

T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL AVRUPA YAKASI GÜNEYİNDEKİ ZEMİNLERİN
GEOTEKNİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynep ERTÜRK

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği
Programı: Geoteknik

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. ERSİN AREL

2015

T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL AVRUPA YAKASI GÜNEYİNDEKİ ZEMİNLERİN
GEOTEKNİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynep ERTÜRK

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği
Programı: Geoteknik

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. ERSİN AREL

Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Akın ÖNALP
Prof. Dr. Hüseyin TUROĞLU

2015

ÖNSÖZ

Bu çalışma İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Geoteknik Programı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada, İstanbul İli Avrupa yakası güney bölümünde bulunan formasyonlara ait laboratuvar deney sonuçlarının sayısal analizi yapılarak, geoteknik parametre değerleri incelenmiştir.

Çalışma, 2001 yılından günümüze değin İKU Geoteknik Laboratuvarı'nda değerlendirilen deneyleri kapsamaktadır. Kuşkusuz bu çalışmanın en büyük farkı, bu yaygın deney sonuçlarının kullanılmış olunmasıdır.

Çalışmam ve öğrenimim süresince desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlanmamı sağlayan değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ersin AREL'e teşekkür ederim.

Öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyduğum değerli hocam Prof. Dr. Akın ÖNALP'e teşekkür ederim.

Destekleri ile her zaman yanımda olan sevgili eşime ve aileme teşekkür ederim.

Mart 2015

Zeynep ERTÜRK

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
SEMBOL LİSTESİ.....	vi
ÖZET	1
ABSTRACT.....	2
1. GİRİŞ	3
1.1. Çalışmanın Amacı	3
1.2. Önceki Çalışmalar	4
2. JEOLJİ.....	6
2.1. Bölgesel Jeoloji.....	6
2.2. Stratigrafi	8
2.2.1. Gürpınar Formasyonu	12
2.2.2. Çukurçeşme Formasyonu.....	13
2.2.3. Güngören Formasyonu.....	15
2.2.4. Bakırköy Formasyonu.....	17
2.3. Zemin Koşulları	19
3. LABORATUVAR VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	24
3.1. Veri Tabanının Oluşturulması	24
3.2. Verilerin Analizi	28
4. İNCELENEN BÖLGENİN GEOTEKNİĞİ.....	30
4.1. Gürpınar Formasyonunun Geoteknik Parametreleri.....	30
4.2. Çukurçeşme Formasyonunun Geoteknik Parametreleri	33
4.3. Güngören Formasyonunun Geoteknik Parametreleri	34
4.4. Bakırköy Formasyonunun Geoteknik Parametreleri	37
5. BULGULAR	38
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR.....	43
EKLER	46

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1: Değerlendirmede kullanılan laboratuvar deneyleri dağılımı	4
Tablo 3.1: Laboratuvar deneylerinin formasyonlara göre dağılımı	29
Tablo 4.1: Gürpınar formasyonuna ait su muhtevası ve kıvam limitleri değerlerinin analizi..	31
Tablo 4.2: Gürpınar formasyonuna ait dane dağılım değerlerinin analizi	31
Tablo 4.3: Gürpınar formasyonuna ait boşluk oranı değerlerinin analizi	31
Tablo 4.4: Gürpınar formasyonuna ait doğal birim hacim ağırlık değerlerinin analizi	31
Tablo 4.5: Gürpınar formasyonuna ait serbest basma dayanımı değerlerinin analizi	31
Tablo 4.6: Gürpınar formasyonuna ait UU tipi üç eksenli hücre kesme deneyinden elde edilen drenajsız kohezyon değerlerinin analizi	32
Tablo 4.7: Gürpınar formasyonuna ait CU tipi üç eksenli hücre kesme deneylerinden elde edilen toplam ve efektif parametre değerlerinin analizi	32
Tablo 4.8: Gürpınar formasyonuna ait kesme kutusu deneylerinden elde edilen toplam ve kalıntı parametre değerlerinin analizi	32
Tablo 4.9: Gürpınar formasyonuna ait konsolidasyon deneylerinden elde edilen değerlerinin analizi	33
Tablo 4.10: Çukurçeşme formasyonuna ait su muhtevası değerlerinin analizi	33
Tablo 4.11: Çukurçeşme formasyonuna ait dane dağılım değerlerinin analizi	33
Tablo 4.12: Çukurçeşme formasyonuna ait boşluk oranı değerlerinin analizi	34
Tablo 4.13: Çukurçeşme formasyonuna ait doğal birim hacim ağırlık değerlerinin analizi	34
Tablo 4.14: Çukurçeşme formasyonuna ait UU tipi üç eksenli hücre kesme deneyinden elde edilen drenajsız kohezyon değerlerinin analizi	34
Tablo 4.15: Çukurçeşme formasyonuna ait kesme kutusu deneylerinden elde edilen kayma direnci ve kayma direnci açısı değerlerinin analizi	34
Tablo 4.16: Güngören formasyonuna ait su muhtevası ve kıvam limitleri değerlerinin analizi	35
Tablo 4.17: Güngören formasyonuna ait dane dağılım değerlerinin analizi	35
Tablo 4.18: Güngören formasyonuna ait boşluk oranı değerlerinin analizi	35
Tablo 4.19: Güngören formasyonuna ait doğal birim hacim ağırlık değerlerinin analizi	35
Tablo 4.20: Güngören formasyonuna ait serbest basma dayanımı değerlerinin analizi	36
Tablo 4.21: Güngören formasyonuna ait UU tipi üç eksenli hücre kesme deneyinden elde edilen drenajsız kohezyon değerlerinin analizi	36
Tablo 4.22: Güngören formasyonuna ait CU tipi üç eksenli hücre kesme deneylerinden elde edilen toplam ve efektif parametre değerlerinin analizi	36
Tablo 4.23: Güngören formasyonuna ait kesme kutusu deneylerinden elde edilen toplam ve kalıntı parametre değerlerinin analizi	36
Tablo 4.24: Güngören formasyonuna ait konsolidasyon deneylerinden elde edilen değerlerinin analizi	37
Tablo 4.25: Bakırköy formasyonuna ait doğal birim hacim ağırlık değerlerinin analizi	37
Tablo 4.26: Bakırköy formasyonuna ait kayada tek eksenli basma dayanımı değerlerinin analizi	37
Tablo 5.1: Formasyonların ortalama geoteknik parametre değerleri	40

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: İstanbul Avrupa yakası güneyinin genel jeoloji haritası	7
Şekil 2.2: İstanbul ve yakın çevresi Tersiyer çökellerinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti	8
Şekil 2.3: İstanbul Esenyurt'tan zemin profili	9
Şekil 2.4: İstanbul ve çevresinin güncellenmiş genel jeoloji haritası	10
Şekil 2.5: İstanbul ve yakın çevresi Tersiyer çökellerinin güncellenmiş stratigrafik sütun kesiti	11
Şekil 2.6: Çekmece formasyonun yüzeylenme haritası	12
Şekil 2.7: Büyükçekmece Gölü'nün doğu yakası, Gürpınar formasyonu yüzlek görüntüsü	13
Şekil 2.8: Esenyurt'ta, Çukurçeşme formasyonundan alınan jeolojik enine kesit	14
Şekil 2.9: Küçükçekmece Gölü yakınındaki bir kum ocağından alınan, Çukurçeşme formasyonuna ait çapraz katmanlı kum düzeylerinden bir görüntü.	15
Şekil 2.10: Güngören formasyonuna ait yüzlek görüntüsü	16
Şekil 2.11: Güngören formasyonu ile Çukurçeşme formasyonu dokanağı.....	16
Şekil 2.12: Bakırköy formasyonuna ait yüzlek görüntüsü	18
Şekil 2.13: Bakırköy'de, Bakırköy formasyonundan alınan jeolojik enine kesit.....	18
Şekil 2.14: Gürpınar ilçesi batısında heyelandan zarar görmüş istinat duvarları.....	20
Şekil 2.15: Gürpınar ilçesi Pınarkent mevkiinde kitle hareketlerinin kontrolü için yapılan uygulamalar	21
Şekil 2.16: Beylikdüzü dolayında bir heyelan alanından alınan jeoloji enine kesiti.....	22
Şekil 3.1: gINT veri giriş uygulaması; proje ismi belirlenmesi	25
Şekil 3.2: gINT veri giriş uygulaması; hücre ismi belirlenmesi.....	26
Şekil 3.3: gINT veri giriş uygulaması; numune derinliği ataması	26
Şekil 3.4: gINT veri giriş uygulaması; zemin sınıflandırma	27
Şekil 3.5: gINT veri giriş uygulaması; üç eksenli hücre kesme deneyi sonuçları.....	28
Şekil 3.6: Kutu grafiği (Box plot) çizimi	29

SEMBOL LİSTESİ

C_c : Birincil Sıkışma İndisi

C_r : Yeniden Sıkışma İndisi

c : Kohezyon

c_u : Drenajsız Kohezyon

e : Boşluk Oranı

I_L : Sıvılık İndisi

q_u : Serbest Basma Dayanımı

w_L : Likit Limit

w_p : Plastik Limit

ϕ : Kayma Direnci Açısı

p_n : Doğal Birim Hacim Ağırlık

σ_c : Ön Konsolidasyon Basıncı

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi

SPT-N : Standart Penetrasyon Deneyi Darbe Sayısı

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; İstanbul İli Avrupa yakası güneyindeki zeminlerin geoteknik parametrelerinin belirlenmesidir. İnceleme alanı, İstanbul Avrupa yakası güneyi Haliç'in batısından itibaren Fatih, Zeytinburnu, Bayrampaşa, Güngören, Bakırköy, Küçükçekmece, Avcılar, Beylikdüzü ve Büyükçekmece Gölü çevresini kapsamaktadır. Çalışmada bölgede gerçekleştirilecek mühendislik faaliyetlerinde, formasyonlara ait uygun değerlerin kullanımı amaçlanmıştır. Bu kapsamda; ilk bölümde bölgede bulunan birimlerin jeolojisi incelenecek, ikinci bölümde laboratuvar deney sonuçları veritabanı oluşturulacak ve son bölümde ise ilgili bölgenin geoteknik parametreleri istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilecektir.

Çalışma alanında çökelmiş olan Gürpınar, Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonlarının jeolojisi önceki çalışmalardan yararlanılarak incelenmiştir. 2001 yılından itibaren İKU Geoteknik Laboratuvarı'nda değerlendirilen deney sonuçlarının içerisinde, çalışılan formasyonlara ait veriler toplanmış ve içeriği yeni verilerle güncelleştirilmiştir. Oluşturulan bu veritabanı gINT programı ile ilişkilendirilerek, bölgenin geoteknik parametre değerleri belirlenmiştir. İstanbul Avrupa yakası güneyinde bulunan zeminlerin, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlenmesi amacıyla elde edilen verilerin güvenilirliği ise Minitab istatistik programı kullanılarak değerlendirilmesi ile çalışma tamamlanmıştır.

ABSTRACT

The purpose of this study, is to perform a critical evaluation of the parameters of the clayey formations encountered at the European side of Istanbul, where a feverish construction activity is ongoing. It is expected to identify the formations, describe the database established during the past twelve years and present the industry with reliable parameters by the use of statistical analysis.

The properties of Gürpınar, Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formations that dominate the ground profile were examined through the use of data collected at İKÜ Geotechnical Laboratory since 2001. The software gINT and Minitab were employed to perform the statistical analysis.

1. GİRİŞ

Mühendislik yapılarında, zemine bağlı olarak karşılaşılan problemlerin oluşmasında ve sık sık tekrarlanmasında, çalışılan yöredeki zemine ait dayanım, geçirimsizlik, sıkışabilirlik, plastisite vb. fiziksel ve mekanik özelliklerin merteye olarak yanlış kullanımının katkısı büyüktür. Bu durumun çok farklı sonuçlar doğuracağı ve yapıların ekonomik ömürleri boyunca çok olumsuz etkileneceği açıktır. Zeminlere ait fiziksel ve mekanik özellikler, arazi ve laboratuvarında yapılan deneyler sonucu elde edilecek güvenilir verilerle belirlenmelidir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma kapsamında, inceleme alanında bulunan formasyonların laboratuvar deney sonuçları ile veritabanı oluşturularak, geoteknik parametre değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İnceleme alanı, İstanbul Avrupa yakası güneyi Haliç'in batısından itibaren Fatih, Zeytinburnu, Bayrampaşa, Güngören, Bakırköy, Küçükçekmece, Avcılar, Beylikdüzü ve Büyükçekmece Gölü çevresini kapsamaktadır.

Çalışmada, 2001 yılından günümüze değin İKU Geoteknik Laboratuvarı'nda değerlendirilen deney sonuçları ile çalışma kapsamında gerekli görülen ilave deneylerden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Laboratuvar deney sonuçları içerisinde incelenen alana ait deney sonuçları toplanarak, sonuçlar öncelikle ilçelere göre ayrılmıştır. Ardından ilgili bölgedeki çökellerin jeolojisi sondaj logları ve geoteknik raporlarına göre incelenerek, bulunan her bir formasyon için deney sonuçları ayrı ayrı sınıflandırılmış, veritabanı oluşturulmuştur. Formasyonların mühendislik özellikleri, istatistiksel değerlendirmelerden yararlanılarak incelenmiştir.

Değerlendirmede toplam olarak; 1178 adet su muhtevası ve kıvam limitleri tayini deneyleri, 492 adet üç eksenli hücre kesme deneyi, 112 adet kesme kutusu deneyi ve 75 adet konsolidasyon deneyi sonucu kullanılmıştır. Kullanılan laboratuvar deneylerinin ilçelere göre dağılımı Tablo 1.1'de gösterilmektedir.

Tablo 1.1: Değerlendirmede kullanılan laboratuvar deneyleri dağılımı

İLÇELER	Su Muhtevası ve Kıvam Limitleri	Üç Eksenli Hücre Kesme Deneyi	Kesme Kutusu Deneyi	Konsolidasyon Deneyi
AVCILAR	21	6	8	4
BAĞCILAR	65	29	0	1
BAHÇELİEVLER	67	17	1	6
BAKIRKÖY	54	30	0	1
BAYRAMPAŞA	9	8	0	0
BEYLİKDÜZÜ	46	47	0	4
BÜYÜKÇEKMECE	73	6	32	8
ESENLER	11	2	0	0
ESENYURT	239	174	41	26
GÜNGÖREN	76	71	1	2
GÜRPINAR	57	18	8	1
KAZLIÇEŞME	8	3	0	0
KIRAÇ	21	10	4	4
KUMKAPI-FATİH-ZEYTİNBURNU *	328	15	9	12
KÜÇÜKÇEKMECE	38	25	0	3
SEFAKÖY	24	13	0	3
YENİBOSNA	9	5	8	0
YEŞİLKÖY	32	13	0	0
TOPLAM	1178	492	112	75

* Avrasya Tüneli Projesi kapsamında çalışılan ilçeler

1.2. Önceki Çalışmalar

İstanbul ili ve yakın civarı pek çok araştırmacı tarafından değişik amaçlarla incelenmiştir. Yapılan ilk incelemeler bölgesel jeolojiyi tanıtmaya yönelik genel içerikli çalışmalardır.

Penck (1919), bölgenin stratigrafik ve yapısal özelliklerini hedef alan çalışmaları başlatmıştır.

Paeckelmann (1925, 1938) tarafından, jeolojik harita yapımı ve diğer jeolojik özelliklerini ortaya çıkarılmasını amaçlayan ayrıntılı incelemeler devam ettirilmiştir.

Sayar ve Pamir (1932), Küçükçekmece civarındaki kumlarda buldukları omurgalılarına ait diş ve kemikleri tanımlayarak yaş tayini yapmışlardır.

Chaput (1947), İstanbul civarının 1 / 125000 ölçekli jeolojik haritasını yapmıştır.

Arıç Sayar (1955), doktora çalışmasında Haliç-Küçükçekmece Gölü bölgesinin jeolojisini konu almıştır. Çalışmasında, kemikli kum ve çakıllar, kil, marnlar ve mactralı kireçtaşları Bakırköy Kireçtaşı olarak ayırt etmiştir. Bu çalışmaların ardından Arıç Sayar (1960), İstanbul Boğazı ve civarının 1 / 100000 ölçekli renkli jeoloji haritasını yapmıştır.

Ülker (1966), İstanbul Boğazı çevresindeki killerin geoteknik incelemesini adıyla bir doktora tezi hazırlamıştır.

Arıç Sayar (1977), çalışmalarına devam ederek “İstanbul Yeni İskan Yörelere Geoteknik ve Sismik Etüdü” adıyla yayımlanmamış bir rapor hazırlamış ve bu rapor İstanbul ve çevresi için hazırlanan ilk yerleşim uygunluk amaçlı rapor olmuştur.

İTÜ Araştırma Vakfı (1997), İstanbul Avcılar Belediyesinin yerleşime uygunluk çalışmasını yaparak, İstanbul çevresindeki yerleşime uygunluk amaçlı çalışmalara bir yenisini eklemiştir.

Şehir alanının ve nüfusun artması ile birlikte şehir içi ulaşımına İstanbul’da yeni çözüm yolları araştırılmış ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından Hafif Metro Çalışmaları başlatılmıştır. Bu kapsamda çeşitli firmalar tarafından bölgede birçok çalışmalar yapılmıştır. Evre (1988), bu çalışmalara bir örnektir.

Yıldırım ve diğ. (1992), “İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç’in Jeolojik Yapısı ve Geoteknik Özellikleri” adıyla yayınladıkları çalışmalarında, genç Haliç çökelleri üzerinde bir seri laboratuvar deneyleri yaparak, bölgeyi geoteknik açıdan değerlendirmişlerdir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü (2001) tarafından, İstanbul Avrupa yakası güney bölümü 1 / 5000 ölçekli imar planına esas geoteknik etüd raporunu hazırlanmıştır. Ardından “İstanbul Avrupa Yakası Mikrobölgeleme Çalışması” tamamlanmıştır (2007). “İstanbul İl Alanın Jeolojisi” projesiyle de kentin büyük ölçekli jeoloji harita yapımının yanı sıra heyelan, kaya düşmesi, taşkın gibi sorunların saptanması için bölgenin zemin ve kaya koşulları incelenmiştir (2011).

2. JEOLJİ

2.1. Bölgesel Jeoloji

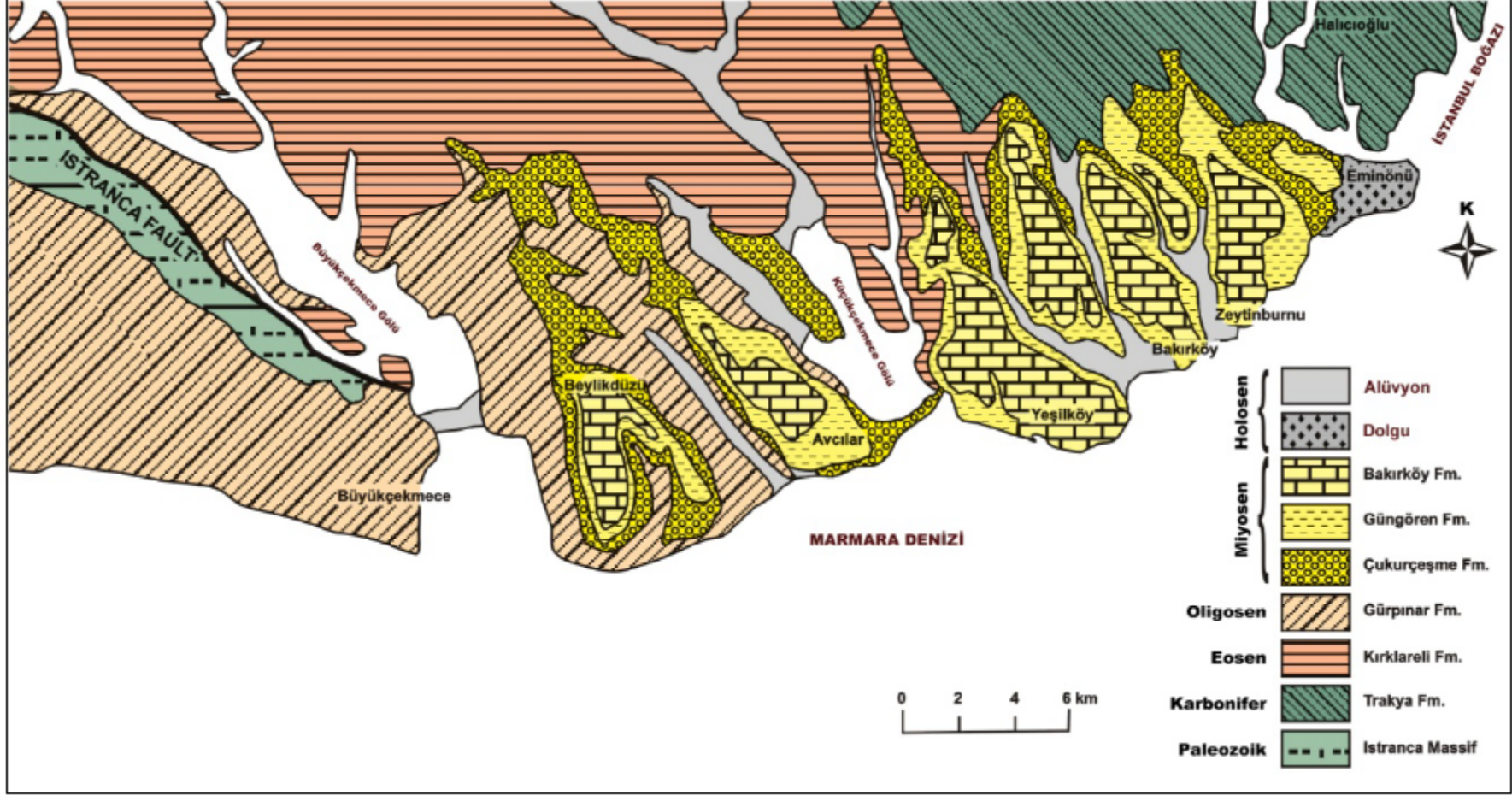
İstanbul'un jeolojisi oldukça karmaşıktır. Bunun başlıca sebepleri;

- Stratigrafik istifte birbirine çok benzeyen birimlerin tekrarlanması,
- Formasyon sınırlarının kolay tanınır olmaması,
- Orojenik hareketler,
- Çok sayıdaki fay ve kıvrımların varlığı,
- Andezit veya diyabaz dayklarının sokulması olarak sıralanabilir.

Ayrıca İstanbul'un eski bir yerleşim merkezi olması nedeniyle kalın dolgular da yapısal unsurların izlenmesini güçleştirmektedir.

İstanbul'un Avrupa yakasında yaygın olarak, kireçtaşı mercekli, andezit ve diyabaz daykları ile kesilmiş kumtaşı, silttaşı ve kiltaşından oluşan Karbonifer yaşlı Trakya formasyonu bulunmaktadır. Trakya formasyonu yoğun tektonizma olaylarından etkilenmiş, birkaç metrede bir değişik doğrultulu fay, kıvrım, kırık ve eklem sistemlerine sahiptir. Trakya Formasyonun ilk 15-20 metresi ayrışmış-orta ayrışmış, daha alt kesimler ise gri-mavi renkli ayrışmamış kaya özelliğindedir. Bölgesel verilere göre formasyonun kalınlığı 1000 metreden fazladır. Bu formasyon üzerine, yaklaşık kalınlığı 150 metre olan açısız diskordansla, Eosen yaşlı, orta, yer yer kalın tabakalı, mikritik, karstik boşluklu, bol fosilli, kireçtaşı, marn ve karbonatlı kiltaşından oluşan Kırklareli formasyonu gelmektedir. Kırklareli formasyonun üzerinde ise, 700 metreden daha kalın, Oligosen yaşlı, sıkı kum-kumtaşı mercekli sert kil-kiltaşından oluşan Gürpınar formasyonu bulunmaktadır. Gürpınar formasyonunun daha üstünde Miyosen yaşlı çökelt birimleri bulunmaktadır. Miyosen yaşlı ilk birim Çukurçeşme formasyonudur. Bu formasyon, yaklaşık 25 metre kalınlıkta az tutturulmuş veya tutturulmamış çakıllı kum tabakaları ile arada kil tabakaları veya merceklerinden oluşmaktadır. Bu birimin üstünde geçişli olarak bulunan Güngören formasyonu, yeşilimsi gri, açık kahve renkli, ince kum mercekleri bulunan kil tabakalarından oluşur. Miyosen istifinde ayırt edilen en üst birim ise 20 metre kalınlıktaki Bakırköy formasyonudur. Bakırköy formasyonu başlıca, beyaz, ince-orta tabakalı, arada yeşilimsi gri kil, marn ve kireçtaşından oluşur. Bu birimler üzerinde alüvyon ve Haliç çökelleri yer alır. Alüvyon çökelleri başlıca sarı kahve renkli kum ve siltli killerden oluşmaktadır. Haliç çökelleri ise kalınlığı 35 metre dolayında olan, durgun ortamda çökelen siltli kil çökellerinden oluşmaktadır. Bu çökeller üzerinde de İstanbul da eski yerleşim yerlerinde bulunan antik dolgu ve yeni yerleşim yerlerindeki güncel dolgu malzemeleri 30 metreye kadar ulaşmaktadır (Dalgıç ve diğ., 2009).

İstanbul Avrupa yakası güneyinin genel jeoloji haritası Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1: İstanbul Avrupa yakası güneyinin genel jeoloji haritası (Arıç, 1955; Yalçınlar, 1976; Oktay ve Eren, 1999; Dalgıç, 2004)

2.2. Stratigrafi

Bu çalışmada, inceleme alanı kapsamında Tersiyer dönemi çökelleri incelenmiştir. Bu çökeller, Paleozoyik yaşlı formasyonlar üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadırlar. Yaşlı birimlerden daha genç birimlere doğru incelenecek litostratigrafi birimleri;

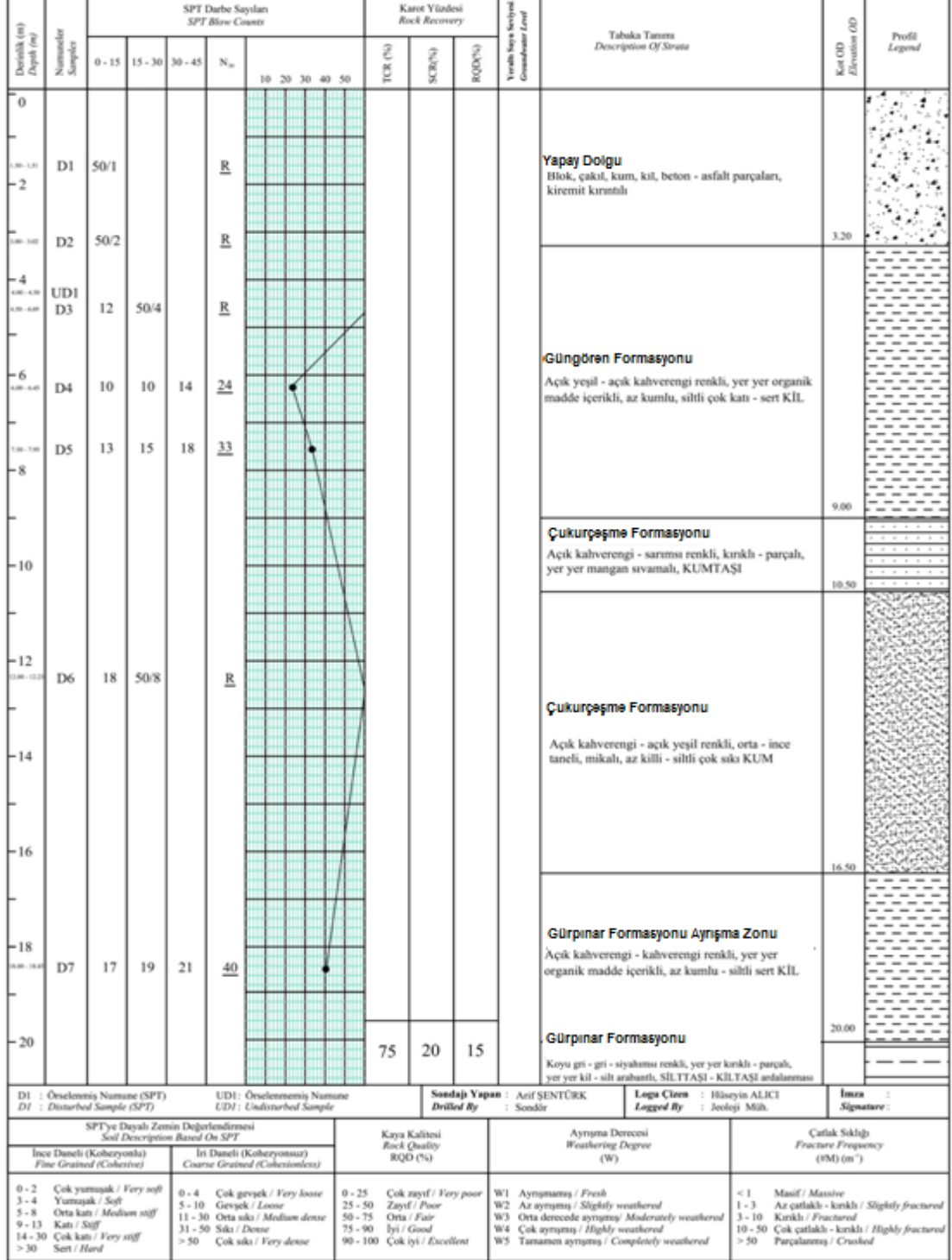
- Gürpınar formasyonu
- Çukurçeşme formasyonu
- Güngören formasyonu
- Bakırköy formasyonundan oluşmaktadır.

Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti Şekil 2.2’de gösterilmektedir.

PALEOZOYİK	SENEZOZOYİK				LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
	KARBONİFER	TERSİYER		MİPÄ-TERİNER		
	O.EOSEN-A.OLİGOSEN	U.OLİGOSEN-U.MİYOSEN	PLİYOSEN	HOLOSEN		
	KIRKLARELİ	CURFİNAR	BAKIRKÖY	SANCAĞLARA	5-20	ÇAKIL, KUM, SİLT, KİL (ALÜVİYON) Uyumsuzluk
					18-30	SİLTİLİ KİL : Kırmızı renkli, kumlu, yuvarlak - yarı yuvarlak kuvarcit çakıllı, çok katlı - sert, gevşek tutturulmuş Uyumsuzluk
					20-30	KİREÇTAŞI - MARN : Beyaz krem renkli, tebegimsi, poröz, ince - orta katmanlı, Maktrafi, lül / kum arakatmanlı
					10-30	KİL: Koyu gri - boz renkli, karbonatsız veya az karbonatlı, siltli, bitki artıkları, yüksek plastisiteli orta kat - kat, merceksel
					20-30	KUM: Sarımsı gri, açık kahverengi, çakıllı ve siltli, kil arakatmanlı, tutturulmuş veya çok gevşek tutturulmuş, çapraz katmanlı
					> 20	KİL / KİLTAŞI - KUM ARDALANMASI : Kil : Griimsi yeşil, aşırı konsolide, taifeviyeli, fissürlü yer yer karbonatlı / kireçtaşı bantlı, kömür katlı Kiltap : Gri - yeşil, ince - orta katmanlı Kum : Açık gri - sarımsı krem renkli, kuvarsit-kireçtaşı çakıl ve blokları ÇAKILTAŞI : Griimsi kahverengi, kumlu, killi, kireçtaşı çakıllı, kömür arakatmanlı Uyumsuzluk
					> 250	MARN - KİREÇTAŞI : Beyaz - sarımsı bej - gri renkli, orta-katmanlı, karbonatlı kil arakatmanlı, foallli KARBONATLI KUMTAŞI : Krem renkli, ince taneli, sert, som yapı RESİFAL KİREÇTAŞI : Beyaz - bej renkli, sert, som yapı, karstik, bol foallli
						ÇAKILTAŞI - MARN : Griimsi bej renkli, bol grovak çakıllı, kum - silt - kil ve kömür arakatmanlı Uyumsuzluk
					> 1000	KUMTAŞI (Grovak) - SİLTİTAŞI - KİLTAŞI : Maviimsi gri - kahverengi, kireçtaşı merceklili (Ölçeksiz)

Şekil 2.2: İstanbul ve yakın çevresi Tersiyer çökellerinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Yıldırım ve Savaşkan, 2003)

Çalışma kapsamında incelenen İKU Geoteknik Laboratuvarı'nda değerlendirilen geoteknik raporlardan alınan, İstanbul Avrupa yakası güneyinin egemen profilini oluşturan formasyonlarının birlikte görüldüğü bir zemin profili Şekil 2.3'te gösterilmektedir.



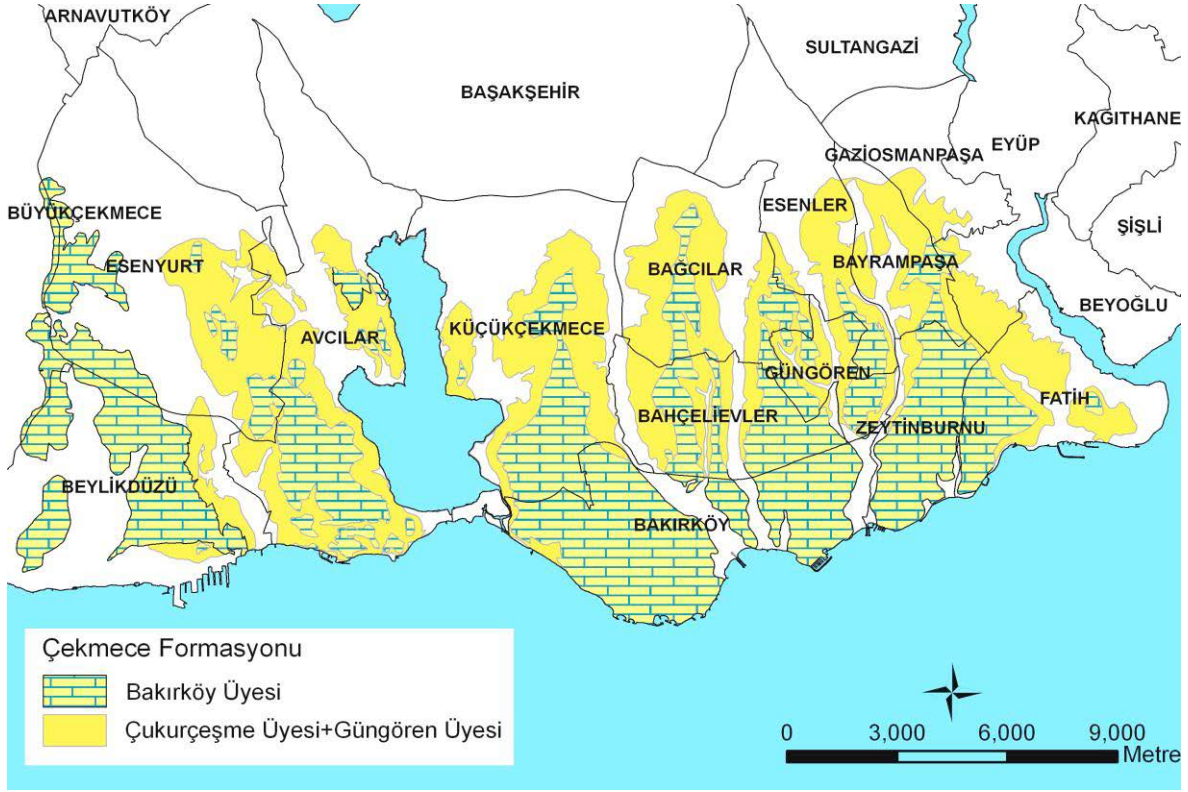
Şekil 2.3: İstanbul Esenyurt'tan zemin profili

EST SİSTEM		S E N O Z O Y İ K		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
KUVA- TENEK	SİSTEM SERİ	ÜST SİSTEM	ALT SİSTEM		
PALEZOYİK KARBONİFER	TRAKYA	O. EÖSEN-A. OLİGÖSEN	K I R K L A R E L İ	> 1000	KUMTAŞI (Grovak) - SİLT TAŞI - KİLT AŞI: Mavimsi gri - kahverengi, kireçtaşı mercekli (Ölçeksiz)
				> 250	ÇAKILTAŞI - MARN : Grimsi bej renkli, bol grovak çakilli, kum - silt - kil ve kömür arakatmanlı Uyumsuzluk
				> 250	MARN - KİREÇTAŞI : Beyaz - sarımsı bej - gri renkli, orta-kalın katmanlı, karbonatlı kil arakatmanlı, fosilli KARBONATLI KUMTAŞI : Krem renkli, ince taneli, sert, som yapı RESİFAL KİREÇTAŞI : Beyaz - beji renkli, sert, som yapı, karstik, bol fosilli
				> 250	ÇAKIL / ÇAKILTAŞI : Grimsi kahverengi, kumlu, killi, kireçtaşı çakilla, kömür arakatmanlı Uyumsuzluk
T E R S İ Y E R	Ü. O L İ G Ö S E N - A V C İ L L A R	Ü. M İ Y Ö S E N	B A K İ R K Ö Y	> 250	KİL / KİLT AŞI - KUM / KUMTAŞI ARDALANMASI Kil : Grimsi yeşil, ağır konsolide, tuf seviyeli, fissürlü yer yer karbonatlı / kireçtaşı banlı, kömür katkılı Kiltaş : Gri - yeşil, ince - orta katmanlı Kum : Açık gri - sarımsı krem renkli, kuvars-kireçtaşı çakıl ve bloklu
				> 250	ÇAKIL / ÇAKILTAŞI : Grimsi kahverengi, kumlu, killi, kireçtaşı çakilla, kömür arakatmanlı Uyumsuzluk
				> 250	MARN - KİREÇTAŞI : Beyaz - sarımsı bej - gri renkli, orta-kalın katmanlı, karbonatlı kil arakatmanlı, fosilli KARBONATLI KUMTAŞI : Krem renkli, ince taneli, sert, som yapı RESİFAL KİREÇTAŞI : Beyaz - beji renkli, sert, som yapı, karstik, bol fosilli
P L İ Y Ö S E N	S A M A N D İ R A	Ü. M İ Y Ö S E N	B A K İ R K Ö Y	50	KİL : Kızıl renkli, siltli, kumlu, yuvarlak - yarı yuvarlak kuvarsit çakilla, çok katı - sert, gevşek tutturulmuş Uyumsuzluk
				10	ÇAKIL, KUM, SİLT, KİL (ALÜVYON) Uyumsuzluk

Şekil 2.5: İstanbul ve yakın çevresi Tersiyer çökellerinin güncellenmiş stratigrafik sütun kesiti (Yıldırım ve diğ., 2010)

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü (2011) ise, birikme ortamında ve tabakanın geçici veya yerleşik sınırında büyük bir farklılık olmaması dolayısıyla “Çekmece formasyonu” adı altında bölgeyi incelemiştir. Çalışma kapsamında, Çekmece formasyonuna Bakırköy ve Güngören ile Çukurçeşme üyeleri dahil edilmektedir. Şekil 2.6’da çalışmada kullanılan jeoloji haritası gösterilmektedir.

Literatürdeki genel kullanımı dikkate alınarak, Gürpınar, Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonları bu çalışmada ayrı ayrı tanımlanacaktır.



Şekil 2.6: Çekmece formasyonun yüzeyleme haritası (İ.B.B. Deprem ve Zemin İnceleme Müd., 2011)

2.2.1. Gürpınar Formasyonu

Tipik mostraları Gürpınar yöresinde görülen Gürpınar formasyonu, Tezcan ve diğ. (1977) tarafından adlandırılmıştır. İstifin hakim litolojisi yeşil renkli killerdir Formasyon, sarımsı gri, kahverengimsi gri, gri, kıltaşı, miltaşı, kumtaşı ardalanmasından oluşur. Genelde tane boyu yukarı doğru artmaktadır. Bu şekilde istiflenme deltaların denize veya göle doğru ilerlemesinden oluşmaktadır. İçerisinde nadiren çakıltaşı ve linyit bantları bulunur.

Büyükçekmece-Küçükçekmece-Karaağaç Köyü arasında yayılım gösteren Gürpınar formasyonu, Trakya havzasında geniş alanlar kapsar ve İstanbul Yarımadası'nda Büyükçekmece Gölü'nün güneybatısında Mimarsinan-Güzelce-Türkoba köyleri arasında geniş yüzlekler verir (Yılmaz, 2005).

Birim yaygın olarak, kil-mil boyu kırıntılı ve silt mercekli yeşil, sarımsı yeşil renkli siltli kil ve killerden oluşur. Kil-mil düzeyleri, taze iken yeşilimsi-koyu külrengi, mor, uçuk pembe vb. alacalı renkli iken ayrıştığında boz, açık külrengidir. Gürpınar formasyonunun ayırt edici özelliklerini taşıyan alacalı renkli kıltaşı-miltaşı düzeyinden, Büyükçekmece Gölü çevresindeki bir görüntü Şekil 2.7'de gösterilmektedir.



Şekil 2.7: Büyükçekmece Gölü'nün doğu yakası, Gürpınar formasyonu yüzlek görüntüsü (İ.B.B. Deprem ve Zemin İnceleme Müd., 2011)

Formasyonda kil tabaklarının tüf, kum, çakıl mercekleri, turba ve kömür bantlarını içerdiği görülmüştür. Kumtaşı ara katmanları kalınlığı 20 cm'yi geçmeyen ara düzeler oluşturur. İstif karasal ve gösel (acısu) ortamda depolanmıştır. Kalınlığı 200 metreden fazladır. Gürpınar formasyonu yer yer gastropod, balık ve bitki fosili içerir. Gürpınar yöresinde tüf ve tüfitler ile akarsu kanal çökellerinde gözlenen andezitik parçalar bölgede volkanizmanın varlığını belirtirler (İ.B.B. Deprem ve Zemin İnceleme Müd., 2011).

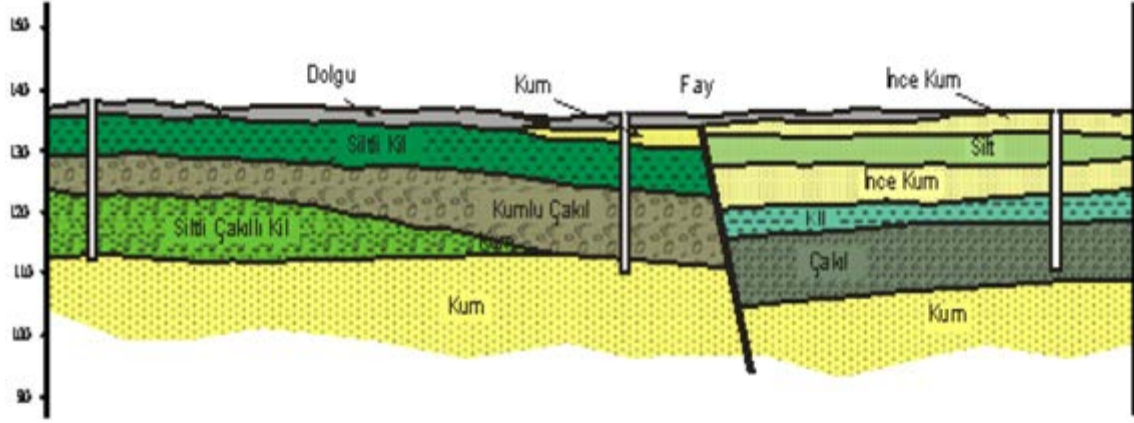
Gürpınar Formasyonu, Gürpınar çevresinde Çukurçeşme formasyonu tarafından örtülür. Kuzeyde Hacımaslı köyü yakınlarında Trakya formasyonu ile uyumsuz dokanak oluşturur. Dursunköy kuzeyinde denizel eşdeğeri olan Karaburun formasyonu ile dokanaktadır.

2.2.2. Çukurçeşme Formasyonu

Çukurçeşme formasyonu, çakıl mercekli ve kil arakatlı başlıca kumlardan oluşur. İstif, Arıç Sayar (1955) tarafından önceleri "*Kemikli kum ve çakıllar*", daha sonra aynı araştırmacı tarafından Çukurçeşme formasyonu olarak adlandırılmıştır (Arıç Sayar, 1976).

Formasyon gri, grimsi beyaz, kirli beyaz, omurgalı fosilli kum ve çakıllardan oluşur. Kum içinde yeşil, kahverengi renkli kili mercek seviyeleriyle marn seviyeleri olağandır. Kalınlığı 20-30 metreyi aşmamaktadır (Sayar ve Pamir, 1932).

Çukurçeşme formasyonu, Edirnekapı civarındaki mezarlıklar, Paşaçeşme, Çukurçeşme, Küçükköy, Atışalanı, Sağmalcılar, Güngören'in kuzeyindeki Üçüzlüçeşme, Bağcılar'ın batısı, Değirmentepe'nin kuzeyi, Mahmutbey civarları, Küçükçekmece, Halkalı'nın doğu ve batı tarafları ile Halkalı-İkitelli arasındaki sırtlarda, Ambarlı, Esenyurt, Firüzköy yamaçlarında; Yakuplar-Kavaklı-Gürpınar-Kıraç-Çakmaklı köylerinin bulunduğu yamaçlarda, Hoşdere ile Çakmaklı kuzeyindeki sırtlarda yüzeyleyir (Arıç Sayar, 1955). Esenyurt'ta, Çukurçeşme formasyonundan alınan temsili jeolojik enine kesit Şekil 2.8'de gösterilmektedir.



Şekil 2.8: Esenyurt'ta, Çukurçeşme formasyonundan alınan jeolojik enine kesit (Dalgıç ve diğ., 2009)

Formasyon akarsu ve delta ortamı ürünlerinden oluşmuştur. Bu birimin çapraz tabakalı yuvarlaklaşmış ve kötü boylanmış çakıl ve kumlardan oluşması, omurgalı fosilleri ve silisleşmiş ağaç parçaları içermesi nedeniyle Çukurçeşme formasyonu olarak adlanan sedimentlerin akarsu ortamında çökelmiş olduğu belirtilmiştir (Oktay ve diğ., 1992). Akarsu fasiyesi kalınlığı ise yersel olarak büyük farklılıklar göstermektedir.

Litolojide çakıllı kum olarak tanımlanan formasyonda, çapraz tabakalanmanın yukarı seviyelere doğru ölçeği küçülür. Tane boyunun giderek incilmesi ile kızılımsı kahve renkli çamurlara geçilir. Çukurçeşme formasyonunun en üst kesiminde mikro çapraz ve paralel laminalı silt ve killer egemendir. Daha yukarı doğru killerin egemen olmasıyla Güngören formasyonuna geçilir. Küçükçekmece Gölü'nün KB yakınında Hoşdere semtindeki bir kum ocağından alınan, Çukurçeşme formasyonuna ait çapraz katmanlı kum düzeylerinden bir görüntü Şekil 2.9'da gösterilmektedir.



Şekil 2.9: Küçükçekmece Gölü yakınındaki bir kum ocağından alınan, Çukurçeşme formasyonuna ait çapraz katmanlı kum düzeylerinden bir görüntü (İ.B.B. Deprem ve Zemin İnceleme Müd., 2011)

Çukurçeşme formasyonu, Gürpınar formasyonunu uyumsuz olarak örter. Üzerine gelen Güngören formasyonu ile yanıl ve düşey geçişlidir.

2.2.3. Güngören Formasyonu

Arıç Sayar (1955, 1976) tarafından, Güngören İlçesinde görülen kil ve marnlardan oluşan istif Güngören formasyonu adı verilmiştir. Başlıca yeşil-mavi renkli kum-mil arakatlı killerden oluşur; üst düzeylerinde makrofosil kavkılı, kireçtaşı arakatmanlıdır. Trakya'daki eşdeğeri Ergene grubunun Çelebi formasyonu olarak belirtilmiştir (Yurtsever, 1996).

Güngören formasyonu, Yedikule Kazlıçeşme Osmaniye, Rami, Atışalanı-Esenler arası ve Güngören doğusunda görülür. Ayrıca Şirinevler-Yenibosna-Kocasinan-Mahmutbey sırtının doğu ve batı yamaçlarında Şenlikköy-Sefaköy-Halkalı sırtının doğu ve batı yamaçlarında yüzeylenmektedir.

Birim karadan kaba malzemenin kıt olarak geldiği, ince-çok ince malzemeli göl ortamında çökelmiştir. Güngören formasyonunun kalınlığı, fasiyes değişimi nedeniyle kendi içerisinde farklılık göstermektedir. Yaklaşık 30 metre kalınlığı bulunmaktadır. Ancak Yedikule civarındaki yüzeylemelerinde 120-140 metre dolayında kalınlık gösterir. Formasyon bol mikalı, çapraz katmanlı kum-kil ardışığıyla başlar, daha üstte istifin egemen türünü oluşturan bitki kırıntılı yeşil killer yer alır. Killer seyrek olarak, orta boylanmış, çapraz katmanlı gevşek ince kum ara düzey ve merceklerini içerir. Güngören formasyonuna ait bir yüzlek görüntüsü Şekil 2.10'da gösterilmektedir.



Şekil 2.10: Güngören formasyonuna ait yüzlek görüntüsü (İ.B.B. Deprem ve Zemin İnceleme Müd., 2011)

Güngören formasyonu özellikle üst kesimlerde, makrofosil kavkılı Bakırköy formasyonunun kireçtaşlarına benzer özellikte, 5-30 cm kalınlıkta kireçtaşı, killi kireçtaşı, kireçli kilaşı arakatlıdır. Yüze yakın yerlerde organik madde zenginleşmesiyle kahverengiye dönüşmektedir. Güngören formasyonu ile Çukurçeşme formasyonu geçişinde ise killerde kırıntılı malzeme oranı artar. Ayrıca Çukurçeşme formasyonu içerisindeki bazı kil tabakaları ile Güngören formasyonu benzer özellikler gösterebilir. Bu litolojik benzerlik Güngören-Çukurçeşme sınırını belirlemeyi zorlaştırabilir. (Yılmaz, 2005). Güngören formasyonu ile Çukurçeşme formasyonu dokanağından bir görüntü Şekil 2.11’de gösterilmektedir.



Şekil 2.11: Güngören formasyonu ile Çukurçeşme formasyonu dokanağı (İ.B.B. Deprem ve Zemin İnceleme Müd., 2011)

Bölgede Güngören formasyonu ile Gürpınar formasyonun ayırt edilmesinde de zorluklar yaşanabilmektedir. Her iki formasyona ait killer benzer litolojik ve fiziksel özelliklere sahiptirler. Gürpınar formasyonu, genelde daha fazla pekişmiş ve sıkılaştırılmıştır; SPT-N değerleri genellikle 50'den az olan Güngören formasyonu ile karşılaştırıldığında daha yüksek SPT-N değerlerine sahiptir; daha çok kum-çakıl içerir; üst düzeyi kırmızımsı, kahverengi ve daha koyu renklidir ve heterojen bir dış görünüme sahiptir. Gürpınar formasyonu kireç çimentolu kumtaşı, bitki fosilli kiltası kapsamında; Güngören formasyonu taşınmış mika pulu içermesi ile belirgindir (Özaydın ve Yıldırım, 2000). Bu özellikler dikkate alındığında Güngören–Gürpınar formasyon ayırımının yapılması nisbeten daha kolay olmaktadır. Sondaj karot örneklerinde ise iki formasyon arasında Çukurçeşme formasyonun çakıllarının geçilmesi halinde, iki birim sağlıklı olarak birbirinden ayırtlanabilmektedir. Ancak bazı sondajlarda iki birim arasındaki bu çakıllı düzey bulunmamakta ya da ince olduğu için fark edilememektedir. Bu gibi durumlarda katmanların ön konsolidasyon basıncı, mineral içeriği, renk, tekdüze görünüm vb. kıstaslar gözetilmektedir. Birbirine çok benzeyen bu iki formasyon, sondaj loglarında istiflerin yatay sürekliliği de gözetilerek bu çalışma kapsamında ayırt edilmeye çalışılmıştır.

2.2.4. Bakırköy Formasyonu

Bakırköy formasyonu, büyük bölümüyle kireçtaşından oluşur, değişen oranda kil ve marn arakatlıdır. Bolca Mactra kapsamından dolayı önceleri “Mactra’lı kalkerler” (Arıç Sayar, 1955), sonra Bakırköy formasyonu adıyla incelenmiştir (Arıç Sayar, 1976).

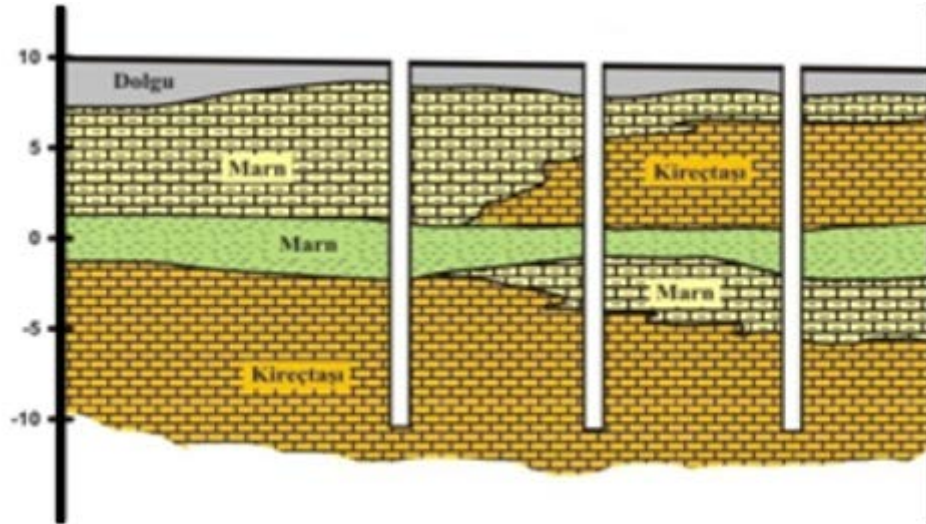
Bakırköy kireçtaşı, Topkapı, Zeytinburnu, Merkezefendi, Esenler, Davutpaşa, Değirmentepe, Bağcılar, Güngören, Bahçelievler, Haznedar, Bakırköy, Mahmutbey, Kocasinan, Yenibosna, Halkalı, Sefaköy, Soğuksu, Kanarya, Şenlikköy ve Yeşilköy civarlarında yüzeylenmektedir.

Bakırköy formasyonu, İstanbul’un tarihsel gelişim çağlarından beri taş gereksinimini karşılamıştır. Tabanda kil ve seyrek kirli beyaz killi kireçtaşı ardalanımı ile başlayan tatlı su fasiyesli, düzensiz tabakalanmalı, beyaz mikritik bir kireçtaşıdır. Aralarda yer yer yeşil ve mavi renkli killi ve marnlı düzeyler bulunur. İnceden kalına doğru değişen tabakalı boşluklu ve bol kırıklıdır. Kireçtaşlarının yer yer erime boşluklu olması dikkat edilmesi gereken bir problemdir. Formasyonun, akarsu çökelleri üzerinde uyumlu bulunması ve fosil içeriğine göre görsel bir ortamda çökelmiş olduğu belirtilmektedir. (Oktay ve diğ., 1992). Şekil 2.12’de formasyona ait yüzlek görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 2.12: Bakırköy formasyonuna ait yüzlek görüntüsü ( .B.B. Deprem ve Zemin İnceleme Müd., 2011)

Bakırköy formasyonunun alt dokanağı, ayırtlandığı kesimlerde Güngören formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir. Genelde 25-30 metre kalınlık gösteren Bakırköy formasyonunun kuzeye doğru kalınlığı azalır. Bu kalınlık 10-15 metreye kadar düşer. Bakırköy ilçesinde, Bakırköy formasyonundan alınan temsili jeolojik enine kesit Şekil 2.13’de gösterilmektedir.



Şekil 2.13: Bakırköy’de, Bakırköy formasyonundan alınan jeolojik enine kesit (Dalgıç ve diğ., 2009)

2. 3. Zemin Koşulları

İstanbul, yer yer geniş yayımlı ve oldukça kalınlaşabilen alüvyonlar ve yamaç molozları ile tarihi bir yerleşimin ve hızla büyüyen bir megakent olmanın getirdiği yapılaşmanın sonucu olan suni dolgular dışında genel olarak kaya ortamı üzerinde yer almaktadır.

İstanbul'un üzerine oturduğu Paleozoyik istif, litolojik olarak kuvarsit, arkoz, grovak, şeyl ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Tüm bu birimler orijinal niteliklerinin korunduğu alanlarda son derece sağlam bir kaya ortamı, böylece de yerleşim açısından tercih edilir bir özellik sergilemektedirler. Ancak bu birimlerin formasyon esnasında kazanmış oldukları kırık, çatlak, fay ve makaslamalar ile atmosferik koşullar altında uğradıkları değişiklikler, orijinal kaya davranışının bozulmasına neden olmuşlardır. Bilhassa zemin davranışı açısından önemli olan üst 30 metrelik zon içerisinde görülen ayrışma ve alterasyonlar, İstanbul'da mühendislik yapılarının inşasında büyük problemlere sebep olmaktadır (Dalgiç ve diğ., 2009).

Avrupa yakasında yaygın olarak görülen ve İstanbul'un tünel, metro, köprü gibi önemli mühendislik yapıları için detaylı araştırılmış olan Karbonifer yaşlı Trakya formasyonu grovıkları, yer yer aşırı çatlaklı yapısının yanı sıra killeşme, ayrışma gibi ikincil etkilerle de kaya niteliğini yitirmiş olarak bulunabilmektedir. Paleozoyik istiflerdeki bu davranış farkı genellikle yatay ve düşey olarak çok ani ve hızlı değişimler gösterebilmekte, aynı yapının farklı kesimlerinde bile çok farklı davranışlar ortaya çıkabilmektedir. Çalışma kapsamında incelenen, Tersiyer dönemi Gürpınar, Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonları ise zemin davranışı açısından Paleozoyik birimlerden farklı özelliklere sahiptir. Masif kayadan gevşek kuma kadar değişen litolojilerden oluşan ve çoğunlukla birbirleri ile yanal ve düşey geçişler gösteren bu birimlerde, zemin davranışını etkileyecek başlıca ikincil etkilerin başında ise yeraltı suyu gelmektedir. Örneğin; yer yer gevşek kumlardan oluşan Çukurçeşme formasyonunun genelde alt ve üstünde yer alan geçirimsiz kilin, akım borularını durdurması sonucu yeraltı suyundaki olağanüstü yükselme duraylılığın bozulmasında önemli rol oynamaktadır. Bu tür örnekler Gaziosmanpaşa, Maslak, Eyüp gibi ilçelerde yaygın olarak rastlanmıştır (Tüysüz, 2003). Bu nedenle, aşırı ve sürekli yağışlar nedeniyle yer altı suyundaki ani değişiklikler ve deprem ile insan etkileri sonucu oluşan yapay aktiviteler vb. tetikleyici faktörler göz önünde tutulmalıdır.

İnceleme alanı içerisinde Küçükçekmece ve Büyükçekmece gölleri arasında kalan kıyı kesimi ve Büyükçekmece koyunun doğu yamaçlarında kitle hareketlerine sıkça rastlanmaktadır. Aktif olan heyelanların yanında, deniz düzeyinin günümüzdekinden yaklaşık 100 metre daha alçakta olduğu buzul devrinde farklı bir topoğrafyada gelişmiş kalıntı heyelanlar da yer almaktadır.

Güngören ve Gürpınar formasyonu killeri kazılar sonucu beliren fisürler, zaman içinde ciddi kitle hareketleri geliştiğini göstermektedir. Özellikle Bakırköy formasyonu kot değerlerinin Güngören seviyesinde görülmesi durumundaki heyelanların tanımlanması çok zor olmamaktadır.

Gürpınar formasyonu içinde çoğunluğu dönel kayma türü ve akma şeklinde gelişen kütle hareketleri meydana gelmektedir. Gürpınar bölgesi Marmara Denizi'ne uzanan bir yamaç şeklinde olup oldukça yüksek eğim içeren alanlara sahiptir. Yer yer %40-50 değerine ulaşan eğim heyelanları tetikleyen en önemli unsurlardan biridir. Literatürde Gürpınar formasyonu içinde gelişen kütle hareketleri; Çukurlar, Pınarkent, Pekmez, Onbeşevler ve Menekşe heyelanları olarak incelenmiştir. Şekil 2.14'de gösterildiği gibi, bu eğimli alanlarda heyelanlardan dolayı yapılarda ciddi hasarlar meydana gelmektedir



Şekil 2.14: Gürpınar ilçesi batısında heyelandan zarar görmüş istinat duvarları (Demirci, 2009)

Gürpınar'da kütle hareketlerinin kontrolü için; direnen kuvvetleri artırarak duraylılığa katkıda bulunması amacıyla yapılmış kazık ile donatılı zemin duvar uygulamasıyla alınan yapısal önlemler ve bitki köklerinin etkisinden faydalanmak amacıyla yapılmış ağaçlandırma uygulaması Şekil 2.15'de gösterilmektedir.

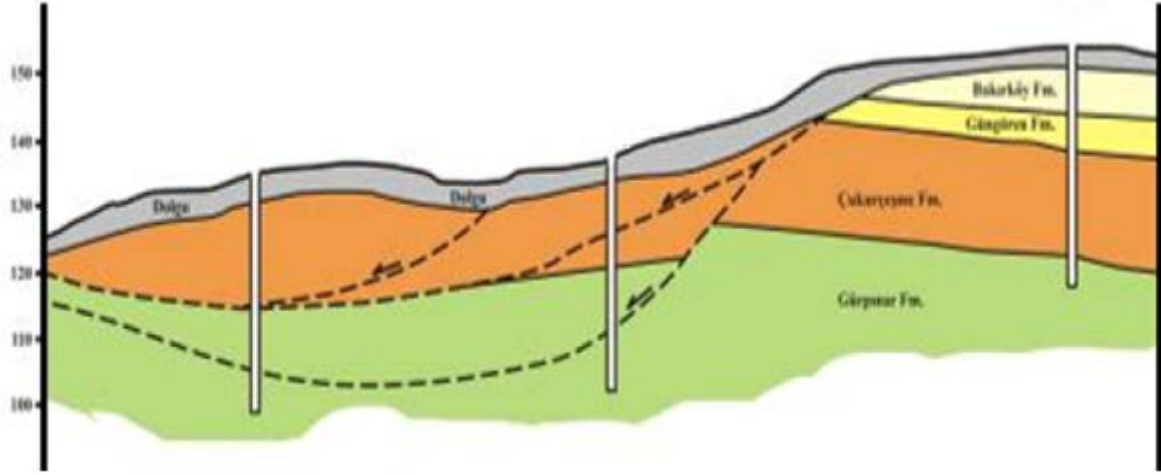


Şekil 2.15: Gürpınar ilçesi Pınarkent mevkiinde kitle hareketlerinin kontrolü için yapılan uygulamalar (İmre, 2011)

Güngören killlerinde, bina duvarlarında çatlaklara, kiriş ve kolonlarda yapısal hasarlara, bahçe duvarlarında önemli tahribatlara neden olan bir diğer etken ise önemli boyuttaki şişme davranışıdır. Şişme basıncı yüksek montmorillonit minerali içeren Güngören killlerinde, Güngören, Bağcılar ve Küçükçekmece çevresinde şişme problemi yaygın olarak görülmektedir (Yılmaz, 2005).

İstanbul Avrupa yakası killlerinde tahribatın ana nedeni yüksek şişme potansiyeli, dolayısıyla basınçları olsa da, bunun arkasında tekrarlı şişme-büzülme davranışı yatmaktadır. Yüksek sıcaklığın olduğu yağışsız dönemlerde yüzeye yakın kil zeminler kurumakta, büzülme ve bu etkilerle çatlamaktadır. Bu dönemi takip eden yağışlı dönemde ise zemin doymunlaşmakta ve hacim genişlemesiyle birlikte şişmektedir. Ülkemizde şişen zemin davranışı ve zemin-yapı etkileşimi, projelendirme ve uygulama aşamasında genellikle göz ardı edilse de özellikle az katlı yapılarda, istinat duvarlarında, bahçe duvarlarında, yollardaki kilit taşlarında ve kanallarda bu tür zeminler nedeniyle hasarlar meydana geldiği bilinmektedir. Şişme potansiyeli artan killerin heyelan bölgesinde oldukları ve aşırı konsolide killer oldukları ise dikkat çekmektedir. (Özkan, 2009).

Bakırköy formasyonu kireçtaşlarında ise tabakalanmaların yatay olması nedeniyle, oldukça dik şevler, en azından kısa bir süre için kendini ayakta tutabilse de heyelanlar ve erime yapıları yaygın olarak görülmektedir (Özaydın ve Yıldırım, 2000). Beylikdüzü dolayında bir heyelan alanından alınan, temsili jeoloji enine kesiti Şekil 2.16'da gösterilmektedir.



Şekil 2.16: Beylikdüzü dolayında bir heyelan alanından alınan jeoloji enine kesiti (Dalgıç ve diğ., 2009)

Zemine bağlı olarak karşılaşılan problemlerin çözülmesinde, jeolojinin ve yöredeki stratigrafik dizilimin tanımlanmasının ve yorumlanmasının katkısı büyüktür. Çalışma alanı içerisinde incelenen zeminlerin, özetlenen genel özellikleri Tablo 2.1’de verilmektedir.

Tablo 2.1: İncelenen zeminlerin genel özellikleri

FORMASYONLAR	TANIM	TİPİK YERLERİ	LİTOLOJİK ÖZELLİKLERİ
GÜRPINAR FORMASYONU	Silt mercekli yeşil, sarımsı yeşil renkli siltli kil ve killerden oluşur. İstif karasal ve gölsel (acısu) ortamda depolanmıştır.	Büyükçekmece-Küçükçekmece-Karaağaç Köyü arasında yayılım gösteren Gürpınar formasyonu, Trakya havzasında geniş alanlar kapsar ve İstanbul Yarımadası'nda Büyükçekmece Gölü'nün güneybatısında Mimarşinan-Güzelce-Türkoba köyleri arasında geniş yüzlekler verir.	İstifin hakim litolojisi yeşil renkli killerdir. İnce kum-mil arakatlı kilttaşları, seyrek olarak çakıl-çakılcık merceklerini kapsar. Killi bantlar içinde ince seviyeler halinde kömür seviyelerine rastlanır. Yer yer gastropod, balık ve bitki fosili içerir.
ÇUKURÇEŞME FORMASYONU	Gri, grimsi beyaz, kirlili beyaz, omurgalı fosilli kum ve çakıllardan oluşur. Demir oksit nedeniyle sarı-pas renkli görülebilen kum içinde yeşil, kahverengi renkli killi mercek ve marn seviyeleri olağandır.	Paşaceşme, Çukurçeşme, Küçükköy, Atışalanı, Sağmalcılar, Güngören'in kuzeyindeki Üçüzlü Çeşme, Bağcılar batısı, Mahmutbey civarı, Küçükçekmece, Halkalı-İkitelli sırtlarında, Ambarlı, Esenyurt, Yakuplar-Kavaklı-Gürpınar-Kıraç-Çakmaklı köylerinin bulunduğu yamaçlarda yüzeylenir.	Gürpınar formasyonun üzerine uyumsuzlukla gelen birim blok, çakıl ve kumdan oluşur. Bu litolojiler birbiriyle aşınmalı yüzeylerle ilişkili mercekler şeklinde çapraz tabakalıdır. Bazı merceklerin en üst kesimlerinde ince kil tabakaları bulunmaktadır.
GÜNGÖREN FORMASYONU	Yeşil-mavi renkli kum-mil arakatlı killerden oluşur. Üst düzeylerinde makrofosil kavkılı, kireçtaşı arakatmanlıdır. Organik madde zenginleşmesiyle kahverengi ve siyah-gri renge dönüşmektedir.	Yedikule, Kazlıçeşme Osmaniye, Rami, Atışalanı-Esenler arası ve Güngören'in doğusunda görülür. Ayrıca Şirinevler-Yenibosna-Kocasinan-Mahmutbey sırtının doğu ve batı yamaçlarında Şenlikköy-Sefaköy-Halkalı sırtının doğu ve batı yamaçlarında yüzeyler.	İstif bol mikalı, çapraz katmanlı, kum-kil ardışıyla başlar. Daha üstte bitki kırıntılı yeşil killer yer alır. Killer seyrek olarak, orta boylanmış, çapraz katmanlı gevşek ince kum aradüzey ve merceklerini içerir. Özellikle üst kesimlerinde, makrofosil kavkılı kireçtaşı, killi kireçtaşı, kireçli kiltaş arakatlıdır.
BAKIRKÖY FORMASYONU	Beyaz renkli, bol fosilli, boşluklu, orta derecede ayrılmış, kil-marn arakatlı kireçtaşından oluşur.	Topkapı, Zeytinburnu, Merkezefendi, Esenler, Davutpaşa, Değirmentepe, Bağcılar, Güngören, Bahçelievler, Haznedar, Bakırköy, Mahmutbey, Kocasinan, Yenibosna, Halkalı, Sefaköy, Soğuksu, Kanarya, Şenlikköy ve Yeşilköy civarlarında yüzeylenmektedir.	Formasyon tabanında beyaz mikritik kireçtaşı bulunur. Yeşil-kahverengi renkli, kil-marn-beyaz Mactra'lı kireçtaşı araldanması ile devam eder. Kireçtaşı yer yer oolitik, teberişimsi, tabakalı boşluklu ve bol kırıklıdır. Çok bol miktarda Mactra fosillidir.

3. LABORATUVAR VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Günümüzde zemin mekaniği “geoteknik” olarak anılan zemin/kaya mekaniği ve temel mühendisliğini içeren kapsamlı bir dalın içinde yer almaktadır. Bunun nedeni problemlerin çözümünde bu dalların mühendislik jeolojisi desteğinde birlikte uygulanmasının gereği olarak açıklanabilir (Önalp ve Arel, 2013).

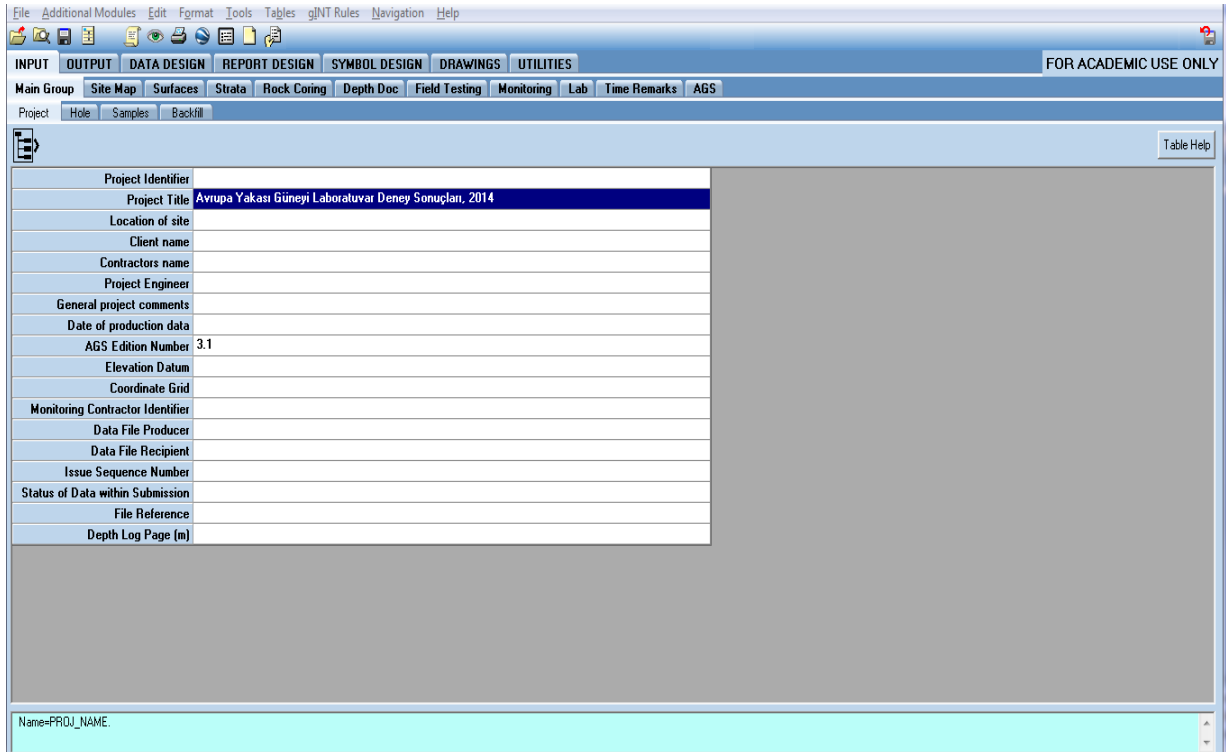
Bu çalışma kapsamında Gürpınar, Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonlarının zemin/kaya özelliklerinin ölçümü için yapılan laboratuvar deney sonuçlarına dayalı veri tabanları oluşturulmuş ve mühendislik uygulamalarının etüd-tasarım-yapım aşamalarında kullanılmak üzere geoteknik parametre değerleri incelenmiştir.

3.1. Veri Tabanının Oluşturulması

Çalışma kapsamında kullanılan arşivdeki laboratuvar deney sonuçlarının veri girişi gINT programı aracılığı ile sağlanmıştır.

Programın en önemli özelliği, uluslar arası veri alış-verişini son derece profesyonel hale getirerek, aynı formlar üzerinden sağlamasıdır. *Akıllı form* olarak belirtilen formlarla, veriler içe aktarılırken, fotoğraflarla referans verilebilir ve sondaj logları da dahil edilebilir. Özelleştirilebilen raporlarda, ArcGis, Google Maps gibi endüstriyel yazılımlar ile birlikte kullanılabilir. Programın esas şablonunda bulunmayan deneylerin eklenebilmesi, istenilen birim ve standartlarda çalışılabilmesi, böylece oluşturulan ön tanımlı şablonlar ile veri girişinin hızlı bir biçimde standart hale gelmesi ve rapor oluşturulduktan sonra değiştirilmek istenen bir verinin sonradan düzeltilebilmesi, geoteknik açıdan programı oldukça kullanışlı hale getirmektedir.

Şekil 3.1’de gösterildiği gibi, veri giriş (*Input*) uygulamasına gINT programı içerisinde kullanılmak üzere bir proje ismi (*Project title*) belirlenerek başlanmıştır.



Şekil 3.1: gINT veri giriş uygulaması; proje ismi belirlenmesi

Önceki bölümlerde belirtildiği gibi çalışmada, İstanbul Avrupa yakası güneyine ait laboratuvar deney sonuçları, ilçelere göre gruplandırılmıştır. Programda çalışmak için, gruplanan ilçelerdeki her bir kuyu için bir hücre ismi (*Hole ID*) verilmiştir. Bu isim genelde ilçe isimlerinin ilk 3 harfi ile deneylerin yapılış sıralarına göre numara atanması şeklinde belirlenmiştir. Örneğin; Bağcılar ilçesinde 4 farklı kuyudan gelen laboratuvar deney sonuçları değerlendirilecekse, kuyu isimleri sırayla BAG-1, BAG-2, BAG-3 ve BAG-4 olarak isimlendirilmiştir. Böylece programda çalışmak üzere 497 adet kuyu ismi oluşturulmuştur. Bu rakam çalışma sırasında ne kadar geniş bir arşivden yararlanıldığının da bir göstergesidir. Her kuyuya ait toplam sondaj derinliği (*Final depth*) ise eldeki sondaj logları ve geoteknik raporlardan kontrol edilerek, Şekil 3.2’deki gibi metre cinsinden kaydedilmiştir.

Ardından atanan hücre isimlerinin içerisine, hangi metrelerden alınan numunelerle laboratuvar deneylerinin yapıldığı kaydedilmiştir. Fatih’te değerlendirilen 2. kuyuda, 6.50’inci ve 19.50’inci metredeki derinliklerden alınan numuneler üzerinde laboratuvar deneyleri yapıldığı Şekil 3.3’de görülmektedir.

Bu aşamalar tamamlanarak, veri tabanı oluşturmak için doldurulması zorunlu olunan ana kısım (*Main group*) tamamlanmıştır. Eğer projede dolgu (*Back fill*) kullanıldıysa, bu kısma eklenebilmektedir.

File Additional Modules Edit Format Tools Tables gINT Rules Navigation Help

INPUT OUTPUT DATA DESIGN REPORT DESIGN SYMBOL DESIGN DRAWINGS UTILITIES FOR ACADEMIC USE ONLY

Main Group Site Map Surfaces Strata Rock Coring Depth Doc Field Testing Monitoring Lab Time Remarks AGS

Project Hole Samples Backfill

Hole ID	Type	Date Started	Date Completed	Latitude (deg)	Longitude (deg)	Local X (m)	Local Y (m)	Local Z (m)	Final Depth (m)	National East (m)	National North (m)	Ground Level Ordnance (m)	Logged By	Logged Date	Remarks
BAG-3									20						
BAG-4									30						
BAG-5									20						
BAG-6									20						
BAG-7									20						
BAG-8									20						
BAG-9									20						
BAH-1									30						
BAH-10									30						
BAH-11									30						
BAH-12									30						
BAH-13									30						
BAH-14									30						
BAH-15									30						

Name=HOLE_NATE. National Grid Easting of hole or start of traverse. Use Local X (HOLE_LDC) for East coordinate used on fences & site maps.

Row 9 of 437

Şekil 3.2: gINT veri giriş uygulaması; hücre ismi belirlenmesi

File Additional Modules Edit Format Tools Tables gINT Rules Navigation Help

INPUT OUTPUT DATA DESIGN REPORT DESIGN SYMBOL DESIGN DRAWINGS UTILITIES FOR ACADEMIC USE ONLY

Main Group Site Map Surfaces Strata Rock Coring Depth Doc Field Testing Monitoring Lab Time Remarks AGS

Project Hole Samples Backfill

Top (m)	Sample Reference	Type	Recovery (%)	Diameter (mm)	Base (m)	Description	Blows	Remarks	Date	Time	Barometric Pressure (kPa)	Water Depth (m)	Temperature (DegC)	Gas Pressure (kPa)	Gas Flow (l/min)	Preparation Details
6.5																
19.5																
*																

Name=SAMP_REF.

New Row 3

Şekil 3.3: gINT veri giriş uygulaması; numune derinliği ataması

Tüm kuyular programa tanıtıldıktan sonra laboratuvar deney sonuçları eklemek istenen kuyu çağırılarak, içeriği tamamen kullanıcı tarafından özelleştirilebilen laboratuvar (*Lab*) sekmesi içerisine, kullanılan arşivdeki veriler kaydedilmiştir. ESN-42 kodlu Esenler'deki bir kuyudan 7.00, 10.00, ve 14.50'inci metrelerden alınan numunelerin, sınıflandırma (*Class*) alt sekmesi içerisine su muhtevası, likit ve plastik limit ile ince madde miktarı Şekil 3.4'teki görüldüğü gibi kaydedilmiştir. Zeminin iri daneli olduğu durumlarda elek analizi sonuçları alt kısımda bulunan çap açıklığı-% kalan miktar (*Size-finer*) sekmelerine kaydedilmiştir.

The screenshot shows the gINT software interface with the 'Lab' tab selected. The main table contains the following data:

Top (m)	Sample Reference	Sample Type	Specimen Depth (m)	Specimen Reference	Moisture (%)	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Bulk Density (kN/m ³)	Dry Density (kN/m ³)	Particle Density (kN/m ³)	< 75 µm (%)	Prep Method	Shrinkage Limit (%)	Linear Shrinkage (%)	Hand Vane Peak (kN/m ²)	Hand Vane Remoulded (kN/m ²)	Pocket Pen (kN/m ²)	Lab Vane Peak (kN/m ²)	Lab Vane Remoulded (kN/m ²)	Classification
7	742		7		53	87	20				98									
10	744		10		23	56	20				80									
14.5	743		14.5		22	58	15				85									

Below the table, there are sections for 'Name=CLSS_PREP.' and 'Name=Reading GRAD_SIZE'. The 'Name=Reading GRAD_SIZE' section shows a table with columns for Size (mm), Finer (%), and Type.

Size (mm)	Finer (%)	Type
75		
50		
37.5		
25		

Şekil 3.4: gINT veri giriş uygulaması; zemin sınıflandırma

CU tipi üç eksenli hücre kesme deneyinden elde edilen kohezyon (*Cohesion*) ve kayma direnci açısı (ϕ) değerleri sonuçları Şekil 3.5'de görüldüğü gibi üç eksenli (*Triaxial*) alt sekmesi içerisine kaydedilmiştir.

Örneklerden anlaşılacağı üzere, laboratuvar deney sonuçları ilgili sekmelere kaydedilerek, tüm kuyular için veri girişi bu şekilde tamamlanmıştır.

File Additional Modules Edit Format Tools Tables gINT Rules Navigation Help

BAH-2

INPUT OUTPUT DATA DESIGN REPORT DESIGN SYMBOL DESIGN DRAWINGS UTILITIES FOR ACADEMIC USE ONLY

Main Group Site Map Surfaces Strata Rock Coring Depth Doc Field Testing Monitoring Lab Time Remarks AGS

Class Compaction CBR Consolidation Triaxial Shear Box MCV Lab Perm Rock Chalk Contaminant 10% Fines Relative Density Suction Frost

[Lab group] Table Help

Top (m)	Sample Reference	Type	Specimen Depth (m)	Specimen Reference	Test Type	Condition	Remarks	Undr Shear (kN/m ²)	Cohesion (kN/m ²)	PHI (deg)	File Reference
	18 120		18		CU				81	8	

Name=TRIG_COND. Row 1 of 1

[Triaxial Readings] BAH-2,.... Table Help

Test Number	Diameter (mm)	Moisture (%)	Cell Pressure (kN/m ²)	Deviator Stress (kN/m ²)	Length (mm)	Bulk Density (kN/m ³)	Dry Density (Mg/m ³)	Pore Pressure Fail (kN/m ²)	Pore Pressure Start (kN/m ²)	Undrained Shear Strength (kN/m ²)	Failure Strain (%)	Failure Mode

Name=TRIX_MC. New Row 1

Şekil 3.5: gINT veri giriş uygulaması; üç eksenli hücre kesme deneyi sonuçları

3.2. Verilerin Analizi

Veri aktarımı gINT programı aracılığı ile sağlanan laboratuvar deney sonuçlarının istatistiksel analizi, Minitab 17 programı ile sağlanmıştır. Minitab, kolon bazlı çalışan bir istatistiksel yazılımdır. Kapsamlı temel istatistikler, güvenilirlik analizleri, süreç yeterlilik analizleri gibi alt bileşenlerden oluşmaktadır. Verilerin güvenilirlik analizleri ise, programda kutu grafiği (*Box plot*) yöntemi seçilerek yapılmıştır.

Kutu grafiği niceliksel verileri görsel şekilde özetleyerek, veri setindeki en büyük ve en küçük değeri, aykırı değeri, verilerin düzenli dağılıp dağılmadığını ve hangi bölgede yığılma olduğunu göstermektedir. Grafikler farklı kategorilerdeki değerler için ayrı ayrı paralel olarak çizilerek bu kategorilerdeki değerlerin dağılımlarının karşılaştırılması amacıyla da kullanılır (Arel, 2014). Yöntem, *beş sayılı özetleme tablosu* gösterimini özetlemeye dayalıdır. Beş sayılı özetleme tablosu; X_{med} (Medyan:ortanca), X_{min} (En küçük gözlem değeri), X_{mak} (En büyük

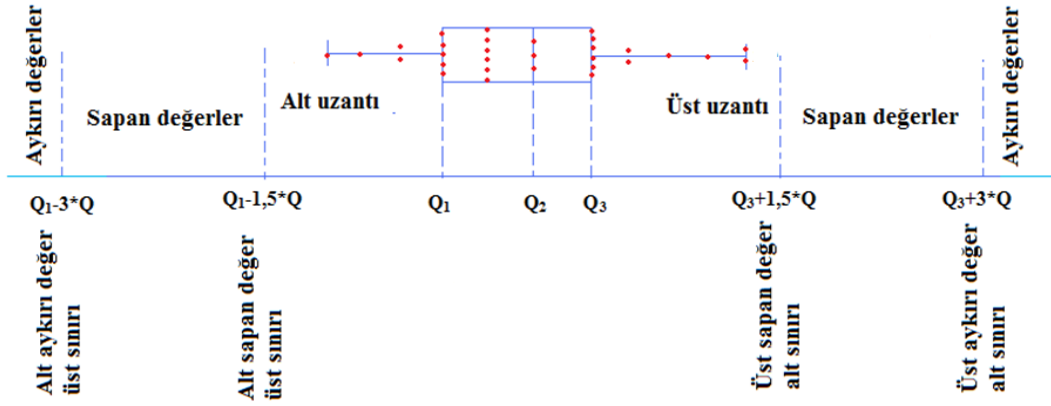
gözlem değeri), Q_1 (Birinci dörtebirlik), Q_3 (Üçüncü dörtebirlik)'den ve oluşan bir veri setidir.

Kutu grafiklerinden faydalanmanın en önemli yararlarından olan alt ve üst sapan değeri öğeleri denklem 3.1 ile, alt ve üst aykırı değerler ise denklem 3.2 bağıntılarıyla bulunmaktadır.

$$Q_1 \pm 1.5*Q \quad (3.1)$$

$$Q_1 \pm 3*Q \quad (3.2)$$

Bir kutu grafiğinin; medyan noktası X_{min} noktasına yakın ise dağılımda kutunun sağ kısmının daha büyük olması sebebiyle sağa çarpık (pozitif çarpık), X_{mak} noktasına yakın yani kutunun sol kısmı daha büyük ise sola çarpık (negatif çarpık) olduğu söylenir. Sola çarpık bir dağılıma ait çizilen kutu grafiği Şekil 3.6'da görülmektedir.



Şekil 3.6: Kutu grafiği (Box plot) çizimi (Arel, 2014)

Bu çalışmada, kutu grafikleri aracılığı ile serideki aşırı değerlerin etkisini ortadan kaldırarak, daha tutarlı bir değişim aralığında formasyonların ortalama geoteknik parametre değerlerini bulma yoluna gidilmiştir.

Minitab'da çalışmak üzere, laboratuvar deney sonuçları oluşturulan veri tabanından alınarak, sondaj logları, geoteknik raporlar ve istiflerin sürekliliği de gözetilerek öncelikle formasyonlara ayrılmıştır. Çalışmada kullanılan laboratuvar deneylerinin formasyonlara göre dağılımı Tablo 3.1'de gösterilmektedir.

Tablo 3.1: Laboratuvar deneylerinin formasyonlara göre dağılımı

Formasyon	Su Muhtevası Tayini	Kıvam Limitleri	Serbest Basma Dayanımı	UU-Üç Eksenli Deneyi	CU-Üç Eksenli Deneyi	Kesme Kutusu Deneyi	Konsolidasyon Deneyi	Kayada Tek Eksenli Basma Dayanımı
Gürpınar	381	358	26	122	22	49	26	-
Çukurçeşme	206	206	-	7	-	8	-	-
Güngören	570	547	16	279	37	50	37	-
Bakırköy	-	-	-	-	-	-	-	30

Ardından formasyonlara göre ayrılan sonuçlar Minitab programına atılarak, her bir formasyona ait her deney için verilerin kutu grafikleri oluşturulmuştur. Daha sonra aykırı değerler değişim aralığından çıkarılarak, geoteknik parametrelerin temel istatistik (*Basic statistics*) analizi yine Minitab yazılımı ile değerlendirilmiştir.

4. İNCELENEN BÖLGENİN GEOTEKNİĞİ

Minitab ile oluşturulan kutu grafikleri çizimleri; Ek.1 ile Gürpınar formasyonu için, Ek.2 ile Çukurçeşme formasyonu için, Ek.3 ile Güngören formasyonu ve Ek.4'te Bakırköy formasyonu için sunulmuştur.

Kutu grafiklerinden elde edilen sonuçlarla, aykırı veri olarak bulunan veriler toplam veri aralığından çıkarılarak, temel istatistiksel analiz değerlendirmesinde kullanılan veriler elde edilmiştir. Bulunan aykırı veri adetleri her deney için alt bölümlerde istatistiksel analiz çıktıları öncesi verilmiştir.

Minitab programından elde edilen temel istatistiksel analiz çıktısı özgün haliyle çalışmada kullanılmıştır. Programdan elde edilen temel istatistik analizinde;

- N: Analizde kullanılan veri sayısını,
- Mean: Değişim aralığının ortalama değerini,
- SE Mean: Standart hatayı,
- StDev: Standart sapmayı,
- Median: Ortanca değeri belirtmektedir.

4.1. Gürpınar Formasyonunun Geoteknik Parametreleri

Gürpınar formasyonuna ait su muhtevası değerleri ile oluşturulan kutu grafikleri sonucu; 381 adet veriden 50 adet aykırı veri, likit limit değerlerinde; 358 adet veriden 1 adet aykırı veri, plastik limit değerlerinde ise 357 adet veriden 17 adet aykırı veri bulunmuştur. Aykırı verilerin değişim aralığından çıkarılmasından sonra ilgili deneyler için yapılan istatistiksel analiz sonucu, Minitab programı çıktısı Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1: Gürpınar formasyonuna ait su muhtevası ve kıvam limitleri değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
w _n (%)	331	24.06	0.37	6.73	8.00	19.00	23.00	28.00	42.00
w _L (%)	357	60.00	1.00	18.96	21.00	47.00	57.00	72.00	109.00
w _p (%)	340	19.92	0.26	4.73	7.00	16.00	19.50	23.00	32.00

Gürpınar formasyonuna ait dane çapı dağılım değerlerinin Minitab istatistiksel analizi sonucu elde edilen; ortalama değerleri, standart sapma değerleri, en küçük, ortanca ve en büyük değerleri Tablo 4.2'de gösterilmektedir.

Tablo 4.2: Gürpınar formasyonuna ait dane dağılım değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
Kil+Silt (%)	375	70.53	15.95	3	88	100
Kum (%)	43	24.99	14.31	0	25	88
Çakıl (%)	43	4.48	6.31	0	1	49

Boşluk oranı değerlerinde; 233 adet toplam veriden 8 adet aykırı veri bulunmuştur.

Tablo 4.3: Gürpınar formasyonuna ait boşluk oranı değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
e []	225	0.72	0.011	0.16	0.36	0.60	0.71	0.84	1.20

Doğal birim hacim ağırlık değerlerinde; 230 adet toplam veriden 6 adet aykırı veri bulunmuştur.

Tablo 4.4: Gürpınar formasyonuna ait doğal birim hacim ağırlık değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
p _n (kN/m ³)	224	18.89	0.08	1.32	15.36	18.08	19.02	19.86	21.41

Serbest basma dayanımı değerlerinde; 26 adet toplam veri içerisinde aykırı değer bulunmamaktadır.

Tablo 4.5: Gürpınar formasyonuna ait serbest basma dayanımı değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
q _u (kPa)	26	182.80	27.90	142.50	44.00	75.50	128.00	258.30	532.00

UU tipi üç eksenli hücre kesme deneylerinden elde edilen drenajsız kohezyon değerlerinde; 122 adet toplam veriden 3 adet aykırı veri bulunmuştur.

Tablo 4.6: Gürpınar formasyonuna ait UU tipi üç eksenli hücre kesme deneyinden elde edilen drenajsız kohezyon değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
c_u (kPa)	119	168.28	9.19	100.25	9.00	92.00	154.00	236.00	423.00

CU tipi üç eksenli hücre kesme deneylerinden elde edilen toplam parametrelerde; kayma direnci değerlerinin 22 adedinden 3 adet aykırı veri bulunmuş, kayma direnci açısı değerlerinde ise aykırı veri bulunmamıştır. Efektif parametrelerde de aykırı veri bulunmamaktadır.

Tablo 4.7: Gürpınar formasyonuna ait CU tipi üç eksenli hücre kesme deneylerinden elde edilen toplam ve efektif parametre değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
c (kPa)	19	34.03	6.32	27.55	1.00	11.00	29.00	52.00	88.00
c' (kPa)	13	27.77	6.91	24.90	0.00	6.50	22.00	48.50	80.00
ϕ (°)	22	11.50	1.49	7.00	0.00	5.50	12.00	17.00	27.00
ϕ' (°)	13	24.62	2.71	9.78	6.00	18.00	25.00	30.00	45.00

Kesme kutusu deneylerinden elde edilen 49 adet toplam kayma direnci ve 37 adet kalıntı kayma dirençlerinden 2'şer adet aykırı veri bulunmuştur. Kayma direnci açılarında ise aykırı veri bulunmamaktadır.

Tablo 4.8: Gürpınar formasyonuna ait kesme kutusu deneylerinden elde edilen toplam ve kalıntı parametre değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
c (kPa)	47	56.63	5.34	36.6	2.00	25.00	55.00	84.00	139.00
ϕ (°)	49	17.30	1.44	10.21	0.00	9.00	16.00	24.25	40.00
c_r (kPa)	35	21.49	4.01	23.71	0.00	2.00	8.00	43.00	76.00
ϕ_r (°)	37	11.79	0.796	4.9	3.00	8.50	12.00	15.00	22.00

Konsolidasyon deneyinden elde edilen; ön konsolidasyon basıncı, sıkışma ile yeniden yükleme indisleri ve 200 kPa ile 400 kPa yükleme altında %50 konsolidasyonun tamamlandığı süre değerlerinde aykırı veri bulunmamaktadır.

Tablo 4.9: Gürpınar formasyonuna ait konsolidasyon deneylerinden elde edilen değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
σ_c (kPa)	17	446.50	56.90	134.50	130.00	235.00	410.00	575.00	1000.00
C_c	26	0.301	0.040	0.203	0.060	0.126	0.218	0.494	0.716
C_r	26	0.055	0.008	0.043	0.013	0.027	0.036	0.091	0.177
200 kPa: t_{50} (dk)	17	13.19	3.09	12.75	0.38	2.15	10.75	20.54	41.76
400 kPa: t_{50} (dk)	17	13.36	2.77	11.43	0.00	2.63	9.85	21.7	37.92

4.2. Çukurçeşme Formasyonunun Geoteknik Parametreleri

Çukurçeşme formasyonuna ait su muhtevası değerleri ile oluşturulan kutu grafikleri sonucu; 206 adet veriden 6 adet aykırı veri bulunmuştur. Ancak formasyona ait yapılan 206 adet likit limit deneyi sonucundan 158 adedi non-plastik sonuç verdiği için, Çukurçeşme formasyonun kıvam limitleri analizi yapılamamıştır.

Tablo 4.10: Çukurçeşme formasyonuna ait su muhtevası değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
w_n (%)	200	21.03	0.52	7.40	4.00	16.00	21.00	26.00	40.00

Çukurçeşme formasyona ait dane çapı dağılım değerlerinin istatistiksel analizi sonucu elde edilen; ortalama değerleri, standart sapma değerleri, en küçük, ortanca ve en büyük değerleri Tablo 4.11’de gösterilmektedir.

Tablo 4.11: Çukurçeşme formasyonuna ait dane dağılım değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
Kil+Silt (%)	203	24.67	14.14	1	21	98
Kum (%)	160	54.83	20.84	7	54	97
Çakıl (%)	160	20.50	17.84	0	13	81

Boşluk oranı değerlerinde; 16 adet toplam veriden 1 adet aykırı veri bulunmuştur.

Tablo 4.12: Çukurçeşme formasyonuna ait boşluk oranı değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
e []	15.00	0.75	0.06	0.24	0.26	0.64	0.72	0.88	1.21

Doğal birim hacim ağırlık değerlerinde; 15 adet toplam veriden 1 adet aykırı veri bulunmuştur.

Tablo 4.13: Çukurçeşme formasyonuna ait doğal birim hacim ağırlık değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
p_n (kN/m ³)	14	18.08	0.55	2.08	13.4	16.33	18.92	19.57	20.28

UU tipi üç eksenli hücre kesme deneylerinden elde edilen drenajsız kohezyon değerlerinde aykırı veri bulunmamaktadır.

Tablo 4.14: Çukurçeşme formasyonuna ait UU tipi üç eksenli hücre kesme deneyinden elde edilen drenajsız kohezyon değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
c_u (kPa)	7	90.4	17.8	47.1	42.00	53.00	82.00	147.00	163.00

Kesme kutusu deneylerinden elde edilen kayma direnci değerlerinde aykırı veri bulunmamaktadır, kayma direnci açısı değerlerinde ise 8 adet veriden 1 adet aykırı veri bulunmuştur.

Tablo 4.15: Çukurçeşme formasyonuna ait kesme kutusu deneylerinden elde edilen kayma direnci ve kayma direnci açısı değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
c	8	30.13	1.25	3.52	24.00	27.25	31.00	33.00	34.00
ϕ	7	24.57	3.01	7.96	20.00	20.00	20.00	29.00	41.00

4.3. Güngören Formasyonunun Geoteknik Parametreleri

Güngören formasyonuna ait su muhtevası değerleri ile oluşturulan kutu grafikleri sonucu; 570 adet veriden 8 adet aykırı veri, likit limit değerlerinde; 547 adet veriden 6 adet aykırı veri, plastik limit değerlerinde ise 543 adet veriden 16 adet aykırı veri bulunmuştur.

Tablo 4.16: Güngören formasyonuna ait su muhtevası ve kıvam limitleri değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
w _n (%)	562	27.86	0.44	10.46	5.00	20.00	26.00	35.00	57.00
w _L (%)	541	59.46	0.93	21.67	18.00	42.00	58.00	75.50	119.00
w _p (%)	527	20.79	0.27	6.28	9.00	16.00	20.00	25.00	38.00

Güngören formasyonuna ait dane çapı dağılım değerlerinin istatistiksel analizi sonucu elde edilen; ortalama değerleri, standart sapma değerleri, en küçük, ortanca ve en büyük değerleri Tablo 4.17'de gösterilmektedir.

Tablo 4.17: Güngören formasyonuna ait dane dağılım değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
Kil+Silt (%)	557	68.63	18.02	0	88	100
Kum (%)	61	20.27	13.87	0	24	57
Çakıl (%)	61	11.10	14.01	0	3	66

Boşluk oranı değerlerinde; 329 adet toplam veriden 4 adet aykırı veri bulunmuştur.

Tablo 4.18: Güngören formasyonuna ait boşluk oranı değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
e []	325.00	0.84	0.01	0.27	0.26	0.63	0.81	1.03	1.78

Doğal birim hacim ağırlık değerlerinde; 317 adet toplam veriden 4 adet aykırı veri bulunmuştur.

Tablo 4.19: Güngören formasyonuna ait doğal birim hacim ağırlık değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
p _n (kN/m ³)	313	18.67	0.07	1.33	15.2	17.72	18.86	19.75	21.5

Serbest basma dayanımı değerlerinde; aykırı veri bulunmamaktadır.

Tablo 4.20: Güngören formasyonuna ait serbest basma dayanımı değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
q_u (kPa)	16	301.20	55.00	220.10	74.00	117.30	259.50	460.30	878.00

UU tipi üç eksenli hücre kesme deneylerinden elde edilen drenajsız kohezyon değerlerinde; 279 adet toplam veriden 22 adet aykırı veri bulunmuştur.

Tablo 4.21: Güngören formasyonuna ait UU tipi üç eksenli hücre kesme deneyinden elde edilen drenajsız kohezyon değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
c_u (kPa)	257	153.39	8.28	138.23	6.00	63.00	108.00	193.00	1050.00

CU tipi üç eksenli hücre kesme deneylerinden elde edilen, toplam ve efektif parametre değerlerinde aykırı veri bulunmamaktadır.

Tablo 4.22: Güngören formasyonuna ait CU tipi üç eksenli hücre kesme deneylerinden elde edilen toplam ve efektif parametre değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
c (kPa)	37	42.37	6.53	35.77	1.00	11.00	30.00	71.00	119.00
c' (kPa)	24	34.38	6.86	33.60	2.00	5.75	21.00	54.25	110.00
ϕ (°)	37	13.38	0.91	5.55	3.00	8.50	13.00	18.50	23.00
ϕ' (°)	24	23.83	2.07	10.12	9.00	13.75	25.00	32.75	42.00

Kesme kutusu deneylerinden elde edilen 50 adet toplam parametre değerleri içerisinde, 5 adet aykırı veri kayma direnci değerlerinde, 2 adet aykırı veri ise kayma direnci açısı değerlerinde bulunmuştur. 26 adet kalıntı parametre değerleri içerisinde ise; kayma direnci değerlerinde aykırı veri bulunmazken, kayma direnci açısı değerlerinde 1 adet aykırı veri bulunmaktadır.

Tablo 4.23: Güngören formasyonuna ait kesme kutusu deneylerinden elde edilen toplam ve kalıntı parametre değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
c (kPa)	45	52.33	5.94	39.84	0.00	19.50	52.00	77.00	154.00
ϕ (°)	48	16.69	1.11	7.71	6.00	10.00	15.50	21.75	33.00
c_r (kPa)	26	21.58	4.61	23.5	0.00	0.75	13.50	43.00	70.00
ϕ_r (°)	25	14.16	1.26	6.32	3.00	8.50	14.00	18.50	28.00

Konsolidasyon deneyinden elde edilen ön konsolidasyon basıncı değerlerinde, 37 adet toplam veriden 3 adet aykırı veri bulunmuştur. Sıkışma indisi değerlerinde aykırı veri bulunmazken, yeniden yükleme indisi değerlerinde 37 adet toplam veriden 2 adet aykırı veri bulunmuştur. %50 konsolidasyonun tamamlandığı süre değerlerinde 200 kPa yükleme altında aykırı veri bulunmamaktadır, 400 kPa yükleme altındaki değerlerde ise 22 adet veri içerisinde 1 adet aykırı veri bulunmuştur.

Tablo 4.24: Güngören formasyonuna ait konsolidasyon deneylerinden elde edilen değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
σ_c (kPa)	34	396.00	30.20	176.00	150.00	240.00	410.00	500.00	870.00
C_c	37	0.275	0.021	0.130	0.060	0.181	0.242	0.354	0.575
C_r	35	0.038	0.003	0.017	0.004	0.023	0.038	0.052	0.073
200 kPa: t_{50} (dk)	22	9.56	2.03	9.09	0.14	1.7	7.41	18.7	28.43
400 kPa: t_{50} (dk)	21	11.41	2.35	10.77	0.03	1.99	8.45	19.72	37.47

4.4. Bakırköy Formasyonunun Geoteknik Parametreleri

Bakırköy kireçtaşlarına ait doğal birim hacim ağırlığı değerlerinin içerisinde 15 adet toplam veriden, kutu grafiği sonucu 1 adet aykırı veri bulunmuştur. Doğal birim hacim ağırlığı değerlerinin istatistiksel analiz sonucu, Minitab program çıktısı Tablo 4.25’de gösterilmektedir.

Tablo 4.25: Bakırköy formasyonuna ait doğal birim hacim ağırlık değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
p_n (kN/m ³)	14	22.85	0.51	1.91	18.55	21.61	23.17	24.14	26.26

Kayada tek eksenli basma dayanımı değerlerinde; 30 adet toplam veriden 2 adet aykırı veri bulunmuştur.

Tablo 4.26: Bakırköy formasyonuna ait kayada tek eksenli basma dayanımı değerlerinin analizi

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
σ_c (MPa)	28	18.93	1.72	9.09	1.00	13.75	18.22	24.59	36.30

5. BULGULAR

İstanbul Avrupa yakası güneyinde görülen formasyonlara ait her bir laboratuvar deneyi için, veritabanındaki değerler kullanılarak oluşturulan kutu grafiklerinde görülen aşırı değerlerin etkisinin ortadan kaldırılarak, istatistiksel analizler ile elde edilen ortalama geoteknik parametre değerleri Tablo 5.1’de gösterilmektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Gürpınar formasyonu geoteknik parametreleri;

- Su muhtevası değerleri %8-%42 aralığında değişmekte olup ve ortalama değeri %24.06 olarak; likit limit değerlerinin %21-%109 aralığındaki ortalaması %60; plastik limit ise %7-%32 değerleri aralığında ve ortalama %20 olarak bulunmuştur.
- Doğal birim hacim ağırlığı, 15.36-21.41 kN/m³ değerleri aralığında ve ortalama 18.89 kN/m³ olarak bulunmuştur.
- Serbest basma deneyinden elde edilen sonuçlara göre, Gürpınar formasyonun q_u değerleri 44-532 kPa değerleri aralığında, ortalama 182.80 kPa olarak bulunmuştur.
- Konsolidasyonsuz ve drenajsız koşullarda üç eksenli hücre kesme deneyi ile ölçülen, c_u değerleri 9.00-423.00 kPa aralığında değişirken, ortalama değeri 168.28 kPa elde edilmiştir.
- Konsolidasyonlu ve drenajsız koşullarda üç eksenli hücre kesme deneyinde; c değerlerinin 1.00-88.00 kPa aralığındaki ortalaması 34.03 kPa, ϕ değerleri 0.00-27.00° aralığında ve ortalama 11.50° olarak bulunmuştur. Efektif parametreler ise; c' değerlerinin 0.00-80.00 kPa aralığındaki ortalaması 27.77 kPa, ϕ' değerleri ise 6.00-45.00° aralığında ve ortalama 24.60° olarak bulunmuştur.
- Kesme kutusu deneylerinden elde edilen, c değerleri 2.00-139.00 kPa aralığında değişmekte olup, ortalama değeri 56.63 kPa ve ϕ değerlerinin ise 0.00-40.00° aralığındaki ortalama değeri 17.30° olarak bulunmuştur. Gürpınar formasyonuna ait kalıntı parametreler; c_r değerlerinin 0.00-76.00 kPa aralığındaki ortalaması 21.49 kPa, ϕ_r değeri ise 3.00-22.00° aralığında ve ortalama 11.80° olarak bulunmuştur.
- Konsolidasyon deneyinden elde edilen, σ_c değerlerinin 130.00-1000.00 kPa aralığındaki ortalama değeri 446.50 kPa olarak bulunmuştur. C_c değerlerinin 0.060-0.716 aralığındaki ortalaması 0.301, C_r değerlerinin 0.013-0.177 aralığındaki ortalaması 0.055 bulunmuştur. t_{50} değerleri 200 kPa altında 0.38-41.76 dk aralığında, ortalama 13.20 dk; 400 kPa altında ise 0.00-37.92 dk aralığında, ortalama 13.40 dk olarak bulunmuştur.

Çukurçeşme formasyonuna ait 206 adet likit limit deneyi sonucundan, 158 adedi NP sonuç verdiği için kıvam limitleri analizi yapılamamıştır.

- Su muhtevası değerlerinin %4-%40 aralığındaki ortalama değeri %21.03 olarak bulunmuştur.
- Doğal birim hacim ağırlığı 13.4-20.28 kN/m³ değerleri aralığında ve ortalama 18.08 kN/m³ olarak bulunmuştur.

- Konsolidasyonsuz ve drenajsız koşullarda üç eksenli hücre kesme deneyi ile ölçülen, c_u değerleri 42.00-163.00 kPa aralığında değişirken, ortalama değeri 90.40 kPa elde edilmiştir.
- Kesme kutusu deneylerinden elde edilen, c değerleri 24.00-34.00 kPa aralığında değişmekte olup, ortalama değeri 30.13 kPa ve ϕ değerlerinin ise 20.00-41.00° aralığında ortalama değeri 24.60 ° olarak bulunmuştur.

Güngören formasyonu geoteknik parametreleri;

- Su muhtevası değerleri %5-%57 aralığında değişmekte olup ve ortalama değeri %27.86 olarak; likit limit değerlerinin %18-%119 aralığındaki ortalaması %59; plastik limit ise %9-%38 değerleri aralığında ve ortalama %21 olarak bulunmuştur.
- Doğal birim hacim ağırlığı, 15.20-21.50 kN/m³ değerleri aralığında ve ortalama 18.67 kN/m³ olarak bulunmuştur.
- Serbest basma deneyinden elde edilen sonuçlara göre, Güngören formasyonun q_u değerleri 74-878 kPa değerleri aralığında, ortalama 301.20 kPa olarak bulunmuştur.
- Konsolidasyonsuz ve drenajsız koşullarda üç eksenli hücre kesme deneyi ile ölçülen, c_u değerleri 6.00-1050.00 kPa aralığında değişirken, ortalama değeri 153.39 kPa elde edilmiştir.
- Konsolidasyonlu ve drenajsız koşullarda üç eksenli hücre kesme deneyinde; c değerlerinin 1.00-119.00 kPa aralığındaki ortalaması 42.37 kPa, ϕ değerleri 3.00-23.00° aralığında ve ortalama 13.40° olarak bulunmuştur. Efektif parametreler ise; c' değerlerinin 2.00-110.00 kPa aralığındaki ortalaması 34.38 kPa, ϕ' değerleri ise 9.00-42.00° aralığında ve ortalama 23.80° olarak bulunmuştur.
- Kesme kutusu deneylerinden elde edilen, c değerleri 0.00-154.00 kPa aralığında değişmekte olup, ortalama değeri 52.33 kPa ve ϕ değerlerinin ise 6.00-33.00° aralığındaki ortalama değeri 16.70° olarak bulunmuştur. Güngören formasyonuna ait kalıntı parametreler; c_r değerlerinin 0.00-70.00 kPa aralığındaki ortalaması 21.58 kPa, ϕ_r değeri ise 3.00-28.00° aralığında ve ortalama 14.20° olarak bulunmuştur.
- Konsolidasyon deneyinden elde edilen, σ_c değerlerinin 150.00-870.00 kPa aralığındaki ortalama değeri 396.00 kPa olarak bulunmuştur. C_c değerlerinin 0.060-0.575 aralığındaki ortalaması 0.275, C_r değerlerinin 0.004-0.073 aralığındaki ortalaması 0.038 bulunmuştur. t_{50} değerleri 200 kPa altında 0.14-28.43 dk aralığında, ortalama 9.60 dk; 400 kPa altında ise 0.03-37.47 dk aralığında, ortalama 11.40 dk olarak bulunmuştur.

Bakırköy formasyonuna ait kayada tek eksenli basma dayanımı değerleri 1.00-36.30 MPa aralığında değişmekte olup, ortalama değeri 18.93 MPa olarak çalışmada bulunmuştur.

Tablo 5.1: Formasyonların ortalama geoteknik parametre değerleri

FORMASYONLAR	GEOTEKNİK PARAMETRE DEĞERLERİ																				
	Su Muhtevası	Kıvam Limitleri Tayini		Boşluk Oranı	Doğal Birim Hacim Ağırlık	Serbest Basma Dayanımı	UU-Üç Eksenli Kesme Deneyi	CU-Üç Eksenli Hücre Kesme Deneyi				Kesme Kutusu Deneyi				Konsolidasyon Deneyi					Kayada Tek Eksenli Basma Dayanımı
		Likit Limit	Plastik Limit					Toplam Parametreler		Etketif Parametreler		Toplam Parametreler		Kalıntı Parametreler		Ön Konsolidasyon Basıncı	Sıkışma İndisi	Yeniden Sıkışma İndisi	200 kPa altında %50 konsolidasyon süresi	400 kPa altında %50 konsolidasyon süresi	
	w_n (%)	w_L (%)	w_p (%)	e []	p_n (kN/m ³)	q_u (kPa)	c_u (kPa)	c (kPa)	ϕ (°)	c' (kPa)	ϕ' (°)	c (kPa)	ϕ (°)	c_r (kPa)	ϕ_r (°)						σ_c (kPa)
	Gürpınar	24.06	60	20	0.72	18.89	182.80	168.28	34.03	11.5	27.77	24.6	56.63	17.3	21.49	11.8	446.50	0.301	0.055	13.2	13.4
Çukurçeşme	21.03	-	-	0.75	18.08	-	90.40	-	-	-	-	30.13	24.6	-	-	-	-	-	-	-	-
Güngören	27.86	59	21	0.84	18.67	301.20	153.39	42.37	13.4	34.38	23.8	52.33	16.7	21.58	14.2	396.00	0.275	0.038	9.6	11.4	-
Bakırköy	-	-	-		22.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.93

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında, İstanbul Avrupa yakası güneyinde görülen zeminlerin geotekniği incelenmiştir. Çalışmanın konusu olan zeminler, kaya ortamından ayrı düşünülmemiştir. İstanbul Avrupa yakası güneyinde görülen birimlerin geoteknik parametre değerleri, fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, laboratuvar deney sonuçları kullanılarak değerlendirilmiştir. İnceleme alanı, İstanbul Avrupa yakası güneyi Haliç'in batısından itibaren Fatih, Zeytinburnu, Bayrampaşa, Güngören, Bakırköy, Küçükçekmece, Avcılar, Beylikdüzü ve Büyükçekmece Gölü çevresini kapsamaktadır. Çalışma alanında, Tersiyer döneminde çökelmiş olan Gürpınar, Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonları görülmektedir.

Çalışmada; 2001 yılından itibaren İKU Geoteknik Laboratuvarı'nda değerlendirilen deney sonuçlarının içerisinde, çalışılan formasyonlara ait veriler toplanmış ve içeriği gerekli görülüp ilave edilen yeni laboratuvar deney sonuçları ile güncelleştirilmiştir. Böylece oluşturulan bu veritabanı gINT programı ile ilişkilendirilerek, bölgenin geoteknik parametre değerleri belirlenmiştir. Elde edilen bu parametrelerin güvenilirliği ise Minitab istatistik programı kullanılarak, formasyonlara ait her bir laboratuvar deneyi için ayrı istatistiksel analizlerle incelenmiştir. Bu analizlerde kutu grafikleri kullanılmış böylece serideki aşırı değerlerin etkisinin kaldırılarak, parametrelerin tutarlı bir değişim aralığında incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında; 1157 adet su muhtevası tayini, 1111 adet kıvam limitleri, 42 adet serbest basma dayanımı, 408 adet UU-üç eksenli hücre kesme deneyi, 59 adet CU-üç eksenli hücre kesme deneyi, 107 adet kesme kutusu deneyi, 63 adet konsolidasyon ve 30 adet kayada tek eksenli basma dayanımı deneyi değerlendirilmiştir.

İnceleme alanında görülen en yaşlı birim olan Gürpınar formasyonu; yeşil, sarımsı yeşil siltli kil ve sert killerden oluşur. Formasyon, Büyükçekmece ve Küçükçekmece gölleri arasında geniş yayılım göstermektedir. Çukurçeşme formasyonu; gri, grimsi beyaz kum ve çakıllardan oluşur, killi mercer seviyeleri yaygındır. Güngören formasyonu; yeşil-mavi renkli kum arakatlı killerden oluşur ancak killer yer yer organik madde zenginleşmesiyle kahverengisiyah renge dönüşmektedir. Bakırköy formasyonunun yaygın litolojisi ise, beyaz renkli kireçtaşlarıdır.

Türk Standartları zemin sınıflandırması sistemi TS 1500/2000'e göre; çalışma kapsamında benzer ortalama kıvam limitleri ve ince dane oranı değerleri bulunan Gürpınar ve Güngören formasyonları, CH: yüksek plastisiteli (yağlı) killer sınıfına girmektedir. Çukurçeşme formasyonu ise 206 adet kıvam limiti tayininde 158 adet NP sonuç verdiği için ve ortalama %54.83 kum yüzdesi ile yüzde 15'ten fazla çakıl oranıyla, SM: siltli kum ve az çakıl sınıfına girmektedir.

İnceleme alanına hakim olan yüksek plastisiteli killerin, ortalama serbest basma dayanımlarına (q_u) göre; Gürpınar killerinin katı, Güngören killerinin ise çok katı kıvamlı

olduğu görülmektedir. Sıvılık indisi (I_L) değerleri; ortalama su muhtevası, likit ve plastik limit parametreleri kullanılarak incelendiğinde ise Grnar formasyonu 0.1 değerini, Güngören formasyonu ise 0.2 değerini vermiştir. Yapılan konsolidasyon deneylerinde, çalışmada elde edilen ortalama n konsolidasyon basınçları ve efektif gerilemelere göre aşırı konsolidasyon oranları (OCR) ise 3-12 arasında bulunmuştur. Tüm bu değerler aşırı konsolide olmuş ortamı göstermektedir. Böylece alışma alanında bulunan killer geoteknik açıdan değerlendirildiğinde, temel taşıma glerinin yüksek düzeylerde olacağı ancak yamaç/şev duraylılığına dikkat edilmesi gerektiği söylenebilmektedir.

Genel değerlendirmelerin yanında, elbette birimlerin ortalama geoteknik parametre değerleri, havza koşullarına bağlı olarak, temel özellikleri ile birlikte yersel alanlarda farklılık göstermektedir. Özellikle rselenmemiş numune alınabilen durumlarda, bölgedeki ardaalanmalara bağlı olarak deney sonuçlarında büyük farklılıklar görülmektedir. Ayrıca değişken yapı nedeniyle, formasyon değişimlerinde aradaki dokanağın belirlenmesinde ve korelasyonunda güçlükler yaşanabilmektedir.

İstanbul Avrupa yakası güneyinde yapılacak geoteknik modelleme ve analizlerde, Grnar, Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonlarına ait uygun parametrelerin kullanabilmesi için; örselenmemiş/örselenmiş numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden elde edilecek güvenilir verilerin, arazi koşulları ile birlikte ele alınarak değerlendirilmesinin etkili olacağı kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

ABDÜSSELAMOĞLU, Ş., 1963, İstanbul Boğazı Doğusunda Mostra Veren Paleozoyik Arazide Stratigrafik ve Paleontolojik Yeni Müşahedeler, *MTA Dergisi S.60*, Ankara

AREL, E., 2014, Geoteknikte Risk ve Güvenirlik, Ders Notları, *İstanbul Kültür Üniversitesi Geoteknik Programı*, İstanbul

ARIÇ SAYAR, C., 1955, Haliç-Küçükçekmece Gölü Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, *I.T.Ü. Maden Fakültesi*, İstanbul

ARIÇ SAYAR, C., 1977, İstanbul Yeni İskan Yörelere Geoteknik ve Sismik Etüdü, *Büyükçekmece-Küçükçekmece Göller Arası Yöre: Boğaziçi Üniv. Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü Raporu Basılmamış Rapor, Cilt-1*, İstanbul

BELİRTİ LTD. ŞTİ., 2001, Avcılar İlçesi Güneyinin Jeolojisi, *Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesi, 3. Cilt*, İstanbul

BİÇER, P., 1996, Haliç Kilinin Geoteknik Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Y.T.Ü. İnşaat Fakültesi*, İstanbul.

CHAPUT, E., 1947, Türkiye’de Jeolojik ve Jeomorfojenik Tetkik Seyahatları, Çeviren: Tanoğlu, A., *İstanbul Üniversitesi Yayınları No:324*, İstanbul

DALGIÇ, S., TURGUT, M., KUŞKU, İ., ÇOŞKUN, Ç., ÇOŞGUN, T., 2009, İstanbul’un Avrupa Yakasındaki Zemin ve Kaya Koşullarının Bina Temellerine Etkisi, *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi Sayı:2*, 47-70

DEMİRCİ, A., 2009, Evaluating the Urbanization Process in Gurpinar in Terms of Construction-related Activities Within Landslide Risk Areas, *Doğu Coğrafya Dergisi No:21*, 95-108

EYÜBOĞLU, R., 1988, Esenler-Yeşilbağ Arasındaki Hafif Metro Güzergahının Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Fak., Uygulamalı Jeoloji ABD*, İstanbul

İ.B.B. ZEMİN ve DEPREM İNCELEME MÜDÜRLÜĞÜ, 2007, Avrupa Yakası Mikrobölgeleme Çalışması, İstanbul

İ.B.B. ZEMİN ve DEPREM İNCELEME MÜDÜRLÜĞÜ, 2011, İstanbul İl Alanın Jeolojisi, İstanbul

İMRE, N., 2011, Gürpınar Bölgesindeki Heyelanların Geoteknik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, *İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul

Microsoft Excel Options in gINT, Erişim Tarihi: Mayıs, 2014, <http://www.bentley.com/tr-TR/Products/gINT/>

Minitab 17, Erişim Tarihi: Mayıs, 2014, <http://www.minitab.com/en-us/>

OKTAY, F. Y., EREN, R. H., SARKINÇ, M., 1992, Karaburun-Yeniköy (İstanbul) Çevresinde Doğu Trakya Oligosen Havzasının Sedimenter Jeolojisi, *Türkiye 9. Petrol Kongresi Bildirileri*, 92-101, Ankara

ÖNALP, A., AREL, E., 2013, Geoteknik Bilgisi I Zeminler ve Mekaniği Çözümlü Problemlerle, *Birsen Yayınevi*, İstanbul

ÖZAYDIN, K., YILDIRIM, M., 2000, İstanbul'un Zemin Koşulları ve Geoteknik Sorunlar, *İkinci İstanbul ve Deprem Sempozyumu*, 25-52, İstanbul

ÖZKAN, M., 2009, İstanbul Gürpınar Kilinin Tekrarlı Şişme-Büzülme Davranışı, Yüksek Lisans Tezi, *İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul

PAECKELMANN, W., 1925, Neue Beitrage zur Kenntnis der Geologs, Paleontologie und Petrographie der Umgegend von Konstantinopel, Abh. D. Preuss Geol. Lands, Berlin

PENCK, W., 1919, Grundzüge der Geologie des Bosphorus, Veröff. des Institute für Meereskunde, *Geol. Reihe H4*, Berlin

SAYAR, M., PAMİR, H. N., 1932, Küçükçekmece Fosil Fıkralı Hayvanlar Mecmuası, *İ.Ü. Fen Fak. Jeoloji Enst. No.8*, s.119

T.C. BAŞBAKANLIK PROJE UYGULAMA MÜDÜRLÜĞÜ, 2007, İstanbul İli Bakırköy İlçesi Yerleşiminde Yer Alan Binaların Risk Durumları, İstanbul

TEZCAN, S., DURGUNOĞLU, T., vd., 1977, İstanbul Yeni İskan Yörelere Geoteknik ve Sismik Etüdü, *Boğaziçi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Enst. Dahili Rapor No: 77*, s.119

TÜYSÜZ, O., 2003, İstanbul İçin Deprem Senaryolarının Hazırlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı, *İ.T.Ü. Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi*, İstanbul

YALÇINLAR, İ., 1944, İstanbul Boğazı Batısında Jeomorfolojik Araştırmalar, *T.Coğrafya Dergisi II.*, Ankara

YILDIRIM, M., TONAROĞLU, M., SELÇUK, M. E., AKGÜNER, C., 2013, Revised Stratigraphy of the Tertiary Deposits of Istanbul and Their Engineering Properties, *BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT*, 72(3-4), 413-420

YILMAZ, E., 2005, Güngören Formasyonu Killerin Mühendislik Özellikleri ve Minerolojik Etkiler, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi*, İstanbul

YURTSEVER, A., 1996, İstanbul Yarımadasının 1/50000 ölçekli Haritasının Jeolojisi, *MTA Genel Müdürlüğü*, Ankara.

EKLER

Ek.1: Gürpınar formasyonuna ait kutu grafikleri

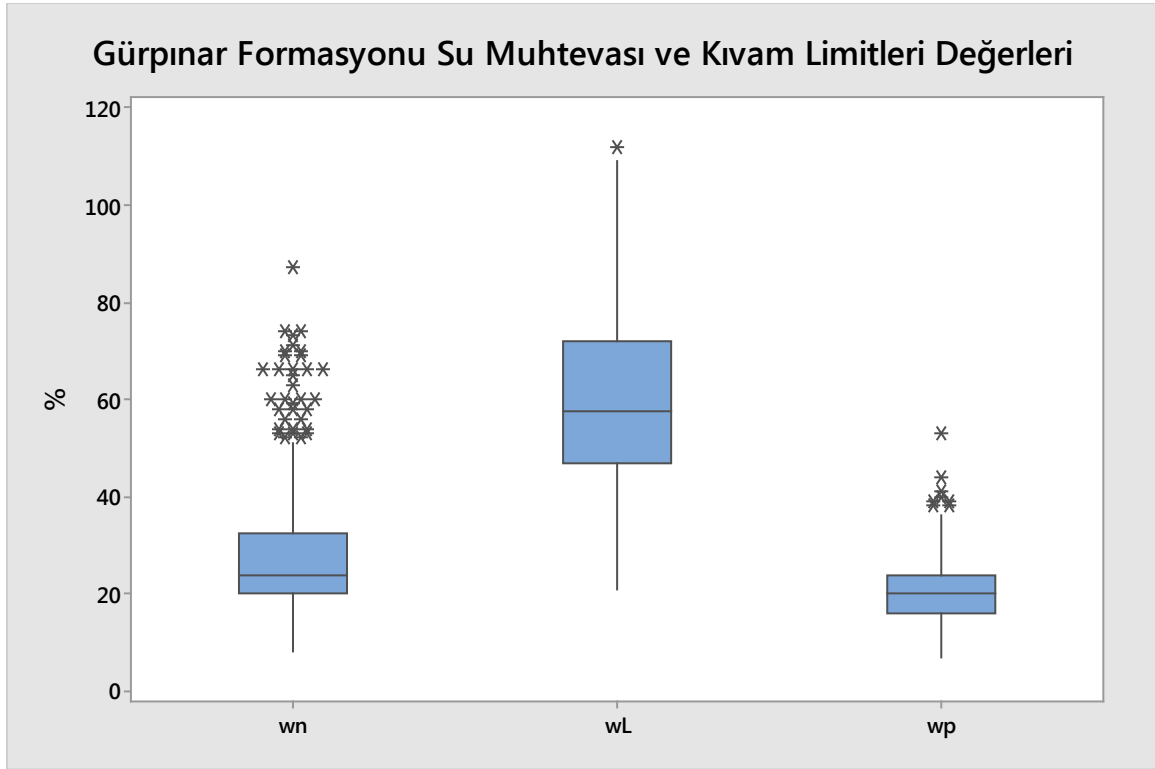
Ek.2: Çukurçeşme formasyonuna ait kutu grafikleri

Ek.3: Güngören formasyonuna ait kutu grafikleri

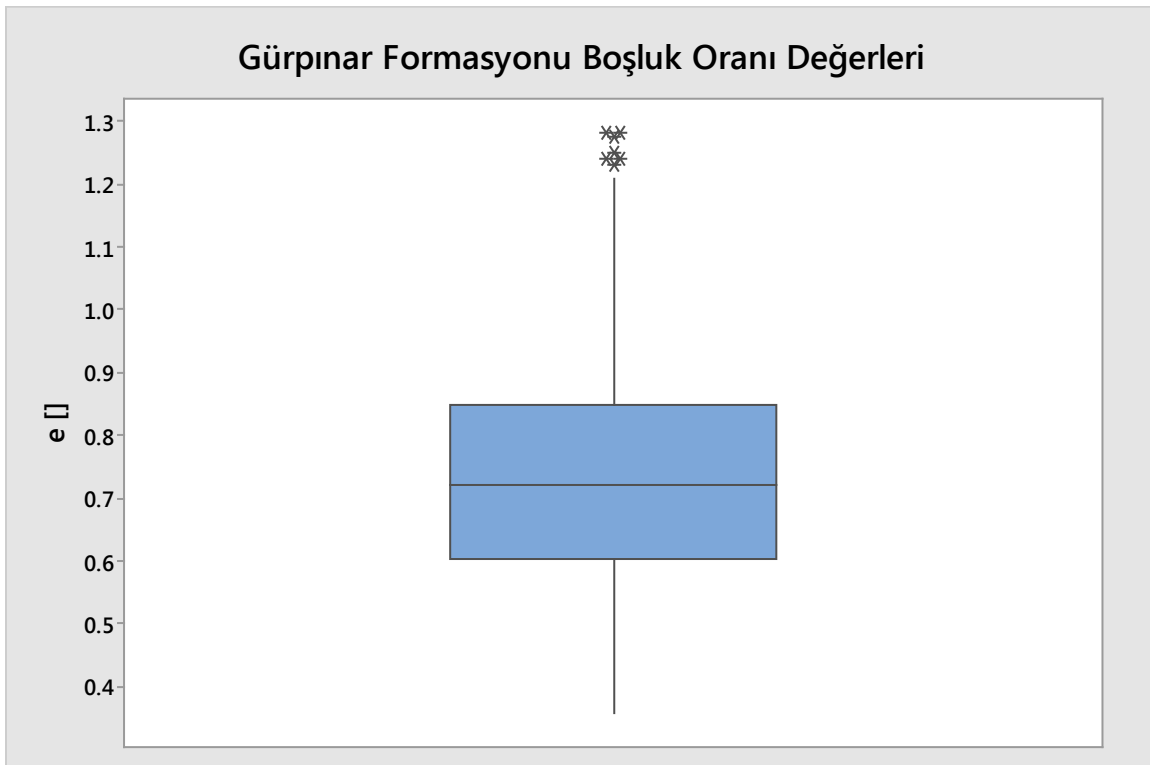
Ek.4: Bakırköy formasyonlarına ait kutu grafikleri

Ek-1

Ek-1.A: Gürpınar formasyonu su muhtevası ve kıvam limitleri değerlerine ait kutu grafiği



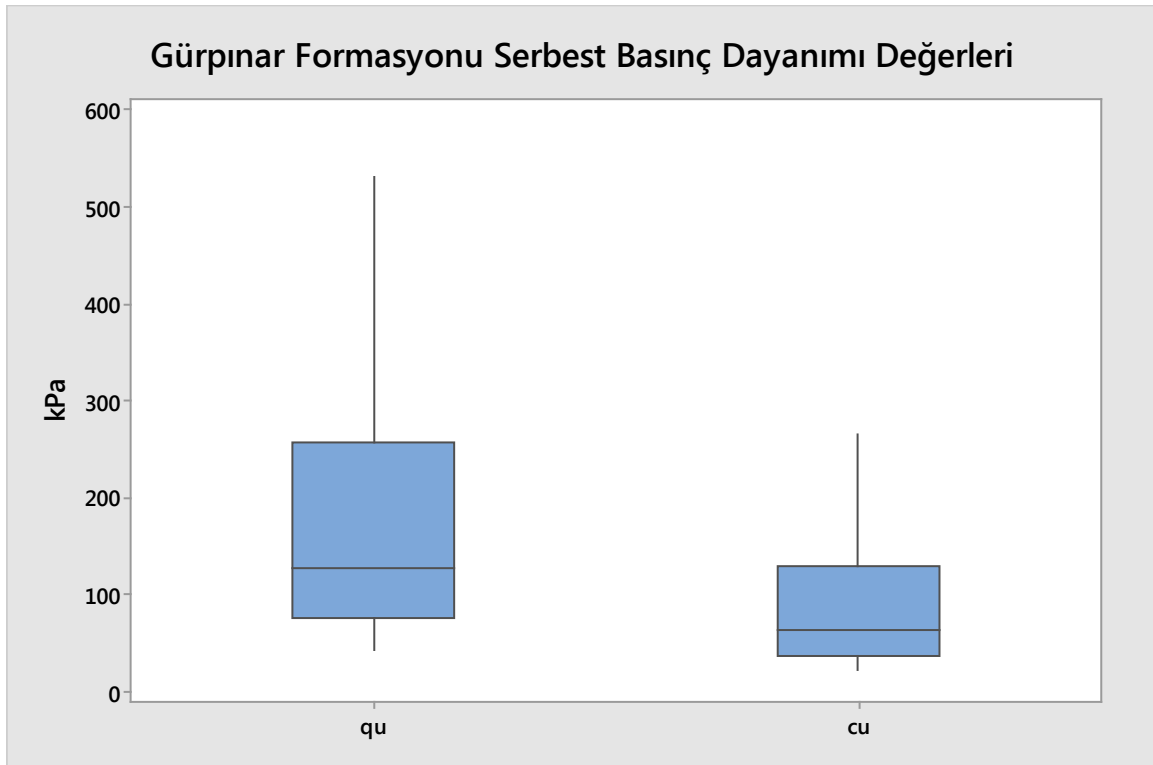
Ek-1.B: Gürpınar formasyonu boşluk oranı değerlerine ait kutu grafiği



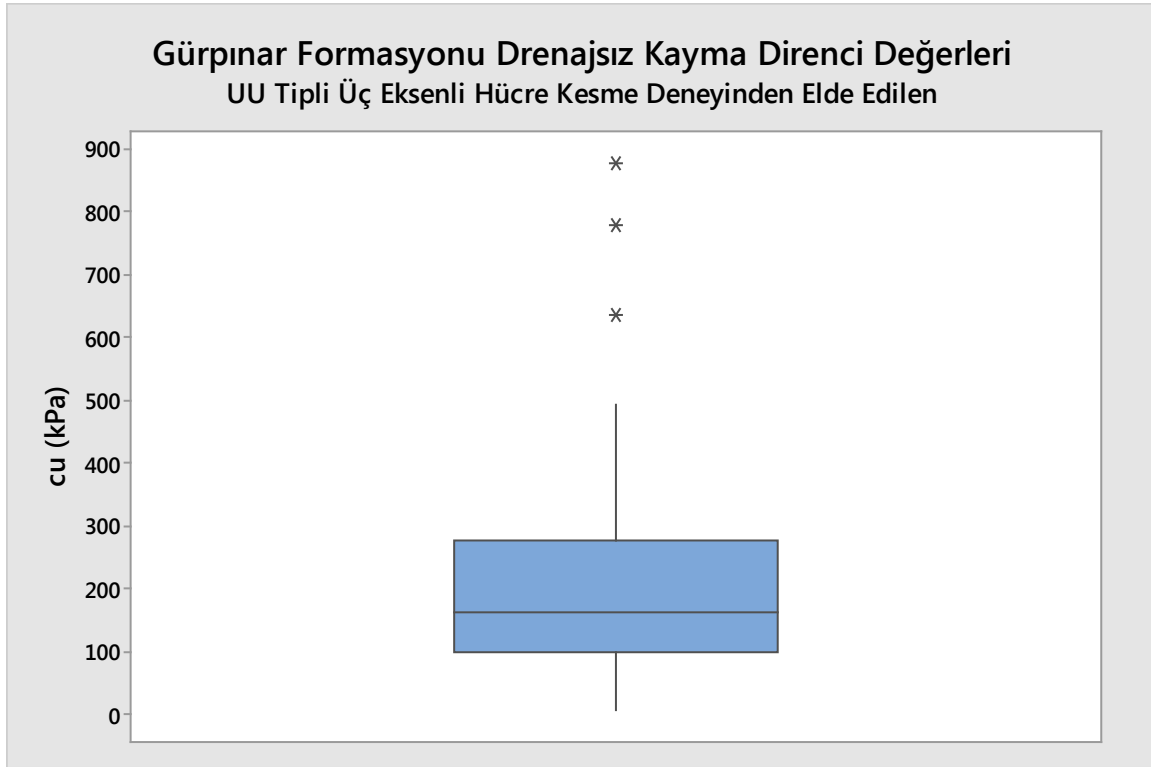
Ek-1.C: Gürpınar formasyonu doğal birim hacim ağırlık değerlerine ait kutu grafiği



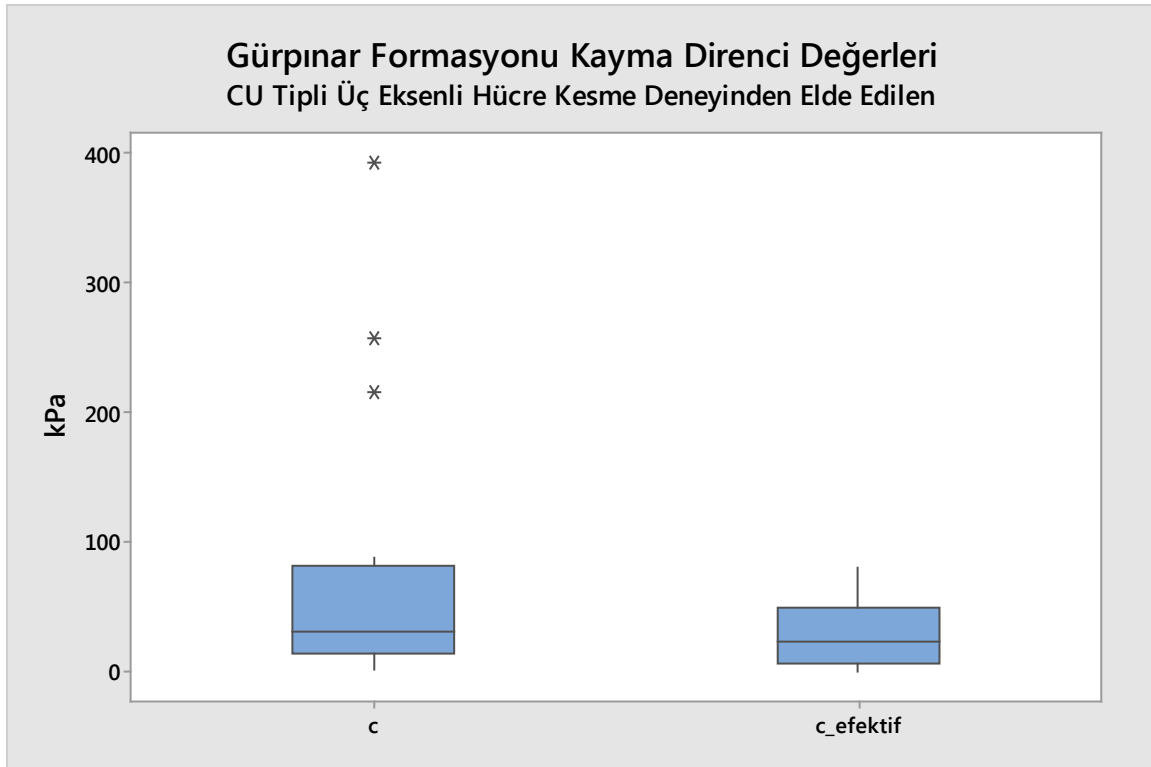
Ek-1.D: Gürpınar formasyonu serbest basınç dayanımı değerlerine ait kutu grafiği



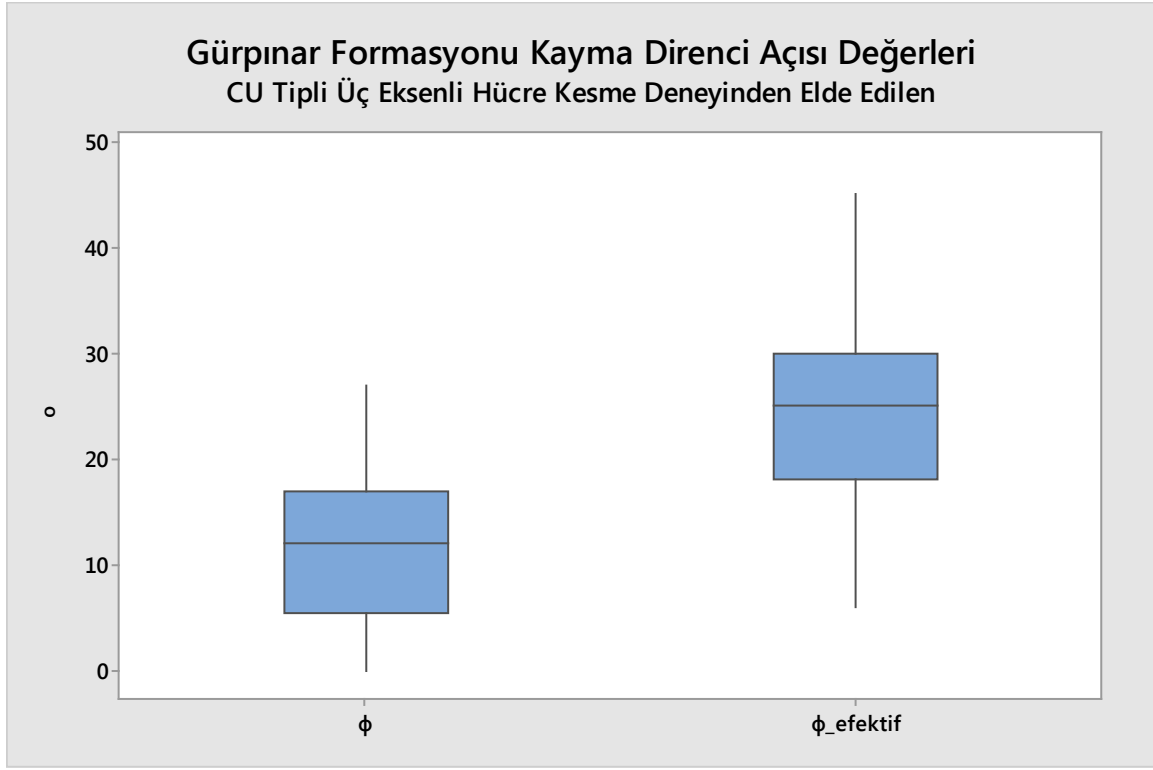
Ek-1.E: Gürpınar formasyonu UU-üç eksenli hücre kesme deneyi değerlerine ait kutu grafiği



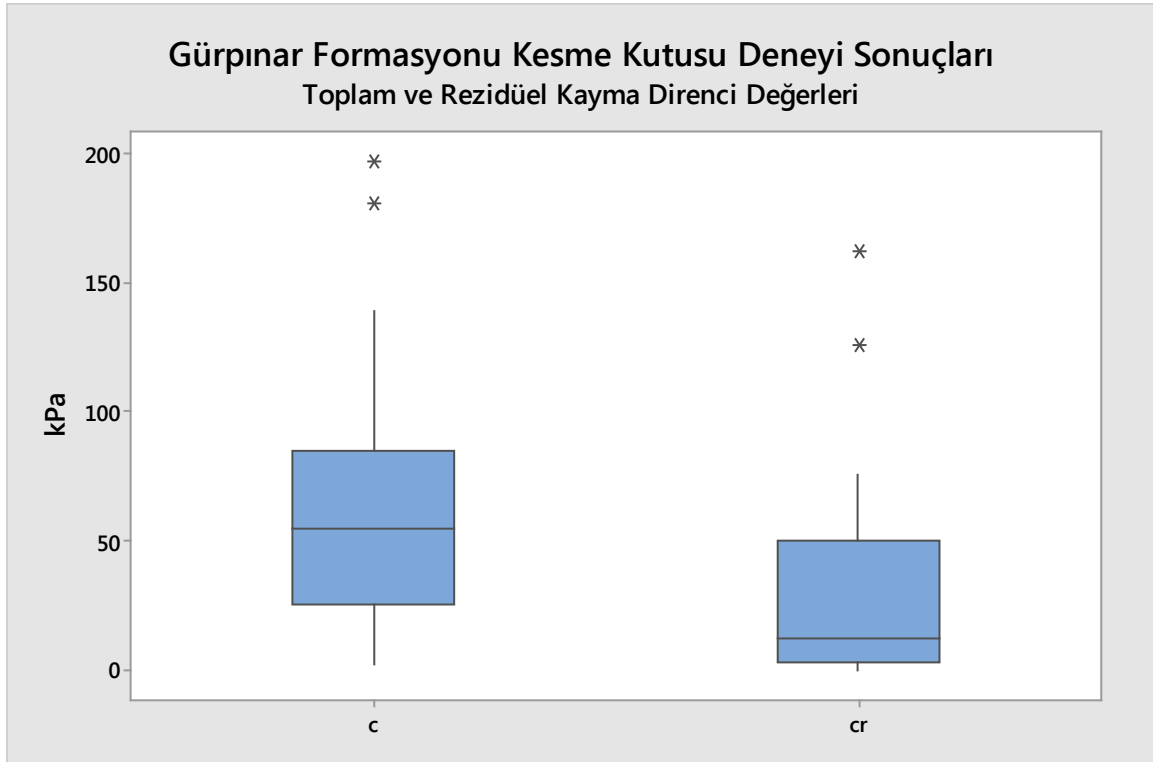
Ek-1.F: Gürpınar formasyonu CU-üç eksenli hücre kesme deneyi değerlerine ait kutu grafiği



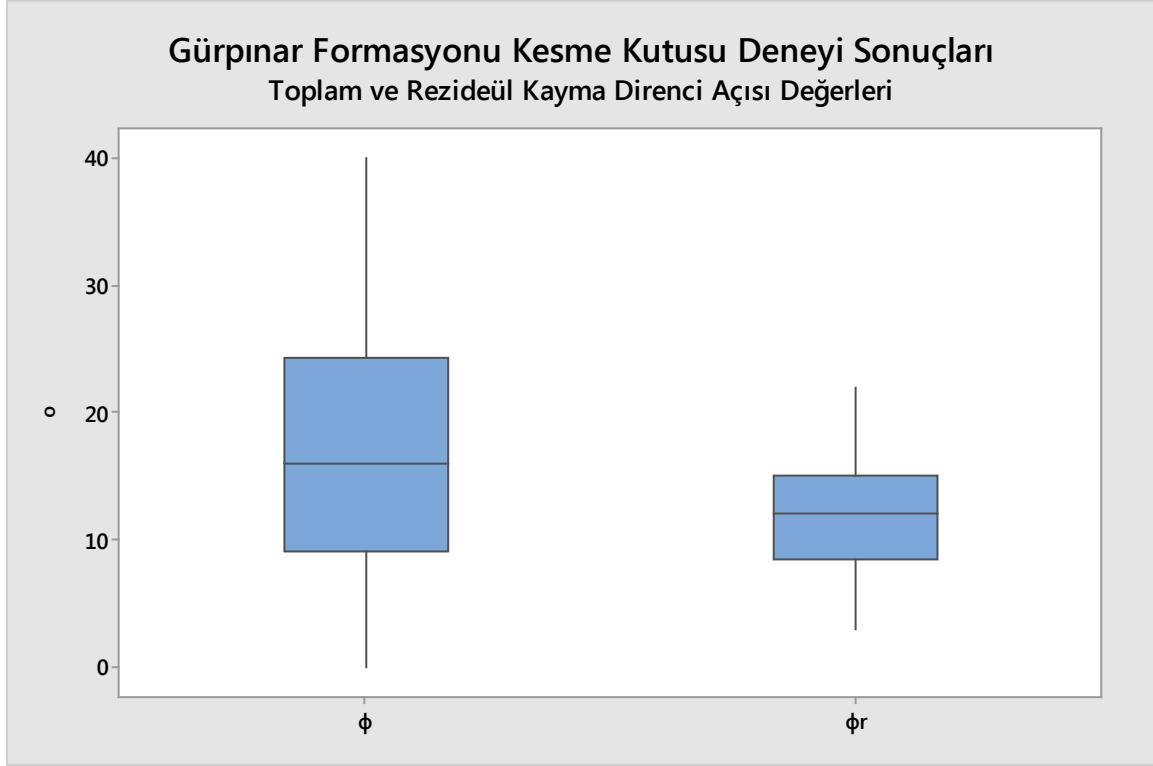
Ek-1.F (devam): Gürpınar formasyonu CU-üç eksenli hücre kesme deneyi değerlerine ait kutu grafiği



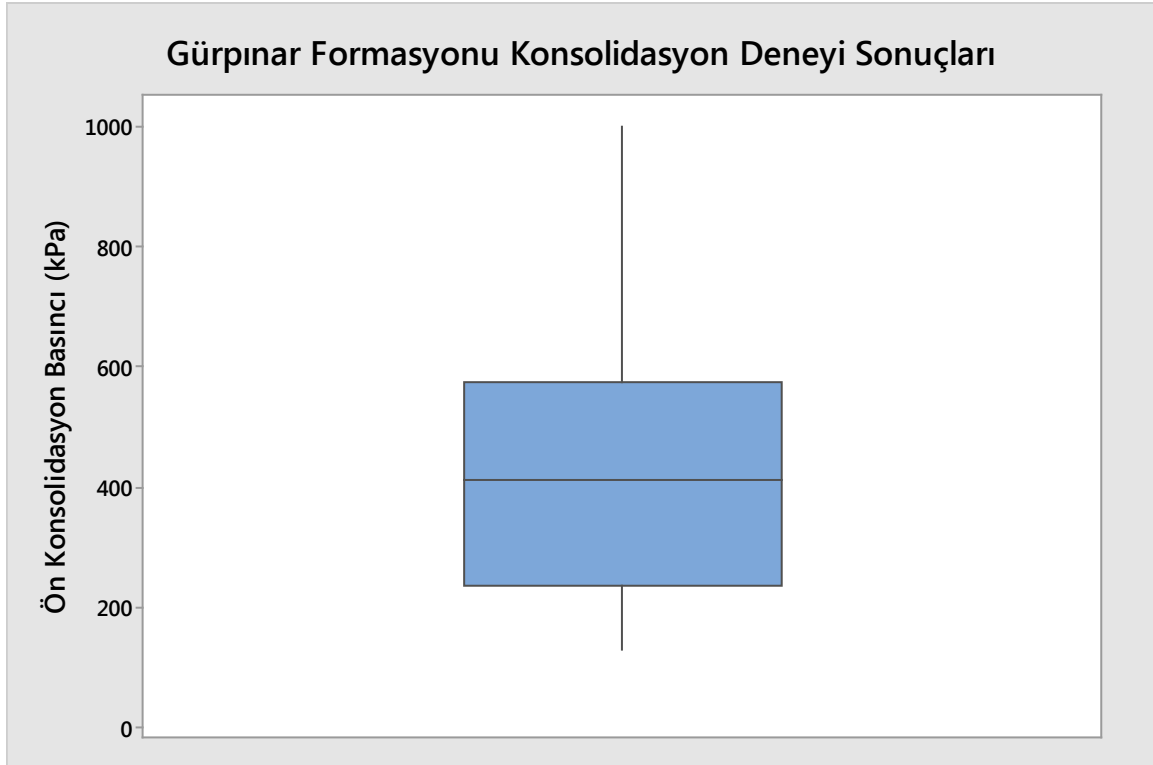
Ek-1.G: Gürpınar formasyonu kesme kutusu deneyi değerlerine ait kutu grafiği



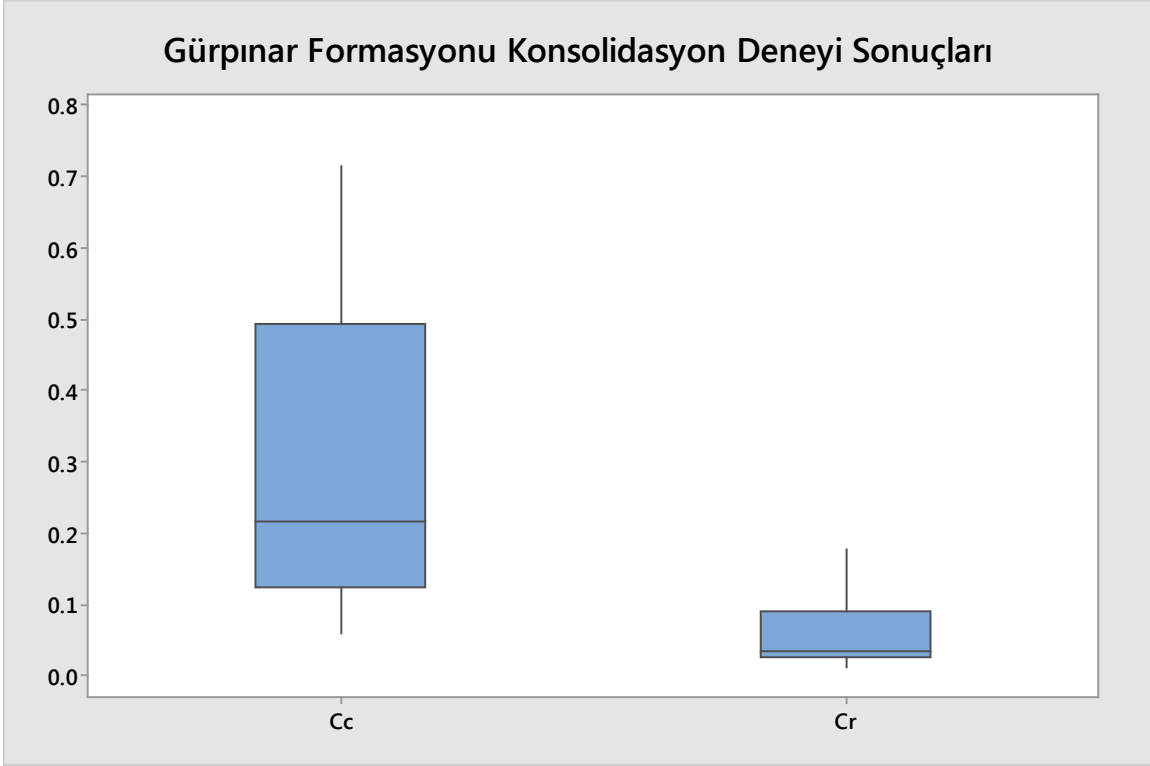
Ek-1.G (devam): Gürpınar formasyonu kesme kutusu deneyi değerlerine ait kutu grafiği



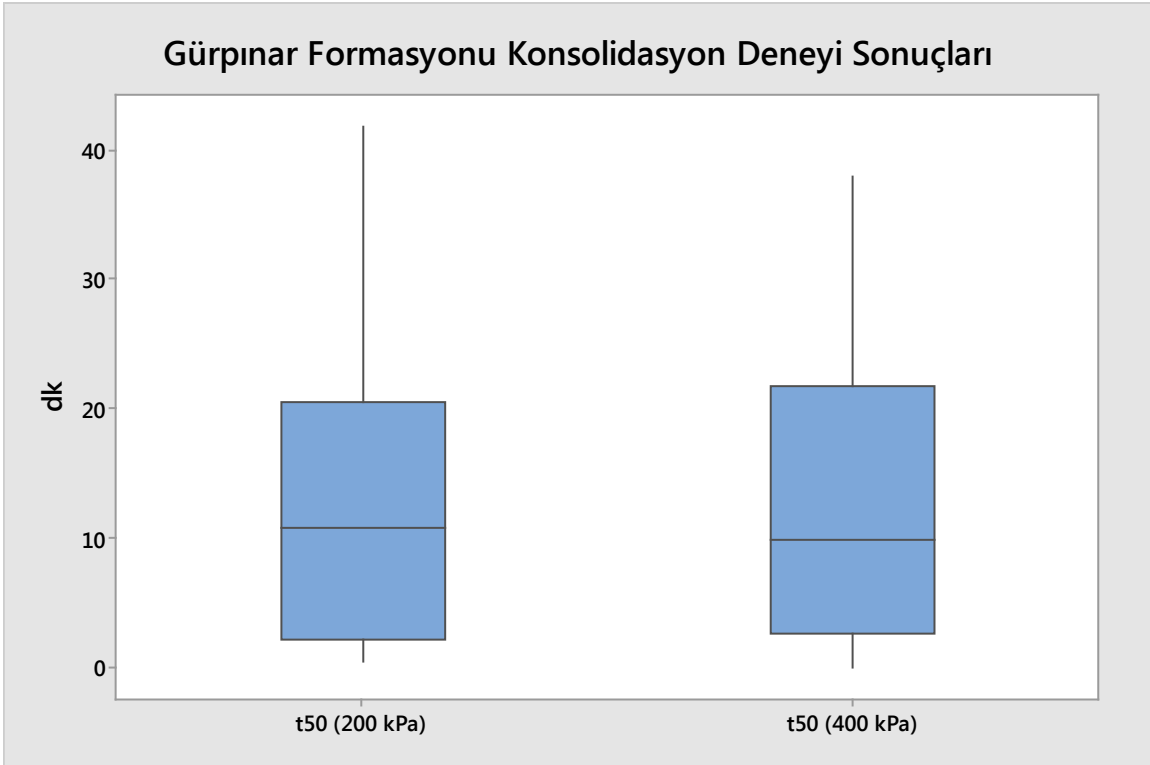
Ek-1.H: Gürpınar formasyonu konsolidasyon deneyi değerlerine ait kutu grafiği



Ek-1.H (devam): Gürpınar formasyonu konsolidasyon deneyi değerlerine ait kutu grafiği

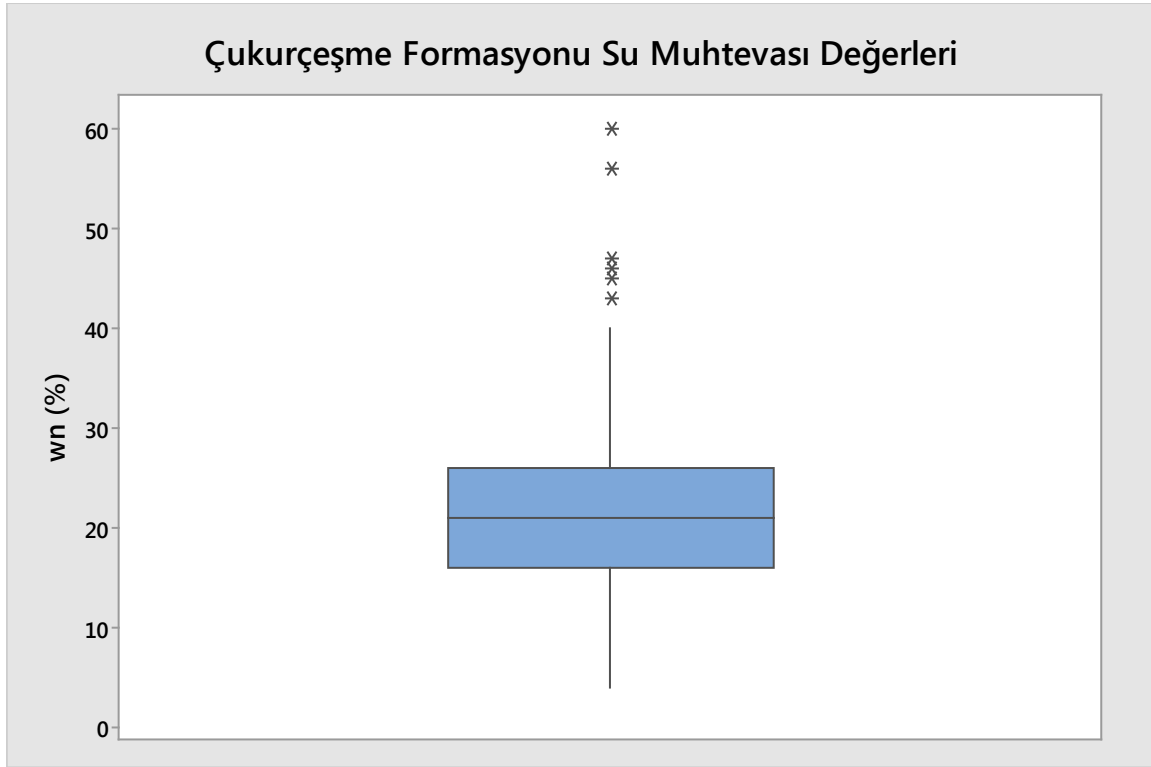


Ek-1.H (devam): Gürpınar formasyonu konsolidasyon deneyi değerlerine ait kutu grafiği

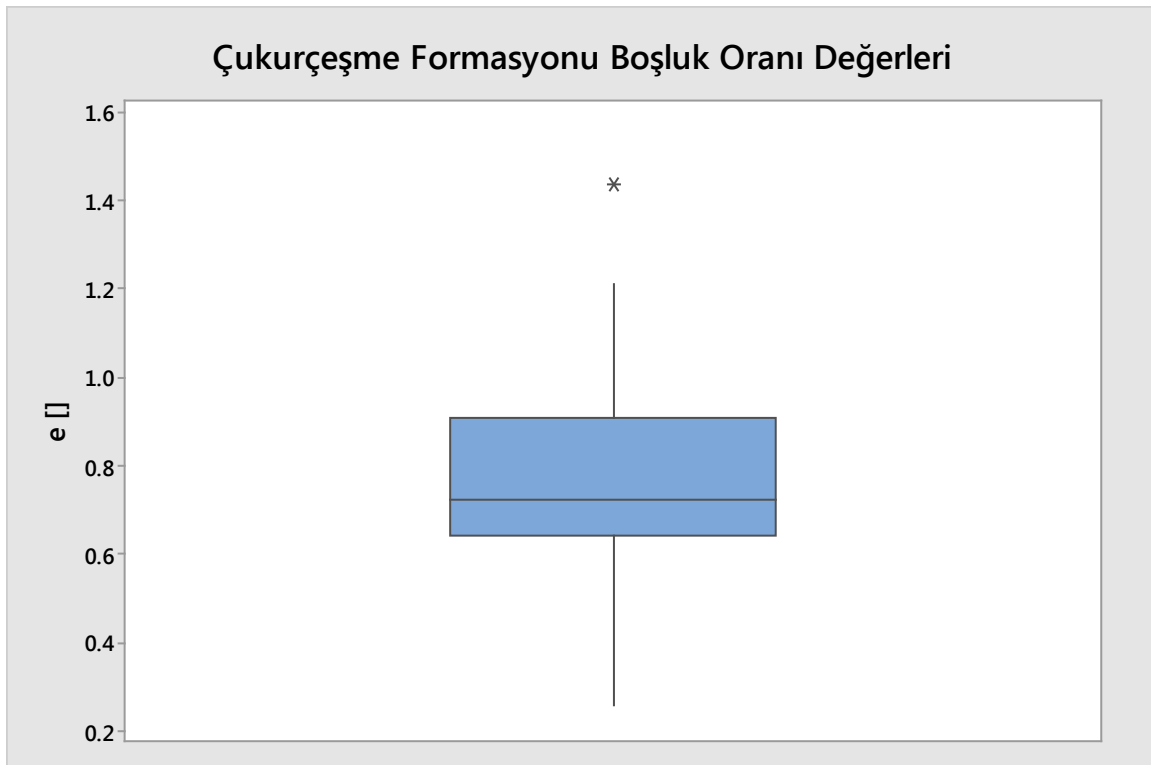


Ek-2

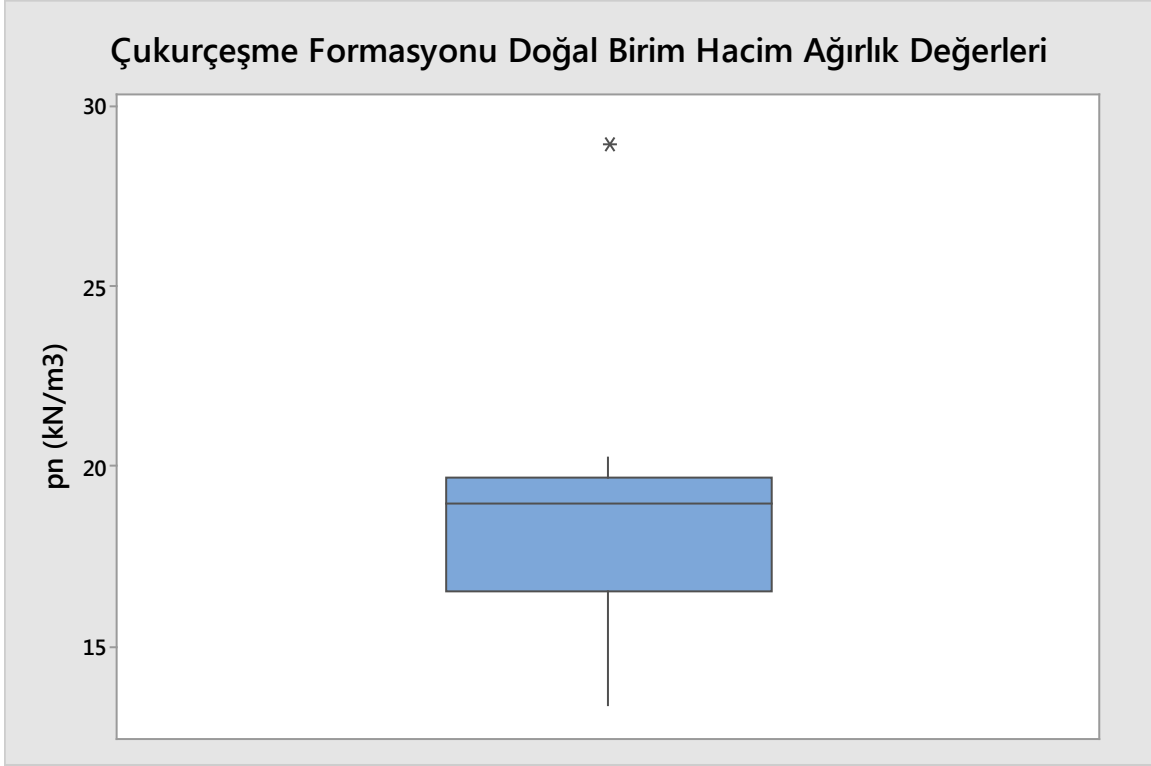
Ek-2.A: Çukurçeşme formasyonu su muhtevası değerlerine ait kutu grafiği



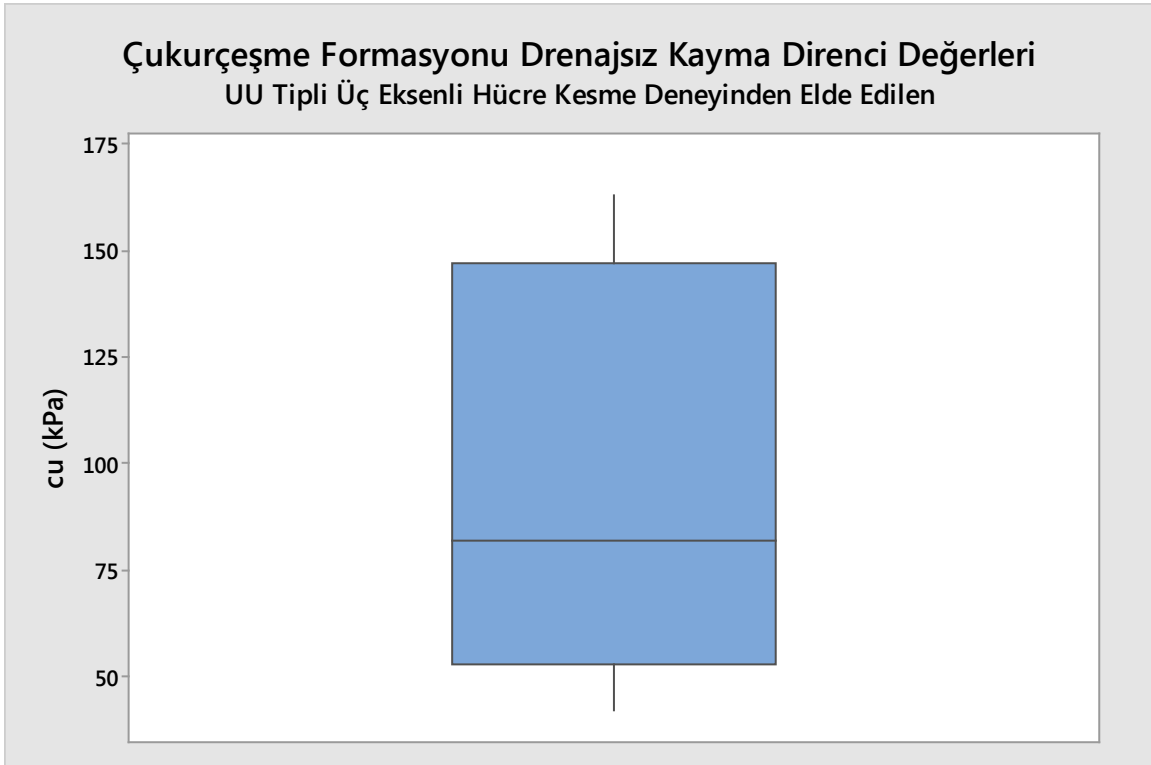
Ek-2.B: Çukurçeşme formasyonu boşluk oranı değerlerine ait kutu grafiği



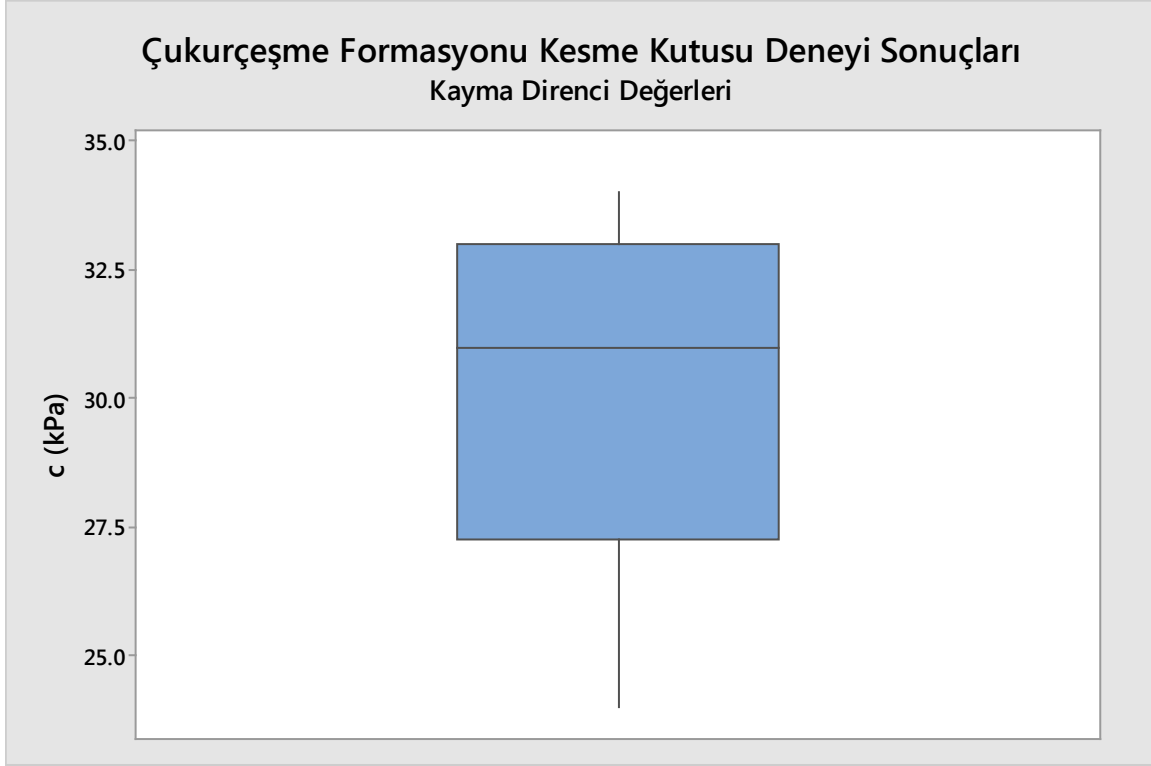
Ek-2.C: Çukurçeşme formasyonu doğal birim hacim ağırlık değerlerine ait kutu grafiği



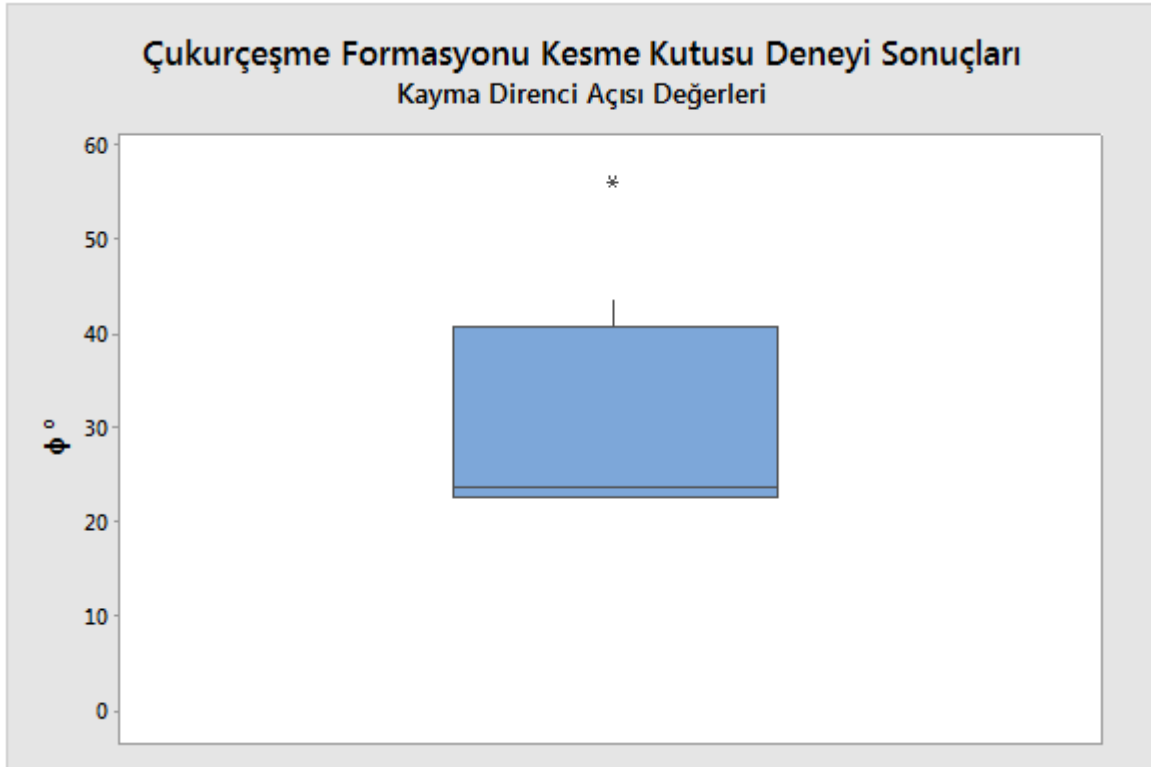
Ek-2.D: Çukurçeşme formasyonu UU-üç eksenli hücre kesme deneyi değerlerine ait kutu grafiği



Ek-2.E: Çukurçeşme formasyonu kesme kutusu deneyi değerlerine ait kutu grafiği

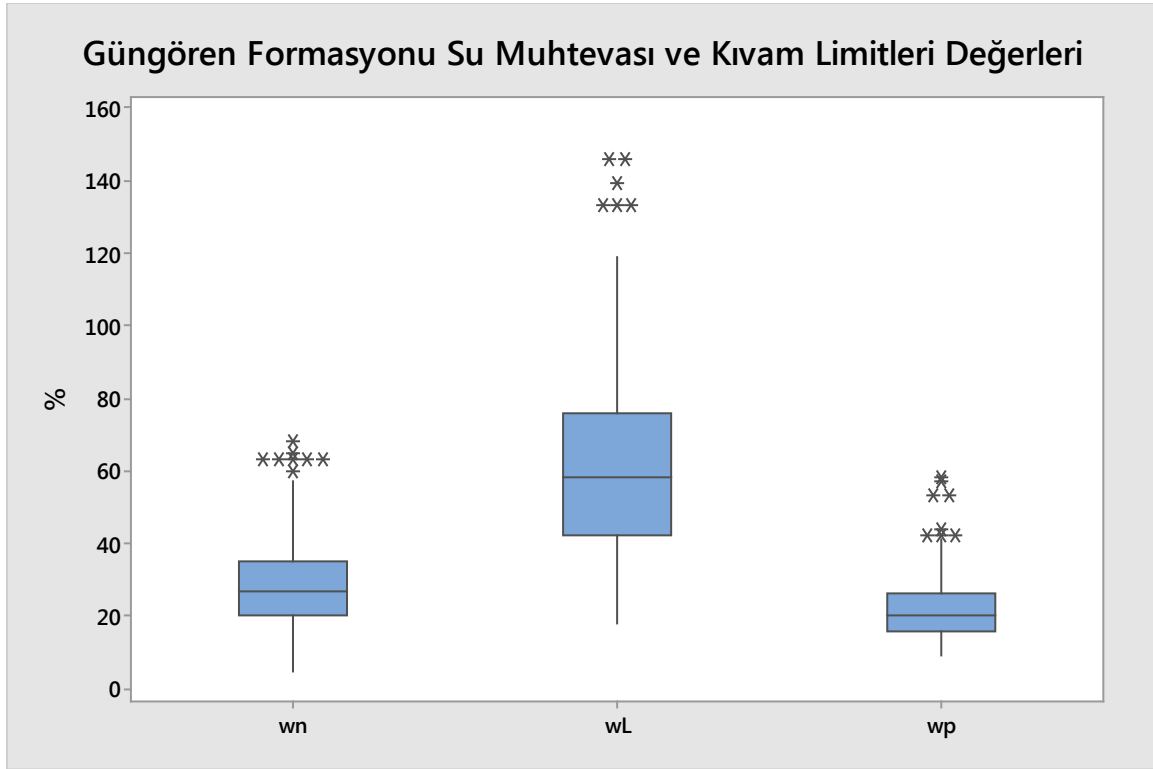


Ek-2.E (devam): Çukurçeşme formasyonu kesme kutusu deneyi değerlerine ait kutu grafiği

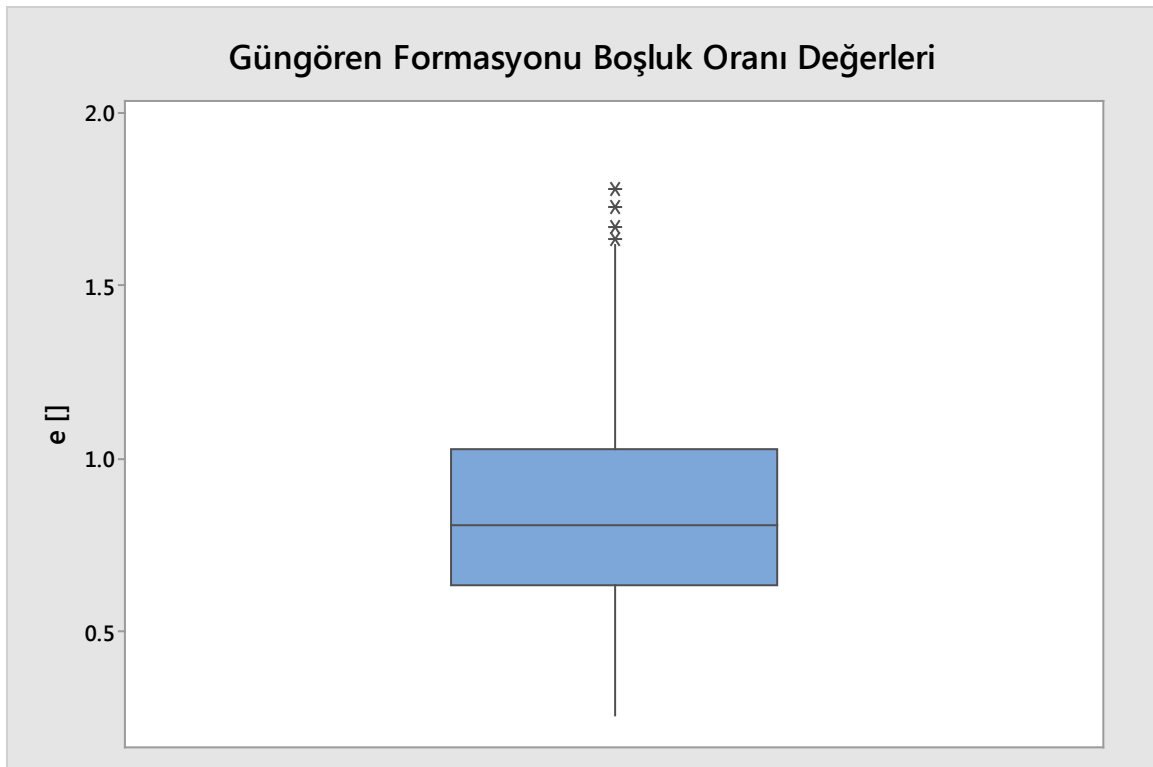


Ek-3

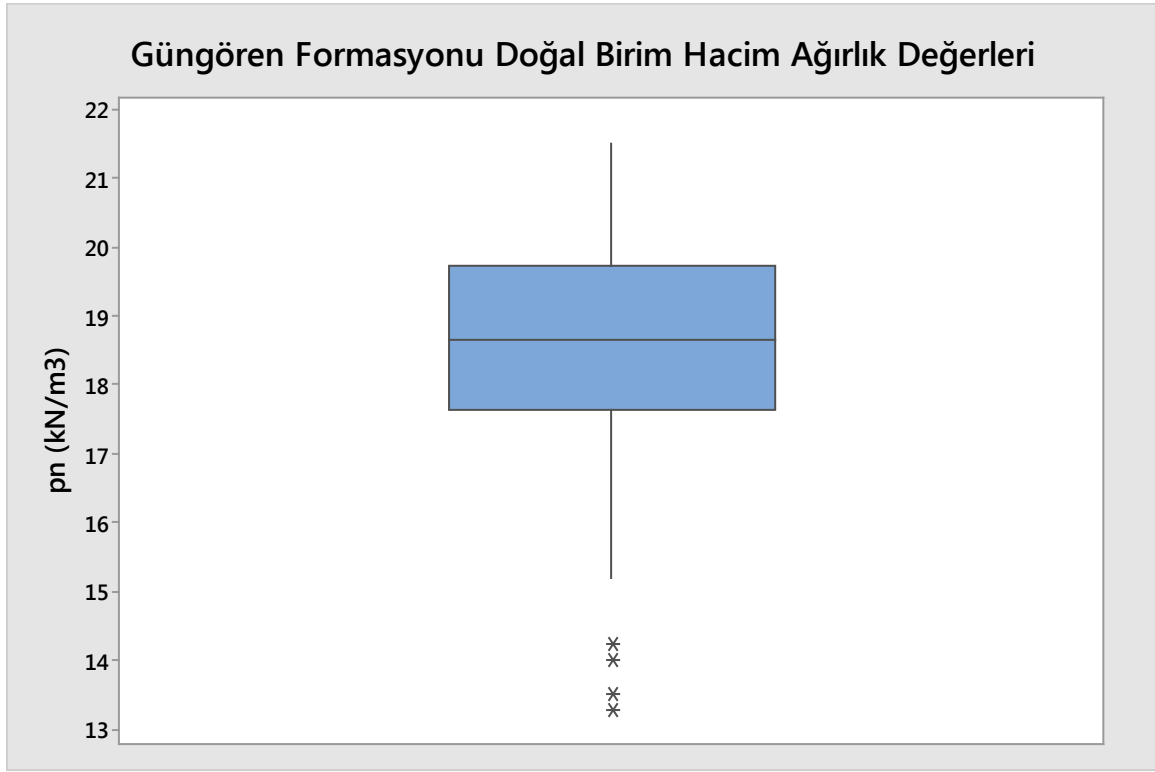
Ek-3.A: Güngören formasyonu su muhtevası ve kıvam limitleri değerlerine ait kutu grafiği



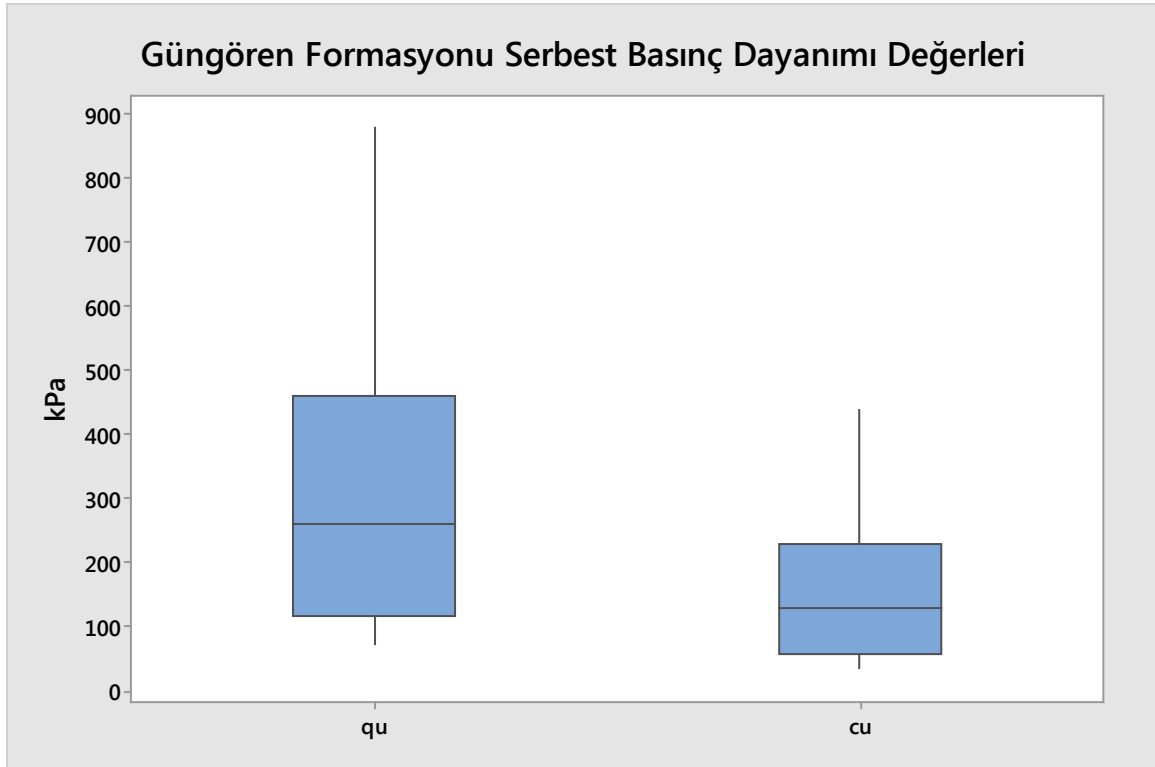
Ek-3.B: Güngören formasyonu boşluk oranı değerlerine ait kutu grafiği



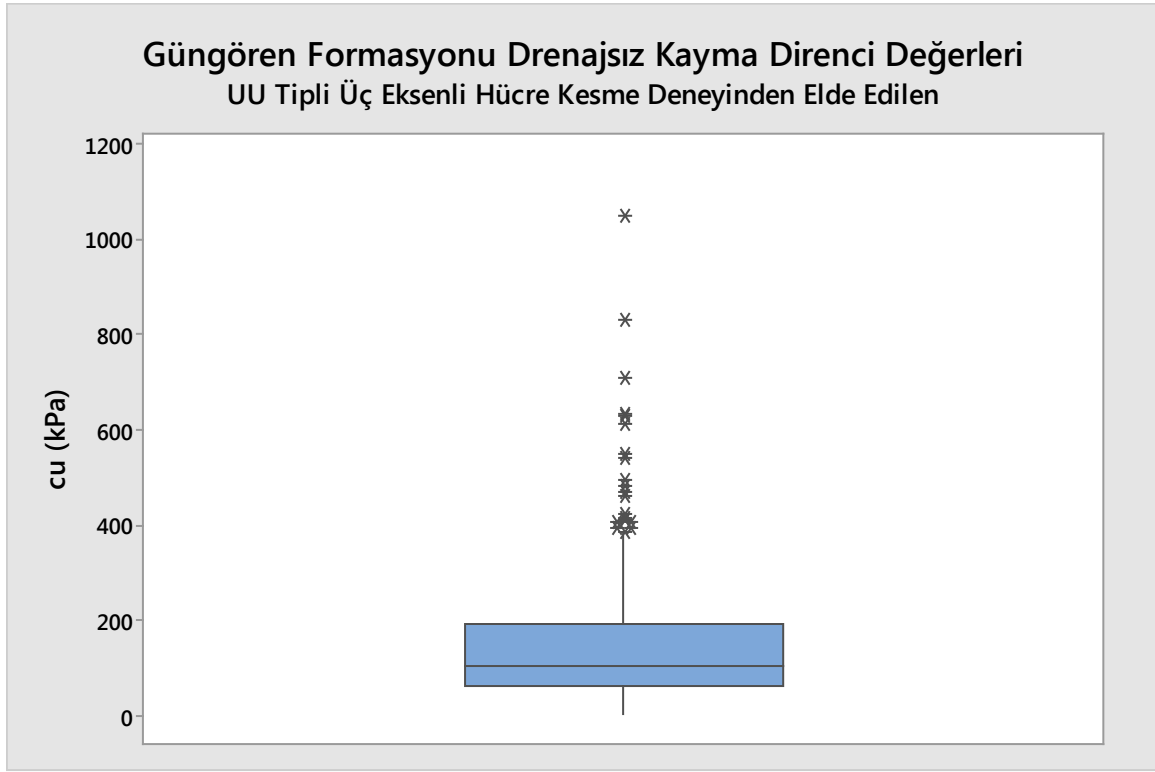
Ek-3.C: Güngören formasyonu doğal birim hacim ağırlık değerlerine ait kutu grafiği



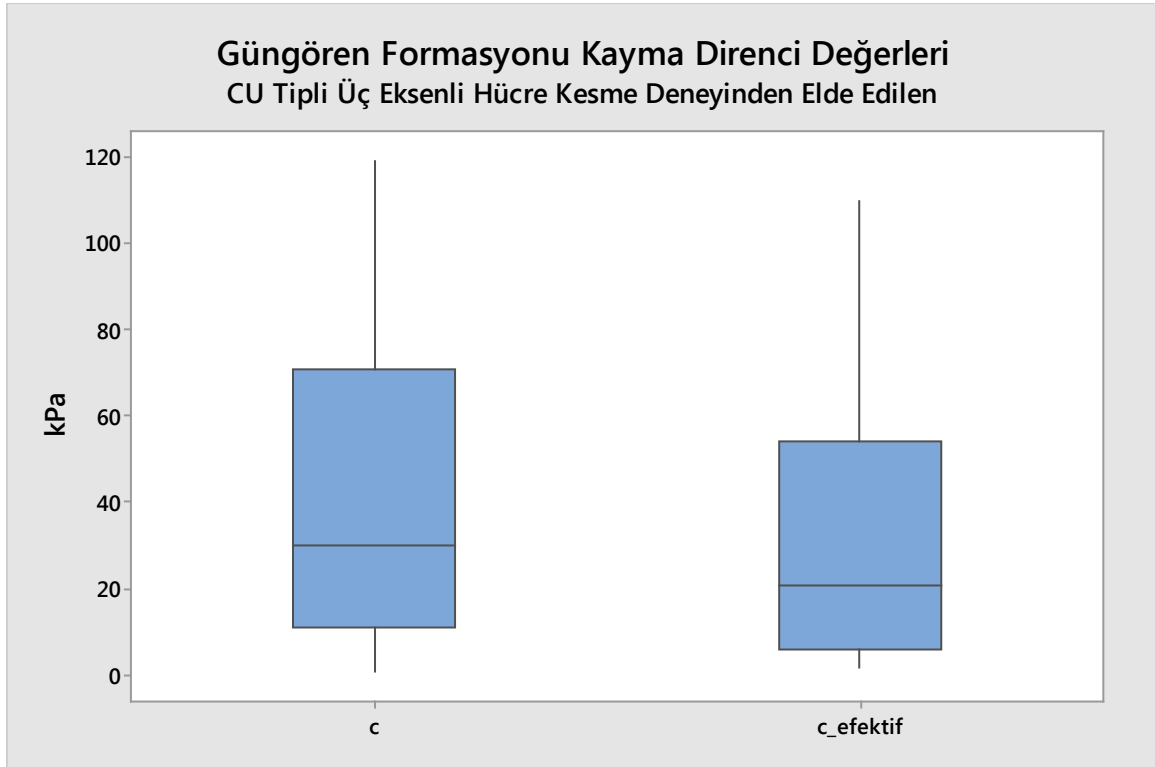
Ek-3.D: Güngören formasyonu serbest basınç dayanımı değerlerine ait kutu grafiği



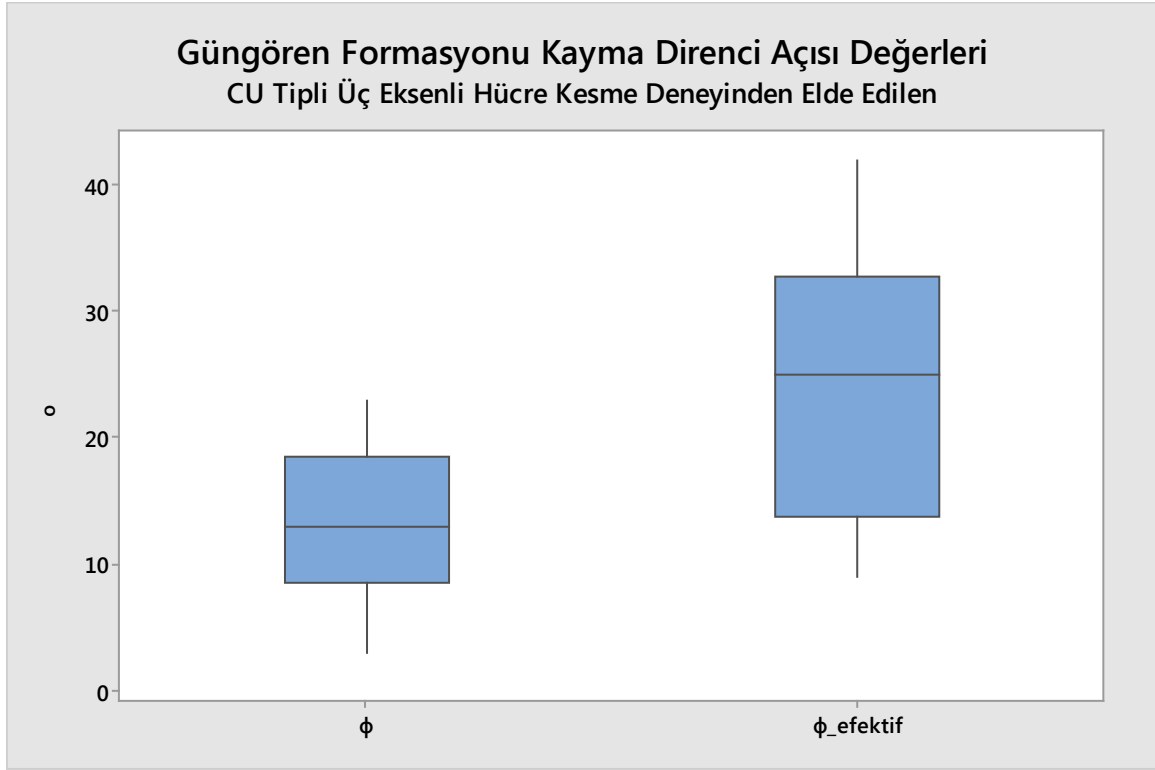
Ek-3.E: Güngören formasyonu UU-üç eksenli hücre kesme deneyi değerlerine ait kutu grafiği



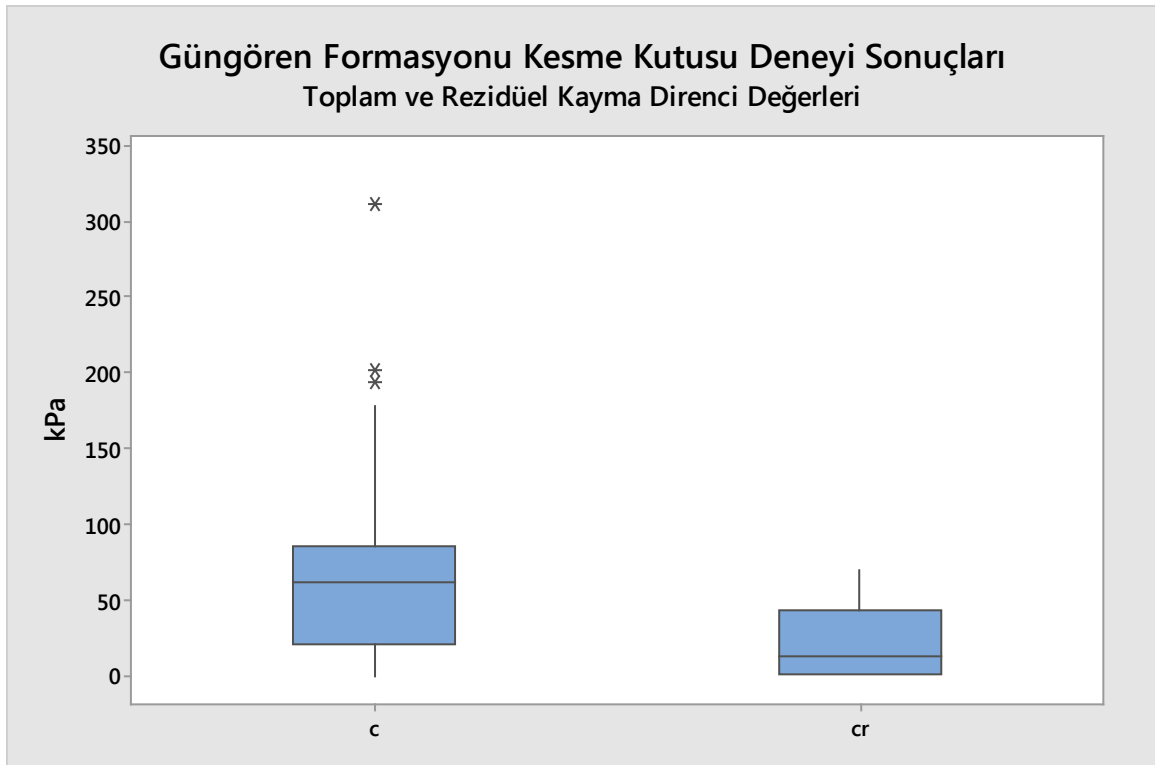
Ek-3.F: Güngören formasyonu CU-üç eksenli hücre kesme deneyi değerlerine ait kutu grafiği



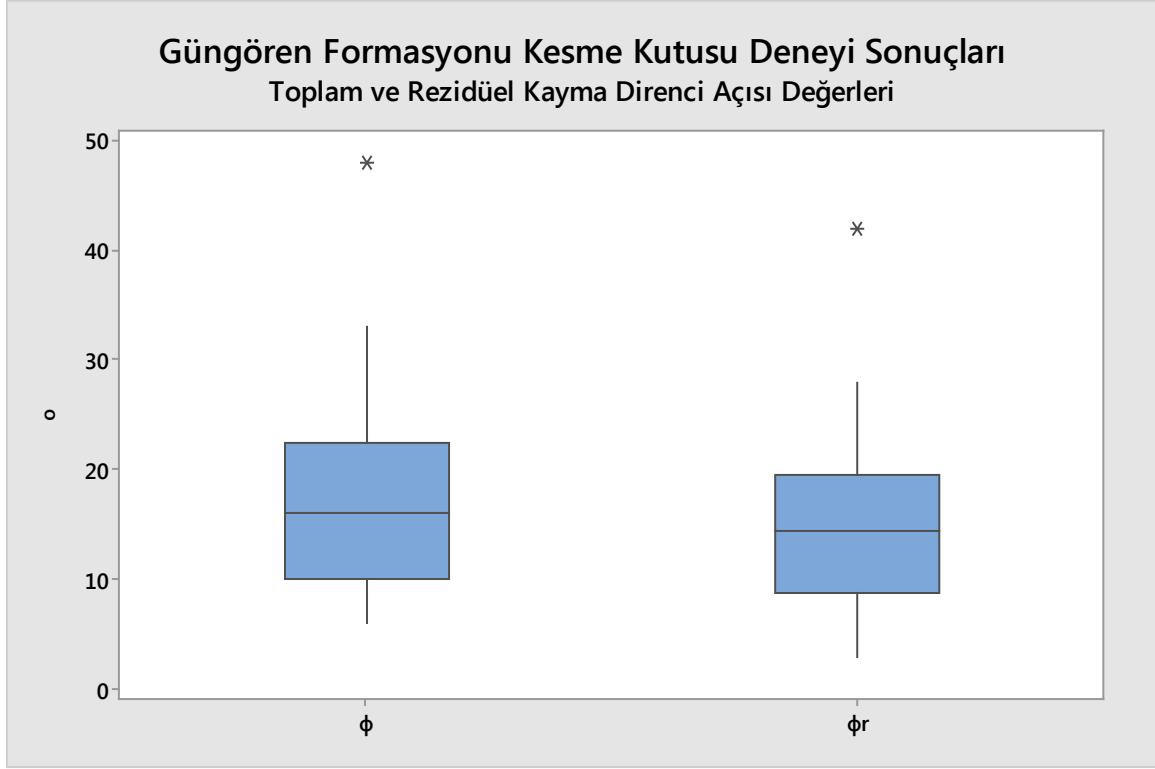
Ek-3.F (devam): Güngören formasyonu CU-üç eksenli hücre kesme deneyi değerlerine ait kutu grafiği



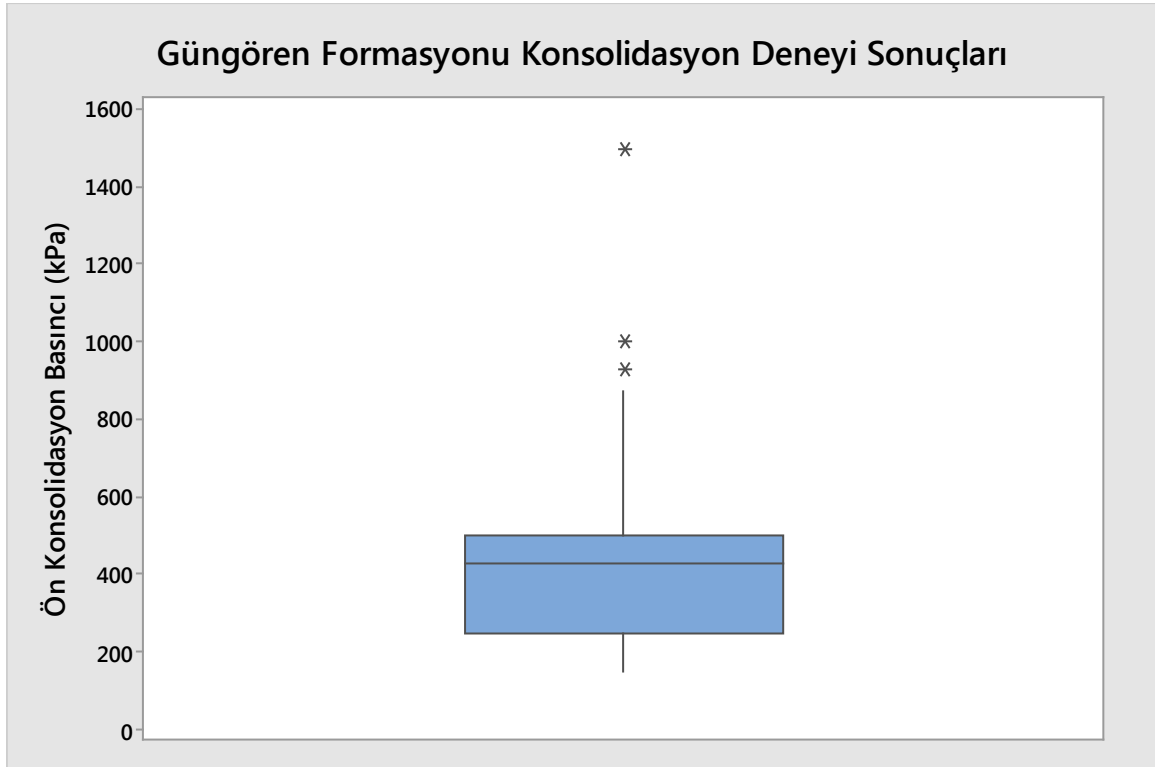
Ek-3.G: Güngören formasyonu kesme kutusu deneyi değerlerine ait kutu grafiği



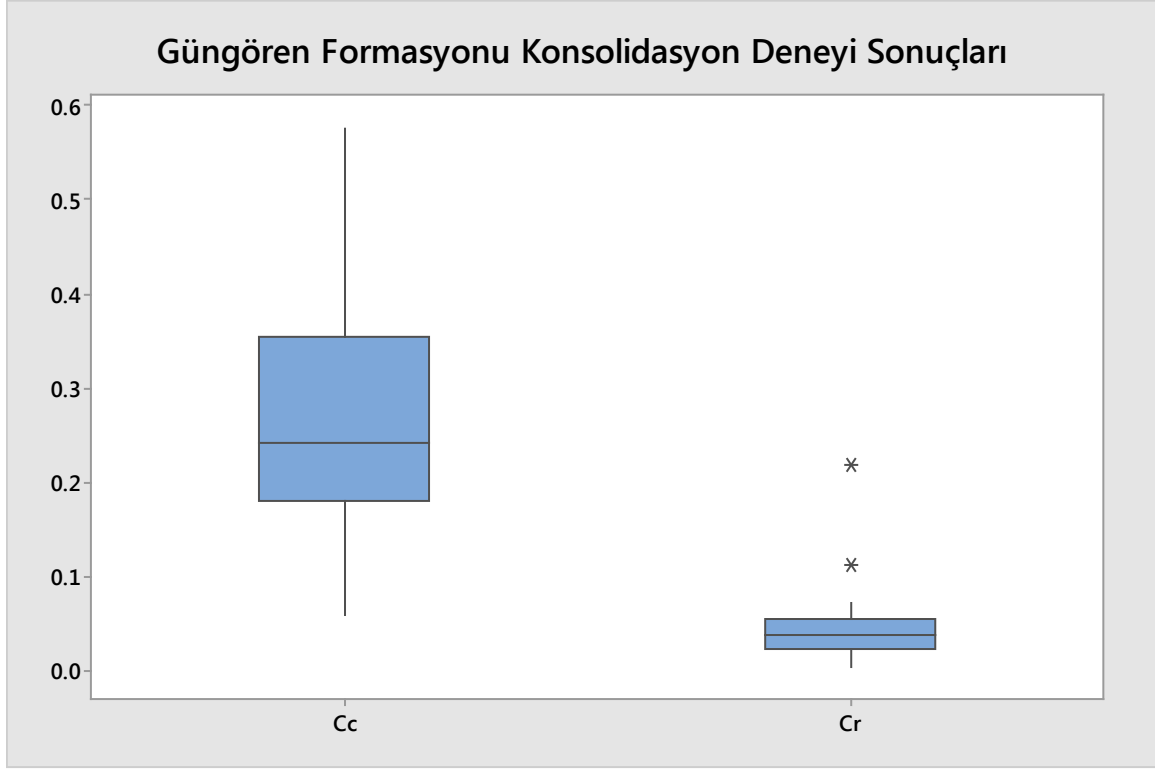
Ek-3.G (devam): Güngören formasyonu kesme kutusu deneyi değerlerine ait kutu grafiği



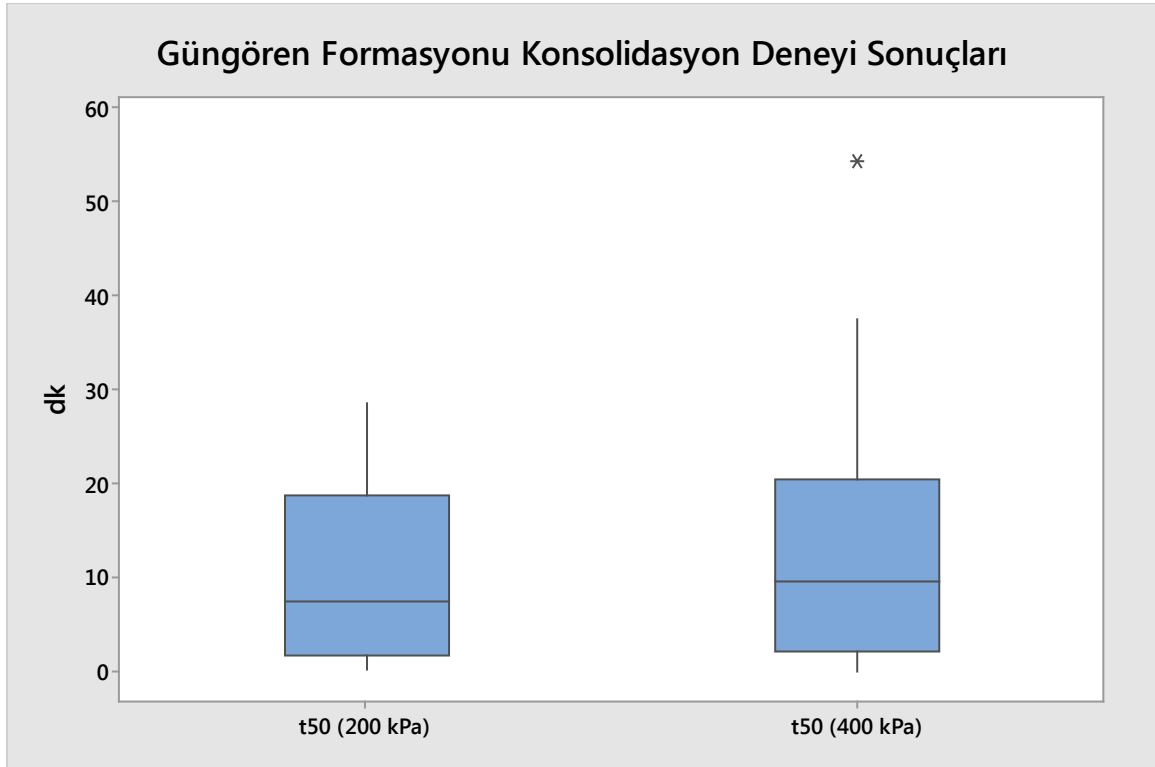
Ek-3.H: Güngören formasyonu konsolidasyon deneyi değerlerine ait kutu grafiği



Ek-3.H (devam): Güngören formasyonu konsolidasyon deneyi değerlerine ait kutu grafiği

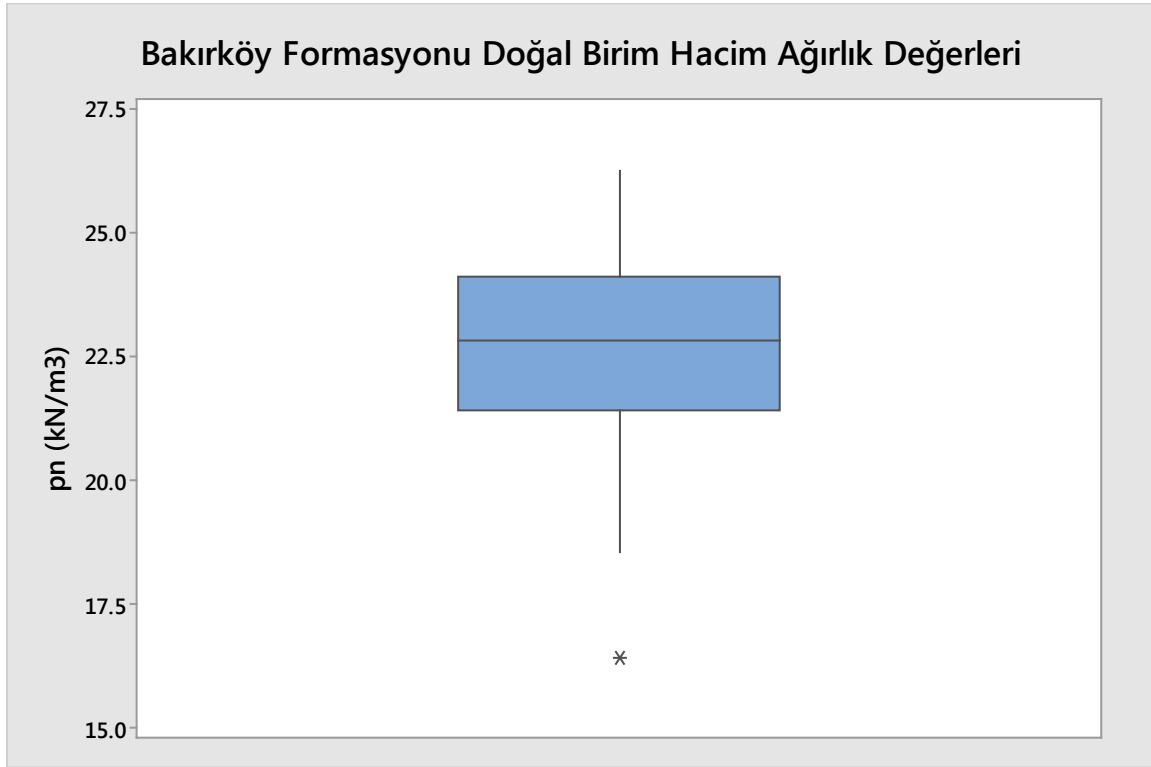


Ek-3.H (devam): Güngören formasyonu konsolidasyon deneyi değerlerine ait kutu grafiği



Ek-4

Ek-4.A: Bakırköy formasyonu doğal birim hacim ağırlık değerlerine ait kutu grafiği



Ek-4.B: Bakırköy formasyonu kayada tek eksenli basma dayanımı değerlerine ait kutu grafiği

