Boyabat Barajı ve HES inşaatından bir görüntü.....	48
Fotoğraf 5.1	Memba batardosundan bir görüntü.....	57
Fotoğraf 5.2	Mansap batardosundan bir görüntü.....	57
Fotoğraf 5.3	Galeri kontak enjeksiyonundan bir kesit.....	58
Fotoğraf 5.4	Galeri konsolidasyon enjeksiyonundan bir kesit.....	61
Fotoğraf 5.5	Perde bağlantı enjeksiyonu delgisi.....	78
Fotoğraf 5.6	Temel konsolidasyonu çalışmalarından bir kesit.....	82
Fotoğraf 5.7	Beton yüzeyine yerleştirilen derz enjeksiyonu teçhizatı.....	85
Fotoğraf 5.8	Derz enjeksiyonu vanası.....	90
Fotoğraf 5.9	Derz açıklık ölçer.....	91
Fotoğraf 5.10	Enjeksiyon sonrasında derzlerin görünümü.....	94
Fotoğraf 5.11	Beton öncesi bir gömülü eleman.....	95
Fotoğraf 5.12	Gömülü elemanların çevresinde oluşan boşluk.....	95
Fotoğraf 5.13	Epoksi enjeksiyonu uygulaması.....	96
Fotoğraf 5.14	Poliüretan(köpük) enjeksiyonu uygulaması.....	97
Fotoğraf 5.15	Boru süren enjeksiyonu uygulaması.....	98
Fotoğraf 5.16	Pasif ankraj enjeksiyonu uygulaması.....	98
Fotoğraf 5.17	Öngermeli ankraj enjeksiyonu uygulaması.....	99

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

dk	Dakika
kg	Kilogram
l	Litre
Lu	Lugeon
m	Metre
s	Saniye
t	Ton
Mpa	Megapascal

Kısaltmalar

Açıklama

HES	Hidroelektrik Santrali
DSİ	Devlet Su İşleri
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK	Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
BST	Basınçlı su testi

BÖLÜM I

GİRİŞ

Dünya'da ve Türkiye'de artan nüfusun ve sanayinin sonucunda enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Tükenebilir enerji kaynaklarının azalması, insanları su, rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir kaynakları daha çok kullanmaya zorunlu kılmıştır.

Rüzgar ve güneş enerjisi kullanımı son zamanlarda popülerlik kazanmaya başlamış olmakla beraber uzun süre faydalanılacak temiz enerji kaynakları olarak görünmektedir. Su kaynakları ise içme suyu, kullanma suyu, sulama ve enerji amaçlı olarak geçmişten günümüze kullanılmaktadır.

Elektrik üretimi için kullandığımız kaynaklara baktığımızda suya yatırım yapmanın ne kadar doğru bir karar olduğunu görebilmekteyiz. Termik santraller hem kullandıkları hammaddelerin tükenmesine hem de hava kirliliğine sebep olmaktadır. Doğalgaz ise neredeyse tamamı ithalata dayalı bir kaynaktır. Tüm bunlar göz önüne alındığında, kendi yenilenebilir kaynaklarımızla enerji ihtiyacımızı karşılamak dolayısıyla da enerji ithalatını azaltarak enerji konusunda dışa bağımlı bir ülke olmaktan kurtulmak istemek yeterli bir sebep olsa gerek.

Barajlar, getirileri ve götürüleri karşılaştırıldığında temiz enerji kaynağı olmaları bakımından tercih edilmektedirler. Ancak baraj yapmaya elverişli alanların git gide azalmasından dolayı baraj inşaatlarında karşımıza; baraj yerine ulaşım, baraj inşaatında kullanılacak malzeme temini, baraj gölü altında kalacak olan tarım arazilerinin yok olması ve göl alanındaki yeleşim birimlerinin taşınması gibi sorunlar çıkabilmektedir. Bunların dışında ise temel zemindeki sorunlar karşımıza çıkabilmektedir.

Bu tezin amacı; barajlarda karşılaşılan problemlerden biri olan geçirimsizlik probleminin çözümünde uygulanan enjeksiyon yöntemlerini anlatmak ve Boyabat Barajı ve Hidroelektrik Santrali İnşaatı kapsamında yapılan enjeksiyon çalışmaları hakkında detaylı bilgi vermektir.

BÖLÜM II

BARAJLAR

2.1 Baraj Nedir?

Baraj, bir akarsu vadisini kapatan ve arkasında su biriktiren; enerji üretimi, içme ve\veya sulama suyu temini ve akarsuların düzenlenmesi gibi pek çok gayeye hizmet eden ekonomik faydası büyük olan tesislerdir (Erguvanlı, 1982).

Baraj tipi ve baraj yeri seçimine etki eden faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Topografya
- Jeoloji, litoloji ve yapısal özellikler
- Hidroloji ve hidrojeoloji
- Kullanılacak malzemeyi sağlama imkânları
- Ekonomik durum ve işçilik
- İklim ve inşaat mevsimi süresi
- Baraj yüksekliği
- Proje yapanın yetişmesi ve alışkanlık

2.2 Barajların Tarihçesi

Akarsuları tutmak ve toplamak için yeryüzünde yapılan en eski toprak barajın Dicle üzerinde yapılmış Maruk Barajı olduğu söylenmektedir. Akışı düzenlemek ve taşkınları önlemek amacı ile tarih öncesi devirde yapılan bu barajdan 13. yüzyılın sonuna kadar yararlanılmıştır.

Yeryüzünde taştan yapılan ilk kâgir baraj ise Nil nehrinin sularını çevirmek ve şehre içme suyu sağlamak için Menfiz şehrinin 20 km güneyinde, M.Ö. 4000 yılında yapılan barajdır. Daha sonraları Romalılar, İtalya ve Kuzey Afrika'da pek çok baraj inşa etmişlerdir.

18. asrın sonlarına doğru, 1785-1791 yılları arasında, İspanya'da Pestes Barajı inşa edilmiştir. Modern hidrolik hesaplara göre yapılan ilk baraj Fransa'da Chartrain (1888-1892)'dir. İlk beton ağırlık barajı ise 1887-1888'de Kaliforniya'da inşa edilen Sen Mates Barajı'dır. 19. yüzyılın sonunda ve 20. yüzyılın başında yüksek enerji ve içme suyu elde etmek, sulama yapmak ve taşkın önlemek amacı ile kısa zamanda çeşitli tiplerde yüksek barajlar inşa edilmeye, emniyet ve maliyet bakımından ayrıntılı etütler yapılmaya başlanmıştır (Erguvanlı, 1982).

2.2.1 Anadolu'da baraj

Anadolu 'da yaşayan Urartulular, Romalılar, Selçuklular ve Osmanlılar birçok su yapısı inşa etmişlerdir. Urartular dönemine ait Van'da Fatih Bendi, Doni ve Sihke Baraj Gölü; Roma dönemine ait Kütahya Çavdarhisar, Çorum Örükaya, Niğde Buget ve Amasya Löstüğün mevkilerinde baraj kalıntılarına rastlanmıştır. Amasya'daki kalıntıların Osmanlılara ait olduğu da tahmin edilmektedir. 1453'te İstanbul'un fethedilmesiyle günden güne nüfusu artan şehrin su ihtiyacını karşılamak için çareler aranmış, Bizanslılar zamanında yapılan tesislerin yetersiz kalmasıyla yeni su depoları yapılmıştır. 1620-1839 tarihleri arasında İstanbul'un su ihtiyacını karşılamak amacıyla 7 bent daha yapılmıştır. Cumhuriyet devrinde yapılan ilk baraj, Ankara'ya içme suyu temini için yapılan Çubuk Barajı'dır. Türkiye'de baraj ve hidroelektrik santrali yapımı II. Dünya Savaşı'ndan sonra hızlanmıştır. Son yıllarda Oymapınar, Keban, Karakaya, Atatürk vb gibi barajlar dünyanın önemli su yapılarından. Bunun yanında Güneydoğu Anadolu Projesi'ne bağlı (G.A.P), pek çok baraj inşaat halinde veya proje aşamasında olup, bunlar da sırayla devreye gireceklerdir (Erguvanlı, 1982).

2.3 Baraj Çeşitleri

Barajlar çeşitli amaçlarla inşa edilmektedirler. İçme suyu, enerji, sulama, taşkın önleme, cevher tutma, turistik alan oluşturma, balıkçılık gibi amaçlarla barajların inşa edileceği gibi birden fazla amacı yerine getirmek için de inşa

edilebilirler. Barajlar, gövdelerinin imalatında kullanılan malzemeye, gövde tipine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- Toprak baraj, kaya baraj, beton baraj, ahşap baraj, çelik baraj vb.
- Dolgu baraj, ağırlık baraj, kemer baraj, payandalı baraj vb.
- Silindirle sıkıştırılmış beton baraj, memba yüzeyi kaplamalı baraj vb.

2.4 Baraj Yıkılmaları

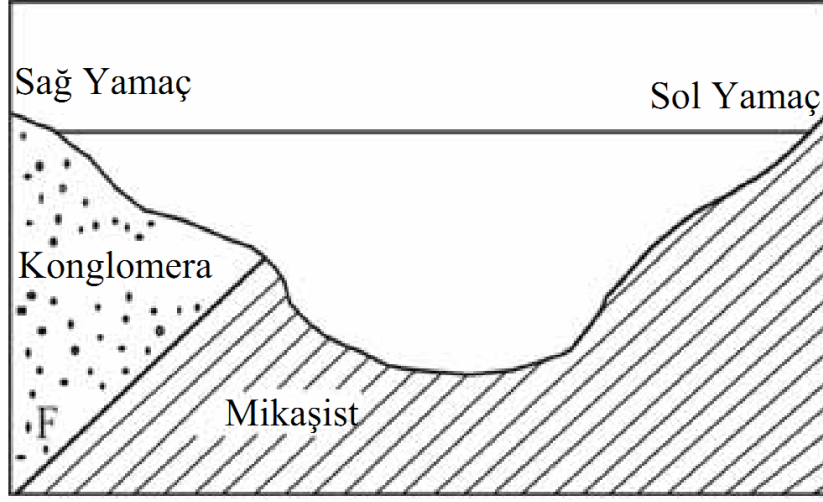
Bugün hizmet veren baraj gölleri genellikle çok amaçlı olmakla beraber (boyutları ne olursa olsun) ana fonksiyonları akışın fazla olduğu zamanlarda saklama ve daha sonra düşük akış zamanlarında salıverme veya mansap kısmındaki taşkın hasarını önlemek amacıyla, su depolamasını yapmak amacı taşır. Potansiyel bir baraj göl alanının incelenmesinde, drenaj alanındaki yağış, sellenme, süzülme ve buharlaşma-terleme göz önünde bulundurulur. Ayrıca bitki örtüsünün yanında topografik ve jeolojik koşullar da önemlidir. Baraj göl yerleri çoğu zaman bir nehir vadisidir. Büyük baraj gölleri için en cazip yerler, memba kısmında vadilerin derin ve yamaçlarının dik olduğu topografik yapılarıdır. Bu durumda yapılan küçük bir baraj bile çok fazla alana yayılmadan büyük su kütlelerini tutabilir. Ancak havzanın su tutabilirliği ve yamaçların duraylılığı dikkate alınmalıdır. Önemli miktarda su kaybının olup olmayacağı başlıca yeraltı suyu koşullarına bağlıdır (Kayabalı, 2006).

Bir baraj gölünden kaçaklar mansap kısmındaki akarsu akışında ani artış şeklinde (muhtemelen nehirde olsa kaynama biçiminde) oluşabilir ve vadi yamaçlarında kaynaklar ortaya çıkabilir. Bu kaçaklar jeolojik koşullarda erime kanalları, fay zonları veya gömülü kanallar gibi büyük kusurların varlığı ile ilgili olabilir. Buralarda çok fazla miktarda ve yerel olarak yoğunlaşmış akışlar söz konusudur. Sızma daha güvenli bir akış biçimi olup, geniş alanları kaplamakla birlikte toplam miktarı fazla olabilir. Sızmanın izlenmesi kireçtaşlarındaki erime kanalları ile bağlantılı olduğu zaman genellikle daha zordur. Önemli miktarda su kayıpları bazen bir rezervuarın kullanım dışı kalmasına neden olmaktadır (Kayabalı, 2006).

Dünyanın çeşitli bölgelerinde ender de olsa çeşitli tipteki barajların yıkıldığı ya da rezervuarlarında su toplanmadığı, eksen ve göl sahasındaki kayaçların suları sızdırdığı görülmektedir. Baraj göl alanında su toplanmaması büyük para ziyanına buna karşılık yıkılma, büyük mal ve can kaybına neden olmaktadır. Şimdiye kadar dünyada büyüklü küçüklü 300'den fazla baraj yıkılmıştır. Yıkılan barajlarda yapılan gözlem ve incelemeler sonucu yıkılmaya neden olan olaylar özetle şöyle sıralanabilir (Canik, 1997):

- Baraj eksenini alt ve yanlarından sızıntıların meydana gelmesi
- Baraj gövdesinin şevlerine uygun eğimin verilmemiş olması
- Memba tarafında oyulmaların meydana gelmesi
- Baraj gövdesinin farklı oturmalarına maruz kalması
- Çekirdek ve filtre malzemesinin iyi seçilmemiş olması
- Aktif faylı bölgelerde depremin etkisi
- Dolu savak ve derivasyon tünelinin şekil ve kapasitesinin iyi tanzim edilmemiş olması
- Çekirdekten su sızması
- Özellikle toprak barajlarda temel zeminindeki veya gövde malzemesindeki kohezyon azlığı
- Rezervuar yamaçlarında heyelan meydana gelmesi ve büyük dalgaların etkisi

Baraj yeri ve gölalanı seçiminde jeolojinin iyice anlaşılmamış olması nedeni ile dünyada 1928 yılına kadar 250 baraj yıkılmıştır. 1928 yılında ABD'de St. Francis barajı yıkılmış, 436 kişi ölmüştür. Saint Francis barajı 150 m yarıçapında bir kemer ağırlık barajı olup gövde kalınlığı tabanda 55 m, krette 5 m, yükseklik 62 m'dir. Barajda 1 Mart 1926'da su toplanmaya başlanmış fakat temelden büyük ölçüde su kaçaqları görüldükten sonra, 12 Mart 1928'de baraj yıkılmıştır. Şekil 2.1'de görüldüğü üzere temel kayasının tabanda ve sol yamaçta yapraklanmalı mikaşist, sağ yamaçta ise çakıltaşı (konglomera) biriminin varlığından dolayı ve bu iki litoloji dokanağının faylı olması nedeni ile temelde kaçaqlar başlamış ve baraj yıkılmıştır (Ertunç, 2003).



Şekil 2.1. Saint Francis baraj yeri jeolojik kesiti (Ertunç, 2003)

5 Haziran 1976'da ABD'de 100 m yükseklikte gövde tipi toprak dolgulu olan Teton Barajı kil çekirdeğinin yeterli sıkıştırılmaması nedeni ile sağ yamaca yakın gövdede borulanma meydana gelmiş ve sızıntılar nedeniyle baraj birkaç saat içinde yıkılmıştır (Fotoğraf 2.1). Akış aşağıdaki yerleşim alanları zamanında boşaltıldığı için ölü sayısı 11'i geçmemiştir (Ertunç, 2003).



Fotoğraf 2.1. Teton Barajı'nın yıkılışı (web.mst.edu)

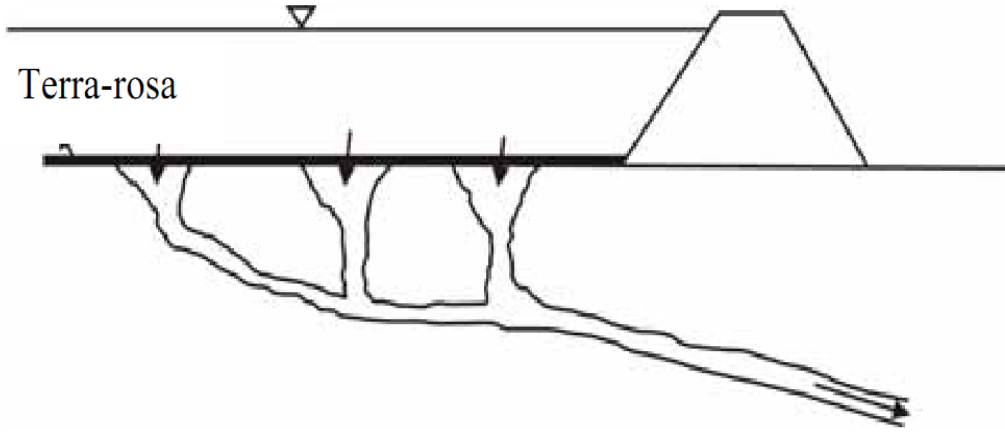
İtalya'da Venedik'in 120 km kuzeyinde bulunan Vaiont Barajı 265,5 m yükseklikte olup dünyanın ikinci en yüksek barajı konumundadır. İnce kemer tipinde yapılan bu baraj rezervuar alanında 9 Ekim 1963'de jeolojik dengenin bozulması ile 250 milyon m³ kaya parçası ve 120 milyon m³ su kütlesi, 60 saniye gibi kısa bir zaman içinde baraj rezervuar alanına heyelan etmiştir (Fotoğraf 2.2). Bu olay sonucu baraj üzerinden taşan göl suları vadiden aşağı boşalmış ve 2600 kişinin ölümüne sebep olmuştur. Baraj tepe seviyesinden 250 m yükseklikte bulunan köy evlerinin çatıları uçmuş, köprüler, galeriler ve santral binaları yıkılmıştır. Bu olay sonucu meydana gelen sarsıntı Viyana ve Brüksel deprem istasyonlarında kaydedilmiştir. Dışarı taşan göl suları barajın yalnız üst parmaklıklarını koparmış, ince kemer gövdeye hiçbir şey olmamıştır (Erguvanlı, 1982).



Fotoğraf 2.2. Vaiont rezervuarının heyelan malzemesiyle dolmuş hali
(Ertunç, 2003)

Konya'da 1959 yılında yapımı tamamlanan May Barajı 27,84 m yükseklikte homojen gövdeli toprak barajdır. Baraj gövdesi ve rezervuar alanı kireçtaşı üzerindedir. 1960 Şubatında barajda su tutulmaya başlanmıştır, fakat nehir yatağındaki terra-rosa altında gizli kalan düdenlerden dolayı sular kaçmaya

başlamış (Şekil 2.2), önce rezervuarda alçalma olmuş ve sonra hiç su kalmamıştır. Yapılan iyileştirme çalışmaları başarılı olamamıştır (Ertunç, 2003).



Şekil 2.2. May Barajı'nda terra-rosa ile örtülü düdenlerden suların kaçması (Ertunç, 2003)

O günkü teknik olanakların yetersizliği ve kesin projeyi yapan firmanın kayıtsızlığı nedeniyle yeterli araştırma yapılamadan inşaatına başlanan Keban Barajında temel kazısı yapılırken büyük mağaralar çıkmıştır. Kireçtaşındaki bu Terra-rosa karstik boşluk ve mağaralardan ulaşılabilenler temizlenip betonla doldurulmuş, ulaşılamayanlar enjeksiyon ile iyileştirilmeye çalışılmıştır. Santral yerinde yapılan sondajda büyük bir mağara geçildiği halde, projede santral buraya oturtulmuş, temel kazılarında mağara çıkınca, santral akış aşağı doğru kaydırılmıştır. İlk santral yeri, cebri boruları bile taşıyamayacak kadar zayıf çıkmıştır. Beton gövdenin oturduğu temelde de boşluklar çıkınca, gövdede dik bir büküntü yapılmıştır. Baraj inşaatının yarısına gelinmişken, rezervuar sol yamacından su kaçağı olasılığı ortaya çıkmış, yapılan etütler sonucunda bu kesimde enjeksiyon yapılmasına karar verilmiştir. Buna rağmen, beton gövdenin akış yukarısındaki Düden ve Petek mağarası yoluyla kaçan sular (Fotoğraf 2.3), Keban deresinin sol yamacından sifon yaparak çıkmıştır. Kaçan suyun debisi 26-30 m³/sn olması nedeni ile baraj göl seviyesi düşürülmüş, iri bloklarla mağaranın doldurulmasına çalışılmıştır. Sonuç olarak su kaçakları 7-8 m³/sn'ye düşürülmüş ve bu miktar sabit kalmıştır. Bütün bunlar baraj inşaatının uzamasına ve maliyetin üç kat artmasına neden olmuştur (Ertunç, 2003).



Fotoğraf 2.3. Keban Barajı sol yamaç Petek Mağarası'ndan su kaçakları
(Ertunç, 2003)

BÖLÜM III

ENJEKSİYON UYGULAMALARI

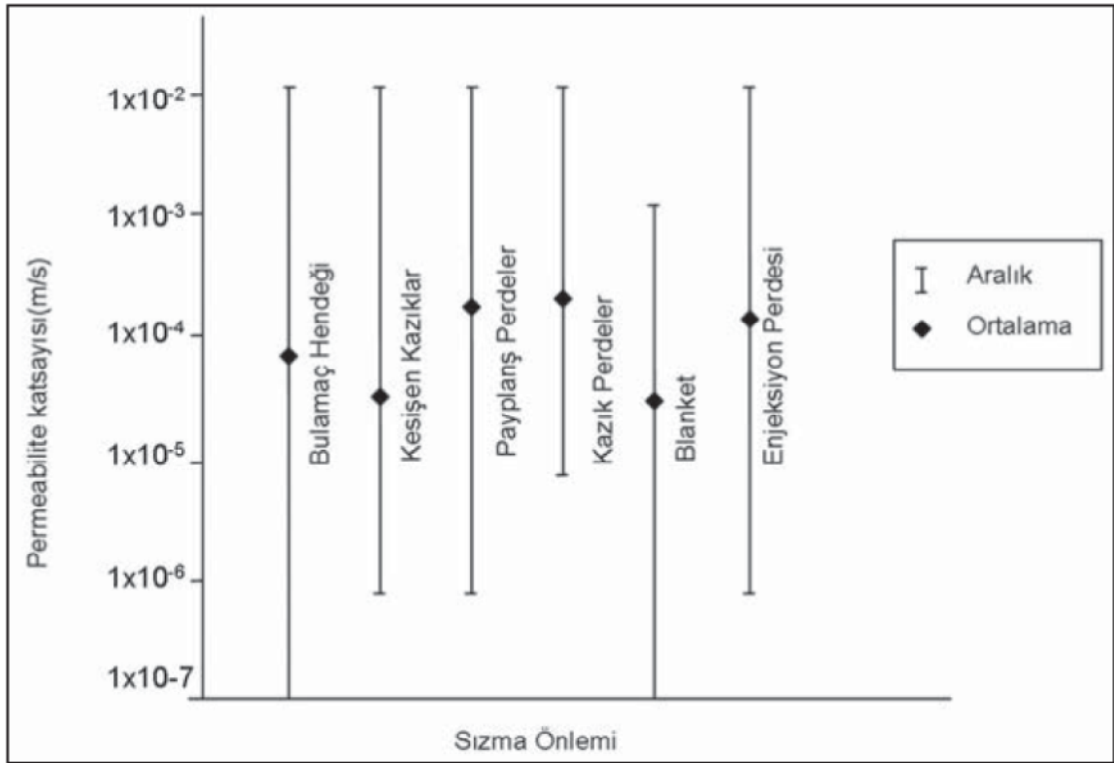
3.1 Başlıca Geçirimsizlik Önlemleri

Bir dolgu baraj altından oluşacak sızmanın kontrolü için, katof hendekleri, palplanş perdeler, yerinde dökülen beton kazık perdeler, bulamaç hendekleri, enjeksiyon perdeleri ve geçirimsiz malzeme blanketi gibi değişik yöntemler dikkate alınabilir. Sızma kuvvetlerinin kontrol edilmesi ve akımın azaltılması doğrultusunda yukarıda bahsedilen yöntemler, tek başına veya birkaçı bir arada kullanılabilir. Bu yöntemler, farklı zeminler için farklı etkinlik derecesinde kullanılır.

Geçirimsiz malzeme blanketi; baraj memba topuğundan rezervuara doğru genişlemekte, muhtemelen yamaçların tamamını veya bir parçasını kaplamakta ve çoğunlukla aynı amaç için kullanılmaktadır. Yatay drenaj blanketleri, bir barajın mansap topuğunda yer alır. Bu blanketlerin temel kullanım amacı, serbest akımı sağlayarak temel yapısında hasara ve ince zemin danelerinin kaybına neden olmadan basınç sönmülenmesine izin vermektir. Drenaj amaçlı olarak kullanılan basınç düşürme kuyuları, su basınçlarının, memba topuğuna intikal etmesinden önce geçirimli tabakalarda veya temeldeki daha derin zonlarda sönmülenmesi için kullanılır. Yukarıda belirtilen farklı önlemlerin etkinlik dereceleri; permeabiliteye ve derinliğe bağlı olarak değişmektedir. Katof derinliğinin geçirimli tabakanın % 90'ı oranında olması durumunda dahi önemli bir iyileştirmenin olmamaktadır. Yalnızca katofun bütünüyle pozitif olarak oluşturulduğu ve düşük permeabilitedeki zona uygun olarak bağlandığı durumda sızma basıncı kontrol edilebilmektedir. Kısmi katof yapıların verimliliği, temelde yer alan düşük ve yüksek permeabiliteli zeminlerin tabakalanmasına bağlıdır. Eğer temel birimleri içinde süreksizlik arz eden düşük permeabiliteli tabakalar mevcut ise kısmi katofların verimli olduğu belirtilmektedir. Ancak pozitif katof yapısının olmadığı durumda düşük permeabiliteli ortam (temelin geçirimliliğinden 10 ile 100 kat daha az geçirimsiz) sağlanmaya çalışılırsa, bu uygulama sızma miktarının

azaltılmasında ve çıkış hidrolik eğiminin düşürülmesinde çok az fayda sağlamaktadır (Fell vd., 1992).

Sızma kontrol önlemleri için önerilen permeabilite katsayısı aralıkları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Sızma kontrol önlemleri için önerilen permeabilite katsayısı aralıkları (Powell and Morgenstern, 1985)

3.1.1 Katof Hendepleri

Baraj altındaki geçirimli zeminin derinliği nispi olarak az ise etkili bir katofun oluşturulması, geçirimli tabaka içinde bir hendeğin kazılması ve geçirimsiz zon malzemesi ile geri doldurulması şeklinde sağlanır (Tosun, 2004).

3.1.2 Palplanş Katoflar

Baraj altındaki geçirimli zemin içinde ince çelik elemanlarla bir geçirimsizlik perdesi oluşturulabilir. Palplanş katofu olarak bilinen bu uygulama; diğer

yöntemlere nispeten daha yüksek maliyet arz etmekte olup bağımsız panelleri arasından kaçak oluşması gibi dezavantajlara sahiptir. Buna rağmen, bu yöntem katof derinliğini artırmak için kısmi katof hendekleri ile birlikte kullanılmaktadır (Tosun, 2004).

3.1.3 Yerinde Dökülen Beton Kazık Perdeler

Geçirimli temellerde katof oluşturmanın bir başka yolu ise çimento enjeksiyonlu kazık perde uygulamasıdır. Perde, birbiri üzerine yeterince bindirilmiş yerinde dökülen kazıklar şeklinde inşa edilir. Her kazık, zemin ile karışmış halde çimento harcından (zemin-çimento karışımı) oluşur. Bu tip kazıklar bir düşey dönen delikli şaft içinden harç enjeksiyonu basılması ile gerçekleştirilir (USBR, 1987).

3.1.4 Bulamaç Hendeği

Alüvyonal vadilerde, su tablası altında veya derin katofun kazılacağı baraj temellerinde en etkili yöntem, bulamaç hendeğinin oluşturulmasıdır. Bu teknik, petrol sanayinde kullanılan sondaj açım yöntemlerinden dönüştürülmüştür. Bulamaç hendeği yöntemi, kazı işlemi esnasında hendek duvarlarını tutmak ve desteklemek için su-bentonit bulamacını kullanır. Balçık hendeği kazıldıktan, bulamaçla hendek duvarlarının stabilitesi sağlandıktan ve gerekli temizlik işlemleri yapıldıktan sonra, hendeğin esas fonksiyonunu sağlamak için geri dolgu uygulamasına geçilir. Bulamaç hendeği geri dolgusu için, zemin-bentonit ve çimento-bentonit olmak üzere iki ayrı karışım kullanılabilir. Hendek kazısı için hazırlanacak bentonit-su bulamacı birkaç işlevi yerine getirmek için projelendirilir. Bu yöntemle, bir filtre pastasının oluşumu sağlanarak temeldeki sızma önlenir (ICOLD, 1985).

3.1.5 Diyafram Duvarlar

Diyafram duvarlar, sürekli paneller halinde ve çimento bentonit balçığı desteği sağlanarak inşa edilir. Kullanılan balçık, hendek içinde bırakılır ve düşük bir dayanım alacak şekilde kürü sağlanır. Bu şekilde oluşturulacak yapı, düşük

permeabiliteli ve sıkışabilir özelliklere sahiptir. Paneller, belli bir sıra ile kazılır. İkinci panel, birinci panellerdeki balçık aşırı sertleşmeden önce, ancak yeterince kendini tutabilecek konuma ulaştıktan sonra kazılmalıdır. Bu yöntemde hendek genişliği 0,5-1,5 m arasında yer alır. Ancak ekonomik çözüm için dar hendek genişlikleri tercih edilir (Turfan ve Tatlıdil, 1991).

3.1.6 Enjeksiyon Perdesi:

Stabiliteyi geliştirmek ve geçirimli temelin geçirimsizliğini sağlamak amacı ile değişik malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzeme, boşlukların doldurulması ve daneler arasında bağlayıcılığının sağlanması için derin seviyelere enjekte edilir. Enjekte edilen bu malzemeler arasında; çimento, asfalt, kil ve değişik kimyasal maddeler bulunmaktadır. Çimento enjeksiyonu, çimento danesinden daha büyük dane çapına sahip olan malzemeyle başarı ile kullanılabilir. Ancak çimento veya çimento-kil enjeksiyonu, iri alüvyonal malzemeyle birkaç kez uygulanması halinde başarılı olabilmektedir. Asfalt enjeksiyonu dane çapı ile sınırlıdır. Kil enjeksiyonunun başarısına şüphe ile bakılmaktadır. Çünkü kil daneleri sızım kuvvetleri tarafından kolayca uzaklara taşınabilmektedir. Kimyasal enjeksiyon su ile aynı viskoziteye sahiptir ve geçirimli zeminlere enjekte edilebilir. Ancak kimyasal enjeksiyon yönteminin geçirimli örtü temellerinin enjeksiyonunda kullanımı, oldukça yüksek maliyet arz etmektedir. Enjeksiyon perdesi uygulaması ülkemizde yaygın olarak benimsenmiş olup bu yöntemin kendine has bir pratiği oluşmuştur (Tosun, 2000).

3.2 Enjeksiyonlar

Zemin tabakalarının yerinde özelliklerini iyileştirmek için kullanılan yöntemlerden birisi olan enjeksiyon yöntemi zemin içine süspansiyon veya çözelti halinde bazı maddelerin enjekte edilmesidir. Enjeksiyon sırasında zemin içerisine püskürtülen süspansiyonlar bentonit, çimento, kireç, asfalt, gibi su içinde dağılmış katı maddelerden oluşmaktadır. Bazı durumlarda da kimyasal çözeltiler zemine enjekte edilmektedir. Püskürtülen malzeme zemin içerisindeki boşluklara yayılmakta ve daha sonra sertleşerek zemin özelliklerini iyileştirmektedir (Özaydın, 2000).

Enjeksiyon; çimento, harç, bentonit veya çeşitli organik - inorganik kimyasal maddelerin kaya kütleindeki süreksizliklere ve/veya zemin boşluklarına basınç altında doldurulmasıdır (Özkan, 2006).

Savak onarımı için kil ve akışkan kirecin Fransa'da 1802 yılında Charles Brigny tarafından pompa yardımıyla enjeksiyonu, ilk enjeksiyon uygulaması olarak kabul edilmektedir. Fransa'da 19. yüzyıl boyunca hidrolik yapı çalışmalarında ve diğer önemli yapılarda bu uygulama devam ettirilmiştir. 1856 yılında İngiltere'de Kinippe tarafından çimento enjeksiyonu yapılmış ve uygulama otoyol tünellerinin çevresindeki boşlukların doldurulması için 1864 yılından beri kullanılmıştır. 1950'lerde polimer bilimindeki hızlı gelişmeler, zeminin doyunlaştırılması için kimyasal polimer sistemleri uygulamasının üzerine dikkatleri çekmiştir. Kimyasal akrilit ince daneli kumların ve siltlerin enjeksiyonunda kullanılmıştır. Çünkü bu kimyasal çözelti düşük viskoziteli ve geniş katılma zaman aralığında kontrol edilmektedir (Lenzini ve Bruss, 1975).

Enjeksiyon çok yaygın olarak kullanılan zemin iyileştirme yöntemidir. Bu yöntem ile kayaların çatlaklarını veya kum çakıl gibi granüler zeminlerin boşluklarını doldurarak zemin daha yoğun ve sıkı hale getirilir. Enjeksiyon harcı zemine basınç altında gönderildikten sonra belli bir sürede sertleşir. Enjeksiyonlarda kullanılan harçların özellikleri uygulama amacına göre değişir. Örneğin mukavemeti artırmak için kullanılan harcın mukavemetinin yüksek olması önemli iken geçirimsizlik için kullanılan harcın mukavemetinin yüksek olması önemli değildir (Çinicioğlu, 1997).

Enjeksiyonun başarılı olması karışım özelliklerinin ve bunların zemine gönderilme yöntemlerinin her yönü ile karşılaştırmalı olarak bilinmesine bağlıdır. Ayrıca enjeksiyon öncesinde yeterli zemin etütlerinin yapılmış olması gerekir. Her ne kadar yukarıda söylenenler hakkında en iyi şekilde bilgi sahibi olursa da zeminin homojen olmamasından dolayı operatörün becerisi enjeksiyon uygulamalarında önemli bir etkidir (Çinicioğlu, 1997).

Zemin enjeksiyonunun inşaat mühendisliğinde geniş uygulama alanları vardır. Zemin enjeksiyonunun amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir. (Nonveiller, 1989; Warner, 2004).

- Baraj gibi su yapılarının temel altlarında zeminin geçirimliliğini azaltarak sızmaları ve baraj gölündeki su kayıplarını kontrol etmek,
- Şev duraylılığını artırmak,
- Zeminin kayma mukavemetini artırmak ve bu şekilde zeminin deformasyonunu azaltmak,
- Farklı oturma yapan eğik yapıları düzeltmek,
- Tünel yüzey betonu ile kaya arasındaki boşlukları doldurmak,
- Ankrajları sabitlemek,
- Derin kazılarda kazı çukuruna suyun girmesini engellemek,
- Derin kazılarda yanal gerilmeleri azaltmak,
- Çevreye zararlı sıvıların akışını önlemek,
- Kazıkların taşıma gücünü arttırmak,
- Sıvılaşma riskini azaltmak

Baraj mühendisliği uygulamalarında temel tasarımı, rutin uygulamadan farklılık arz etmektedir. Özellikle dolgu barajlarda, rijit yapılarda öngörülen temel birimi oluşturulmamaktadır. Bu tip yapılarda temel olarak, nehir tabanı ile yamaçlar dikkate alınır ve bu birimler iyileştirilerek dolgu stabilitesi için uygun hale getirilir. Ayrıca barajın suya istinat eden bir yapı olması nedeniyle, temel zemini yalnızca taşıma gücü ve oluşacak oturmalar yönünden değil, sızma akımı yönünden de detaylı incelenmelidir (Tosun, 2004).

Kayaç temeller, barajlar için taşıma gücü yönünden uygun tipte birimler olarak dikkate alınır. Bu tip temeller, genellikle küçük barajlar için taşıma gücü yönünden herhangi bir problem yaratmamaktadır. Hatta zayıf kaya temelleri, çoğunlukla zemin tipi temellere tercih edilir. Bu tip bir temelin seçiminde, kayaç kütesinin genellikle homojen olduğu ve baraj ile rezervuar işlevlerinde problem yaratmayacağı esasları dikkate alınır. Ancak gün geçtikçe uygun vasıflı kaya temelli baraj yerleri hızla azalmaktadır. Projeciler; hızlı büyüme ve

nüfus artışı gibi nedenlerle doğan içme suyu, sulama ve kullanma suyu ihtiyacını temin etmek amacıyla, ideal durumdan uzak kayaç temeller üzerinde de çalışmaya zorlanmaktadırlar. Bu tip temeller, permeabilite yönünden dikkatli olarak araştırılır. Eğer kayaç içindeki eklemler, çatlaklar, geçirgen tabakalar veya düzlemler boyunca dokanak erozyonu ve aşırı kaldırma basıncı oluşabilecek veya yüksek su kayıpları görülebilecekse, baraj temelinde geçirimsizliği sağlayacak ölçüde enjeksiyon yapılmalıdır (Shroff ve Shah, 1993).

3.2.1 Enjeksiyon çeşitleri

Enjeksiyon çeşitlerini amaçlarına ve kullanılan enjeksiyon malzemelerine göre iki kısma ayırabiliriz.

3.2.1.1 Amaçlarına göre enjeksiyonlar

Amaçlarına göre enjeksiyonları; perde enjeksiyonu, konsolidasyon enjeksiyonu ve kontak enjeksiyonu olarak sıralayabiliriz.

Perde enjeksiyonu:

Baraj gövdesinin altından ve ekseninden veya eksene yakın bölgelerinden baraj, göl suyunun sızmasını önlemek ve başka yapılardan da suyun gelmesini önlemek veya sızma boyunu uzatmak amacıyla yapılan enjeksiyonlardır (Şekercioğlu, 1993).

Konsolidasyon (sağlamlaştırma) enjeksiyonu:

Tünel, galeri, denge bacası veya herhangi bir yapının oturacağı temel kayanın sağlamlaştırılması ve çatlaklar ile boşlukların doldurulması amacıyla yapılan enjeksiyondur. Konsolidasyon genel olarak kayanın pekiştirilmesi ve cm^2 'ye düşecek yükün arttırılması demektir. Konsolidasyon enjeksiyonundan itibaren perde enjeksiyonuna geçilir. Delikler genel olarak kontak enjeksiyonundaki deliklerden uzun, perde enjeksiyonundan ise kısadır. Kuyu derinlikleri yapının

büyüklik ve ağırlığına ve formasyona göre saptanır. Bu tür enjeksiyonda mukavemetin önemli olması nedeniyle kullanılacak karışım oranı da çok dikkatli bir şekilde seçilmeli ve denemeler yapılarak karar verilmelidir (Şekercioğlu, 1993).

Kontak (dolgu) enjeksiyonu:

Tünel, galeri, denge bacası, shaft gibi yapılarda göçük boşluklarını ve kaplama betonu ile temel kaya veya beton ile çelik kaplama arasındaki boşlukları doldurmak amacıyla yapılan enjeksiyondur (Şekercioğlu, 1993).

3.2.1.2 Kullanılan karışım maddelerine göre enjeksiyonlar

Kullanılan karışım maddelerine göre enjeksiyonları; çimento enjeksiyonu, ve kimyasal enjeksiyon olarak sıralayabiliriz.

Geniş bir kullanım alanı olan çimento (Portland çimentosu), enjeksiyonda da kullanılan maddelerin başında gelmektedir. Enjeksiyonun türüne, amacına ve kayacın özelliklerine göre çeşitli maddelerle karıştırılabildiği gibi sadece su ile karıştırılarak da kullanılabilir. Çimento+su, çimento+kil+su, çimento+kil+kaya tuzu, çimento+baca külü+su başlıca karışım şekilleridir. Çimento enjeksiyonunda ayrıca, enjeksiyonun gidişine göre prizi hızlandırıcı, priz geciktirici ve diğer kimyasal maddeler kullanılabilir.

Kimyasal enjeksiyon; şerbetin yüksek mukavemet göstermesi ve formasyonun en ince süreksizliklerine kadar enjekte edilebilmesini sağlaması için çeşitli kimyasalların birbirine karıştırılmasıyla ya da çimento şerbetine kimyasal şerbet ilave edilmesiyle elde edilmektedir (Şahinoğlu, 1987).

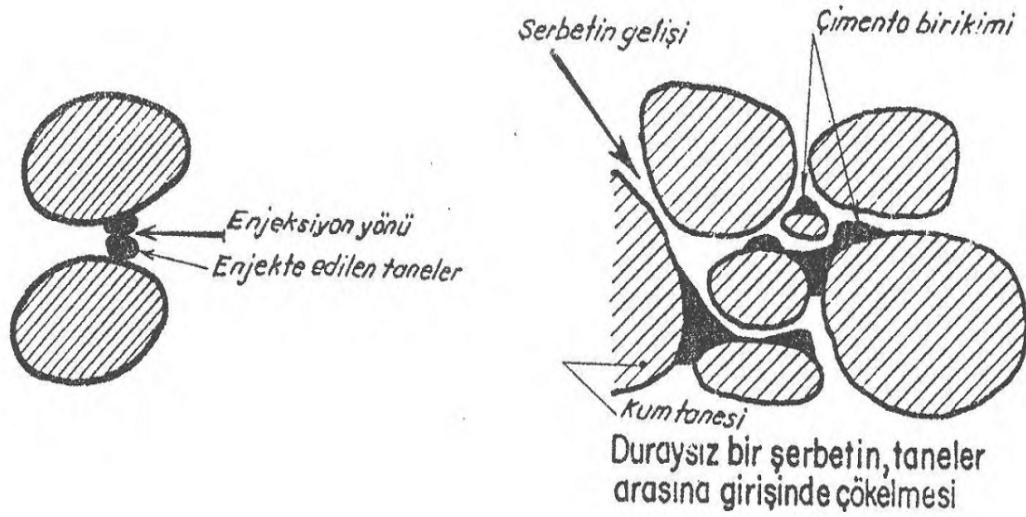
3.2.2 Enjeksiyon şerbeti çeşitleri

Sıvı şerbetler, kimyasal ürünlerden meydana gelmişlerdir. Örneğin az veya çok reaktif katılmış ve eritilmiş sodyum silikat, sentetik reçine, hidrokarbon

ürünleri gibi. Yapılış sırasında bütün şerbetler sıvı durumda ise de, kolayca ölçülebilir boyutta dane kapsamayan şerbetlere sıvı şerbet denir. Na silikatın koloidal daneleri ölçülemeyecek kadar küçük olduğundan bunlar sıvı şerbetlerdir. Bentonitin sudaki karışımında dane boyu mikron boyutunda ölçülebildiği için sıvı şerbet olarak kabul edilemez. Prensip olarak sıvı şerbetler suyun akabildiği bütün boşluklara girebilirler. Ortam çok küçük boşluklu olursa (kil ve silt) enjeksiyon yapılamaz. Sıvı şerbetler sadece ince kumların enjeksiyonunda kullanılır. Daha iri danelilerde kullanılamaz. Çünkü bu şerbetlerle enjeksiyon çok masraflıdır (Canik, 1997).

3.2.2.1 Duraysız şerbetler

Bunların kalite ve olumsuzluklarını anlamak için tam anlamıyla duraysız normal bir çimento şerbetiyle alüvyonların enjekte edilmek istendiğini düşünelim. Kumlar ve çakıllar farklı boyutta, çimento danelerinin ise en büyüğünün çapı 1/10 mm'dir. Nadiren rastlanan bir durum olarak çimentonun bütün danelerinin birbirinden ayrı olduklarını kabul etsek bile bunların kum daneleri arasındaki boşluklardan geçebilmesi gereklidir. Alüvyondaki boşlukların boyutları belli değildir. Yapılan deneylerde çimento şerbetinin en iri danesi mm ölçüsünde ve boşluk boyutları mm'nin 1/10' u kadar olan kumdan geçemediği görülmüştür. Şerbetin iyi eritilmesi ve havalandırılmasıyla kum içine girebilme yeteneği bir ölçüde artırılabilir. Aslında çoğu kez çimento danelerinin bir araya gelerek topaklar oluşturduğu görülmüştür. Kum daneleri arasında çimento daneleri bir kemer oluşturursa enjeksiyon durur (Şekil 3.2). Küçük bir boşluktan büyüğüne geçen şerbetin hızı azalır ve çimento çöker. Boşluklar kısmen dolar. Bunlar akımın etkisiyle daha ileriye sürüklenir ve küçük boşlukları tıkarlar. Çimento şerbeti en az 5-10 mm dane boyundaki çakılların enjeksiyonunda kullanılır. Çimento daneleri, karıştırma ve enjeksiyon durduğunda çöker. Kaya çatlaklarının enjeksiyonu da bu sayede olur (Canik, 1997).



Şekil 3.2. Daneler arası boşluğun girişinde kemer oluşumu (Canik, 1997).

3.2.2.2 Duraylı şerbetler

Yukarıda anlatılan olaylardan ancak enjeksiyon süresinde çökelmeyen bir şerbetle ve küçük boşluklarda kemer olmasıyla sakınılmış olacaktır. Yalnız kil çözeltileri danelerin inceliği ve şerbetin duraylılığını sağlayan koloidal özelliği dolayısıyla başarı ile kullanılmışlardır. Alüvyon çok ince olmadığı zaman direnci arttırmak amacı ile kil çözeltilisine az miktarda çimento da katılabilir. Bazen bu çözeltiler sadece enjeksiyondan sonra akım kesildiğinde donan Tikotrop kil içerirler. Bu duraylı şerbetler az akışkan ve hatta hafifçe katı görünüştedir. Bunların enjeksiyonu zeminin bütün boşluklarını doygun hale getiremez. Şerbet genellikle çok küçük elemanlar arasında çekirdek durumundaki iri danelerin kontağını izler. Çünkü burada boşluklar ince elemanlarınkine göre daha büyüktür. Bu şerbetler çimento içerseler bile çok geç donarlar (örneğin 24-48 saatte). Bu şekilde donma enjeksiyonu durduramaz. Miktarlar sistemli bir şekilde sınırlandırılmazsa işlem belki de sonsuza kadar sürebilir. Su-çimento-kil veya bentonit şerbetinde çökme sırasında bazen çimento daneleri bir yerde, kil daneleri ise başka bir yerde toplanır. Geçirimsizlik amacıyla yapılan enjeksiyonlarda bu önemli değildir. Ancak sağlamlaştırmak amacıyla yapılan enjeksiyonda bu konu tehlikelidir (Canik, 1997).

3.2.3 Enjeksiyon uygulama yöntemleri

3.2.3.1 Karstik kayaların enjeksiyonu

Kireçtaşlarının erimesiyle büyük boşluklar ve mağaralar meydana gelir. Karstik kayaların iyileştirilmesindeki zorluk, boşlukların çok düzensiz olması, genelde yüzeyden fark edilmemesi ve çoğu zamanda içinde su akımının olmamasıdır. Bu bakımdan buralarda normal kırıklı kayalardaki gibi enjeksiyon yapmak yetmez. Boşluğa rastlayan kuyu veya kuyularda gereğinden çok uzak yerlere enjekte etmek mümkündür. Bu gibi alanlarda yeraltı sularının enjeksiyon malzemesini sürükleyip götürmesine engel olmak için değişik şerbetler zemine seri halde enjekte edilir (Canik, 1997).

3.2.3.2 Kırıklı ve çatlaklı kayaların enjeksiyonu

Bu tip kayaların enjeksiyonunda sağlamlaştırma yapılırken daha dayanıklı şerbet kullanılır. Bunun dışında her iki amaçla (geçirimsizlik-sağlamlaştırma) yapılan çalışmalar arasında fark yoktur. Kaya kırıklarının durumuna göre bir enjeksiyon şeması gerekir. Enjeksiyon şekli problemlere göre ayarlanabilir. Kırıklar çok fazla ve açık ise şerbeti gereksiz yere çok uzak yerlere göndermekten sakınmak gereklidir. Enjeksiyon şeklinin karşılaşılan durumlara göre ayarlanması gereklidir (Canik, 1997).

3.2.3.3 Çok açık çatlakların enjeksiyonu

Bu açıklık birkaç dm'den birkaç cm'ye hatta çatlaklar çok fazla ise birkaç mm'ye kadar değişebilir. Bunların tıkanması son derece kalın ve tiksotrop bir şerbetin en çok 1-2 kg/cm² basınçla enjeksiyonu sağlanır. Kuyu aralıkları 1-3 m olmalıdır. Bu, kayanın durumuna ve şerbetin kalitesine bağlıdır. Böyle bir şerbet, örneğin çimento-kil-sodyum silikat ve kum ile yapılabilir. Bu şekilde dayanıklılık 20-50 kg/cm² olabilir. Bu tip şerbetlerle ince çatlaklar çok az enjekte edilebilir veya edilemez. Daha sonra çimento süspansiyonu ile enjeksiyon yapılır (Canik, 1997).

3.2.3.4 Çatlakların yıkanması

Çatlaklar çoğu zaman kil ile ince kumla ve ayrışma gereci ile doldurulurlar. Enjeksiyon bu dolguyu sıkıştırır fakat yerinden kaldıramaz. Bazen dolgu çatlaklar yıkanarak temizlenmek istenir. Bu yıkama çatlakları kesen kuyularda yapılır. 1-2 m aralıklarla kuyu açılır ve basınç altında kademeli veya aynı zamanlı olarak su ve hava enjekte edilir. Bu arada suya kimyasal madde katılabilir. Kuyular arasında sirkülasyonun sağlanması için önemli ölçüde basınç gerekir. Temizlenecek boşluklar çok derinde değilse bu basınçlar zeminin alttan kaldırılmasına yol açabilir. Yan yana bulunan kuyularda akım yönü değiştiğinden temizlenme esnasında malzeme istenilmeyen bir yere gidebilir. İşlem, sonunda kuyu ve galerilerle kontrol edilmelidir (Canik, 1997).

3.2.3.5 Kil dolguların blokajı

Geçirimsiz perdede bulunduğu zaman çatlakların doğal dolgusu büyük problem oluşturmaz. Ancak bunların su basıncı altında yıkanmaması şarttır. Geniş çatlaklar ve karstik boşluklar yumuşak kil (likit limit kıvamındaki kil) ile dolgulu değilse problem yoktur. Bu durumda enjeksiyon kili gitgide kurutmalı ve ona iyi bir direnç vermelidir. Uygun malzeme kuyulara yüksek basınç altında 20-30 kez enjekte edilmelidir. İki enjeksiyon arasında birkaç günlük zaman aralığı bulunmalıdır. İşlemden sonra kuyu ve galeri ile istenilen sonucun elde edilip edilemediği kontrol edilmelidir (Canik, 1997).

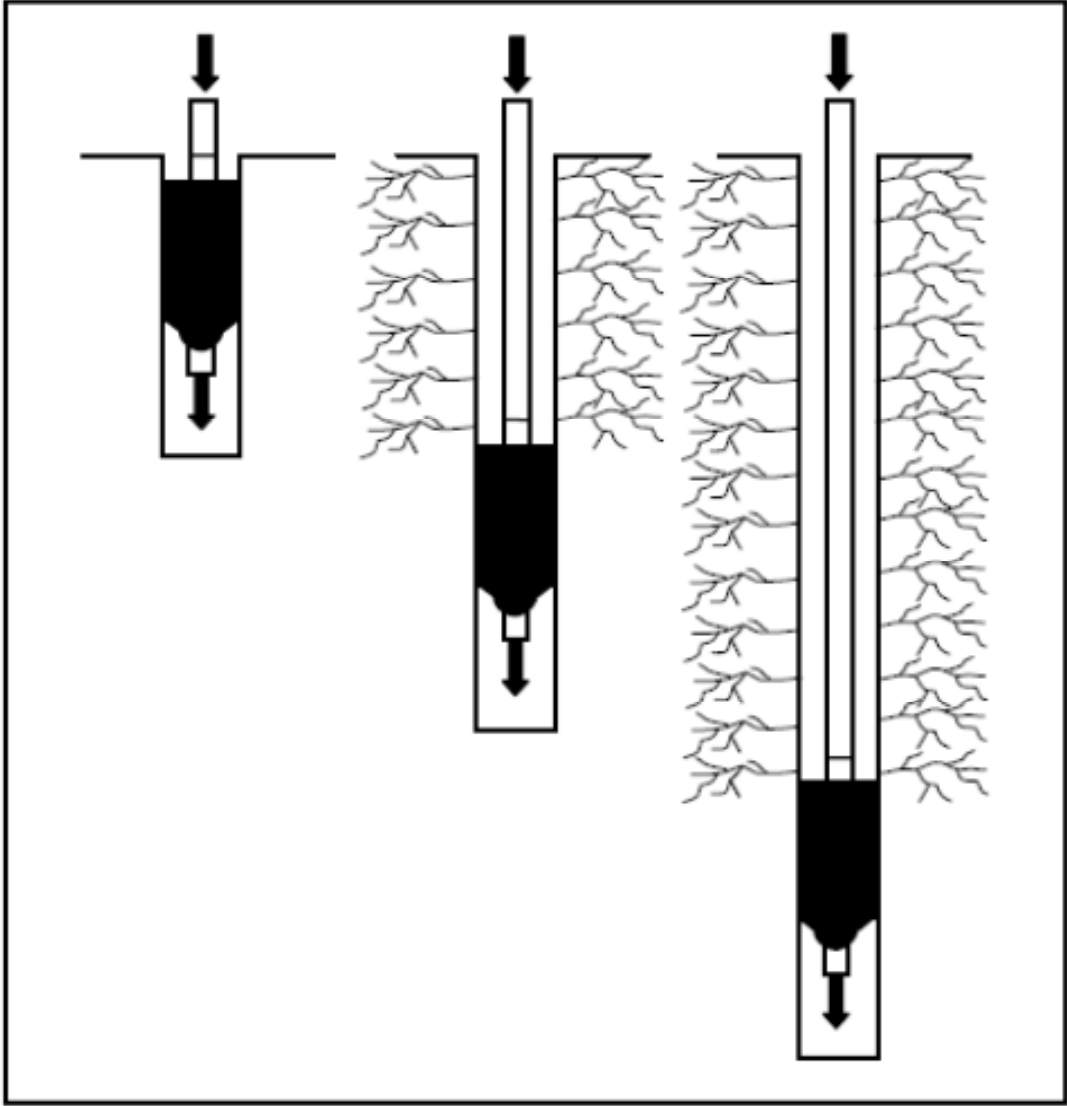
3.2.3.6 İnce çatlakların enjeksiyonu

İnce çatlakların enjeksiyonu az veya çok aralıklı kuyularla yapılır. Her kuyuda kademeli olarak genellikle 5 m aralıklarla basınçlı su deneyleri yapılmalıdır. Su kaybı yüksek ise şerbetin dozajı da kuvvetli olur. Böylece gereksiz yere zayıf dozajlı şerbet enjekte edip uzaklara göndermenin ve zaman kaybının önüne geçilmiş olur. Lugeon deneyinin olumsuz tarafı tek tek çatlak aralıkları değil de, toplam çatlak açıklıkları hakkında bilgi vermesidir. Eğer çok fazla ince çatlak varsa bunların sadece toplam açıklıkları bilinebildiğinden, gereğinden

fazla kuvvetli bir dozajla işe başlama riski vardır. Bu durum, karot alınması ile önlenabilir (Canik, 1997).

3.2.3.7 Alçalan kademe yöntemi

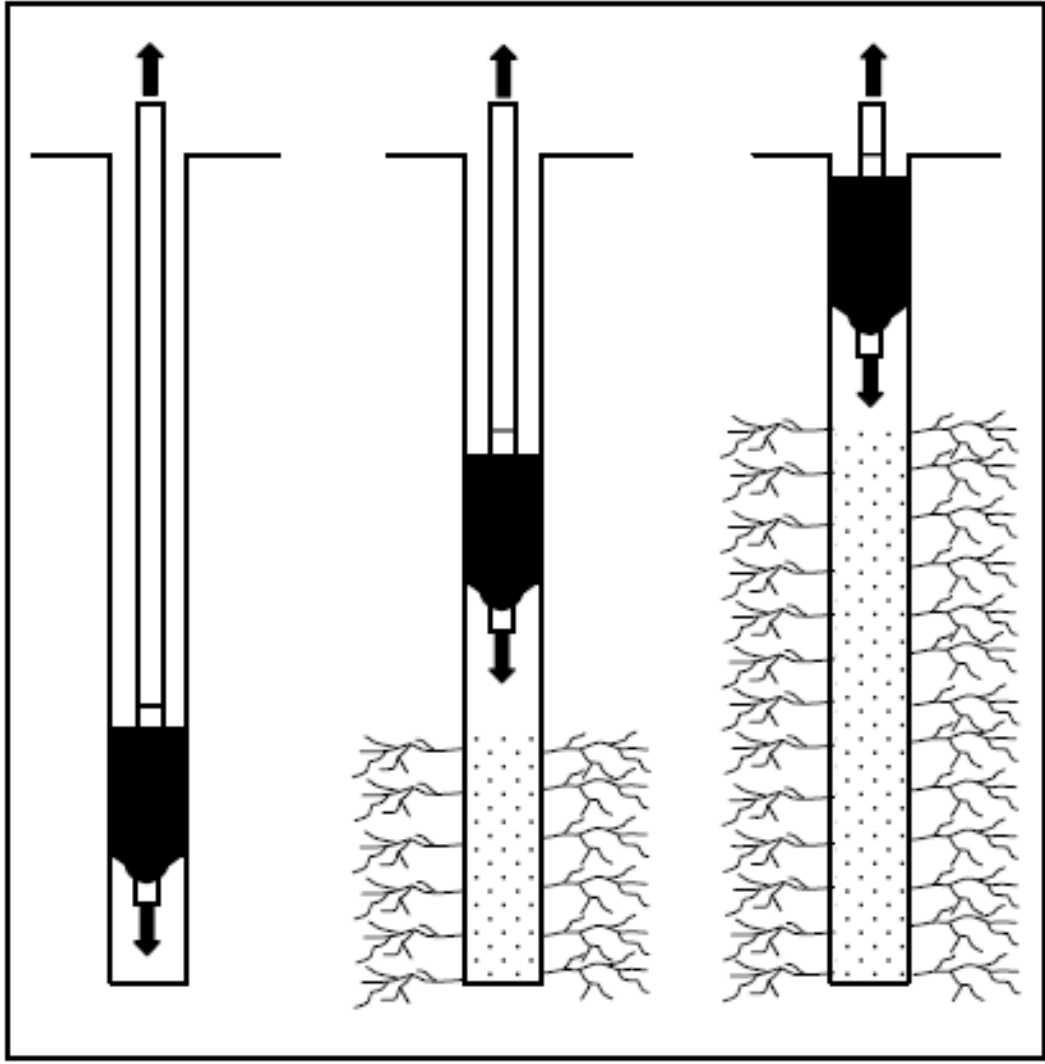
Kuyu birinci kademe için önceden belirlenen derinliğe kadar delinir, delik enjeksiyon öncesi yıkanır, su testi yapılır ve enjeksiyon işlemi basınç altında gerçekleştirilir. Bunu izleyerek çimento henüz katılaşmaya başlarken delikteki çimento şerbeti yıkanır ve ikinci kademe için yukarıda yapılan işlemler, kaya içindeki çimento şerbeti tamamen prizini aldıktan sonra tekrarlanır. Her kademe için kuyu derinleştikçe basınç artırılır. Bu yöntem kademe enjeksiyonundan daha pahalı olmakla beraber, yüzeyden olacak sızmaları en aza indirgeyecek bir sistem olduğu için tercih edilir. Bunun yanında her kademede uygulanan işlemin fazlalığı ve priz süresince bekleme durumu olduğundan uzun zaman alan bir yöntemdir (Şekil 3.3). Bu yöntem kuyuda yıkıntı olabilecek çok çatlaklı ve daneli zeminlerde ve karstik boşlukların doldurulmasında da kullanılır. Ancak yöntemde, kademe enjeksiyonu bitirilince, kuyudaki çimento şerbetinin yıkanması yerine, priz yaptıktan sonra yeniden delinmesi ve diğer kademeye geçilmesi şeklinde değişiklik yapılmaktadır. Kademeli enjeksiyonda önceden belirlenen derinliğe ulaşılmadan önce, delgi esnasında, sondaj suyunun tamamı veya % 70'ten fazlasının kaçması halinde, sondaja ara verilerek bu kısmın enjeksiyonu yapılır ve tekrar sondaja devam edilir (Özkan, 2006)



Şekil 3.3. Alçalan kademe yöntemi (Özkan, 2006)

3.2.3.8 Yükselen kademe yöntemi

İstenilen derinlikte enjeksiyon yapmaya olanak sağlayan bir yöntemdir. Kuyu taban derinliğine kadar delinir ve tıkaç (packer) deliğin istenilen derinliğine tutturulur. Tıkaç tutturulmadan önce kuyu yıkanır. Temel kayadaki çatlak ve eklemlerin kuyudaki üst sınırına tıkaç tutturarak etkili bir enjeksiyon yapılabilir (Şekil 3.4). Bu yöntemle aşağıdan yukarıya doğru belirli aralıklarla sistematik olarak tıkaç tutturularak enjeksiyon yapılır. Tüm delgi bittikten sonra enjeksiyon uygulamasına geçildiği için bu yöntemde zaman oldukça kısalmaktadır. Daha çok geçirimsizlik sağlama amacıyla yapılan bir uygulamadır (Özkan, 2006).

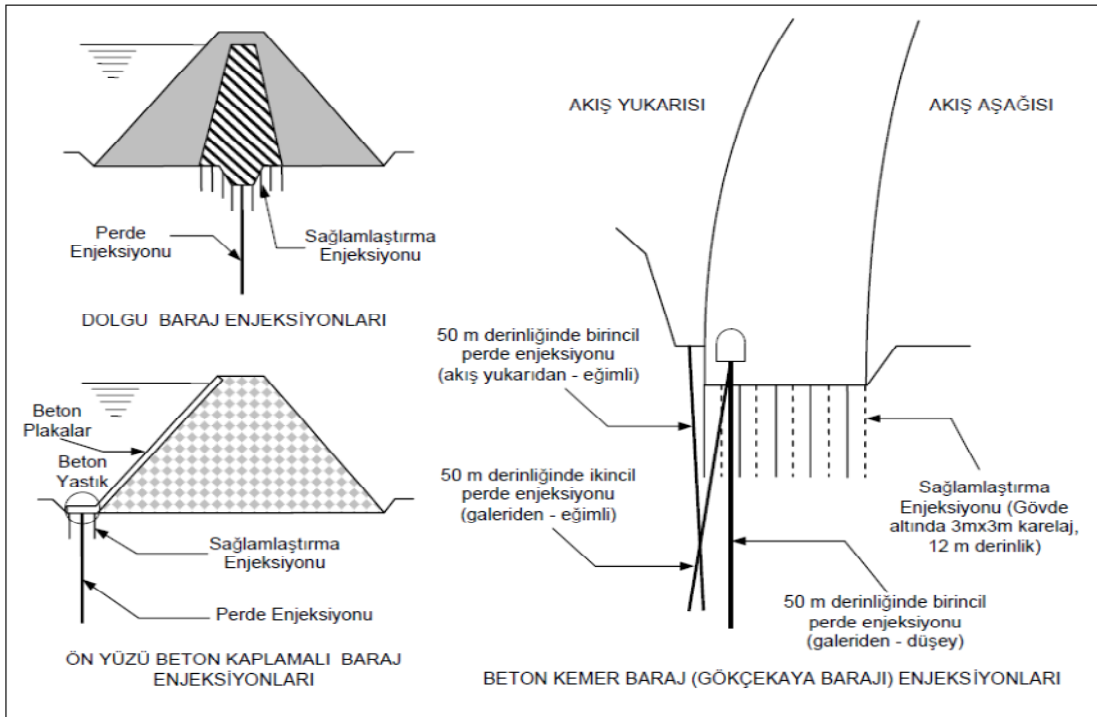


Şekil 3.4. Yükselen kademe yöntemi (Özkan, 2006)

3.2.4 Barajlarda geçirimsizlik perdesi

Baraj temelindeki deformasyonların en aza indirilmesi, gövdenin kaymaya karşı direncinin artırılması, gövde ile temel düzlemi civarındaki geçirimsizliğin sağlanması, temel altındaki bölgede zemin gerecinin sızmalar dolayısıyla yıkanmasının önlenmesi ve yamaçların duraylılığının artırılması amacıyla yapılan perde ve sağlamlaştırma enjeksiyonlarının konumları baraj tipine göre farklılık gösterir (Şekil 2.5). Dolgu tipi barajlarda, baraj gövde dolgusunun alüvyon veya benzeri zeminlere oturduğu durumlarda enjeksiyon öncesinde, zemin düzelterek titreşimli silindirlerle ile sıkıştırılır ve enjeksiyon çalışmasına geçilir. Eğer dolgu baraj kaya temele oturacaksa, gevşek ve

ayrışmış gereçler kaldırılır, gerekli görülmesi durumunda bu kaldırılan gereçlerin yerine beton doldurulur ve alan temizlenerek enjeksiyon çalışmasına geçilir. Sağlama enjeksiyonları, geçirimsiz çekirdek altında gerekli görülen aralıklardaki delgilerden uygun basınçlar altında yapılır. Genellikle dolgu barajlarda enjeksiyon perdesi eksenine ile baraj eksenine aynıdır. Yani perde enjeksiyon delgilerinin eksenine, barajın tam ortasından geçer. Beton ağırlık, beton kemer, silindire sıkıştırılmış katı dolgu, silindire sıkıştırılmış beton tipi barajlarda, akış yukarıya yakın gövde içindeki galerilerden perde enjeksiyonu yapılır. Ön yüzü geçirimsiz örtü kaplamalı (beton, membran vb. kaplamalı) barajlarda ise enjeksiyon perdesi, akış yukarı şev eteğindeki “plinth” adı verilen yastık betonunu altında oluşturulur. Beton tipi baraj temellerinde en son kazı sınırınının 0,5 m üstüne kadar kazı için patlatma yapılması, geri kalan kazının diğer yöntemlerle tamamlanması gibi bir kısıtlama olmasına rağmen, temel kayası patlatmalardan zarar görür. Bu nedenle temel kayanın fiziksel özellikleri ve patlatmalardan gördüğü zarara göre kabul edilen bir karelaja uyularak, delikler açılır ve sağlama enjeksiyonları yapılır (Şekil 3.5). Aynı zamanda beton barajlarda betonun yaslandığı kaya şevlerinde de yukarıdaki nedenlerden dolayı sağlama enjeksiyonu yapılır (Tolun, 1995).



Şekil 3.5. Baraj tipine göre delgi konumları (Tolun,1995)

3.2.4.1 Perde delgileri

Perde enjeksiyonlarının ilk amacı, temelin geçirimsizliğini ve buna bağlı olarak aynı zamanda temelin sağlamlaştırılmasını sağlamaktır. Basıncılı su basma ve basınçsız su basma (sızma-permeabilite) deneylerinden elde edilen veriler ile kayaların geçirimsizlik sınıflaması yapılır. Bu sınıflamaların sınır değerleri enjeksiyon delgilerinin boylarının ne kadar uzunlukta olacağı konusunda bilgi verir. Enjeksiyon yapılacak yerde, geçirimli özellikteki birimleri, bu birimlerin altındaki geçirimsiz birimlere perde enjeksiyonu ile bağlamak en çok istenilen durumdur. Ancak bu bağlantıyı sağlama olanağı bulunmaz ise (geçirimsiz birim çok derinlerde olabilir), bu durumda enjeksiyon perdesi askıda kalacak şekilde oluşturulur. Böylelikle perde enjeksiyonu tabanı ile geçirimsiz birimlerin üzerinde kalan geçirimli ve yarı geçirimli birimlerden olabilecek su kaçaklarının etkisinin azaltılması için sızma boyu uzatılmış olur. Enjeksiyon perdelerinin boylarını belirleyecek kesin ölçüt olmamakla birlikte USBR (United States, Bureau of Reclamation) tarafından önerilen gözlemsel yöntem bulunmaktadır (Şekercioğlu, 1998). Bu yöntemle göre enjeksiyon perdesi boyunun belirlenmesi için, jeolojik birimlerin geçirimsizlik değerlerine göre kısaltılıp, uzatılabilir (Özkan, 2006).

3.2.4.2 Enjeksiyon delgi aralıklarının ve dizilerinin belirlenmesi

Perde enjeksiyon delgileri ve sonrasında enjeksiyonlarının yapılma sistemi “ano” diye adlandırılan belirli aralıklarda yapılır. Bir anonun delgi – enjeksiyon uygulamaları bitirilince diğer anoda işlemlere geçirilir. Ano uzunluğu yatayda 6, 12 veya 24 m uzunluğunda, kuyu aralıkları ise 1,5 veya 3 metre alınabilir. Ano uzunluğunun ve buna bağlantılı olarak delik aralıklarının belirlenmesi için enjeksiyon yapılacak alanının genel özelliklerini (kırık – çatlak, boşluk durumlarını v.b) küçük ölçekte yansıtan bir yer seçilerek deneme enjeksiyonları yapılır. Deneme enjeksiyonlarının değerlendirilmesi ile uygun ano sistemi ve delik aralıkları belirlenir. Ayrıca bu aralıkları belirlemek için enjeksiyon türünün yayılım yeteneğini, çimento enjeksiyondaki danecik boyutları ile kırık-çatlak aralıklarını v.b. dikkate almak gerekir (Özkan, 2006).

Deneme enjeksiyonlarında uygulanması düşünölen enjeksiyon basınçlarının, delgi aralıklarının, karışım tiplerinin, kullanılacak malzemelerin başarılı bir enjeksiyon işlemleri için yeterli olup olmadığı değerlendirilir.

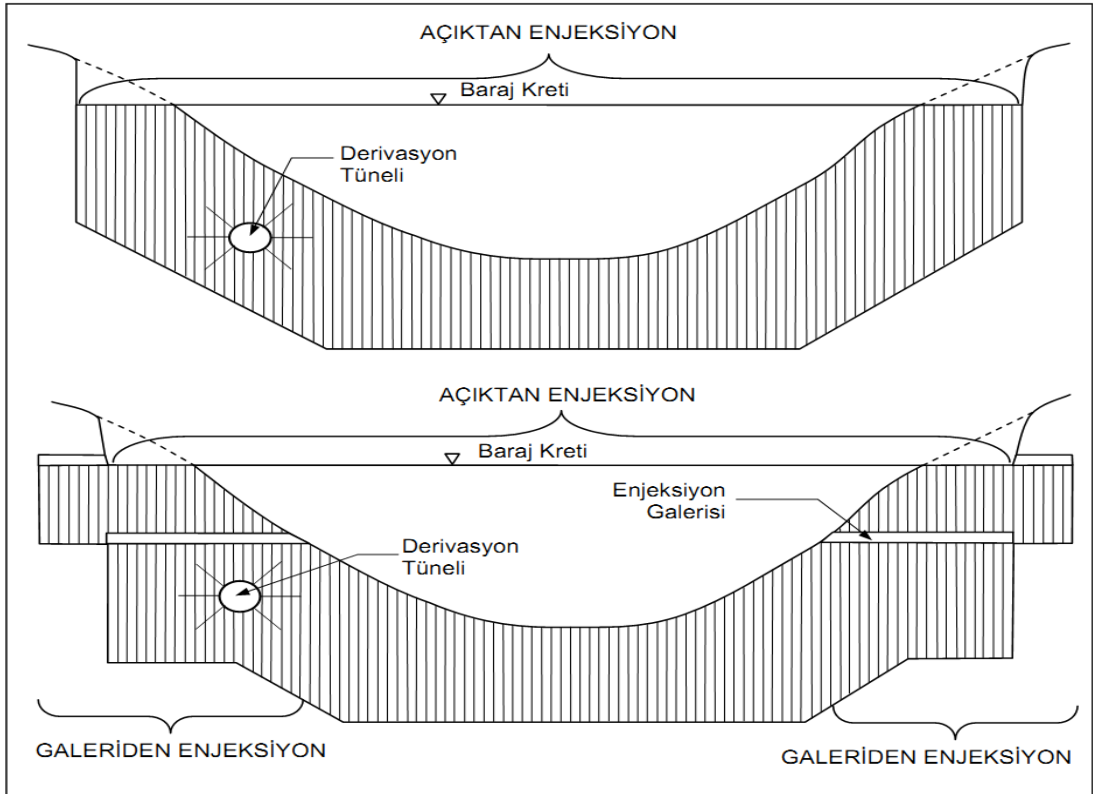
Birincil ve ikincil kuyulardan sonra enjeksiyon alışları çok az, “düşük” olmuş ise üçüncül kuyulara gerek olmadığı, kuyuların seyrek aralıklı olarak dizgilerinin yapılması ve başka bir dizgiye gerek olmadığı anlaşılır. Bu durumların tersi gerçekleşmiş ise kuyu aralıkları sıklaştırılır ve birden fazla dizgiye gerek olduğuna karar verilebilir. Çatlaklı ve karstik kayalarda kuyu aralıklarının önceden belirlenmesi için yapılan bazı teorik ve ekonomik yaklaşımlar aşağıdaki değişik düşünceleri ortaya çıkarmıştır (Özbek, 1987).

- Büyük açıklıklı, çok çatlaklı ortamlarda enjeksiyonun yayılım etki yarıçapı gerektiğinden geniş olur. Bu durumda enjeksiyon delgilerinin aralıkları seyrekler. Böylece toplam delgi miktarı düşük olur ama kuyu başına basılan enjeksiyon miktarı fazladır.
- Diğer yönde ise, az açıklıklı, seyrek çatlak sistemlerinde etki çapı dar olacağından enjeksiyon kuyu aralıkları sık olur. Daha fazla delginin yanı sıra kuyu başına basılan enjeksiyon miktarı düşüktür.
- Bir diğer konu da enjeksiyon basınçlarının yüksek olması durumunda enjeksiyon etki çapına bağlı olarak kuyu aralıkları seyrek, düşük basınçlarda ise kuyu aralıkları sıktır.

3.2.4.3 Galerilerden perde enjeksiyonu uygulaması

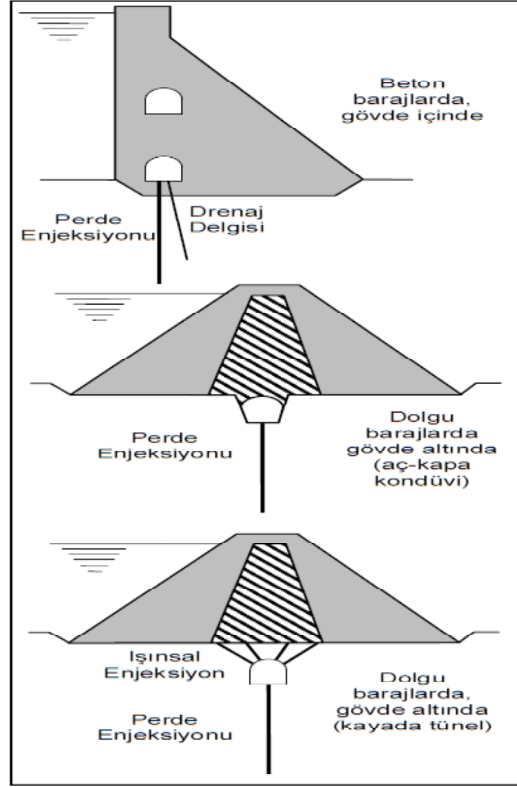
Baraj gövdesi altında yapılan perde ve sağlamlaştırma enjeksiyonlarının delgileri açıktan veya enjeksiyon galerilerinden yapılır (Şekil 3.6). Açıktan yapılan enjeksiyon uygulamaları daha çok küçük baraj ve göletlerde yapılır. Bu sistemde gövde altı enjeksiyonların bitirilmesinden sonra gövde dolgu çalışmalarına geçilebildiğinden dolayı baraj yapım süresi uzamaktadır. Aşağıda amaçları ve avantajları verilen enjeksiyon galerilerinin düzenlenmesi ile bu gibi olumsuzlukların önüne geçilebilir (Tolun, 1995).

- Enjeksiyon perdesinin oluşturulmasından sonra, tekrar enjeksiyonla desteklenme gereği ortaya çıkarsa, enjeksiyon yerlerine ulaşılabilmesi,
- Enjeksiyon deliklerinin boylarının kısaltılması ve enjeksiyonun daha etkin yapılabilmesi,
- Topografyanın enjeksiyon çalışmasına olanak sağlamadığı kör bölgelere erişilebilmesi,
- Enjeksiyon çalışmalarının, diğer yapım çalışmaları ile girişiminin önlenmesi,
- Gövde ağırlığı altında enjeksiyon basıncının alttan kaldırma etkisinin azaltılması,
- Enjeksiyon perdesinin yamaçların ötesine uzatıldığı durumlarda, açıktan yapılan ve araziden göl alanı su düzeyine kadar delinecek gereksiz delgi boylarından kazanç sağlanması,
- Temelin sızdırma durumunun her zaman kontrol edilebilmesi olanağı,
- Galerilerin diğer amaçlara yönelik kullanılması için ulaşım olanakları sağlaması vb.



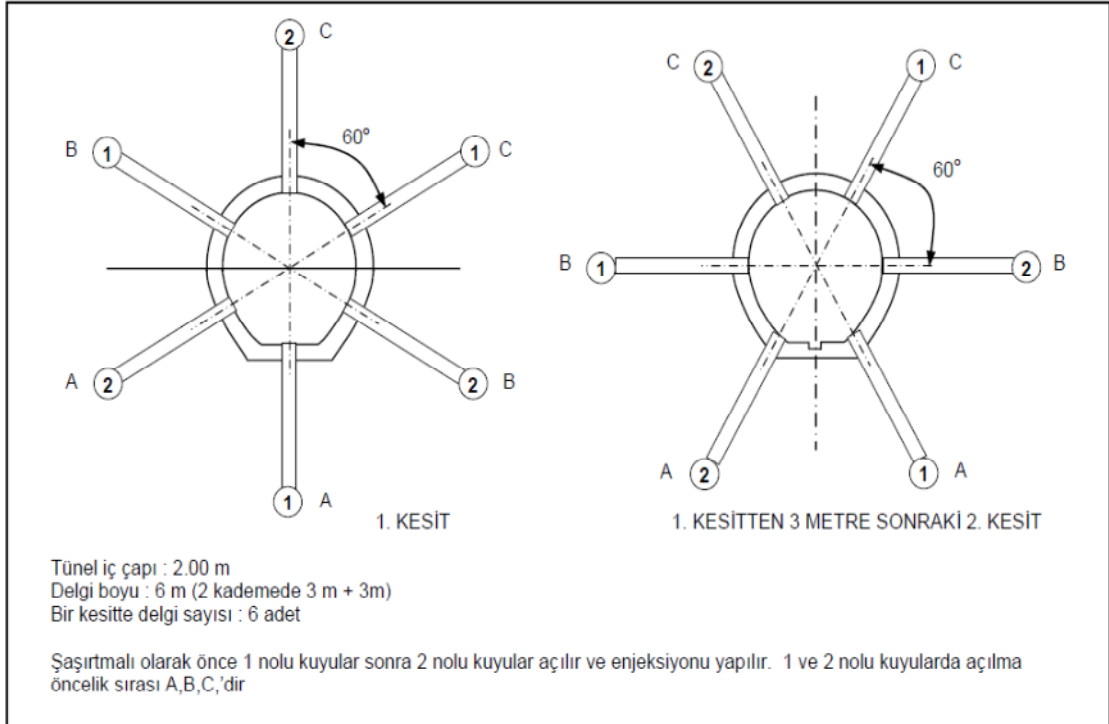
Şekil 3.6. Barajlarda açıktan ve galeriden yapılan perde enjeksiyonları
(Özkan, 2006)

Perde enjeksiyonunun galerilerden yapılması halinde galerilerin gövde içindeki konumu aşağıdaki gibi olabilir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Galeri konumları (Özkan, 2006)

Tünel sırasında, oluşturulan boşluğun cidarlarında yer alan kayalar ilksel özelliklerini yitirir. Yeni çatlakların oluşumu, paralanma gibi olumsuzluklar tünel açılımı sırasında püskürtme beton, çelik hasır, çelik iksa gibi destek türleri ile geçici olarak giderilir. Tünel açılıp, kaplama betonu çalışmaları ve dolgu enjeksiyonları tamamlandıktan 15 gün (katılaşma için bekleme zamanı) sonra sağlamlaştırma (konsolidasyon) dalgeleri ve enjeksiyonları yapılır (Şekil 3.8). Sağlamlaştırma enjeksiyonu dalgelerinin dizgisi tünel boyunca 3'er metrelik kesitlerde ve şaşırtmalı olarak eşit açı değeri ile uygulanır. Daha önceden enjeksiyonları yapılmış olan dolgu enjeksiyonu dalgeleri delinerek derinleştirilir ve enjeksiyonları dolgu enjeksiyonlarında olduğu gibi tabandan başlayarak, tavana doğru olacak şekilde yapılır. Sağlamlaştırma enjeksiyonu dalgelerinin boyu 5 metreyi geçmesi durumunda, kuyunun enjeksiyonu 2 kademe halinde yapılır. Enjeksiyon işleminin ardından enjeksiyon karışımının katılaşması beklenir ve kuyunun boşluğu kalın harç ile doldurularak, pürüzsüz bir şekilde delik ağzı sıvanır (Özkan, 2006).



Şekil 3.8. 6 delgili sağlamlaştırma enjeksiyonu şaşırtmalı dizgisi (Özkan, 2006)

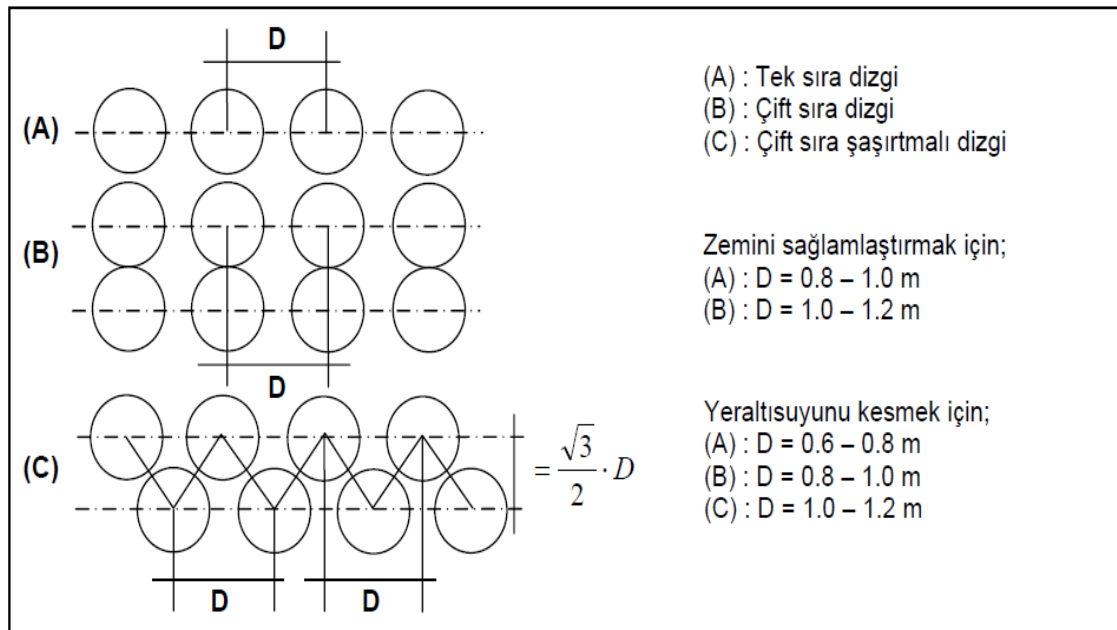
Aşağıda çeşitli barajlarda ve çeşitli zemin türlerinde yapılan perde enjeksiyonun ait ortalama katı madde alışı değerleri verilmektedir (Çizelge 3.1)

Çizelge 3.1. Jeolojik birimlere göre perde enjeksiyonu katı madde alışları (Tolun, 1995)

Baraj Yeri	Jeolojik Birim	Enjeksiyonda deliğin 1 metresine giden katı madde
Özlüce Barajı	Andezit	60 – 70 kg/m
Özlüce Barajı	Alüvyon	200 – 240 kg/m
Oymapınar Barajı	Karstik Kireçtaşı	50 kg/m
Keban Barajı	Karstik Kireçtaşı	300 kg/m
-----	Fliş	25 – 50 kg/m

3.2.4.4 Zeminlerde geçirimsizlik ve sağlamlaştırma delgileri

Zeminlerde su sızdırmazlığının sağlanması ve sağlamlaştırma için yapılan enjeksiyon delgileri, zeminin fiziksel özelliklerine ve enjeksiyon tipinin seçimine bağlı olmasına rağmen delik aralıkları yaklaşık olarak 0.5 – 1.0 m arasında değişmektedir (Şekil 3.9). Yer altı suyunun durdurulması veya zeminin sağlamlaştırılması için düşey yönde açılan delgilerde dizgiler farklılıklar göstermektedir (Parchem, 2009).



Şekil 3.9. Zeminlerde su sızdırmazlığı ve sağlamlaştırma delgileri dizgisi (Parchem, 2009)

3.2.4.5 Perde enjeksiyonlarında başarı ölçütleri

Enjeksiyonu tamamlanan her anoda en az bir adet olmak üzere, o anoda en fazla enjeksiyon alışı yapan iki kuyu arasında (bu kuyulara paralel olarak) veya o anodaki kuyuların en fazla alış yapan kademelerini kesecek şekilde eğimli olarak açılan kontrol kuyularında yapılan su testlerinde su kaçakları, aşağıdaki eşitlik ile kontrol edilir. Lugeon tanımlamasından geliştirilen (3.1) eşitlikte istenilen değer elde edilmiş ise, kontrolü yapılan yerde enjeksiyon başarılı kabul edilerek, enjeksiyon işlemlerine son verilir (DSİ, 1993).

$$\frac{Q}{P_T \cdot L \cdot t} \leq 0,1 \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte;

Q = Su testi yapılan kademeye basılan toplam su miktarı (litre)

P_T = Test yapılan kademede uygulanmış olan enjeksiyon basıncı (kg/cm²)

L = Su testi yapılan kademenin uzunluğu (metre)

t = Toplam su testi zamanı (dakika)'dır.

Enjeksiyon alışlarına göre yapılan değerlendirmeler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

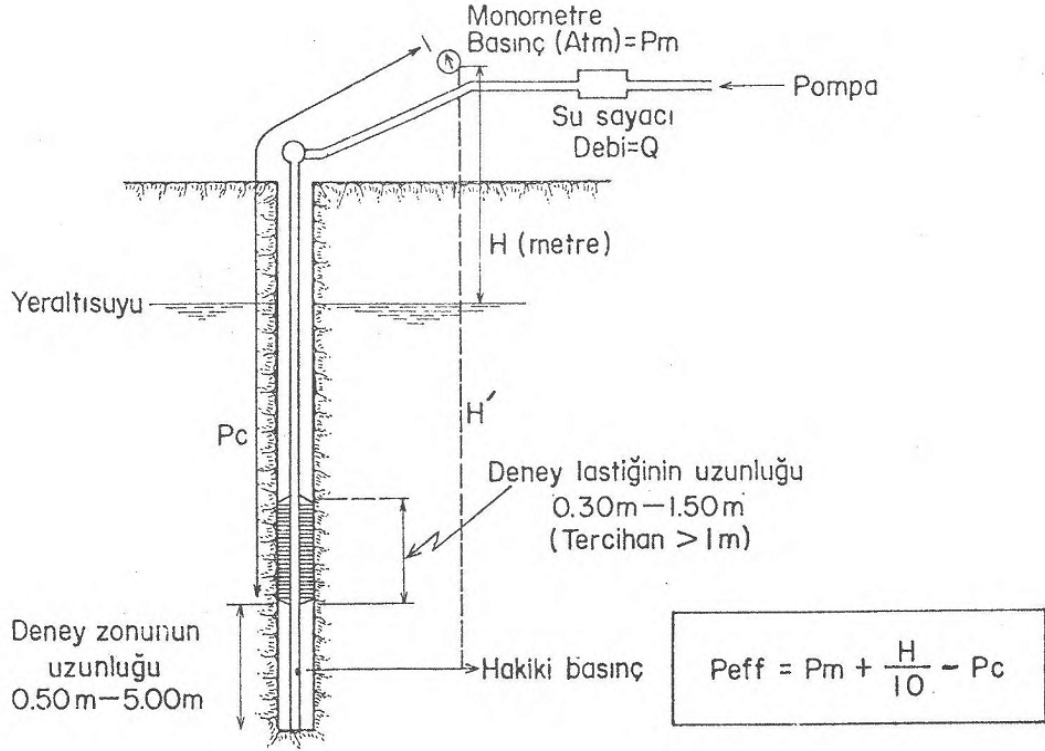
Çizelge 3.2. Enjeksiyon alışlarının sınıflandırılması (Özkan, 2006)

Kademede metre başına, enjeksiyon karışımında yer alan katı madde miktarı (kg/m)	1/3 (çimento/su) oranındaki karışıma göre hacim (litre)	Enjeksiyon izleme grafiklerinde temsil edildiği renk	Enjeksiyon Alış Tanımlaması
< 25	< 84	Kahverengi	Çok düşük
25 - 50	84 - 168	Açık Kahverengi	Düşük
50 - 100	168 - 336	Yeşil	Orta
100 - 200	336 - 672	Koyu yeşil	Orta - Yüksek
200 - 300 - 400	672 - 1008 - 1344	Mavi	Yüksek
> 400	> 1344	Lacivert	Çok yüksek

Bentonit miktarı çimento ağırlığının %3'ü kadar,
Hacimlerde ise 50 kg çimento + 1.5 kg bentonit (%3) 18 litre olarak alınmıştır.

Lugeon basınçlı su deneyi

Araştırma ve enjeksiyon kuyularında basınçlı su deneyi yapılır ve kayaçların geçirimsizliği hakkında bilgi edinilir. Deneyde çeşitli basınçlar altında deney kuşağından kayaya sızan suyun miktarı ölçülür (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Lugeon basınçlı su deneyi (Canik, 1997)

P_m = Manometreden okunan basınç (kg/cm^2)

H = Yeraltı su seviyesinden manometreye kadar olan mesafe (m) (su varsa)

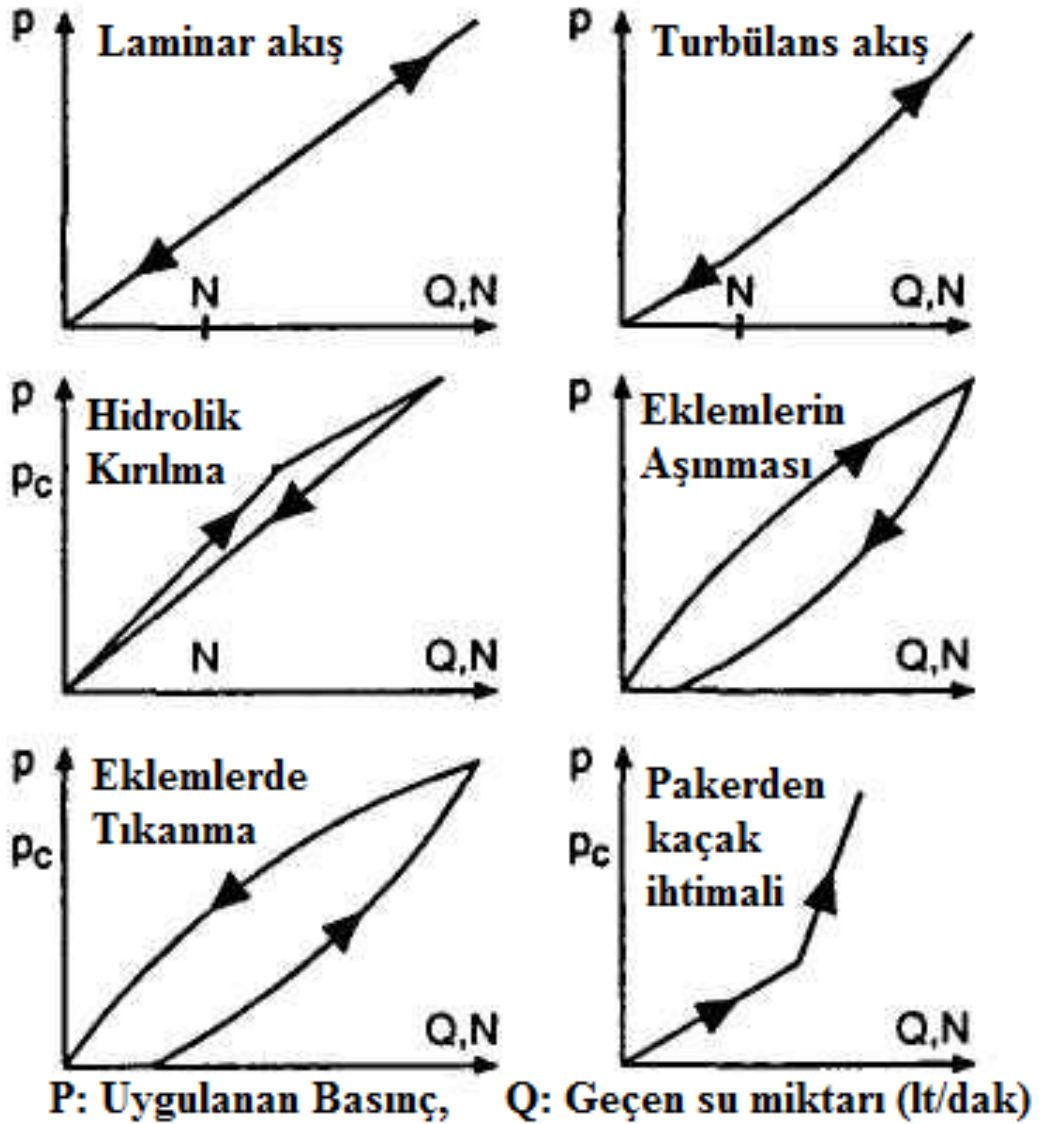
H' = Deney kuşağının ortası ile manometre arasındaki mesafe (m) (su yoksa)

P_{eff} = Deney kuşağındaki gerçek basınç (kg/cm^2)

P_c = Manometre ile deney kuşağı arasındaki lastikte, tijlerde, bağlantı yerlerinde, vanalarda ve manometreden sonraki borularda meydana gelen yük kaybı (kg/cm^2)

Bir Lugeon birimi; 10 atmosfer gerçek basınç altında, 1 dakikada, 1 metre uzunluğundaki kuşaktan litre olarak sızan su miktarıdır. Lugeon tek ve çift lastik deneyleri 1, 2, 3, 5 ve 10 m'lik kuşaklarda yapılır. 10'ar dakika süre ile artan ve azalan basınçlar uygulanır. Bu basınçlar genellikle 2-4-6-8-10-8-6-4-2 veya 3-6-10-6-3 şeklindedir. Deneye başlamadan önce pompa kapasitesi, yeraltı su seviyesi ölçümü ve her basınç kademesinde 10 dakikadaki kaçan su miktarları kaydedilir. Ancak en iyisi kaçak miktarlarını 5 dakikada bir kaydetmektir. Yamaç molozunda basınçlı su deneyi yapılmaz (Lugeon, 1933). Karotların sağlam olduğu kuşakta kaçak fazla ise lastik tutmamış olabilir.

Basıncı su deneylerinde çatlaklar ile verilen debi arasındaki ilginin gerçeğe en yakın bir yorumunu yapmak için en azından üç farklı basıncın uygulanması ve elde edilen eğrilerin deney kuşağındaki karotlarla karşılaştırılması gerekir. Çünkü Lugeon basınçlı su deneylerinde laminer akımı verebilen eğriler nadiren görülmektedir. Çeşitli akış tiplerinin grafikleri Şekil 3.11'de verilmiştir (Canik, 1997).



Şekil 3.11. Çeşitli akış tiplerinin gösterimi (ISRM, 1995)

Hesaplanan Lugeon deneylerine göre kayacın geçirimsizliği hakkında ise Çizelge 3.3'teki sonuçlar çıkarılır (Canik, 1997).

Çizelge 3.3. Lugeon değerlerine göre geçirimlilik sınıflaması (Lugeon, 1933)

LUGEON	KAYA SINIFI
< 1	Geçirimsiz
1 - 5	Az Geçirimli
5 - 25	Geçirimli
> 25	Çok Geçirimli

BÖLÜM IV

BOYABAT BARAJI VE HES İNŞAATI

4.1 Tarihçe

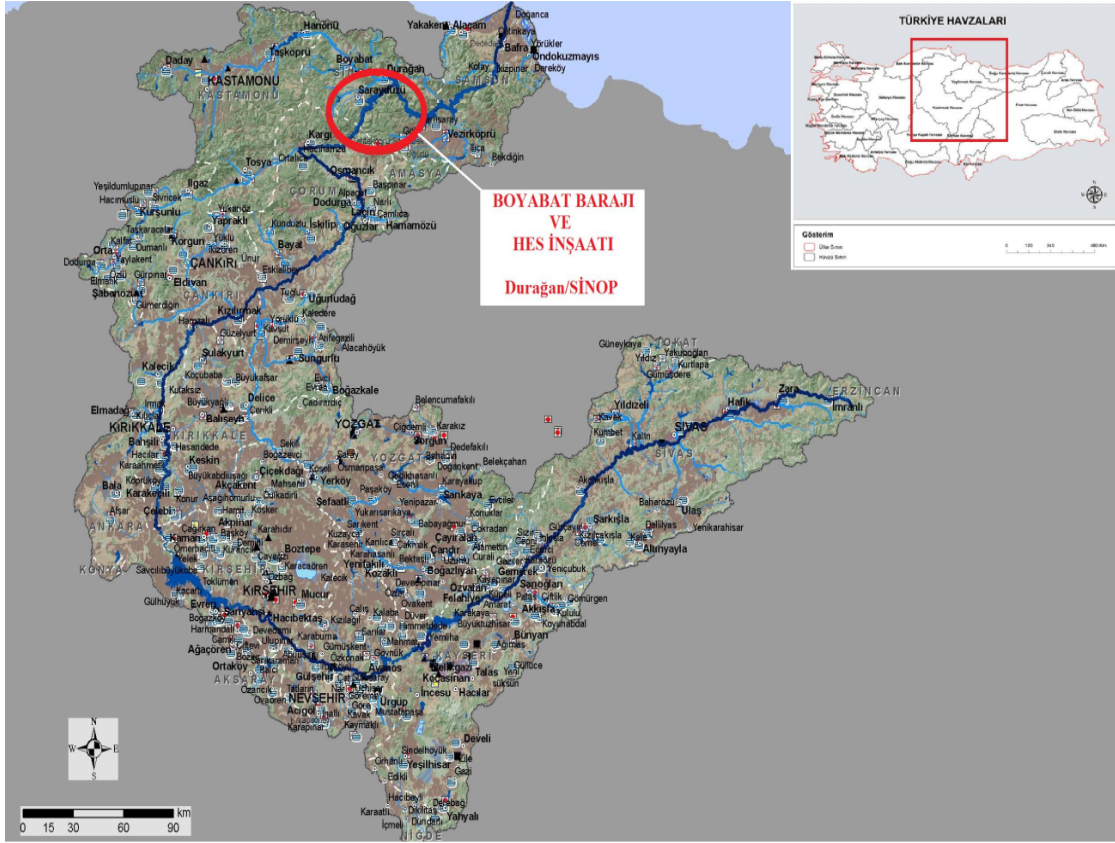
Boyabat Barajı baraj yeri ile ilgili ilk çalışmalar 1958 yılında Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİEİ) tarafından başlatılmıştır. Projenin ilk fizibilite çalışmaları, Japon International Corperation Agency (JICA) isimli kuruluşun teknik yardımları çerçevesinde Japon EPDC firması tarafından yürütülmüş ve raporu 1979 yılında yayınlanmıştır. Barajın Kati Projesi ise DSİ tarafından yapılan temel etüdüleri sonucuna dayanarak 1986 yılında Japon, EPDC, Su-Yapı Müşavirlik Koll. Şti. ve TMB Terzibaşoğlu Müşavirlik Mühendislik Ltd. Şti tarafından yapılmıştır (ETKB, 1997).

Projenin uygulamasına yönelik ilk çalışmalara DSİ tarafından milli bütçeden ayrılan ödenekler çerçevesinde başlanılmış; ulaşım yolları, derivasyon tünelleri ve baraj sitesi gibi projenin altyapısını oluşturan belli çalışmalar yapılarak tamamlanmıştır. Daha sonra projenin Yap İşlet Devret (BOT) modeli ile yapılması kararlaştırılmış ancak bu uygulamadan kısa bir süre içinde vazgeçilmiştir. Son olarak “4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu” hükümleri çerçevesinde “Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu”nun 13.11.2007 tarih ve 1374-3 sayılı kararı ile Boyabat Elektrik Üretim ve Tic. Ltd. Şti.’ye üretim lisansı verilmiş ve şirket ile DSİ arasında 22 Ağustos 2007 tarihinde “Boyabat Barajı ve HES Su Kullanım Hakkı ve İşletme Esasları”na ilişkin anlaşma imzalanmıştır.

4.2 Projenin Yeri

Boyabat Barajı ve HES Projesi, Sinop ili Durağan İlçesinin 10 km güneybatısında Kızılırmak Nehri üzerinde, Karadeniz’den yaklaşık 65 km içeride yer almaktadır. Proje sahası, kuzeyde Altinkaya Barajı göl sahası, batıda Gökırmak Havzası, güneyde Devres Çayı ve doğuda Kunduz ve Çal Dağları ile çevrilidir. Projenin tamamlanmasıyla oluşacak göl sahası 60 km boyunca Kızılırmak Nehrini kaplayacaktır (ETKB, 1997).

Boyabat Barajı ve Hidroelektrik Santrali proje yeri Şekil 4.1'de belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Yer bulduru haritası

4.3 Projenin Karakteristikleri

Boyabat Barajı beton ağırlık tipinde bir barajdır. Enerji Santrali Barajın gövdesine bitişik ve dolusavaşın altında yer almaktadır. Santral her biri 176 MW gücünde, 3 üniteyi ihtiva etmektedir (ETKB, 1997).

Barajın karakteristikleri aşağıda gösterilmiştir:

Enerji Üretimi

Yıllık üretim	: 1.434×10^6 kWh
Firm enerji üretimi	: 665×10^6 kWh
Sekonder enerji üretimi	: 769×10^6 kWh

Baraj Gövdesi

Tipi	: Beton Ağırlık
Temelden Yüksekliği	: 195,00 m
Talvegden Yüksekliği	: 150,00 m
Kret Kotu	: 335,00 m
Gövde Hacmi	: 2.300.000 m ³
Kret Genişliği	: 10,00 m
Kret Uzunluğu	: 262,00 m (335,00 m kotunda)
Talveg Kotu	: 185,00 m

Dolusavak

Dolusavak Tipi	: Gövde üzerinde karşıdan alıslı, radyal kapaklı
Kapak Adedi	: 6
Kapak Yüksekliği	: 13,00 m
Kapak Genişliği	: 10,00 m
Kapasitesi	: 9.300 m ³ /s

Cebri Boru

Tipi	: Gövde içine gömülü
Adedi	: 3
Çapı	: 6,00 m~5,00 m (değişken)
Boyu	: 192,39x3=577,17 m

Enerji Santrali

Tipi	: Baraj mansabında, gövdeye bitişik
Eni	: 22,50 m
Boyu	: 103,00 m

Jeneratör

Adedi	: 3
Tipi	: Düşey şaftlı senkronize
Kapasitesi	: 190.000 kVA
Frekans	: 50 Hz
Jeneratör çıkış voltajı	: 14,4 kV
Jeneratör çıkış akım şiddeti	: 7.618 A
Dönüş hızı	: 166,7 dev/dak

Türbin

Adedi	: 3
Tipi	: Düşey eksenli Francis
Maksimum Düşü	: 141,30 m
Minimum Düşü	: 114,70 m
Ortalama Düşü	: 125,50 m
Maksimum Güç	: 176 MW
Minimum Güç	: 152 MW
Debi	: 157,00 m ³ /s (Normal düşüde)
Dönüş hızı	: 166,7 dev/dak

Transformatör

Tipi	: Üç fazlı, yağ ve basınçlı su soğutmalı
Adedi	: 3
Frekans	: 50 Hz
Kapasitesi	: 190.000 kVA
Giriş voltajı	: 14,4 kV
Çıkış voltajı	: 380 kV

Santral Vinci

Ana Vinç Kapasitesi	: 220 t
Yardımcı Vinç Kapasitesi	: 40 t
Monoray Vinç Kapasitesi	: 10 t
Ana Vinç Kaldırma Hızı	: 1,00 m/dakika

Kuyruk Suyu

Taşkın Anında Su Seviyesi	: 207,20 m
Üç Ünite Çalışırken Su Seviyesi	: 188,50 m
Bir ünite Çalışırken Su Seviyesi	: 187,20 m

Su Alma Yapısı

Adedi	: 3
Tipi	: Gövde üzerinde, karşıdan alıslı
Kapak Boyutları	: 6,85 m x 9,30 m

Baraj Gölü

Maksimum Su Seviyesi	: 330,00 m
Minimum Su Seviyesi	: 305,00 m
Aktif Hacim	: $1.410 \times 10^6 \text{ m}^3$ (330 m - 305 m kotlar)
Ölü Hacim	: $2.147 \times 10^6 \text{ m}^3$ (305,00 m kotunda)
Toplam Göl Hacmi	: $3.557 \times 10^6 \text{ m}^3$ (330,00 m kotunda)
Göl Alanı	: $65,4 \text{ km}^2$ (330,00 m kotunda)
Göl Uzunluğu	: 60 km

Hidroloji

Drenaj Alanı	: 64.724 km^2
Baraj Kesitinde Yıllık Ort. Akım	: $4.806 \times 10^6 \text{ m}^3$

Derivasyon Tünelleri

Adedi	: 2
Tünel Kesiti (T1 tüneli)	: At nalı
Tünel Kesiti (T2 tüneli)	: At nalı
Tünel Kesit çapı (T1 tüneli)	: 8,50 m
Tünel Kesiti çapı(T2 tüneli)	: 8,50 m
Uzunluğu (T1 tüneli)	: 1.014,97 m
Uzunluğu (T2 tüneli)	: 966,27 m
Kapasitesi	: 1.400 m ³ /s (215,00 kotunda)

Dipsavak

Yeri	: T2 derivasyon tüneli içinde
Maksimum Kapasitesi	: 280,00 m ³ /s (330,00 m kotunda)
Minimum Kapasitesi	: 250,00 m ³ /s (305,00 m kotunda)
Teçhizat	: 2 adet 1,70 m x 2,10 m (Sürgülü vana)
Teçhizat	: 2 adet hızlı akış vanası

Memba Batardosu

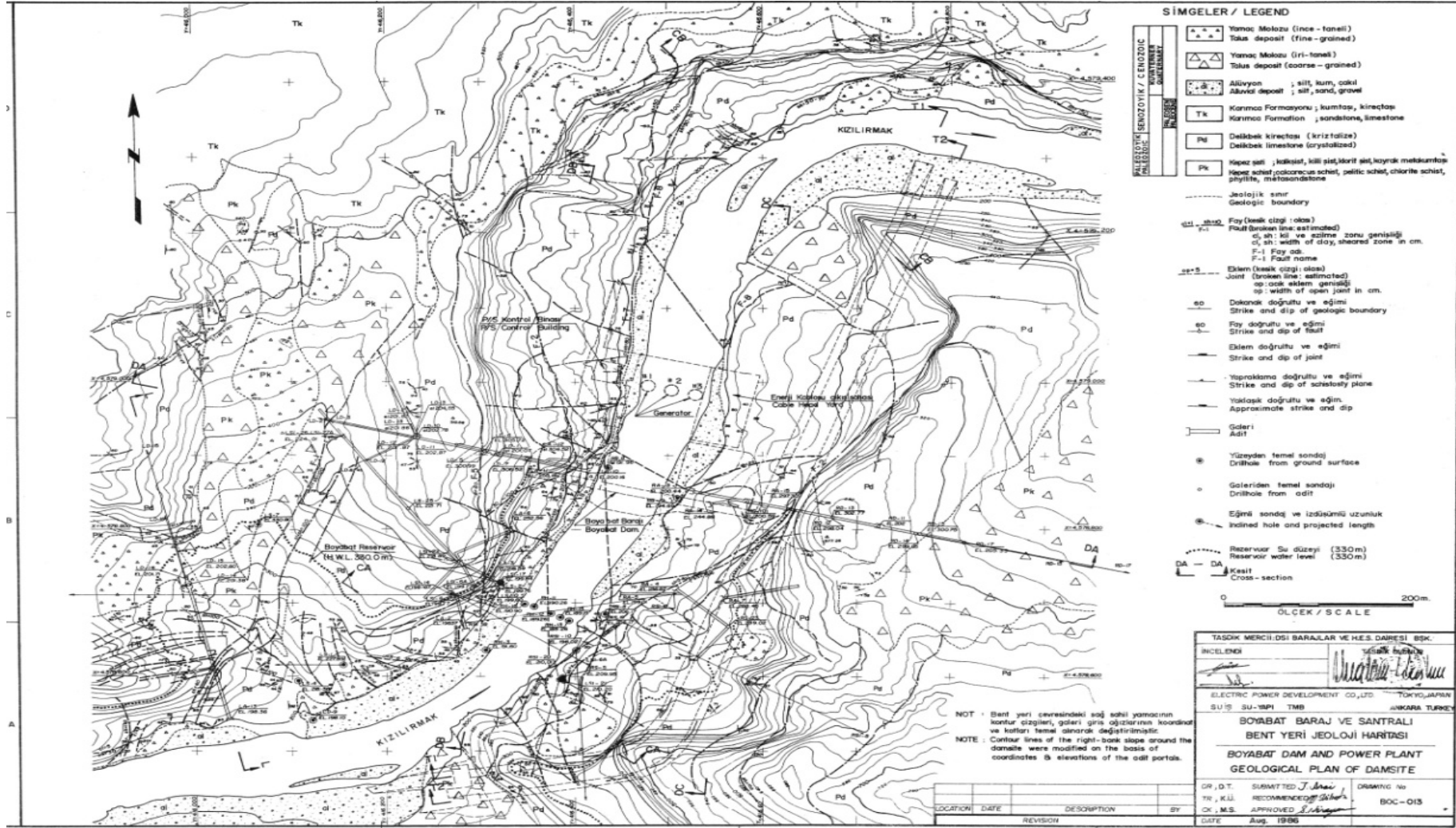
Tipi	: Kil çekirdekli kaya dolgu
Kret Kotu	: 217,00 m
Dolgu Hacmi	: 300.000 m ³

Mansap Batardosu

Tipi	: Kil çekirdekli kaya dolgu
Kret Kotu	: 197,00 m
Dolgu Hacmi	: 150.000 m ³

4.4 Baraj Yerinin Jeolojisi

Boyabat barajının ana gövde inşaatı ve geçirimsizlik perdesinin bulunduğu alandaki kayalar sedimanter ve metamorfik olarak dağılım gösterirler. Bu kayaların başlıcaları; kireçtaşı ve şisttir, ayrıca Kepez şisti ile karmaşık halinde metamorfik volkanik kayalar da bulunmaktadır. Bahsi geçen tüm kayac birimleri Kepez formasyonu üyesidir. Baraj civarındaki Kepez Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak Karımca Formasyonu yer almaktadır. Kepez formasyonunun şistlerine Kepez Şisti (Pk), kireçtaşı birimine ise Delikbek Kireçtaşı (Pd) adı verilmiştir. Kepez şisti ile karmaşık halinde yer alan metamorfik splitlerin bulunduğu birimin adı ise Metalava (Cd) olarak adlandırılmıştır (Aslan, 2012). Baraj yerine ait jeoloji haritası Şekil 4.2'de gösterilmiştir (BİB, 1987).



Şekil 4.2. Baraj yeri jeolojik haritası (BİB, 1987)

4.4.1 Kepez formasyonu

Kepez formasyonu tüm rezervuar alanı ve baraj bölgesinde ana kaya olarak görülmektedir (Aslan, 2012).

Kepez şisti(Pk)

Proje alanında, baraj çevresinin ve proje göl alanının en yaygın birimi olup, serusit şist, pelitik şist, klorit-albit şist, epidor şist, fillit, metakonglomera, metakumtaşı, yeşil şist, mavi şist, mikaşist ve kalk şistten oluşur. Genel olarak gri, siyahımsı yeşilimsi, mavimsi ve kırmızımsı renklidir. Klorit-albit şist, epidor şist, pelitik şist, fillat, mermerleşmiş kireçtaşı, kuvarsit şist yaygın olarak aynı mostralarda gözlenmiş olup karışık haldedir.

Şist ayrışmaya karşı düşük dayanımı nedeni ile yüzey şekli olarak yumuşak biçimli topografik görünüm oluşturmaktadır. Çok fazla kıvrımlanmış, şistleşmiş, makaslanmış ve ayrışmıştır ve onun kendinden türeyen yamaç molozu ve toprak ile örtülmüştür. Kendi içerisinde dereceli olarak farklı litolojilere geçiş göstermektedir.

Şist; siyahımsı, hafif yeşilimsi, grimsi renklidir ve çok sık olarak yapraklanma gösterir. Kalk şistler kuvarsit şiste göre daha zayıf ama diğer şistlerden de daha güçlüdür. Kuvarsit damarlarının bazen şistoziteye paralel bazen de şistoziteyi kesecek şekilde de olduğu gözlenmiştir. Bu damarlar metamorfizma etkisi ile yapısal farklılıkları kesmiştir. Blok olarak Permiyen Delikbek kireçtaşını içeren şistin yaşı PermoTrias olarak tahmin ediliyor, Vezirköprü-Durağan yolunun kuzeyinde uyumsuz olarak üst Kretase kireçtaşı tarafından örtülmektedir ve kalınlığı 1500 metreden daha fazla olduğu tahmin edilmektedir (Aslan, 2012).

Delikbek kireçtaşı (Pd)

Kepez formasyonunun önemli üyesi olup şistler ile karışık olarak bulunur. Kireçtaşı, Kepez formasyonu içerisinde metamorfizma öncesinde olistolite formunda olduğu halde, daha sonra şistler ile birlikte metamorfizma

geçirmişlerdir. Bu nedenle kireçtaşı genelde normal kireçtaşı görünümünde iken, bazı yerlerde tekrar kristalleşerek, mermerleşmiş bir görünüm sunar. Şistlerin kontakları, özellikle kalk şistlerde, keskin, makaslanmış ve faylı görünüm sergiler.

Delikbek kireçtaşının önemli mostraları Baraj yerinde, Saraycık ve Kargıda öte yandan, Kamil, Maksutlu, Karacaoğlan ve Kışla'ya yakın çeşitli yerlerde kireçtaşı blokları gözlenir. Birimin kalınlığı 50 m ile 750 metre arasında değişir. Bu birimin yaşı Permiyen olarak tanımlanmıştır.

Kireçtaşı bazı yerlerde geçirmiş olduğu düşük dereceli metamorfizma nedeniyle yer yer tekrar kristalize olmuş ve Delikbek kireçtaşının sınırlarında bazı yerlerde yanal geçişli olarak, ince tabakalı seviyeler içeren kalk şistlere rastlanır (Aslan, 2012).

Metalav (Cd)

Kepez formasyonunun diğer üyesi metalav, genel olarak spilit kayası ile temsil edilir, deniz altı volkanizması sonucu oluşmuş olup, Kepez formasyonu içerisinde bloklar halinde karışmış olarak gözlenir. Bu birimin, kendisi lav özelliğinde olmasına rağmen bazı yerlerde çok iyi şistozite gösteren ve çoğunlukla yeşil renkli diyabaz ve spilit kayalarından oluştuğu görülmektedir.

Birimin yer yer çatlaklar ve eklemler boyunca kuvars damarları ve serpantinleşmiş hatlar ile kesildiği görülmektedir. Diyabaz daykları ve spilitler arasındaki kontakta yapılan jeolojik çalışma, metalavlar ile şistlerin birlikte metamorfizmaya uğradığını göstermektedir. Bu durum; metamorfizma öncesinde metalavlar, sonradan birlikte metamorfizma geçirerek şiste dönüşen kırıntılı sedimanlar içerisinde idi tezini ve yaşının da Permo-Triyas olduğunu doğrular. Metalavlar ve şist baraj civarında, göl alanında ve sağ sahilde olistolit olarak Delikbek kireçtaşını içerir. Metalavların kalınlığının birkaç yüz metre olduğu tahmin edilmektedir (Aslan, 2012).

4.4.2 Karımca formasyonu (Tk)

Karımca formasyonu baraj gövde aksının bulunduğu vadinin tepe kısımlarında Kepez formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Karımca formasyonu kumtaşı ve çakıltaşı ile başlar, şeylden itibaren tedricen kireçtaşına geçer. Kumtaşı sarı renkli, CaCO₃ ile çimentolanmış, ince, orta katmanlı, erime boşluklu, kısmen ayrılmış kısmen sağlam ve makaslanmalı olup, bu düzey içeride düzensiz sıralı çakıltaşı seviyeleri de vardır.

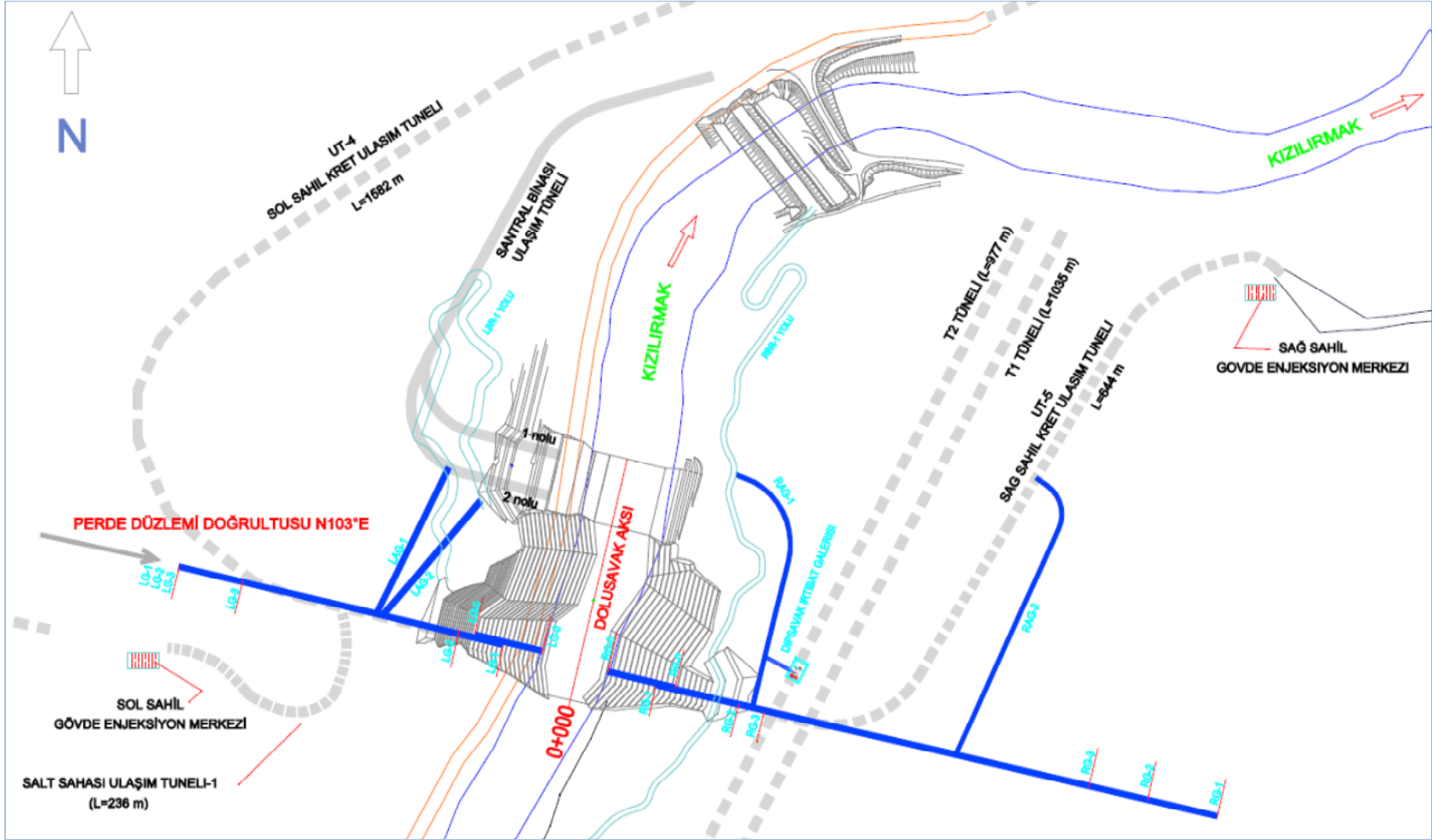
Kireçtaşı, sarımsı parlak kırmızımsı ve bazen gri, sert, gevrek, orta, ince tabakalı ve üst kısımlarında erime boşlukları vardır. Karımca formasyonu, Baraj çevresinde, baraj kret seviyesinden daha yukarılarda, 400-450 kotundan sonra görülmekte ve Kepez formasyonu üzerinde açıl uyumsuzlukla yer alır.

Bu birim çok karstiktir ve karstlaşma baraj kret kotu üzerinde bulunan formasyonun tabanına yakın kısımlarda artma göstermektedir. Karımca formasyonunun kalınlığı 50 ila 350 metre arasında değişir. Formasyonun yaşı Paleosen olarak belirlenmiştir (Aslan, 2012).

4.5 Boyabat Barajı Geçirimsizlik Perdesinin Geometrisi

Baraj dolusavak aksı, sağ sahil ve sol sahil perdelerinin baz noktası olarak alınmıştır. Yani dolusavak aks hattı, sağa ve sola doğru artan kuyu numaralandırmalarının 0 (SIFIR) noktasıdır. Kuyu numaralandırmaları barajın dolusavak aksına olan mesafeye göre yapılmıştır. Yani aks ile kuyu arasındaki mesafe kuyu numarası olarak isimlendirilmiştir. Sağ sahildeki en son kuyu numarası, aksa uzaklığı 549 m olan RG1-P-549,00-T kuyusudur, sol sahildeki en son kuyu numarası, akstan uzaklığı 357 m olan LG3-P-357,00-T kuyusudur. Perdenin doğrultusu N103°E yönündedir (Aslan, 2012).

Boyabat Barajı geçirimsizlik perdesi yerleşim planı Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Boyabat Barajı enjeksiyon perdesi yerleşim planı (Aslan, 2012)

Fotoğraf 4.1'de Boyabat Barajı ve HES inşaatına ait bir görüntü yer almaktadır.



Fotoğraf 4.1. Boyabat Barajı ve HES inşaatından bir görüntü

150,5, 201,5, 276,5 ve 335,0 kotlarında yer alan galeriler aynı düşey hatta olmakla beraber düşey perde delgileriyle birbirine bağlanmaktadır.

5.1.2 Enjeksiyon karışımlarının belirlenmesi

Boyabat Barajı ve HES İnşaatı Laboratuvarları'nda farklı çimento ve katkılarla yapılan deneyler sonrasında çimento ve katkı tipi belirlenmiştir. Yapılan yüzlerce deney sonrasında su/çimento oranı ve katkı yüzdeleri de belirlenerek enjeksiyon karışımları seçilmiştir (BDE, 2011).

5.1.2.1 Enjeksiyon Karışım Bileşenleri

Enjeksiyon karışımı bileşenleri; çimento, bentonit, kum, kimyasal katkılar ve sudan oluşmaktadır. Bileşenler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Enjeksiyon şerbeti bileşenleri

Çimento	CEM II B-P 32,5 R (Ekstra İnce) (Akçansa – Ladik)
Su	Derin kuyulardan temin edilmektedir
Rheobuild 2000 PF	Süper Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı (BASF-YKS)
Pozzolith 110 HE	Priz Hızlandırıcı Kimyasal Katkı (BASF-YKS)
Bentonit	(Karakaya Bentonit)
Kum	(Ladik Kum)

Çimento

Karışımların en önemli bileşeni olan çimento Akçansa Ladik Fabrikası'ndan temin edilmektedir. Temel kayasındaki kılcal çatlaklara nüfuz edebilmesi amacıyla standartların üzerinde bir incelik değerine sahiptir. Karışımda kullanılan çimentonun özellikleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Karışımda kullanılan çimentonun özellikleri

Tipi	CEM II / B – P 32,5 R	
Bileşim oranları	Klinker: % 65 - 80	Tras: % 20 - 35
Özgül yüzey	>5000 cm ² / gr	
90 mikron açıklıklı elek üzerinde kalan	0,0	
45 mikron açıklıklı elek üzerinde kalan	%2,0 (en fazla)	
Özgül ağırlık	>2,80 gr/cm ³	

Bentonit

Bentonit içeren karışımlarda Karakaya Bentonit kullanılmıştır. Karakaya bentonitin özellikleri Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Karışımda kullanılan bentonitin özellikleri

Parametre	Limit
Likit limit	% 400 (en az)
Plastisite indisi	>% 350
Yaş elek analizi: 200 no'lu elek üzerinde kalan	% 2,5 (en fazla)
Kuru elek analizi: 100 no'lu elek üzerinde kalan	% 2,0 (en fazla)
Ağırlıkça nem içeriği	% 10 (en fazla)
Reometre cihazındaki 600 rpm değeri	>30
Su kaybı (filtrasyon)	12,5 ml (en fazla)

Kum

Kum içeren karışımlarda Ladik kumu kullanılmıştır. Kumun içerisindeki organik maddelerin, sodyum sülfat ve silt – kilin toplam oranı en fazla % 5'tir. Ladik kumunun özellikleri Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Karışımda kullanılan kumun özellikleri

Parametre	Limit	Laboratuvar
Ağırlıkça 16 no'lu (1,19 mm) elekten geçen	> % 95	> % 95
Ağırlıkça 50 no'lu (0,297 mm) elekten geçen	> % 25	> % 25
Ağırlıkça 200 no'lu (74 mikron) elekten geçen	% 5 (en fazla)	% 5 (en fazla)
Özgül Ağırlık	2,00 gr / cm ³	2,00 gr / cm ³

Kimyasal Katkılar

Karışımda kullanılan kimyasal katkıları Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Karışımda kullanılan kimyasal katkıları

Firma	Kimyasal Katkı	Özellikleri
BASF-YKS	Rheobuild 2000 PF	Süper Akışkanlaştırıcı
BASF-YKS	Pozzolith 110 HE	Priz Hızlandırıcı

Su

Enjeksiyon karışımlarında kullanılacak sudaki yağ, asit, alkali, organik ve klorür-sülfat gibi zararlı maddelerin oranı kabul edilebilir sınırlar içindedir. Beton karma suyu için kullanılan su, enjeksiyon karışımlarının hazırlanmasında kullanılmıştır. Kullanılan su derin kuyulardan sağlanmıştır.

5.1.2.2 Enjeksiyon karışımları

Boyabat Barajı kontak, konsolidasyon, bağlantı ve perde enjeksiyonu işlerinde aşağıdaki 7 tip karışım kullanılmıştır.

- M1 = Su + Çimento + Süper Akışkanlaştırıcı
- M2 = Su + Çimento + Süper Akışkanlaştırıcı + Priz Hızlandırıcı
- M3 = Su + Çimento + Süper Akışkanlaştırıcı + Bentonit
- M4 = Su + Çimento + Süper Akışkanlaştırıcı + Bentonit + % 50 Kum
- M5 = Su + Çimento + Süper Akışkanlaştırıcı + Bentonit + % 100 Kum
- M6 = Su + Çimento + Süper Akışkanlaştırıcı + Bentonit + % 150 Kum
- M7 = Su + Çimento + Süper Akışkanlaştırıcı + Bentonit + % 200 Kum

Enjeksiyona başlarken kullandığımız ilk karışım olan M1 karışımı yalnız süper akışkanlaştırıcı içermektedir. Tikotropik özellikli M2 karışımı ise süper akışkanlaştırıcı ve priz hızlandırıcı kimyasal katkı içermektedir.

Alış yapan bir kademeye rastlandığı zaman kumlu karışıma geçmeden önce, alış yapan zonun niteliğini öğrenmek amacıyla bentonitli M3 karışımı enjekte edilmiştir. Basıncın düşük ve alışın devam etmesi durumunda bentonitli-kumlu karışımlarla enjeksiyon işlemine devam edilmiştir. Enjeksiyon şerbeti karışım oranları Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Enjeksiyon şerbeti karışım oranları

Karışım Tipi	Çimento Tipi	BİLEŞİM						
		Ağırlık Olarak			1. Katkı Maddesi		2. Katkı Maddesi	
		S/Ç	Bentonit	Kum	Cinsi	Miktarı	Cinsi	Miktarı
						%		%
M1	CEM II B-P 32,5 R	0,90	-	-	Rheobuild 2000 PF	0,7	-	-
M2	CEM II B-P 32,5 R	0,90	-	-	Rheobuild 2000 PF	0,7	Pozzolith 110 HE	1,2
M3	CEM II B-P 32,5 R	0,90	1,0	-	Rheobuild 2000 PF	0,7	-	-
M4	CEM II B-P 32,5 R	0,90	1,0	50,0	Rheobuild 2000 PF	0,7	-	-
M5	CEM II B-P 32,5 R	0,90	1,0	100,0	Rheobuild 2000 PF	0,7	-	-
M6	CEM II B-P 32,5 R	0,90	1,0	150,0	Rheobuild 2000 PF	0,7	-	-
M7	CEM II B-P 32,5 R	0,90	1,0	200,0	Rheobuild 2000 PF	0,7	-	-

Eneksiyon karışımlarında su haricinde kullanılan malzemeler katı madde içeriği olarak kabul edilir ve alış değerdendirilmesinde katı madde miktarı esas alınmaktadır. Eneksiyon şerbeti laboratuvar değerdleri Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Perde eneksiyon şerbeti laboratuvar değerdleri

Karışım Tipi	VİSKOZİTE							
	Marsh Hunisi – 4,76 mm				Prepact Hunisi - 12,7 mm			
	0'	15'	30'	45'	0'	15'	30'	45'
	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)
M1	32,5	33,4	34,0	34,6				
M2	40,0	42,2	44,2	46,2				
M3	39,0	40,6	42,6	46,8				
M4					10,7	11,0	11,3	12,1
M5					11,4	11,6	11,8	12,0
M6					12,1	12,8	13,5	15,3
M7					17,0	19,2	22,7	29,4

Karışım Tipi	ÇÖKELME			PRİZ SÜRESİ		SICAKLIK	YOĞUNLUK	BASINÇ DAYANIMI	
	1 saat	2 saat	3 saat	Başı	Sonu	Şerbet	Şerbet	50x50x50 mm	
	%	%	%	ss:dd	ss:dd	°C	gr/cm ³	7 Gün	28 Gün
								(mPa)	(mPa)
M1	1,0	1,5	1,5	08:57	12:17	23,0	1,510	7,9	12,6
M2	0,5	0,5	0,5	09:55	12:25	26,0	1,510	7,9	11,2
M3	0,5	1,0	1,0	09:25	13:00	23,7	1,480	8,6	17,5
M4	1,0	2,0	2,0	10:25	11:45	24,3	1,650	8,3	14,0
M5	0,5	1,0	1,0	10:20	11:54	24,9	1,765	8,0	16,6
M6	0,5	0,5	0,5	09:30	10:27	25,4	1,870	9,3	18,2
M7	0,5	0,5	0,5	07:35	07:50	24,2	1,975	12,7	21,4

5.2 Eneksiyon İşleri Laboratuvar Deneyleri

5.2.1 Karışım bileşenleri laboratuvar deneyleri

Çimento için, fabrikadan gelen her partide özgül yüzey, elek analizi, özgül ağırlık, basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Bentonit için, fabrikadan gelen her partide likit limit, plastik limit, yaş elek analizi, kuru elek analizi, nem içeriği ve su kaybı deneyleri yapılmıştır.

Kum için, şantiyeye gelen her partide özgül ağırlık ve elek analizi deneyleri yapılmıştır.

Kimyasal katkıları için, iş başlangıcında spektrum analizi yaptırılmıştır.

Su için, iş başlangıcında kimyasal analiz raporu alınarak uygunluğu denetlenmiştir.

5.2.2 Saha kontrol deneyleri

Enjeksiyon karışımlarının, laboratuvar dizayn değerlerine uygunluğunun tespiti için viskozite, yoğunluk, priz süresi, basınç dayanımı ve çökme değerleri kontrol edilmiştir. Saha kontrol deneylerine ait detaylar Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Saha kontrol deneyleri

D deney Adı	Ölçüm Yeri	Ölçüm Sıklığı	D deney Aleti
Viskozite	Birincil Enjeksiyon İstasyonu İkincil Enjeksiyon İstasyonu	Her İmalatta	Marsh Hunisi Prepact Hunisi
Yoğunluk	Birincil Enjeksiyon İstasyonu İkincil Enjeksiyon İstasyonu	Her İmalatta	Çamur Terazisi
Priz Süresi	Birincil Enjeksiyon İstasyonu	Haftada 2-3 kez	Penetremetre
Basınç Dayanımı	Birincil Enjeksiyon İstasyonu	Haftada 2-3 kez	D deney küpleri Çimento presi
Çökme	Birincil Enjeksiyon İstasyonu	Haftada 2-3 kez	Ölçekli kap (mezür)

5.3 Boyabat Barajındaki Başlıca Enjeksiyon Uygulamaları

Boyabat Barajı ve HES İnşaatı kapsamında yapılan enjeksiyon imalatlarını aşağıdaki başlıklar altında toplayabiliriz:

- Batardo enjeksiyonları
- Galeri kontak enjeksiyonları
- Galeri konsolidasyon enjeksiyonları
- Perde enjeksiyonları
- Perde bağlantı enjeksiyonları
- Temel ve gövde konsolidasyon enjeksiyonları
- Derz enjeksiyonları
- Gömülü eleman enjeksiyonları
- Epoksi reçine enjeksiyonları
- Poliüretan (köpük) enjeksiyonları
- Boru süren enjeksiyonları
- Pasif ankraj enjeksiyonları
- Öngermeli ankraj enjeksiyonları

Boyabat Barajı ve Hes İnşaatı enjeksiyon işlerinde kullanılan ekipmanlar EK-A'da verilmiştir.

5.3.1 Batardo enjeksiyonları

Gövde kazısı esnasında çalışma alanından suyu uzak tutmak için memba ve mansap batardolarının memba taraflarında 3'er sıra halinde ve şaşırıtmalı açılan delgilerden enjeksiyon yapılmıştır. Fotoğraf 5.1'de memba batardosu, Fotoğraf 5.2'de ise mansap batardosu görülmektedir.



Fotoğraf 5.1. Memba batardosu enjeksiyonu



Fotoğraf 5.2. Mansap batardosu enjeksiyonu

5.3.2 Galeri kontak enjeksiyonu

Enjeksiyon galerilerinin beton kaplamalarının tamamlanmasından sonra galeri betonu ile zemin arasında kalan boşlukları doldurmak için kontak enjeksiyonu yapılmıştır. Fotoğraf 5.3'te galeri içerisindeki kontak enjeksiyonu delgileri görülmektedir.



Fotoğraf 5.3. Galeri kontak enjeksiyonundan bir kesit

Kontak enjeksiyonları, “Boyabat Barajı Delgi ve Enjeksiyon İşleri Genel Yapım Yöntemi” içerisindeki talimatlara ve kriterlere uygun bir şekilde uygulanmıştır (BDE, 2011).

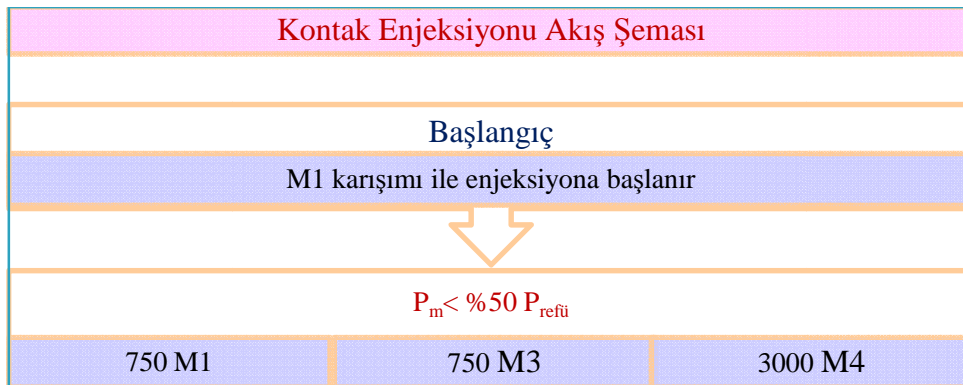
5.3.2.1 Kontak delgi işlemi

Kontak enjeksiyonu delgileri 0,8 m derinliğinde olup kesitler arası mesafe 3 m'dir. Birinci kesitte tavandan 30'ar derece memba ve mansaba eğimli iki kuyu; ikinci kesitte ise baş yukarı tek kuyu bulunmaktadır.

5.3.2.2 Kontak enjeksiyonu işlemi

Delgi işlemi bittikten sonra, enjeksiyon öncesi tüm kuyular basınçlı su ile yıkanmıştır. Enjeksiyonda öncelik, delgi örneğindeki yan sıralardaki kuyulara (eksenden 30° açılı) verilmiştir. Sonrasında ise galeri ekseninde bulunan baş yukarı kuyuların enjeksiyonu yapılmıştır. Enjeksiyon işlemi galeri içerisinde en düşük kottan başlamıştır. Enjeksiyon esnasında basıncın yükselmesi durumunda karışımın limit hacmine bakılmaksızın refüye kadar aynı karışımla devam edilmiştir. Kuyular arasında irtibat olması durumunda irtibatlı kuyular mekanik tıkaçla kapatıldıktan sonra enjeksiyon işlemine refüye kadar devam edilmiştir. Kuyular arasında irtibat olmaması durumunda, limit hacimler tamamlandıktan sonra kuyu 6 saat süreyle prize bırakılmış ve kuyu yeniden enjekte edilmiştir. Kontak enjeksiyonu bitimi sonrası tüm kuyular genleşme özellikli harç ile kapatılmıştır.

Enjeksiyon esnasında basınçta meydana gelen değişiklikler göz önüne alınarak hazırlanan akış şemaları Şekil 5.3'te belirtilmiştir.



Şekil 5.3. Kontak enjeksiyonu akış şeması

Yukarıdaki aşamada belirtilen hacim ve basınçta kuyuya enjeksiyon basıldıktan sonra hala refü elde edilememişse kuyu prize bırakılmıştır. Bu şekilde 3 döngü sonrasında da refü elde edilememesi durumunda ise basınç durumuna göre priz hızlandırıcılı ya da kumlu karışımlarla limit hacimler artırılarak refü edilmeye çalışılmıştır. Kumlu karışım kullanılması esnasında refü basıncına yaklaşıldığının M3 karışımına geçilerek refü bu karışımla sağlanmıştır.

Refü basıncı ve refü kriteri

Galeri kontak enjeksiyonlarında refü basıncı 1 bar'dır. Galerideki kontak enjeksiyonlarında 10 dakikalık süre esnasında gerçek refü basıncı altında alışı 1 litre/dakika'dan az olması durumunda kuru refü olmuş kabul edilmiştir.

15.12.2009 ile 01.07.2012 tarihleri arasında toplam 804 adet galerideki kontak delgisi yapılmış olup bunların toplam uzunluğu 643,20 m'dir. Toplam 121,272 m³ enjeksiyon yapılmıştır. Kontak enjeksiyonu verileri EK-B'de verilmiştir.

5.3.3 Galerideki konsolidasyon enjeksiyonu

Galerilerde kontak enjeksiyonu sonrasında kaplama betonunu çevreleyen zemindeki çatlakların ve zayıf zonların iyileştirilmesi ve kaplama betonuna etkiyecek yükleri karşılayabilmesi için zeminin mukavemet parametreleri artırmak amacıyla konsolidasyon enjeksiyonları yapılmıştır. Fotoğraf 5.4'te galerideki konsolidasyon enjeksiyonu delgileri görülmektedir.

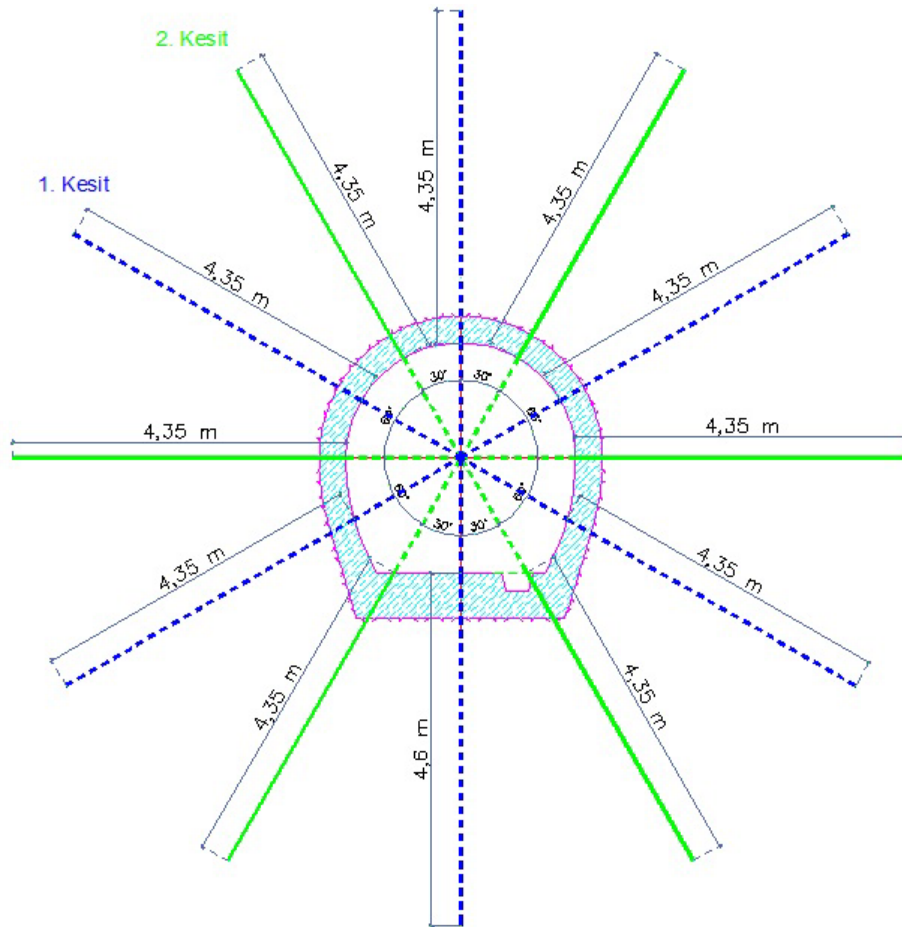


Fotoğraf 5.4. Galerideki konsolidasyon enjeksiyonundan bir kesit

Konsolidasyon enjeksiyonları, “Boyabat Barajı Delgi ve Enjeksiyon İşleri Genel Yapım Yöntemi” içerisindeki talimatlara ve kriterlere uygun bir şekilde uygulanmıştır (BDE, 2011).

5.3.3.1 Konsolidasyon delgi işlemleri

Enjeksiyon galerilerinden yapılacak olan konsolidasyon delgilerinin boyları 4,35 m (0 galerilerinde 6,35 m) olarak açılmıştır. Galeri tabanında açılacak düşey kuyuların boyu ise invert betonlarının 0,6 m olmasından dolayı 4,6 m (0 galerilerinde 6,6 m) olarak açılmıştır. Delgi çapı 56 mm'dir. İki kesit arasındaki mesafe 3 m'dir. Her kesitte 6 delgi olup, delgiler galeri merkezinden 60° açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Birbirini takip eden kesitlerdeki delgiler şaşırtmalı olarak yerleştirilmiştir. Konsolidasyon enjeksiyonu delgileri ile kontak enjeksiyonu delgileri aynı kilometrelere denk gelmiştir. Baraj gölü hidrostatik basıncın fazla olmasından dolayı 150 kotu galerilerinde konsolidasyon delgi aralıkları 1,5 m'ye düşürülmüş ve bu ilave kesitlerde memba tarafına galeri tabanından 45° , 90° ve 135° açı yapacak şekilde 3'er delgi daha açılmıştır. Standart delgi örneği Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Konsolidasyon enjeksiyonu standart delgi örneği

Konsolidasyon enjeksiyonu öncesi karst boşluklarının doldurulma işlemi ve kontak enjeksiyonu tamamlanmıştır. Enjeksiyon işlemi yeni tamamlanan bir kesit ile delgiye başlanacak bir kesit arasındaki mesafe en az 6 m'dir.

5.3.3.2 Konsolidasyon enjeksiyon işlemi

Enjeksiyon esnasında basıncın yükselmesi durumunda karışımın limit hacmine bakılmaksızın refüye kadar aynı karışımla devam edilmiştir. Kuyular arasında irtibat olması durumunda irtibatlı kuyulara tıkaç yerleştirilmiştir. Enjekte edilen kuyuda refü elde edildikten sonra irtibatlı olan kuyular yeniden yıkanıp, delinmiş ve enjekte edilmiştir. Kuyularda boşluk geçilmesi, su kaybı görülmesi (%70 oranını aşması) durumunda tıkaç zonun 1 m üzerinden şişirilmiş ve zon enjekte edilmiştir. Refü elde edildikten sonra tıkaç (paker) kuyuda 1 saat süreyle tutulmuştur.

LG-0/RG-0 galerilerinde konsolidasyon enjeksiyonu iki kademede yapılmıştır. Konsolidasyon enjeksiyonu bitimi sonrası tüm kuyular genişleme özellikli harç ile kapatılmıştır.

Enjeksiyon esnasında basınçta meydana gelen değişiklikler göz önüne alınarak hazırlanan akış şeması Şekil 5.5'te belirtilmiştir.



Şekil 5.5. Konsolidasyon enjeksiyonu akış şeması

Karışımların öngörülen limit hacimleri bitiminde basıncın refü basıncının % 50'sinin altında olması ($P_e=2,5/5$ bar) durumunda karışım değişikliği yapılmıştır. Basıncın yükselmemesi durumunda yukarıdaki aşamaların tamamlanmasıyla kuyu prize bırakılmıştır ve priz sonrasında kuyuda aynı akış şeması 3 kez uygulanmıştır. Bu şekilde 3 döngü sonrasında da refü elde edilememesi durumunda ise basınç durumuna göre priz hızlandırıcılı ya da kumlu karışımlarla limit hacimler artırılarak refü edilmeye çalışılmıştır. Kumlu karışım kullanılması esnasında refü basıncına yaklaşıldığı M3 karışımına geçilerek refü bu karışımla sağlanmıştır.

Refü basıncı ve refü kriteri

Refü basıncı 5 bar'dır ancak LG0 ve RG0 galerilerinde 0-3,0 m kademesi için 5 bar, 3,0-6,35/6,60 m kademesi için ise 10 bar uygulanmıştır. Galeri konsolidasyon enjeksiyonlarında 10 dakikalık süre esnasında gerçek refü basıncı altında alışın 0,5 litre/dakika/metre'den az olması durumunda kuyu refü olmuş kabul edilmiştir. Konsolidasyon enjeksiyonu refü basınçları Çizelge 5.9'da verilmiştir.

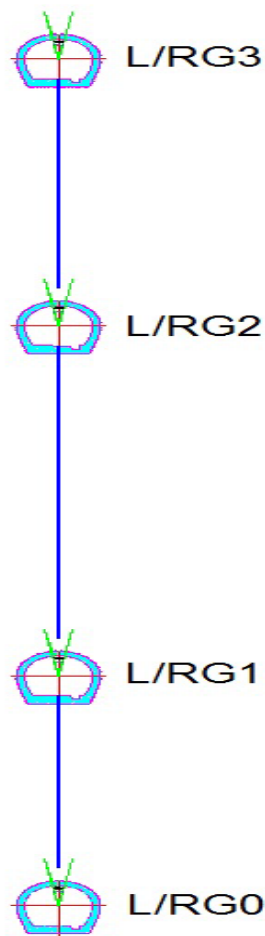
Çizelge 5.9. Konsolidasyon enjeksiyonu refü basınçları

Konsolidasyon Enjeksiyonu Refü Basınçları			
Galeri	LG2 - LG1 - RG3 - RG2 - RG1	LG0 - RG0	
Kademe	0 - 4,35/4,60	0 - 3	3 - 6,35/6,60
Basınç	5 bar	5 bar	10 bar

23.12.2009 ile 01.07.2012 tarihleri arasında toplam 3.148 adet galeri konsolidasyon delgisi yapılmış olup bunların toplam uzunluğu 14.465,80 m'dir. Toplam 304,541 m³ enjeksiyon yapılmıştır. Konsolidasyon enjeksiyonu verileri EK-C'de verilmiştir.

5.3.4 Perde enjeksiyonları

Sağ sahilde ve sol sahilde açılan 4'er adet galeriden, yatayda 1,5 metre aralıklarla düşey olarak açılan kuyulardan, geçirimsizliği sağlamak amacıyla perde enjeksiyonları yapılmıştır. Perde enjeksiyonu 335,00 kotundan başlayarak hep bir alttaki galerinin 1 metre üzerinde kalacak şekilde açılan delgilerden yapılmıştır. Alt galerilerden açılan delgiler ise karotlu kuyularda (36 m'de bir) +10,00 kotuna kadar, diğerlerinde ise +50,00 kotuna kadar delinerek enjeksiyon yapılmıştır. Şekil 5.6'da perde delgilerinin galeri bağlantıları görülmektedir.



Şekil 5.6. Perde delgilerine ait bağlantı kesiti

Perde enjeksiyonları, “Boyabat Barajı Delgi ve Enjeksiyon İşleri Genel Yapım Yöntemi” içerisindeki talimatlara ve kriterlere uygun bir şekilde uygulanmıştır (BDE, 2011).

5.3.4.1 Geçirimsizlik perdesi delgi işlemleri

Delgi işlemleri su sirkülasyonlu rotary metodu ile yapılmıştır. Karotsuz kuyuların çapı kuyu tabanında minimum 56 mm, karotlu kuyuların çapı kuyu tabanında minimum 76 mm olacak şekilde açılmıştır.

Karotlu kuyularda, maksimum karot alımını sağlamak için, Wire-Line karotiyerler veya çift tüplü T tipi karotiyerler kullanılmıştır. Wire-Line sistem, delgi takımının kuyudan dışarıya çıkarılmadan, bir halat yardımıyla karotun alınabilmesini sağladığından dolayı karotlu delgi hızını bariz bir şekilde artmış ve işçiliği büyük oranda azaltmıştır.

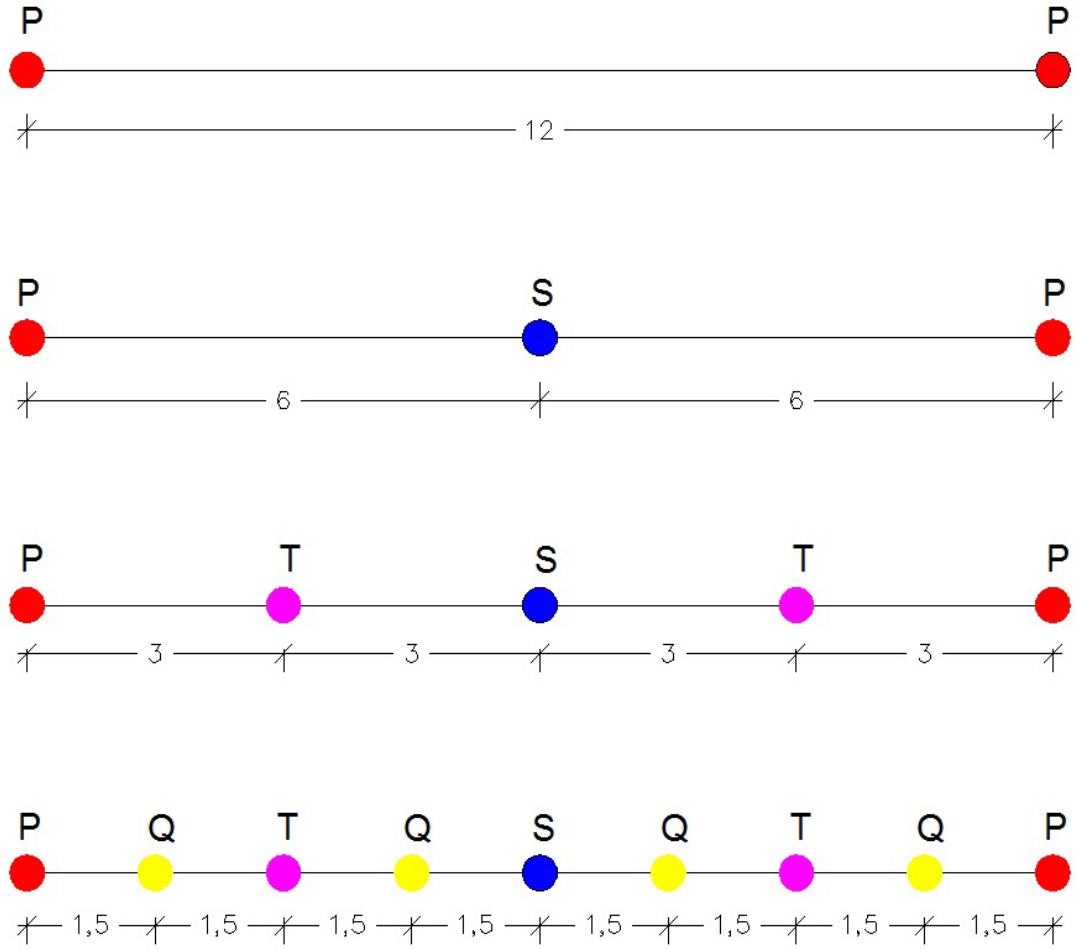
Delgi işlemleri bittiğinde, kuyular basınçlı su ile dönüş suyu berraklaşana kadar temizlenmiştir. Aksi takdirde kuyu içerisinde kalan kaya kırıntıları çatlakları tıkayarak enjeksiyon başarısını düşürebilmektedir.

Enjeksiyon işlemleri sıralaması:

- Kontak enjeksiyonu
- Konsolidasyon enjeksiyonu
- Perde bağlantı enjeksiyonu (alt galeriden)
- Perde enjeksiyonu

şeklindedir. Bir işlemleri bitirdikten sonra diğer işleme başlayabilmek için yeterli mukavemet elde edilene kadar beklenilmiştir.

Perde enjeksiyonu standart delgi aralıkları 1,5 m'dir. Fazla alış yapan bölgelerde bu aralık daralmıştır. Kuyular, iki galeri arasında bağlantıyı sağlayacak şekilde delinmiş olup derinlikleri değişkendir. 213 m'ye varan kuyular açılmıştır. Şekil 5.7'de perde enjeksiyonu delgi aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Perde enjeksiyonu delgileri yerleşim planı

Öncelikli olarak 36 metre aralıklı, karotlu, basınçlı su testli, eğim ölçümlü ano başı kuyuları delinip enjekte edilmiştir. Azalan aralık yöntemi uygulanmakta olup, karotlu kuyulardan sonra 12 m aralıklı birincil kuyular (P), sonra ise sırasıyla ikincil (S), üçüncül (T) ve dördüncül (Q) kuyular delinmiştir. S kuyuları iki P kuyusunun arasına, T kuyuları P ve S kuyuları arasına, Q kuyuları ise P ve T ile S ve T kuyuları arasına açılmıştır. Dördüncül (Q) kuyuların alışlarına bakarak, açılması gereken beşincil (Qi) kuyular açılmıştır. Alışlara ve Lugeon BST değerlerine göre ilave kuyu açma kriterlerinin sağlanması durumunda beşincil (Qi) kuyuların açılmasıyla delgi aralığı yer yer 0,75 m'ye düşmüştür Çizelge 5.10'da kuyu isimlendirmelerinin sol yanında delgi ve enjeksiyon işlemlerindeki önceliklerine göre numaralandırma yapılmıştır.

Çizelge 5.10. Perde enjeksiyonu kuyuları işlem sırası

1	P	Birincil (Karotlu)
5	Q	Dördüncül
4	T	Üçüncül
5	Q	Dördüncül
3	S	İkincil
5	Q	Dördüncül
4	T	Üçüncül
5	Q	Dördüncül
2	P	Birincil
5	Q	Dördüncül
4	T	Üçüncül
5	Q	Dördüncül
3	S	İkincil
5	Q	Dördüncül
4	T	Üçüncül
5	Q	Dördüncül
2	P	Birincil
5	Q	Dördüncül
4	T	Üçüncül
5	Q	Dördüncül
3	S	İkincil
5	Q	Dördüncül
4	T	Üçüncül
5	Q	Dördüncül
1	P	Birincil (Karotlu)

LG/RG1 - LG/RG0 galerilerinde kuyu uzatımı

Bahsi geçen galerilerde (perdenin askıda bulunduğu kısımda), kuyulardan herhangi birinin, en alt kottaki kademesi, herhangi bir karışımdan, herhangi bir basınç altında 500 litre/metre'nin üzerinde alış yapması durumunda; kademenin enjeksiyonu bittikten sonra, kuyu prize bırakılmıştır. Priz süresi bittiğinde, kuyu derinliği 5 m'nin katlarına tamamlanacak şekilde derinleştirilmiştir. Uzatılan kademe enjeksiyonu yapılırken alışın, 500 litre/metre'yi aşması durumunda kuyu tekrar 5 m derinleştirilmiştir (Örnek; kuyunun 152 m olan derinliği ilk aşamada 155 m ve sonraki aşamada 160 m olmuştur).

Kuyu sapmalarının tespiti

Kuyu delgilerinin hedeflene bölge içerisinde olduğunun tespiti için; Devico firmasına ait, DeviTool PEE WEE ve Pajari firmasına ait, Tropari cihazları kullanılmıştır. İzin verilebilir sapma miktarı %3'tür. Şekil 5.8'de sapma ölçüm cihazının sonuç ekranı görülmektedir.



Şekil 5.8. Sapma ölçüm cihazı sonuç ekranı

5.3.4.2 Geçirimsizlik perdesi enjeksiyon işlemi

Boyabat baraj yerindeki jeolojik-hidrojeolojik koşullara göre karstik kireçtaşı temel kayasının prensip olarak +50 m kotuna kadar ıslahını öngören tabanı askıda bir enjeksiyon perdesi projelendirilmiştir. Perde yanal olarak her iki yamaçta geçirimsiz şistlere bağlanmıştır.

Kireçtaşı temel kayasının gereği gibi ıslah edilebilmesi için enjeksiyon karışımı seçiminde aşağıdaki modern teknolojik gereksinimler göz önüne alınmıştır;

- Düşük viskozite ve kohezyon
- Duraylılık
- Yüksek nüfuz kabiliyeti

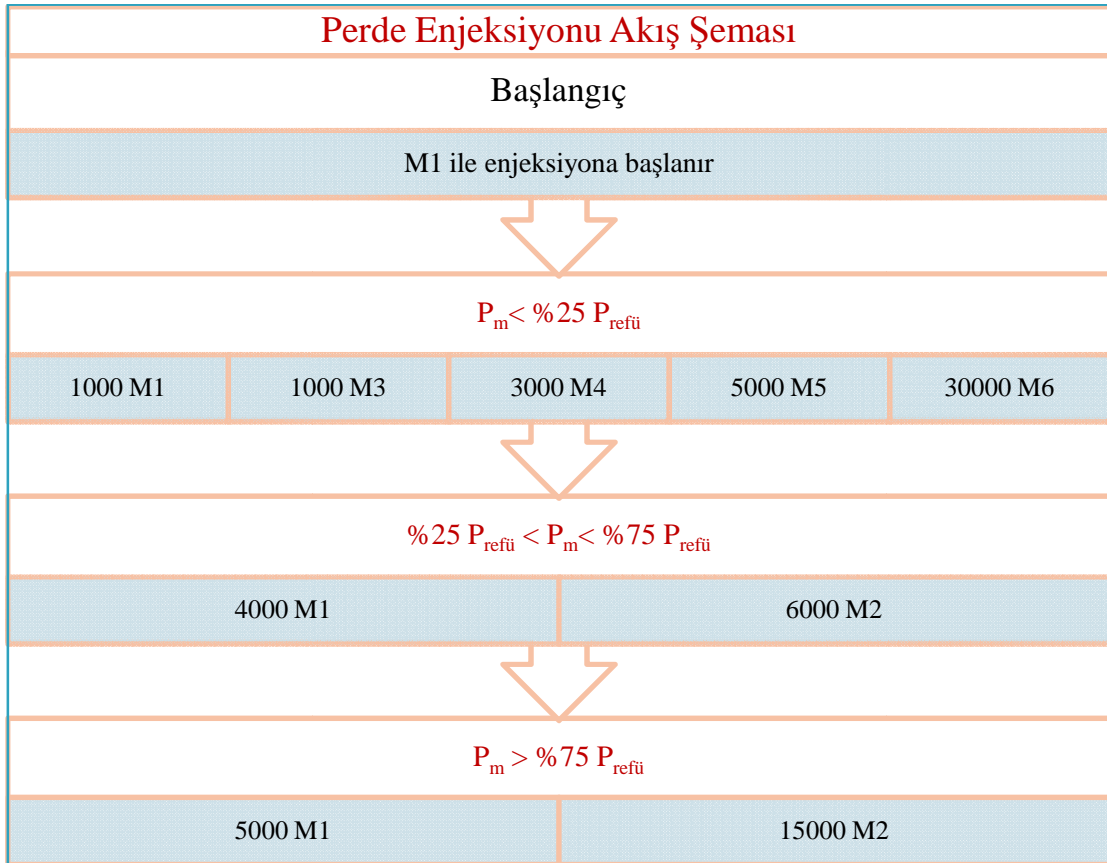
Şartnamede, enjeksiyon basınçları derinliğe göre artarak maksimum 40 bara ulaşılacak şekilde öngörülmüştür. Boyabat Barajı enjeksiyon yönteminde “Yüksek Basıncılı Avrupa Enjeksiyon Tekniği” uygulanmıştır. Uygulanan teknik çerçevesinde duraylı, düşük viskozite ve kohezyonlu nüfus kabiliyeti yüksek karışımlar kullanılmıştır. Boyabat Barajı enjeksiyon çalışmalarının tamamında yükselen kademe enjeksiyon yöntemi uygulanmıştır. Kuyular proje derinliğine kadar delinmesinden sonra kuyu yıkanmış ve tıkaç en derin kademelerin başlangıcına tutturularak işlem aşağıdan yukarıya devam etmiştir. Herhangi bir kademede refü elde edildikten sonra priz süresi beklenilmeksizin bir üsteki kademelerin enjeksiyonuna geçilmiştir. Enjeksiyon kademe boyu, özel durumlar hariç 5 metredir. Alçalan kademe enjeksiyonu uygulamasının zorunlu olduğu durumlarda ise tıkaç, sorunlu zonun 1 m üzerine tutturularak zon enjekte edilmiştir.

Perde kuyuları enjeksiyonu öncesi karst boşluklarının doldurulması, kontak, konsolidasyon ve bağlantı kuyuları enjeksiyonu (alt galeriden açılacak olan bağlantı kuyuları) tamamlanmıştır. Delgi ve enjeksiyonu yapılan kuyular arasındaki mesafe en az 9 m'dir. Kuyular arasında irtibat olması durumunda irtibatlı kuyular tıkaçla kapatılmış ve enjekte edilen kuyuda refü elde edildikten sonra, irtibatlı olan kuyular yeniden yıkanıp delindikten sonra enjekte edilmiştir.

Enjeksiyon kademesi boyu, alçalan kademe enjeksiyon yönteminin uygulanacağı yerler hariç 5 metredir. Kuyu boyları her galerinin kendisine ait projesine uygun olarak değişkendir. 5 ve 5'in katları olmayan derinlikteki kuyularda, ilk veya ilk iki kademelerin boyu ayarlanarak (5 metreden fazla olmamak şartı ile), 5 ve 5'in katları olan kademelere geçiş yapılmıştır.

Artezyen suya rastlanıldığında delgi durdurulmuş; artezyen suyunun basıncı, sıcaklığı ve debisi ölçülmüştür. Tıkaç artezyen zonun 1 metre üstüne tutturulduktan sonra ölçülen artezyen basıncı refü basıncına ilave edilerek zon enjekte edilmiştir.

Enjeksiyon esnasında basınçta meydana gelen değişiklikler göz önüne alınarak hazırlanan akış şeması Şekil 5.9'da belirtilmiştir.



Şekil 5.9. Perde enjeksiyonu akış şeması

Enjeksiyon esnasında basıncın yükselmesi durumunda karışımın limit hacmine bakılmaksızın refüye kadar aynı karışımla devam edilmiştir. Her bir aşama sonrasında basınç yükselmesi veya refü durumu gerçekleşmemişse 6 saat süreyle prize bırakılmıştır. Bu şekilde 3 döngü sonrasında da refü elde edilememesi durumunda ise basınç durumuna göre priz hızlandırıcılı ya da kumlu karışımlarla limit hacimler artırılarak refü edilmeye çalışılmıştır. Kumlu karışım kullanılması esnasında refü basıncına yaklaşıldığı M3 karışımına geçilerek refü bu karışımla sağlanmıştır.

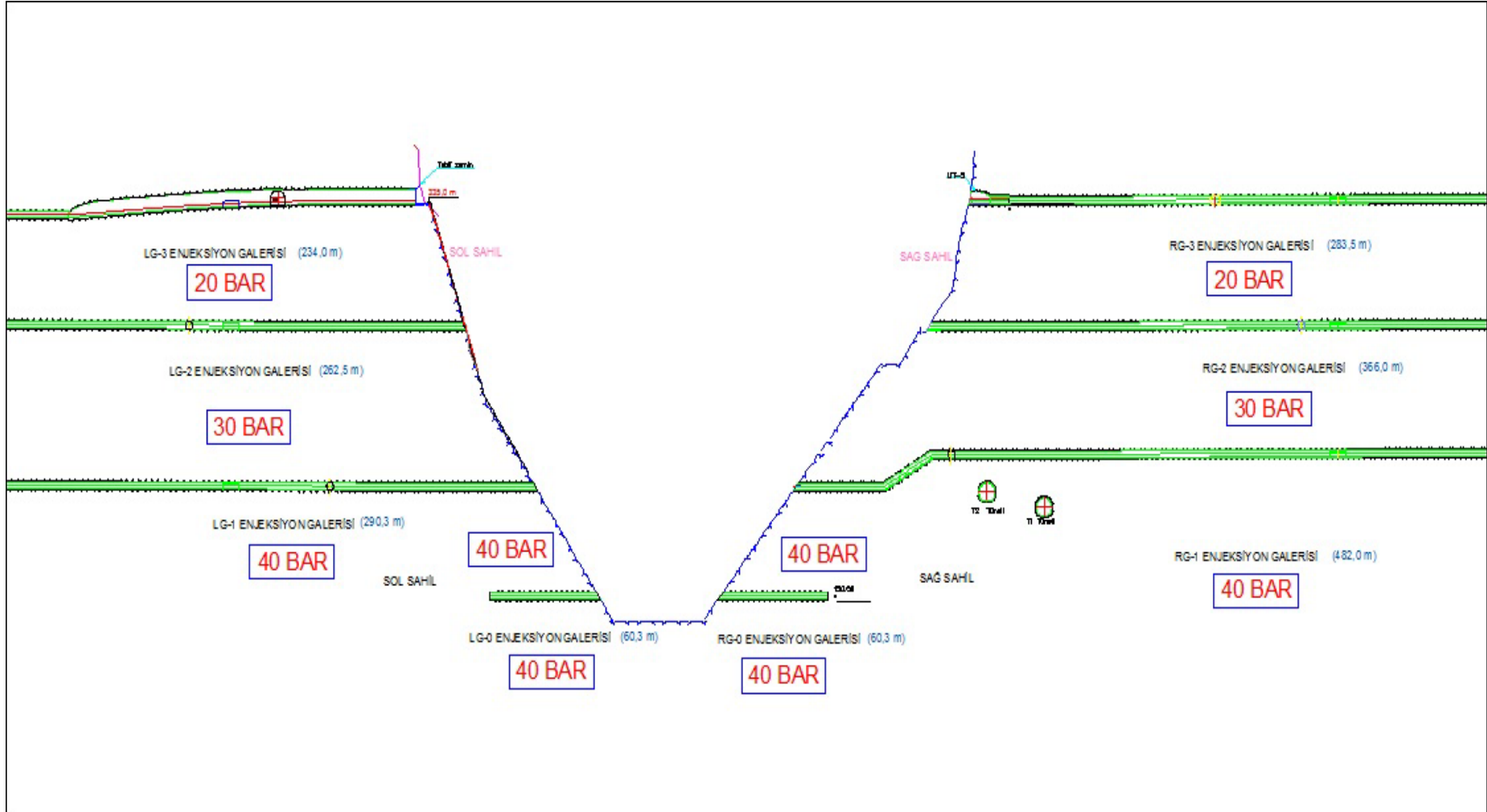
Refü basıncı ve refü kriteri

Perde enjeksiyon basınçları “Avrupa Yüksek Basıncılı Enjeksiyon Sistemi” ne göre saptanmıştır. Bu sistemde, yüksek basınç altında açılan ince çatlakların nüfuz kabiliyeti yüksek, uygun granülometreli çimento ve süper akışkanlaştırıcı katkı, düşük viskozite ve kohezyonlu karışımlarla enjekte edilmeleri öngörülmüştür. Yüksek basınç tekniğinin nüfuz kabiliyeti uygun karışımlarla birlikte kullanılması, enjeksiyonda başarı elde edilmesinde en büyük etkindir. Perde enjeksiyonu basınçları değişken olup hidrostatik basıncın yüksek olduğu alt kotlarda yüksek basınç uygulanmış, üst kotlara çıktıkça refü basıncı düşmüştür. Çizelge 5.11'de perde enjeksiyonu basınçları görülmektedir.

Çizelge 5.11. Perde enjeksiyonu refü basınçları

Perde Enjeksiyonu Refü Basınçları			
LG3/RG3 – LG2/RG2	LG2/RG2 – LG1/RG1	LG1/RG1–LG0/RG0	LG1/RG1/LG0/RG0 - 50/10
Kot: 335,5-276,5	Kot: 276,5-201,5/217,5	Kot: 150,5/201,5/217,5-(+50)	Kot: 150/200/217 - (+50)
20 bar	30 bar	40 bar	40 bar

Yüksek hidrostatik basınç dolayısıyla alt kotlardaki yüksek refü basıncı Şekil 5.10'da görüldüğü gibi üst kotlara çıktıkça düşmektedir.



Şekil 5.10. Uygulama bölgelerine göre perde enjeksiyonu basınçları

Perde kuyularında alışın 10 dakika süre içerisinde istenilen refü basıncı altında 0,5 litre/metre/dakika'dan az olması durumunda kademe refü olmuş kabul edilmiştir.

Refü elde edilememesi durumunda tıkaç gevşetilmiş ve 2 m yukarıya çekildikten sonra yeniden şişirilerek 30 dakika süre ile kuyuda tutulmuştur. 6 saat priz süresinin beklenilmesinin ardından enjeksiyon işlemine devam edilmiştir. Gerekiyor ise enjeksiyon işlemine devam edilmeden önce kuyu taranmıştır.

Yalancı refü durumu

Enjeksiyon basıncı düşük bir halde seyrederken aniden refü basıncına ulaşması (özellikle kumlu karışımlarda) halinde, kademe prize bırakılarak 3 saat sonra taranmış ve enjeksiyonu yeniden yapılmıştır.

Q kuyularının iptal olma kriteri

Yan yana iki T kuyusunun kademe alışlarının tamamı 50 kg/m'nin altında kalıyor ise, enjeksiyon alışlarının çok düşük olmasından dolayı arada kalan Q kuyuları açılmamıştır.

Kontrol kuyularının açılmasından sonra yüksek lujyon değerlerinin elde edilmesine bağlı olarak alış yapan kademelere denk gelen, daha önce iptal edilmiş Q kuyularının açılmasına karar verilmiştir.

Baraj gövdesine yakın bölgelerde ise yine bu kriter uygulanmamış olup tüm kuyular delinmiştir. 0 galerilerinde ise bu kriter tam olarak uygulanmamış olup iptal kriterini sağlayan kuyular +100 kotuna kadar delinmiştir.

5.3.4.3 Perde enjeksiyonu kontrol kuyuları

Perdenin geçirimsizlik parametrelerinin değerlendirilmesi için, enjeksiyonu biten 36 m aralıklı ano başı kuyuları arasındaki panellerde son kapanış işlemi olarak

kontrol kuyuları açılmıştır.

Kontrol kuyuları genel olarak 36 m aralıklı ano başı kuyular arasında çapraz olarak açılmıştır ancak yoğun alışın olduğu bölgelerde o bölgenin kontrolünün yapılması amacıyla bölgesel olarak da açıldığı olmuştur.

Basınçlı su testleri

Enjeksiyon başlangıcında ano başı kuyularda ve enjeksiyon sonrasında kontrol kuyularında zemiminin geçirimsizlik durumunu belirlemek için basınçlı su testleri yapılmıştır. Basınçlı su testleri, karotlu ano başı kuyuların tamamında ve karotlu kontrol kuyularında 5 m'lik kademelerde yapılmıştır. Delginin her 5 m'lik ilerlemesinden sonra tıkaç tekrar 5 m yukarıya çekilerek şişirilmiştir ve test uygulanmıştır. Kademelerde uygulanan basınçlar Çizelge 5.12'de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Basınçlı su testinde uygulanacak basınçlar

Kademe (m)	Basınç (bar)
0-5	3-6-3
5- kuyu sonu	3-6-10-6-3

Her bir basınç için deney süresi 10 dakikadır; su kayıpları her 5 dakikada bir kaydedilmiştir.

İlave (beşincil) kuyuların delinme kriteri

Enjeksiyonu tamamlanan bir panelde dördüncül (Q) kuyuların her iki tarafında, 0,75 m aralıklı beşincil kuyular aşağıda belirtilen kriterlerin oluşması durumunda delinmiştir:

- Perdenin baraj gövdesine 100 m mesafedeki bölümündeki Q kuyularının herhangi bir kademesindeki alış miktarının 100 kg/m'den daha fazla olması durumunda.

- Perdenin yamaca doğru olan diğer bölümlerindeki Q kuyularının herhangi bir kademesindeki alış miktarının 200 kg/m'den daha fazla olması durumunda.

Beşincil (Qi) kuyular yukarıda belirtilen parametreleri içeren kuyuların her iki tarafında ve alış yapan kademedan 5 m daha uzun olarak delinmiştir. Basınçlı su testi (BST) yapılan kuyuların son kademe 5 luzyondan yüksek geçirimsizlik değerinin elde edilmesi durumunda kuyu 5 m daha uzatılmıştır.

LG3-LG2 galerileri arasında test paneli olarak seçilen bölgede çalışmalara ilk olarak 15.12.2009 tarihinde başlanmıştır. LG3-LG2 arasında seçilen bu test paneli enjeksiyonu esnasında zemin hakkında bilgi vermesi amaçlanmış ve bundan sonraki çalışmalarda izlenecek yöntemlerle alakalı bir fikir elde edilmiştir.

20.01.2010 ile 01.07.2012 tarihleri arasında toplam 1509 adet perde enjeksiyonu delgisi yapılmış olup bunların toplam uzunluğu 141.957,25 m'dir. Toplam 7.076,806 m³ enjeksiyon yapılmıştır. Perde enjeksiyonu kapsamında delinen ilave kuyu sayısı 95 olup bunların toplam uzunluğu 5.295,50 m'dir. Toplam 52,812 m³ enjeksiyon yapılmıştır. Perde enjeksiyonu kapsamında delinen kontrol kuyularının sayısı ise 76 olup bunların toplam uzunluğu 8.437,50 m'dir. Toplam 62,929 m³ enjeksiyon yapılmıştır. Perde enjeksiyonu'na veriler EK-D'de, ilave kuyulara ait veriler EK-E, kontrol kuyularına ait veriler EK-F'de perde enjeksiyonu katı madde alış grafikleri EK-G'de verilmiştir.

Perdemizin geçirimsizliğini kontrol ederken dikkate aldığımız parametrelerden biri olan basınçlı su testi sonuçlarında elde ettiğimiz lugeon (luzyon) değerlerine de bakacak olursak, enjeksiyondan önceki ve enjeksiyondan sonraki geçirimsizlik değerlerindeki farkı Çizelge 5.13'te görebiliriz. Enjeksiyon öncesinde tespit edilen yüksek geçirimli bölgeler enjeksiyon sonrasında %100'e yakın bir şekilde geçirimsiz hale gelmiştir.

Çizelge 5.13. Perde enjeksiyonu öncesi ve sonrasında Lugeon değerleri dağılımı

Galeri Adı	Enjeksiyon Durumu	BST Sayısı	Lugeon Değerleri						
			<1	1-5	5-10	10-15	15-20	20-25	>25
LG0	Enj. Öncesi	56	53	1	0	2	0	0	0
	Enj. Sonrası	109	107	2	0	0	0	0	0
LG1	Enj. Öncesi	224	167	29	6	3	8	4	7
	Enj. Sonrası	403	393	10	0	0	0	0	0
LG2	Enj. Öncesi	98	59	23	8	2	2	0	4
	Enj. Sonrası	189	179	8	2	0	0	0	0
LG3	Enj. Öncesi	72	49	15	4	1	1	0	2
	Enj. Sonrası	70	70	0	0	0	0	0	0
RG0	Enj. Öncesi	84	69	5	3	1	1	2	3
	Enj. Sonrası	109	108	1	0	0	0	0	0
RG1	Enj. Öncesi	552	475	60	10	2	0	1	4
	Enj. Sonrası	572	572	0	0	0	0	0	0
RG2	Enj. Öncesi	110	98	7	3	1	0	0	1
	Enj. Sonrası	143	142	1	0	0	0	0	0
RG3	Enj. Öncesi	77	68	8	0	1	0	0	0
	Enj. Sonrası	91	88	2	1	0	0	0	0
Enjeksiyon Öncesi Durum		1273	1038	148	34	13	12	7	21
			% 81,540	% 11,626	% 2,671	% 1,021	% 0,943	% 0,550	% 1,650
Enjeksiyon Sonrası Durum		1686	1659	24	3	0	0	0	0
			% 98,399	% 0,014	% 0,002	% 0,000	% 0,000	% 0,000	% 0,000

Perde enjeksiyonu ilerleme durumları EK-H'de verilmiştir. Perde enjeksiyonu kapsamında zeminden alınan karot numunelerinin içerisindeki enjeksiyon alışları EK-I'da verilmiştir. Yapılan enjeksiyonların kontrolü için alınan karot numunelerini içeren karot sandığına ait bir fotoğraf ise EK-J'de verilmiştir.

5.3.5 Perde bağlantı enjeksiyonları

Perde enjeksiyonları kapsamında üst galeriden deleceğimiz kuyuyu ortasında bırakacak şekilde alt galeriden delinen 10'ar derece memba ve mansaba açılı kuyulardan perde bağlantı enjeksiyonları yapılmıştır. Böylece +335,00 kotundan +50,00 kotuna kadar perde geçirimsizliğinin tam olarak sağlanması hedeflenmiştir. Fotoğraf 5.5'te perde bağlantı delgisi yapılırken görülmektedir.

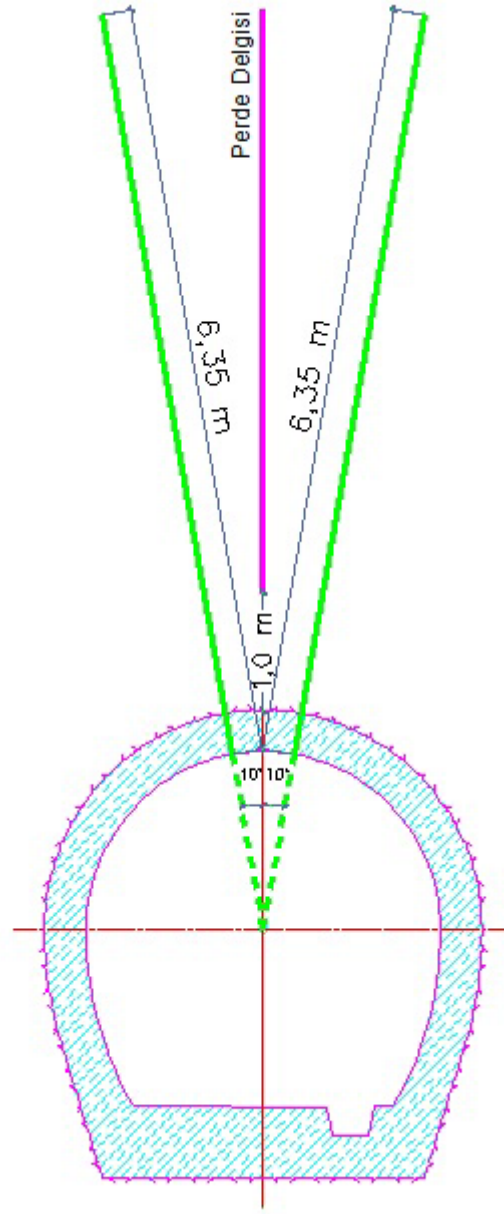


Fotoğraf 5.5. Perde bağlantı enjeksiyonu delgisi

Perde bağlantı enjeksiyonları, “Boyabat Barajı Delgi ve Enjeksiyon İşleri Genel Yapım Yöntemi” içerisindeki talimatlara ve kriterlere uygun bir şekilde uygulanmıştır (BDE, 2011).

5.3.5.1 Bağlantı kuyuları delgisi

Bağlantı kuyuları üst galeriden perde enjeksiyonu yapılan her kilometrede (1,5 'de bir), memba ve mansaba doğru eksenden 10'ar derece eğimli olacak şekilde her kesitte 2 adet 6,35 m derinliğinde başyukarı olarak delinmiştir. Delgide azalan aralık yöntemi uygulanmış ve önce memba kuyularının enjeksiyonları yapılmıştır, daha sonra ise mansap kuyularının enjeksiyonları yapılmıştır. Bağlantı kuyuları ile üst galeriden gelen perde kuyuları birbirleriyle çakışarak geçirimsizlik perdesinin bütünlüğünü sağlamıştır.. Perde enjeksiyonu delgi yöntemi aynen uygulanmıştır. Şekil 5.11'de standart delgi örneği görülmektedir.



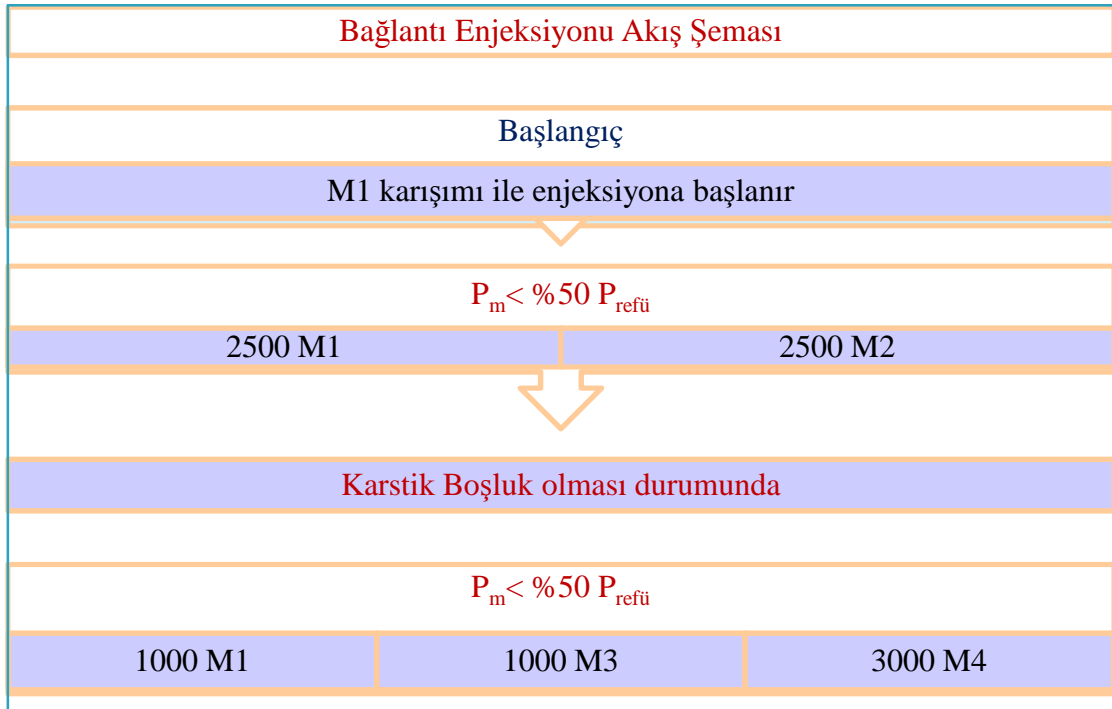
Şekil 5.11. Perde bağlantı enjeksiyonu standart delgi örneği

5.3.5.2 Bağlantı kuyuları enjeksiyonu

Bağlantı kuyuları enjeksiyonu öncesi karst boşluklarının doldurulma işlemi, kontak ve konsolidasyon enjeksiyonu tamamlanmıştır. Bağlantı enjeksiyonu ile devamı olasılık dahilinde olan konsolidasyon enjeksiyonu arasındaki mesafe minimum 30 m'dir. Kuyular arasında irtibat olması durumunda irtibatlı kuyulara tıkaç yerleştirilerek enjekte edilen kuyuda refü elde edilmiştir. Daha sonra irtibatlı olan kuyular yıkanıp, taranarak yeniden enjeksiyon yapılmıştır.

Kuyularda parçalı zon, boşluk geçilmesi, su kaybı (%70'den fazla) görülmesi durumunda tıkaç zonun 1 m üzerine yerleştirilmiş ve alçalan kademe enjeksiyonu yapılmıştır. Refü elde edildikten sonra tıkaç kuyuda 1 saat süreyle tutulmuş ve 8 saat priz beklenildikten sonra ise delgiye devam edilmiştir.

Bağlantı enjeksiyonu bitimi sonrası tüm kuyular genişleme özellikli harç ile kapatılmıştır. Enjeksiyon esnasında basınçta meydana gelen değişiklikler göz önüne alınarak hazırlanan akış şeması Şekil 5.12'de belirtilmiştir.



Şekil 5.12. Perde bağlantı enjeksiyonu akış şeması

Enjeksiyon esnasında basıncın yükselmesi durumunda karışımın limit hacmine bakılmaksızın refüye kadar aynı karışımla devam edilmiştir. Akış şemasındaki limitler sonrasında refü şartı sağlanamamışsa 6 saat süreyle prize bırakılmıştır. Daha sonra enjeksiyona tekrar başlanmış ve basınç durumuna göre devam edilmiştir. Bu şekilde 3 döngü sonrasında da refü elde edilememesi durumunda ise basınç durumuna göre priz hızlandırıcılı ya da kumlu karışımlarla limit hacimler artırılarak refü edilmeye çalışılmıştır. Kumlu karışım kullanılması esnasında refü basıncına yaklaşıldığın M3 karışımına geçilerek refü bu karışımla sağlanmıştır.

Refü basıncı ve refü kriteri

Bağlantı enjeksiyonu basınçları da perde enjeksiyonu basınçları gibi değişken olup ilk kademelerin refü basıncı bağlandıkları perde basıncına eşittir, son kademelerin refü basıncı ise 10 bardır. Çizelge 5.14'te perde bağlantı enjeksiyonlarına ait refü basınçları verilmiştir.

Çizelge 5.14. Perde bağlantı enjeksiyonu refü basınçları

Bağlantı Enjeksiyonu Refü Basınçları					
LG2 – RG2		LG1 – RG1		LG0 - RG0	
0 – 2,35	2,35 – 6,35	0 – 2,35	2,35 – 6,35	0 – 2,35	2,35 – 6,35
10 bar	20 bar	10 bar	30 bar	10 bar	40 bar

Bağlantı kuyuları enjeksiyonunda 10 dakikalık süre esnasında gerçek refü basıncı altında alışın 0,5 litre/dakika/metre'den az olması durumunda kuyu refü olmuş kabul edilmiştir.

08.01.2010 ile 01.07.2012 tarihleri arasında toplam 1620 adet perde bağlantı enjeksiyonu delgisi yapılmış olup bunların toplam uzunluğu 10.287,00 m'dir. Toplam 111,429 m³ enjeksiyon yapılmıştır. Bağlantı enjeksiyonu verileri EK-K'de verilmiştir.

5.3.6 Temel ve gövde konsolidasyon enjeksiyonları

Boyabat Barajı'nın beton ağırlık bir baraj olması dolayısıyla baraj gövdesinin temel ve yamaçlarda oluşturacağı yüksek gerilmeler neticesinde oluşabilecek olası deformasyonları engellemek aynı zamanda da baraj gövdesi ile zeminin bütünlüğünü sağlamak amacıyla baraj temelinde ve yamaçlarda konsolidasyon enjeksiyonu yapılmıştır. Fotoğraf 5.6'da temel konsolidasyonu çalışmalarından bir kesit görülmektedir.



Fotoğraf 5.6. Temel konsolidasyonu çalışmalarından bir kesit

Temel ve gövde kontak-konsolidasyon enjeksiyonları, “Boyabat Barajı ve HES İnşaatı Temel ve Yamaç Kontak-Konsolidasyon Enjeksiyonu Yapım Yöntemleri” içerisindeki talimatlara ve kriterlere uygun bir şekilde uygulanmıştır (BTYK, 2011).

Gövde tabanındaki enjeksiyon işlemi gövdenin 150 m kotundaki gövde betonu üzerinden, temel kayasında 12,00 m derinliği kapsayacak şekilde yapılmıştır. Yamaçların kontak-konsolidasyon enjeksiyonunda beton gövde içinde projelendirilen 150,50, 201,50, 231,50, 276,50 ve 301,50 m. kotlarındaki galeriler kullanılmıştır. Üst üste yerleştirilmiş olan bu galerilerden açılan enjeksiyon delgileri birbirleriyle kesişerek tüm baraj yamacının konsolide edilmesi sağlanmıştır. Şekil 5.13'te yamaç konsolidasyonu kesiti görülmektedir.

Kontak-konsolidasyon kuyuları minimum 56 mm çapında ve karotsuz açılmıştır. Galeri boyunca konsolidasyon kesitlerinin (ringlerinin) arası genelde 6 m'dir ve birbirini takip eden kesitlerdeki delgiler şaşırtmalıdır. Delgi yerlerinin belirlenmesinde, kuyuların olasılıklı etkileşim alanları göz önüne alınmıştır. Delgi ve enjeksiyon işleminin en alt kottaki kuyudan başlayarak üst kotlara doğru yapılarak tamamlanmıştır.

Kesitlerdeki beton-kaya kontaklarının derinliği değişkendir. Kontak enjeksiyonu için, betondan sonra kayadaki 2,0 m ilerleme kontak enjeksiyonu kademesi olarak alınmıştır. Kuyu, projede belirtilen boyda açılmasına rağmen kaya kontaklarına ulaşamamış ise veya kuyu sonunda sağlam kayaya ulaşamamışsa kuyu boyu sağlam kayada 2 metre ilerlenecek şekilde uzatılmıştır.

Gövde kontak-konsolidasyon enjeksiyonu, baraj temeli (150 kotu) kontak-konsolidasyon enjeksiyonunun devamı niteliğindedir. Konsolidasyon enjeksiyonu refü basıncı 5 bar, kontak enjeksiyonu refü basıncı 2 bardır. Baraj temeli konsolidasyon işleminde olduğu gibi yamaç konsolidasyonu yapım yönteminde de Basınç-Hacim (GIN) ilişkisi kullanılmıştır. Kullanılan yöntemde enjeksiyon limit hacminin en büyük değeri, en düşük basıncın karşıtıdır (Yüksek basınçta düşük enjeksiyon hacmi uygulanması, düşük basınçta ise yüksek enjeksiyon hacmi uygulanması). Bu şekilde, beton-kaya dokanağında veya konsolidasyon zonunda geniş alana yayılarak bir çatlak vasıtasıyla betonla irtibat kurabilecek enjeksiyon şerbetinin uygulama basıncı altında, betonda çatlamalara neden olmasının önüne geçilmiştir.

26.03.2010 ile 01.07.2012 tarihleri arasında toplam 1.277 adet gövde temeli ve yamaç konsolidasyonu delgisi yapılmış olup bunların toplam uzunluğu 28.901,00 m'dir. Toplam 111,429 m³ enjeksiyon yapılmıştır. Gövde temeli ve yamaç konsolidasyonu enjeksiyonu verileri EK-L'de verilmiştir.

5.3.7 Derz enjeksiyonları

Boyabat Barajı gövdesi $D_{maks}=150$ mm'lik beton kullanılan anolardan meydana gelmiştir. Gövde betonu, temelde +142,80 m kotundan başlayıp krette +335,00

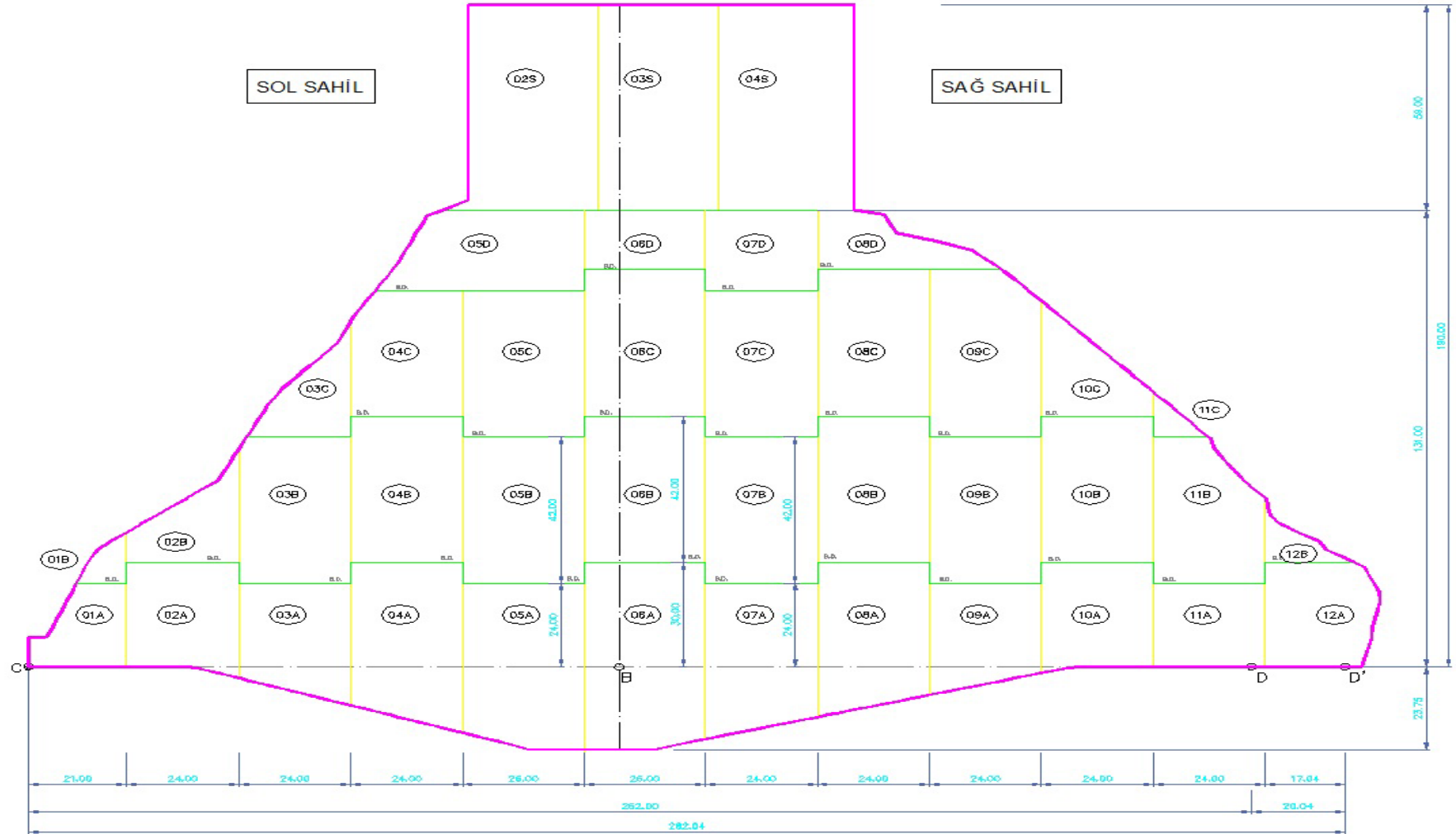
m kotunda bitmekte olup bazı istisnalar olmakla beraber genelde 3m'lik liftler halinde dökülmüştür. Anolar memba-mansap doğrultusunda a, b, c, d ve s harfleriyle, sağ-sol sahil doğrultusunda ise 1'den 12'ye kadar olan sayılarla isimlendirilmiştir. Her ano bir diğer anoyla memba-mansap doğrultusunda ve sağ-sol sahil doğrultusunda derzler oluşturmuştur. Baraj gölündeki suyun hidrostatik basıncının etkisiyle bu derzlerden su kaçağı olabilmektedir. Bu kaçağı ortadan kaldırmak ve baraj gövdesinin tek parça halinde çalışmasını sağlamak amacıyla, derzlerin su tutucuyla çevrelenmiş bölümlerine derz enjeksiyonu yapılmıştır. Fotoğraf 5.7'de kütle betonu dökümü ve derz enjeksiyonu borularının beton anoları üzerindeki yerleşimi görülmektedir.



Fotoğraf 5.7. Beton yüzeyine yerleştirilen derz enjeksiyonu teçhizatı

Derz enjeksiyonları, “Boyabat Barajı ve HES İnşaatı Derz Enjeksiyonu Yapım Yöntemi” içerisindeki talimatlara ve kriterlere uygun bir şekilde uygulanmıştır (Tezel ve Altuğ, 2011).

Memba-mansap doğrultusunda uzanan derzlere enine derzler; sağ-sol sahil doğrultusunda uzanan derzlere ise boyuna derzler denilmektedir. Şekil 5.14'de derz yerleşim planı görülmektedir.



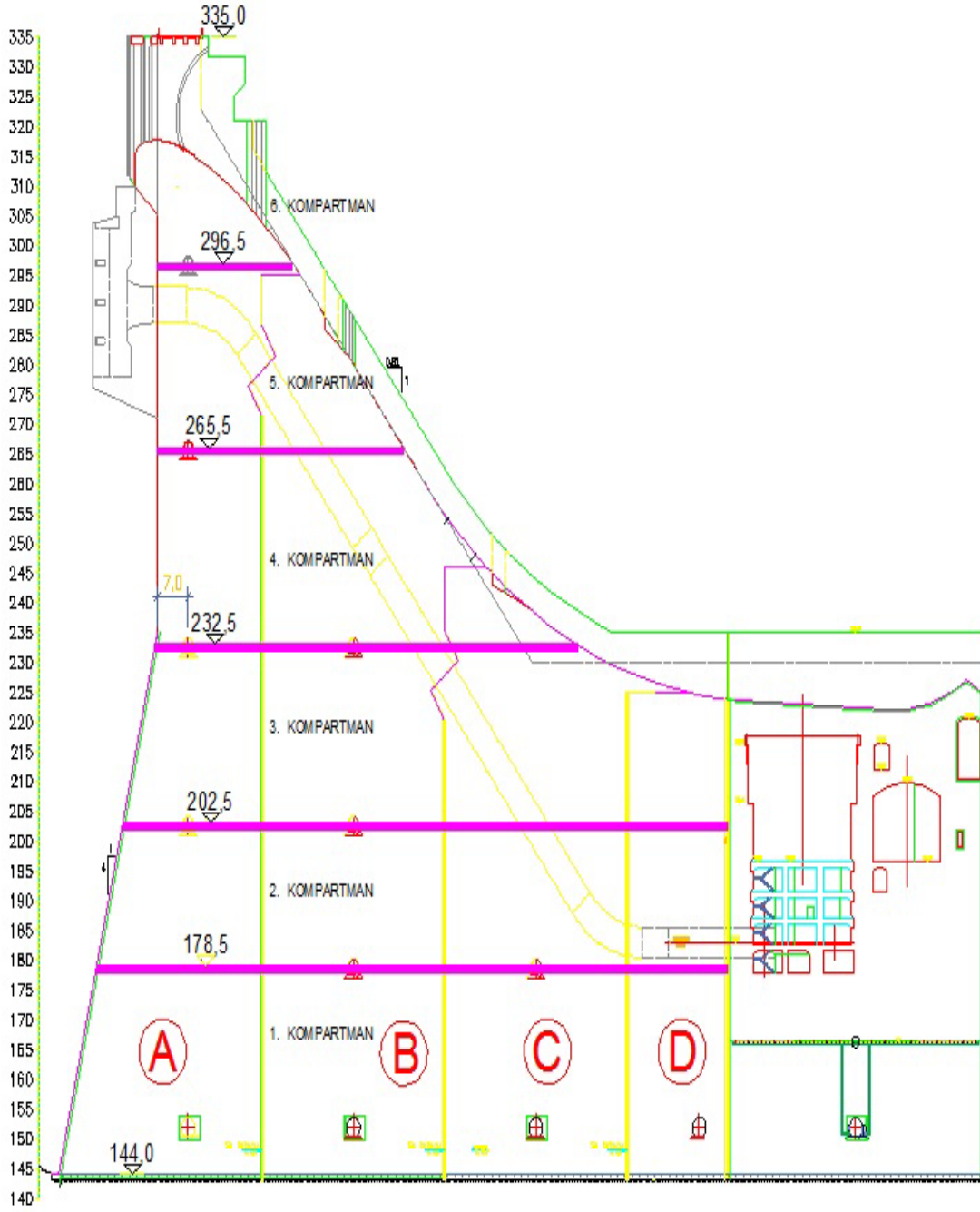
Şekil 5.14. Derzlerin plan görünümü

Derzler düşey su tutucularla, kompartmanlar ise yatay su tutucular birbirinden ayrılmıştır. Bir kompartmanın yüksekliği iki yatay su tutucu arasındaki mesafedir. Baraj temelinde 144,00 kotuna yerleştirilen yatay su tutucular birinci kademenin alt kotunu oluşturmaktadır. Üst kotlara yerleştirilecek yatay su tutucular ise her kontrol galerisi invertinin 1,00 m üstüne gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Boyabat Barajı derz enjeksiyonları 6 kompartmandan oluşmuştur. Çizelge 5.15'te kompartmanların sınırları ve yükseklikleri verilmiştir.

Çizelge 5.15. Derz enjeksiyonu kompartmanları

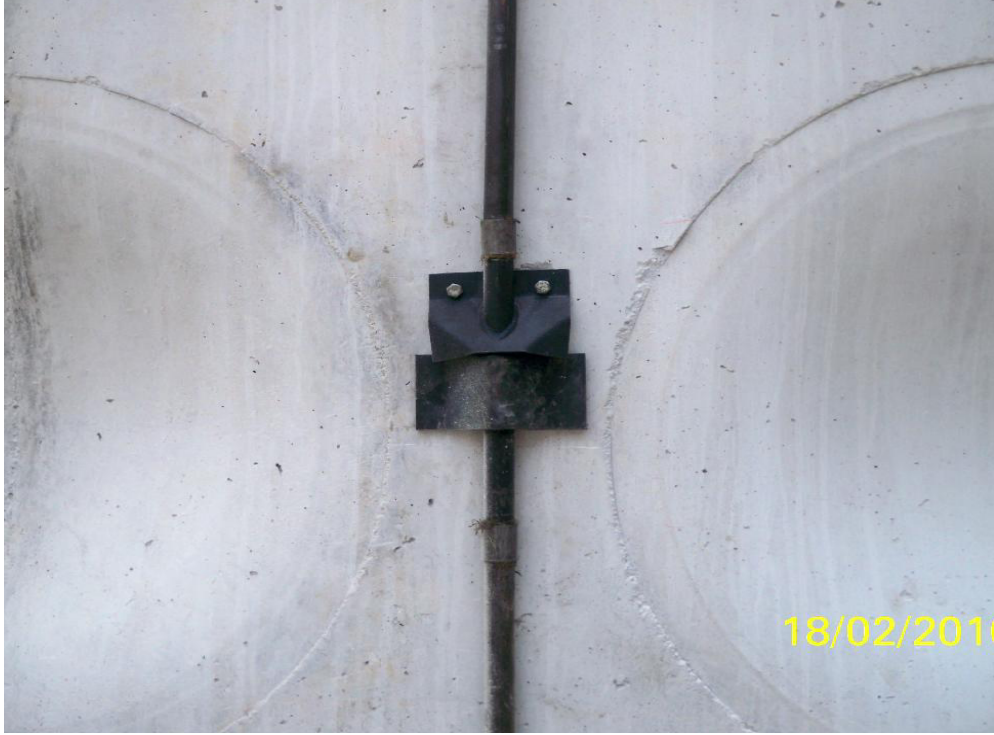
Kompartman Adı	Kompartman Sınırları	Kompartman Yüksekliği
K1	144,00 m – 178,50 m	34,50 m
K2	178,50 m – 202,50 m	24,00 m
K3	202,50 m – 231,50 m	29,00 m
K4	232,50 m – 265,50 m	23,00 m
K5	265,50 m – 296,50 m	31,00 m
K6	296,50 m – 334,00 m	37,50 m

Şekil 5.15'te derz enjeksiyonu kompartmanlarının kesiti verilmiştir.



Şekil 5.15. Derz enjeksiyonu kompartmanları

Beton dökümü tamamlanmış blokların yüzeylerine yatay aralıkları 4,00 m olacak şekilde $\frac{3}{4}$ " siyah boru monte edilmiştir. Döşenen bu boruların besleme uçları kademenin alt kotlarında, dönüş uçları ise kademenin üst kotlarında toplanarak en yakın kontrol galerisinden beton dışına çıkarılmıştır. Şekil 5.16'da derz yüzeyi ve derz enjeksiyonu vanalarının yerleşimi görülmektedir.



Fotoğraf 5.8. Derz enjeksiyonu vanası

Derzlerde su testi yapılması

Derz enjeksiyonuna başlamadan önce derzdeki bir devrenin besleme borusuna su verilmiş ve borunun dönüşünden temiz su geldikten sonra vana kapatılıp boruya su verilmeye devam edilmiştir. Devredeki derz vanalarının açılma basıncı belirlendikten sonra 5 bar basınç altında 5 dakikada derze giden su miktarı tespit edilmiş ve bu işlem tüm devreler için yapılarak ve kayıt altına alınmıştır.

Devrelerin testlerinden sonra derzlerin su testlerine geçilmiştir. Enjeksiyon yivi gidiş ve dönüş boruları kapatılmadan önce derz su ile yıkanarak tamamen temizlenmiştir. Bu işlem toplama borusundan temiz su gelene kadar devam etmiştir. Derzin temizlenmesi sonrası yapılan basınç uygulama testinde besleme borularından derze su verilerek ve toplama borusundan su gelmesi beklenmiştir. Enjeksiyon yivi gidiş ve dönüş borularından su gelmesinden sonra tahliye vanaları kapatılmıştır. Vana ile boru arasına yerleştirilmiş olan manometre 1 bar (enjeksiyon basıncının yarısı) basınca yükseldiğinde derze su verme işlemi durdurularak ve 10 dakika beklenmiştir. Basınçta bir düşüşün olmaması derzin

enjeksiyona hazır durumda olduğunu göstermektedir. Eğer basınç 1 bar'a ulaşmıyorsa, aynı zamanda da su alışı devam ediyorsa derzdeki kaçaklar miktarı ve kaçağın nereden olduğu araştırılarak gereken tamirat yapılmıştır. Derzlerin enjeksiyon işleminin tamamlanmasından sonra tüm derzlerdeki devreler tekrar su testine tabi tutulmuştur. I. faz su testlerinden farklı olarak her devreye 5 bar basınç altında 3 dakika boyunca su verilmiştir. İşlem sonunda alışın 5 lt/dk'yı geçtiği devrelere ikinci faz enjeksiyonu uygulanmıştır (Tezel ve Altuğ, 2011).

Derzlerin enjeksiyonu

Derz enjeksiyonuna başlamak için, enjeksiyon yapılacak olan o kompartmandaki tüm baraj gövde betonu bloklarının dökümünün gerçekleştirilmiş olması ve sıcaklıklarının 13°C'nin altına düşürülmüş olması temel kriterdir. Derz enjeksiyonunun başarılı bir şekilde yapılabilmesi için derz açıklığının 2-3 mm'ye ulaşması beklenmiştir.

Enjeksiyona başlamadan önce enjeksiyonu yapılacak derzin tavan ve tabanına, komşu derzlere, üst kompartmandaki derze ve açılma/kapanma olabileceği düşünülen diğer derzlere 0,01 mm hassasiyetli Fotoğraf 5.9'da görülen derz açıklık ölçer (komparatörler) yerleştirilmiştir.



Fotoğraf 5.9. Derz açıklık ölçer

Enjeksiyon yapılacak derzde 12 saat süreyle su dolaşımı sağlanarak, derz yüzeyleri suya doygun hale getirilmiştir. Bir derzin enjeksiyonuna başlamadan önce komşu derzlerde de serbest su dolaşımı sağlanmıştır. Karışım, enjekte edilen derzde kompartmanın tavanına ulaştığında, üst kompartmana enjeksiyon geçmiş ise bir üst kompartmandaki derzde de su dolaşımına başlanmıştır. Kaçak yok ise su dolaşımı yapılmamıştır.

Her kompartmanda, zorunlu olmamak kaydı ile devrelerin yarısı, sonradan kullanılmak üzere temiz olarak bırakılmıştır. Enjeksiyon şerbeti dönüş borularından geldikten sonra bu boruların dönüş vanaları kapatılmıştır. Enjeksiyon şerbetinin borulara pompalanmasının devam etmesiyle birlikte pompa basıncı yükselmiş ve derz içerisine yerleştirilmiş enjeksiyon vanalarının lastikleri bu basıncın etkisiyle açılarak şerbet derze yayılmaya başlamıştır. Derze yayılmaya başlayan enjeksiyon şerbeti derz içerisinde daha önce mevcut olan su ve havayı kompartmanın alt kotundan itibaren yukarıya doğru itmeye başlamıştır. Kompartmanların üst kotlarında su tutucuların hemen altında tesis edilen enjeksiyon yivi gidiş ve dönüş borularından önce hava, sonra su ve en son olarak enjeksiyon şerbeti gelmiştir.

Gelen karışımın besleme borularından verilen karışımla aynı özellikleri sağlamanın ardından (\pm toleranslı) bu boruların vanaları kapatılmıştır. Derze enjeksiyon şerbeti verilmeye devam edilerek ve derzin yavaş yavaş basınçlanması sağlanmıştır. Kompartman tabanındaki basınç derz yüksekliğine göre değişebilmektedir ancak kompartman tavanındaki refü basıncı 2 bar'dır. Kompartman üst kotunda, toplama kanalı ağzına yerleştirilen manometrede 2 bar basınç elde edildikten ve basınç sabitlendikten sonra enjeksiyon şerbetinin derze pompalanması durdurulmuştur. Enjeksiyon işleminin durmasından sonra 15 dakika beklenmiştir. Basınç 1 barın altına düşmüyorsa derzin enjeksiyonu başarılı bir şekilde tamamlanmış olarak kabul edilmiştir. 2. faz su testlerinden elde edilen sonuçlara göre gerekli derzlere 2. faz enjeksiyonları yapılmıştır. Derz enjeksiyonunun tamamlanmasından sonra, enjeksiyon şerbeti sertleşmeden önce tüm devre ve toplama oyuğu gidiş dönüş borularının yıkanarak temizlenmiştir. Tıkanma olmaması için şerbetin kıvamı belirli aralıklarla dönüş vanalarından kontrol edilmiştir (Tezel ve Altuğ, 2011).

5.3.7.1 Derz enjeksiyonu karışımları

Derz enjeksiyonlarında kullanılmak üzere yapılan deneme karışımlarından 2 tanesi uygun görülmüştür. M 361 no'lu karışım ana karışım olup, tüm derz enjeksiyonlarında kullanılmıştır. M368 no'lu karışım ise gerek görülen derzlerde kalın karışım olarak kullanılmıştır. Karışımlar perde enjeksiyonunda kullanılan çimento ile hazırlanmıştır. Çizelge 5.16'da derz enjeksiyonu karışımlarına ait parametreler verilmiştir.

Çizelge 5.16. Derz enjeksiyonu karışımlarına ait laboratuvar değerleri

Karışım Tipi	Çimento Tipi	BİLEŞİM										
		Ağırlık Olarak			1. Katkı Maddesi		2. Katkı Maddesi					
		S/Ç	Bentonit	Kum	Cinsi	Miktarı	Cinsi	Miktarı				
			%	%		%		%				
M361	CEM II B-P 32,5 R	0,70	-	-	Rheobuild 2000 PF	1,2	-	-				
M368	CEM II B-P 32,5 R	0,60	-	-	Rheobuild 2000 PF	1,2	-	-				
Karışım Tipi	VİSKOZİTE											
	Marsh - 4,76 mm				Prepact - 10 mm				Prepact - 12,7 mm			
	0'	15'	30'	45'	0'	15'	30'	45'	0'	15'	30'	45'
	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)	(sn)
M361	39,25	41,69	42,54	42,57								
M368	52,03											
Karışım Tipi	ÇÖKELME			PRİZ SÜRESİ		SICAKLIK	YOĞUNLUK	BASINÇ DAYANIMI				
	1 saat	2 saat	3 saat	Başı	Sonu	Şerbet	Şerbet	7 Gün	28 Gün			
	%	%	%	ss:dd	ss:dd	°C	gr/cm ³	(mPa)	(mPa)			
M361	0,5	0,5	0,5	08:05	09:47	17,0	1,600	15,5	24,2			
M368	0,0	0,0	0,0	05:35	06:50	15,4	1,670	21,4	29,9			

Enjeksiyon sonrasında derz boşluğunun enjeksiyon şerbeti ile dolmuş hali Fotoğraf 5.10'da görülmektedir.



Fotoğraf 5.10. Enjeksiyon sonrasında derzlerin görünümü

5.3.8 Gömülü eleman enjeksiyonları

Baraj inşaatı esnasında beton içerisinde kalan ve içerisinde yüksek basınçlı su hareketi olacak olan cebri boru, emme borusu, salyangoz, dipsavak gibi çelik yapıların etrafında kalması muhtemel boşlukları doldurmak maksadıyla enjeksiyon yapılmıştır. Bu yapıların etrafına beton döküldükten sonra iç kısımlarında çekiçle akustik kontrol yaparak boşlukların yerleri belirlenmiş ve buralarda çelik yapı üzerinde delikler açılarak enjeksiyon işlemi yapılmıştır. Yaptığımız enjeksiyonun mukavemetini kazanması sonrasında tekrar bu kontrol yapılmış ve boşluk belirlenmesi durumunda enjeksiyon işlemi tekrarlanmıştır. Fotoğraf 5.11'de beton içerisinde gömülü kalacak olan bir çelik eleman görülmektedir.



Fotoğraf 5.11. Beton öncesi bir gömülü eleman

Cebri boru, emme borusu gibi beton içine gömülü çelik borular ile beton arasında kalan boşlukların kontak enjeksiyonu, ilk aşamada borularda bırakılan deliklerden yapılmıştır, ikinci aşamada ise akustik(tıklama) yöntemi ile varlıkları saptanan boşluklar, borularda açılacak hava/enjeksiyon delikleri kullanılarak enjekte edilmiştir. Fotoğraf 5.12'de beton dökümü sonrası çelik eleman etrafında kalan boşluk görülmektedir.



Fotoğraf 5.12. Gömülü elemanların çevresinde oluşan boşluk

5.3.9 Epoksi reçine enjeksiyonları

Kütle betonunda meydana gelen çatlakların doldurulması ve olası su kaçaklarının önlenmesi amacıyla çatlakları kesecek şekilde beton içerisine açılan deliklerden epoksi enjeksiyonu yapılmıştır. Fotoğraf 5.13'te epoksi enjeksiyonu uygulaması görülmektedir.



Fotoğraf 5.13. Epoksi enjeksiyonu uygulaması

5.3.10 Poliüretan (köpük) enjeksiyonları

Derz enjeksiyonuna başlamadan önce derz enjeksiyonu tesisatı içerisinde su dolaştırılarak olası kaçaklar belirlenmiştir. Görünen derz açıklıklarındaki su kaçaklarını, sonrasında da meydana gelebilecek olan enjeksiyon kaçaklarını engellemek amacıyla yüzeye yakın olan derz birleşimlerine derz enjeksiyonu yapılmıştır. Fotoğraf 5.14'te poliüretan enjeksiyonu uygulaması görülmektedir.



Fotoğraf 5.14. Poliüretan (köpük) enjeksiyonu uygulaması

5.3.11 Boru süren enjeksiyonları

Boyabat Barajı ve HES İnşaatı kapsamında açılmış olan tünel zeminlerinde zaman zaman stabilite sorunları yaşanmıştır. Tünel zeminlerinin moloz bir yapıyı andırdığı tünellerde tünel aynası çelik iksayla desteklenip püskürtme betonu ile kaplandıktan sonra çelik iksa üzerinden tünel doğrultusunda ve tünel tavan hattı boyunca delikli boru çakılmış ve bu borular içerisinden enjeksiyon yapılmıştır. Zeminin enjeksiyonla kendini tutabilecek duruma getirilmesiyle kazıya devam edilmiştir ve ilerlendikçe çelik iksa ve püskürtme betonuyla destekleme yapılmıştır. Bu sorunla tekrar karşılaşıldığı durumda aynı yöntem tekrarlanarak kazı sürdürülmüştür. Fotoğraf 5.15'te boru süren enjeksiyonu uygulamasından bir kesit görülmektedir.



Fotoğraf 5.15. Boru süren enjeksiyonu uygulaması

5.3.12 Pasif ankraj enjeksiyonları

Baraj gövdesi açık kazıları esnasında zeminde kayma tehlikesi gösteren kaya kütlelerini daha gerilerdeki sağlam kayalara tutturmak için zemine pasif ankraj enjeksiyonu uygulanmıştır. Yer yer tünellerde de pasif ankraj uygulaması yapılmıştır. Fotoğraf 5.16'da pasif ankraj enjeksiyonu uygulamasından bir kesit görülmektedir.



Fotoğraf 5.16. Pasif ankraj enjeksiyonu uygulaması

5.3.13 Öngermeli ankraj enjeksiyonları

Gövde betonlarının üretimi yapan beton santralleri için inşa edilen agrega bunkerleri kazıklı temel üzerine oturtulmuştur. Ayrıca bu yapılar öngermeli ankrajlarla yamaçlardaki sağlam kayaya tutturulmuşlardır. Fotoğraf 5.17'de öngermeli ankraj uygulamasından bir kesit görülmektedir.



Fotoğraf 5.17. Öngermeli ankraj enjeksiyonu uygulaması

BÖLÜM VI

SONUÇ

Bu tez çalışmasında baraj inşaatlarında karşılaşılan problemlerden biri olan geçirimsizlik probleminin çözümü için uygulanan enjeksiyon yönteminden bahsedilmiştir. Boyabat Barajı ve Hidroelektrik Santrali inşası esnasında yapılan enjeksiyon işlemleri detaylı şekilde irdelenmiş, anlatılmış ve aşağıdaki işlemler yapılarak bu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Baraj temelinden, sağ ve sol sahildeki galerilerden yapılan perde enjeksiyonlarının yanı sıra kontak, konsolidasyon, bağlantı enjeksiyonlarının da sonuçları grafikler eşliğinde ele alınarak değerlendirilmiştir.
- Geçirimsizlik perdesi enjeksiyonuna ait katı madde alış grafikleri ile enjeksiyon öncesi ve sonrasına ait lugeon (lujyon) değerleri hesaplanmıştır.
- Boyabat Barajı geçirimsizlik perdesinin, enjeksiyon sonrası elde edilen değerlerle geçirimsizliği belirlenmiştir.
- Enjeksiyon perdesinin başarısını kontrol etmek için; enjeksiyondan önceki ve enjeksiyon sonraki lujyon değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır ve enjeksiyon öncesinde tespit edilen yüksek geçirimli bölgeler enjeksiyon sonrasında yapılan basınçlı su testi sonuçlarına göre %100'e yakın bir şekilde geçirimsiz hale gelmiştir.

KAYNAKLAR

Aslan, A., Boyabat Su-Yapı/Yapı Teknik Boyabat Barajı Perde Enjeksiyonu Final Deęerlendirme Raporu, Sinop, 2012, (yayımlanmamış).

BDE, Boyabat Barajı ve HES İnaaatı Delgi ve Enjeksiyon İşleri Genel Yapım Yöntemi, 2011, (yayımlanmamış).

BTYK, Boyabat Barajı ve HES İnaaatı Temel ve Yamaç Kontak-Konsolidasyon Enjeksiyonu Yapım Yöntemleri, 2011, (yayımlanmamış).

BİB, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, DSİ Boyabat Barajı ve Hes İnaaatı Kati Proje Cilt I, Ankara, 1987.

Canik B., Mühendislik Jeolojisi Ders Notları, *AÜ Fen Fakültesi*, Ankara, 1997

Çinicioğlu, S. F., Zemin Mekanięinde Harç Enjeksiyonu. *İstanbul Üniversitesi Yayını*, Üniversite Yayın No: 4021, Mühendislik Fakültesi Yayın No: 100, 1997.

DSİ Genel Müdürlüęü, Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi, Ankara, 1993.

ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Boyabat Barajı ve HES İnaaatı Çalışma Raporu, No: 111, 1997.

Erguvanlı, K., Mühendislik Jeolojisi, *Seç Yayınları*, 1982.

Ertunç, A., Mühendislik Jeolojisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta, 2003.

Fell, R., Macgregor, P. and Staplan, D. “Geotechnical Engineering of Embakment Dams”, *Balkema*, 1992.

Helvacı, D., “Dim Barajının Dinamik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 2009.

http://web.mst.edu/~rogersda/teton_dam/Failure%20of%20Teton%20Dam.jpg,
(Erişim Tarihi:11.04.2012).

ICOLD, “Filling Materials for Watertight Cutoff Walls”, *International Commission on Large Dams*, Bulletin 51, 1985.

ISRM Congress, “ISRM Rock Grouting Commission On Rock Grouting”, 1995.

Kayabalı, K., Mühendislik Jeolojisi ve İnşaat, *Gazi Kitabevi*, Ankara, 2006.

Lenzini, P.A. and Bruss, B., Ground Stabilization: Review Of Grouting and Freezing Techniques for Underground Openings, *Department of Transportation Report, No: FRA ORD and D 75-95*, 1975.

Lugeon, M., Barrages et Geologie, Methods de recherches terrasement et impermeabilisation, *Libraire des Iniversite*, 1993.

Nonveiller, E., “Grouting Theory and Practice”, *Elsevier Science Publishig Company*, 1989.

Özaydın, K., Zemin Mekaniği, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 2000.

Özbek, E., Deneme Enjeksiyonlarının Yapımı ve Değerlendirilmeleri, *DSİ Jeoteknik Semineri*, Seminer Kitabı, Ankara, 1987.

Özkan, H., Enjeksiyon Yöntemleri ve Uygulamaları, Ankara, 2006.

Parchem, Ultra-superfine Cementitious Soil Stabilization Grout - Alofix MC Technical Data Sheet, (www.partech.com.au), Sydney, 2009.

Powell, J.J.M and Morgenstren, N.R., “The Use and Performance of Seepage Prediction Measures in Seepage and Leakage from Dams and Impoundments”, *ASCE*, 1985.

Shroff, A.V. and Shah, D.L., “Grouting Technology in Tunneling and Dam Construction”, *Balkema*, 1993.

Şahinoğlu, C. “Enjeksiyon Üzerine Teorik ve Pratik Bilgiler”, *DSİ Jeoteknik Semineri*, Seminer Kitabı, Cilt 1, İstanbul, 1987.

Şekercioğlu, E., Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, No:28, Ankara, 1998.

Tezel, H. C., Altuğ S., Boyabat Barajı ve HES İnşaatı Derz Enjeksiyonu Yapım Yöntemi, 2011, (yayımlanmamış).

Tolun, M. G., Barajlar ve Hidroelektrik Tesislerin Planlama Düzeyinde Projelendirme Kriterleri, EİEİ Eğitim Notları, *DOLSAR Mühendislik Limited Şti.*, Ankara, 1995, (yayımlanmamış).

Tosun, H., “Dolgu Barajlarda Enjeksiyon Perdesi Tasarım Esasları ve Türkiye Pratiği” *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Sekizinci Ulusal Kongresi*, 26-27 Ekim, İTÜ, İstanbul, 2000.

Tosun, H., “Geçirimli Zeminler ve İyileştirme Esasları”, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 430, 2004.

Turfan, M. and Tatlıdil, A., “Low Strength Concrete Curtain Application at Tahtalı Dam” *International 17th Congress on Large Dams: V.3. Q66*, Vienne, 1017-1033, 1991.

USBR, “Design of Small Dams” Third Edition, *U.S. Department of Interior Bureau of Reclamation*, Denver, 1987.

Warner, J., "Compaction Grouting-The First Thirty Years", Grouting in Geotechnical Engineering, 1982.

EKLER

EK-A Tesisler ve kullanılan ekipmanlar



EK-A (Devam) Tesisler ve kullanılan ekipmanlar



EK-A (Devam) Tesisler ve kullanılan ekipmanlar



EK-A (Devam) Tesisler ve kullanılan ekipmanlar



EK-A (Devam) Tesisler ve kullanılan ekipmanlar



EK-A (Devam) Tesisler ve kullanılan ekipmanlar



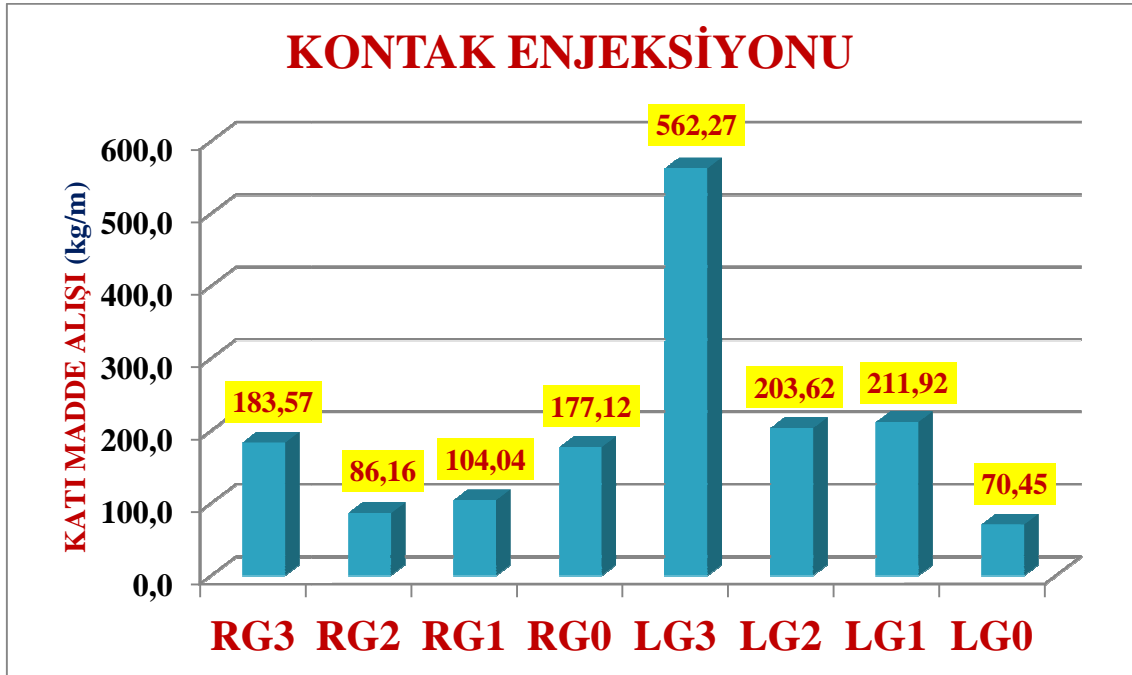
EK-A (Devam) Tesisler ve kullanılan ekipmanlar



EK-B Kontak enjeksiyonuna ait veriler

Galeri Adı	Toplam Delgi Sayısı	Toplam Delgi Boyu	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Toplam Hacim
	(adet)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
RG3	14	11,20	1,8	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,565
RG2	185	148,00	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,942
RG1	244	195,20	25,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,392
RG0	29	23,20	2,5	0,0	0,9	1,3	0,0	0,0	0,0	4,737
LG3	22	17,60	3,9	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	12,314
LG2	134	107,20	24,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	27,267
LG1	146	116,80	30,2	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	30,941
LG0	30	24,00	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,114
	804	643,20	105,7	0,0	14,2	1,3	0,0	0,0	0,0	121,272

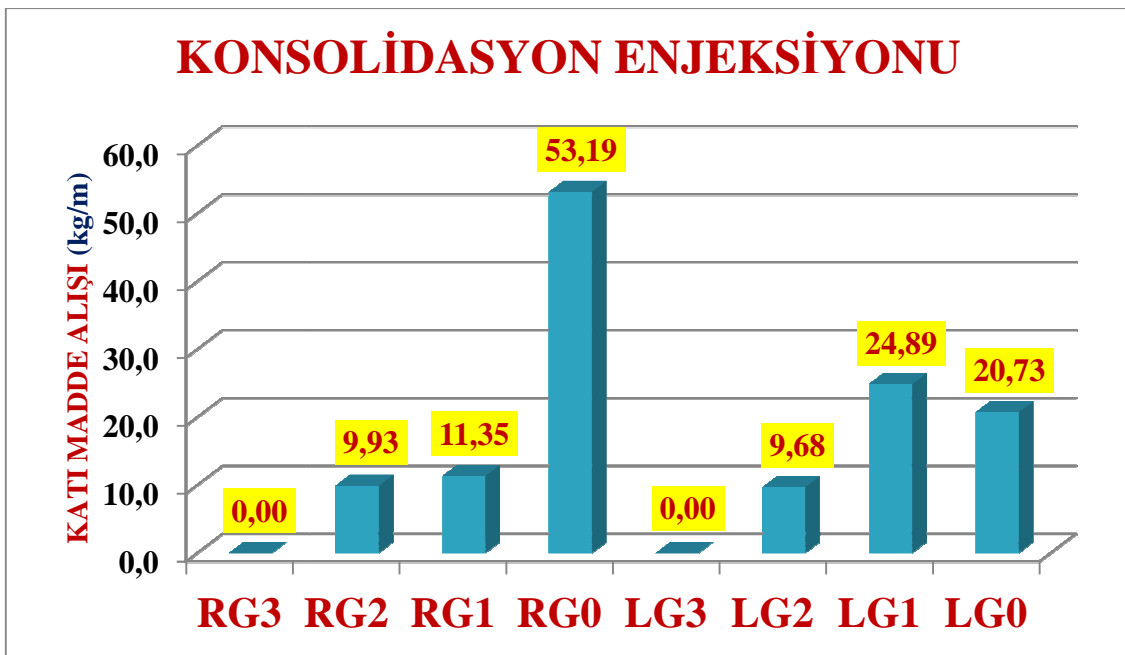
Galeri Adı	Çimento	Rheobuild 2000 PF	Pozzolith 110 HE	Kum	Bentonit	Toplam Katı Madde	Ortalama Katı Madde Alışı
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(kg/m)
RG3	2,04	0,01	0,00	0,00	0,01	2,06	183,57
RG2	12,66	0,09	0,00	0,00	0,00	12,75	86,16
RG1	20,17	0,14	0,00	0,00	0,00	20,31	104,04
RG0	3,62	0,03	0,00	0,45	0,02	4,11	177,12
LG3	9,76	0,07	0,00	0,00	0,07	9,90	562,27
LG2	21,65	0,15	0,00	0,00	0,03	21,83	203,62
LG1	24,57	0,17	0,00	0,00	0,01	24,75	211,92
LG0	1,68	0,01	0,00	0,00	0,00	1,69	70,45
	96,15	0,67	0,00	0,45	0,12	97,39	151,42



EK-C Konsolidasyon enjeksiyonuna ait veriler

Galeri Adı	Toplam Delgi Sayısı	Toplam Delgi Boyu	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Toplam Hacim
	(adet)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
RG3	-	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
RG2	731	3.195,10	36,3	3,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	39,633
RG1	970	4.240,00	47,0	6,9	2,0	3,2	0,0	0,0	0,0	59,135
RG0	175	1.113,75	38,7	24,4	2,9	6,1	0,0	0,0	0,0	72,103
LG3	-	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
LG2	521	2.277,35	20,4	0,0	2,6	3,5	0,0	0,0	0,0	26,500
LG1	572	2.500,45	55,6	17,2	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	77,686
LG0	179	1.139,15	21,5	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,484
	3.148	14.465,80	219,5	59,5	12,8	12,7	0,0	0,0	0,0	304,541

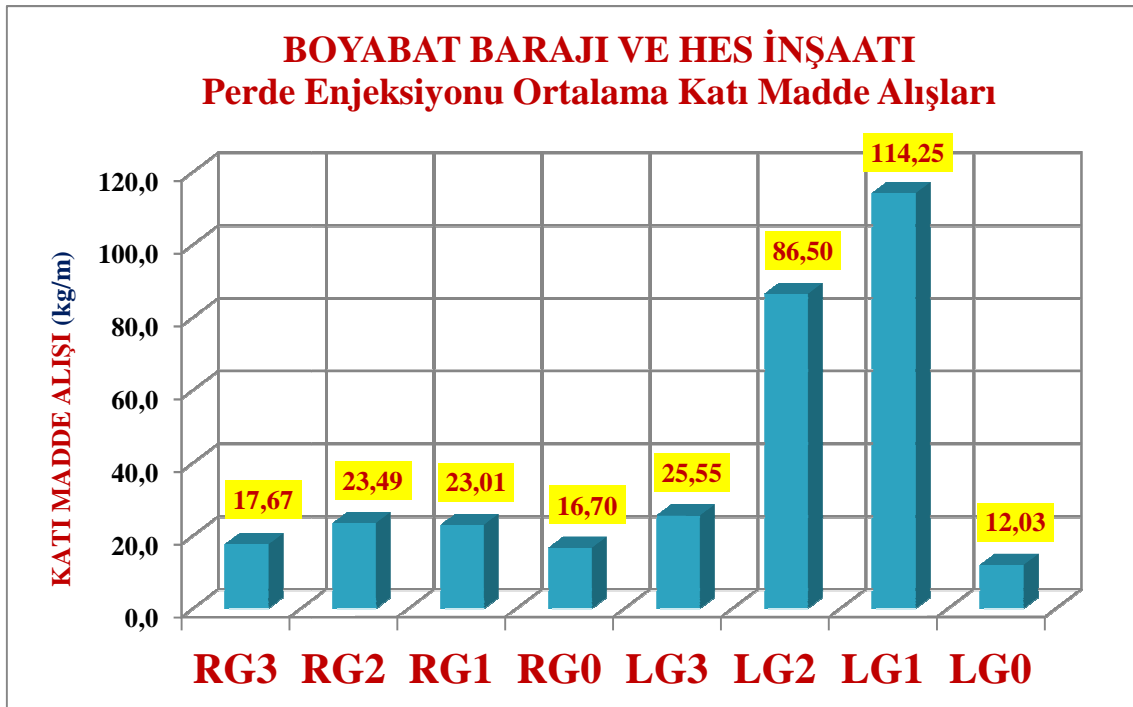
Galeri Adı	Çimento	Rheobuild 2000 PF	Pozzolith 110 HE	Kum	Bentonit	Toplam Katı Madde	Ortalama Katı Madde Alışı
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(kg/m)
RG3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RG2	31,46	0,22	0,03	0,00	0,00	31,71	9,93
RG1	46,58	0,33	0,07	1,10	0,04	48,11	11,35
RG0	56,47	0,40	0,23	2,08	0,06	59,24	53,19
LG3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LG2	20,67	0,14	0,00	1,20	0,04	22,05	9,68
LG1	61,60	0,43	0,16	0,00	0,04	62,23	24,89
LG0	23,37	0,16	0,08	0,00	0,00	23,61	20,73
	219,64	1,54	0,53	3,17	0,14	225,02	16,13



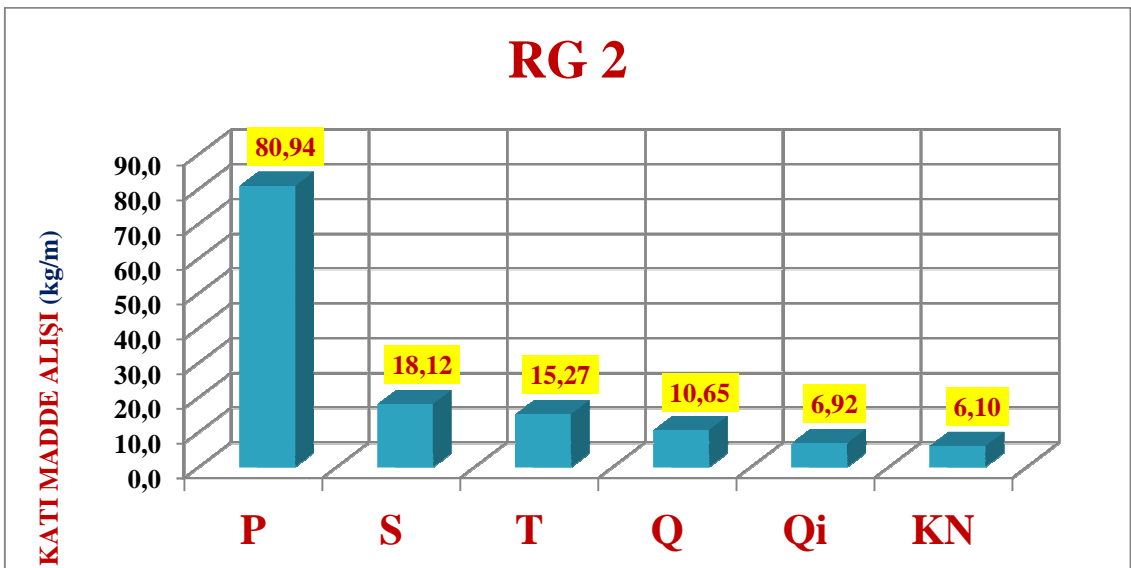
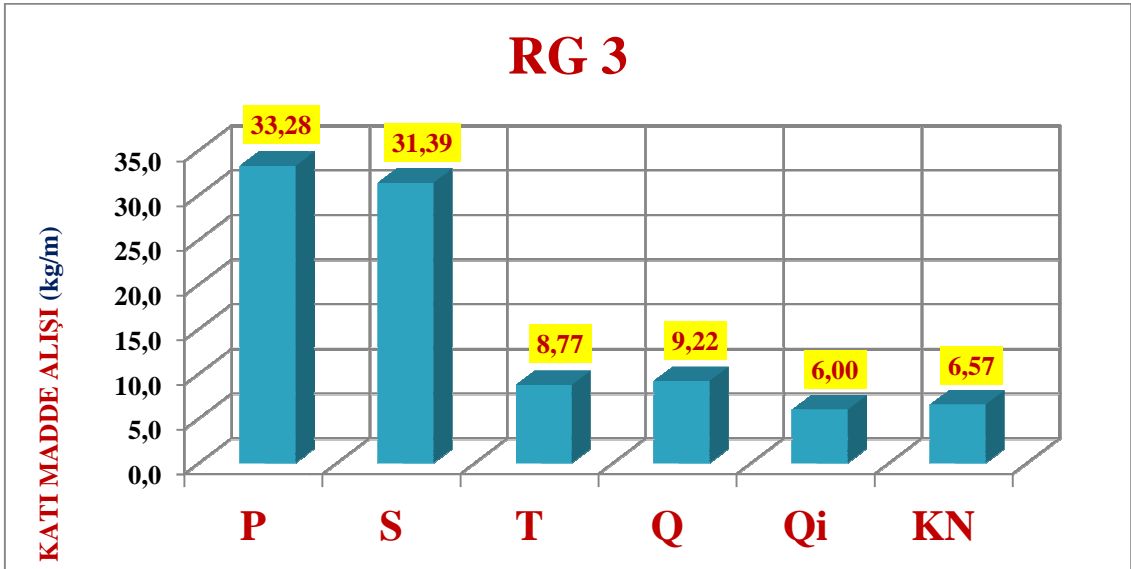
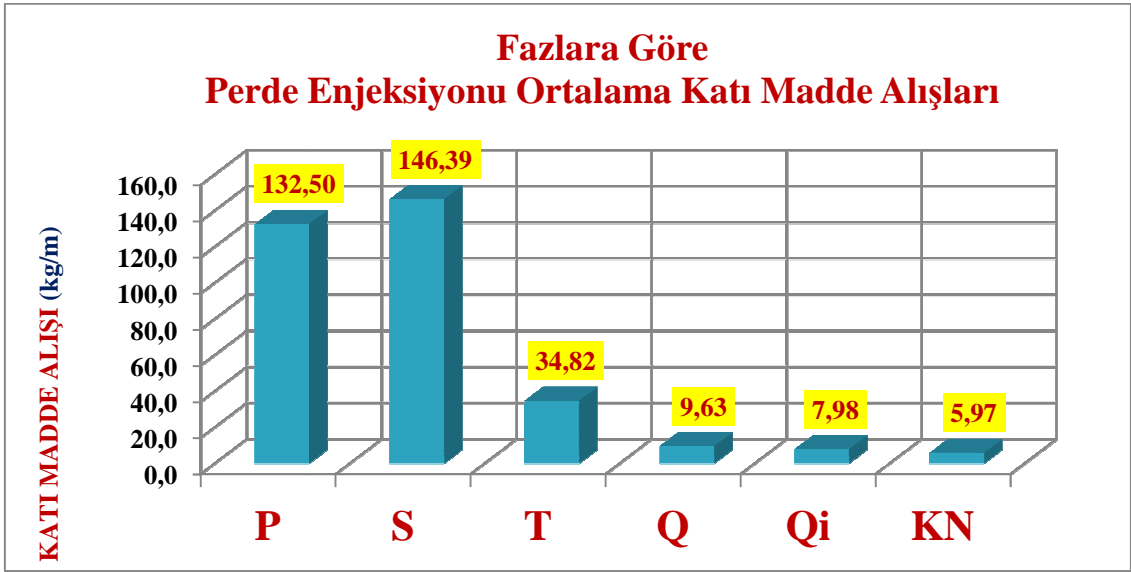
EK-D Perde enjeksiyonu ait veriler

Galeri Adı	Toplam Delgi Sayısı	Toplam Delgi Boyu	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Toplam Hacim
	(adet)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
RG3	130	6.576,50	119,0	23,2	2,2	0,5	0,0	0,0	0,0	144,985
RG2	260	13.125,50	297,4	60,5	4,2	7,3	6,6	2,0	0,0	378,059
RG1	381	56.904,50	1.017,9	175,0	63,2	61,9	116,8	70,8	0,0	1.505,569
RG0	65	5.927,50	103,7	18,2	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	123,657
LG3	133	6.618,75	156,0	26,2	12,2	9,1	3,3	0,0	0,0	206,742
LG2	203	13.033,50	336,6	136,5	18,2	5,1	3,2	531,5	0,0	1.031,135
LG1	266	33.471,00	1.222,8	299,9	117,1	213,6	579,6	1.153,1	6,0	3.591,974
LG0	71	6.300,00	81,1	13,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,686
	1.509	141.957,25	3.334,5	753,1	218,9	297,5	709,4	1.757,4	6,0	7.076,806

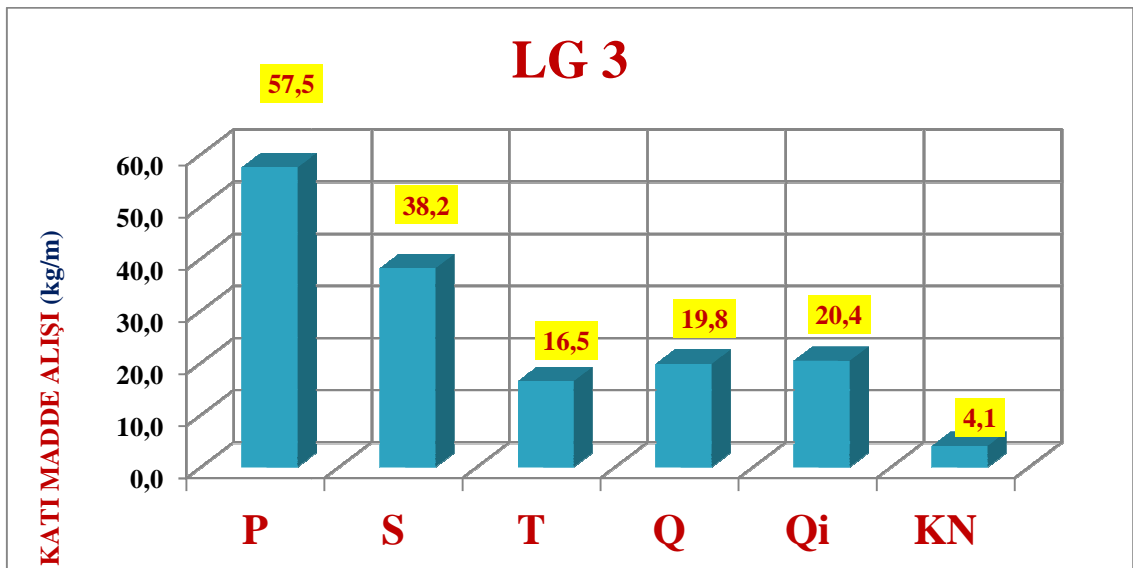
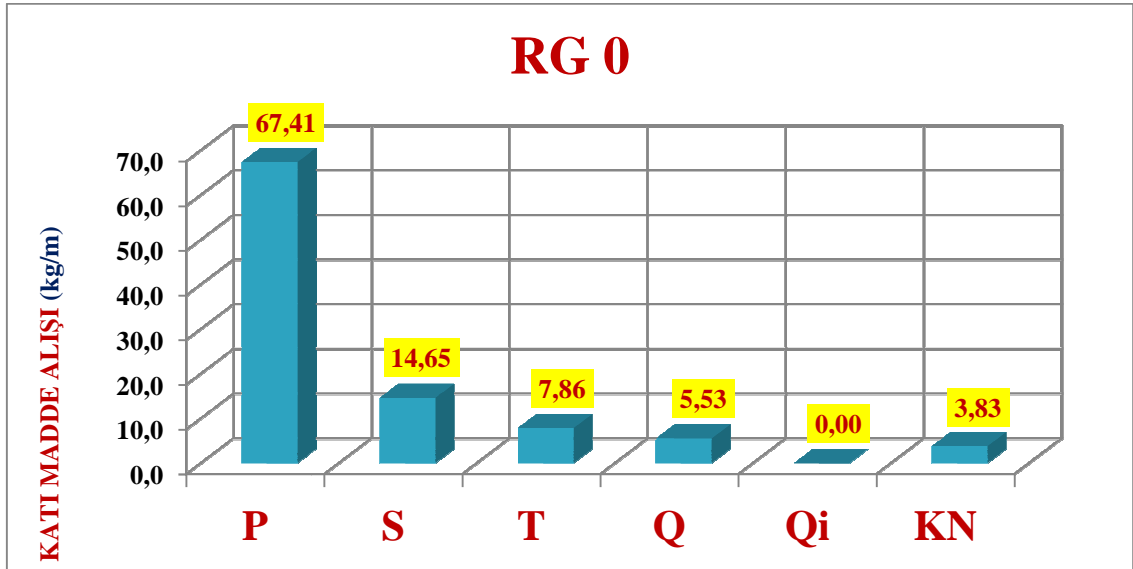
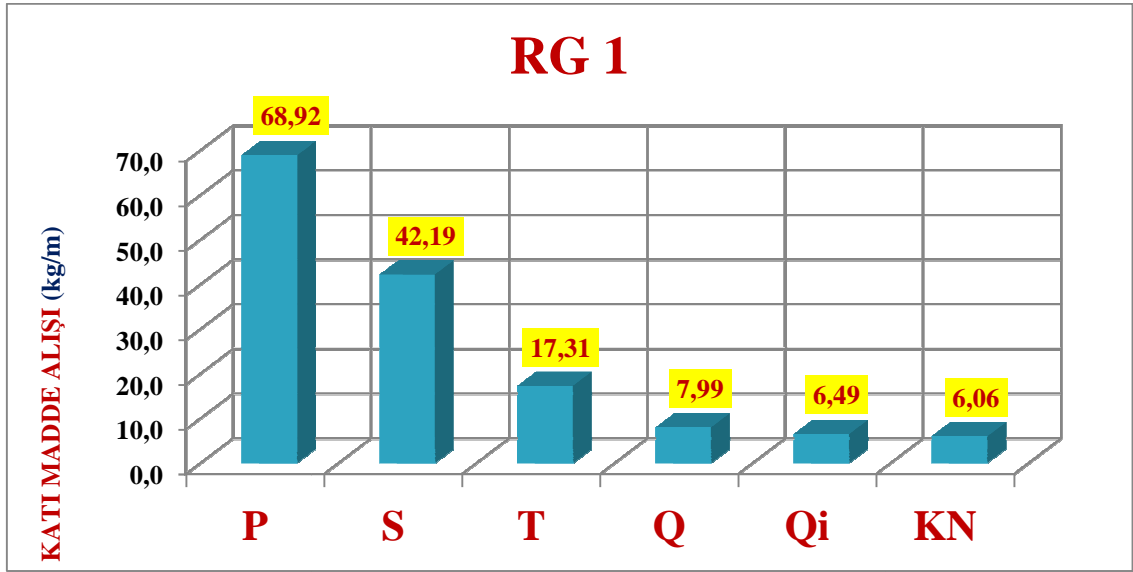
Galeri Adı	Çimento	Rheobuild 2000 PF	Pozzolith 110 HE	Kum	Bentonit	Toplam Katı Madde	Ortalama Katı Madde Alışı
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(kg/m)
RG3	114,97	0,80	0,22	0,18	0,02	116,19	17,67
RG2	297,40	2,08	0,57	8,14	0,13	308,33	23,49
RG1	1.148,08	8,04	1,66	149,45	2,02	1.309,23	23,01
RG0	98,11	0,69	0,17	0,00	0,01	98,99	16,70
LG3	162,44	1,14	0,25	5,10	0,18	169,10	25,55
LG2	682,74	4,78	1,29	435,45	3,08	1.127,34	86,50
LG1	2.425,29	16,98	2,84	1.366,68	12,18	3.823,95	114,25
LG0	75,13	0,53	0,13	0,00	0,00	75,79	12,03
	5.004,16	35,03	7,13	1.964,99	17,62	7.028,93	49,51



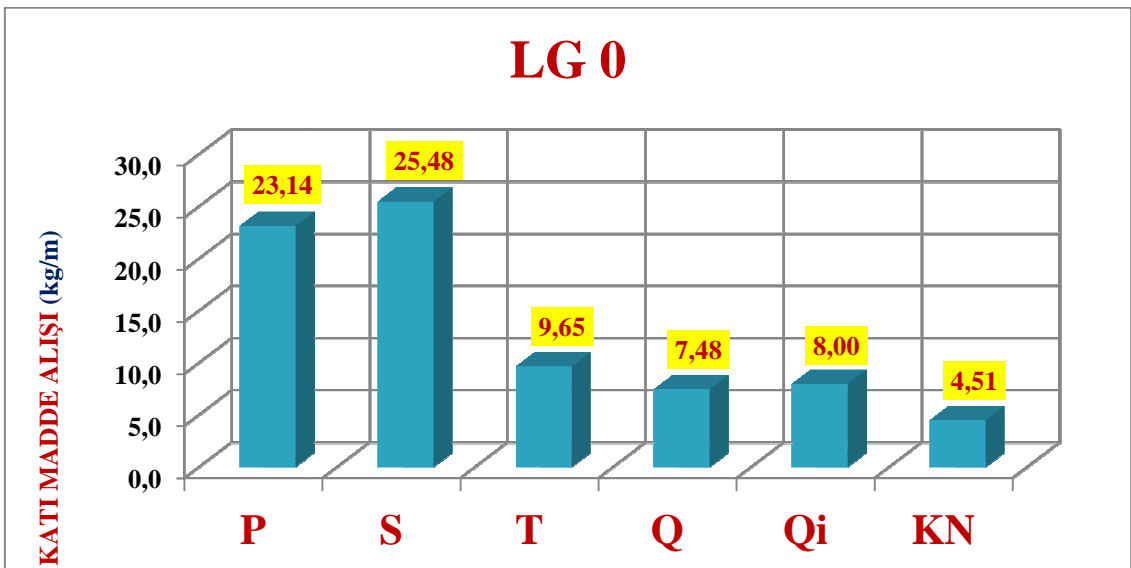
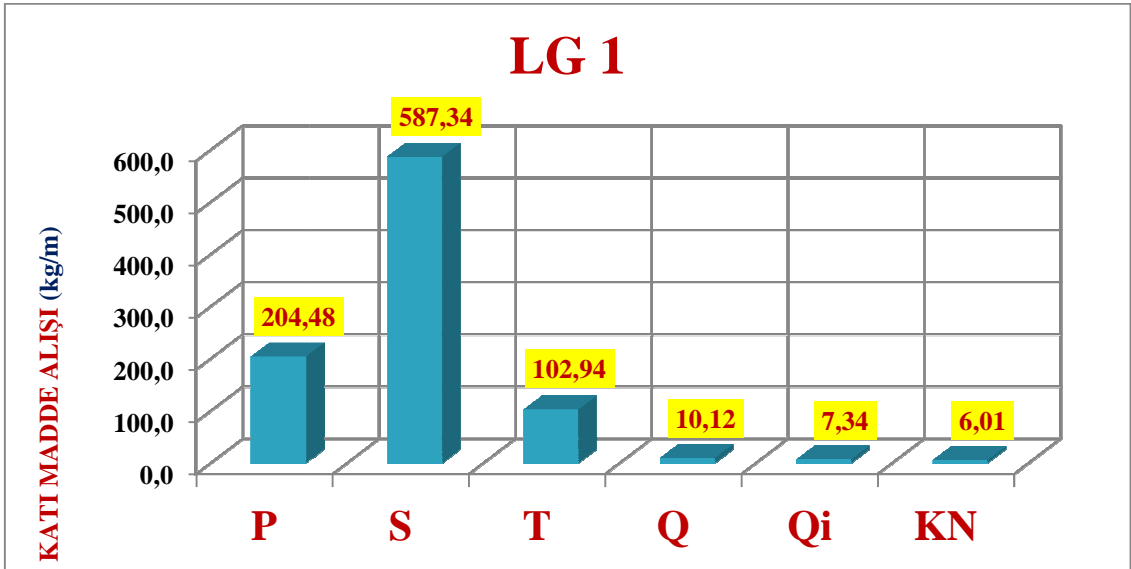
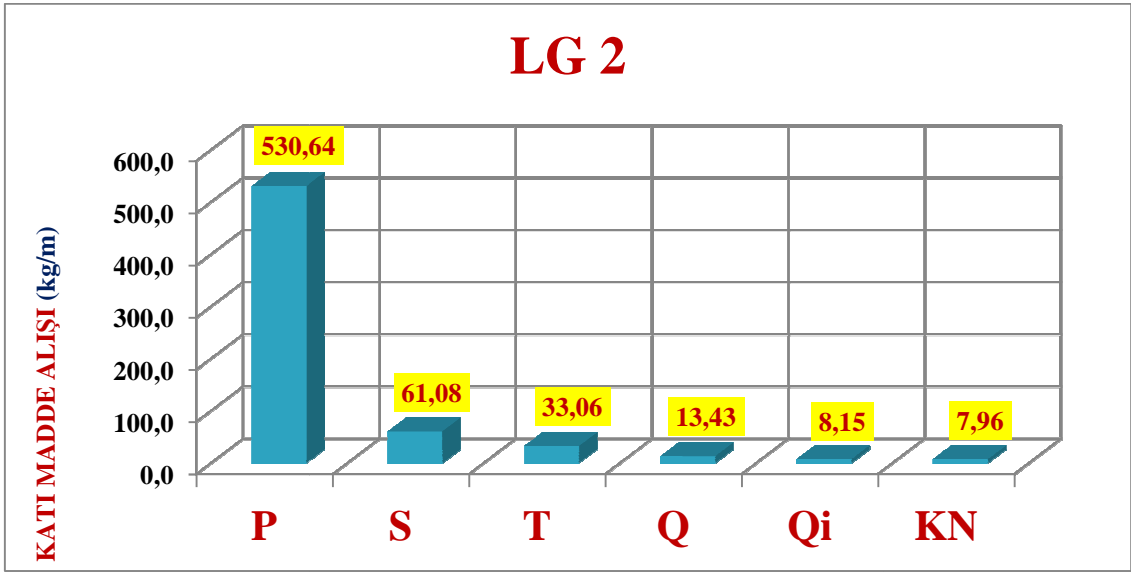
EK-D (Devam) Perde enjeksiyonuna ait veriler



EK-D (Devam) Perde enjeksiyonun ait veriler



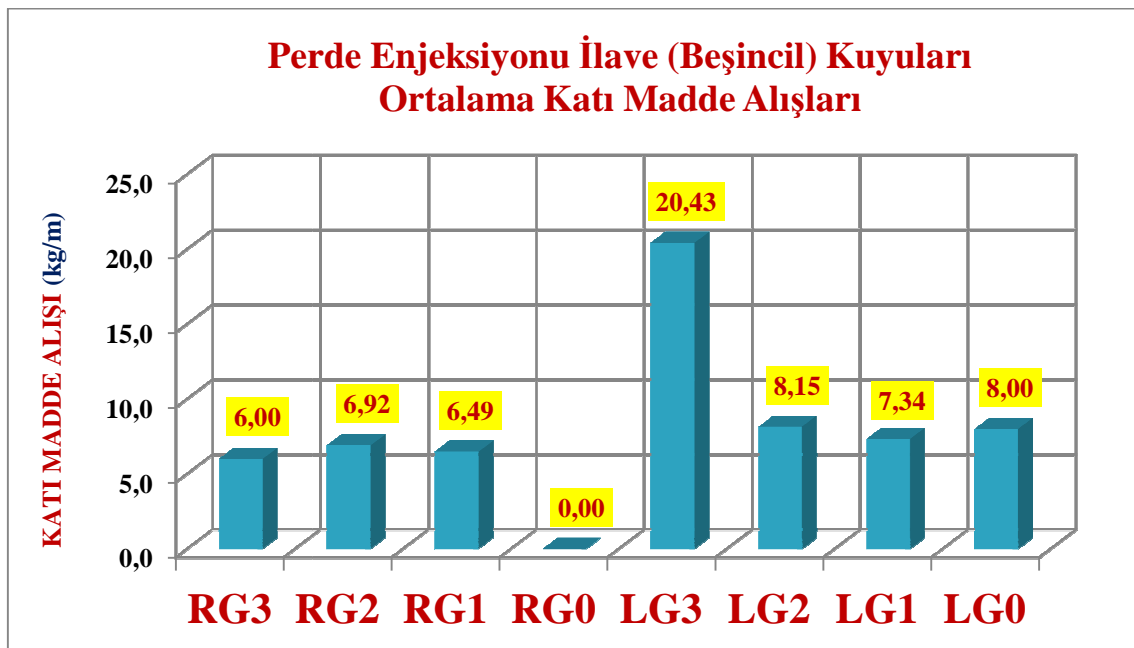
EK-D (Devam) Perde enjeksiyonuna ait veriler



EK-E Perde enjeksiyonu ilave (beşincil) kuyularına ait veriler

İLAVE	Toplam Delgi Sayısı	Toplam Delgi Boyu	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	TOPLAM HACİM
	(adet)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
RG3	2	20,00	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,150
RG2	16	422,00	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,649
RG1	14	1.215,00	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,865
RG0	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
LG3	10	281,00	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,179
LG2	20	1.093,00	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,141
LG1	29	2.204,50	20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,228
LG0	4	60,00	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,600
	95	5.295,50	52,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,812

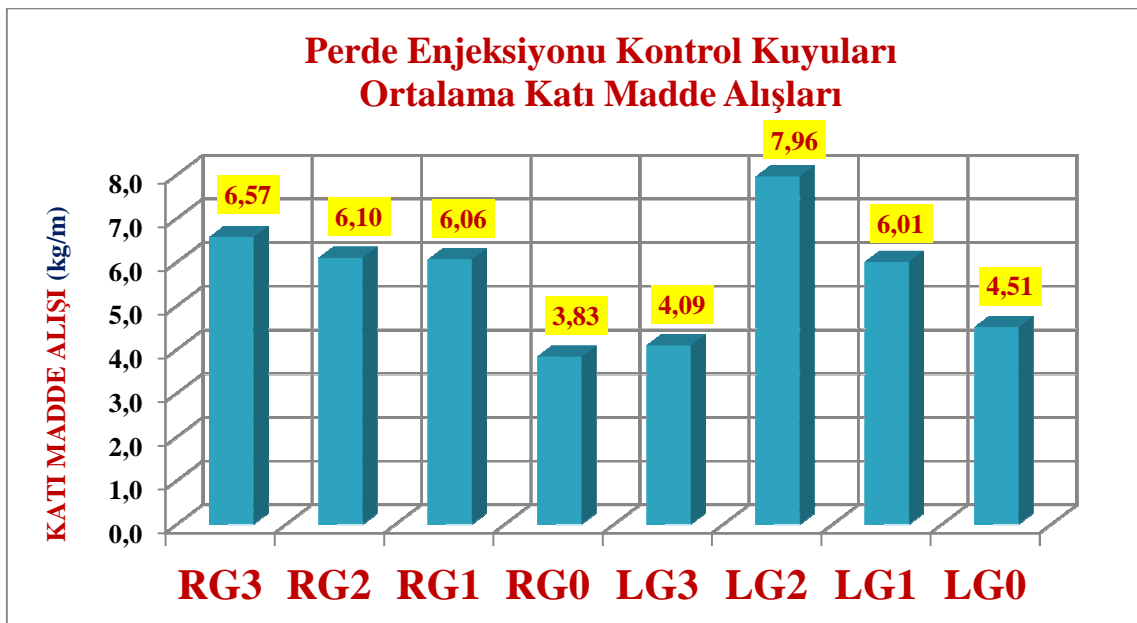
İLAVE	Çimento	Rheobuild 2000 PF	Pozzolith 110 HE	Kum	Bentonit	Toplam Katı Madde	Ortalama Katı Madde Alışı
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(kg/m)
RG3	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	6,00
RG2	2,90	0,02	0,00	0,00	0,00	2,92	6,92
RG1	7,84	0,05	0,00	0,00	0,00	7,89	6,49
RG0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LG3	5,70	0,04	0,00	0,00	0,00	5,74	20,43
LG2	8,85	0,06	0,00	0,00	0,00	8,91	8,15
LG1	16,07	0,11	0,00	0,00	0,00	16,18	7,34
LG0	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	8,00
	41,95	0,29	0,00	0,00	0,00	42,24	7,98



EK-F Perde enjeksiyonu kontrol kuyularına ait veriler

KONTROL	Toplam Delgi Sayısı	Toplam Delgi Boyu	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	TOPLAM HACİM
	(adet)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
RG3	7	455,00	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,738
RG2	11	726,00	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,536
RG1	17	2.873,00	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,755
RG0	5	535,00	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,565
LG3	6	354,50	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,814
LG2	12	934,00	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,294
LG1	13	2.025,00	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,210
LG0	5	535,00	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,017
	76	8.437,50	62,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,929

KONTROL	Çimento	Rheobuild 2000 PF	Pozzolith 110 HE	Kum	Bentonit	Toplam Katı Madde	Ortalama Katı Madde Alışı
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(kg/m)
RG3	2,97	0,02	0,00	0,00	0,00	2,99	6,57
RG2	4,40	0,03	0,00	0,00	0,00	4,43	6,10
RG1	17,28	0,12	0,00	0,00	0,00	17,40	6,06
RG0	2,04	0,01	0,00	0,00	0,00	2,05	3,83
LG3	1,44	0,01	0,00	0,00	0,00	1,45	4,09
LG2	7,38	0,05	0,00	0,00	0,00	7,43	7,96
LG1	12,08	0,08	0,00	0,00	0,00	12,17	6,01
LG0	2,40	0,02	0,00	0,00	0,00	2,41	4,51
	49,98	0,35	0,00	0,00	0,00	50,33	5,97



EK-G RG3 karotlu perde kuyuları katı madde alışı ve lujyon değerleri

RG3 PERDE	RG3-P-216-P		RG3-P-252-P		RG3-P-288-P		RG3-P-324-P		RG3-P-360-P		RG3-P-396-P		RG3-P-432-P	
	kg/m	lujyon	kg/m	lujyon	kg/m	lujyon	kg/m	lujyon	kg/m	lujyon	kg/m	lujyon	kg/m	lujyon
0-5	62,1	11,5	3,8	0,3	4,0	0,4	2,6	2,6	6,6	1,8	4,3	1,5	6,6	1,1
5-10	4,3	1,1	5,0	0,5	6,7	1,1	7,2	2,6	18,7	0,1	5,0	0,2	2,1	0,5
10-15	10,1	0,8	5,1	0,6	4,3	0,4	1,9	7,2	4,6	0,3	2,7	0,1	4,0	0,1
15-20	5,8	0,4	4,6	0,6	4,0	0,2	2,9	1,9	2,9	0,3	2,4	0,1	4,5	0,1
20-25	10,4	0,2	6,7	0,0	6,2	0,3	4,2	2,9	5,3	0,0	2,7	0,1	5,1	0,2
25-30	7,5	1,1	3,4	0,0	12,0	0,3	8,2	4,2	4,6	0,3	2,2	0,5	4,0	0,2
30-35	8,5	0,3	5,0	0,0	5,9	0,2	43,5	8,2	6,4	0,1	3,7	1,1	5,8	0,1
35-40	5,6	0,2	8,0	0,4	14,2	1,3	5,9	5,9	2,7	0,0	4,2	0,5	3,4	0,1
40-45	5,0	0,3	4,2	0,0	36,8	0,1	2,6	2,6	73,6	0,1	2,6	0,6	4,3	0,3
45-50	4,0	0,2	4,6	0,0	13,9	0,0	3,5	3,5	4,2	0,0	2,6	0,2	5,6	0,2
50-55	6,0	0,1	22,8	0,0	76,8	0,1	10,0	0,7	387,3	0,8	14,4	0,1	3,0	0,2

EK-G (Devam) RG3 kontrol kuyuları katı madde alışları ve lujiyon değerleri

RG3 KONTROL	RG3-P-432-KN-1		RG3-P-396-KN-2		RG3-P-360-KN-3		RG3-P-324-KN-4		RG3-P-288-KN-5		RG3-P-252-KN-6		RG3-P-216-KN-7	
	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon
0-5	8,2													
5-10	1,9	0,1	3,4	0,0	4,0	0,0	5,3	0,1	10,4	0,1	5,3	0,1	4,0	0,6
10-15	2,7	0,1	3,7	0,0	3,8	0,0	2,6	0,1	2,9	0,0	3,8	0,0	3,5	0,4
15-20	3,2	0,1	3,2	0,0	5,3	0,0	2,9	0,1	3,2	0,0	3,8	0,0	82,4	9,1
20-25	3,5	0,1	3,8	0,1	3,4	0,1	2,6	0,0	4,3	0,1	4,8	0,1	2,7	0,6
25-30	3,0	0,1	2,4	1,5	3,7	0,1	2,7	0,0	4,3	0,0	3,5	0,1	3,0	0,1
30-35	2,7	0,0	10,6	0,1	5,1	0,0	2,6	0,0	4,8	0,1	3,4	0,1	3,2	0,1
35-40	2,2	0,0	121,3	0,8	3,4	0,0	2,4	0,0	3,8	0,1	4,5	0,1	3,5	0,6
40-45	2,4	0,0	7,2	0,8	6,7	0,0	2,1	0,0	2,7	0,0	14,4	0,1	4,3	0,6
45-50	3,2	0,0	4,8	0,0	5,1	0,0	2,2	0,0	3,0	0,0	5,9	0,1	6,4	0,1
50-55	2,7	0,0	5,1	0,0	3,8	0,0	2,4	0,0	3,8	0,0	0,1	0,1	4,6	0,0
55-60	3,5	0,0	7,4	0,2	5,9	0,0	2,7	0,0	3,5	0,0	3,2	0,1	5,0	0,0
60-65	13,4	0,0	4,6	0,0	0,2	0,0	6,4	0,0	6,2	0,0	7,8	0,1	6,9	0,0

EK-G (Devam) RG2 karotlu perde kuyuları katı madde alışları ve lujiyon değerleri

RG2 PERDE	RG2-P-144-P		RG2-P-180-P		RG2-P-216-P		RG2-P-252-P		RG2-P-288-P		RG2-P-324-P		RG2-P-360-P		RG2-P-396-P		RG2-P-432-P		RG2-P-468-P	
	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon
0-5	3,8	0,7	20,0	2,9	4,8	7,7	14,4	2,9	7,0	0,6	3,7	1,8	6,0	2,1	0,2	1,8	7,35,9	1,8	3,8	6,3
5-10	20,0	0,2	2,6	2,9	4,8	7,7	14,4	2,9	7,0	0,6	3,7	1,8	6,0	2,1	0,2	1,8	7,35,9	1,8	3,8	6,3
10-15	765,3	0,1	2,7	2,9	4,8	7,7	14,4	2,9	7,0	0,6	3,7	1,8	6,0	2,1	0,2	1,8	7,35,9	1,8	3,8	6,3
15-20	7,4	0,1	3,2	2,9	4,8	7,7	14,4	2,9	7,0	0,6	3,7	1,8	6,0	2,1	0,2	1,8	7,35,9	1,8	3,8	6,3
20-25	4,3	0,1	5,0	2,9	4,8	7,7	14,4	2,9	7,0	0,6	3,7	1,8	6,0	2,1	0,2	1,8	7,35,9	1,8	3,8	6,3
25-30	4,6	0,2	5,3	2,9	4,8	7,7	14,4	2,9	7,0	0,6	3,7	1,8	6,0	2,1	0,2	1,8	7,35,9	1,8	3,8	6,3
30-35	1861,8	0,2	4,5	2,9	4,8	7,7	14,4	2,9	7,0	0,6	3,7	1,8	6,0	2,1	0,2	1,8	7,35,9	1,8	3,8	6,3
35-40	5,8	0,2	5,3	2,9	4,8	7,7	14,4	2,9	7,0	0,6	3,7	1,8	6,0	2,1	0,2	1,8	7,35,9	1,8	3,8	6,3
40-45	2,7	0,1	3,7	2,9	4,8	7,7	14,4	2,9	7,0	0,6	3,7	1,8	6,0	2,1	0,2	1,8	7,35,9	1,8	3,8	6,3
45-50	5,0	0,1	13,6	2,9	4,8	7,7	14,4	2,9	7,0	0,6	3,7	1,8	6,0	2,1	0,2	1,8	7,35,9	1,8	3,8	6,3
50-55	302,5	0,4	0,4	2,2	3,8	4,27,3	0,5	4,8	0,1	24,6	11,6	0,0	0,0	3,8	0,0	2,8	0,0	34,2	0,2	0,2

EK-G (Devam) RG2 kontrol kuyuları katı madde alışları ve lujiyon değerleri

RG2 KONTROL	RG2-P-468-KN-1		RG2-P-432-KN-2		RG2-P-396-KN-3		RG2-P-360-KN-4		RG2-P-324-KN-5		RG2-P-288-KN-6		RG2-P-252-KN-7		RG2-P-216-KN-8		RG2-P-180-KN-9		RG2-P-144-KN-10		RG2-P-144-KN-11	
	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon
0-5	1,8	0,4	2,4	0,8	3,7	0,3	10,2	0,4	1,6	0,0	2,9	0,2	3,7	0,2	7,0	0,6	3,4	0,4	3,4	0,2	5,1	0,7
5-10	6,2	0,1	4,6	0,1	8,0	0,1	2,4	0,0	5,4	0,0	3,8	0,1	12,6	1,3	4,2	0,2	3,8	0,4	4,3	0,2	8,6	0,2
10-15	3,5	0,1	1,6	0,1	3,8	0,1	26,6	0,0	5,1	0,0	17,0	0,2	9,4	0,2	4,0	0,3	3,4	0,3	5,1	0,2	7,0	0,4
15-20	2,7	0,0	1,6	0,0	3,8	0,0	5,1	0,1	5,0	0,1	4,0	0,0	5,8	0,1	3,8	0,2	4,0	0,2	4,8	0,4	4,5	0,3
20-25	2,9	0,0	2,9	0,3	5,0	0,3	8,6	0,2	5,4	0,3	3,7	0,0	3,4	0,0	3,7	0,1	7,4	0,2	7,4	0,4	23,8	0,4
25-30	18,7	0,1	1,9	0,2	3,0	0,2	6,6	0,1	5,1	0,1	3,0	0,2	12,0	0,2	4,0	0,1	3,7	0,2	7,4	0,1	3,7	0,2
30-35	17,6	0,5	1,6	0,2	6,1	0,2	41,8	0,2	4,2	0,2	4,0	0,2	4,2	0,1	4,0	0,1	7,0	0,1	4,8	0,1	5,1	0,0
35-40	23,8	0,7	3,2	0,0	8,0	0,0	6,6	0,2	4,8	0,2	3,8	0,1	5,4	0,2	2,4	0,2	4,5	0,3	5,6	0,0	3,7	0,1
40-45	4,0	0,4	2,2	0,0	5,8	0,0	3,7	0,2	4,0	0,1	2,7	0,2	3,8	0,1	4,2	0,1	5,1	0,1	5,0	0,1	4,6	0,1
45-50	8,8	0,1	3,8	0,0	8,6	0,0	7,0	0,2	4,2	0,2	3,0	0,0	4,2	0,1	3,2	0,0	5,1	0,1	3,0	0,1	7,7	0,2
50-55	4,0	0,1	2,7	0,2	5,6	0,2	4,3	0,0	4,6	0,1	3,4	0,0	4,2	0,1	4,0	0,0	5,3	0,1	4,2	0,3	5,1	0,1
55-60	3,4	0,1	4,8	0,0	4,2	0,0	3,5	0,0	3,8	0,1	24,8	0,0	6,4	0,0	3,8	0,0	3,7	0,1	5,1	0,1	7,7	0,1
60-65	26,0	0,2	6,1	0,1	4,7	0,0	3,1	0,0	2,5	0,0	3,9	0,1	8,7	0,1	6,5	0,0	11,2	0,4	5,1	0,0	14,5	0,2

EK-G (Dvam) RG1 karotlu perde kontrol kuyuları katı madde alışları ve lujiyon değerleri

RG1 PERDE	RG1-P-72-P		RG1-P-108-P		RG1-P-144-P		RG1-P-180-P		RG1-P-216-P		RG1-P-252-P		RG1-P-288-P		RG1-P-324-P		RG1-P-360-P		RG1-P-396-P		RG1-P-432-P		RG1-P-468-P		RG1-P-504-P		RG1-P-540-P		
	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	
0-5	4	4	3	2	3	0	3	3	2	2	0	0	2	8	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
5-10	3	2	3	2	8	0	1291	3	3	3	0	0	219	8	4	2	36	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
10-15	75	3	3	15	6	6728	1291	3	3	3	27	0	204	4	4	165	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
15-20	24	3	3	4	3	4	6	3	4	3	0	0	70	0	0	23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
20-25	47	1	1	21	2	4	4	4	3	3	0	0	219	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
25-30	7	1	1	13	3	2	3	10	4	2	0	0	7	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
30-35	43	0	0	5	10	10	4	6	4	4	2	0	227	3	4	9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
35-40	7	1	1	7	6	5	6	10	2	2	0	0	11	3	2	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
40-45	26	2	2	5	5	1	0	9	2	4	0	0	3	3	3	8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
45-50	21	3	3	6	6	0	0	6	5	4	0	0	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
50-55				4	9	9	9	9	224	6	0	0	0	0	0	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
55-60				3	7	7	7	7	6	5	0	0	5	3	6	133	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
60-65				7	0	0	0	8	10	1	0	0	3	11	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
65-70				4	4	4	4	5	8	3	0	0	4	3	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
70-75				1344	1548	1	0	29	62	3	0	0	2	3	24	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
75-80				1344	1548	1	0	29	62	3	0	0	2	3	24	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
80-85				4	4	4	4	4	4	4	0	0	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
85-90				6	4	4	4	4	4	4	0	0	2	4	4	14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
90-95				4	4	4	4	4	4	4	0	0	2	4	4	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
95-100				4	4	4	4	4	4	4	0	0	2	4	4	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
100-105				5	5	5	5	5	5	5	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
105-110				5	5	5	5	5	5	5	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
110-115				4	4	4	4	4	4	4	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
115-120				6	6	6	6	6	6	6	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
120-125				7	7	7	7	7	7	7	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
125-130				9	9	9	9	9	9	9	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
130-135				5	5	5	5	5	5	5	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
135-140				7	7	7	7	7	7	7	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
140-145				4	4	4	4	4	4	4	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
145-150				5	5	5	5	5	5	5	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
150-155				5	5	5	5	5	5	5	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
155-160				8	8	8	8	8	8	8	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
160-165				5	5	5	5	5	5	5	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
165-170				6	6	6	6	6	6	6	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
170-175				6	6	6	6	6	6	6	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
175-180				9	9	9	9	9	9	9	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
180-185				10	10	10	10	10	10	10	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
185-190				12	12	12	12	12	12	12	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
190-195				32	32	32	32	32	32	32	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
195-200				1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
200-205				5	5	5	5	5	5	5	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
205-210				6	6	6	6	6	6	6	0	0	2	3	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

EK-G (Devam) RG0 karotlu perde kuyuları katı madde alışı ve lujiyon değerleri

RG0 PERDE	R/LG0-P-0-P		RG0-P-36-P		RG0-P-72-P	
	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon
0-5	8,0	0,1	2,6	2,0	1,6	1,8
5-10	417,3	7,9	2,7	0,5	3,8	0,2
10-15	232,9	26,0	76,1	6,1	2,6	0,0
15-20	990,4	26,0	602,1	26,0	4,2	0,1
20-25	9,4	0,3	947,5	21,5	1880,7	19,0
25-30	3,5	0,0	522,2	5,4	20,5	0,1
30-35	232,4	12,1	1333,2	1,6	3,5	0,1
35-40	6,2	0,0	1,9	0,1	4,0	0,0
40-45	2,6	0,2	1,9	0,0	2,1	0,0
45-50	8,3	0,0	2,2	0,0	1,9	0,0
50-55	4,5	0,0	2,2	0,5	3,0	0,0
55-60	3,7	0,0	2,4	0,0	2,4	0,0
60-65	3,2	2,4	2,2	0,0	2,1	0,0
65-70	5,4	2,7	2,7	0,0	3,8	0,1
70-75	36,2	0,2	2,6	0,0	4,0	0,0
75-80	3,5	0,0	2,9	0,0	4,0	0,0
80-85	5,6	0,0	2,7	0,0	7,2	0,0
85-90	4,5	0,0	4,2	0,0	5,0	0,0
90-95	7,7	0,0	2,7	0,0	5,3	0,0
95-100	27,2	0,0	2,9	0,0	5,3	0,0
100-105	28,6	0,0	3,5	0,0	3,2	0,0
105-110	3,5	0,6	6,1	0,0	5,6	0,0
110-115	2,9	0,5	5,4	0,7	5,4	0,0
115-120	27,0	0,5	4,8	0,0	5,1	0,0
120-125	3,0	0,0	4,6	0,0	3,5	0,0
125-130	3,0	0,0	6,2	0,0	2,2	0,0
130-135	7,8	0,0	17,8	0,4	1,8	0,0
135-140	1,2	0,0	17,3	0,1	2,6	0,0

EK-G (Devam) RG0 kontrol kuyuları katı madde alışları ve lujiyon değerleri

RG0 KONTROL	RG0-P-0-KN-1		RG0-P-36-KN-2		RG0-P-36-KN-3		RG0-P-72-KN-4		RG0-P-72-KN-5	
	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon
0-5	2.1		3.4	0.6	1.9	0.3	2.1	0.3	4.8	0.1
5-10	1.6	0.0	3.0	0.8	13.9	0.2	4.6	0.0	4.0	0.0
10-15	3.0	0.4	4.0	0.2	6.9	0.1	2.9	0.1	3.4	0.0
15-20	9.6	0.2	3.5	0.2	3.2	0.0	3.0	0.0	3.4	0.0
20-25	6.1	0.3	3.4	0.2	1.9	0.1	11.5	0.0	3.2	0.0
25-30	2.4	0.0	6.4	0.7	4.6	0.2	2.6	0.0	3.7	0.1
30-35	4.0	0.0	5.4	0.8	3.5	0.1	3.8	0.1	3.5	0.0
35-40	1.8	0.0	3.7	0.5	4.0	0.0	3.8	0.0	3.2	0.0
40-45	3.2	0.0	3.2	0.6	2.6	0.0	4.2	0.0	8.2	0.0
45-50	1.9	0.0	3.0	0.4	2.4	0.1	3.7	0.0	3.7	0.0
50-55	3.2	0.0	2.7	1.0	2.6	0.1	3.5	0.0	3.4	0.0
55-60	3.2	0.0	3.8	0.1	2.4	0.0	3.2	0.0	3.5	0.1
60-65	3.4	0.0	3.0	0.1	2.7	0.0	3.2	0.1	3.8	0.0
65-70	3.4	0.0	3.4	0.1	3.7	0.0	2.9	0.1	3.7	0.1
70-75	3.7	0.0	3.5	0.3	3.7	0.0	4.0	0.0	3.2	0.0
75-80	3.5	0.0	5.6	0.6	3.2	0.1	2.7	0.0	3.4	0.1
80-85	3.8	0.0	3.5	0.4	2.7	0.1	3.4	0.0	3.2	0.1
85-90	3.7	0.0	5.0	0.1	2.7	0.0	3.4	0.1	3.7	0.0
90-95	2.7	0.0	4.0	0.0	2.9	0.0	3.7	0.0	3.5	0.0
95-100	2.7	0.0	3.7	0.0	2.9	0.0	3.4	0.0	5.0	0.0
100-105	3.0	0.0	3.6	0.0	14.2	0.0	3.2	0.0	4.6	0.0
105-110	6.1	0.0	6.4	0.4	12.3	0.0	6.1	0.0	5.6	0.0

EK-G (Devam) LG3 karotlu perde kuyuları katı madde alışı ve lujiyon değeri

LG3 PERDE	LG3-P-180-P		LG3-P-216-P		LG3-P-252-P		LG3-P-288-P		LG3-P-324-P		LG3-P-336-P		LG3-P-348-P	
	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon
0-5	38,1	16,1	54,1	6,9	4,3	1,3			4,3		4,3			
5-10	9,3	4,8	17,0	0,1	7,4	0,4	1535,8	>25	6,2	8,7	1,9	3,3	1,9	2,1
10-15	5,1	0,7	2,6	0,2	6,7	0,0	46,7	4,7	7,0	8,7	1,1	0,0	4,2	0,0
15-20	4,8	0,3	5,4	0,3	6,9	0,3	7,0	3,6	7,2	12,7	1,3	0,0	4,2	0,0
20-25	3,8	0,1	6,4	0,5	5,4	0,7	529,2	6,6	254,7	0,2	0,0	0,0	0,8	0,9
25-30	24,0	0,2	7,7	2,8	17,1	0,4	13,4	1,8	3,2	0,4	2,6	0,0	17,1	0,4
30-35	2,4	0,2	11,8	3,1	2,1	0,8	5,3	1,4	3,2	0,6	0,0	0,0	3,0	0,1
35-40	244,9	5,7	5,1	1,9	6,7	0,3	5,0	0,3	2,4	0,2	0,0	0,0	4,0	0,1
40-45	3,2	0,3	3,4	0,0	3,5	0,1	5,4	0,3	3,2	0,0	3,0	0,0	0,0	0,6
45-50	3,4	0,1	30,2	0,0	17,2	0,1	13,6	1,3	3,8	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0
50-55	29,6	0,0	26,1	0,0	44,8	0,9	4,4	1,0	78,4	1,2	6,9	0,0	0,0	0,0

EK-G (Devam) LG3 kontrol kuyuları katı madde alışları ve lujiyon değerleri

LG3 KONTROL	LG3-P-324-K		LG3-P-342.75-K		LG3-P-288-KN-1		LG3-P-252-KN-2		LG3-P-216-KN-3		LG3-P-180-KN-4	
	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon
0-5	2,2	0,1	0,9	0,1	2,7	0,5	10,4	0,1	3,5	0,5	2,7	0,3
5-10	2,7	0,1	1,8	0,0	6,4	0,7	3,4	0,1	8,0	0,1	5,0	0,1
10-15	1,9	0,0	1,3	0,1	3,8	0,2	5,8	0,0	3,8	0,1	3,8	0,0
15-20	1,8	0,1	1,5	0,1	3,0	0,1	4,5	0,0	4,0	0,0	4,0	0,4
20-25	1,8	0,1	1,8	0,2	2,7	0,1	4,6	0,2	3,4	0,0	3,7	0,1
25-30	1,8	0,1	4,0	0,3	3,8	0,0	3,8	0,1	3,8	0,1	3,2	0,1
30-35	1,8	0,2	4,2	0,1	4,5	0,1	3,2	0,0	3,5	0,1	3,7	0,0
35-40	5,4	0,1	2,4	0,1	5,0	0,1	5,6	0,1	4,6	0,1	4,0	0,1
40-45	2,1	0,1	1,6	0,1	5,9	0,1	4,6	0,1	5,4	0,0	3,7	0,0
45-50	1,1		1,7	0,2	3,0	0,0	3,5	0,2	6,1	0,0	4,3	0,0
50-55	0,0				3,5	0,0	5,0	0,0	4,5	0,0	4,6	0,0
55-60					10,4	0,0	3,5	0,1	3,8	0,0	3,7	0,0
60-65							6,9	0,0	6,8	0,0	24,5	0,1

EK-G (Devam) LG2 karotlu perde kuyuları katı madde alışı ve lujiyon değerleri

LG2 PERDE	LG2-P-108-P		LG2-P-144-P		LG2-P-180-P		LG2-P-216-P		LG2-P-252-P		LG2-P-288-P		LG2-P-324-P	
	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon
0-5	18,4	0,5	17,1	4,2	7,7	>25	1,9	0,3	4,3	1,9	4,0	2,1	0,0	0,0
5-10	717,3	17,1	4,2	3,5	3,2	0,5	3,0	0,3	36,8	4,0	1,3	2,9	0,0	0,0
10-15	49,6	0,4	5,4	2,3	4,5	0,4	3,2	0,0	2,7	3,8	0,6	3,4	0,0	0,0
15-20	4,6	0,8	5,1	1,9	7,0	0,5	5,3	0,0	15,5	4,3	0,4	5,3	0,0	0,0
20-25	8,5	5,2	4,8	1,1	2,4	0,2	105,9	3,5	8,3	4,0	0,1	8,3	0,0	0,0
25-30	4,6	2,6	608,4	>25	4,8	6,9	6,2	0,3	4,5	3,4	0,2	5,8	0,0	2,7
30-35	150,1	>25	4,0	2,0	13,0	13,4	7,2	0,4	3,4	2,9	0,6	6,4	1,0	1,3
35-40	739,7	>25	3,7	1,5	5,4	2,5	4,8	0,0	5,9	3,5	0,5	3,5	1,3	0,0
40-45	7,5	1,2	1381,6	12,7	3,7	0,1	3,8	0,0	3,4	3,7	0,5	23140,3	0,0	0,0
45-50	4,0	0,8	1917,0	18,9	7,7	0,2	10,1	0,1	3,4	43,7	2,5	77123,7	0,0	0,0
50-55	4,5	0,7	597,3	9,2	5,0	0,2	6,9	0,0	7,0	65,1	0,3	47452,3	3,3	0,0
55-60	33,3	0,6	19,2	5,3	807,0	1,8	4,6	0,1	4,8	104,3	0,4	366,8	7,8	0,0
60-65	147,0	0,4	5,9	0,5	117,1	5,8	26,9	0,2	495,1	7,7	5,3	49,9	2,0	0,0
65-70	16,4	21,7	0,2	39,3	0,4	43,2	1,2	14,0	1,6	341,0	9,3	26,0	1,3	0,0

EK-G (Devam) LG2 kontrol kuyuları katı madde alışları ve lujiyon değeri

LG2 KONTROL	LG2-P-350-KN-1		LG2-P-324-KN-2		LG2-P-288-KN-3		LG2-P-288-KN-4		LG2-P-252-KN-5		LG2-P-252-KN-6		LG2-P-216-KN-7		LG2-P-216-KN-8		LG2-P-180-KN-9		LG2-P-180-KN-10		LG2-P-144-KN-11		LG2-P-108-KN-12	
	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon
0-5	13,4	3,2	0,0	0,0	2,2	5,1	2,2	5,1	5,1	5,4	7,4	3,2	3,2	4,6	60,8	5,6	3,5	44,8	5,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
5-10	3,2	0,0	0,0	0,0	2,6	2,2	2,6	2,2	2,6	2,2	2,6	2,2	2,6	2,2	2,6	2,2	2,6	2,2	2,6	2,2	2,6	2,2	2,6	2,2
10-15	5,1	0,2	0,2	0,2	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4
15-20	2,2	0,3	0,3	0,3	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4
20-25	5,1	0,1	0,1	0,1	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
25-30	5,4	0,1	0,1	0,1	2,6	2,4	2,6	2,4	2,6	2,4	2,6	2,4	2,6	2,4	2,6	2,4	2,6	2,4	2,6	2,4	2,6	2,4	2,6	2,4
30-35	7,4	0,1	0,1	0,1	3,4	2,4	3,4	2,4	3,4	2,4	3,4	2,4	3,4	2,4	3,4	2,4	3,4	2,4	3,4	2,4	3,4	2,4	3,4	2,4
35-40	3,2	0,0	0,0	0,0	4,6	3,4	4,6	3,4	4,6	3,4	4,6	3,4	4,6	3,4	4,6	3,4	4,6	3,4	4,6	3,4	4,6	3,4	4,6	3,4
40-45	3,2	0,1	0,1	0,1	10,9	4,6	10,9	4,6	10,9	4,6	10,9	4,6	10,9	4,6	10,9	4,6	10,9	4,6	10,9	4,6	10,9	4,6	10,9	4,6
45-50	4,6	0,0	0,0	0,0	5,4	3,4	5,4	3,4	5,4	3,4	5,4	3,4	5,4	3,4	5,4	3,4	5,4	3,4	5,4	3,4	5,4	3,4	5,4	3,4
50-55	60,8	5,6	3,5	44,8	5,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
55-60	44,8	5,6	3,5	44,8	5,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
60-65	5,4	0,1	0,1	0,1	5,8	4,6	5,8	4,6	5,8	4,6	5,8	4,6	5,8	4,6	5,8	4,6	5,8	4,6	5,8	4,6	5,8	4,6	5,8	4,6
65-70					6,6	5,8	6,6	5,8	6,6	5,8	6,6	5,8	6,6	5,8	6,6	5,8	6,6	5,8	6,6	5,8	6,6	5,8	6,6	5,8
70-75					5,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
75-80					26,8	4,6	26,8	4,6	26,8	4,6	26,8	4,6	26,8	4,6	26,8	4,6	26,8	4,6	26,8	4,6	26,8	4,6	26,8	4,6
					0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
					17,8	4,6	17,8	4,6	17,8	4,6	17,8	4,6	17,8	4,6	17,8	4,6	17,8	4,6	17,8	4,6	17,8	4,6	17,8	4,6
					0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
					13,8	110,2	6,4	8,6	4,8	10,1	5,8	10,6	5,1	5,9	6,1	4,8	7,0	3,4	2,7	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
					0,1	0,2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
					18,6	6,1	4,3	7,2	5,3	7,2	3,4	7,2	6,2	9,4	6,1	2,2	3,8	5,3	4,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
					0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,3	0,5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
					32,6	5,0	16,0	5,4	5,9	12,6	9,4	6,6	6,6	8,8	6,6	4,0	8,6	3,0	5,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
					0,2	0,1	0,4	1,2	0,1	0,5	0,6	0,2	0,3	0,9	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
					5,0	15,0	6,4	6,6	5,1	5,3	4,6	6,1	10,1	6,4	4,0	7,2	2,4	2,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
					0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
					14,0	17,0	20,8	7,5	5,3	3,8	9,1	6,1	6,2	2,7	6,2	4,0	9,8	1,8	4,0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
					0,0	0,2	4,6	0,5	0,2	0,1	0,0	0,4	0,6	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
					14,2	6,4	4,5	3,4	7,2	7,0	3,7	3,8	10,1	4,3	2,9	2,7	2,7	3,5	8,2	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
					0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,3	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
					22,2	7,7	15,7	8,0	5,9	6,9	10,2	4,5	8,3	8,5	6,4	6,7	9,6	12,2	3,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
					0,1	0,1	2,0	5,6	1,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,6	0,3	0,6	0,2	0,9	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
					76,0	5,6	6,7	10,7	4,3	7,4	13,8	28,8	11,7	3,5	5,9	4,3	5,0	9,8	8,3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
					0,2	0,2	0,4	1,3	0,0	0,0	0,2	2,8	0,5	0,9	0,1	0,1	0,0	0,4	1,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
					21,6	10,6	5,3	5,0	4,6	4,8	9,0	4,5	7,5	3,2	3,7	3,8	5,6	6,4	4,8	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
					0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,7	0,4	0,6	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

EK-G (Devam) LG1 karotlu perde kuyuları katı madde alışı ve lujiyon değerleri

LG1 PERDE	kg/m		lujiyon	
	0-5	1,6	478,8	1,3
5-10	8,0	478,8	0,5	19,3
10-15	4,6	9,1	0,5	11,8
15-20	4,6	470,1	0,0	588,5
20-25	4,6	496,9	0,1	3,2
25-30	4,6	496,9	0,1	16,9
30-35	2,4	889,0	15,2	>25
35-40	2,4	17,0	15,2	>25
40-45	2,4	989,0	6,7	3,5
45-50	2,9	889,0	0,0	3,2
50-55	3,7	2,9	0,1	0,0
55-60	4,8	3,7	0,1	0,7
60-65	4,8	4,8	1,1	7,4
65-70	4,3	4,0	0,7	4,2
70-75	4,3	4,0	0,7	4,2
75-80	4,5	0,0	0,0	1691,7
80-85	4,5	0,0	0,0	17,5
85-90	4,5	0,0	0,0	4,2
90-95	4,5	0,0	0,0	0,0
95-100	4,5	0,0	0,0	0,0
100-105	6,1	1750,1	0,4	8,1
105-110	2,9	6,1	0,1	0,1
110-115	3,4	2,9	0,5	0,1
115-120	9,8	2,3	3,5	4,8
120-125	4,8	0,0	0,0	2265,1
125-130	5,8	0,0	0,0	133,3
130-135	3,2	0,0	0,0	1024,4
135-140	5,8	0,0	0,0	7,0
140-145	12,6	0,0	0,0	16,2
145-150	6,9	0,0	0,0	0,1
150-155	8,0	0,0	0,0	0,0
155-160	11,2	0,0	0,0	0,0

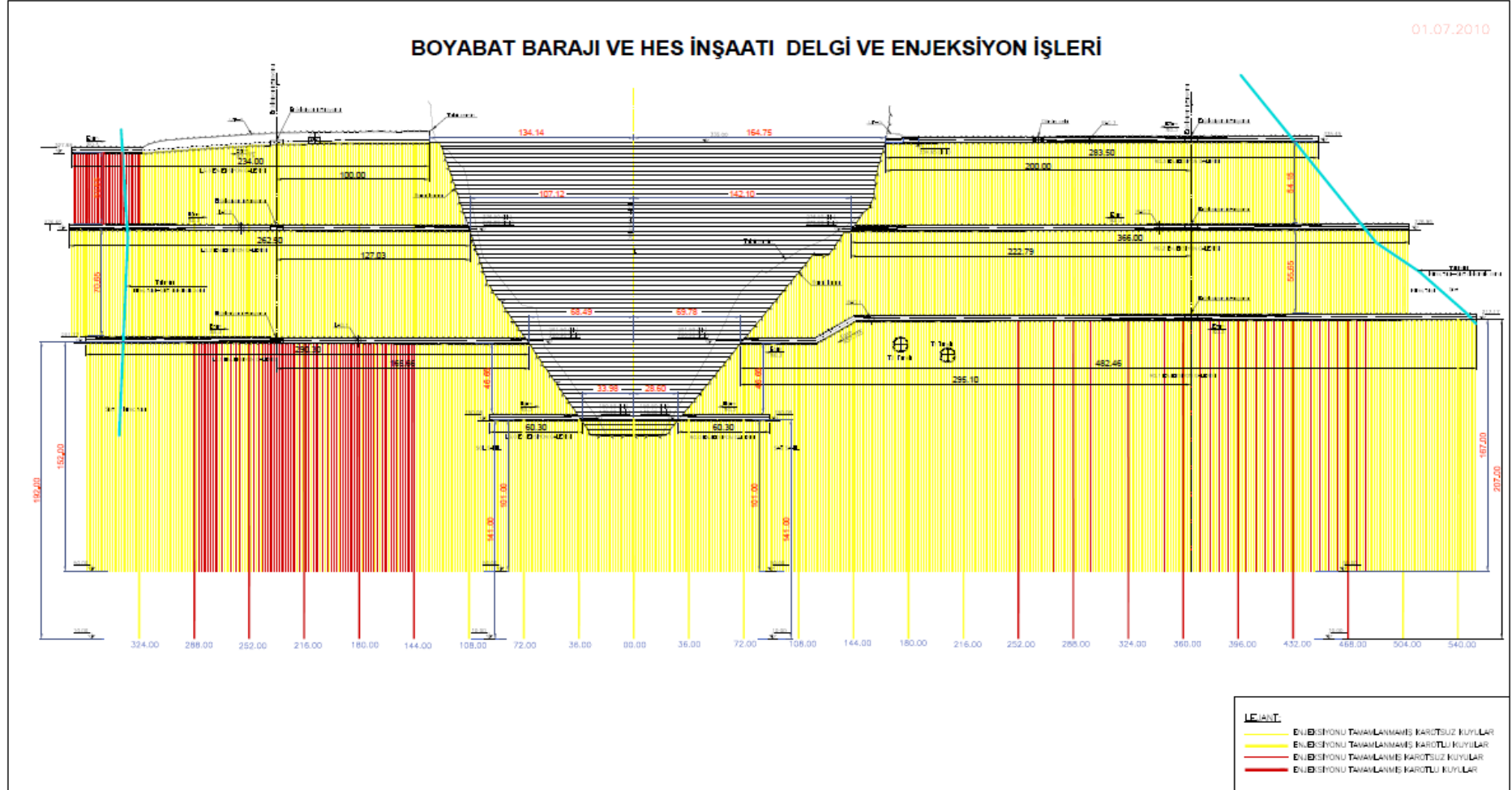
EK-G (Devam) LG0 karotlu perde kuyuları katı madde alışı ve lujiyon değerleri

LG0 PERDE	LG0-P-36-P		LG0-P-72-P	
	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon
0-5	2,9	1,1	2,7	0,8
5-10	43,5	0,7	1475,3	10,1
10-15	233,2	11,2	8,3	0,6
15-20	5,8	0,4	5,3	0,6
20-25	5,3	0,1	14,1	0,2
25-30	5,9	0,5	5,1	0,1
30-35	5,9	0,0	4,0	0,1
35-40	6,2	0,5	5,0	0,0
40-45	4,8	0,5	3,4	0,0
45-50	2,9	0,6	3,8	0,0
50-55	8,8	0,1	1,8	0,0
55-60	9,4	0,1	2,1	0,0
60-65	8,2	0,1	2,2	0,0
65-70	3,5	0,2	3,0	0,0
70-75	5,6	0,0	3,0	0,1
75-80	5,0	0,0	4,0	0,0
80-85	3,4	0,0	19,4	0,0
85-90	4,0	0,0	236,1	0,0
90-95	5,0	0,0	3,8	0,0
95-100	4,8	0,0	5,0	0,0
100-105	9,0	0,5	3,5	0,0
105-110	4,6	0,0	3,8	0,0
110-115	8,2	0,0	4,8	0,0
115-120	7,0	0,0	4,8	0,0
120-125	117,9	0,0	4,0	0,0
125-130	2,1	0,0	8,8	0,0
130-135	2,9	0,0	19,4	0,0
135-140	1,9	0,0	1,3	0,0

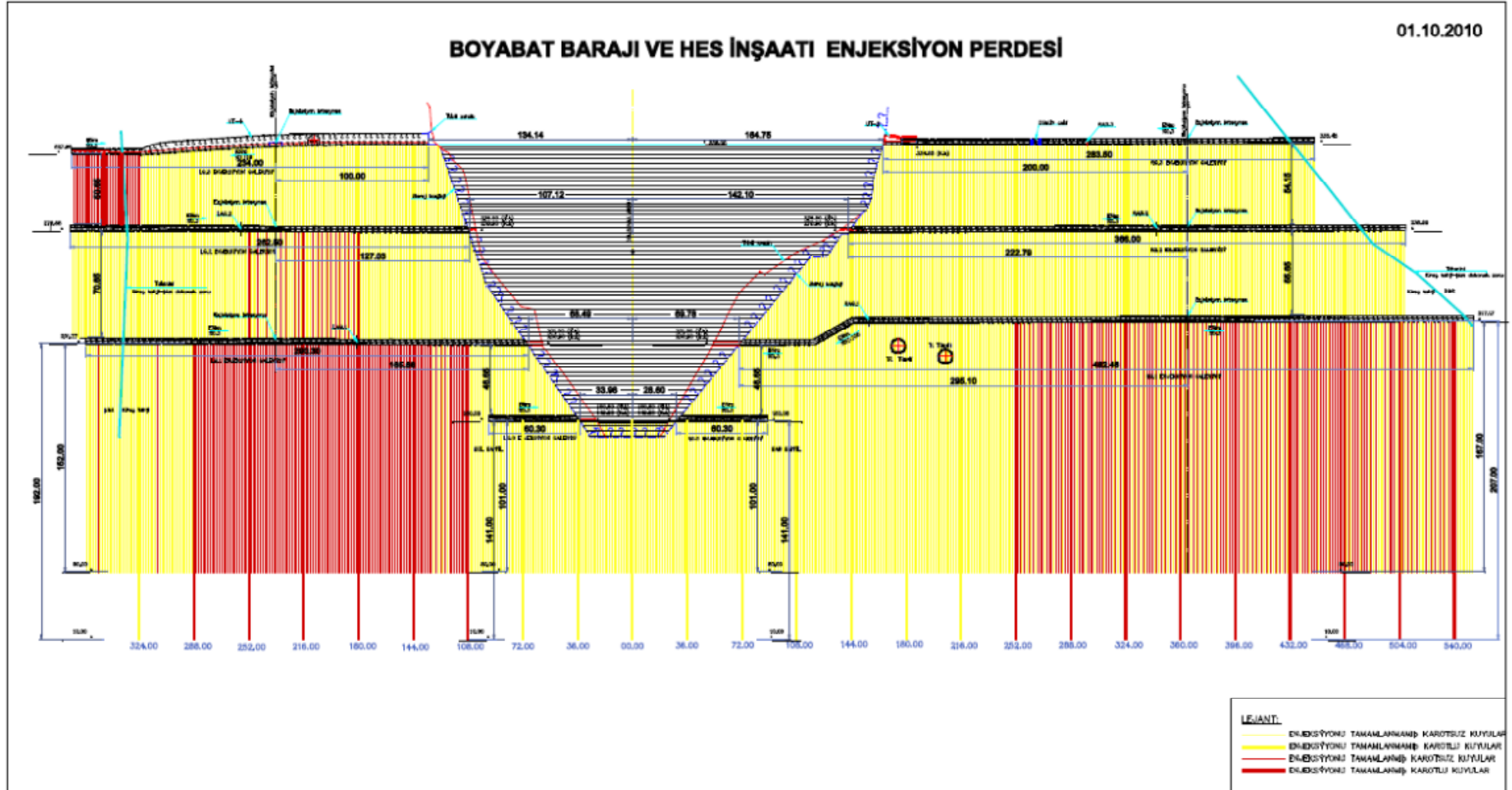
EK-G (Devam) LG0 kontrol kuyuları katı madde alışları ve lujiyon değeri

LG0 KONTROL	LG0-P-36,00-KN-3		LG0-P-0,00-KN-5		LG0-P-36,00-KN-4		LG0-P-72,00-KN-2		LG0-P-72,00-KN-1	
	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon	kg/m	lujiyon
0-5	5,8	4,6	1,7	1,7	11,8	2,9	0,9	0,2	4,5	0,9
5-10	5,0	1,7	3,7	0,4	11,8	3,4	25,1	0,3	11,0	0,6
10-15	5,3	0,4	7,7	0,3	6,4	0,1	5,4	0,2	3,0	0,7
15-20	2,7	0,1	4,8	0,0	6,4	0,5	5,9	0,1	4,2	0,8
20-25	4,5	0,4	2,9	0,0	3,8	0,5	5,9	0,3	3,7	0,2
25-30	6,2	0,9	3,0	0,1	6,2	0,9	3,5	0,2	2,6	0,1
30-35	3,4	0,3	3,0	0,1	6,6	0,1	2,4	0,1	2,9	0,2
35-40	3,0	0,2	3,2	0,1	6,6	0,0	2,1	0,1	3,4	0,0
40-45	3,2	0,1	3,7	0,0	5,8	0,0	3,5	0,0	3,2	0,0
45-50	3,7	0,1	2,9	0,0	5,3	0,3	2,1	0,1	5,3	0,0
50-55	2,6	0,2	3,4	0,0	3,5	0,6	2,4	0,0	3,5	0,1
55-60	2,9	0,2	3,2	0,0	5,4	0,3	2,4	0,1	3,8	0,0
60-65	2,7	0,1	3,5	0,0	3,8	0,0	2,6	0,0	5,9	0,0
65-70	2,6	0,0	3,8	0,0	4,6	0,0	2,1	0,0	5,3	0,1
70-75	6,6	0,1	4,6	0,0	5,3	0,0	2,4	0,0	5,1	0,0
75-80	4,0	0,1	4,2	0,0	9,1	0,6	3,2	0,1	6,2	0,0
80-85	3,4	0,1	3,4	0,0	3,2	0,8	3,4	0,0	4,8	0,0
85-90	9,9	0,3	3,7	0,0	4,3	0,5	3,4	0,1	5,9	0,0
90-95	3,2	0,2	4,3	0,0	2,9	0,0	3,8	0,0	5,3	0,0
95-100	4,8	0,1	4,5	0,0	5,4	0,0	4,5	0,0	5,3	0,1
100-105	7,4	0,1	6,6	0,2	4,6	0,0	6,8	0,0	9,2	0,2
105-110	6,7	0,2	13,3	0,0	6,4	0,0	12,8	0,0	7,7	0,2

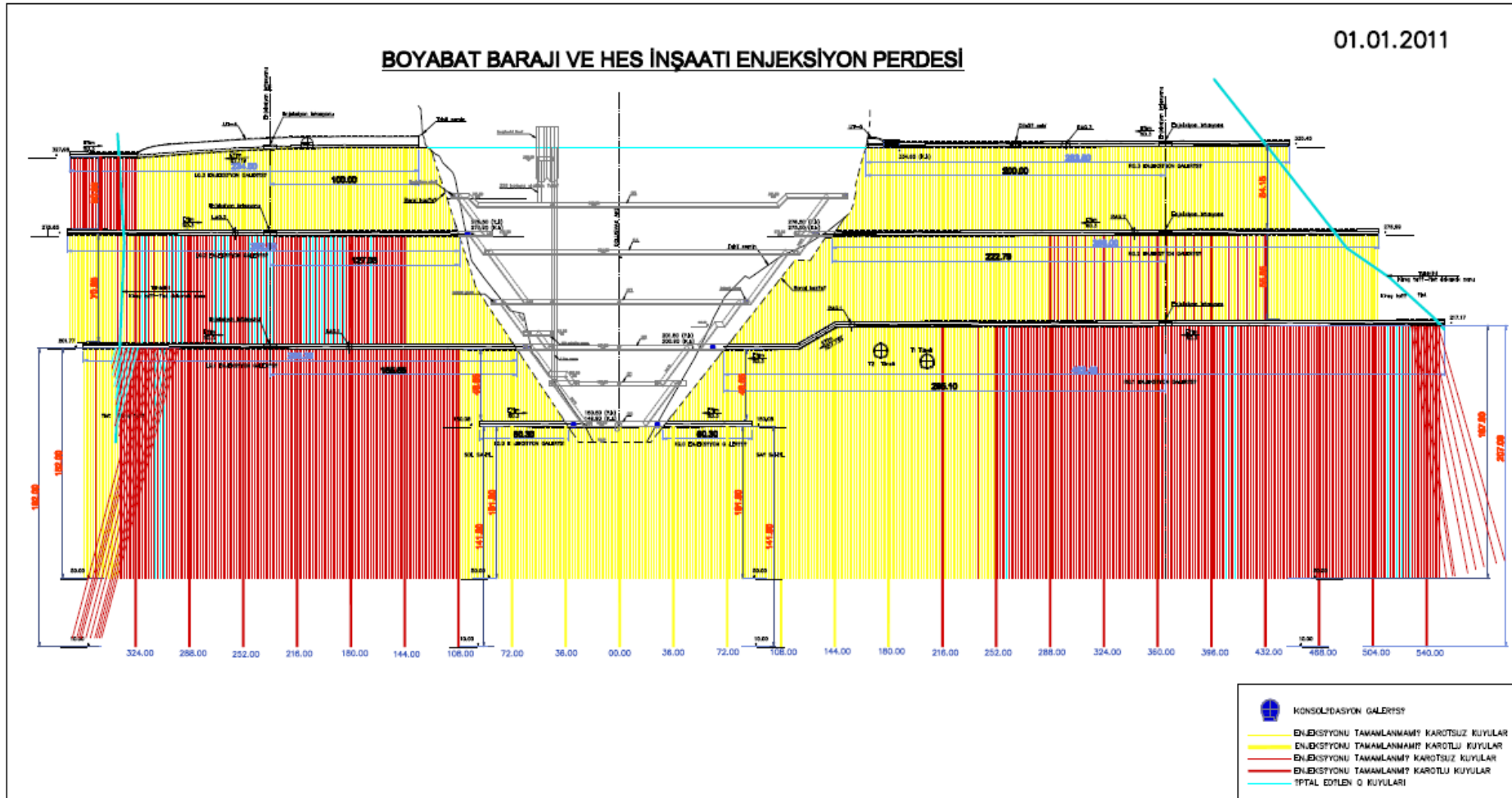
EK-H Perde enjeksiyonu ilerlemeleri



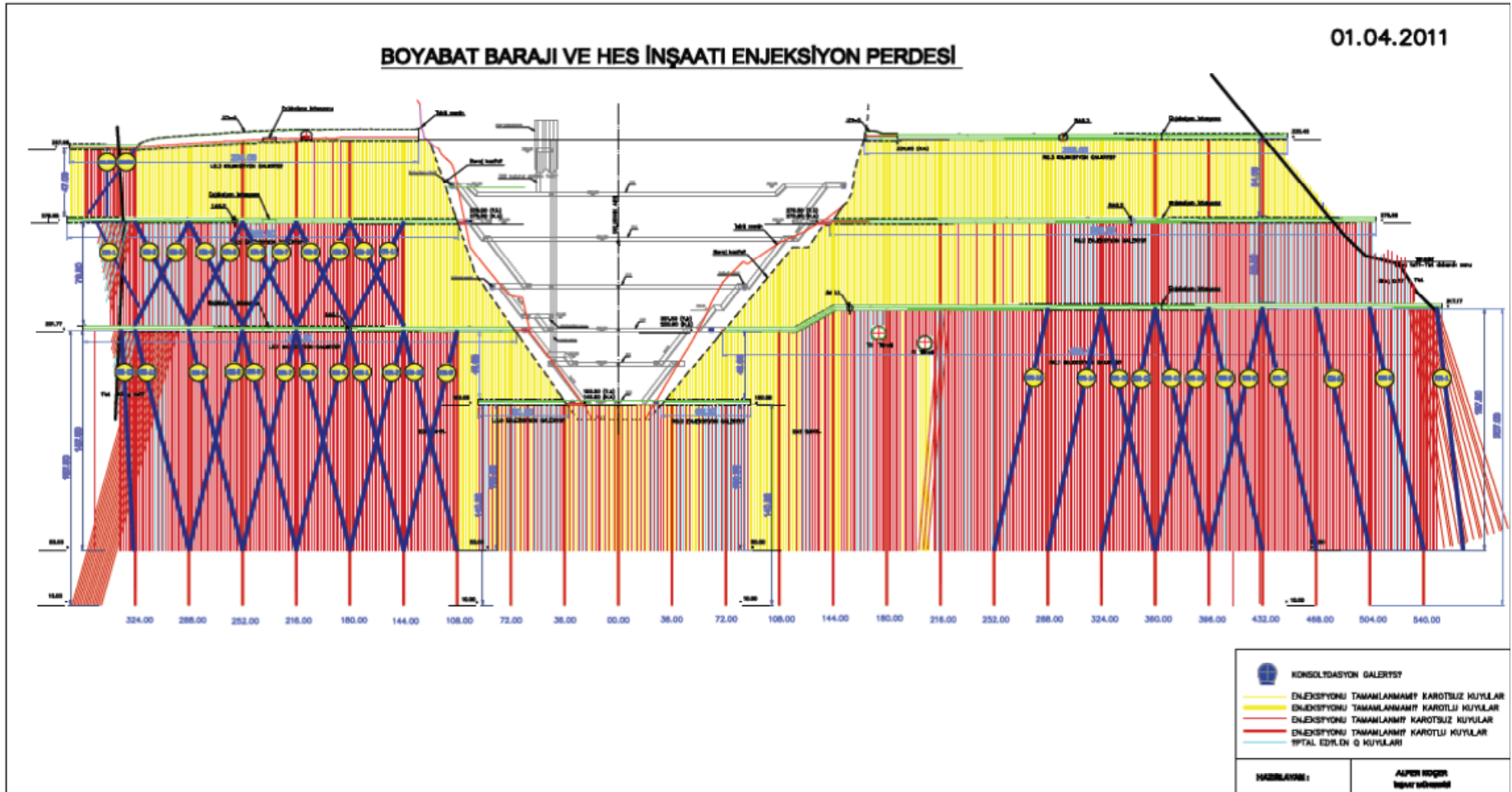
EK-H (Devam) Perde enjeksiyonu ilerlemeleri



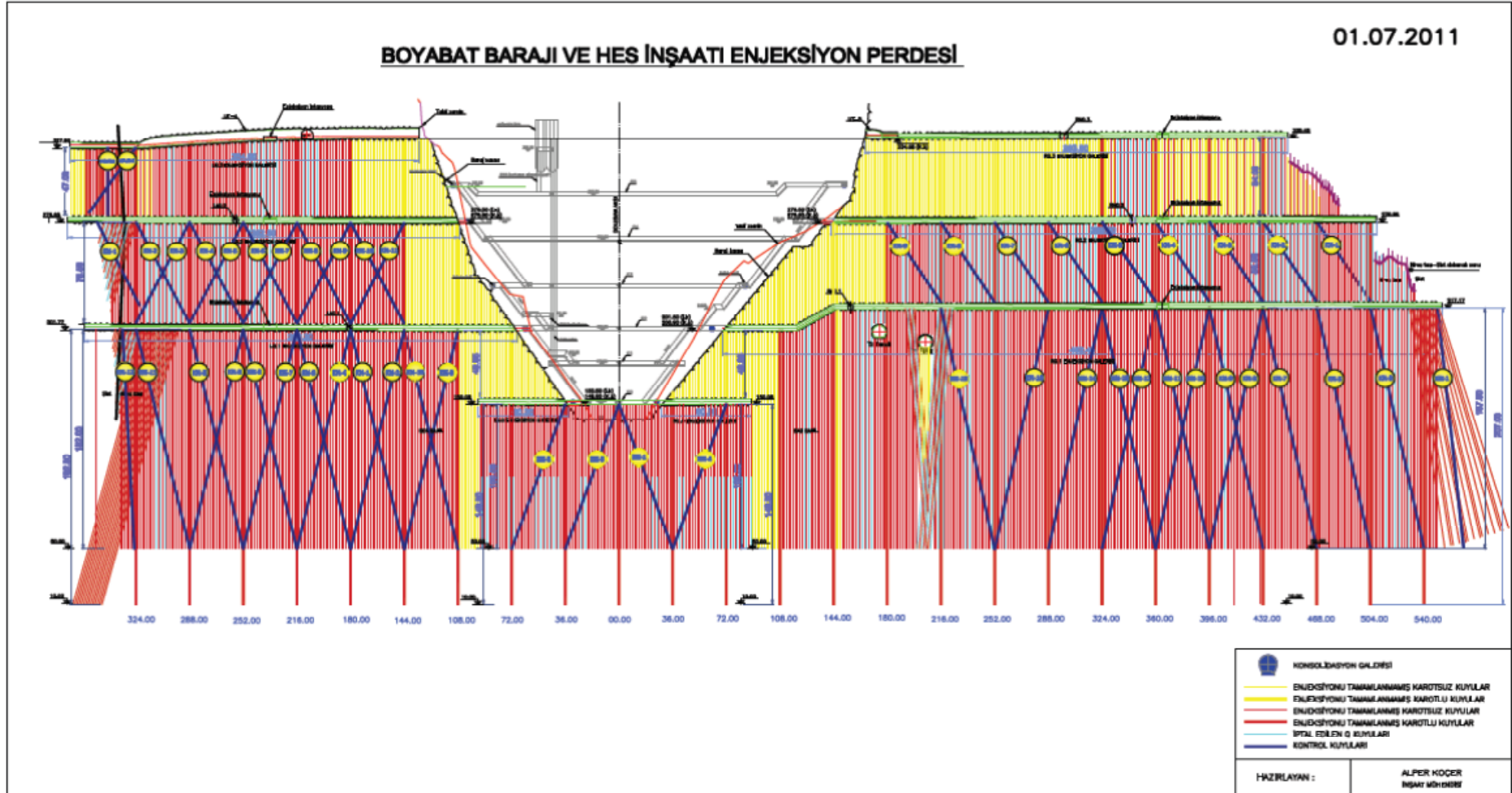
EK-H (Devam) Perde enjeksiyonu ilerlemeleri



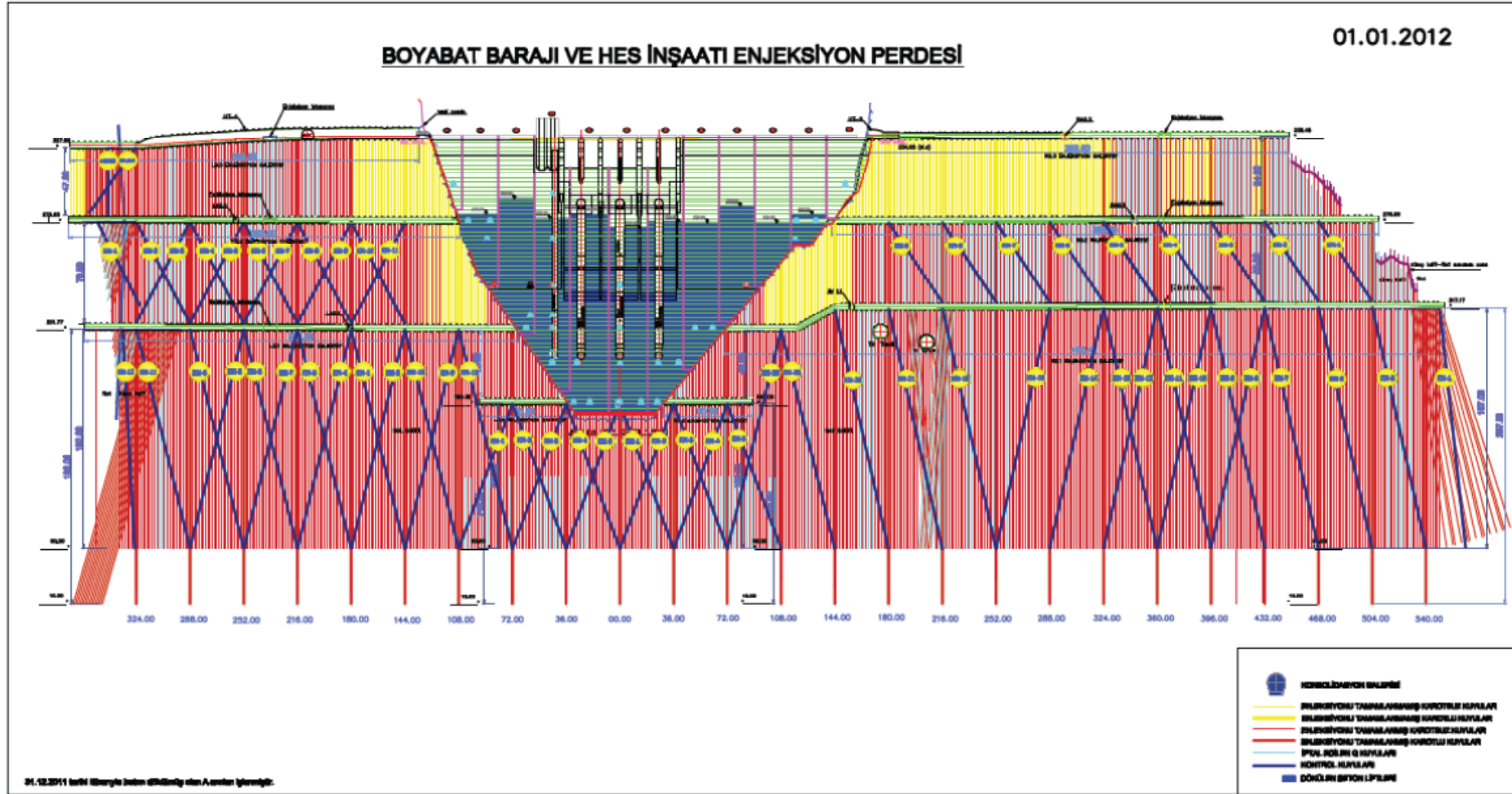
EK-H (Devam) Perde enjeksiyonu ilerlemeleri



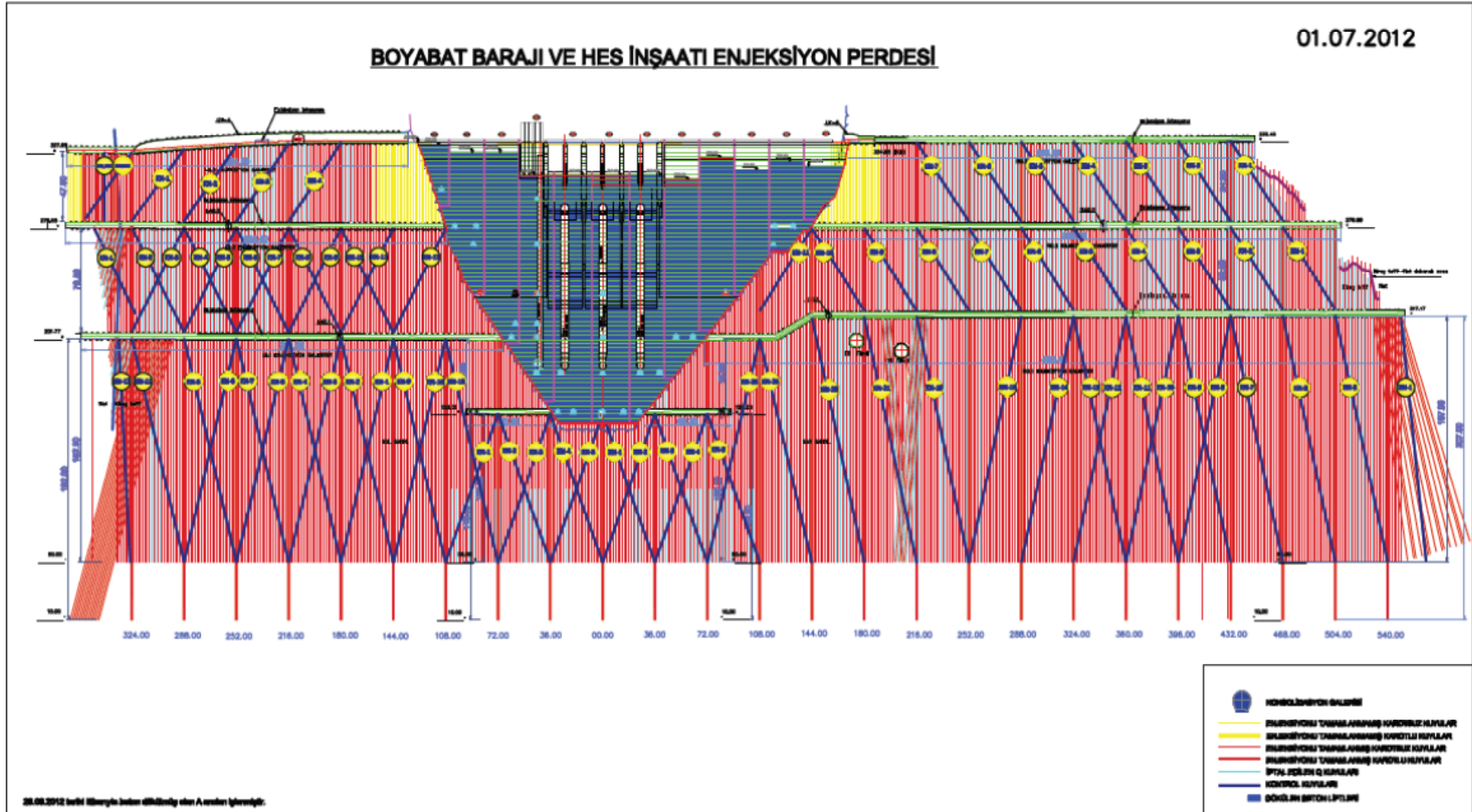
EK-H (Devam) Perde enjeksiyonu ilerlemeleri



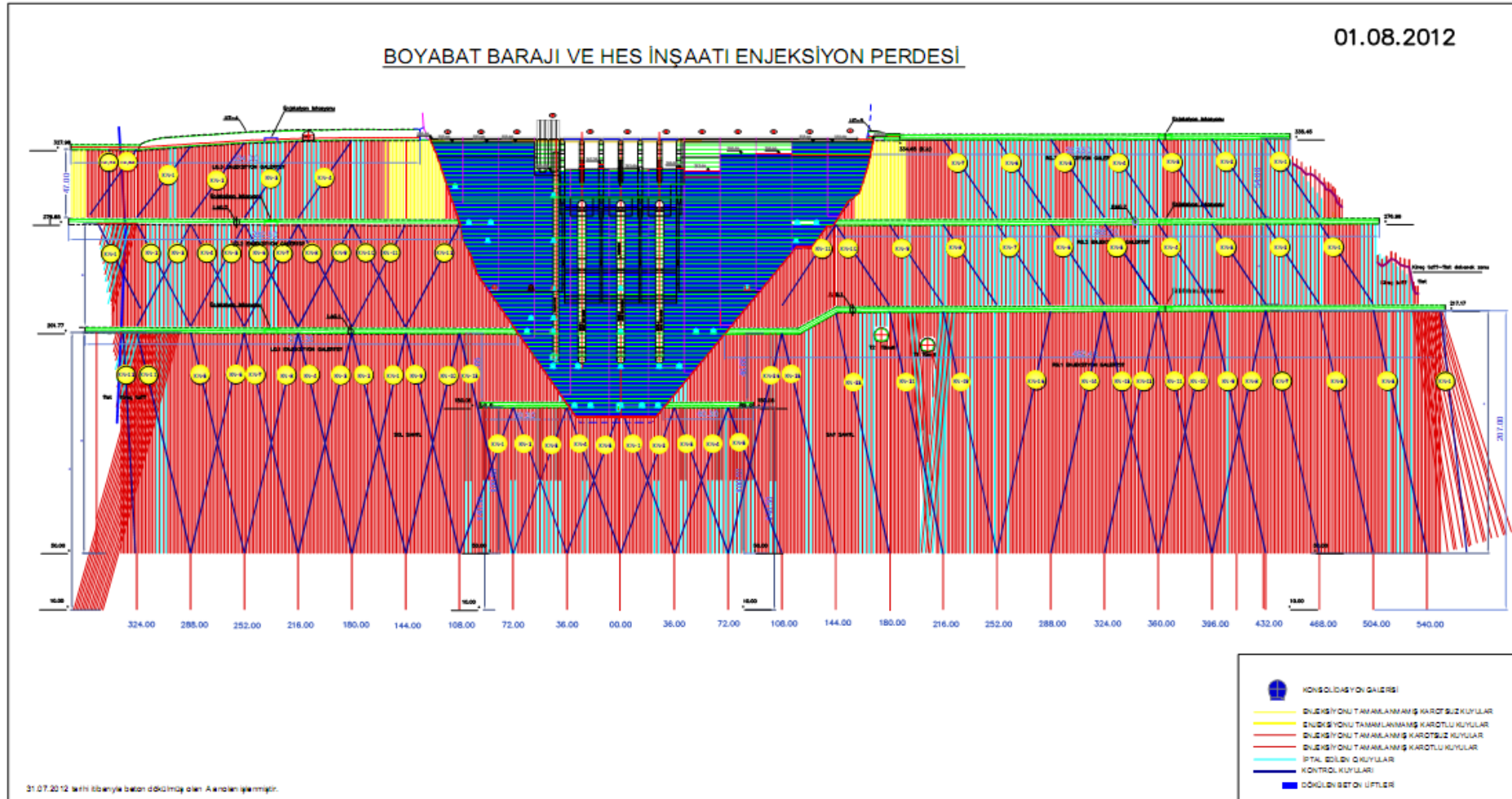
EK-H (Devam) Perde enjeksiyonu ilerlemeleri



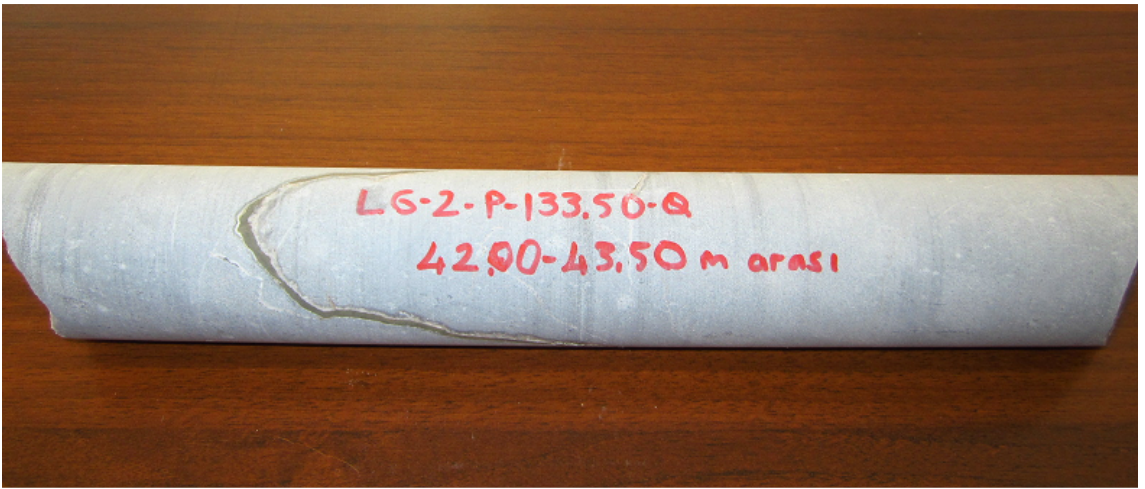
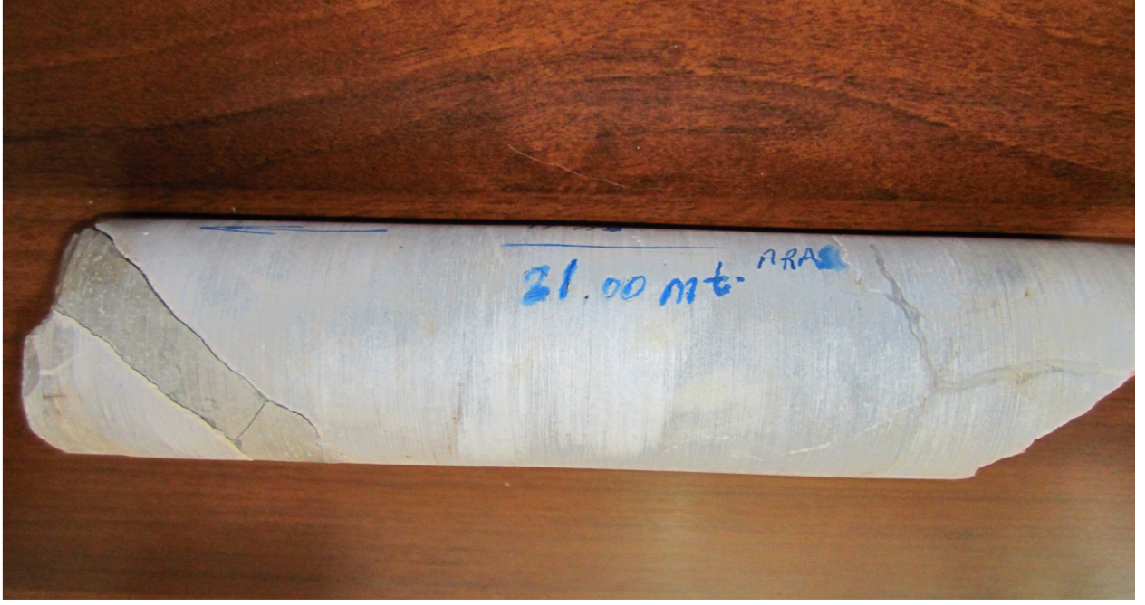
EK-H (Devam) Perde enjeksiyonu ilerlemeleri



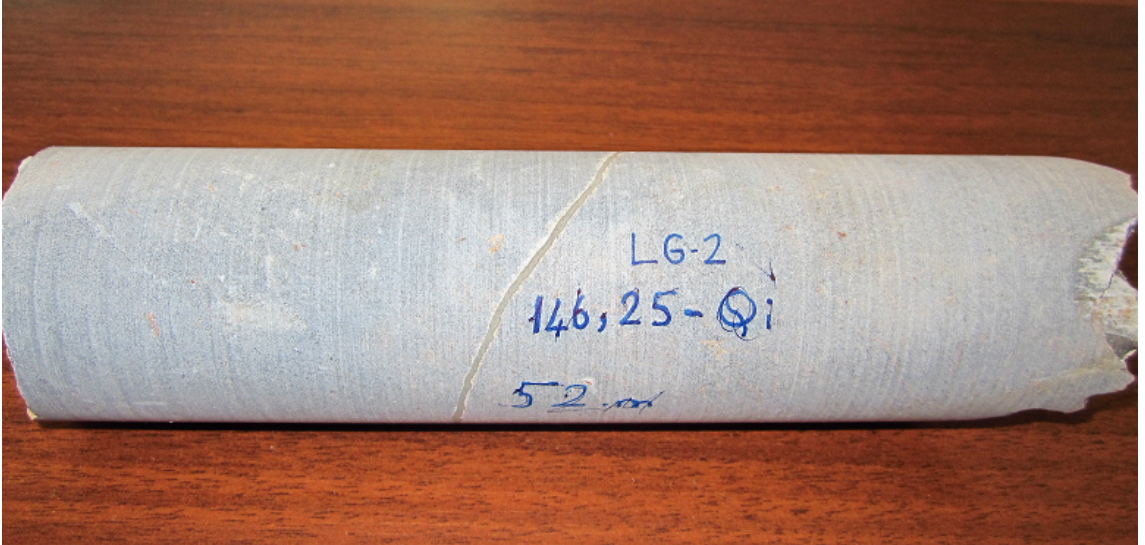
EK-H (Devam) Perde enjeksiyonu ilerlemeleri



EK-I Enjeksiyon işlemlmiş karot numuneleri



EK-I (Devam) Enjeksiyon işlemiştir karot numuneleri



EK-I (Devam) Enjeksiyon işlemiştir karot numuneleri



EK-I (Devam) Enjeksiyon işlemiştir karot numuneleri



EK-J Örnek karot sandığı

BOYABAT BARAJI VE HES İNŞAATI
RG2 GALERİSİ

Kuyu no : RG2-P-144,00-Kn/ 10
Derinlik : 35,00 – 42,00 m

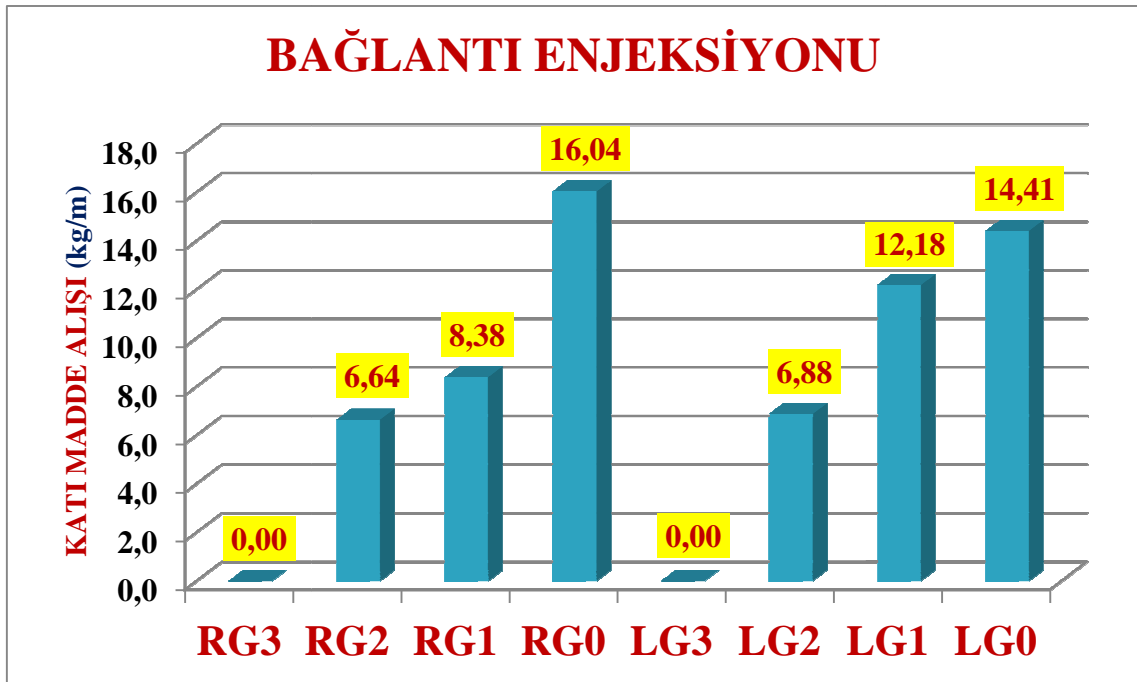
Sandık no : 6 / 10



EK-K Bağlantı enjeksiyonuna ait veriler

Galeri Adı	Toplam Delgi Sayısı	Toplam Delgi Boyu	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Toplam Hacim
	(adet)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
RG3	-	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
RG2	388	2.463,80	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,451
RG1	512	3.251,20	30,8	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,065
RG0	26	165,10	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,311
LG3	-	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
LG2	332	2.108,20	16,7	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0	17,968
LG1	326	2.070,10	28,8	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,515
LG0	36	228,60	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,119
	1620	10.287,00	104,2	6,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0	111,429

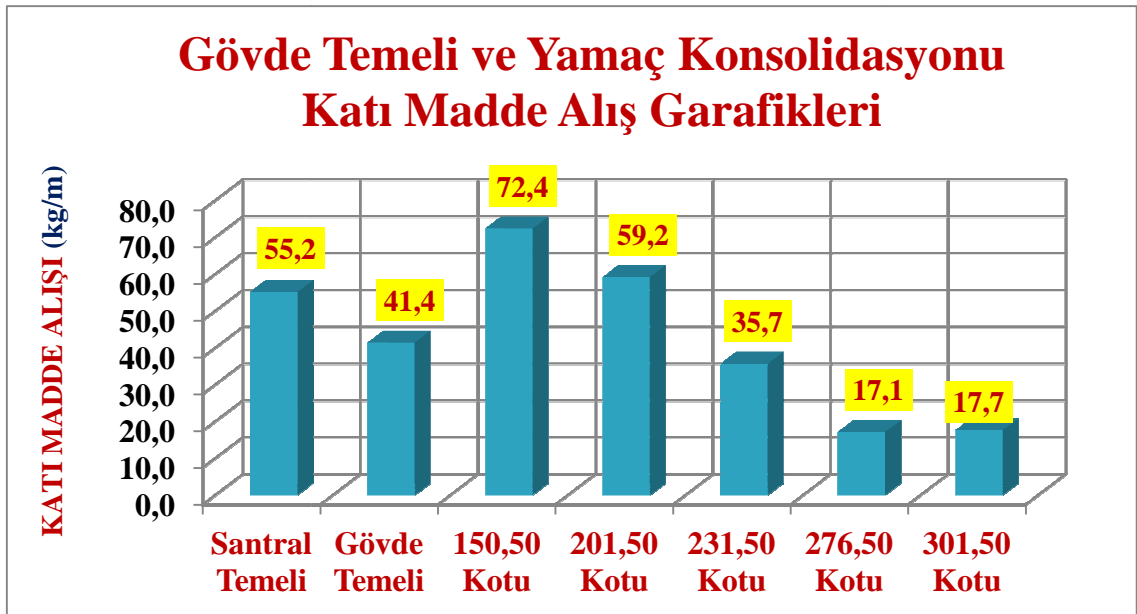
Galeri Adı	Çimento	Rheobuild 2000 PF	Pozzolith 110 HE	Kum	Bentonit	Toplam Katı Madde	Ortalama Katı Madde Alışı
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(kg/m)
RG3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RG2	16,24	0,11	0,00	0,00	0,00	16,36	6,64
RG1	27,04	0,19	0,03	0,00	0,00	27,26	8,38
RG0	2,63	0,02	0,00	0,00	0,00	2,65	16,04
LG3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LG2	14,21	0,10	0,00	0,18	0,01	14,50	6,88
LG1	25,02	0,18	0,03	0,00	0,00	25,22	12,18
LG0	3,27	0,02	0,00	0,00	0,00	3,29	14,41
	88,42	0,62	0,06	0,18	0,01	89,28	8,68



EK-L Gövde temeli ve yamaç konsolidasyon enjeksiyonuna ait veriler

Galeri Adı	Toplam Delgi Sayısı	Beton Boyu	Kaya Boyu	Toplam Delgi Boyu	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Toplam Hacim
	(adet)	(m)	(m)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Santral Temeli	110	1.870	1.790	3.660	128,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	128,1
Gövde Temeli	543	3.441	6.516	9.957	343,5	0,0	1,6	0,8	0,0	0,0	0,0	345,9
150,50 Kotu	123	924	1.584	2.508	86,2	6,6	3,0	15,0	19,9	0,0	0,0	130,6
201,50 Kotu	233	2.554	3.882	6.436	267,3	0,0	5,8	14,0	1,5	0,0	0,0	288,7
231,50 Kotu	173	2.032	2.395	4.427	92,8	0,0	0,0	11,5	2,8	0,0	0,0	107,0
276,50 Kotu	47	508	583	1.091	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7
301,50 Kotu	48	293	529	822	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4
	1277	11.622	17.279	28.901	944,0	6,6	10,5	41,3	24,1	0,0	0,0	1.026,5

Galeri Adı	Çimento	Rheobuild 2000 PF	Pozzolith 110 HE	Kum	Bentonit	Toplam Katı Madde	Ortalama Katı Madde Alışı
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(kg/m)
Santral Temeli	101,78	0,71	0,00	0,00	0,00	102,49	55,2
Gövde Temeli	274,62	1,92	0,00	0,27	0,02	276,83	41,4
150,50 Kotu	98,34	0,69	0,06	17,17	0,25	116,51	72,4
201,50 Kotu	227,47	1,59	0,00	5,73	0,15	234,94	59,2
231,50 Kotu	83,26	0,58	0,00	5,61	0,10	89,54	35,7
276,50 Kotu	10,92	0,08	0,00	0,00	0,00	11,00	17,1
301,50 Kotu	9,86	0,07	0,00	0,00	0,00	9,93	17,7
	806,25	5,64	0,06	28,77	0,51	841,24	47,36



ÖZGEÇMİŞ

Alper Koçer 05.08.1986 tarihinde Kayseri'de doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini Kayseri'de tamamladıktan sonra 2004 yılında Niğde Üniversitesi'nde İnşaat Mühendisliği eğitimi almaya başladı. 2008 yılında inşaat mühendisi olarak Niğde Üniversitesi'nden mezun olduktan sonra özel bir şirkette çalışmaya başladı. 2010 yılında Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen aynı şirketteki işinde çalışmaya devam etmekte olup aynı zamanda da yüksek lisans eğitimini sürdürmektedir.

