



**İNCE DANELİ ZEMİNLERDE JET GROUT TEKNIĞİ
İLE ZEMİN İYİLEŞTİRMESİ YAPILABİLİRLİĞİNİN
OPTİMİZASYONU**

Furkan Hüseyin ATAŞ

Yüksek Lisans Tezi

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğretim Üyesi İbrahim Feda ARAL
2021**

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İNCE DANELİ ZEMİNLERİN JET GROUT TEKNİĞİ İLE ZEMİN
İYİLEŞTİRİLMESİ YAPILABİLİRLİĞİNİN OPTİMİZASYONU**

Furkan Hüseyin ATAŞ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Dr. Öğretim Üyesi İbrahim Feda ARAL
TEKİRDAĞ-2021

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İNCE DANELİ ZEMİNLERİN JET GROUT TEKNIĞİ İLE ZEMİN İYİLEŐTİRMESİNİN YAPILABİLİRLİĞİNİN OPTİMİZASYONU

Furkan Hüseyin ATAŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi İ. Feda ARAL

Gelişen nüfus ve artan yapılaşma ihtiyacı sebebi ile sağlam, yeterli taşıma kapasitesinde ve uygun mekanik özelliklerde zemin bulabilmek İnşaat Mühendisliği'nin en önemli unsurlarından biri haline gelmiştir. Bu sebeple inşaat yapılacak zeminlerin iyileştirmesi gereksinimi ortaya çıkmıştır. İnşaat Mühendisleri oluşan bu gereksinim sonucunda çeşitli zemin iyileştirme metotları geliŐtirilmiŐlerdir. Jet grout zemin iyileştirme metodu hem ülkemizde hem de dünyada yaygın olarak kullanılan bir derin zemin iyileştirme metodudur. Bu metot kısaca; jet grout delĐi makinesinin tijler yardımı ile zemini delerek, tijlerde bulunan nozuller vasıtası ile zemin iÇerisine grout harcı enjekte etmesi ve grout harcı ile birleŐen zeminin özelliklerinin iyileŐmesidir. Bu ھاalışma kapsamında jet grout imalatı, kullanım alanları, jet grout türleri ve jet grout zemin iyileştirme metoduyla ilgili literatür araŐtırmalarının yanı sıra uygulanabilirliği, üretim sürecinin maliyet ve adam x saat verileri ortaya konulmuştur. Bu tez ھاalışmasına ilişkin ھاalışmalarım 2 aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak Afyonkarahisar ilinde yapılan konut projesine ait zemin ıŐlahı ile imalat öncesi ve sonrası zemin değerlerinin karşılaştırılması ve maliyet analizinin yapılması. İkinci aŐamada ise Afyonkarahisar ilinde yapılmış olan jet grout projesinin kazık taşıma kapasitesi sabit bırakılarak, kazık ھاapı, kazık boyu ve uygulanan jet grout yöntemi değiştirilerek yapılacak olan jet kolon imalatının optimum değerleri hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Jet grout, zemin iyileştirme, jet grout imalatının avantajları, jet grout maliyet analizi, jet grout optimizasyonu.

2021 Yılı, 83 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

GROUND IMPROVEMENT WITH JET GROUT TECHNIQUE IN FINE GRAINED SOILS AND OPTIMISATION OF FEASIBILITY

Furkan Hüseyin ATAŞ

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Assist. Profesör İbrahim Feda Aral

In today's world excessive increase in world population and necessity of constructing new structures make ground improvement methods widely important for all Civil Engineers. Because of these reasons improving the properties of ground for construction becomes an obligation. Civil Engineers invented many ground improving techniques in last decades. Jet grout ground improving method widely used in our country and in the world. Briefly jet grout method is applied to the ground by lowering the tools which are connected to the jet grout drilling machine. By the help of the tools and nozzle on the tools high pressure cement grout is sent to the ground level where the improvement will be carried out. Tools are pulled upward with a constant speed to form the jet grout column. In the scope of this MSc. study, jet grout ground improvement technique will be explained with; usage area, types of jet grouting, literature review of jet grouting and applicability titles. In addition to these titles, jet grout technique will be compared with another ground improving method bored pile in costwise, person/hour values and feasibility. Method and materials composed of 2 parts which are; First of all, comparing the ground improvement of the housing project in Afyonkarahisar and the ground values before and after the production, time analysis and cost analysis. Secondly, at the Afyonkarahisar project time and cost analysis for different diameter, pile length and jet grout type for constant pile bearing capacity.

Key words: jet grout, ground improvement, advantages of jet grout technique, cost analysis, jet grout optimisation.

2021 Year, 83 pages

ÖZET

ABSTRACT

İÇİNDEKİLERⁱⁱⁱ

ŞEKİL DİZİNİ

ÇİZELGE DİZİNİ^v

SİMGELER ve KISALTMALAR

TEŞEKKÜR^{viii}

1. GİRİŞ¹⁰

1.1. Jet Grout Yöntemi¹⁰

1.1.1. Jet Grout Ekipmanları¹¹

1.2. Jet Grout Sistemleri¹⁶

1.2.1. Tek Akışkanlı Sistem (Jet 1)¹⁶

1.2.2. Çift Akışkanlı Sistem (Jet 2)¹⁶

1.2.3. Üç Akışkanlı Sistem (Jet 3)¹⁷

1.3. Jet Grout Yönteminin Uygulamadaki Yeri

2. KAYNAK ÖZETLERİ

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.2. Metot

3.2.1 Afyonkarahisar İli, 160 Konut ve Altyapı İnşaat İşi Jet Grout ile Zemin Islahı Yapılması³³

3.2.1.1 Proje Genel Bilgileri³³

3.2.1.2. Genel ve İnşaat Sahasına Ait Jeolojik Bilgiler³³

3.2.1.3. Yapılan Arazi ve Laboratuvar Araştırma Çalışmaları³⁴

3.2.1.4.Zemin İyileştirme Tasarım Değerleri ve Projelendirme³⁷

3.2.1.5. İmalatı Yapılan Jet Grout İşinin Zaman Bazında Değerlendirilmesi⁴⁰

3.2.1.6. Jet Grout Kazıklarının Farklı Çaplarda İmalatının AdamxSaat Olarak Değerlendirilmesi⁴¹

3.2.1.7. İmalatı Yapılan Jet Grout İşinin Maliyet Bazında Değerlendirilmesi⁴⁸

3.2.1.8.Jet Grout Kazıklarının Farklı Çaplarda İmalatının Maliyet Olarak Değerlendirilmesi⁴⁹

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER54

4.1. Projelerin Uygunluk ve Uygulanabilirliği54

4.2. Farklı Çap, Boy ve Jet Grout Tekniği ile Üretilen Jet Kolonlarının Zaman Olarak Kıyaslanması56

4.3. Farklı Çap, Boy ve Jet Grout Tekniği ile Üretilen Jet Kolonlarının Maliyet Olarak Kıyaslanması58

KAYNAKLAR61

EKLER63

ÖZGEÇMİŞ83



ŞEKİL DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Jet Grout İmalatının Şematik Gösterimi.....	13
Şekil 1.2. Jet Grout Delgi Makinası.....	15
Şekil 1.3. İdeal Jet Grout Mikser Ünitesi.....	16
Şekil 1.4. Çimento Silosu	16
Şekil 1.5. (a) tek akışkanlı sistem (b) çift akışkanlı sistem (c) üç akışkanlı sistem	18
Şekil 2.1. Farklı Zemin Tiplerine Esas Gerilme Dağılımları.....	22
Şekil 2.2. Lineer Elastik Zemin Deneyinin Deney Düzenegi.....	23
Şekil 2.3. Uygulama Parametrelerinin Korelasyonu.....	25
Şekil 2.4. Farklı Üretim Parametrelerinin Serbest Basınç Dayanımına Etkisi Pasta Grafiği...27	
Şekil 2.5. Farklı Üretim Parametrelerinin Serbest Basınç Dayanımına Etkisi.....	27
Şekil 2.6. Ölçülen Ve Hesaplanan Basınç Değerlerinin Tutarlılığı.....	28
Şekil 2.7. Jet Grout İmalatı Zemin İçi Şematik Gösterimi.....	29
Şekil 2.8. Sodyum Silikat Katkısının Oranının Tek Eksenli Basınç Mukavemetine Etkisi.....	30
Şekil 2.9. Jet Kolonları ve Kolonları Çevreleyen Alanlar Üzerine Etkileri.....	31
Şekil 3.1. İnceleme Alanı Zemin Jeolojisinin 3 Boyutlu Gösterimi.....	33
Şekil 3.2. İnceleme Alanı Sondaj Kuyularında Yapılan Testler ve Verileri.....	35
Şekil 3.3. İnceleme Alanı Sondaj Yerleşim Planı.....	36
Şekil 3.4. İnceleme Alanında Yapılan Sondajlardaki Yeraltı Su Seviyeleri.....	36
Şekil 3.5.Farklı Çap, Boy ve Jet Grout Tekniği ile Üretilen Kolonların Birim Adam x Saat Miktarlarının Grafik Gösterimi.....	56
Şekil 3.6.Farklı Çap, Boy ve Jet Grout Tekniği ile Üretilen Kolonların Toplam Adam x Saat Miktarlarının Grafik Gösterimi.....	57
Şekil 3.7.Farklı Çap, Boy ve Jet Grout Tekniği ile Üretilen Kolonların Birim Maliyet Miktarlarının Grafik Gösterimi.....	59
Şekil 3.8.Farklı Çap, Boy ve Jet Grout Tekniği ile Üretilen Kolonların Toplam Maliyet Miktarlarının Grafik Gösterimi.....	60

Çizelge 1.1 Farklı Zemin Türleri ve Su/Çimento Oranlarında İmal Edilen Jet Kolonlarının Basınç Dayanımları.....	21
Çizelge 3.1 Alınan Zemin Numunelerinin Fiziksel ve İçsel Karakteristik Özellikleri.....	37
Çizelge 3.2 Zemine Ait SPT-N ve 200 nolu Elekten Geçen Malzeme Yüzdesi.....	39
Çizelge 3.3 $\Phi 80$ cm Jet 1 Kolon İmalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyatlarına Göre 1 mtül İmalata Göre Adam x Saat Hesabı.....	40
Çizelge 3.4 Farklı Çaplara Göre Jet Kazığı Uç Direnci Hesabı.....	42
Çizelge 3.5 Sabit Taşıma Gücüne Göre Farklı Çaplarda Olması Gereken Kazık Boyları.....	43
Çizelge 3.6 $\Phi 60$ cm Jet 1 Kolon İmalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyatlarına Göre 1 mtül İmalata Göre Adam x Saat Hesabı.....	44
Çizelge 3.7 $\Phi 60$ cm Jet 2 Kolon İmalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyatlarına Göre 1 mtül İmalata Göre Adam x Saat Hesabı.....	45
Çizelge 3.8 $\Phi 80$ cm Jet 2 Kolon İmalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyatlarına Göre 1 mtül İmalata Göre Adam x Saat Hesabı.....	46
Çizelge 3.9 $\Phi 100$ cm Jet 2 Kolon İmalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyatlarına Göre 1 mtül İmalata Göre Adam x Saat Hesabı.....	47
Çizelge 3.10 $\Phi 80$ cm Jet 1 Kolon İmalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyatlarına Göre 1 mtül İmalata Göre Maliyet Hesabı.....	48
Çizelge 3.11 $\Phi 60$ cm Jet 1 Kolon İmalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyatlarına Göre 1 mtül İmalata Göre Maliyet Hesabı.....	49
Çizelge 3.12 $\Phi 60$ cm Jet 2 Kolon İmalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyatlarına Göre 1 mtül İmalata Göre Maliyet Hesabı.....	50
Çizelge 3.13 $\Phi 80$ cm Jet 2 Kolon İmalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyatlarına Göre 1 mtül İmalata Göre Maliyet Hesabı.....	51
Çizelge 3.14 $\Phi 80$ cm Jet 2 Kolon İmalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyatlarına Göre 1 mtül İmalata Göre Maliyet Hesabı.....	52

Çizelge 3.15 Farklı Jet Grout Türleri ile Farklı Çaplarda ve Boyutlarda Jet Kolon Üretim Maliyeti.....	55
Çizelge 3.16 FarklıÇap, Boy ve Jet Grout Tekniği ile Üretilen Kolonların Birim ve Toplam Adam x Saat Miktarları.....	56
Çizelge 3.17 FarklıÇap, Boy ve Jet Grout Tekniği ile Üretilen Kolonların Birim ve Toplam Maliyet Miktarları.....	58



SİMGELER VE KISALTMALAR

A_{Kolon}	: Kolon Alanı
C_B	: Kuyu çapı düzeltmesi
C_R	: Örnek alıcı düzeltmesi
C_S	: Örnek alıcı düzeltmesi
C_U	: Drenajsız kohezyon değeri
cm	: santimetre
CL	: Düşük plastisiteli inorganik kil
DSİ	: Devlet Su İşleri
E_M	: Şahmerdan etkinlik oranı
C_B	: Kuyu çapı düzeltmesi
H_p	: Beygir gücü
kPa	: Kilopascal
kg	: Kilogram
kgf	: Kilogramforce
q	: Yük
MASW	: Çok kanallı yüzey dalga analizi
Mpa	: Megapascal
Mtül	: Metretul
M^2	: Metrekare
M^3	: Metreküp
N	: Arazide ölçülen SPT sayısı

$N_{Düz}$: Boşluk suyu basıncı düzeltilmesi yapılmış SPT sayısı
N_{60}	: Arazi değerlerine göre düzeltilmiş SPT-N sayısı
SPT	: Standart penetrasyon testi
S.K.	: Sondaj kuyusu
SM	: Siltli kum
TS	: Türk standartları
TOKİ	: Toplu konut idaresi
U.C.S.	: Tek eksenli basınç dayanımı
Y.S.S.	: Yeraltı su seviyesi
Φ	: İçsel sürtünme açısı
γ	: Birim hacim ağırlığı
₺	: Türk lirası

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmalarımda gerek bilgi gerekse birikim olarak her zaman yanımda olan, değerli önerileri ile bana yol gösteren ve başarı göstermemi sağlayan danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi İbrahim Feda ARAL' a teşekkür ederim.

Namık Kemal Üniversitesi'nin değerli çalışanlarına ve İnşaat Mühendisliği Bölümü'nün değerli akademisyenlerine teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince bilgi ve tecrübeleri ile bana katkıda bulunan İnşaat Yüksek Mühendisi Sayın İlkay TONYALI' ya teşekkür ederim.

Doğduğum andan itibaren her zaman ve her koşulda yanımda olan, benden desteklerini esirgemeyen ve her zaman yoluma ışık olan değerli annem Kimya Yüksek Mühendisi Funda ATAŞ' a ve değerli babam İnşaat Yüksek Mühendisi Vahap ATAŞ' a en derin saygı ve teşekkürlerimi iletirim. Son olarak çekirdek ailemin en yeni üyesi, hayat arkadaşım İnşaat Mühendisi Merve NOSEL' e bana bu yolculukta verdiği destekler için teşekkür ederim.

Haziran, 2021

Furkan Hüseyin ATAŞ
İnşaat Mühendisi

1. GİRİŞ

Gelişen dünyamızın belki de en çok dikkat çeken unsuru nüfustur. İnsanlık günümüzde tarihinin en kalabalık günlerini yaşamaktadır. Bu yoğunluk aynı zamandan, bu nüfusa yaşama alanı sağlanması, çalışma olanaklarının ve alanlarının oluşturulması gibi etmenleri de beraberinde getirmektedir. Özellikle büyük şehirler yaşam alanları, endüstriyel tesisler ve iş alanları için çokça uygun alan gerekmektedir. Bilindiği üzere bu alanların sağlanması ve yapıların oluşturulabilmesi adına ilk öncelik yeterli özelliklerde(kapasitede) ve sağlam zeminlerdir. Yatay veya dikey yapılanma tercihleri bu önceliği ortadan kaldırmaz. Yatay yapılanma için daha geniş alanlar ve daha fazla uygun özellikte (taşıma kapasitesinde) zemin gerektiği gibi dikey yapılanmanın artması da zeminde daha fazla yüke olan tepkinin yani taşıma kapasitesinin arttırılması gerekliliği anlamına gelmektedir. Bu ihtiyaç doğrultusunda inşaat mühendisleri zemin iyileştirme teknikleri adı altında birçok farklı teknik geliştirmişlerdir. Yapım öncesinde zeminde çeşitli etüt ve incelemeler yapılarak zemin birçok parametre açısından incelenir (zemin türü, taşıma kapasitesi, efektif gerilme, elastiklik katsayısı vb.). Zemin özellikleri açısından uygun olmayan yerlerde çeşitli zemin iyileştirme yöntemleri kullanılarak zemin özelliklerinin istenen/gerekli değerlere gelmesi sağlanır. Zemin özelliklerinin iyileştirilmesi ve zeminin istenen seviyeye getirilmesi demek kısa bir özetle üst yapıdan gelen yükleri çeşitli elemanlar kullanarak sağlam zemin tabakasına aktarılması ve aktarılan bu yükün zemin tarafından taşınması demektir.

Zemin iyileştirme teknikleri yüzeysel zemin iyileştirme teknikleri ve derin zemin iyileştirme teknikleri olarak ikiye ayrılır. Bu çalışma derin zemin iyileştirme tekniklerinden jet grout tekniğini konu almaktadır. Jet grout yöntemi kullanarak zemin özelliklerinin iyileştirilmesi günümüzde gerek yurtiçi gerekse yurtdışında son derece yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Kısaca tanımlamak gerekirse bu yöntem; zeminin oturma, geçirimsizlik, sıvılaşma riski ve zemin dayanımı gibi özelliklerinde iyileştirme yapılmasını hedefler.

Jet grout zemin iyileştirme tekniği, zemin içerisine delgi makinesine bağlı tijlerin yardımı ile yüksek basınç altında enjekte edilen karışım ile jet kolonları meydana getirmesi esasına dayanmaktadır. Enjekte edilen karışım (grout) su ve çimento bileşenlerinden oluşmaktadır. Su-çimento karışımının zemin içerisine enjeksiyonu sırasında karışımın zemin ile yoğrulma, parçalanma, erozyon ve nüfuz etme gibi şekillerde karışması sonrasında jet

kolonları oluşmaktadır. Jet enjeksiyonu sonrasında istenen derinlikte ve çapta kolonlar oluşturulabilir.

Jet grout imalatı yapılmış zeminlerde, zeminin mekanik özelliklerin (örn: young modülü, kesme katsayısı vb.) belirlenebilmesi için zemin homojen olarak kabul edilmektedir. Mekanik özelliklerin, jet grout zemin iyileştirmesi yapılmış zeminlerde orijinal zeminlere oranla daha iyi olduğu kanıtlanmış bir gerçektir.

1.1. Jet Grout Yöntemi

İnşa edilmesi planlanan yapı için ilk adım uygun zemin koşullarının bulunması veya oluşturulmasıdır. İmalatın yapılacağı zeminin, zemin özelliklerinin yeterli olmaması bu alanda yapılacak imalatları kısıtlamakta ve/veya yapılacak yapının ömrünü kısaltmaktadır. Zemin özellikleri taşıma kapasitesi, oturma değerleri, sıvılaşma riski, geçirimsizlik kapasitesi gibi özellikler açısından değerlendirilir. Yapılacak olan inşa çalışması için yeterli kriterler sağlanmadığı takdirde zeminin ve özelliklerinin iyileştirilmesi gerekliliği ortaya çıkar. Zemin iyileştirme teknikleri esasen zeminin mekanik özelliklerinin artırılmasını hedeflemektedir. Zeminin mekanik özelliklerinin artırılması; zeminin mukavemet kazanması, taşıma kapasitesinin artırılması, elastisite modülünün artırılması ve zemin geçirgenlik katsayısının azaltılmasını gibi özelliklerin iyileştirilmesini baz alır.

Yapılacak projeye göre önceden belirlenen, gerekli zemin değerlerini elde etmek adına arazi şartlarına uygun bir yöntem seçilerek zemin iyileştirme yapılır. Yapılacak olan zemin iyileştirme öncesinde, zemin değerlerinin istenen düzeye gelmesinin yanı sıra birçok farklı etmende göz önünde bulundurulmaktadır. Uygulanabilirlik, zaman, maliyet, risk gibi birçok faktörde zemin iyileştirme öncesinde göz önüne alınarak değerlendirilmektedir. Uygun ve maksimum verim alınabilecek bir yöntem seçilerek zemin iyileştirme uygulamasına başlanır.

Uygulanan yöntem sonucunda;

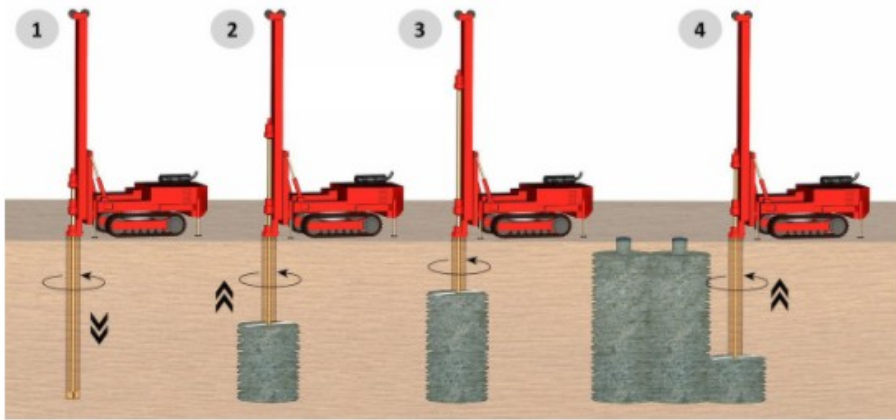
- Zemin taşıma kapasitesinin artırılması
- Zemin geçirgenliğinin azaltılması
- Zemin sıvılaşma direncinin artırılması
- Zemin oturma kapasitesinin azaltılması

gibi birçok etmende değişimler hedeflenmektedir.

Jet grout ile zemin iyileştirme tekniği bir derin zemin iyileştirme tekniğidir. Bu teknik kullanılarak, yapılacak projeler açısından daha uygun zemin özelliklerine sahip alanlar oluşturulur. İyileştirme sonrası oluşan zemin "soilcrete" olarak adlandırılmaktadır. Zemin

içerisine yüksek kinetik enerjili grout jetini enjekte ederek, zeminin parçalanması ve grout (su-çimento karışımı) ile karışarak kompozit yapıları kolonlar oluşması sağlanır. Oluşan jet kolonları ile yapıdan gelen yüklerin derinlerde bulunan daha sağlam zemin tabakalarına aktarılması veya zeminlerin özelliklerinin iyileştirilmesi hedeflenir. Jet grout yöntemi ile ilgili Wels, Rubright ve Coomber'in (1986) yaptıkları ortak çalışmada bu yöntemi "yüksek basınçlı su jetleri ile kesilmiş zemin yerine, zemin içerisine su-çimento karışımından oluşan groutun eşzamanlı olarak enjeksiyonudur" ifadesini kullanmışlardır.

Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirmesi yapılırken dikkat edilmesi gerek birtakım hususlar bulunmaktadır. Jet enjeksiyonu sırasında zeminden kesilen parçacıkların bentonit bulamacı ile birleşerek kesici ucun gövdesinden yukarı çıkabilmeleri için kesici uç gövdeden daha kalın olmalıdır. Zemin parçaları ile bentonit bulamacı karışımından oluşan artık malzemenin yüzeye taşınması birçok açıdan kontrol edilerek yapılan zemin iyileştirmesi kontrol edilebilir. Yüksek basınçta yapılan jet enjeksiyonu sırasında delme işlemi için kullanılan takımın etrafından belirli bir miktarda malzemenin taşması veya akması uygundur (Şekil 1.1). Grout enjeksiyonu yapılan zeminde aşırı basınç olup olmadığı bu geri akış ile kontrol edilebilir. Gerekliden fazla basıncın olması sistemin bir kısmını ya da tamamını ve aynı zamanda var ise çevre yapıların sağlamlığını da tehdit edebilir. Aşırı basınç zeminde kırılmalara sebebiyet verebilir buna ek olarak bu durum oluşturulan jet kolonlarında süreksizlik meydana gelmesine sebep olur. Enjeksiyon esnasında olan geri akış miktarı zemin türüne ve geçirgenliğine bağlı olarak değişim gösterir. Geri akış miktarının killi zeminlerde daha fazla, kumlu ve çakıllı zeminlerde ise daha az olması beklenmektedir. Yapılan hesaplamalarda ortalama olarak enjekte edilen karışım miktarının %10 u kadar geri akış beklenmektedir.



Şekil 1.1: Jet Grout İmalatının Şematik Gösterimi

1.1.1. Jet t G ro ut E ki p m an la rı

Delgi makinesi, pompa ünitesi, mikser ünitesi, su deposu, çimento silosu gibi jet grout zemin iyileştirmesi için kullanılan ekipmanlar yüzey kotunda kullanılarak gerekli ve yeterli zemin iyileştirmesi yapılabilmesi için imal edilecek kolonları oluşturacak şekilde tasarlanmalı ve seçilmelidir. Jet grout ekipmanları; yüzey kotunda imalattan önce hazırlanan grout harcının belirli derinliğe kadar taşınabilmesi, delgi makinesi ve makineye bağlı bulunan tijlerin yardımı ile doğru rotasyon, geri çekme ve püskürtme özellikleri ile grout harcını zemin içerisine yerleştirebilmesi ve karıştırma ünitesinden gelen karışımın zeminde oluşan yer değiştirme oranınca zemini doldurması gerekir (Stoel, 2001). İmalat sırasında kullanılacak tüm ekipmanlar imalatın tekniğine uygun olarak ve yeterli donanımda olmalıdırlar.

Delgi Makinası

Delgi makinası düşeyde veya istenen şekilde (yatay, açılı) zeminde delgi yapabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Delgi makinesinde 100 mm çapında tijler bir kılavuz boru içerisinde düşey olarak hareket edebilecek şekilde bulunmaktadır. Delme işlemini gerçekleştiren tijlere 2,2 mm çapında 2 adet nozul yandan bağlıdır. Jet grout kolon imalatının yapılması delgi makinesi ucunda bulunan tijlerin, iyileştirme yapılacak zemine penetre edilerek istenilen derinliğe indirilmesi ile başlar. Bu tijlerin kendi eksenleri etrafında dönmesi ve zemin içerisinde aşağıdan yukarı doğru hareket ettirilmesi ile grout malzemesi zemin içerisine homojen bir şekilde karışır. Oluşturulan jet grout kolonlarının veya başka bir deyiş ile groutun

zemin içerisinde homojen olarak dağılabilmesi, oluşturulan jet kolonlarının sürekliliği ve çapı, tijin alt kotlardan zemin yüzeyine doğru geri çekilirkenki dönme hızına bağlıdır. Kullanılan tijlerin kendi eksenleri etrafında dönme hızları genellikle 5-30 devir/dakika arasında değişmektedir. Tijlerin zemin alt kotlarından zemin yüzeyine doğru çekilmesi işlemi delgi makinesinde bulunan aparatlara göre kademeli çekme ve sürekli çekme olarak 2 farklı şekilde yapılabilir. Kademeli çekme işlemi sırasında tijler yüzey kotuna doğru geri çekilirken her belirlenen kademedeki belli süre bekletilirler. Yapılan araştırmalara göre her 4 cm ilerlemede 5-11 saniye bekleme süresi ile yapılan kademeli çekmeler en iyi neticeyi sağlamaktadır (Erkan ve İbrahim, 2013). Delgi makinelerinin imalat sırasında aksaklık yaşanmaması adına kule boyunca eksiz olması tercih edilen bir etmendir. Delgi makinesinde kullanılan hortumların patlama basıncı olarak 1400 bar seçilmektedir.



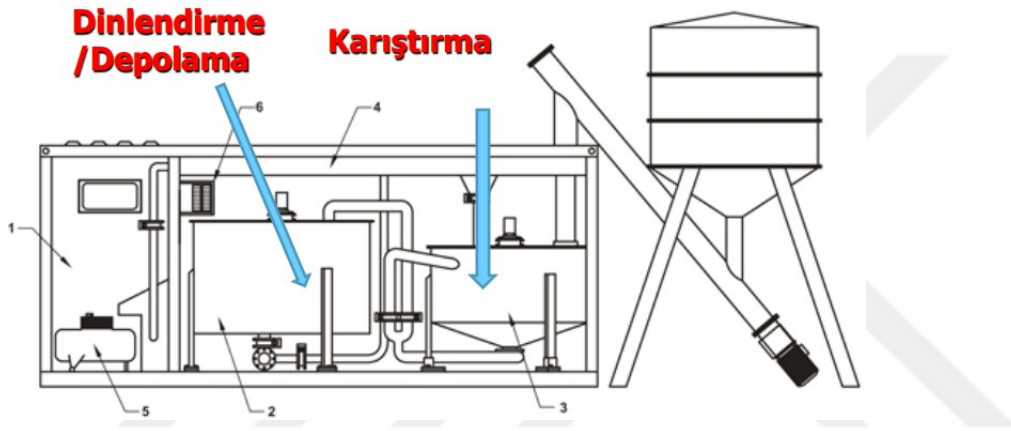
Şekil 1.2: Jet Grout Delgi Makinesi

Pompa Ünitesi

Jet grout ile zemin iyileştirme uygulaması sırasında belirlenen zeminde teşkil edilecek jet kolonları için tijler yardımı ile zemine enjekte edilecek grout karışımını zemine basınçlı olarak gönderecek ünedir.

Mikser Ünitesi

Jet grout uygulaması esnasında kullanılacak olan ve zemine enjeksiyonu yapılan karışımın (grout) hazırlandığı ünedir. Jet enjeksiyonunun belirlenen oranlarda (genellikle 400 doz beton) karışımı bu ünite de yapılmaktadır. Günümüzde imalatlarda kullanılan mikser üniteleri 2 farklı hazneden oluşmaktadır. İlk hazne su çimento karışımının gerçekleştiği kısım iken, ikinci ve daha büyük hacimli hazne ise su-çimento karışımına gerekli katkıların eklendiği ünedir. Mikser ve dinlendirici kısımlarından oluşan mikser ünitesi, pompa ünitesine yeterli miktarda karışım gönderebilecek kapasite olmalıdır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: İdeal Jet Grout Mikser Ünitesi

Çimento Silosu

Jet grout imalatlarında kullanılacak olan çimento malzemesinin yeterli ve gerekli miktarda depolanmasını sağlayan ünedir (Şekil 1.4).

Su Deposu

Jet grout imalatlarında kullanılacak olan suyun yeterli ve gerekli miktarda depolanmasını sağlayan ünedir. Hacmi kadar sağlamlık ve sızdırmazlığı da önemli etmenlerdendir.



Şekil 1.4: Çimento Silosu

1.2. Jet Grout Sistemleri

1.2.1. Tek Akışkanlı Şişirici Sistem (Jet 1)

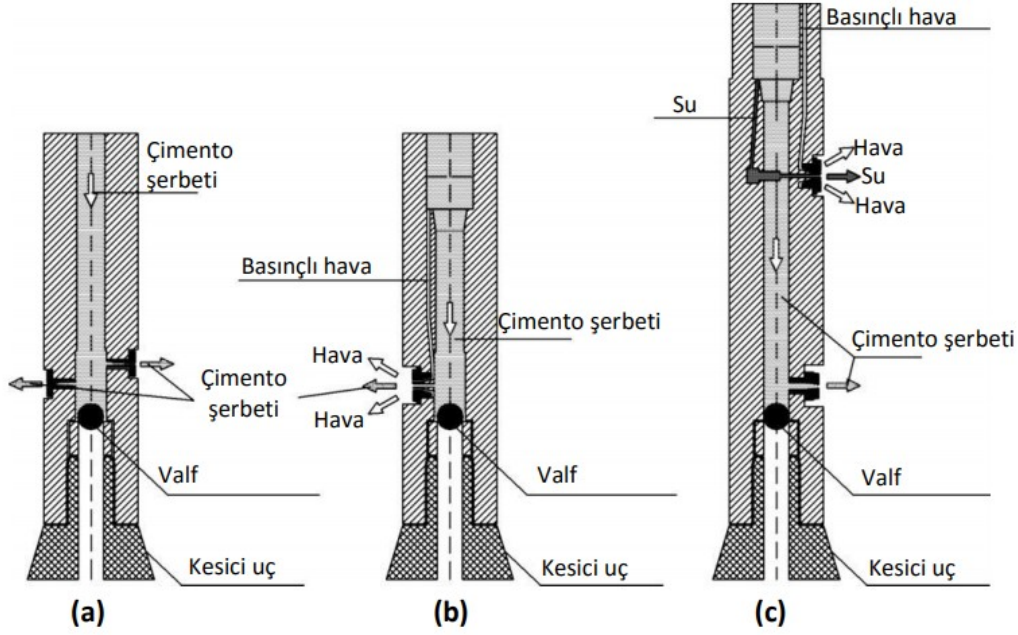
Zemin içerisine penetre olan tij ve nozuller yardımı ile zemine su ve çimento karışımından oluşan grout yüksek basınç altında enjekte edilir. Yüksek basınç altında zemine enjekte edilen su çimento karışımı ile zeminin öğütülerek parçalanması ve çimento ile karışması sağlanmaktadır. Bu proses tek bir sıvı ile sağlandığından bu sisteme tek akışkanlı sistem adı verilmiştir.

1.2.2. Çift Akışkanlı Sistem (Jet 2)

Çift akışkanlı sistemin adı imalat sırasında iki akışkan kullanılmasından gelmektedir. Tek akışkanlı sistemle benzer olarak zemine yüksek basınçta enjekte edilen su çimento karışımından oluşan grout, zemini öğüterek parçalanmasına ve çimento ile karışmasına yol açmaktadır. Çift akışkanlı sistemde su çimento karışımı enjeksiyonu sırasında tijlerden basınçlı hava jetide verilmektedir. Bu yöntem ile enerji kayıplarının azaltılması ve sistemin veriminin artırılması hedeflenmektedir.

1.2.3. Üç Akışkanlı Sistem (Jet 3)

Üç akışkanlı olarak adlandırılan sistemde ise tijler ve nozuller yardımı ile zemine enjekte edilen yüksek basınçtaki grout karışımının zemini öğütüp parçalaması ve çimento ile karışması işlemleri birbirini takip eden işlemler halinde meydana gelmektedir. Tijlerin üst bölgesinde bulunan nozullardan uygulanan yüksek basınçta su jeti ile zeminin öğütülüp parçalanması gerçekleştirilirken, tijlerin alt kısmında yer alan ikinci bir bölümde nozuller yardımı ile çimento enjeksiyonu zemin içerisine enjekte edilmektedir. Bu duruma ek olarak tijin üst kısmından uygulanan basınçlı su jeti enerji kaybını azaltmak için tıpkı çift akışkanlı sistemde olduğu gibi hava ile beraber uygulanmaktadır. Alt nozullardan uygulanan çimento şerbeti ise sadece zemin ile karışma hedeflendiğinden üst nozullerdekine kıyasla düşük basınçta uygulanmaktadır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: (a) tek akışkanlı sistem, (b) çift akışkanlı sistem, (c) üç akışkanlı sistem

1.3. Jet Grout Yönteminin Uygulamadaki Yeri

Günümüzde jet grout ile zemin iyileştirme son derece yaygın olarak kullanılan bir metottur. Jet grout kolonları ile zemin iyileştirme metodu kullanım alanları olarak da farklılık göstermektedir (Durgunoğlu, 2004) Başlıca kullanım alanlarını belirtmek gerekir ise;

- Temel altında kullanılan ve üst yapıdan gelen düşey yüklerle maruz kalınması sırasında taşıma kapasitesini arttırmak ve deplasman kontrolünü sağlamak.
- Jet kolonlarının donatılı olarak imal edilmesi ile yer altı su seviyesinin altında inşa edilecek yapıların temel kısmında etki edebilecek ters yönlü kaldırma kuvvetinin önlenmesi
- Kazı imalatının yapıldığı bölgelerde, yanal zemin yüklerinin karşılanmasını sağlamak amacı ile
- Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde kazı imalatı sırasında zemin geçirimsizlik oranını düşürerek zeminde bulunan taşıyıcı elemanlar arasında batardo kapama elemanı olarak
- Yer altı yapılarında özellikle tünellerde kazı yapılacak alanın üzerinde bulunan yetersiz zeminin iyileştirilmesi amacı ile
- Kumlu ve sıvılaşma potansiyeli yüksek zeminlerde, sıvılaşma riskinin azaltılması ve zeminde oluşan kayma gerilmelerine mukavemet kazandırılması için

- Deprem sırasında yetersiz zeminlerdeki yatay ve dikey deplasmanların sınırlandırılması amacı ile



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Lunardi (1977) tarafından yazılan "Ground Improvement" (zemin iyileştirme) kitabının "Ground improvement by means of jet grouting" bölümünde henüz o dönemlerde yeni yeni kullanılmaya başlanan ve geliştirilmesi gerekliliğinin üzerinde durulan jet grout metodunun tanımı yapılmaktadır. Metodun tanımından sonra inşaat mühendisliğinde jet grout

uygulamalarına ait örnekler verilmektedir. Lunardi (1977) kitaptaki çalışmasında jet grout ile zemin iyileştirmesi yapılması hususunu;

- Farklı zemin türlerinde jet grout uygulanması ve uygunluğu
- Uygulamaya ait tasarım kriterleri
- Jet grout tekniği ile alakalı son dönem teknolojik gelişmeleri
- Uygulamanın imalat esnasında gözlemlenmesi
- Jet grout tekniğinin inşaat ve çevre mühendisliklerindeki kullanım teknikleri
- Jet grout tekniğine ait vaka analizleri

gibi unsurlar üzerinden incelemiştir. Kitapta sunulan Çizelgede jet grout tekniğinin uygulandığı farklı zemin tiplerinde elde edilen basınç mukavemetleri anlatılmıştır.

Kitapta Lunardi (1977) tarafından verilen bilgiler jet grout tekniği ve tekniğin tarihçesi olarak nerdeyse ilk literatür çalışması olarak gösterilmektedir. Jet grout tekniğinin ekonomik ve zaman bazında birçok zemin iyileştirme metodundan daha uygun olduğu belirtilmesine rağmen, tekniğin daha etkin şekilde kullanabilmesi için metodolojisi hakkında geliştirmeler yapılması gerekliliği vurgulanmıştır.

Bauman (1984) tarafından yayınlanan "Das Soilcrete-Verfahren in der Baupraxis" makalesinde farklı zemin türlerinde uygulanan jet grout kolonlarının, karışım özellikleri baz alındığında oluşan farklılıklar incelenmiştir. Jet kolonu uygulamasında değiştirilen su/çimento oranları sonucunda elde edilen basınç dayanımları incelenmiştir. Makaleye konu çalışma için farklı tiplerde ve mekanik özelliklerde 7 zemin türünde uygulanan jet grout kolonlarından numuneler alınmıştır. Alınan numunelerin tek eksenli basınç dayanım verileri birbiri ile kıyaslanmıştır.

Karşılaştırılan numunelerden elde edilen veriler sonucunda iri daneli (çakıllı, kumlu) zeminlerde elde edilen jet grout kolonlarının tek eksenli basınç dayanımlarının, ince daneli (siltli, killi) zeminlerde elde edilen kolonların basınç dayanımlarına oranlar 3-4 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 1.2). Bu duruma ek olarak su/çimento oranının azaltılması ile başka bir deyişle jet karışımı içerisindeki çimento miktarının artırılması ile tüm zeminlerde elde edilen kolonlarda basınç dayanımının arttığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 1.1: Farklı Zemin Türleri ve Su/Çimento Oranlarında İmal Edilen Jet Kolonlarının Basınç Dayanımları (Bauman,1984).

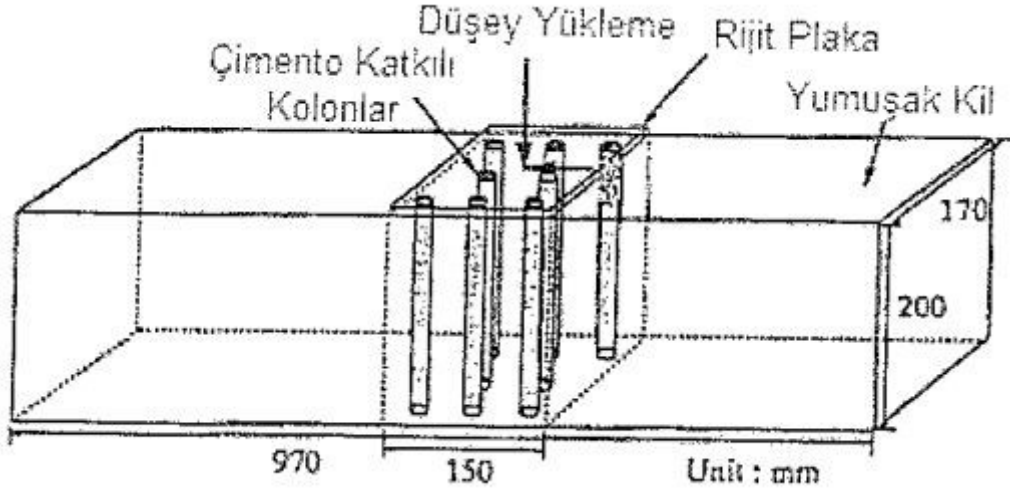
Kolon Basınç Dayanımları (MPa)							
Zemin Tipi	Çakıl	Kum	Silt, Kil	Organik Zemin	Çakıllı Kumlu	Kumlu Siltli	Siltli Killi
Kolon No	1	2	3	4	5	6	7
Su/Çimento=0,67	≤20	≤15	≤12	≤3	12-18	10-14	6-10
Su/Çimento=1	≤20	≤15	≤12	≤3	6-10	5-7	3-5

Omine, Ochiai, Bolton (1999) tarafından yapılan " Homogenization Method for Numerical Analysis of Improved Ground with Cement- Treated Soil Columns" isimli çalışmada; çimento katkısı kullanılarak derinn iyileştirme yapılan zeminlerde tekil elemanların kullanılmasına karşı olarak homojenleştirme yöntemi kullanılarak bir takım nümerik analizler yapılmıştır. Omine vd. (1977) tarafından önerilen homojenleştirme yöntemi ile temel altına inşa edilen jet kolonlarının imalatının yapıldığı alanın kompozit bir malzeme olarak düşünülmesi ile birlikte sonlu elemanlar yöntemi ile pratik bir analiz gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede tekil olarak hesap edilen jet grout kolonlarının ve dizayn esaslarının yaratabileceği; güvelik katsayılarının yüksek tutulmasına ve mali açıdan daha pahalı ve ekonomik olmayan dizayn ve projeler yapılmasının önüne geçilebilmektedir. Araştırmacı tarafından geliştirilen homojenleştirme yönteminde karışımlar iki fazlıdır. Bu karışımlarından gerilme ve deformasyon ilişkilendirmeleri yapılırken karışımdaki gerilme dağılımları esas olarak alınmıştır (Şekil 2.1).

Karışım tipi	Yatay tabakalı karışım	Küresel katkı karışım	Kazık şeklinde katkı içermesi	Düsey tabakalı karışım
Yapılan kabul	Sabit gerilme	Sabit deformasyon enerjisi	Nümerik analize dayalı yaklaşım	Sabit deformasyon
Gerilme dağıtım parametresi b	$\left(\frac{E_s}{E^*}\right)^n = \left(\frac{E_s}{E^*}\right)^0 = 1$ $n=0$	$\left(\frac{E_s}{E^*}\right)^{\frac{1}{2}}$ $n=1/2$	$\left(\frac{E_s}{E^*}\right)^{\frac{1}{3}-\frac{1}{6}}$ $n=1/3-1/6$	$\left(\frac{E_s}{E^*}\right)^1$ $n=1$
Eshelby's tensörü S_{11}	1	7/15 ~ 9/15 $\nu^*=0-0.5$	5/8 ~ 3/4 $\nu^*=0-0.5$	0
$1-S_{11}$	0	Yaklaşık 1/2	3/8 ~ 1/4	1

Şekil 2.1: Farklı Zemin Tiplerine Esas Gerilme Dağılımları (Omine, Ochiai, Bolton, 1999).

Omine vd. (1999) tarafından yayınlanan araştırma ve homojenleştirme yöntemine ek olarak ülkemizde de Küsin, Yıldız ve Örnek (2009) tarafınca "Jet Grout Kolonları ile İyileştirilen Zeminlerin Homojenleştirme Yöntemiyle Sayısal Analizi" başlıklı bir makale yayınlanmıştır. Çukurova Üniversitesi çatısı altında yayınlanan bu makalede Omine vd. (1999) tarafından ortaya koyulan jet grout ile zemin iyileştirme hesaplamalarında homojenleştirme yöntemi araştırılmış ve sayısal analizlerin sonuç ve kullanımları incelenmiştir. Sayısal analizlerin değerlendirilmesi esnasında 2 boyutlu bir zemin programı olan PLAXİS kullanılmıştır. Makalede temel altında inşa edilen çok sayıda jet kolonunun homojenleştirilmesi ve sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmesinin zorluğundan yola çıkmıştır. Yapılan sayısal analizlerde, homojenleştirme yöntemi ile elde edilen göçme yükü değerleri ile deney sonucu elde edilen göçme yükü değerleri arasında ciddi bir fark görülmemesine rağmen bulgular deformasyon açısından incelendiğinde ciddi sapmalar meydana gelmiştir (Şekil 2.2). Küsin vd. (2009) tarafından hazırlanan makalede bu farklılığın sebebi "homojenleştirme yönteminde zeminin lineer elastik malzeme olarak kabul edilmesi" olarak adlandırılmıştır. Makalede zemin davranışının lineer elastik bir malzeme gibi değil de gerçeğe daha yakın olarak modellenmesi sonucunda deformasyon hesaplamalarında daha doğru sonuçlar elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 2.2: Lineer Elastik Zeminin Deneyinin Deney Düzeneği (Küsin, Yıldız ve Örnek 2009)

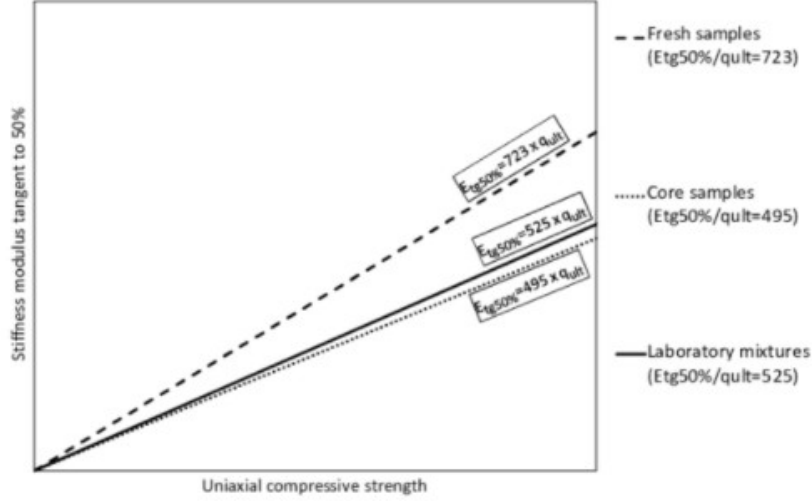
Wong ve Poh (2000) tarafından yapılan " Effects of jet grouting on adjacent ground and structures" isimli araştırmada, Singapur Posta Ofisi temel ve bodrum kat kazıları için yapılan jet grout imalatı sırasında, kazı alanına bitişik yapı (diyafram duvar) ve zeminlerde meydana gelen değişiklikleri incelemiştir. Deformasyon ve taşıma kapasitesi bakımından iyileştirilmiş olan zeminin, kazı tabanında strut görevi görerek, bitişik nizamda bulunan yapıların zeminlerinde oluşabilecek bir hareketlenmeyi önlemesi planlanmıştır. Kazı duvarlarında imalatı yapılan jet grout kolonları, pasif alanda (kazı arkasında) kazıya ters yönde deformasyona sebep olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda kazı alanına bitişik diyafram duvarlarda da eğilme momentlerinin azaldığı ve yapıların hasar görmesi gibi bir durumla karşılaşılmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Sağlamer, Düzceer, Gökalp ve Yılmaz (2001) tarafından 15. Uluslararası Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği Kongresinde "Recent applications of jet grouting for soil improvement in Turkey" başlıklı bir sunum yapılmış ve daha sonrada yayınlanmıştır. Yayınlanan makalede Türkiye'de son dönemlerde yapılmış olan jet grout ile zemin iyileştirme projelerine örnekler verilmiştir. Sağlamer ve arkadaşları tarafından hazırlanan çalışmada gölcükte bulunan Ford Otosan fabrikası, İzmir kombine doğalgaz çevrim santrali ve Düzce Uzel Motor fabrikası örnekleri verilmiştir. Makalenin ana konusu jet grout uygulamasının tipi, tekniği, operasyon türü, nozul adet ve çapları, tijlerin öekme ve döndürme hızları gibi etmenlerin nasıl belirlendiği hakkındadır. Projelerde imalatlar sırasında yapılan tüm işlemlerde asıl kaygının uygulama doğruluğu ve kalite olması sebebi ile yapılan tüm jet grout imatlarının testleri yapılmıştır. Ahmet Sağlamer tarafından gerek saha testleri gerek ise laboratuvar testlerinin hepsi 1998 ve 2000 yıllarında geoteknik rapor olarak yayınlanmıştır.

Gümüş (2002) tarafından yayınlanan “jet grouting technique and strength properties of jet grout columns” isimli makalede birçok zemin problemi konusunda etkili çözüm olarak tasvir edilen jet grout yönteminin tanımı, gelişimi, uygulama yöntemi, uygulama parametreleri ve uygulama alanları gibi konular irdelenmiştir. Çalışmada jet grout yöntemi çimento ve su karışımından oluşan groutun çok yüksek basınç altında zemine enjeksiyonu ile birlikte zeminin sıkıştırılması olarak tanımlanmaktadır. Yöntemin başlıca avantajı farklı zemin türlerinde rahatlıkla uygulanabilmesi ve olumlu sonuç alınabilmesi olarak belirtilmiş, bu sebeple bu yöntemin uygulama alanlarının hızla arttığı belirtilmiştir. Makalede jet grout yöntemi 5 farklı uygulama sahasından alınan numunelere uygulanan serbest basınç dayanım testleri incelenerek araştırılmıştır.

Bakım (2007) tarafından yayınlanan “enjeksiyon yöntemleri ile zemin iyileştirilmesi” isimli makalede farklı dane çapına ve farklı özelliklere sahip zeminlerde uygulanan jet grout enjeksiyon yöntemi ve bu yöntemin farklı zeminlerde verdiği başarılı sonuçlar incelenmiştir. Araştırma kapsamında Tekirdağ ili Çorlu ilçesinde bulunan Avrupa Serbest Bölgesi, Polylex Polyester Fabrikası ek binaları ve Antalya ilinde bulunan İstanbul Oteli Lojman binalarının temel altında jet grout yöntemi ile zemin iyileştirilmesi yapılması sonucunda elde edilen zeminlerin mühendislik özellikleri, kolon süreklilikleri ve kolon taşıma kapasiteleri ile uygulama tekniği analiz edilmiştir. Uygulama sonrası yapılan saha ve laboratuvar deneyleri sonucunda Çorlu’da bulunan fabrika ek binası zemininde taşıma kapasitesinin iyileştirme öncesine göre 2,5 kat arttığı, Antalya’da bulunan İstanbul Otel zeminin ise taşıma kapasitesinin 3 kat arttığı sonuçları elde edilmiştir. Yapılan kazık süreklilik, kayma gerilmesi, SPT, CPT, elek analizi ve üç eksenli basınç deneyleri sonuçları makalede sunulmuştur.

Correia, Valente, Tinocco ve Falcao (2009) tarafından yayınlanan "Evaluation of Mechanical Properties of Jet-Grouting Columns Using Different Test Methods " isimli makale, 17. Uluslararası Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği Kongresinde sunulmuştur. Makalede zemin iyileştirmede kullanılan jet grout kolonlarının, mekanik özellikleri üzerine araştırma yapılmıştır. Çok yumuşak bir kil tabakasında inşa edilecek olan Barselona Tren İstasyonu alanına yapılacak olan jet grout uygulaması öncesi sahada doğru uygulama parametrelerini elde etmek adına yapılan deneyler yapılmıştır. Yapılan saha ve laboratuvar deneyleri sonuçları ile farklı zemin türleri için oluşan korelasyon katsayılarının hesaplanabilmesine çalışılmıştır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Uygulama Parametrelerinin Korelasyonu (Correia, Valente, Tinocco ve Falcao 2009).

Şeflek (2012) tarafından yayınlanan “Ceyhunkent toplu konutları inşa sahasının jet grout yöntemi ile ıslahı” isimli çalışmada Adana ili, Ceyhan ilçesinde inşaatı yapılan toplu konut projesi zeminin yetersiz özellikleri sebebi ile iyileştirilmesi konu alınmıştır. Zemin parametreleri ve özellikleri incelenmesi sonucunda proje sahibi tarafından uygulanacak zemin iyileştirme tekniği olarak jet grout seçilmiştir. Jet grout uygulamasının seçilmesinin öncelikli sebebi zaman ve maliyet analizleri olmuştur. İmalatın yapılacağı zemine öncelikle kıvam limitleri, özgül ağırlık ve tane boyu analizleri gibi deneyler uygulanmıştır. Mevcut zemine ait parametrelerin belirlenebilmesi için, serbest basınç, kesme kutusu, konsolidasyon deneyleri de yapılmıştır. Yapılan zemin iyileştirmesi sonucunda ve zemin iyileştirme öncesinde yapılan standart penetrasyon testlerinde, toplam darbe sayısı (N_{30}) değerlerinde artış olduğu saptanmıştır. Jet grout kolonlarının imalatı sonrasında CL olarak sınıflandırılmış zeminde meydana gelen değişimler;

- Mukavemet artışı
- Yoğunluk artışı
- Oturmaların azalması
- Permeabilitenin azalması

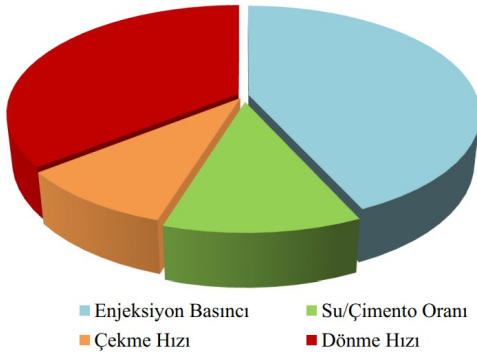
olarak belirtilmiştir. Bu özellikler ek olarak iyileştirme sonrası yapılan testlerde sıvılaşma potansiyeline karşı zeminde iyileşme meydana geldiği saptanmıştır. Yazar tarafından yapılan çalışmalar sonucunda jet grout yönteminin avantajları;

- Kohezyonlu ve kohezyonsuz her türlü zeminde uygulanabilirliği ve geniş bir uygulama alanına sahip olması

- Maliyet açısından değerlendirildiğinde diğer derin zemin iyileştirme yöntemlerine göre tasarruflu olması
- Zaman açısından değerlendirildiğinde diğer derin zemin iyileştirme yöntemlerine göre tasarruflu olması
- Diğer zemin iyileştirme yöntemleri ile kıyaslandığında imalat sonucunda elde edilecek parametre ve maliyetlerin daha tahmin edilebilir ve hesaplanabilir olması

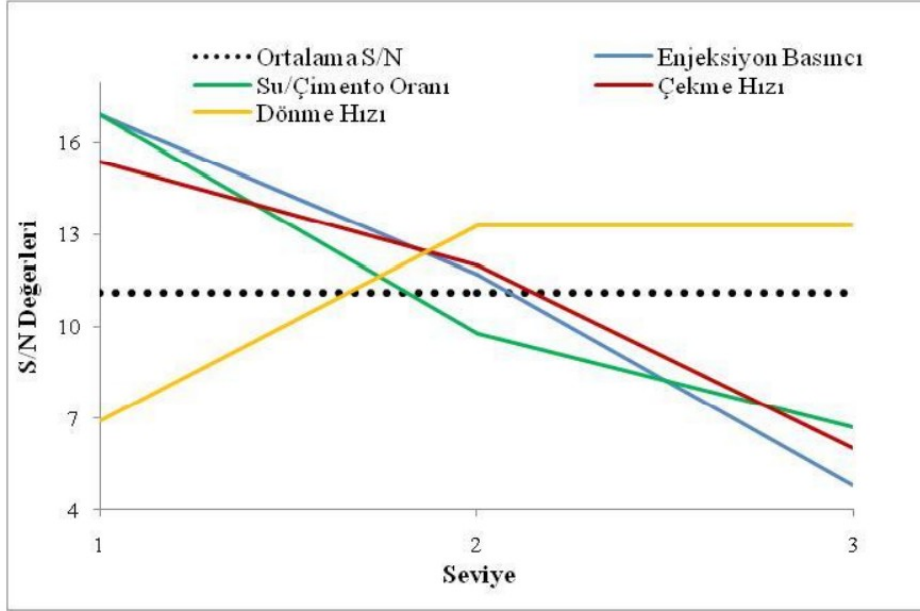
olarak belirtilmiştir.

Erkan (2013), tarafından yazılan "jet grout kolonlarının performansını etkileyen faktörlerin deneysel olarak araştırılması" konulu makalede jet grout kolonlarının kontrol edilebilen parametreleri incelenmiştir. Enjeksiyon basıncı, tij çekme hızı, tij döndürme hızı, nozul sayısı, nozul çapı ve su/çimento oranı gibi parametreler yazar tarafından kontrol edilebilen imalat parametreleri olarak adlandırılmıştır. Makaleye konu olan ve yapılan deneylerde incelenen özellikler ise enjeksiyon basıncı, su/çimento oranı, tij çekme hızı ve tij döndürme hızı olarak belirtilmiştir. Laboratuvar ortamında 20, 30 ve 40 bar enjeksiyon basınçlarında, 1.00, 1.25 ve 1.50 su/çimento oranlarında, 5, 10 ve 15 dev/dak dönme hızlarında, 15, 30 ve 45 cm/dakika çekme hızlarında farklı jet grout deney kolonları imalat edilmiştir. Üretilen kolonların çapları ve boyları ölçülerek kıyaslanmış, buna ek olarak kolonlardan alınan karot numunelerinde tek eksenli basınç dayanımı testi yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Üretim öncesi yapılan çalışmalar ve üretim sonrası yapılan laboratuvar testleri sonucunda *Taguchi Yöntemi* ve varyans analizleri kullanılarak farklı parametrelerin kolon çapı, kolon boyu ve serbest basınç mukavemeti parametreleri üzerindeki etkisi kanıtlanmıştır. Yapılan hesaplamalar ve optimizasyonlar sonucunda parametrelerin kolon çapına etkileri; enjeksiyon basıncının %43, tij dönme hızının %36, su/çimento oranının %12 ve tij çekme hızının %10 oranında etkili olduğu ortaya konulmuştur (Şekil 2.4).



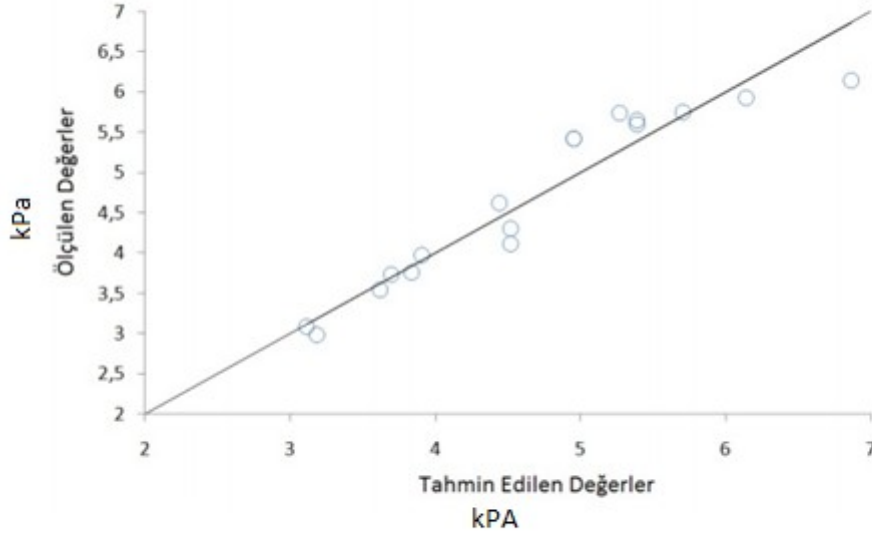
Şekil 2.4: Farklı Üretim Parametrelerinin Serbest Basınç Dayanımına Etkisi Pasta Grafiği (Erkan, 2013)

Üretim parametrelerinin serbest basınç mukavemetine etkisi ise yapılan varyans analizi sonucunda %36,5 enjeksiyon basıncı, %27 su/çimento oranı, %23 tij çekme hızı ve %14 tij dönme hızı olarak belirlenmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Farklı Üretim Parametrelerinin Serbest Basınç Dayanımına Etkisi (Erkan, 2013).

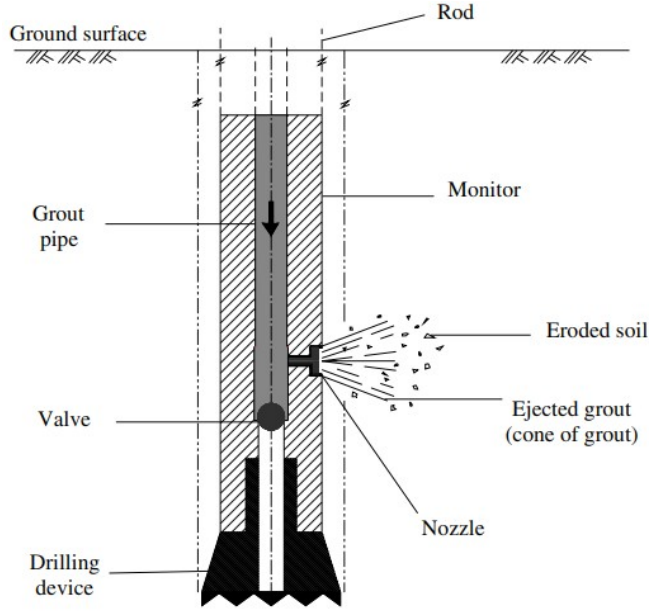
Akan (2013) tarafından hazırlanan "jet grout yönteminin zemin iyileştirmesine katkısının ve bu yöntemde kullanılan parametrelerin etkilerinin irdelenmesi" isimli çalışmada; derin zemin iyileştirme tekniklerinden jet grout tekniği ile imal edilen kolonların tek eksenli basınç dayanımları ile jet grout yönteminde kullanılan parametrelerin, iyileştirme öncesi zemin özellikleri ile ilgisi araştırılmıştır. İmal edilen jet kolonları ile ilgili; enjeksiyon basıncı, standart penetrasyon sayısı, çekme hızı, nozul çapı, ve ince dane oranları kaydedilerek analizlerde kullanılmıştır. Bulanık mantık ve çoklu regresyon analizleri yapılırken girdi olarak kullanılan bu özelliklerin yanı sıra çıktı olarak analizleri yapılan kolonların serbest basınç dayanımlarının elde edilmesi planlanmıştır. Elde edilen çıktılar gerçekte numune alınarak ölçülen serbest basınç dayanım değerleri ile kıyaslanmıştır. Çoklu regresyon analizleri sonucunda serbest basınç dayanımı göz önüne alındığında en etkili parametrenin tij çekme hızı olduğu, en az etkili parametrenin ise standart penetrasyon sayısı olduğu belirtilmiştir. Çalışmalar sırasında çoklu regresyon analizleri ile hesaplanan serbest basınç dayanımları ile saha numuneleri ile elde edilen gerçek basınç dayanımları arasında çeşitli hata indisleri de tespit edilmiştir. Bu indislerden yola çıkarak düzeltme katsayıları belirlenmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Ölçülen ve Hesaplanan Basınç Değerlerinin (kPa) Tutarlılığı (Akan, 2013).

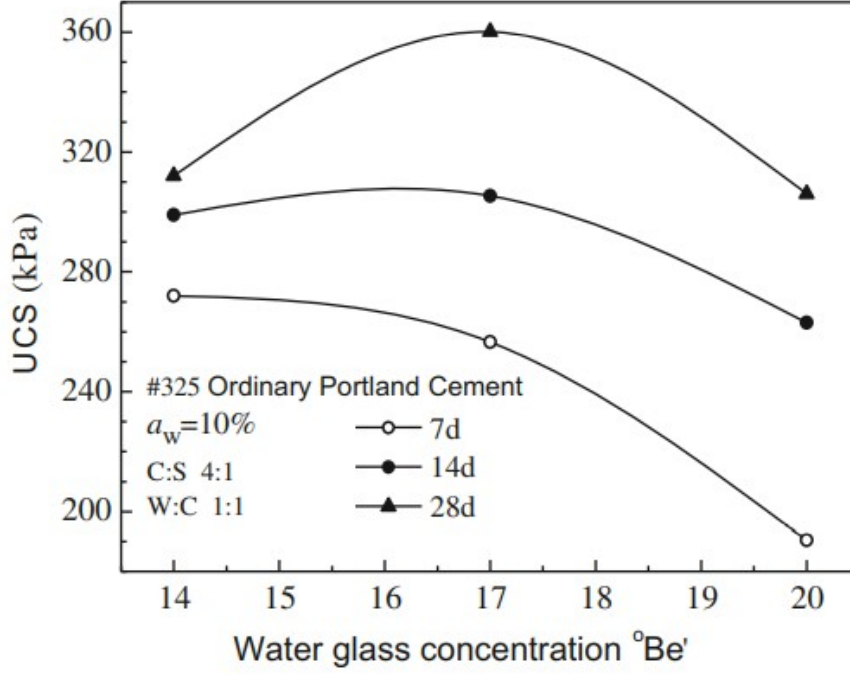
Croce, Folara ve Modoni (2014) tarafından yazılan "Jet grouting; design, technology and control" yayınında son yıllarda imalatı yaygınlaşmakta olan jet grout ile zemin iyileştirme yapılması ile alakalı dizayn kriterleri, kullanım alanları, dizayn örnekleri ve kontrol teknikleri ile alakalı bilgiler verilmektedir. Kitap yazarları tarafından, jet grout tekniğinin uygulanmaya başladığı yıllardan itibaren gerek teknoloji gerek ise mühendislikle beraber büyük ilerleme kaydetmesine rağmen, bu bilgilerin bu metodu uygulan insanlara ve mühendislere yeterince ulaşmaması kaygısı ile yazılmıştır. Kitapta yer alan jet grout uygulamalarında başarılı örneklerden daha çok başarısız örneklere yer verilmiştir. Bunun sebebi ise yazarlar tarafından hataların öğrenmek adına doğru yapılan imalatlardan daha önemli olduğu şeklinde deklare edilmiştir.

Njock, Chen, Modoni ve Kim (2018) tarafından yayınlanan "A review of jet grouting practise and development" isimli yayının Birleşik Krallıkta yapılan jet grout yönteminin, artan ihtiyaçları karşılamak için uygulanış geometrisi, ekonomik olarak uygun olması ve daha iyi mekanik özellikler elde edilmesi gibi hususlarda geliştirilme tarihçesi ortaya konmaktadır. Jet grout uygulamaları için gerekli elverişli ve uygun koşulların ortaya konması ve tekniğin uygulanmasının hem ekonomik hem de kalite olarak denetlenebilmesi hususları yazarlar tarafından makalenin ana amacı olarak belirtilmiştir (Şekil 2.7).



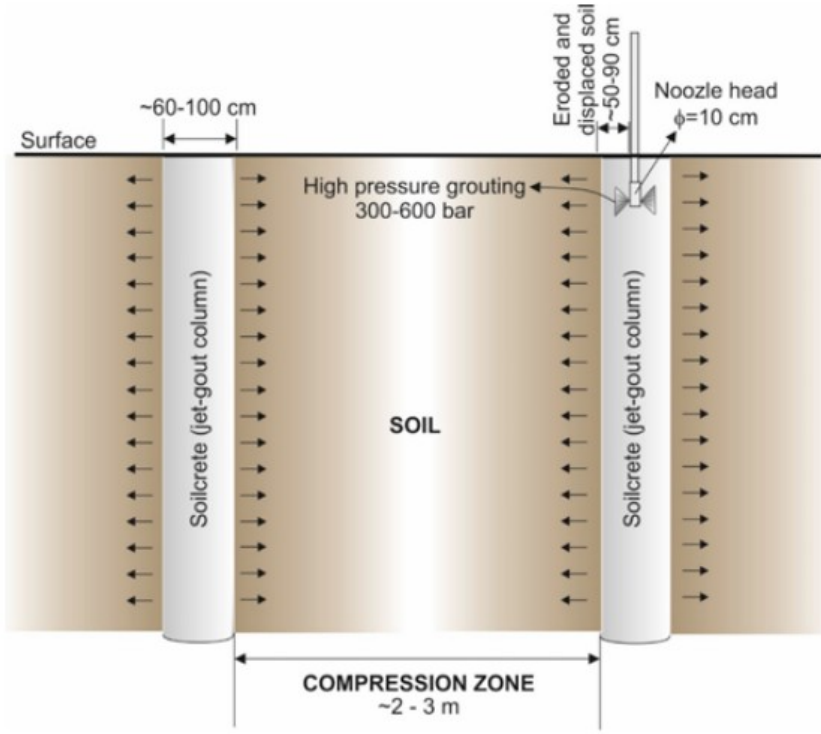
Şekil 2.7: Jet Grout İmalatı Zemin İçi Şematik Gösterimi (Njock, Chen, Modoni ve Kim, 2018)

Makalede aynı jet enerjisi (püskürtme enerjisi) ile uygulama yapıldığında Jet-2 sisteminin (çift bileşenli), Jet-1 sisteminden (tek bileşenli) 2 kat daha etkili olduğu kanıtlanmıştır. Bu duruma ek olarak Jet-2 ve Jet-3 sistemlerinin imalat süresi ve delme işlemleri açısından avantaj sağladığı belirtilmiştir. Makaleye göre jet grout imatları sırasında kontrol ve imalat kalitesinin denetlenmesinin yanı sıra jet grout kolonlarının kalitesini etkileyen bir takım anahtar özelliklerde bulunmaktadır. Grout harcında kullanılan çimento oranı, groutun içerisindeki su/çimento oranı, grout çimento şerbetine ilave edilen sodyum silikat oranı gibi etkenler jet kolonunun kalitesinin belirlenmesinde son derece etkilidir. Yazarlara göre jet kolonu iyileştirmesinde kullanılan sodyum silikat ilavesinin yanlış ve/veya fazla oranda kullanılması ekonomik olarak, mekanik özellik olarak ve kalite olarak kolon imalatına negatif etki edebilmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Sodyum Silikat Katkısı Oranının Tek Eksenli Basınç Mukavemetine Etkisi (Njock, Chen, Modoni ve Kim, 2018).

Akın, Akkaya, Özvan ve Ak (2019) tarafından yazılan "Impact of jet grouting pressure on the strength and deformation characteristics of sandy and clayey soils in the compression zone" adlı yayında; son dönemlerde oldukça yaygın olarak kullanılmakta olan jet grout zemin iyileştirme tekniği ile iyileştirme yapılan zeminlerde, yüksek jet basıncı ile ıslah edilen zeminlerin basınç alanlarının deformasyon karakteristikleri incelenmiştir. Kumlu ve killi zeminlerin jet basıncı alanlarında kalan kısımları SPT (standart penetrasyon deneyi) ve çok kanallı yüzey dalgası analizi (MASW) deneyleri imalatın yapıldığı birkaç alanda uygulanmıştır. Uygulanan testler sonucunda kumlu zeminlerdeki basınç alanında killi zeminlerdeki basınç alanından daha yüksek iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Jet basınç alanında olan iyileşmeler sonlu eleman analizi yöntemi ile analiz edilmiştir. Jet grout uygulamaları sırasında jet kolonları etrafında oluşan basınç alanları kolon etrafında birçok açıdan fayda sağlamaktadır (Şekil 2.9). Jet kolonlarının taşıma kapasitesini arttırmasının yanı sıra sıvılaşma riskini azalttığı makalede vurgulanmıştır. Kolon etrafında oluşan daha düşük permeabiliteli ve boşluklu alan ile sıvılaşma riskinin azaltılmasının yanı sıra jet kolonu ile kolonu çevreleyen alanının sürtünmesinin artması sebebi ile taşıma kapasitesi de artmaktadır.



Şekil 2.9: Jet Kolonları ve Kolonları Çevreleyen Alanlar Üzerine Etkileri (Akın, Akkaya, Özvan ve Ak 2019)

Mısır (2020) tarafından hazırlanan "Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme ve deplasman tahmini: vaka analizi" adlı çalışmada yapılan araştırmada Konya ili Meram ilçesinde kohezif bir zemin üzerine inşa edilecek bir kompleks için taşıma kapasitesi ve oturma problemleri yapılan zemin etütleri ile öngörülmüştür. Zemin iyileştirme tekniği olarak jet grout tekniği seçilmiş olup 3351 adet 60 cm çapında ve 15 metre uzunluğunda jet kolonları imal edilmiştir. İmal edilen 3351 adet jet kolonundan rastgele seçilen 25 tanesi üzerinde yükleme deneyi yapılarak (75 ton), zemin iyileştirme projesinin emniyetli şekilde uygulandığı ve yeterli zemin özelliklerini sağladığı gözlemlenmiştir. Kazık uzunluğu, kazık çapı ve uygulanan eksensel yükün girdi olarak kullanılması sonucu, saha çalışmaları bir sinir ağı ile matematiksel olarak ifade edilme yoluna gidilmiştir. Yapay sinir ağı sistemi ile elde edilen veriler sonucunda; girdi olarak kullanılan kazık uzunluğu, kazık çapı ve eksensel yük gibi değerlerin güçlü bir korelasyon gösterdiği saptanmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışma kapsamında Afyonkarahisar İli, Merkez İlçesi, Çetinkaya Mahallesi sınırları içerisinde bulunan 160 konut ile altyapı ve çevre düzenlemesi inşaat işleri kapsamında CK tipi bloğa ait zemin ıslah projeleri, zemin ıslahı öncesi elde edilen arazi numuneleri ve zemin etüt raporu ile jet grout uygulaması sonrasında elde edilen zemin değerleri ve özellikleri kullanılmıştır.

Kullanılan çalışmada akredite kuruluşlarca yapılan zemin etüt raporları ve saha deneyleri kullanılmıştır. Elde edilen verilen Çizelgelaştırılması, kıyaslanması ve optimizasyonu için bilgisayar programları kullanılmıştır.

3.2. Metot

Bu tez çalışmasına ilişkin çalışmalarımız 3 aşamadan oluşmaktadır.

1. Afyonkarahisar ilinde yapılan konut projesine ait zemin ıslahı ile imalat öncesi ve sonrası zemin değerlerinin karşılaştırılması ve maliyet analizinin yapılması.
2. Afyonkarahisar ilinde yapılan jet grout ile zemin iyileştirme projesi, jet kolon özelliklerinin değiştirilerek (çap, boy, jet türü) zaman ve maliyetlerinin hesaplanması.
3. Afyonkarahisar ilinde yapılan jet grout ile zemin iyileştirme projesi jet kolon verilerinin optimizasyonu.

**3.2.1. Af
yo
nk
ar
ah
isa
r
İli
,
16
0
K
on
ut
ve
Al
ty
ap
ı
İn
şa
at
İşi
Je
t
G
ro
ut
ile
Ze
mi
n
Isl
ah**



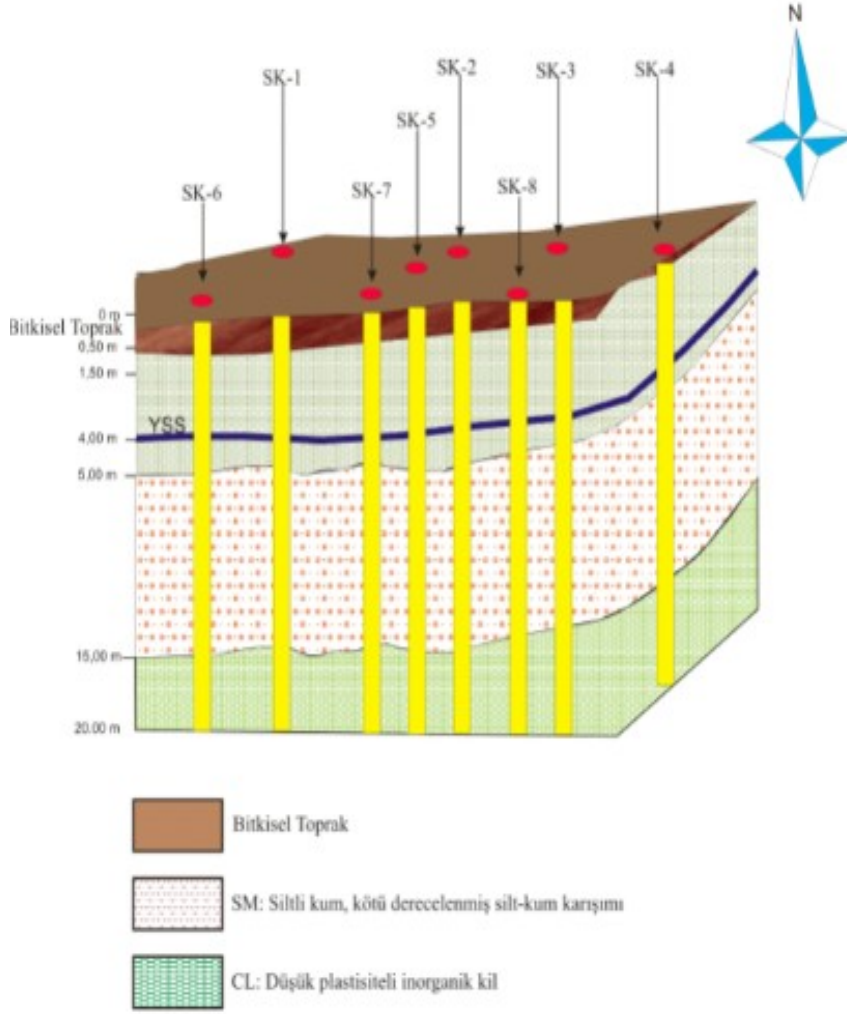
3.2.1.1. Proje Genel Bilgileri

Proje "Afyonkarahisar İli, Merkez Çetinkaya Mahallesi, 160 Konut İle Altyapı ve Çevre Düzenlemesi İnşaatı İşi" kapsamında 83 pafta 24 parselde kayıtlı, 30.000,000 m² yüzölçümlü taşınmaz üzerine yapılması planlanan 8 Blokluk CK tipi toplu konut projesidir.

3.2.1.2. Genel ve İnşaat Sahasına Ait Jeolojik Bilgiler

Zemin etüt raporuna göre, sondaj raporunda zemin yapısının katmanlar halinde tespiti yapılmıştır. 0,00 ile 0,50 metre arasında değişen nebati toprak tabakasının altında, 5,50 metreye kadar çakıllı, kumlu, siltli kil tabakaya rastlanmıştır. 5,50 - 14,50 metreler arasında az çakıllı, killi, siltli kum tabaka tespit edilmiştir. 14,50 - 20,00 metreler arasında ise çakıllı, kumlu, siltli kil tabaka bulunmaktadır. Sondaj kuyuları 20,00 metredir (Şekil 3.1).

Toplu konut projesinin yapılacağı alanda daha önceki kayıtlara göre herhangi bir zemin etüdü bulunmamaktadır. Yapılacak olan proje alanının bölgede bulunan en önemli su kaynaklarından Akarçay Kanalı'na yakın olması sebebi ile hem yeraltı su seviyesi hem de risklerin göz önünde bulundurulması açısından zemin etüdü yapan firma tarafından DSİ Bölge Müdürlüğünden görüş yazısı istenmiştir. DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından gönderilen yazıda 15/06/1951 tarihli Bakanlar Kurulu kararınca "Akarçay'ın taşkın sahası içerisinde kalan kısmında her türlü yapılaşma yasaklanmıştır" ibaresi yer almaktadır. Bu duruma ek olarak konut projesinin yapılacağı alanın topoğrafik olarak düşük kotta kalması sebebi ile yer altı su seviyesinin yükseldiği kış ve bahar aylarında 0 ila 1 metre mertebelerinde yüzey suyuna maruz kaldığı belirtilmiştir. Yukarıda sayılan sebeplerden ötürü yapılaşma öncesinde alanda doğru drenaj sisteminin oluşturulması ve yapıların izolasyonlarının uygun ve etkin olarak yapılması gerekliliği bildirilmiştir. Gerekli izolasyon ve drenaj faaliyetlerinin yerine getirilmesi ve zeminde su seviyesinin yükselmesine karşı önlem alınması koşuluyla bölgede yapılaşmaya izin verilmiştir.



Şekil 3.1: İnceleme Alanı Zemin Jeolojisi 3 Boyutlu Gösterimi (TOKİ Zemin Etüt Raporu, 2013)

3.2.1.3. Yapılan Arazi ve Laboratuvar Araştırma Çalışmaları

Zemin etütleri kapsamında 8 adet 20,00 metre derinlikte olmak üzere toplam 160 metre sondaj kuyusu açılmıştır. Açılan sondaj kuyularından her 1.5 metrede Standart Penetrasyon Testi yapılmış ve TS 1901'e uygun olarak zemin numuneleri alınmıştır. (Şekil 3.2).

Sondaj kuyularından alınan 24 adet SPT ve 16 adet UD numunesi laboratuvarında incelenerek numuneler üzerinde;

- serbest basınç
- doğal su içeriği
- doğal birim hacim ağırlık
- konsolidasyon
- elek analizi
- kıvam limitleri

deneyle yapılmıştır.

SON. NO	NUM. CİNSİ	DERİNLİK (m)	SON. NO	NUM. CİNSİ	DERİNLİK (m)
SK-1	SPT	3,00	SK-5	SPT	9,00
SK-1	SPT	4,50	SK-5	SPT	10,50
SK-1	SPT	7,50	SK-5	SPT	13,50
SK-1	UD	2,50	SK-5	UD	1,00
SK-1	UD	4,00	SK-5	UD	4,00
SK-2	SPT	1,50	SK-6	SPT	6,00
SK-2	SPT	10,50	SK-6	SPT	7,50
SK-2	SPT	12,00	SK-6	SPT	13,50
SK-2	UD	1,00	SK-6	UD	2,50
SK-2	UD	5,50	SK-6	UD	4,00
SK-3	SPT	3,00	SK-7	SPT	13,50
SK-3	SPT	4,50	SK-7	SPT	15,00
SK-3	SPT	9,00	SK-7	SPT	16,50
SK-3	UD	16,00	SK-7	UD	2,50
SK-3	UD	17,50	SK-7	UD	5,50
SK-4	SPT	3,00	SK-8	SPT	4,50
SK-4	SPT	6,00	SK-8	SPT	10,50
SK-4	SPT	7,50	SK-8	SPT	12,00
SK-4	UD	2,50	SK-8	UD	2,50
SK-4	UD	5,50	SK-8	UD	4,00

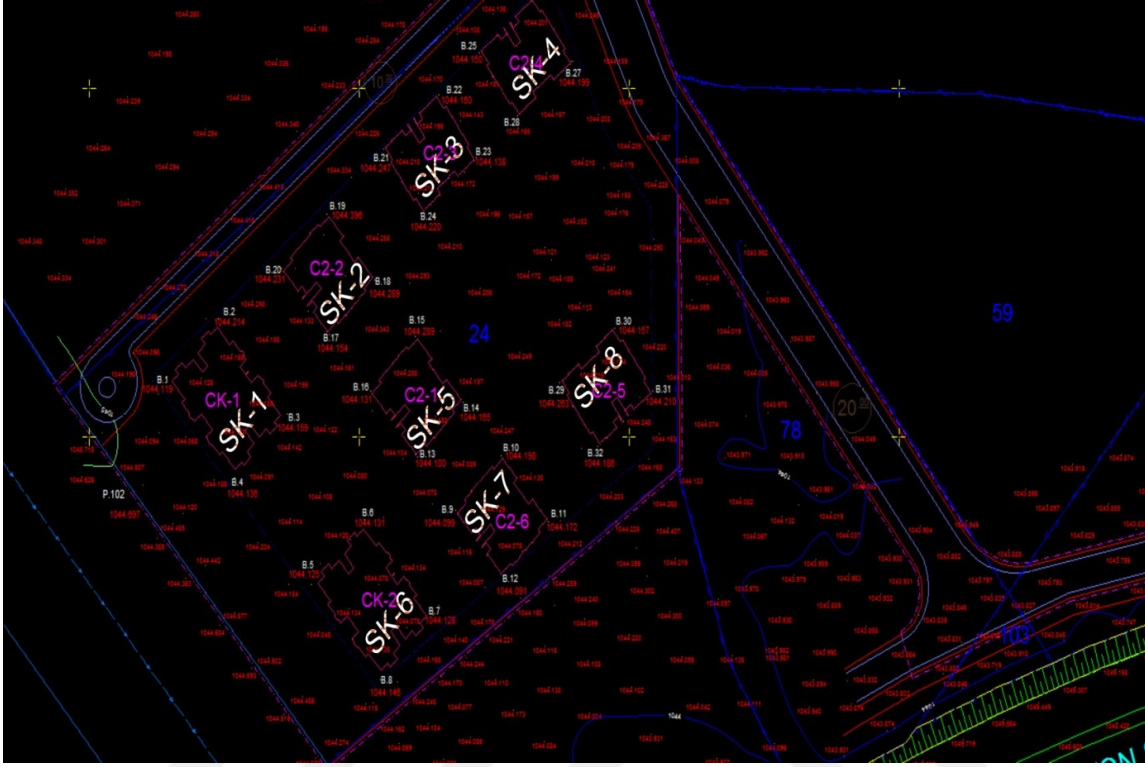
Şekil 3.2: İncele Alanı Sondaj Kuyularında Yapılan Testler ve Verileri (TOKİ Zemin Etüt Raporu, 2013)

Zemin ıslah projeleri ve yapılan zemin testleri neticesinde alanda jet grout yöntemi ile zemin ıslahı yapılmasına karar verilmiştir.

Yapılan sondaj sonuçlarına göre (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4);

- SK - 1 sondajında 3,90 metre derinlikte yer altı suyuna rastlanmıştır

SK - 6 sondajında 4,20 metre derinlikte yer altı suyuna rastlanmıştır



Şekil 3.3: İnceleme Alanı Sondaj Yerleşim Planı (TOKİ Zemin Etüt Raporu, 2013)

Kuyu No	Statik Su Seviyesi (m)
SK-1	3,90
SK-2	4,10
SK-3	4,10
SK-4	4,00
SK-5	4,00
SK-6	4,20
SK-7	4,10
SK-8	4,20

Şekil 3.4: İnceleme alanında yapılan sondajlardaki yeraltı su seviyeleri (TOKİ Zemin Etüt Raporu, 2013)

3.2.1.4. Zemin İyileştirme Tasarım Değerleri ve Projelendirme

Zemin etüt raporuna göre alınan numuneler sonucunda mevcut zemine ait taşıma kapasitesi $0,50 \text{ kgf/cm}^2$ olarak belirlenmiştir. Toplam oturma miktarı ise raporda $7,56 \text{ m}$ olarak belirtilmiştir. Üst yapıya ait oluşturulan statik projeler ve hesaplamalar neticesinde temel altı maksimum gerilme miktarı $1,42 \text{ kgf/cm}^2$ olarak hesaplanmıştır (TOKİ Zemin Etüt Raporu, 2013). Yapılan hesaplamalar ve testler sonucunda elde edilen verilere göre zemin taşıma kapasitesinin temel altı maksimum gerilme miktarından yaklaşık 3 kat düşük olduğu gerekçesi ile zeminde taşıma gücü problemi oluşacağı tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1: Alınan zemin numunelerinin fiziksel ve içsel karakteristikleri özellikleri (TOKİ Zemin Etüt Raporu, 2013)

No	Açıklama	Tabaka Kotları (m)	Tabaka Kalınlığı (m)	B. Hacim Ağırlığı γ (kN/m^3)	Drenajsız Kohezyon c_u (kPa)	İçsel Sür. Açısı ϕ°
1	Nebati toprak	0,00-0,50	0,50	-	-	-
2	Çakıllı, kumlu, siltli kil	0,50-5,50	5,00	17,0	35	0
3	Çakıllı, killi, siltli kum	5,50-14,50	9,00	17,0	0	22
4	Çakıllı, kumlu, siltli kil	14,50-20,00	5,50	17,0	35	0

Çizelge 3.1 de gösterilen, proje hesaplamalarına esas idealize zemin model ve parametreleri üzerinden taşıma gücü problemine ek olarak, sıvılaşma analizleri de yapılmıştır. Yapılan analizler ve hesaplamalar sonucunda zeminde sıvılaşma riski olduğu tespit edilmiştir. Yapılan dizaynda hem taşıma kapasitesi problemi hem de sıvılaşma riskine önlem olarak $2,60 \text{ metre}$ aralıklarla, $14,00 \text{ metre}$ uzunluğunda ve 80 cm çapında jet grout kolonlarının uygulanmasına karar verilmiştir. İyileştirme yapılan inşaat sahasında, iyileştirme yapılacak alanda, iyileştirme kotu altında kalan bölümlerde Çizelge 3.1 de verilen değerler baz alınmıştır. Yapılan hesaplamalarda Şekil 3.4 de ayrıntılı biçimde gösterilmiş olan yeraltı su seviyesi değerleri de göz önünde bulundurularak sürşarj yükü ve sisteme etkisi değerlendirilmiştir.

Arazide yapılacak imalatlar ve dizayn aşaması öncesinde 1 ve 6 numaralı sondaj kuyularında Standart Penetrasyon Deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deney ile zemin numuneleri alınmıştır. Bulunan SPT-N değerlerinden en düşük olan 2 değer ;

$$N_{düz} = 15 + (N-15)/2$$

$$N_{60} = (N_{düz} \times E_M \times C_B \times C_S \times C_R) / 60$$

$$N_{60}^1 = N_{60} \times (100/\sigma'_z)^{(1/2)}$$

bağıntısını geliştirmiştir. Burada;

N = arazide ölçülen SPT sayısı

$N_{düz}$ = boşluk suyu basıncı düzeltmesi yapılmış SPT sayısı

N_{60} = arazi prosedürlerine göre düzeltilmiş SPT N değeri

E_M = şahmerdan etkinlik oranı

C_B = kuyu çapı düzeltmesi

C_S = örnek alıcı düzeltmesi

C_R = tij uzunluğu düzeltmesi

Formülü ile düzeltilmiştir. Yapılan değer düzeltmeleri sonrası, şahmerdan etkinlik oranının % 60 olarak uygulanması Skempton (1986) kuralına göre uygun görülmüştür. Bu düzeltmelere ek olarak sondaj kuyu çapı, numune alıcı ve tijlere ilişkin düzeltmelerde yapılmıştır. Yapılan tüm düzeltme uygulamaları sonrasında zemine ait SPT-N verileri Çizelge 3.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2: Zemine ait SPT-N ve 200 nolu elekten geçen malzeme yüzdesi (TOKİ Zemin Etüt Raporu, 2013)

Derinlik (m)	Arazide Ölçülen SPT-N _{min} Değeri	Düzeltilmiş SPT-N Değeri N' ₆₀	200 Nolu Elekten Geçen Malzeme %
1,50	7,0	5,3	73,5
3,00	8,0	6,0	67,7
4,50	13,0	11,1	61,6
6,00	10,0	9,5	73,8
7,50	9,0	8,0	18,8
9,00	8,0	6,7	-
10,50	10,0	8,3	-
12,00	5,0	4,0	-
13,50	8,0	6,0	19,3
15,00	13,0	9,4	70,1
16,50	10,0	7,0	73,5
18,00	12,00	8,1	67,7
19,50	15,00	9,8	61,6

3.2.1.5. İmalatı Yapılan Jet Grout İşinin Zaman Bazında Değerlendirilmesi

Çizelge 3.3: Jet Grout imalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarına göre 1 mtül imalata göre adam/saat hesabı

JET GROUT İMALATININ ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI BİRİM FİYATLARINA GÖRE 1 M/TÜL İMALATA GÖRE ADAM/SAAT HESABI (ÇŞB Birim Fiyatları, 2021)					
FORE KAZIK İMALATININ YAPILMASI					
POZ NO	RAYİÇ NO	TANIMI	BİRİMİ	MİKTARI	TOPLAM ADAM X SAAT
15.135.1002		Her uzunluk, her açı ve her türlü zeminde Ø 80 cm jet grout kolonu imalatının yapılması (delgi dahil)(jet 1 yöntemi ile)			5,635
		Monitoring sistemli; yüksek basınç pompası, su pompası, kompresör, karıştırıcı ünitesi, silo, su tankı ve benzerinden oluşan ekipmanlar ile delgi makinası ve sarf malzemeleri karşılığı			
	191001107	Jet grout ekipmanları ve delgi makinası	saat	4,885	
	101001060	Formen	saat	0,25	
	101001062	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	saat	0,5	

- Proje alanında yapılacak olan 80 cm çapında 14,00 metre uzunluğunda toplam 154 adet jet kolonu imalatı vardır. Yapılan imalatlara ait toplam adam x saat miktarı $(5,635 \text{ adam x saat/mtül}) \times (2.156 \text{ mtül}) = 12.149,06 \text{ adam x saat}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.3).

Jet grout imalatına ilişkin maliyet analizleri yapılırken, alt pozlar haricinde 3 ana başlıkta inceleme yapılmıştır;

- Her uzunluk, her açı ve her türlü zeminde Ø80 cm jet grout kolonu imalatının yapılması (delgi dahil)
- Portland çimentosu (dökme) (TS EN 197-1 CEM 1 42,5 N)
- Çimento nakli

İmalatlarda kullanılan S.N.B.F. kodlu nakliye fiyatları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan 2018 yılı nakliye pozlarından alınarak, yine Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2021 yılına ilişkin uygulanacak katsayıları ile çarpılarak güncel fiyata dönüştürülmüştür.

3.2.1.6. Jet Grout Kazıklarının Farklı Çaplarda İmalatının Adam x Saat Olarak Değerlendirilmesi

Teze konu olan "Afyonkarahisar İli, Merkez Çetinkaya Mahallesi, 160 Konut İle Altyapı ve Çevre Düzenlemesi İnşaatı İşi" kapsamında 83 pafta 24 parselde kayıtlı, 30.000,000 m² yüzölçümlü taşınmaz üzerine yapılması planlanan 8 Blokluk CK tipi toplu konut projesi için yapılması planlanan jet grout imalatının projelendirilmiş hesap raporunda bulunan jet kazık verileri 80 cm çap, 14 metre boy ve 2,6 metre x 2,6 metre karelaj ile imalat yapılmasıdır. Çalışmanın bu bölümünde imalatı yapılacak olan jet kolonları ile ilgili verilen değerlerden bir kısmını sabit tutarak, diğer değerlerin değişimini ortaya koyulacak, bunun sonucunda da zaman ve maliyet olarak bu değişimlerin etkileri ve optimizasyonu incelenecektir.

Hesap raporunda ortaya koyulduğu üzere 80 cm çapında, 14 metre boy ve 2,6 metre x 2,6 metre karelaj ile imalatı yapılacak jet kolonları ile oluşacak emniyetli taşıma kapasitesi 73,60 ton (her kazık için) olarak hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra 2,60m x 2,60m karelaj ile imalatın yapılması sonucunda 15,52 ton/m² zemin taşıma gücü elde edileceği ortaya koyulmuştur. Rapora esas verilerde zemin emniyet gerilmesinin 15,00 ton/m² olması sebebi ile jet kolonu imalatının uygunluğu onaylanmıştır.

Hesap raporunda jet grout kolonları için verilmiş olan çap, boy ve kolon aralığı gibi değerlerden öncelikle farklı çaplarda kolonlar için imalat verileri ortaya koyulacaktır. Çap değişimi sonucunda, taşıma kapasitesinin sabit tutulması sebebi ile (73,60 ton) kazık boylarında değişimler hesaplanacaktır. Kazık boyların değişimi hem imalatın zamanında hemde imalat sonunda ortaya çıkacak olan maliyetlerde farklılıklar meydana getirecektir.

Bilindiği üzere kazık taşıma kapasitesi, kazık taban alanına zemin tarafından uygulanan etki kuvveti ve kazığın yüzey alanı boyunca zeminin uyguladığı sürtünme kuvvetinden oluşmaktadır. Bu iki kuvvetin toplamı kazık taşıma kapasitesini oluşturmaktadır. Kazık taban alanına uygulanan etki kuvveti "kazık uç direnci", kazık yüzey alanı boyunca uygulanan sürtünme kuvveti "kazık sürtünme direnci" olarak adlandırılmaktadır. Farklı kolon çapları ve boyları için kazık uç direnci ve kazık sürtünme direncinin hesaplanması;

Jet Kazığı Uç Direnci Hesabı

$$Q_{uç} = 9 \times s_u \times A_p \quad \text{Kohezyonlu zeminlerde uç direnci hesabı (A.Birand, 2007)}$$

$$Q_{uç} = A_p \times \sigma_{vi}^1 \times (N_q - 1) \quad \text{Kohezyonsuz zeminlerde uç direnci hesabı (A.Birand, 2007)}$$

Jet Kazığı Sürtünme Direnci Hesabı

$$Q_{sürtünme} = f_s \times A_s \quad \text{Kohezyonlu zeminlerde çevre sürtünme direnci hesabı}$$

$$f_s = a \times s_u \quad \text{(A.Birand, 2007)}$$

$$Q_{sürtünme} = f_i \times A_s \quad \text{Kohezyonlu zeminlerde çevre sürtünme direnci hesabı}$$

$$f_i = K_i \times \sigma_{vi}^1 \times \tan \sigma \quad \text{(A.Birand, 2007)}$$

$$\tan \sigma = \emptyset$$

$$K_i = 1$$

formüllerine göre yapılmaktadır. Bu formüllere yapılan kazık uç direnci hesaplamaları;

Çizelge 3.4 : Farklı çaplara göre jet kazığı uç direnci hesabı

KAZIK UÇ DİRENCİ HESABI					
Jet Kolon Çapı (m)	Kazık Taban Alanı (m ²)	Sabitler	Quç (ton/m ²)	Qu/FS (ton/m ²)	Quç' (ton/m ²)
0,60	0,28	56,59	16,00	5,33	3,00
0,80	0,50	31,81	15,99	5,33	5,33
1,00	0,79	31,81	24,98	8,33	8,33

Formüller ile bulunan kazık uç dirençleri 3.0 olan güvenlik katsayına bölünerek uygulama değerleri elde edilmiştir. Bu duruma göre Çizelge 3.5 de de açıkça görüldüğü üzere kazık çapının artması kazık uç direncini arttırmaktadır. Kazık çapı artışı ile orantılı olarak artan kazık uç dirençleri sonrasında kazık taşıma kapasitesinin minimum değeri

değiştirilmeyerek 73,6 ton olarak sabit tutulmuştur. 73,6 ton kazık taşıma kapasitesini elde edebilmek için farklı çaplarda gerekli olan kazık alanları ve kazık boyları Çizelge 3.6 da ortaya koyulmuştur.

Çizelge 3.5 : Sabit taşıma gücüne göre, farklı çaplarda olması gereken kazık boyları

Çap	Uç Direnci	Toplam Kazık Direnci	Olması Gereken Kazık Sürtünme Direnci	Olması Gereken Kazık Alanı	Olması Gereken Kazık Boyu
0,60	3,00	73,60	70,60	5,80	20,30
1,00	8,33	73,60	65,27	5,36	12,18

Farklı çaplarda kazıklar hesaplanırken 80 cm çapında kazığın Çizelgeye işlenmemesinin sebebi projeye esas hesaplamalarda Ø80 kazığın tüm hesaplarının daha önceden yapıp paylaşmış olmasıdır. Bu veriler ışığında Ø60 cm olan kazıklar için aynı jet grout özellikleri ile imalat yapılması durumunda 73,6 ton taşıma kapasitesi ede edebilmek için gereken kazık boyunun 20,30 metre, Ø100 cm olan kazıklar için ise kazık boyunun 12,18 metre olması gerektiği ortaya koyulmuştur. Hesaplanan bu veriler ve bilgiler ışığında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından sağlanan veriler kullanılarak zaman ve maliyet analizi yapılarak; Ø60, Ø80 ve Ø100 cm (farklı boylarda) kazık imalatları için harcanan süre ve maliyet analizleri yapılacaktır.

Çizelge 3.6 : Jet Grout imalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarına göre Ø 60 jet 1 yöntemi ile üretilen kazık için 1 mtül imalata göre adam/saat hesabı

JET GROUT İMALATININ ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI BİRİM FİYATLARINA GÖRE 1 M/TÜL İMALATA GÖRE ADAM/SAAT HESABI (ÇŞB Birim Fiyatları, 2021)					
FORE KAZIK İMALATININ YAPILMASI					
POZ NO	RAYİÇ NO	TANIMI	BİRİMİ	MİKTARI	TOPLAM ADAM X SAAT
15.135.1001		Her uzunluk, her açı ve her türlü zeminde Ø 60 cm jet grout kolonu imalatının yapılması (delgi dahil)(jet 1 yöntemi ile)			5,475
		Monitoring sistemli; yüksek basınç pompası, su pompası, kompresör, karıştırıcı ünitesi, silo, su tankı ve benzerinden oluşan ekipmanlar ile delgi makinası ve sarf malzemeleri karşılığı			
	191001107	Jet grout ekipmanları ve delgi makinası	saat	4,875	
	101001060	Formen	saat	0,2	
	101001062	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	saat	0,4	

- Hesaplamalara göre olan 60 cm çapında kolonlar üretilir ise 20,30 metre uzunluğunda toplam 154 adet jet kolonu imalatı yapılması gerekmektedir. Yapılan imalatlara ait toplam adam x saat miktarı (5,475 adam x saat/mtül) x (3.126,2 mtül) = 17.115,945 adam x saat olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.7 : Jet Grout imalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarına göre Ø 60 jet 2 yöntemi ile üretilen kazık için 1 mtül imalata göre adam/saat hesabı

JET GROUT İMALATININ ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI BİRİM FİYATLARINA GÖRE 1 M/TÜL İMALATA GÖRE ADAM/SAAT HESABI (ÇŞB Birim Fiyatları, 2021)					
FORE KAZIK İMALATININ YAPILMASI					
POZ NO	RAYIÇ NO	TANIMI	BİRİMİ	MİKTARI	TOPLAM ADAM X SAAT
15.135.1003		Her uzunluk, her açı ve her türlü zeminde Ø 60 cm jet grout kolonu imalatının yapılması (delgi dahil)(jet 2 yöntemi ile)			6,920
		Monitoring sistemli; yüksek basınç pompası, su pompası, kompresör, karıştırıcı ünitesi, silo, su tankı ve benzerinden oluşan ekipmanlar ile delgi makinası ve sarf malzemeleri karşılığı			
	191001107	Jet grout ekipmanları ve delgi makinası	saat	4,885	
	191001025	Kompresör	saat	1,285	
	101001060	Formen	saat	0,25	
	101001062	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	saat	0,5	

- Hesaplamalara göre olan 60 cm çapında, 20,30 metre boyunda ve 154 adet olan kolonlar Jet 2 yöntemi ile yapılması imal edilir ise toplam adam x saat miktarı (6,920 adam x saat/mtül) x (3.126,20 mtül) = 21.633,30 adam x saat olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.8 : Jet Grout imalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarına göre Ø 80 jet 2 yöntemi ile üretilen kazık için 1 mtül imalata göre adam/saat hesabı

JET GROUT İMALATININ ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI BİRİM FİYATLARINA GÖRE 1 M/TÜL İMALATA GÖRE ADAM/SAAT HESABI (ÇŞB Birim Fiyatları, 2021)					
FORE KAZIK İMALATININ YAPILMASI					
POZ NO	RAYIÇ NO	TANIMI	BİRİMİ	MİKTARI	TOPLAM ADAM X SAAT
15.135.1004		Her uzunluk, her açı ve her türlü zeminde Ø 80 cm jet grout kolonu imalatının yapılması (delgi dahil)(jet 2 yöntemi ile)			6,920
		Monitoring sistemli; yüksek basınç pompası, su pompası, kompresör, karıştırıcı ünitesi, silo, su tankı ve benzerinden oluşan ekipmanlar ile delgi makinası ve sarf malzemeleri karşılığı			
	191001107	Jet grout ekipmanları ve delgi makinası	saat	4,885	
	191001025	Kompresör	saat	1,285	
	101001060	Formen	saat	0,25	
	101001062	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	saat	0,5	

- Hesaplamalara göre olan 80 cm çapında, 14.00 metre boyunda ve 154 adet olan kolonlar Jet 2 yöntemi ile yapılması imal edilir ise toplam adam x saat miktarı (6,920 adam x saat/mtül) x (2.156,00 mtül) = 14.919,520 adam x saat olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.9 : Jet Grout imalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarına göre Ø 100 jet 2 yöntemi ile üretilen kazık için 1 mtül imalata göre adam/saat hesabı

JET GROUT İMALATININ ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI BİRİM FİYATLARINA GÖRE 1 M/TÜL İMALATA GÖRE ADAM/SAAT HESABI (ÇŞB Birim Fiyatları, 2021)					
FORE KAZIK İMALATININ YAPILMASI					
POZ NO	RAYIÇ NO	TANIMI	BİRİMİ	MİKTARI	TOPLAM ADAM X SAAT
15.135.1005		Her uzunluk, her açı ve her türlü zeminde Ø 80 cm jet grout kolonu imalatının yapılması (delgi dahil)(jet 2 yöntemi ile)			7,10
		Monitoring sistemli; yüksek basınç pompası, su pompası, kompresör, karıştırıcı ünitesi, silo, su tankı ve benzerinden oluşan ekipmanlar ile delgi makinası ve sarf malzemeleri karşılığı			
	191001107	Jet grout ekipmanları ve delgi makinası	saat	4,9	
	191001025	Kompresör	saat	1,3	
	101001060	Formen	saat	0,3	
	101001062	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	saat	0,6	

- Hesaplamalara göre olan 100 cm çapında, 12,18 metre boyunda ve 154 adet olan kolonlar Jet 2 yöntemi ile yapılması imal edilir ise toplam adam x saat miktarı $(7,10 \text{ adam x saat/mtül}) \times (1.875,20 \text{ mtül}) = 13.317,61 \text{ adam x saat}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.9).

3.2.1.7. İmalatı Yapılan Jet Grout İşinin Maliyet Olarak Değerlendirilmesi

Çizelge 3.10: Jet Grout imalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarına göre Ø 80 jet 1 yöntemi ile 1 mtül imalata göre maliyet analizi

JET GROUT İMALATININ ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI BİRİM FİYATLARINA GÖRE 1 M/TÜL İMALATA GÖRE MALİYETLENDİRİLMESİ (ÇŞB Birim Fiyatları, 2021)										
JET GROUT KOLONU İMALATI										
POZ NO	RAYIÇ NO	TANIMI	BİRİMİ	MİKTAR	BİRİM FİYATI (TL)	TUTAR	POZ BİRİM FİYATI	MİKTAR	BİRİM	MTÜL FİYATI
15.135.1002		Her uzunluk, her açı ve her türlü zeminde Ø 80 cm jet grout kolonu imalatının yapılması (delgi dahil)(jet1 yöntemi ile)	MTÜL				134,162₺	1	MTÜL	134,162₺
		Monitoring sistemli; yüksek basınç pompası, su pompası, kompresör, karıştırıcı ünitesi, silo, su tankı ve benzerinden oluşan ekipmanlar ile delgi makinası ve sarf malzemeleri karşılığı								
	191001107	Jet grout ekipmanları ve delgi makinasının 1 saatlik ücreti	saat	0,085	997,67 ₺	84,97 ₺				
	101309991	Su	m3	0,65	9,05 ₺	5,88 ₺				
	101001060	Formen	saat	0,25	33,00 ₺	8,25 ₺				
	101001062	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	saat	0,5	16,45 ₺	8,23 ₺				
101301201		Portland çimentosu (Dökme) (TS EN 197-1 CEM I 42,5 N)					263,00 ₺	0,226	TON	59,44 ₺
SNBF.25-Y		Çimento Nakli	ton	487,663			67,05 ₺	0,226	TON	15,17 ₺

3.2.1.8. Jet Grout Kazıklarının Farklı Çaplarda İmalatının Maliyet Olarak Değerlendirilmesi

Çizelge 3.11: Jet Grout imalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarına göre Ø 60 jet 1 yöntemi ile 1 mtül imalata göre maliyet analizi

JET GROUT İMALATININ ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI BİRİM FİYATLARINA GÖRE 1 M/TÜL İMALATA GÖRE MALİYETLENDİRİLMESİ (ÇŞB Birim Fiyatları, 2021)										
JET GROUT KOLONU İMALATI										
POZ NO	RAYIÇ NO	TANIMI	BİRİMİ	MİKTAR	BİRİM FİYATI (TL)	TUTAR	POZ BİRİM FİYATI	MİKTAR	BİRİM	MTÜL FİYATI
15.135.1001		Her uzunluk, her açı ve her türlü zeminde Ø 60 cm jet grout kolonu imalatının yapılması (delgi dahil)(jet1 yöntemi ile)	MTÜL				115,675 ₺	1	MTÜL	115,675 ₺
		Monitoring sistemli; yüksek basınç pompası, su pompası, kompresör, karıştırıcı ünitesi, silo, su tankı ve benzerinden oluşan ekipmanlar ile delgi makinası ve sarf malzemeleri karşılığı								
	191001107	Jet grout ekipmanları ve delgi makinasının 1 saatlik ücreti	saat	0,075	997,67 ₺	74,83 ₺				
	101309991	Su	m3	0,5	9,05 ₺	4,53 ₺				
	101001060	Formen	saat	0,2	33,00 ₺	6,60 ₺				
	101001062	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	saat	0,5ü4	16,45 ₺	6,58 ₺				
101301201		Portland çimentosu (Dökme) (TS EN 197-1 CEM I 42,5 N)					263,00 ₺	0,127	TON	33,4 ₺
SNBF.25-Y		Çimento Nakli	ton	487,663			67,05 ₺	0,127	TON	8,57 ₺

Çizelge 3.12: Jet Grout imalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarına göre Ø 60 jet 2 yöntemi ile 1 mtül imalata göre maliyet analizi

JET GROUT İMALATININ ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI BİRİM FİYATLARINA GÖRE 1 M/TÜL İMALATA GÖRE MALİYETLENDİRİLMESİ (ÇŞB Birim Fiyatları, 2021)										
JET GROUT KOLONU İMALATI										
POZ NO	RAYIÇ NO	TANIMI	BİRİMİ	MİKTAR	BİRİM FİYATI (TL)	TUTAR	POZ BİRİM FİYATI	MİKTAR	BİRİM	MTÜL FİYATI
15.135.1003		Her uzunluk, her açı ve her türlü zeminde Ø 60 cm jet grout kolonu imalatının yapılması (delgi dahil)(jet2 yöntemi ile)	MTÜL				134,637 ₺	1	MTÜL	134,637 ₺
		Monitoring sistemli; yüksek basınç pompası, su pompası, kompresör, karıştırıcı ünitesi, silo, su tankı ve benzerinden oluşan ekipmanlar ile delgi makinası ve sarf malzemeleri karşılığı								
	191001 107	Jet grout ekipmanları ve delgi makinasının 1 saatlik ücreti	saat	0,075	997,67₺	74,83 ₺				
	191001 025	Kompresör'ün 1 saatlik ücreti	saat	0,075	202,25	15,17 ₺				
	101309 991	Su	m3	0,5	9,05 ₺	4,53 ₺				
	101001 060	Formen	saat	0,2	33,00 ₺	6,60 ₺				
	101001 062	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	saat	0,4	16,45 ₺	6,58 ₺				
101301201		Portland çimentosu (Dökme) (TS EN 197-1 CEM I 42,5 N)					263,00 ₺	0,127	TON	33,4 ₺
SNBF.25-Y		Çimento Nakli	ton	487,663			67,05 ₺	0,127	TON	8,57 ₺

Çizelge 3.13: Jet Grout imalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarına göre Ø 80 jet 2 yöntemi ile 1 mtül imalata göre maliyet analizi

JET GROUT İMALATININ ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI BİRİM FİYATLARINA GÖRE 1 M/TÜL İMALATA GÖRE MALİYETLENDİRİLMESİ (ÇŞB Birim Fiyatları, 2021)										
JET GROUT KOLONU İMALATI										
POZ NO	RAYIÇ NO	TANIMI	BİRİMİ	MİKTAR	BİRİM FİYATI (TL)	TUTAR	POZ BİRİM FİYATI	MİKTAR	BİRİM	MTÜL FİYATI
15.135.1004		Her uzunluk, her açı ve her türlü zeminde Ø 80 cm jet grout kolonu imalatının yapılması (delgi dahil)(jet2 yöntemi ile)	MTÜL				155,437 ₺	1	MTÜL	155,437 ₺
		Monitoring sistemli; yüksek basınç pompası, su pompası, kompresör, karıştırıcı ünitesi, silo, su tankı ve benzerinden oluşan ekipmanlar ile delgi makinası ve sarf malzemeleri karşılığı								
	191001 107	Jet grout ekipmanları ve delgi makinasının 1 saatlik ücreti	saat	0,085	997,67₺	84,80 ₺				
	191001 025	Kompresör'ün 1 saatlik ücreti	saat	0,085	202,25	17,19 ₺				
	101309 991	Su	m3	0,65	9,05 ₺	5,88 ₺				
	101001 060	Formen	saat	0,25	33,00 ₺	8,25 ₺				
	101001 062	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	saat	0,5	16,45 ₺	8,23 ₺				
101301201		Portland çimentosu (Dökme) (TS EN 197-1 CEM I 42,5 N)					263,00 ₺	0,226	TON	59,438 ₺
SNBF.25-Y		Çimento Nakli	ton	487,663			67,05 ₺	0,226	TON	15,153₺

Çizelge 3.14: Jet Grout imalatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarına göre Ø 100 jet 2 yöntemi ile 1 mtül imalata göre maliyet analizi

JET GROUT İMALATININ ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI BİRİM FİYATLARINA GÖRE 1 M/TÜL İMALATA GÖRE MALİYETLENDİRİLMESİ (ÇŞB Birim Fiyatları, 2021)										
JET GROUT KOLONU İMALATI										
POZ NO	RAYIÇ NO	TANIMI	BİRİMİ	MİKTAR	BİRİM FİYATI (TL)	TUTAR	POZ BİRİM FİYATI	MİKTAR	BİRİM	MTÜL FİYATI
15.135.1005		Her uzunluk, her açı ve her türlü zeminde Ø 100 cm jet grout kolonu imalatının yapılması (delgi dahil)(jet2 yöntemi ile)	MTÜL				185,462 ₺	1	MTÜL	185,462 ₺
		Monitoring sistemli; yüksek basınç pompası, su pompası, kompresör, karıştırıcı ünitesi, silo, su tankı ve benzerinden oluşan ekipmanlar ile delgi makinası ve sarf malzemeleri karşılığı								
	191001 107	Jet grout ekipmanları ve delgi makinasının 1 saatlik ücreti	saat	0,1	997,67₺	99,77 ₺				
	191001 025	Kompresör'ün 1 saatlik ücreti	saat	0,1	202,25	20,23 ₺				
	101309 991	Su	m3	0,95	9,05 ₺	8,60 ₺				
	101001 060	Formen	saat	0,3	33,00 ₺	9,90 ₺				
	101001 062	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	saat	0,6	16,45 ₺	9,87 ₺				
101301201		Portland çimentosu (Dökme) (TS EN 197-1 CEM I 42,5 N)					263,00 ₺	0,353	TON	92,839 ₺
SNBF.25-Y		Çimento Nakli	ton	487,663			67,05 ₺	0,353	TON	23,669 ₺

Çizelge 3.15 : Farklı jet grout türleri ile, farklı çaplarda ve boylarda jet kolon üretim maliyetleri

Kolon Çapı	JET 1 YÖNTEMİ İLE			JET 2 YÖNTEMİ İLE		
	Birim Fiyat (Türk Lirası)	Toplam Jet Kolon Miktarı (metre)	Toplam Fiyat (Türk Lirası)	Birim Fiyat (Türk Lirası)	Toplam Jet Kolon Miktarı (metre)	Toplam Fiyat (Türk Lirası)
Ø60	157,645	3.126,20	492.829,80	176,607	3.126,20	552.108,80
Ø80	208,773	2.156,00	450.113,51	230,028	2.156,00	495.940,37
Ø100	-	-	-	301,970	1.875,72	566.411,17

- Çizelge 3.10-14 de jet grout kolon imalatının farklı jet grout imalat yöntemleri ile (jet1/jet2), farklı çap ve boylarda imalatına ilişkin birim fiyat analizleri detaylı olarak gösterilmiştir. Maliyetlerin detayları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan birim fiyat analizlerinden alınarak birim fiyatlar üzerine %25 kar payı ile çimento ve öimento nakliye bedelleri eklenmiştir. 1 metre jet grout kolonu üretimi için bulunan birim fiyatlar her durum için farklı olan toplam jet kolon miktarı ile çarpılarak toplam imalat fiyatları bulunmuştur. Bulunan birim ve toplam jet kolon imalat fiyatları Çizelge 3.15 de gösterilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Namık Kemal Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 2021 yılında yapılan "İnce Daneli Zeminlerin Jet Grout Tekniği ile İyileştirilmesinin Yapılabilirliğinin Optimizasyonu" konulu tez çalışmamda; jet grout tekniğinin detaylı anlatımı, jet grout imalatlarının kullanılabilirdiği alanlar, jet grout zemin iyileştirme metodunun ekipmanları ve jet grout sistemleri (Jet-1, Jet-2, Jet-3) detayları olarak anlatılmıştır. Tezin devamında jet grout ile zemin iyileştirme metoduna ilişkin literatür araştırmaları ve özetleri bulunmaktadır. Materyal ve yöntem kısmında ise jet grout ile zemin iyileştirmesi yapılan Afyonkarahisar ilinde yapılan toplu konut projesine ilişkin zemin etüt raporlarının incelenmesi ve irdelenmesi, imalat yapılacak alanda bulunan zemine ait saha ve laboratuvar sonuçlarının incelenmesi ve irdelenmesi ve bu imalatın zaman ve maliyet açısından hesaplarının yapılarak açıklaması yapılmıştır. Buna ek olarak taşıma kapasitesi ve jet kazığı mekanik özellikleri sabit tutularak farklı çap, boy ve jet türlerinde üretilen jet kazıklarının adam x saat ve maliyet analizleri yapılmıştır . Bu bölümde ise tez içerisinde verileri ve hesaplamaları sunulan jet grout uygulama projesi ile ilgili adam x saat ve maliyet analizlerinin karşılaştırılması ve yorumlanması yapılmıştır.

4.1. Jet Grout Projelerinin Uygulanabilirliği

- Jet grout ile zemin iyileştirme metodu, fore kazık, diyafram duvar, derin karıştırma taş kolon gibi zemin iyileştirme uygulamalarına göre uygulanabilirliği daha fazla olan bir yöntemdir. Jet grout tekniği istenen geometri ve istenen açıda uygulanabilirken diğer uygulamalar için aynı şeyler söz konusu değildir.
- Diğer zemin iyileştirme yöntemlerine göre daha kapsamlı uygulanabilen bir tekniktir. Her türlü zeminde jet grout imalatı yapılabilir. Çakıl, kil, kum gibi her türlü güçsüz zeminde uygulanabilmesi ve yüksek zemin iyileştirmesi sağlaması sebebi ile hem Türkiye'de hem de dünyada son derece yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.
- Zemin içerisinde yol alan tijler ve tijlere bağlı nozuller ile yüksek basınç altında zemine enjekte edilen su çimento karışımı ile zeminin öğütülerek parçalanması ve çimento ile karışması esasına dayalı olması sebebi ile zemin içerisinde kolon çapı ve yerleşimin kontrol edilmesi zor olabilmektedir. Önceden delgisi yapılan ve muhafaza

borusu ile dökülen fore kazıklara göre veya diyafram duvar imalatına göre; şekil, yerleşim ve kontrol edilebilirlik açısından daha riskli bir imalattır.

- Kullanılan ekipmanlar ve malzemeler göz önüne alındığında genellikle demirsiz olarak imalat edilmesi sebebi ile fore kazık imalatına kıyasla daha kolaydır ve uygulanabilirlik açısından imalat sahasında fazla yere ihtiyaç duyulmamaktadır. İstenilen geometride imal edilebilmesi özelliği ile inşa sahasında fazla yere ihtiyaç duyulmaması özelliğini bir arada düşündüğümüzde günümüz kalabalık ve yapılaşmanın fazla olduğu şehirlerde ve yerleşim yerlerinde uygulama açısından büyük avantaj sağladığı söylenebilir.
- Fore kazık veya diyafram duvar imalatı ile kıyaslandığında imalat sırasında daha fazla dikkat gerektirmektedir. Fore kazık veya diyafram duvar imalatlarında yapılacak imalatın boyu, genişliği, çapı gibi özellikler kolayca kontrol edilebilirken, jet grout ile zemin iyileştirme metodu uygulamasında kolon çapı, kolon derinliği, süreklilik ve imalatın serbest basınç mukavemeti gibi özellikleri birçok etmeden etkilenmektedir (tij dönme hızı, tij çekme hızı, su/çimento oranı vb.) Bu nedenle jet grout kolon imalatı fore kazık ve diyafram duvar uygulamaları gibi yöntemlere kıyasla daha fazla kontrol, dikkat ve denetleme gerektiren bir yöntemdir.
- Kumlu zeminlerde uygulandığında sıvılaşma riskine karşı ciddi avantaj sağladığından yaygın olarak tercih edilmektedir. Afyonkarahisar ilinde uygulanan toplu konut projesinde de bu zemin iyileştirme yönteminin sıvılaşma riskine karşı avantajları kullanılmıştır.

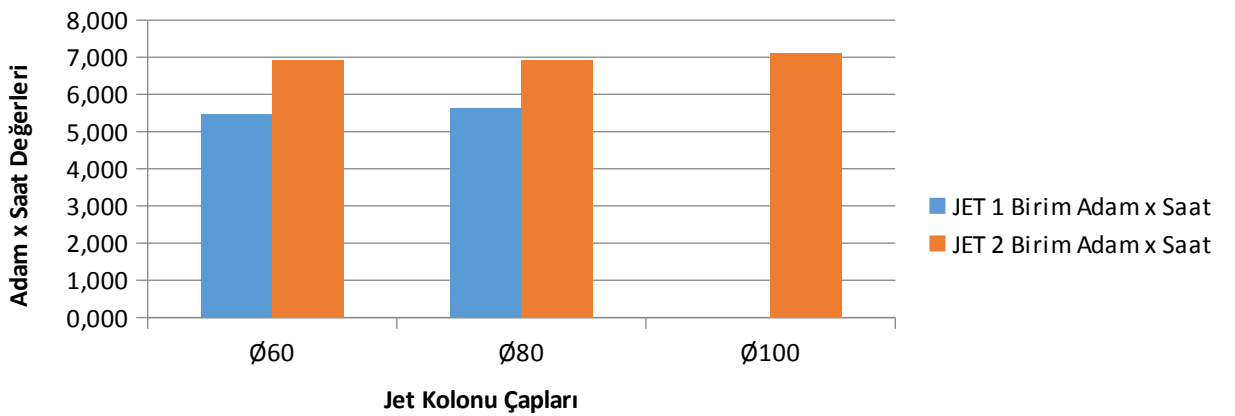
4.2. Farklı Çap, Boy ve Jet Grout Teknikleri ile Üretilen Jet Kolonlarının Zaman Olarak Kıyaslanması

Teze konu proje olan "Afyonkarahisar İli, Merkez Çetinkaya Mahallesi, 160 Konut İle Altyapı ve Çevre Düzenlemesi İnşaatı İşİ" kapsamında 83 pafta 24 parselde kayıtlı, 30.000,000 m² yüzölçümlü taşınmaz üzerine yapılması planlanan 8 Blokluk CK tipi toplu konut projesi için yapılması içi planlanan jet grout imalatının projelendirilmiş hesap raporunda bulunan jet kazık verileri 80 cm çap, 14 metre boy ve 2,6 metre x 2,6 metre karelaj ile imalat yapılmasıdır. Proje hesap raporunda verilen çap, boy ve jet grout tekniği ile oluşturulan kolonların bu özelliklerinde değişiklikler yapılarak, yapılması planlanan imalatın zaman (adam x saat) olarak kıyaslanması yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler Çizelge 3.16 da gösterilmiştir.

Çizelge 3.16 Farklı çap, boy ve jet grout tekniği ile üretilen kolonların birim ve toplam adam x saat miktarları

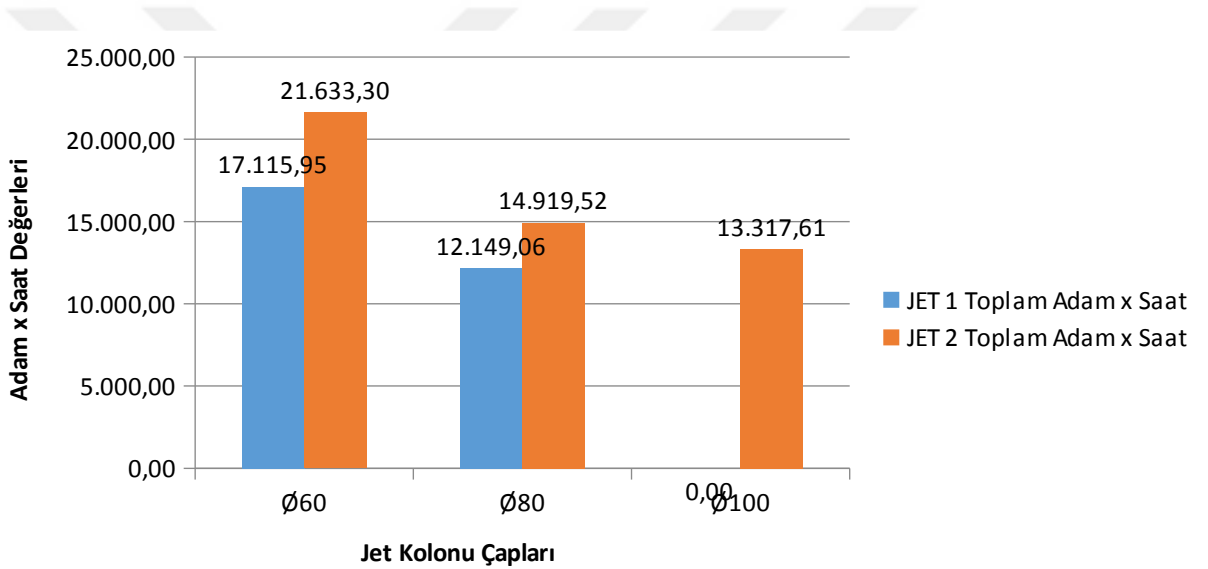
Kolon Çapı	JET 1 YÖNTEMİ İLE			JET 2 YÖNTEMİ İLE		
	Birim Adam x Saat	Toplam Jet Kolon Miktarı	Toplam Adam x Saat	Birim Adam x Saat	Toplam Jet Kolon Miktarı	Toplam Adam x Saat
Ø60	5,475	3.126,20	17.115,95	6,920	3.126,20	21.633,30
Ø80	5,635	2.156,00	12.149,06	6,920	2.156,00	14.919,52
Ø100	-	-	-	7,100	1.875,72	13.317,61

- Çizelge 3.16 da açıkça görüleceği üzere çap, boy ve jet grout türünün değişimi kolon üretimine ait adam x saat verilerini değiştirmektedir.
- Aynı jet grout imalat yöntemi ile üretilen kolonlarda çap arttıkça birim adam x saat miktarı artmaktadır. (Şekil 3.4)



Şekil 3.5 Farklı çap, boy ve jet grout tekniği ile üretilen kolonların birim adam x saat miktarlarının grafik gösterimi

- Yapılan hesaplamalarda kazık taşıma kapasitelerinin sabit tutulması sebebi ile kazık çapları arttıkça metraj azaldığı (toplam jet kolonu boyu) için toplam adam x saat oranında kıyaslama yapıldığında çap arttıkça gerekli taşıma kapasitesinde kolonları elde edebilmek için harcanan adam x saat sayısı azalmaktadır.
- Bu durum açıkça göstermektedir ki aynı taşıma kapasitesini elde etmek için üretilen kolonlarda daha büyük çaplı kolonların üretimi adam x saat verisi göz önünde bulundurulduğunda daha optimum bir sonuç vermektedir.



Şekil 3.6 Farklı çap, boy ve jet grout tekniği ile üretilen kolonların toplam adam x saat miktarlarının grafik gösterimi

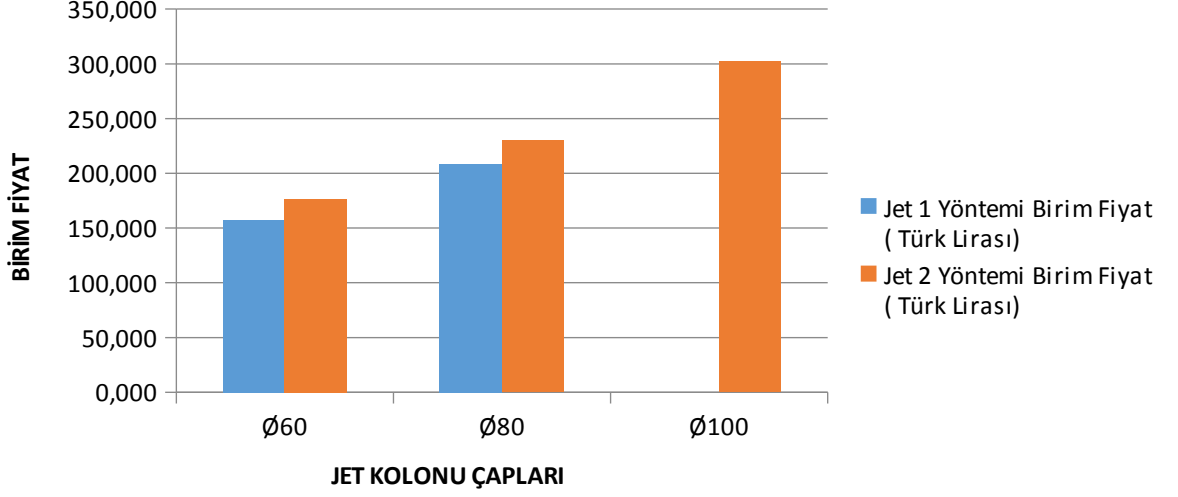
- Şekil 3.4-5 ve Çizelge 3.16 detaylıca incelendiğinde Afyonkarahisar'da yapılacak proje için verilen Jet 1 yöntemi ile 80 cm çapında, 14 metre boyunda jet kazıkları üretilmesi zemin iyileştirme yönteminin adam x saat olarak en optimum sonucu verdiği doğrulanmaktadır.

4.3. Farklı Çap, Boy ve Jet Grout Teknikleri ile Üretilen Jet Kolonlarının Maliyet Olarak Kıyaslanması

Teze konu proje olan "Afyonkarahisar İli, Merkez Çetinkaya Mahallesi, 160 Konut İle Altyapı ve Çevre Düzenlemesi İnşaatı İşi" kapsamında 83 pafta 24 parselde kayıtlı, 30.000,000 m² yüzölçümlü taşınmaz üzerine yapılması planlanan 8 Blokluk CK tipi toplu konut projesi için yapılması içi planlanan jet grout imalatının projelendirilmiş hesap raporunda bulunan jet kazık verileri 80 cm çap, 14 metre boy ve 2,6 metre x 2,6 metre karelaç ile imalat yapılmasıdır. Proje hesap raporunda verilen çap, boy ve jet grout tekniği ile oluşturulan kolonların bu özelliklerinde değişiklikler yapılarak, yapılması planlanan imalatın maliyet olarak kıyaslanması yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler Çizelge 3.17 da gösterilmiştir. Çizelge 3.17 Farklı çap, boy ve jet grout tekniği ile üretilen kolonların birim ve toplam maliyet miktarları

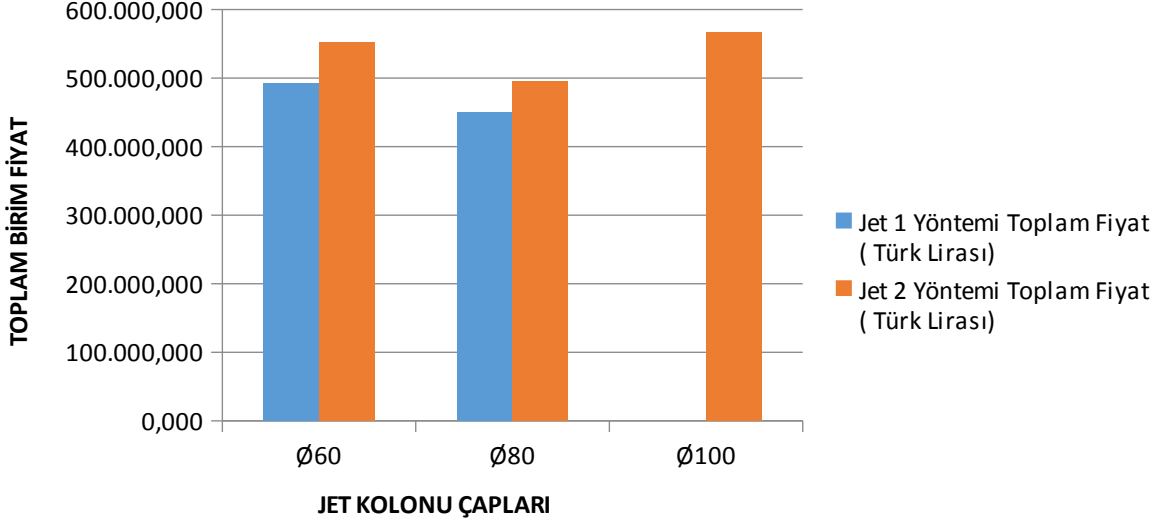
Kolon Çapı	JET 1 YÖNTEMİ İLE			JET 2 YÖNTEMİ İLE		
	Birim Fiyat (Türk Lirası)	Toplam Jet Kolon Miktarı (metre)	Toplam Fiyat (Türk Lirası)	Birim Fiyat (Türk Lirası)	Toplam Jet Kolon Miktarı (metre)	Toplam Fiyat (Türk Lirası)
Ø60	157,645	3.126,20	492.829,80	176,607	3.126,20	552.108,80
Ø80	208,773	2.156,00	450.113,51	230,028	2.156,00	495.940,37
Ø100	-	-	-	301,970	1.875,72	566.411,17

- Çizelge 3.17 da açıkça görüleceği üzere çap, boy ve jet grout türünün değişimi kolon üretimine ait maliyet verilerini değiştirmektedir.
- Aynı jet grout imalat yöntemi ile üretilen kolonlarda çap arttıkça birim maliyet miktarı artmaktadır. (Şekil 3.7)



Şekil 3.7 Farklı çap, boy ve jet grout tekniği ile üretilen kolonların birim maliyet miktarlarının grafik gösterimi

- Yapılan hesaplamalarda kazık taşıma kapasitelerinin sabit tutulması sebebi ile kazık çapları arttıkça metraj azaldığı (toplam jet kolonu boyu) için toplam maliyet oranında kıyaslama yapıldığında çap arttıkça gerekli taşıma kapasitesinde kolonları elde edebilmek için harcanan para miktarı genel olarak azalmaktadır.
- Çizelge 3.17 de jet 2 yöntemi ile farklı çaplarda üretilen kolonların birim maliyetleri çap arttıkça artmasına rağmen, toplam maliyetlerde farklılıklar görülmektedir. 60 cm ve 80 cm üretilen jet kolonları kıyaslandığında, çapın artması ile toplam üretilen jet kolon miktarı azaldığı için toplam birim fiyat da azalmaktadır. Fakat 80 cm ve 100 cm lik jet kolonlarına ait toplam fiyatlar göz önüne alındığında bu durumun tam tersine döndüğü yani çapın artması ile beraber toplam üretilen kazık boyu azalmasına rağmen toplam birim fiyat artmaktadır. Bu durum 100 cm çapında kazık üretimi için gerekli olan adam ve ekipman maliyetlerinin kritik eşiği aşması sebebi ile artık optimum seviyenin üzerine çıktığının ispatıdır.



Şekil 3.8 Farklı çap, boy ve jet grout tekniği ile üretilen kolonların toplam maliyet miktarlarının grafik gösterimi

- Şekil 3.7-8 ve Çizelge 3.17 detaylıca incelendiğinde Afyonkarahisar'da yapılacak proje için verilen Jet 1 yöntemi ile 80 cm çapında, 14 metre boyunda jet kazıkları üretilmesi zemin iyileştirme yönteminin maliyet olarak en optimum sonucu verdiği doğrulanmaktadır.

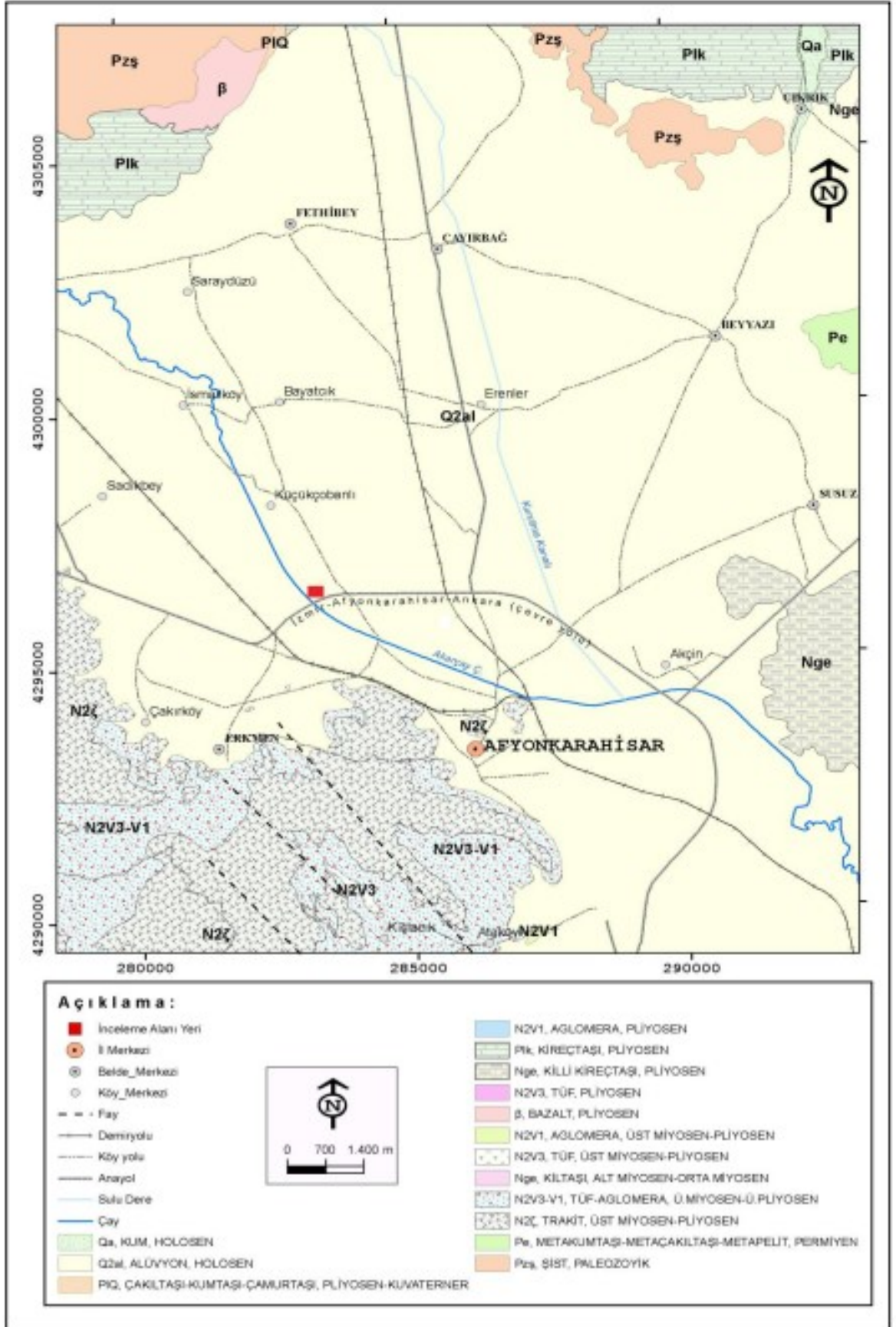
KAYNAKLAR

Akın, M., Akkaya, İ., Özvan, A, Ak, Y.,(2019). Impact of jet grouting pressure on the strength and deformation characteristics of sandy and clayey soils in the compression zone, Korean Society of Civil Engineers *Journal of Civil Engineering*, p.p. 13, June 24

- Bakım, M.A., (2007). Enjeksiyon yöntemleri ile zemin iyileştirmesi (Yük. Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 175 s., Isparta.
- Baumann, V., (1984). Das Soilcrete - Verfahren in der Baupraxis. Vortrage der Baugrundtagung, Duesseldorf, 49 – 83, DGEG.
- Burke, G. K., (2004). Jet grouting systems: advantages and disadvantages. *ASCE, GEOSUPPORT 2004*, s.s. 875-885
- Correia, T., Valente, J., Tinoco, J., Falcao, J., (2009). "Ecaluation of mechanical properties of jet- grouting columns using different test methods". *17. Uluslararası Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği Kongresi, Mısır*. s.s. 2179-2171
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2021 Birim fiyat tarifleri; <https://webdosya.csb.gov.tr/db/yfk/icerikler/insaat-birim-fiyatlari-2020-turkce-20200207124629.pdf>
- Durgunoğlu, H. T., (2004). Yüksek modüllü kolonların temel mühendisliğinde kullanımı. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi*, s.s. 39-52, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Erkan, İ.H., (2013). *Jet grout kolonlarının performansını etkileyen faktörlerin deneysel olarak araştırılması* (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 144 s.
- Gümüş, G., (2002). *Jet grouting technique and strength properties of jet grout columns* (Yüksek Lisans Tezi), Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., İnşaat Mühendisliği ABD, 129 s.
- Küsin, C.C., (2009). *Jet grout yöntemi ile iyileştirilen zeminlerin sonlu elemanlar yöntemiyle sayısal analizi* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, Adana, 171 s.
- Küsin, C , Yıldız, A , Örnek, M . (2016). Jet grout kolonları ile iyileştirilen zeminlerin homojenleştirme yöntemiyle sayısal analizi . *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* , 24. sayı, s.s. 121 - 131
- Lunardi, P., (1977). Ground improvement by means of jet-grouting. *Ground Improvement, ISSMFE Thomas Telford*, 1, 2,s.s. 65 - 86.
- Mısır, G., (2020). Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme ve deplasman tahmini : vaka analizi", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Sayı 18, s.s. 290-299,
- Njock, P.G.A., Chen, J., Modoni, G., Arulrajah, A., Kim, Y.H.,(2018).A review of jet grouting practice and development", *Arbian Journal of Geosciences, edition 11*, pp 31

- Omne, K., Yoshida, N., Ochia, H., (1993). Stress - strain behavior of mixtures with two different elastic materials", Fukuoka University Review of Thechnological Sciences. s.s. 83-93
- Prota,(2020).Beşiktaş İstasyonu geçici kazı destek sistemi geoteknik hesap raporu, AL-PRT-M7- S02-CT00-01-02-UT-1D-001-1A
- Sağlamer A., Düzceer R., Gökalp A., Yılmaz E., (2001). Recent applications of jet grouting for soil improvement In Turkey. *15. Uluslararası Zemin Mekaniği Konferansı. Sayı 1-3*, s.s. 1839-1842
- Skempton, A.W., (1986). Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relativa density, particle size, ageing and overconsolidation", *Geotechnique 36, No: 3*, p.p. 425-447
- Şeflek, N., (2012). *Ceyhunkent toplu konutları (Ceyhan) inşa sahasının jetgrout yöntemi ile ıslahı* (Y L. Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ABD, 237 s. Adana
- Welsh, J.P., Rubright, R.M. and Coomber, D.B., (1986). Jet grouting for support of structure session. *ASCE Spring Convention*, Seattle.
- Wong, J.G., Poh, T.Y., (2000). Effects of jet grouting on adjacent ground and structures. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, s.s. 247 - 256.

EKLER



EK 1 AFYONKARAHİSAR İLİ JET GROUT İMALATI İNŞAAT SAHASI VE ÇEVRESİNİN GENEL JEOLJİSİ

ÜST SİSTEM		SİSTEM		SERİ		FORMASYON		ÜYE		KALINLIK		DİKME KESİTİ		KAYA TÜRÜ AÇIKLAMASI	
Kuvaterner														Alüvyon Alüvyon Yel pazesi	
TERSEYER		Ü. PLİYOSEN		Feleli Marnı		50 m				50 m				Çok kalın tabakalanmalı, okside, sarımsı renkli, yumuşak marn	
		A. PLİYOSEN		Karakaya Bazaltı		30 - 50 m				20 m				Siyahımsı, koyu renkli, akıntı yapıtlı	
		O. - Ü. MİYOSEN		Erdemir Konglomerası		30 - 50 m				20 m				Orta, kalın tabakalanmalı, değişik cins kayalara ait yuvarlak çakıllı, kum, mil ara katkılı, gevşek çimentolu karasal konglomera.	
		YENİKÖY		Akınar Kır. Seydiler Tüfü		20 m				300 m				Alta karasal konglomera, kumtaşı aglomera ardalanması, orta düzeyleri gösel beyazımsı, gri renkli tüf, tüf, marn kıllı kireçtaşı ardalanması, üst düzeyleri beyaz renkli gözenekli, yer yer silisifiye kireçtaşından oluşmuştur. Volkanitler gösel totullarla giriklik gösterir ve bu ortamlara malzeme vermiştir.	
		ALT ÜST		Asağı Belova		100 m				300 m				Üst düzeyleri kiltası, çamurtaşı, miltası ve marnlardan oluşmuştur. Orta düzeyleri kömür zonları kapsar.	
MESOZOYİK		JURA		Asağı Belova		100 m				300 m				UYUMSUZLUK	
		ALT ÜST		Çeçekli Kaya		100 m				300 m				Gri, mavimsi renkli, orta kalın tabakalanmalı, yer yer kumtaşı ara katkılı kireçtaşı	
		TRİYAS		RESULBABA		50 - 150 m				250 - 300 m				Gri, kahverenkli, ince ve orta katmanlı, az metamorfik, metakumtaşı.	
				Çakıllı Kireçtaşları		50 - 150 m				250 - 300 m				UYUMSUZLUK	
				Çakıllı Kireçtaşları		50 - 150 m				250 - 300 m				RESULBABA FORMASYONU	
				Çakıllı Kireçtaşları		50 - 150 m				250 - 300 m				Kireçtaşı ve bunlarla girik olan karınlardan oluşur.	
				Çakıllı Kireçtaşları		50 - 150 m				250 - 300 m				OLUCAK KIRINTILARI	
				Çakıllı Kireçtaşları		50 - 150 m				250 - 300 m				Metase diment, kalkışit, mermer, rekrystalize kireçtaşı ardalanması. Şist ve kireçtaşları birbirleri ile yanal ve kristalize geçişlidir.	
				Çakıllı Kireçtaşları		50 - 150 m				250 - 300 m				ÇATKUYU KİREÇTAŞI	
				Çakıllı Kireçtaşları		50 - 150 m				250 - 300 m				Kalın katmanlı, mavimsi gri ve siyahımsı renkli, yer yer şistli, bitüm kokulu, eklemlili, yer yer fosik kırıntılı kristalize kireçtaşı.	
				Çakıllı Kireçtaşları		50 - 150 m				250 - 300 m				UYUMSUZLUK	
PALEOZOYİK		AFYON METAMORFİTLERİ		Paşadağ Kireçtaşı		100 - 200 m				100 - 200 m				Kristalize, şeker dokulu, gri, beyaz renkli, yer yer kalkışit ve kuvaris - serisit - kloritşist ardalanmalı.	
				Bıyık Matakong.		200 m				200 m				Kuvaris ve kireçtaşı çakıllı, kireç çimentolu, kalkışit ve arakatlı konglomera	
				Dellik Matakong.		150 - 300 m				150 - 300 m				Yuvarlakmış kuvarisit çakıllarından oluşmuştur. Matrisi kuvaris - biyotit - muskovitşisttir. Çakıllar çok belirgin olup basınca dik olarak uzamışlardır. Yer yer porfiroblastik doku gösterir.	
				İscehisar Mermeri		300 m				300 m				Saf, ince kristalli, şeker dokulu, beyaz, krem, siyah ve değişik renklerde, büyük bloklar verebilen, çok kalın katmanlanma sunan mermerlerdir. Yer yer porfiroblastik doku gösterir.	
				Cobanlı Şist		2000 m				2000 m				Kuvaris - muskovit - serisit, şist, kuvaris - albit - klorit şist, metakumtaşı - metakonglomera, mermer ve kalkışitlerden oluşmuştur.	

EK 2 JET GROUT İNŞAAT BÖLGESİ GENELLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN DİKME KESİTİ



EK 3 JET GROUT İNŞAAT SAHASI GOOGLE EARTH GÖRÜNÜMÜ

Kuyu No Derinlik (m)	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6	SK-7	SK-8	Ort SPT-N
	SPT-N	SPT-N	SPT-N	SPT-N	SPT-N	SPT-N	SPT-N	SPT-N	
1,50-1,95	7	12	9	8	12	10	13	6	8
3,00-3,45	8	10	9	9	14	11	10	10	10
4,50-4,95	16	18	15	12	14	13	17	16	15
6,00-6,45	13	15	11	14	13	10	11	12	12
7,50-7,95	9	8	7	8	12	11	4	10	7
9,00-9,45	8	11	9	12	11	13	12	10	10
10,00-10,50	10	12	12	14	12	13	12	14	11
12,00-12,45	5	4	4	6	11	10	13	7	7
13,50-13,95	8	8	10	11	8	10	9	12	9
15,00-15,45	15	16	14	15	12	13	16	14	15
16,50-16,95	14	17	15	12	14	10	17	11	13
18,00-18,45	15	17	13	11	18	12	16	12	14
19,50-19,45	18	22	14	16	23	15	21	16	18
									11

EK 4 JET GROUT SAHASI STANDART PENETRASYON DEĞERLERİNİN DÜZELTİLMİŞ HALİ VE ORTALAMA SPT-N DEĞERİ

Derinlik (m)	c (kPa)	ϕ (derece)	α
0.0	0	0	0.00
0.5	0	0	0.00
1.0	0	0	0.00
1.5	35	0	0.94
2.0	35	0	0.94
2.5	35	0	0.94
3.0	35	0	0.94
3.5	35	0	0.94
4.0	35	0	0.94
4.5	35	0	0.94
5.0	35	0	0.94
5.5	35	0	0.94
6.0	0	22	0.00
6.5	0	22	0.00
7.0	0	22	0.00
7.5	0	22	0.00
8.0	0	22	0.00
8.5	0	22	0.00
9.0	0	22	0.00
9.5	0	22	0.00
10.0	0	22	0.00
10.5	0	22	0.00
11.0	0	22	0.00
11.5	0	22	0.00
12.0	0	22	0.00
12.5	0	22	0.00
13.0	0	22	0.00
13.5	0	22	0.00
14.0	0	22	0.00
14.5	0	22	0.00
15.0	0	22	0.00
15.5	35	0	0.94

EK 5 JET GROUT KOLONU TAŞIMA KAPASİTESİ VERİLERİ

D _{cr} (m)	8
Y.A.S.S (m)	3.9
D _r (m)	2

Gevşek sıklıktaki kumlar için; D_{cr} = 10*D

Jet-grout sistem özellikleri

kolon çapı
φ 80 cm

kolon uzunluğu
L = 14.0 m

kolon taban alanı
A = 0.50 m²

kolon birim alanı / 0.5 m uzunluk
S = 1.26 m²

Jet-grout uç direnç hesabı

$$Q_{uall} = 9 \cdot s_u \cdot A_p$$

Kohezyonlu zeminlerde uç direnci hesabı (A. Birand, 2007)

$$Q_{uall} = A_p \cdot \sigma'_{vi} \cdot (N_q - 1)$$

Kohezyonsuz zeminlerde uç direnci hesabı (A. Birand, 2007)

$$Q_{uall} = 16 \text{ ton}$$

$$Q_{uemn} = 5.4 \text{ ton}$$

$$\text{Güvenlik katsayısı} = 3.0$$

Jet-grout sürtünme direnç hesabı

$$Q_{sall} = f_s \cdot A_s$$

$$f_s = a \cdot s_u$$

Kohezyonlu zeminlerde çevre sürtünme direnci hesabı (A. Birand, 2007)

$$Q_{sall} = f_i \cdot A_s$$

$$f_i = \sigma'_{vi} \cdot K_i \cdot \tan \delta_i$$

Kohezyonsuz zeminlerde çevre sürtünme direnci hesabı (A. Birand, 2007)

$$K_i = 1$$

Jet-grout kolonları için

$$\tan \delta_i = \Phi$$

Yerinde dökme beton elemanlar için

$$Q_{sall} = 136.4 \text{ ton}$$

$$Q_{semn} = 68.2 \text{ ton}$$

$$\text{Güvenlik katsayısı} = 2.0$$

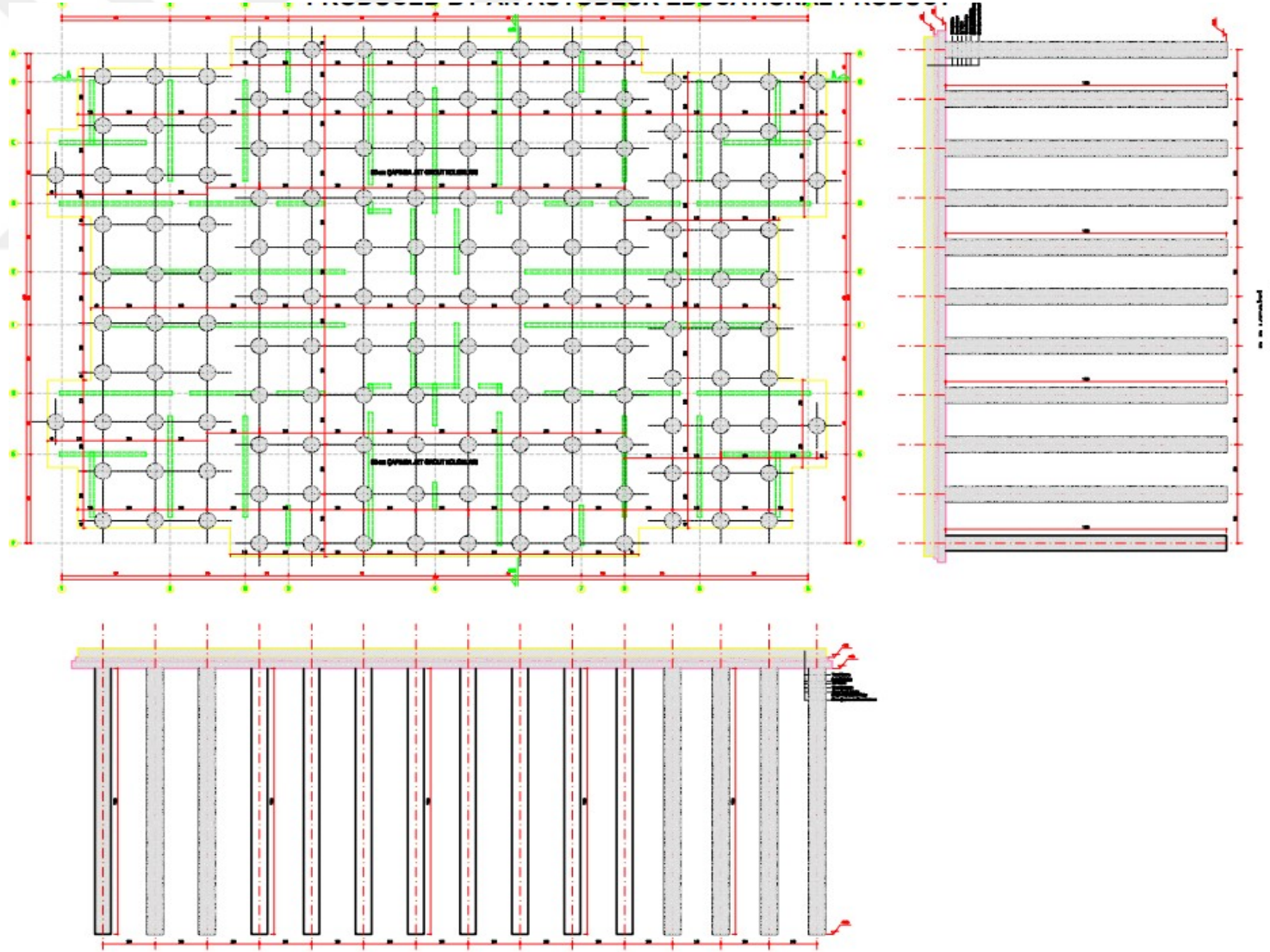
Jet-grout emniyetli taşıma kapasitesi sonucu

$$Q_{toplam} = Q_{uemn} + Q_{semn} = 73.6 \text{ ton}$$

EK 6 JET GROUT SİSTEMİ EMNİYETLİ TAŞIMA KAPASİTESİ HESABI

Derinlik (m)	a/g	σ_{v0} (kN/m ²)	σ'_{v0} (kN/m ²)	rd	CSR	ζ_{mak} (kN/m ²)	ζ_{ort} (kN/m ²)	V_s (m/s)	G _s (MPa)	G _{jg} (MPa)	Gr	A _{jg} (m ²)	A (m ²)	a _r	S _R	#200 Geçen %	CSR _{tas}	α	β	N' ₆₀	N' _{60cs}	CRR	Durum	V _{kayma} (kN)	V _{fk} (kN)	Durum
1.50	0.30	30.00	30.00	0.98	0.19	8.80	5.72	104.46	20.19	3153	156.2	0.50	6.76	0.07	0.08	73.5	0.02	5.00	1.20	5.25	11.30	0.12	O.K.	35.6	213.2	O.K.
3.00	0.30	60.00	60.00	0.96	0.19	17.21	11.19	126.15	29.44	3153	107.1	0.50	6.76	0.07	0.11	67.7	0.02	5.00	1.20	6.00	12.20	0.13	O.K.	67.1	213.2	O.K.
4.50	0.30	90.00	85.00	0.93	0.19	25.21	16.39	154.02	43.88	3153	71.8	0.50	6.76	0.07	0.16	61.6	0.03	5.00	1.20	11.05	18.26	0.19	O.K.	93.1	213.2	O.K.
6.00	0.30	120.00	100.00	0.91	0.21	32.72	21.27	155.36	44.65	3153	70.6	0.50	6.76	0.07	0.16	73.8	0.03	5.00	1.20	9.50	16.40	0.17	O.K.	120.5	213.2	O.K.
7.50	0.30	150.00	115.00	0.88	0.22	39.57	25.72	159.81	47.25	3153	66.7	0.50	6.76	0.07	0.17	18.8	0.04	3.39	1.07	7.97	11.94	0.13	O.K.	144.3	213.2	O.K.
9.00	0.30	180.00	130.00	0.84	0.23	45.59	29.63	162.41	48.80	3153	64.6	0.50	6.76	0.07	0.17	18.8	0.04	3.39	1.07	6.67	10.54	0.12	O.K.	165.3	213.2	O.K.
10.50	0.30	210.00	145.00	0.80	0.23	50.57	32.87	176.70	57.76	3153	54.6	0.50	6.76	0.07	0.20	18.8	0.05	3.39	1.07	8.30	12.29	0.13	O.K.	177.6	213.2	O.K.
12.00	0.30	240.00	160.00	0.76	0.22	54.45	35.39	156.55	45.34	3153	69.5	0.50	6.76	0.07	0.16	18.8	0.04	3.39	1.07	3.95	7.63	0.09	O.K.	200.0	213.2	O.K.
13.50	0.30	270.00	175.00	0.71	0.21	57.32	37.26	178.29	58.81	3153	53.6	0.50	6.76	0.07	0.20	19.3	0.04	3.49	1.07	6.05	9.99	0.11	O.K.	200.6	213.2	O.K.
15.00	0.30	300.00	190.00	0.66	0.20	59.46	38.65	203.15	76.35	3153	41.3	0.50	6.76	0.07	0.25	70.1	0.05	5.00	1.20	9.43	16.32	0.17	O.K.	195.9	213.2	O.K.

EK 7 JET GROUT SAHASI ZEMİN ISLAHI ÖNCESİ VE SONRASI SIVILAŞMA ANALİZİ



EK 8 JET GROUT İLE ZEMİN İYİLEŞTİRME UYGULAMA PROJESİ

ACAR JEOLJİ MÜHENDİSLİK		TEME L SONDAJ LOGU				Pafta No : 83/-24							
						Sondaj No : SK-1							
						Sondör : BEYTULLAH NARİN							
PROJE ADI		TOKİ		DELİK ÇAPI		: 120 mm							
SONDAJ YERİ		: ÇETİNKAYA MAİL		YERALTI SUYU		: 3,90 M							
LOGU HAZIRLAYAN		: ACAR MÜHENDİSLİK		BAŞLANGIÇ TARİHİ		: Ara.12							
SONDAJ DERİNLİĞİ		: 20 metre		BİTİŞ TARİHİ		: Ara.12							
SONDAJ KOTU		: M		KOORDİNAT		: 543 750 D							
SONDAJ MAKİNA TİPİ		: D-750 Rotary		KOORDİNAT		: 4 295 111 K							
SONDAJ DERİNLİĞİ (m)	NUMUNE CİNSİ	MANEVRA BOYU (m)	STANDART PENETRASYON DENEYİ				JEOTEKNİK TANIMLAMA	P-PROFİL Kesit	DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	KIRILIK	NUMUNE CİNSİ	SONDAJ DERİNLİĞİ (m)
			DARBE SAYISI		GRAFİK								
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N							
0												0	
1	UD	1.0 m											1
2	SPT	1.5 m	2	3	4	7							2
3	SPT	3 m	3	4	4	8							3
4	SPT	4.5 m	6	7	9	16							4
5	SPT	6 m	5	6	7	13							5
6	SPT	7.5 m	4	4	5	9							6
7	SPT	9 m	3	3	5	8							7
8	SPT	10.5 m	3	4	6	10							8
9	SPT	12 m	1	2	3	5							9
10	SPT	13.5 m	2	3	5	8							10
11	SPT	15 m	3	6	9	15							11
12	SPT	16.5 m	5	6	8	14							12
13	SPT	18 m	6	7	8	15							13
14	SPT	19.5 m	8	9	9	18							14
15													15
16													16
17													17
18													18
19													19
20													20
21													21
22													22
23													23
24													24
DAYANIMLILIK			AYRIŞMA			İNCE DANELİ			İRİ DANELİ				
I DAYANIMLI			I TAZE			N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK			N : 0-4 ÇOK GEVŞEK				
II ORTA DAYANIMLI			II AZ AYRIŞMIŞ			N : 3-4 YUMUŞAK			N : 5-10 GEVŞEK				
III ORTA ZAYIF			III ORTA D. AYR.			N : 5-8 ORTA KATI			N : 11-30 ORTA SIKI				
IV ZAYIF			IV ÇOK AYR.			N : 9-15 KATI			N : 31-50 SIKI				
V ÇOK ZAYIF			V TÜMÜYLE A.			N : 16-30 ÇOK KATI			N : >50 ÇOK SIKI				
KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm			ORANLAR							
0-25 ÇOK ZAYIF			1 SEYREK			%5 PEK AZ			% 5 PEK AZ				
25-50 ZAYIF			1-2 ORTA			%5-15 AZ			% 5-20 AZ				
50-75 ORTA			2-1 SIK			% 15-35 ÇOK			% 20-5 ÇOK				
75-90 İYİ			10-20 ÇOK SIKI			% 35 VE							
90-100 ÇOK İYİ			>20 PARÇALI										
SONDAJ MÜHENDİSİ						KONTROL MÜHENDİSİ			TARİH				

EK 9 SK1 SONDAJ KUYUSU SONDAJ LOGU

ACAR JEOLJİ MÜHENDİSLİK		TEMEL SONDAJ LOGU				Pafta No : 831/24							
						Sondaj No : SK-6							
						Sondör : BEYTULLAH NARİN							
PROJE ADI		TOKİ		DELİK ÇAPİ		: 120 mm							
SONDAJ YERİ		: ÇETINKAYA MAH.		YERALTI SUYU		: 4.20 M							
LOGU HAZIRLAYAN		: ACAR MÜHENDİSLİK		BAŞLANGIÇ TARİHİ		: Ara.12							
SONDAJ DERİNLİĞİ		: 20 metre		BİTİŞ TARİHİ		: Ara.12							
SONDAJ KOTU		: M		KOORDİNAT		: 543 805D							
SONDAJ MAKİNA TİPİ		: D-750 Rotary		KOORDİNAT		: 4 295 050 K							
SONDAJ DERİNLİĞİ (m)	NUMUNE CİNSİ	MANEVRA BOYU (m)	STANDART PENETRASYON DENEYİ				JEOTEKNİK TANIMLAMA	PROFİL Keşif	DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	KIRIKLILIK	NUMUNE CİNSİ	SONDAJ DERİNLİĞİ (m)
			DARBE SAYISI			GRAFİK							
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm								
			N										
0												0	
1	UD	1.0 m										1	
2	SPT	1.5 m	4	5	5	10						2	
3	SPT	3 m	4	5	6	11						3	
4	SPT	4.5 m	6	6	7	13						4	
5	SPT	6 m	4	5	5	10						5	
6	SPT	7.5 m	3	4	7	11						6	
7	SPT	9 m	4	6	7	13						7	
8	SPT	10.5 m	5	5	8	13						8	
9	SPT	12 m	4	4	6	10						9	
10	SPT	13.5 m	3	5	5	10						10	
11	SPT	15 m	5	6	8	13						11	
12	SPT	16.5 m	4	4	6	10						12	
13	SPT	18 m	4	5	7	12						13	
14	SPT	19.5 m	5	6	9	15						14	
15												15	
16												16	
17												17	
18												18	
19												19	
20												20	
21												21	
22												22	
23												23	
24												24	
DAYANIMLILIK			AYRIŞMA				İNCE DANELİ		İRİ DANELİ				
I DAYANIMLI			I TAZE				N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK		N : 0-4 ÇOK GEVŞEK				
II ORTA DAYANIMLI			II AZ AYRIŞMIŞ				N : 3-4 YUMUŞAK		N : 5-10 GEVŞEK				
III ORTA ZAYIF			III ORTA D. AYR.				N : 5-8 ORTA KATI		N : 11-30 ORTA SIKI				
IV ZAYIF			IV ÇOK AYR.				N : 9-15 KATI		N : 31-50 SIKI				
V ÇOK ZAYIF			V TÜMÜYLE A.				N : 16-30 ÇOK KATI		N : >50 ÇOK SIKI				
KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm				ORANLAR						
0-25 ÇOK ZAYIF			1 SEYREK				% 5 PEK AZ		% 5 PEK AZ				
25-50 ZAYIF			1-2 ORTA				% 5-15 AZ		% 5-20 AZ				
50-75 ORTA			2-1 SIK				% 15-35 ÇOK		% 20-5 ÇOK				
75-90 İYİ			10-20 ÇOK SIKI				% 35 VE						
90-100 ÇOK İYİ			>20 PARÇALI										
SONDAJ MÜHENDİSİ						KONTROL MÜHENDİSİ						TARİH	

EK 10 SK 6 SONDAJ KUYUSU SONDAJ LOGU

GEOKON		Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü Tarafından Verilen 17.12.2008 Tarih ve 186 No'lu Laboratuvar İzin Belgesi'ne Sahiptir.					T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI		
Denevin İsmi :		TOPLU SONUÇ SAYFASI						TS 1500-ARALIK 2000	
Denevin Standartı :		ACAR JEOLOJİ MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ							
Yüklenici :		TOKİ (TOPLU KONUT PROJESİ) İÇETİNKAYA MAH./MERKEZ/AFYONKARAHİSAR							
Proje Adı :		K25A21A/D. K25A21A/C						0 24	
Pafta / Ada / Parşel :		2195						Rapor Kayıt Numarası - Bakanlık	
Laboratuvar Kayıt Numarası :		29.11.2012						BRN Numarası : 2012-1973-ACAR&BRN 3615635	
Laboratuvara Geliş Tarihi :		29.11.2012						Rapor Tarihi : 06.12.2012	
Numune Sondaj / Aç / Nokta / Üçlek Adı :		SK-6							
Sondaj / Aç / Nokta / Üçlek Adı :		SK-6	SK-6	SK-6	SK-6	SK-6			
Numune Tipi ve Adı :		SFT	SFT	SFT	UD	UD			
Deneysel Ölçü :		6,03-6,43	7,50-1,90	13,99-11,60	2,52-3,06	4,00-4,50			
Doğal Su Müdahemesi (%) :		16,92	17,20	13,74	18,87	17,04			
Yas (Dışbüyük Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)) :					1,727				
Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³) :									
*Su İçerik Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³) :									
*Geçek Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³) :									
*Sıkışık Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³) :									
*Özgül Ağırlık		İnce Tanımlı Zevaklar İçin Başlı Yöntemler Arasında Tarifi (g/cm ³)							
Kuru (İnce)		Kuru Hacim Özgül Ağırlık (g/cm ³)							
Çakıl (Kaba)		Drengün Hacim Özgül Ağırlık (g/cm ³)							
Kaya		Görünür Zehirli Yoğunluk (g/cm ³)							
		Su İçerme (%)							
		Kuru Hacim Özgül Ağırlık (g/cm ³)							
		Drengün Hacim Özgül Ağırlık (g/cm ³)							
		Görünür Zehirli Yoğunluk (g/cm ³)							
		Su İçerme (%)							
		Kuru Hacim Özgül Ağırlık (g/cm ³)							
		Drengün Hacim Özgül Ağırlık (g/cm ³)							
		Görünür Zehirli Yoğunluk (g/cm ³)							
		Su İçerme (%)							
Zeminlerde Dane Boyu Dağılımının Tayini		Çakıl (%)	9,86	4,12	2,39	0,05	1,12		
		Kum (%)	68,27	68,34	83,08	36,69	24,41		
		HIDROMETRI	Silt (%)						
			Çakıl (%)						
		4200 Geçen (%)	21,87	27,14	12,62	63,26	74,47		
Aterberg Limitleri		LL (%) (Lübi Limit)	0	0	0	39	39		
		PL (%) (Plastik Limit)	0	0	0	19	19		
		PI (%) (Plastisite İndeksi)	0	0	0	20	20		
USCS (Birlleştirilmiş Zemin Sınıflaması)		SM	SM	SM	CL	CL			
Zorunlu Tok Ekansiz (Serbest Basınç) (g/cm ²)									
Zemin Üç Eksenli Basınç Dayanımı (UU)		Eğilim Yüzdesi (%)							
		Ø (e)							
Konsolidasyon		Sığma Yüzdesi (%)							
		Sığma Basıncı (kN/m ²)							
		Geçirgenlik							
Standart ve Modifiye Proktör		Malzeme KIBLA ve İlgili Ölçü							
		Opt. Su Mik. Wp (%)							
CBR (Konsolidasyon Yapma Oranı)		Sığma Yüzdesi (%)							
		Yol Katı							
*Permeabilite (K)		Dayan. Seviyesi (cm/min)							
		Sabit Seviyesi (cm/min)							
*Dağılım Deneyi (Crump) Dağılımlık Derecesi									
		Dispersibilite							
		Derecesi							
*Vevn (Düzensiz Kayma Dayanımı, S _v) (kg/cm ²)									
*Çözünür Kuru Sülfat									
*Kil Topakları ve Eriyebilir Parçacıkların Oranı		Kuru (İnce) (%)							
		Çakıl (Kaba) (%)							
		*Sülfat Tayini (%)							
Nokta Yükleme		IS (kg/cm ²)							
*Kaya Tok Ekansiz (Serbest Basınç) (kg/cm ²)									
*Kaya Üç Eksenli Basınç		*Yol Katı (kg/cm ²)							
		*Ø (e)							
*Yoğunluk Derecesi (%) :									
*Toplam (Geçek) Porozite (PT)									
*Görünür Porozite									
*Kayaçlarda Su İçerme Yüzdesi		Hidrasyon (%)							
		Karılma (%)							
*Kayaçlarda Elastisite Modülü									
*Kayaçlarda Poisson Oranı									
Los Angeles Ayrılma Kayırları-Parçalanma Derecesi Beklenen		Kuru (İnce) (%)							
		Çakıl (Kaba) (%)							
		Kaya (%)							
		Kuru (İnce) (%)							
		Çakıl (Kaba) (%)							
		Kaya (%)							
*Don Kaybı		Kuru (İnce) (%)							
		Çakıl (Kaba) (%)							
		Kaya (%)							
Kuru Konsol Sıkıştırma (%) :		Kuru (İnce) (%)							
		Çakıl (Kaba) (%)							
		Kaya (%)							
*Fizika Yükleme									



Sevil CAMİLİLER
Jeolojik Yüksek Mühendisi
Deneyi Yapan

Mustafa CAN
Kalite Güvence Yöneticisi

Mustafa ARIK
Belge No: 4315

EK II SK I KUYUSU SONDAJ NUMUNELERİ LABORATUAR ANALİZ SONUÇLARI

AFYONKARAHİSAR MERKEZ
160 KONUT İLE ALTYAPI VE ÇEVRE DÜZENLEMESİ İŞİ
CK-1. BLOK JET KOLONLARI YÜKLEME TESTİ VERİLERİ

DATE	TIME	LOAD		DURATION (minute)	DIAL GAUGE READINGS				AVERAGE SETTLEMENT (mm)
		TON	BAR		D1	D2	D3	D4	
11.3.2013	09:00	0,00	0,00	0	0,35	0,65	0,40	0,20	-
	09:00	16,00	50,00	0					
	09:15			15	6,85	6,72	5,89	6,25	6,078
	09:15	21,00	75,00	0					
	09:30			15	7,95	7,30	8,10	7,50	7,363
	09:30	26,00	100,00	0					
	09:45			15	8,21	7,40	8,55	7,96	7,680
	09:45	31,00	125,00	0					
	10:00			15	8,63	8,03	9,04	8,69	8,248
	10:00	36,00	150,00	0					
	10:15			15	9,02	8,49	9,76	9,09	8,740
	10:15	42,00	175,00	0					
	10:30			15	9,55	9,00	10,05	9,72	9,230
	10:30	47,00	200,00	0					
	10:45			15	9,98	9,48	10,54	10,09	9,673
	10:45	52,00	225,00	0					
	11:00			15	10,62	10,00	11,01	10,49	10,180

	11:0 0	57,00	250,0 0	0					
	11:1 5			15	11,0 0	10,4 5	11,3 0	10,8 6	10,553
	11:1 5	62,00	275,0 0	0					
	11:3 0			15	11,5 9	11,0 4	11,7 8	11,2 4	11,063
	11:3 0	68,00	300,0 0	0					
	11:4 5			15	12,1 2	11,5 5	12,2 5	11,7 3	11,563
	11:4 5	73,00	325,0 0	0					
	12:0 0			15	12,7 2	12,0 4	12,9 8	12,2 1	12,138
	12:0 0	73,00	325,0 0	0					
	12:1 5			15	12,9 8	12,3 0	13,2 0	12,4 5	12,383
	12:1 5	73,00	325,0 0	0					
	12:3 0			15	13,1 2	12,4 5	13,3 3	12,5 8	12,520
	12:3 0	73,00	325,0 0	0					
	12:4 5			15	13,1 8	12,4 9	13,4 0	13,0 6	12,683
	12:4 5	68,00	300,0 0	0					
	13:0 0			15	13,0 3	12,2 7	13,1 9	12,7 4	12,458
	13:0 0	62,00	275,0 0	0					
	13:1 5			15	12,6 7	11,9 1	12,8 2	12,2 9	12,073
	13:1 5	57,00	250,0 0	0					
	13:3			15	12,3	11,5	12,4	11,8	11,700

	0				4	6	3	7	
	13:3 0	52,00	225,0 0	0					
	13:4 5			15	11,9 6	11,0 5	11,9 8	11,3 6	11,238
	13:4 5	47,00	200,0 0	0					
	14:0 0			15	11,3 1	10,5 9	11,2 9	10,8 6	10,663
	14:0 0	42,00	175,0 0	0					
	14:1 5			15	10,7 3	10,0 7	11,8 7	10,4 7	10,435
	14:1 5	36,00	150,0 0	0					
	14:3 0			15	10,1 7	9,79	11,2 2	10,0 2	9,950
	14:3 0	31,00	125,0 0	0					
	14:4 5			15	9,76	9,33	10,7 3	9,68	9,525
	14:4 5	26,00	100,0 0	0					
	15:0 0			15	9,29	9,91	10,3 9	9,30	9,373
	15:0 0	21,00	75,00	0					
	15:1 5			15	9,89	9,52	10,0 2	8,93	9,240
	15:1 5	16,00	50,00	0					
	15:3 0			15	9,47	9,19	9,77	8,69	8,930
	15:3 0	0,00	0,00	0					
	15:4 5			15	9,19	8,93	9,47	8,33	8,630
	15:4 5	0,00	0,00	0					

	16:0 0			15	9,00	8,78	9,30	8,18	8,465
	16:0 0	0,00	0,00	0					
	16:1 5			15	8,88	8,69	9,21	8,02	8,350
	16:1 5	0,00	0,00	0					
	16:3 0			15	8,80	8,63	9,14	7,95	8,280
	16:3 0	16,00	50,00	0					
	16:4 5			15	9,41	9,17	10,0 0	8,46	8,910
	16:4 5	21,00	75,00	0					
	17:0 0			15	10,2 5	9,85	10,6 3	9,09	9,605
	17:0 0	26,00	100,0 0	0					
	17:1 5			15	10,8 9	10,3 9	11,2 9	9,71	10,220
	17:1 5	31,00	125,0 0	0					
	17:3 0			15	11,3 8	11,0 3	11,8 6	10,2 5	10,780
	17:3 0	36,00	150,0 0	0					
	17:4 5			15	11,9 9	11,7 6	12,4 0	10,7 1	11,365
	17:4 5	42,00	175,0 0	0					
	18:0 0			15	12,6 3	12,4 5	13,0 3	11,5 9	12,075
	18:1 5	47,00	200,0 0	0					
	18:3 0			15	13,1 3	13,0 2	13,6 5	12,1 0	12,625
	18:3	52,00	225,0	0					

	0		0						
	18:4 5			15	13,6 2	13,5 9	14,3 0	12,7 3	13,210
	18:4 5	57,00	250,0 0	0					
	19:0 0			15	14,1 8	14,0 9	14,8 9	13,4 4	13,800
	19:1 5	62,00	275,0 0	0					
	19:3 0			15	14,7 9	14,8 1	15,5 3	14,0 4	14,443
	19:3 0	68,00	300,0 0	0					
	19:4 5			15	15,3 4	15,3 7	16,1 6	14,6 2	15,023
	19:4 5	73,00	325,0 0	0					
	20:0 0			15	15,8 9	15,9 4	16,6 8	15,1 4	15,563
	20:0 0	79,00	350,0 0	0					
	20:1 5			15	16,3 3	16,4 7	17,1 2	15,8 7	16,098
	20:1 5	84,00	375,0 0	0					
	20:3 0			15	16,8 2	17,0 2	17,7 1	16,4 6	16,653
	20:3 0	89,00	400,0 0	0					
	20:4 5			15	17,6 4	17,8 2	18,4 4	17,1 3	17,408
	20:4 5	94,00	425,0 0	0					
	21:0 0			15	18,3 0	18,5 3	19,1 0	18,0 0	18,133
	21:0 0	100,0 0	450,0 0	0					
	21:1 5			15	18,9 6	19,2 1	19,8 7	18,6 8	18,830

	21:1 5	105,0 0	475,0 0	0					
	21:3 0			15	19,5 3	19,7 9	20,4 3	19,1 9	19,385
	21:3 0	111,0 0	500,0 0	0					
	21:4 5			15	20,0 9	20,3 1	20,9 7	19,8 6	19,958
	21:4 5	111,0 0	500,0 0	0					
	22:0 0			15	20,3 9	20,6 2	20,2 4	20,2 3	20,020
	22:0 0	111,0 0	500,0 0	0					
	22:1 5			15	20,4 8	20,7 1	20,3 2	20,3 0	20,103
	22:1 5	111,0 0	500,0 0	0					
	22:3 0			15	20,5 1	20,7 4	20,3 6	20,3 3	20,135
	22:3 0	105,0 0	475,0 0	0					
	22:4 5			15	20,0 0	20,2 3	19,8 1	19,8 0	19,609
	22:4 5	100,0 0	450,0 0	0					
	23:0 0			15	19,6 7	19,7 5	19,3 6	19,3 2	19,175
	23:0 0	94,00	425,0 0	0					
	23:1 5			15	19,1 7	19,2 4	18,7 6	18,8 1	18,645
	23:1 5	89,00	400,0 0	0					
	23:3 0			15	18,4 2	18,6 2	18,2 4	18,2 9	18,043
	23:3 0	84,00	375,0 0	0					
	23:4 5			15	17,8 5	18,1 3	17,6 9	17,7 9	17,515

	00:0 0	79,00	350,0 0	0					
	00:1 5			15	17,3 0	17,6 8	17,1 5	17,1 7	16,975
	00:1 5	73,00	325,0 0	0					
	00:3 0			15	16,6 2	17,1 0	16,5 4	16,6 3	16,373
	00:3 0	68,00	300,0 0	0					
	00:4 5			15	16,0 5	16,6 1	15,9 2	16,0 2	15,800
	00:4 5	62,00	275,0 0	0					
	01:0 0			15	15,4 8	16,1 0	15,2 8	15,4 9	15,238
	01:0 0	57,00	250,0 0	0					
	01:1 5			15	14,6 2	15,4 3	14,6 7	14,7 3	14,513
	01:1 5	52,00	225,0 0	0					
	01:3 0			15	14,0 4	14,7 8	14,1 2	14,2 9	13,958
	01:3 0	47,00	200,0 0	0					
	01:4 5			15	13,5 3	14,3 3	13,6 2	13,8 1	13,473
	01:4 5	42,00	175,0 0	0					
	02:0 0			15	12,9 6	13,7 7	13,0 9	13,2 8	12,925
	02:0 0	36,00	150,0 0	0					
	02:1 5			15	12,3 9	13,2 8	12,5 9	12,7 6	12,405
	02:1 5	31,00	125,0 0	0					
	02:3			15	11,9	12,8	12,1	12,3	11,983

	0				3	9	2	9	
	02:30	26,00	100,00	0					
	02:45			15	11,57	12,57	11,72	12,04	11,625
	02:45	21,00	75,00	0					
	03:00			15	11,20	12,29	11,40	11,72	11,303
	03:00	16,00	50,00	0					
	03:15			15	10,86	11,91	11,07	11,42	10,965
	03:15	0,00	0,00	0					
	03:30			15	10,43	11,61	10,79	11,08	10,628
	03:30	0,00	0,00	0					
	03:45			15	10,20	11,37	10,54	10,82	10,383
	03:45	0,00	0,00	0					
	04:00			15	10,07	11,29	10,46	10,77	10,298
	04:00	0,00	0,00	0					
	04:30			30	10,07	11,27	10,46	10,77	10,293