

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURSARAY B ETABI GÜZERGAHININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

YÜKSEK LİSANS

Jeoloji Müh. Mine Gönül AYDIN

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Özkan CORUK

KOCAELİ, 2009

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURSARAY B ETABI GÜZERGAHININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Mine Gönül AYDIN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25 Aralık 2008

Tezin Savunulduğu Tarih: 3 Şubat 2009

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr.Özkan Coruk

(.....)

Üye

Yrd.Doç.Dr.Ahmet Karakaş

(.....)

Üye

Yrd.Doç.Dr.Şefik Ramazanoğlu

(.....)

KOCAELİ, 2009

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Türkiye'nin dördüncü büyük şehri olan Bursa, coğrafi konumu, verimli toprakları, hızla gelişen sanayisi ile nüfusu hızla artmaktadır. Artan nüfusu, yaşanan ulaşım ve çevre sorunları karşısında raylı sistemin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, Bursa Büyükşehir Belediyesi, Tekfen Holding A.Ş. ve Yapı ICF Kaiser Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş. ortaklığıyla Bursaray B Etabı projesi gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, Bursaray B Etabı güzergahının mühendislik jeolojisi açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Öncelikle, çalışmalarım süresince öneri ve eleştirileri ile beni yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında benden desteğini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Özkan CORUK'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bilgi ve tecrübesiyle gerek üniversite hayatım, gerekse bu çalışmam boyunca bana her zaman destek olan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ'a teşekkür ederim.

Değerli görüşleri ile tezime katkı sağlayan hocam Yrd.Doç.Dr.Şefik RAMAZANOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Bursaray B Etabı güzergahı ile ilgili veri toplama ve değerlendirme çalışmalarım sırasında gösterdiği özveriden dolayı Bursaray Jeoteknik Ölçümler Değerlendirme Mühendisi Sayın Özcan ALTUN'a ve arazi çalışmaların sırasındaki Tekfen İnşaat A.Ş. Bursa Merkez Şantiye Şefi İnş. Müh. Sayın Emin TANSİ'ye, MBM İnş. Taah. Ltd. Şti. Genel Müdürü İnş. Yük. Müh. Mahmut DEMİRÖZ'e çok teşekkür ederim.

Tez ile ilgili çizimlerin yapımında bana yardımcı olan sevgili ağabeyim Mimar Cem AYDIN'a çok teşekkür ederim.

Bana her türlü imkanı sağlayan PROTEST YAPI ARAŞTIRMA ve TEST MERKEZİ San. Tic. A.Ş. yetkilileri İnş. Müh. Sayın Yaşar POYRAZ, İnş. Müh. Sayın Abdullah ATILMAN ve İnş. Müh. Sayın Hakan BUDUNOĞLU ile desteklerini benden esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Jeoloji Müh. Ahmet ÖZDAĞ, İnş. Teknikeri Pınar BAYKAL, İnş. Teknikeri Süleyman İLKER başta olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında bilgi ve birikimlerini benden esirgemeyen değerli Jeoloji Mühendisleri Sayın Nedim ÖZHAN'a, Sayın Hasan KOYUNLULAR'a, Sayın Engin ER'e, Sayın Adnan KANBUROĞLU'na, Sayın Aslı Esra YONTAR'a ve Sayın Özgür YILMAZ'a çok teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her aşamasında yanımda olup, bana maddi ve manevi destek olan, birçok fedakârlığa katlanarak beni bu günlere getiren, varlıklarıyla bana güç veren değerli AİLEM'e sonsuz minnet duygularımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLolar DİZİNİ.....	vii
SİMGELER	x
ÖZET	xi
İNGİLİZCE ÖZET	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışma Alanı	2
1.3. Çalışma Yöntemleri	4
1.4. Önceki İncelemeler	4
2. GENEL JEOLojİ	8
2.1. Bölgesel Jeoloji	8
2.1.1. Uludağ Metamorfikleri (Pzş)	11
2.1.2. Karakaya Formasyonu (Trk)	11
2.1.3. Bayırköy Formasyonu (Jba)	12
2.1.4. Bilecik kireçtaşı (Jb)	12
2.1.5. Vezirhan Formasyonu (Kv)	12
2.1.6. Gölpazarı grubu (Kg)	13
2.1.7. Dürdane Formasyonu (Td)	13
2.1.8. Uludağ Granodiyoriti (Tug).....	14
2.1.9. Köprühisar formasyonu (Tk)	14
2.1.10. Alüvyon (Qal)	15
2.1.11. Yamaç molozu (Qym)	15
2.2. Tektonik	16
2.3. İnceleme Alanının Jeolojisi	17
2.3.1. Köprühisar formasyonu (Tk)	19
2.3.2. Alüvyon (Qal)	19
2.3.3. Yamaç molozu (Qym)	20
2.3.4. Yapay dolgu (Qd)	20

3. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ	22
3.1. Bursaray B Etabı Projesi	22
3.2. Hidrojeoloji	24
3.3. Arazi Çalışmaları	25
3.3.1. Temel sondajlar	25
3.3.2. Arazi deneyleri	27
3.3.2.1. Standart penetrasyon testi (SPT)	27
3.3.2.2. Presiyometre deneyi	28
3.3.2.3. Sabit seviyeli permeabilite deneyi	28
3.4. Laboratuvar Deneyleri	29
3.4.1. Tane boyu dağılımı tayini	29
3.4.2. Doğal su içeriği (ω_n)	29
3.4.3. Kıvam limitleri	29
3.4.3.1. Likit limit (LL)	29
3.4.3.2. Plastik limit (PL)	30
3.4.3.3. Plastisite indeksi (PI)	30
3.4.3.4. Likitlik indeksi (LI)	30
3.4.3.5. Kıvamlılık indeksi (Ic)	31
3.4.3.6. Sıkışma indeksi (Cc)	32
3.4.4. Serbest basınç deneyi	32
3.4.5. Üç eksenli basınç deneyi	33
3.4.6. Konsolidasyon deneyi	33
3.5. Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi	34
3.6. Zeminlerin Kazılabilirlik Sınıflaması	34
3.6.1. Toprak zeminler	34
3.6.2. Kuskülük zeminler	35
3.6.3. Kaya zeminler	35
3.6.4. Batak ve balçık zeminler	35
3.7. Zeminlerin Sıvılaşma Özellikleri	36
3.8. Zeminlerin Şişme Özellikleri	36
3.9. Birimlerin Mühendislik Jeolojisi Özellikleri	37
3.9.1. Köprühisar formasyonu (Tk)	37
3.9.2. Alüvyon (Qal)	38
3.9.2.1. Çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil (Qal1)	38
3.9.2.2. Çakıllı siltli kum (Qal2)	40
3.9.2.3. Siltli kumlu çakıl (Qal3)	41
3.9.3. Yamaç molozu (Qym)	43
3.9.4. Yapay dolgu (Qd)	44

3.10. Yapı Temel Alanlarının Mühendislik Jeolojisi Özellikleri	45
3.10.1. İstasyonlar	45
3.10.1.1. Demirtaşpaşa İstasyonu (km:17+276-km:17+396)	46
3.10.1.2. Gökdere İstasyonu (km:18+131-km:18+251)	53
3.10.1.3. Davutdede İstasyonu (km:18+994-km:19+114)	61
3.10.1.4. Duaçınarı İstasyonu (km:19+988-km:20+108).....	73
3.10.1.5. Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu (km:20+778-km:20+898)	83
3.10.1.6. Arabayatağı İstasyonu (km:21+501-km:21+621)	90
3.10.2. Hemzemin geçişler	93
3.10.3. Aç-kapa tüneller	93
3.10.3.1. Haşim İşcan Tüneli (km:17+027-km:17+229).....	95
3.10.3.2. Acem Reis Tüneli (km:17+349-km:18+139)	99
3.10.4. Gökdere Viyadüğü (km:18+259-km:18+886)	107
4. SONUÇLAR.....	156
KAYNAKLAR	161
EKLER	164
ÖZGEÇMİŞ	165

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İnceleme alanına ait yer bulduru haritası	2
Şekil 1.2. Bursaray B Etabı güzergahı	3
Şekil 2.1. Bursa ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti	9
Şekil 2.2. Bursa ve çevresinin jeoloji haritası	10
Şekil 2.3. Bursaray B Etabı güzergahı genelleştirilmiş sütun kesiti	17
Şekil 2.4. Bursaray B Etabı güzergahı genelleştirilmiş jeolojik kesiti	18
Şekil 2.5. İnceleme alanının jeoloji haritası	21
Şekil 3.1. Likitlik indeksine göre zeminin konsolidasyon derecesi	31
Şekil 3.2. Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti	47
Şekil 3.3. Demirtaşpaşa İstasyonu kesimi SPT-N ₃₀ değerlendirmesi	49
Şekil 3.4. Demirtaşpaşa İstasyonu temel zemini tane boyu dağılımı	50
Şekil 3.5. BSB-2 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	52
Şekil 3.6. BSB-3 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	53
Şekil 3.7. Gökdere İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti	55
Şekil 3.8. Gökdere İstasyonu kesimi SPT-N ₃₀ değerlendirmesi	57
Şekil 3.9. Gökdere İstasyonu temel zemini tane boyu dağılımı	59
Şekil 3.10. BSB-7 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	61
Şekil 3.11. Davutdede İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti	63
Şekil 3.12. Davutdede İstasyonu kesimi SPT-N ₃₀ değerlendirmesi	65
Şekil 3.13. Davutdede İstasyonu temel zemini tane boyu dağılımı	67
Şekil 3.14. Davutdede İstasyonu temelinin oturduğu CL biriminin likitlik indeksine göre değerlendirilmesi	69
Şekil 3.15. Davutdede İstasyonu temelinin oturduğu CL biriminin kıvamlılık indeksine göre değerlendirilmesi	70
Şekil 3.16. BSB-32 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	72
Şekil 3.17. BSB-34 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	73
Şekil 3.18. Duaçınarı İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti	74
Şekil 3.19. Duaçınarı İstasyonu kesimi SPT-N ₃₀ değerlendirmesi	76
Şekil 3.20. Duaçınarı İstasyonu temel zemini tane boyu dağılımı	78
Şekil 3.21. Duaçınarı İstasyonu temelinin oturduğu CL biriminin likitlik indeksine göre değerlendirilmesi	80
Şekil 3.22. Duaçınarı İstasyonu temelinin oturduğu CL biriminin kıvamlılık indeksine göre değerlendirilmesi	80
Şekil 3.23. BSB-35 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	82

Şekil 3.24. BSB-37 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	82
Şekil 3.25. Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti.....	85
Şekil 3.26. Yüksek İhtisas Hastane İstasyonu kesimi SPT-N ₃₀ değerlendirmesi.....	86
Şekil 3.27. Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu temel zemini tane boyu dağılımı ...	87
Şekil 3.28. BSB-38 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	89
Şekil 3.29. Arabayatağı İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti	91
Şekil 3.30. Arabayatağı İstasyonu kesimi SPT-N ₃₀ değerlendirmesi.....	92
Şekil 3.31. Tünel yapımını gösteren fotoğraf-1.....	94
Şekil 3.32. Tünel yapımını gösteren fotoğraf-2.....	94
Şekil 3.33. Haşim İşcan Tüneli kesiminin jeolojik kesiti	96
Şekil 3.34. Haşim İşcan Tüneli kesimi SPT-N ₃₀ değerlendirmesi.....	97
Şekil 3.35. Haşim İşcan Tüneli temel zemini elek analizi sonuçları	98
Şekil 3.36. Acem Reis Tüneli temel zemini tane boyu dağılımı	103
Şekil 3.37. BSB-4 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	105
Şekil 3.38. BSB-6 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	106
Şekil 3.39. Gökdere Viyadüğü kesimi tane boyu dağılımı.....	123
Şekil 3.40. Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CH biriminin likitlik indeksine göre değerlendirilmesi.....	130
Şekil 3.41. Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin likitlik indeksine göre değerlendirilmesi.....	133
Şekil 3.42. Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin kıvamlılık indeksine göre değerlendirilmesi	135
Şekil 3.43. BSB-11 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	141
Şekil 3.44. BSB-12 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	142
Şekil 3.45. BSB-13 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	142
Şekil 3.46. BSB-14 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	143
Şekil 3.47. BSB-15 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	143
Şekil 3.48. BSB-17 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	144
Şekil 3.49. BSB-18 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	144
Şekil 3.50. BSB-19 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	145
Şekil 3.51. S1 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	145
Şekil 3.52. BSB-22 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	146
Şekil 3.53. BSB-23 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	146
Şekil 3.54. BSB-24 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	147
Şekil 3.55. BSB-25 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	147
Şekil 3.56. BSB-26 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	148
Şekil 3.57. BSB-27 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	148
Şekil 3.58. BSB-28 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	149
Şekil 3.59. BSB-31 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi	149

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Bursaray B etabı güzergahında yer alan yapı türleri ve uzunlukları	22
Tablo 3.2. Yeraltısuyu durumu	24
Tablo 3.3. Sondaj kuyusu bilgileri	26
Tablo 3.4. SPT-N ₃₀ değeri ile kıvamlılık arasındaki ilişki.....	27
Tablo 3.5. SPT-N ₃₀ değeri ile sıklık arasındaki ilişki	27
Tablo 3.6. Zeminlerin geçirimlilik katsayılarına göre tanımlanması.....	28
Tablo 3.7. Plastisite derecesinin plastisite indeksine göre belirlenmesi	30
Tablo 3.8. Zeminlerin likitlik indeksine göre tanımlanması.....	31
Tablo 3.9. Zeminlerin kıvamlılık indeksine göre sınıflandırılması	31
Tablo 3.10. Zeminlerin sıkışabilirliği	32
Tablo 3.11. Serbest basınç direnci ile kıvam arasındaki ilişki	32
Tablo 3.12. Siltli ve killi kumların sıvılaştırılabilirliği	36
Tablo 3.13. Şişen zeminlerin sınıflaması.....	37
Tablo 3.14. Alüvyon (Qal1) biriminde yapılan permeabilite deney sonuçları	39
Tablo 3.15. Alüvyon (Qal2) biriminde yapılan permeabilite deney sonucu	41
Tablo 3.16. Alüvyon (Qal3) biriminde yapılan permeabilite deney sonuçları.....	42
Tablo 3.17. Yamaç molozu biriminde yapılan permeabilite deney sonuçları.....	44
Tablo 3.18. Yapay dolgu biriminde yapılan permeabilite deney sonuçları	45
Tablo 3.19. Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları	48
Tablo 3.20. Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları	50
Tablo 3.21. Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları	51
Tablo 3.22. Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları	52
Tablo 3.23. Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan permeabilite deney sonuçları....	54
Tablo 3.24. Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları.....	56
Tablo 3.25. Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları	58
Tablo 3.26. Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları.....	59
Tablo 3.27. Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları...	60
Tablo 3.28. Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan permeabilite deney sonuçları	61
Tablo 3.29. Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları	64
Tablo 3.30. Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları	66

Tablo 3.31. Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları.....	67
Tablo 3.32. Davutdede İstasyonu kesiminde gözlenen CL biriminin likitlik indeksine göre sınıflandırılması.....	68
Tablo 3.33. Davutdede İstasyonu kesiminde gözlenen CL biriminin kıvamlılık indeksine göre sınıflandırılması.....	69
Tablo 3.34. Davutdede İstasyonu kesiminde gözlenen CL biriminin sıkışma indeksine göre sınıflandırılması.....	70
Tablo 3.35. Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan serbest basınç deney sonuçları	71
Tablo 3.36. Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan konsolidasyon deney sonuçları	71
Tablo 3.37. Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları	72
Tablo 3.38. Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları	75
Tablo 3.39. Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan permeabilite deney sonuçları ..	77
Tablo 3.40. Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları	77
Tablo 3.41. Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları.....	78
Tablo 3.42. Duaçınarı İstasyonu kesiminde gözlenen CL biriminin likitlik indeksine göre sınıflandırılması.....	79
Tablo 3.43. Duaçınarı İstasyonu kesiminde gözlenen CL biriminin kıvamlılık indeksine göre sınıflandırılması	80
Tablo 3.44. Duaçınarı İstasyonu kesiminde gözlenen CL biriminin sıkışma indeksine göre tanımlamaları	81
Tablo 3.45. Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları ..	81
Tablo 3.46. Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları ..	83
Tablo 3.47. Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminde yapılan permeabilite deney sonuçları.....	84
Tablo 3.48. Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları	87
Tablo 3.49. Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları.....	88
Tablo 3.50. Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları.....	88
Tablo 3.51. Arabayatağı İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları	90
Tablo 3.52. Haşim İşcan Tüneli kesiminde yapılan SPT sonuçları	95
Tablo 3.53. Haşim İşcan Tüneli kesiminde yapılan elek analizi sonuçları.....	98

Tablo 3.54. Haşim İşcan Tüneli kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları.....	98
Tablo 3.55. Haşim İşcan Tüneli kesiminde yapılan presiyometre deney sonucu	99
Tablo 3.56. Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan SPT sonuçları.....	100
Tablo 3.57. Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan permeabilite deney sonuçları....	101
Tablo 3.58. Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan elek analizi sonuçları	102
Tablo 3.59. Acem Reis Tüneli kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları.....	103
Tablo 3.60. Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları...	105
Tablo 3.61. Gökdere Viyadüğü'nün inşa edildiği kesimde yapılan sondajlar ve kazık boyları	107
Tablo 3.62. Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen yeraltısuyu seviyeleri	107
Tablo 3.63. Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan SPT sonuçları	108
Tablo 3.64. Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan elek analizi sonuçları	118
Tablo 3.65. Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları.....	124
Tablo 3.66. Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CH biriminin likitlik indeksine göre tanımlamaları	130
Tablo 3.67. Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CH biriminin kıvamlılık indeksine göre tanımlaması	130
Tablo 3.68. Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CH biriminin sıkışma indeksine göre tanımlamaları	131
Tablo 3.69. Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin likitlik indeksine göre tanımlamaları	131
Tablo 3.70. Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin kıvamlılık indeksine göre tanımlaması	133
Tablo 3.71. Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin sıkışma indeksi tanımlaması	135
Tablo 3.72. Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan serbest basınç deneyi sonuçları	137
Tablo 3.73. Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları	137
Tablo 3.74. Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan konsolidasyon deney sonuçları	138
Tablo 3.75. Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları	139

SİMGELER

c	: kohezyon, (kg/cm ²)
Cc	: sıkışma indeksi (%)
c _u	: drenajsız kohezyon (kg/cm ²)
E	: elastisite modülü, (kg/cm ²)
e _n	: boşluk oranı, (%)
I _c	: kıvamlilik indeksi (%)
q _u	: serbest basınç direnci, (kg/cm ²)
q _u	: taşıma gücü, (kg/cm ²)
LI	: likitlik indeksi (%)
LL	: likit limit (%)
k	: taşıma gücü faktörü
K	: geçirimlilik katsayısı, (m/s)
m _v	: hacimsel sıkışma katsayısı, (cm ² /kg)
PL*	: net limit basınç, (kg/cm ²)
PL	: plastik limit (%)
PI	: plastisite indeksi (%)
R	: refü
SPT-N ₃₀	: standart penetrasyon direnci
ω _n	: doğal su içeriği, (%)
Ø	: içsel sürtünme açısı, (°)
γ _n	: doğal birim hacim ağırlığı (t/m ³)
γ _s	: kuru birim hacim ağırlığı (t/m ³)

Kısaltmalar

MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
SPT	: Standart Penetrasyon Testi
USCS	: Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi

BURSARAY B ETABI GÜZERGAHININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Mine Gönül AYDIN

Anahtar Kelimeler: Bursaray, Hafif Raylı Sistem, Mühendislik Jeolojisi

ÖZET: Bu çalışmada, Bursaray B Etapı güzergahının mühendislik jeolojisi açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bursaray B Etapı güzergahı yaklaşık 4.86 km uzunluğunda, 6 adet istasyon, 2 adet tünel ve 1 adet viyadükten oluşmaktadır. Güzergahta jeolojik istif alttan üstte doğru Köprühisar formasyonu, alüvyon ve yamaç molozu birimlerinden oluşur. Köprühisar formasyonu güzergahın orta kesiminde yaklaşık 200 m'lik bir mesafede yer altı birimi olarak izlenmektedir. Birim az tutturulmuş kumlu kil/kumlu silt ve çakıllı kum litolojilerinden oluşmuştur. Güzergahın doğu ve batı kesimlerinde bloklu siltli kumlu çakıldan oluşan yamaç molozu, orta kesimde ise alüvyon vardır. Alüvyon tane boyu dağılımına göre üç farklı bölüme ayrılmıştır. Çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil düzeyleri Qal1, çakıllı siltli kum düzeyleri Qal2 ve siltli kumlu çakıl düzeyleri Qal3 olarak tanımlanmıştır. Alüvyonda egemen litoloji siltli kumlu çakıldan oluşan Qal3 düzeyidir. Qal1 ve Qal2 düzeyleri genelde mercer ve ara düzeyler şeklinde izlenmektedir. Zemin davranışı gösteren istifteki tüm birimler üst düzeylerde orta sıkı-sıkı ve/veya katı-çok katı, daha derinde ise çok sıkı ve/veya katı özelliktedir. Güzergahtaki istasyon yapıları genelde sert ve çok sıkı yamaç molozu ve alüvyon biriminin değişik düzeylerine oturtulmuştur. Viyadük geçişlerinde ise yapı yükleri fore kazıklarla daha derindeki taşıyıcı tabakalara aktarılmıştır. Tüneller kademeli kazı şeklinde aç kapa kazı yöntemi ile inşa edilmiştir. Kazı şevlerinin duraylılığı diyafram duvarlar ve ankrajlı destek yapılarıyla sağlanmıştır.

ENGINEERING GEOLOGY OF BURSARAY B STAGE ROUTE

Mine Gönül AYDIN

Key Words: Bursaray, Light Railway System, Engineering Geology

ABSTRACT: The aim of this study is to assess the Bursaray B Stage Route within the scope of engineering geology. The Bursaray B Stage route is about 4,86 km length with 6 stations, 2 tunnels and 1 viaduct. In the route, geological sequence from base-to-top consists of Köprühisar formation, alluvium and slope debris. Köprühisar formation is observed as underground unit, in the middle of the route, within 200 m spacing. This formation is composed of loose sandy clay/sandy silt and gravelly sand lithologies. Slope debris deposits containing blocky, silty and sandy gravel in east and west sections of the route, and alluvium in the middle section. Alluvium is divided into three subunits based on grain-size distribution. Gravelly sandy silt/ gravelly sandy clay levels are defined as Qal1, gravelly silty sand levels as Qal2, silty sandy gravel levels as Qal3. The dominant lithology in alluvium is Qal3 consisting of silty sandy gravel. Qal1 and Qal2 levels are usually observed as lenses and interbedded levels. All units indicating soil behavior in the sequence are medium dense-dense and stiff-very stiff at upper levels and are very dense and stiff at lower levels. The stations on the route are constructed on hard and very dense slope debris and on the different levels of alluvial units. At viaduct legs, structure load is transferred to deeper bearing layers with the piles. The tunnels were constructed with a graded digging cut and cover method. The stability of cut slopes was achieved by diaphragm walls and anchor supporting structures.

1.GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

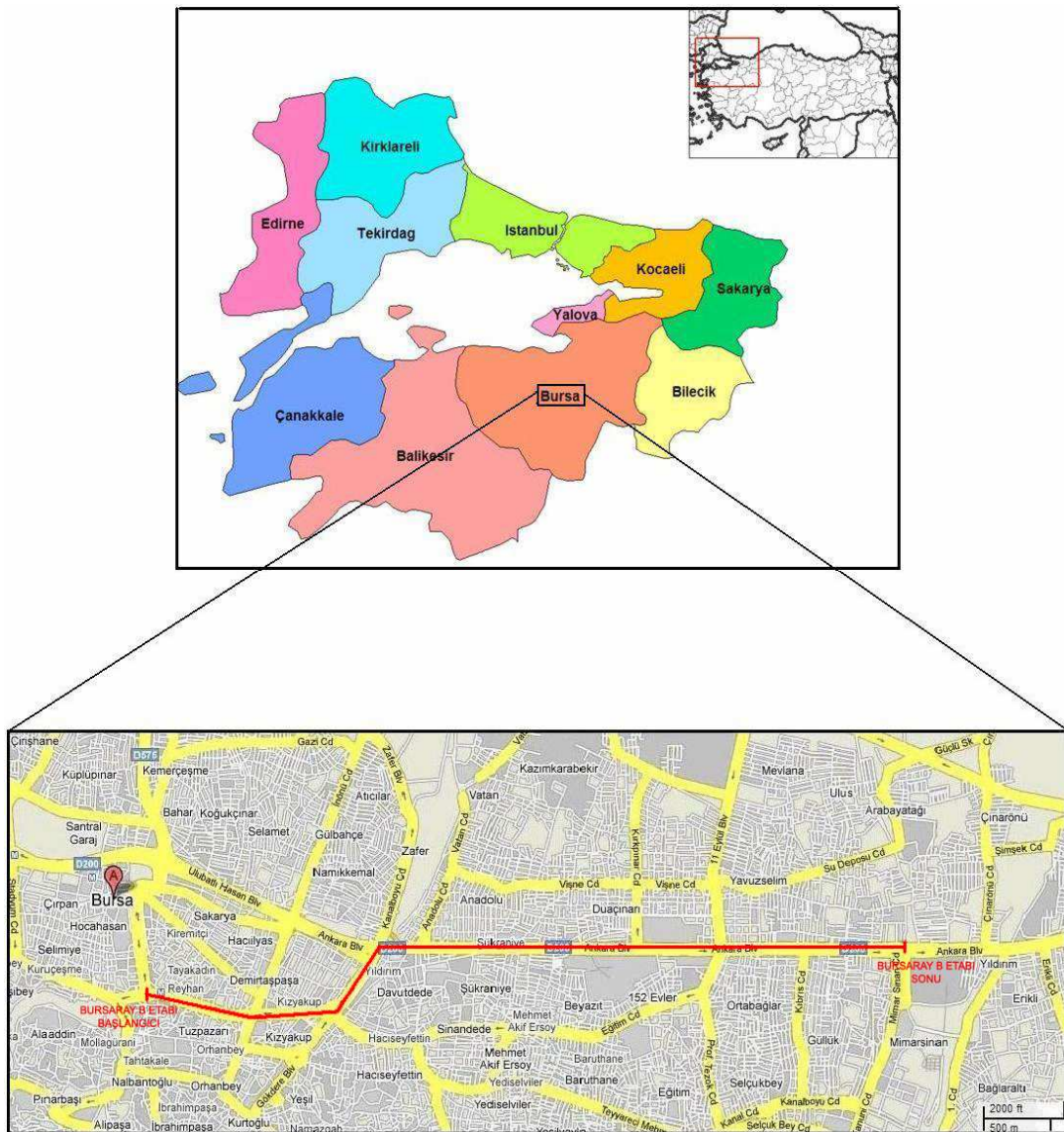
Bursa, gelişmiş sanayisi ve konumu ile çok göç alan bir şehirdir. Bunun sonucunda hızlı nüfus artışına bağlı olarak yerleşim alanlarının artması, şehir içi ulaşımını olumsuz yönde etkilemektedir. Nüfus artışına ve şehrin büyümesine paralel olarak ulaşım sorununun büyümesini önlemek için ulaşım olanaklarının artırılması gereklidir. Bu nedenle, Bursa Hafif Raylı Sistem (Bursaray) çalışmalarına başlanmıştır. Bursa'nın merkez ilçe ve semtlerini doğu-batı doğrultusunda birbirine bağlayan 8 Temmuz 1998 tarihinde temeli atılan Bursaray A etabı 17027 km uzunluğunda, 17 adet istasyondan ve 2 hattan oluşur. 2008 yılında hafif raylı sistem Bursaray B etabı adıyla uzatılmıştır.

Bursaray, 600-1000 metrede durağı olan, ortalama 300 yolcu kapasiteli vagonlara sahip, saatte 40-80 km hız yapabilen, hemzeminde, tünelde ve viyadükte tek yönde saatte 10-25 bin arasında yolcu taşıyabilen bir ulaşım sistemidir.

Bu çalışmada, Bursaray B Etabı güzergahının mühendislik jeolojisi açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Mühendislik özelliklerini sayısal olarak ifade etmek amacıyla arazi ve laboratuvar deneylerinin sonuçları değerlendirilmiştir. Birimlerin jeolojik ve jeoteknik özellikleri araştırılmıştır.

1.2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Marmara Bölgesi'nin güneyinde, Bursa İli, Yıldırım İlçesi sınırları içerisinde yer alır. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası Şekil 1.1.'de verilmiştir. Bursaray B Etabı güzergahı; Şehreküstü'den doğuya doğru devam ederek, Haşim İşcan Caddesi'ni takiben Gökdere Bulvarı'na varır ve Ankara Yolu'ndan ilerleyerek Arabayatağı Mevki'inde son bulur (Şekil 1.2.). Çalışma alanı, 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritaların Bursa H22-d1 paftasında yer almaktadır.



Şekil 1.1: İnceleme alanına ait yer bulduru haritası



Şekil 1.2: Bursaray B Etapı güzergahı

1.3. Çalışma Yöntemleri

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar; veri derleme, arazi ve büro çalışmaları sonucunda tamamlanmıştır.

Çalışmalar sırasında ilk aşamada, inceleme alanıyla ilgili önceden yapılmış jeolojik, hidrojeolojik ve jeoteknik çalışmalar derlenmiş ve değerlendirilmiştir. Bölgenin MTA tarafından hazırlanan 1/500.000 ve 1/25.000 ölçekli jeoloji haritaları incelenerek çalışma alanı ve çevresinin jeolojisi hakkında bilgi edinilmiştir.

Güzergah boyunca açılan 45 adet temel sondaj kuyusu ve yerinde ölçümler değerlendirilmiştir. Açılan sondajlardan örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri alınarak, laboratuvar deneyleri yapılmış ve zemini oluşturan birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri, yeraltısuyu durumu araştırılmıştır. Büro çalışmalarında ise, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.4. Önceki İncelemeler

İnceleme alanı ve inceleme alanının yer aldığı bölge, birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda bölgenin jeolojik, tektonik ve mühendislik jeolojisi özellikleri tanımlanmıştır. İnceleme alanı ve çalışma amacı ile ilgili yararlanılan araştırmalar kronolojik sıraya göre verilmiştir.

Ketin (1947) Uludağ Masifi'ni yüksek derecede metamorfizma geçirmiş 'A Serisi' ve düşük derecede metamorfizma geçirmiş 'B Serisi' olmak üzere iki seviyeye ayırmıştır. A serisinin çeşitli gnays ve amfibolit türleri içeren şisti mermerden, B serisinin çeşitli şist ve fillitlerle yarı kristalin-yarı mermer özelliği taşıyan kireçtaşlarından meydana geldiğini açıklamıştır. Detritik seri olarak adlandırdığı Permo-Karbonifer yaşlı kırıntılı kayaç topluluğu ile bunların üzerindeki Permian yaşlı kireçtaşlarının masifin jeolojik yapısına katıldığını belirtmiştir. Masifin Hersiniyen orojenezinden etkilenerek devrik bir antiklinal oluşturduğunu, bu antiklinal içerisine granit intrüzyonu ile de Uludağ Plütunu'nun geliştiğini belirtmiştir.

Granit ve Tintant (1960) Bilecik ve dolayındaki Jura yaşı kireçtaşlarını çalışan araştırmacılar genellikle kırıntılı ve oolitik sparitik kireçtaşı ile başlayan, üstte doğru pembe-beyaz renkli mikritik kireçtaşına geçen tabanda daha çok sparitik dokulu olan kireçtaşını ilk defa Bilecik Kireçtaşı olarak adlandırmışlardır.

Eroskay (1965) Paşalar Boğazı-Gölpazarı alanının jeolojisini çalışmış ve jeolojik birimleri haritalamıştır. Çalışma alanında yüzeylenen en yaşı birimin Permiyen'e ait Derbent Kireçtaşı olduğunu söylemiştir. Bayırköy Formasyonunu yaşlıdan gence doğru Senomaniyen-Santoniyen yaşı Bilecik Kireçtaşı, Santoniyen-Maestrihtiyen yaşı Gölpazarı Grubu, Tersiyer yaşı Selvipınar, Kızılcay ve Gemiciköy Formasyonları olarak ayırtlamıştır.

Bingöl ve diğ. (1973) Uludağ Masifi B Serisinin eş değeri olarak kabul edilen Karakaya Formasyonu'nu ilk kez tanımlayıp adlandırmışlardır. Karakaya Formasyonu'nun güney yönünde yitime uğrayan Paleotetis Okyanusu'nun gerisinde, yay gerisi bir havza şeklinde açılıp kapanan bir havzanın ürünü olduğunu belirtmişlerdir.

Göçmen (1973) Bursa ve Çayırköy Ovaları'nın hidrojeolojik özelliklerini araştırmıştır. Ovada su taşıyan birimin alüvyon olduğunu belirtmiş, jeofiziksel ölçümlerle alüvyon kalınlık haritasını çıkarmıştır. Akiferlerin hidrojeolojik karakteristikleri ile içme ve sulama suyu olarak kullanılabilme özelliklerini tanımlamış ayrıca yeraltısuyu bilançosu yapmıştır. Bursa Ovası'na ait 1/100.000 ölçekli hidrojeoloji haritası hazırlamıştır.

Kutlukan (1973) Bursa Ovası'nı kaplayan alüvyon örtü altında jeolojik yapı, tektonik durum bilhassa taban kayaya ilişkin derinlik hakkında kesin bilgiler elde etmek ve ovanın durumu için bir model ortaya koymak amacıyla sismik yöntem ile ölçümler yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda örtü altında çeşitli doğrultularda gelişmiş tektonik hatlar bulunmuş ve taban kayanın kademeli faylanmalara bağlı olarak 450 metre ile 2400 metre arasında değişen derinliklerde bulunduğu, maksimum alüvyon kalınlığının da 200 metre olduğu ortaya çıkmıştır.

Öztunalı (1973) Uludağ ve Eğrigöz Masiflerinin petrolojisini çalışmış, kayaçların kimyasal analizlerini yapmıştır. Kurşun, Rubidyum/Stronsiyum ve Potasyum/Argon yöntemleri ile masiflerin jeokronolojisini incelemiş, mutlak yaş tayinlerini yapmıştır. Uludağ Masifi üzerinde yapmış olduğu izotopik analizler sonucunda elde etmiş olduğu Rb/Sr yaşı 245 ± 37 my, K/Ar yaşı ise 269 ± 39 my'dır. Uludağ Pltonit'inin kalkalkali tipte, asitik, orta derecede kalsiyumlu tronjemitik bir magmanın Hersiniyen fazda kimyasal dengesini bularak soğumuş bir granodiyorit olduğunu belirtmiştir.

Genç (1986) "Uludağ-İznik Gölü Arasının Jeolojisi" adlı raporda Alt Triyas-st Kretase arasında istifin srekliplik gösterdiğini belirtmiştir. Alt-Orta Triyas yaşlı Karakaya Grubunu üç farklı formasyon ve bir ye olarak haritalamıştır. Formasyonlar, tahmini kalınlığı 2000 m olan Avdancık Formasyonu ile geçişli olup Iğdır Formasyonu olduğunu, Asarlık Kireçtaşı yesi ise Abadiye Formasyonu içerisinde olup Avdancık Formasyonu ile geçişli olduğunu belirtmiştir. Bu istifi Karakaya Grubu ve Iğdır Formasyonlarını zerleyen Liyas yaşlı Bayırköy Formasyonu, Dogger-Erken Kretase yaşlı Bilecik Kireçtaşı ve Senomaniyen-Maestrihtiye yaşlı Yenişehir Grubu'nun oluşturduğunu belirtmiştir.

Yılmaz ve diğ. (1994) "Kuzeybatı Anadolu Geç Mesozoyik Kıta Kenarı'nın Jeolojik Evrimi" adlı çalışmasında Armutlu Yarımadası'nın Sakarya Kıtası, Rodop-Pontid Fragmanı ve ofiyolitten oluşan tektonik bir birlik olduğunu, Geç Kampaniye ve sonrası metamorfik ve metamorfik olmayan birimlerin daha genç birimlere temel oluşturmak üzere tek bir tektonik birlik olarak birleştiklerini belirtmiştir.

Yılmaz (1997) "Batı Anadolu'nun Jeolojisi" adlı çalışmasında Batı Anadolu istiflerinin alt ve st birlikler olarak iki kısma bölünebileceğini belirtmiştir. Alt birliğin en kuzeyde Sakarya Kıtası ile başladığını, Sakarya Kıtası'nı oluşturan birbirinden tamamen farklı iki birlikten birinin yüksek dereceli metamorfik temel ile Permo-Triyas yaşlı örtünün oluşturduğu Uludağ Grubu olduğunu belirtmiştir. Karbonifer-Erken Permiye'e karşılık gelen 272 ± 3 my yaşındaki metamorfik birliğin tektonizma sonrası granitik bir pltonla kesildiğini önceki araştırmalara dayanarak belirtmiştir.

Temson Sondajcılık (2000) "Bursa Büyükşehir Belediyesi Yıldırım İlçesi Zemin Etütleri ve Temel Mühendisliği Değerlendirme Raporu" ile jeolojik, morfolojik, hidrojeolojik ve jeoteknik değerlendirmelerle Bursa Büyükşehir Belediyesi Nazım Plan Daire Başkanlığı'nın ve Yıldırım İlçe Belediyesi'nin Nazım İmar Planlama çalışmalarına yönelik zemin karakterizasyonu ve mikro bölgeleme çalışmalarını kapsamaktadır.

Yüksel Proje (2001) "Bursaray B Hattı Km:17+100-21+052 Arası Zemin Değerlendirme Raporu" çalışması ile istasyon, aç-kapa ve yarmalarla ilgili kazı, inşaat ve destek sistemlerinin projelendirilmesi için gerekli verilen belirlenmesi amaçlanmıştır. Temel sondajlar, yerinde (in-situ) deneyler ve laboratuvar deneylerinden sağlanan verilerin jeoteknik değerlendirmesini kapsamaktadır.

JAS Jeoteknik Araştırma Sondaj (2004) "Bursa Hafif Raylı Sistemi B Etabı Jeolojik Etüt Raporu" çalışması 17+020, 17+690 ve 18+400 km'lere ait detaylı jeolojik etüdü kapsamaktadır.

Geos Geoteknik ve Sondajcılık (2005) "Bursaray Hafif Raylı Sistemi 1. Aşaması B Etabı Gökdere Viyadüğü P7 Ayağı Zemin Etüdü Geoteknik Raporu" çalışması ile Gökdere Viyadüğü P7 ayağı sahası için, zeminin ve yeraltısuyunun durumunu belirlemek amacıyla sondaj verileri, yapılan arazi deneyleri ve laboratuvar deneyleri değerlendirilmiştir.

Zemin Mühendisliği ve İnşaat Sanayi (2006) "Bursaray Bursa Hafif Raylı Sistemi B Etabı Gökdere İstasyonu Araştırma Sondajları Jeoteknik Veri Raporu" ve "Bursaray Bursa Hafif Raylı Sistemi B Etabı Arabayatağı İstasyonu Araştırma Sondajları Jeoteknik Veri Raporu" çalışmaları ile sondaj verileri, yapılan arazi deneyleri ve laboratuvar deneyleri değerlendirilmiştir.

2. GENEL JEOLJİ

2.1. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı ve yakın çevresi büyük oranda Uludağ Masifi, Karakaya Karmaşığı ve bunların üzerinde Neojen karasal ayrılmamış çökellerin oluşturduğu bir alanda yer alır. Bölgenin genel jeolojisi MTA tarafından hazırlanan haritalardan ve daha önceki çalışmalardan yararlanılarak hazırlanmıştır.

İnceleme alanı ve yakın çevresinde gözlenen formasyonlar, yaşlıdan–gence doğru incelenmiş ve özellikleri belirlenmiştir. Şekil 2.1.'de Bursa ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti, Şekil 2.2.'de Bursa ve çevresinin 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası verilmiştir.

İnceleme alanının temelini, Paleozoyik yaşlı yüksek derecede metamorfizma geçirmiş çekirdek durumundaki çeşitli gnays, amfibolit ve şisti mermerler ile bunların arasına sokulmuş granodiyonit batoliti oluşturur. Bu temel üzerine, bu birimler ile tektonik ilişkili ve Paleozoyik yaşlı Dereyörük grubunun düşük derecede metamorfizma geçirmiş bazik metamorfik, metaultrabazik, mermer, kalkışist ve metasedimenter kayalar gelmektedir.

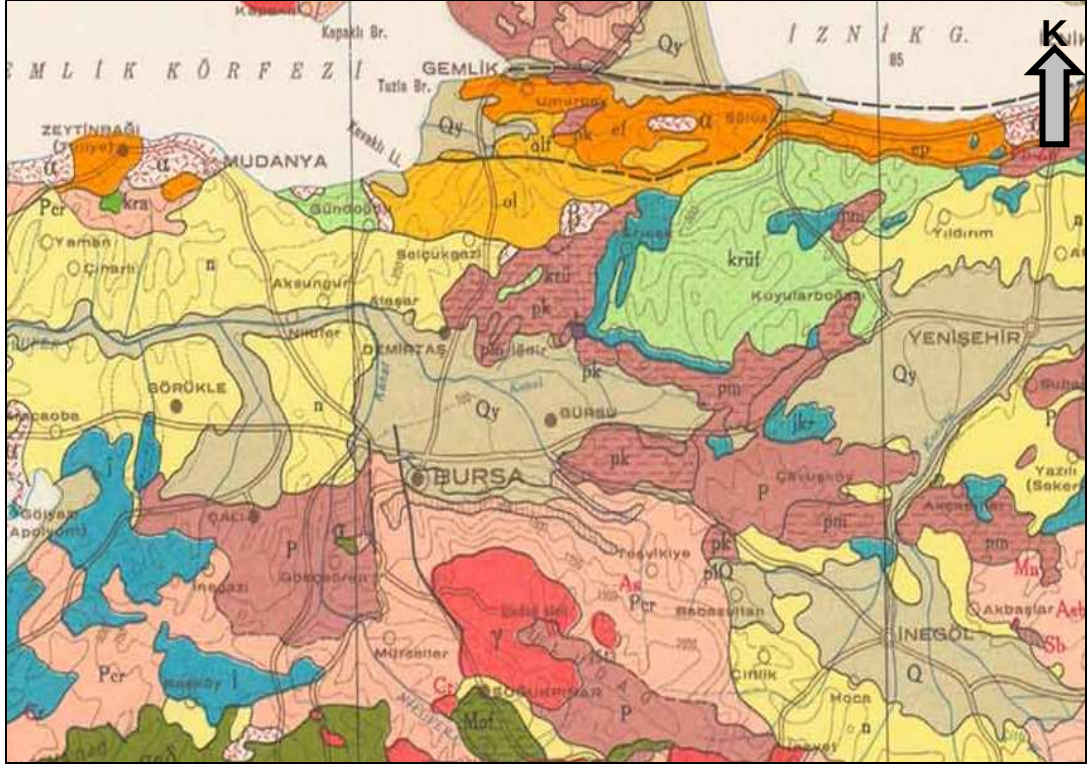
Paleozoyik yaşlı birimler üzerine ilişkisi net olarak görülemeyen, görüldüğü bölümlerde tektonik ilişkili izlenen Triyas yaşlı konglomera, kumtaşı, grovak, kilaşı, spilit, spilitik bazalt, çamurtaşı ve kireçtaşı blok ve mercekleriyle Karakaya Formasyonu gelmektedir. Triyas yaşlı birimler ise Alt Jura yaşlı Bayırköy Formasyonu ile uyumsuz olarak örtülür.

Orta Jura-Eosen zaman aralığında kesiksiz olarak devam eden bir çökel istifi gelmektedir. Jura- Alt Kretase'ye kadar çıkan Bilecik kireçtaşı, Üst Kretase yaşlı Vezirhan Formasyonu ve Alt Eosen-Paleosen yaşlı Gölpazarı grubunun litolojik birimleri birbiriyle geçişlidir.

Eosen-Miyosen zaman aralığında Dürdane Formasyonu ile temsil edilen Eosen yaşı çökel istifi gelmektedir. Bursa ve civarında geniş bir yayılımı olan Neojen birimleri konglomera, kumtaşı, gölsel kireçtaşı ve marn, gevşek tutturulmuş çakıl, kum, silt ve kil litolojilerinden oluşan Köprühisar formasyonu ile temsil edilir. Kuvaterner’de ise alüvyon ve yamaç molozu oluşmuştur.

ÜST SİSTEM	SERİ A. SERİ	FORMASYON	KALINLIK (m)	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kuvaterner	Yamaç molozu Alüvyon	100-150	Qym Qal		Şist, mermer ve kireçtaşı blokları, çakıl, kum Kum, çakıllı kum, killi kum, çakıl, kil
	Pliyosen Miyosen	Köprühisar Fm	150-250	Tk		Çakıltaşı, kumtaşı, marn
	Oligosen	Uludağ Granodiyorit		Tug		Granodiyorit
	Eosen	Dürdane Fm	400-500	Td		Bazaltik ve andezitik lav ve piroklastikler Kumtaşı, çamurtaşı, marn ardalanması
	Alt Eosen Paleosen	Gölpazarı Fm	500	Kg		Çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı ardalanması
MESOZOYİK	Üst Kretase	Vezirhan Fm	150	Kv		Pelajik kireçtaşı, marn, çamurtaşı
	Alt Kretase Jura	Bilecik Kireçtaşı	100-200	Jb		Oolitik kireçtaşı
	Triyas	Karakaya Formasyonu		Trk		kumtaşı, kiltası, çamurtaşı, kireçtaşı
PALEOZOYİK		Uludağ Metamorfikleri		Pzş		Gnays, şist, mermer

Şekil 2.1: Bursa ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti



AÇIKLAMALAR

Ölçek: 1/500.000

	Yamaç Molozu (Qym) Kuvaterner		Karakaya Formasyonu (Trk) Triyas
	Alüvyon (Qal) Kuvaterner		Uludağ Metamorfitleeri (Pzş) Paleozoyik
	Köprühisar Formasyonu (Tk) Neojen		Permian
	Uludağ Granodiyoriti (Tug) Oligosen		Permo-Karbonifer
	Dürdane Formasyonu (Td) Eosen		Granit, Granodiorit Kuarslı Diorit
	Gölpazarı Formasyonu (Kg) Alt Eosen-Paleosen		Andezit, Spilit
	Vezirhan Formasyonu (Kv) Üst Kretase		Şaryaj, Bindirme Fayı
	Bilecik Kireçtaşı (Jb) Alt Kretase-Jura		Muhtemel Şaryaj, Bindirme Fayı
	Bayırköy Formasyonu (Jba) Jura		

Şekil 2.2: Bursa ve çevresinin jeoloji haritası (MTA, 1964)

2.1.1. Uludağ Metamorfikleri (Pzş)

Bursa ve civarının temelini oluşturan Uludağ Metamorfikleri genel olarak, yüksek derecede metamorfizma geçirmiş çeşitli gnays, amfibolit ve şistleşmiş mermerlerden oluşur. Uludağ Masifinin temelini oluşturan metamorfikler ve bunları bir kuşak gibi saran şistleşmiş mermerler Bursa İli'nin güneyinde, güneydoğu-güneybatı yönünde geniş bir alanda görülürler.

Uludağ Metamorfikleri'nin üst düzeylerinde mermer ve/veya şisti mermerler yer alır. Şisti mermerler sert yapıları ile Bursa Ovası'na doğru oldukça dik yamaçlar oluştururlar. Şisti mermerler metamorfik kayalar içerisinde mercek ve ara katmanlar halinde de görülürler.

2.1.2. Karakaya Formasyonu (Trk)

Kuzeybatı Anadolu'da geniş yayılımı olan, başlıca bazik volkanik kayalar, kireçtaşı ve grovaktan oluşmuş, metamorfizma ve deformasyona uğramış birime Karakaya Formasyonu adı verilmiştir. Bingöl ve diğ. (1973) Karakaya Formasyonu'nun güney yönünde yitme uğrayan Paleotetis Okyanusu'nun gerisinde, yay gerisi bir havza şeklinde açılıp kapanan bir havzanın ürünü olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Bursa ve civarında, genellikle eski temelle ilişkisi net görülemeyen bu birim geniş alanlarda görülmektedir. Konglomera, mikrokonglomera, kumtaşı, grovak, kilaşı, bazik volkanit ve kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Çeşitli boyutlarda ve çok miktarda kireçtaşı (Permiyen) olistolitleri içerir. Ayrıca radyolarit, diyabaz ve split ara katkılıdır. Konglomera ve kumtaşları sert ve kalın katmanlıdır. Kumtaşları ak-krem, temiz, yıkanmış beyaz kuvars çakıllarından oluşur. Kilaşları kırılğan ve ince-orta katmanlıdır. Kilaşları, kızıl-kahve, çokça kıvrımlı olarak izlenir. Kumtaşları ile ardalanmalı olan birim yer yer radyolarit, diyabaz ve splitlerle gözlenirken çok miktarda kireçtaşı (Permiyen) olistolitleri içermektedir.

2.1.3. Bayırköy Formasyonu (Jba)

Kalın katmanlı konglomera, kumtaşı, silttaşı, kiltası, şeyl, marn ve yumrulu kırmızı kireçtaşlarından oluşmuştur. Birim tabanda sarı, kahverengi, boz ve kırmızı renkli, orta-kalın katmanlı konglomera ile başlar. Üzerine geldiği temelin çakıllarından oluşmuş 1-10 cm. çapında, köşeli, az yuvarlak, kalsiyum karbonat ve demiroksit hakim bir çimentoyla iyi tutturulmuştur. Bloklu seri üzerine geldiği kesimlerde iri kireçtaşı (Permien) ve kumtaşı çakılıdır. Metamorfitletlerin üzerine geldiği kesimlerde şist, mermer, çört ve kuvarsit çakılıdır. Konglomera üzerinde kumtaşı, kiltası, kumlu kireçtaşı ve kireçtaşı izlenir. Formasyonun üst dokanağı Bilecik kireçtaşı ile uyumludur.

2.1.4. Bilecik kireçtaşı (Jb)

Başlıca neritik kireçtaşı ile temsil olunan birim ilk defa Bilecik yöresinde Granit ve Tintant (1960) tarafından adlanmıştır. Birim tabanda genellikle kırıntılı ve oolitik sparitik kireçtaşı ile başlar, üstte doğru pembe-beyaz renkli mikritik kireçtaşına geçer. Tabanda, daha çok sparitik dokulu olan kireçtaşı yer yer oolit, pellet ve biyoklast türü allokemler içerir. Açık gri-sarımtırak ve pembe renkli, belirgin orta ve kalın tabakalıdır. Erime ve karstlaşma nedeniyle katmanlanma çoğunlukla görünmez. Kırık ve eklem sistemleri iyi gelişmiş ve kalsit damarları yaygındır. Sıkı sert dayanımlı ve köşeli kırıklıdır. Çört bant ve yumruları çeşitli seviyelerde çoğunlukla istifin üst düzeylerindedir. Bilecik kireçtaşı istifinin üst düzeyleri, çoğunlukla orta-ince katmanlı olup, kırmızı-sarı renkli ve killi kumlu kireçtaşı ara katkılıdır. Yer yer marnlar görülür.

2.1.5. Vezirhan Formasyonu (Kv)

Birim, başlıca mikritik kireçtaşı, marn ve kumtaşı arıalanmasından oluşur. Tabanda çamurtaşı ve killi kireçtaşı ile başlar, üst seviyelere doğru marn, mikritik kireçtaşı, radyolarit arıalanması şeklinde devam eder. Birime kırmızı, pembe ve bej renkler egemendir. Kireçtaşları ince-orta belirgin, paralel tabakalı ve orta sertliktedir. İstifte üst düzeylere doğru yeşil renkli andezitik tuf arakatlıları gözlenir.

Birim, tabanda Bilecik kireçtaşı üzerine uyumlu ve yer yer paralel uyumsuzlukla gelir. Tavanda ise Gölpazarı Formasyonu ile uyumludur. Formasyon, 100-400 m arasında kalınlıklara sahiptir. Birimi oluşturan litolojiler bol miktarda pelajik foraminifer ve radyolaria sp. içermektedir. Genç (1986) birimden derlediği fosillere dayanarak birime Senomaniyen-Kampaniyen yaşını vermiştir.

2.1.6. Gölpazarı grubu (Kg)

Birim başlıca çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, marn ve tuf ar dalanmasından oluşur. İstif tabanda, çakıltaşı, kumtaşı ar dalanması ile başlar üstte doğru kireçtaşı, kıltaşı, marn ar dalanması ile devam eder. Kumtaşları başlıca litikgrovak bileşimli, zayıf boylanmış, yarı yuvarlak taneli, normal derecelenmeli kumlardan oluşur. Alt düzeylerde düzenli ve türbiditik nitelikli olan birim üst düzeylerde daha yaşlı birimlerden derlenmiş olistolitlerin katılımı ile olistostromal bir özellik kazanmıştır. İstif yaklaşık 400 m kalınlığındadır. Birim, tabanda Vezirhan Formasyonu'nu uyumlu örter, tavanda ise Dürdane Formasyonu ile uyumsuzlukla örtülür. Yılmaz ve diğ. (1994) birime Maestrihtiyen yaşını vermişlerdir.

2.1.7. Dürdane Formasyonu (Td)

Bursa İli'nin kuzeybatısındaki Dürdane Köyü'ne izafeten Genç (1986) tarafından adlanmıştır. İnceleme alanının kuzeybatısında D-B uzanımlı bir hat boyunca geniş alanlar kaplayan başlıca volkanik ve volkanoklastik nitelikli birim, kırmızı, mor, koyu yeşil ve kahve renkleriyle çevre birimlerden kolayca ayırt edilir. Birim, çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, marn ar dalanmalı bir filiş ve andezitik piroklastitlerin egemen olduğu volkanitlerden oluşur. Tabanda zayıf boylanmalı volkanik çakıltaşları ile başlar. Kumtaşı ara katkılı olan çakıltaşları tane boyu küçölerek üstte kumtaşı ve çamurtaşı ar dalanması şeklinde devam eder. Birimin en üst seviyelerinde ise merccek şekilli sparitik ve kumlu kireçtaşı bulunur.

2.1.8. Uludağ Granodiyoriti (Tug)

Uludağ Masifi granodiyoritik bir plüton tarafından kesilmiştir. Genellikle homojen bir bileşimi olan plüton başlıca kuvars, plajiyoklas, ortoklas, biyotit, muskovit ve opak minarelerinden oluşmaktadır. Sahada plüton gri rengi, farklı yönlerde gelişmiş çatlak sistemleri ve farklı ayrışması ile çevre kayalardan kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Plütonun yaşı önceki çalışmalardan (Öztunalı, 1973) Oligosen olarak verilmiştir.

2.1.9. Köprühisar formasyonu (Tk)

Eroskay (1965) tarafından Gemiciköy formasyonu, Genç (1986) tarafından Köprühisar formasyonu olarak adlandırılan formasyon tez içinde Köprühisar formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Bursa Ovası kuzeyinde, genellikle gölssel marn ve kireçtaşı ile konglomera ve kumtaşından oluşur. Triyas yaşlı birimlerin çakıllarından oluşan, sarı, bej ve kırmızı renkli, kötü boyanmalı, gevşek tutturulmuş konglomera düzeyi ile başlar. Üzerine gölssel kireçtaşı, killi kireçtaşı ve marn aralanmalı istif gelir. Marnlar yeşil, bej renkli, laminalı, ince katmanlıdır. Kireçtaşı ve killi kireçtaşı, krem, ak, kirli sarı renkte, ince-orta ve kalın katmanlanmalıdır.

Bursa Ovası batısında ve özellikle Uludağ'ın güneybatıya yakın kesimlerinde, Uludağ Metamorfileri üzerinde kırmızımsı, kahverengi, kalın katmanlı gevşek tutturulmuş konglomera düzeyleri ile başlar. Konglomeralar kuvarsit, şist, mermer çakıllarının karbonatlı çimentoyla bağlanmasından oluşmuştur. Üzerine tane boyu ufalarak kumtaşı birimi gelir. Kumtaşı kiremit kırmızısı, kirli sarı, gri renkte olup, bol kuvars taneleri, daha az şist ve mermer parçaları içerir. Çimentosu çoğunlukla karbonat ve yer yer de silislidir. Marn, kil ve silt kirli beyaz-bej renkte olup, çoğunlukla çakıl serpintilidir.

Köprühisar formasyonu Bursa Ovası kuzeyinde Triyas birimleri, ovanın güneybatısında ise Uludağ Metamorfileri üzerindedir. Birimin üst dokanağı ise alüvyonlarla örtülüdür. Formasyon, Genç (1986)'e göre Orta-Üst Miyosen yaşlıdır.

2.1.10. Alüvyon (Qal)

Tektonik bir çöküntü havzası niteliğince olan Bursa Ovası tamamen akarsuların taşıdığı blok, çakıl, kum, silt ve kil gibi detritik malzeme ile kaplanmıştır. Alüvyon birimi ova içerisinde D-B doğrultusunda uzanır. Bursa Ovası yaklaşık olarak D-B doğrultusunda 40 km uzunluğunda K-G doğrultusunda ise 3 ile 10 km genişliğindedir.

İnceleme alanı içerisinde açılmış olan sondaj kuyuları ve önceki jeofizik çalışmalardan alüvyonu oluşturan malzemenin tane boyu iri çakıldan kile kadar değiştiği görülmektedir. Kalınlığı 80 metre ile 200 metre arasında değişmektedir. Alüvyon güney kısımda kumlu, çakıllı kil seviyeleri ile başlarken kuzeyde kumlu ve çakıllı bir seviye ile başlar. Bu taban seviyeleri üzerinde kil ara seviyeli kumlu çakıl olarak devam eder. Killi seviyeler daha iri taneli seviyeler arasında ince ve uzun bantlar şeklinde uzanmaktadır. Kil bantlarının kalınlığı birkaç metreden 20 metreye kadar değişmektedir. Ovanın orta kısımlarında ise killi seviye yüzeye en yakın düzeye ulaşır. Üstte doğru bu seviyeler yanıl ve düşey geçişli olarak tekrarlanır. En üstte ise aralarında yanıl geçiş olan killi veya kumlu seviyeler bulunmaktadır. Alüvyon malzemenin kökeni güney ve kuzeyde yüzeylenen metamorfik ve sedimanter kayaçlardır.

2.1.11. Yamaç molozu (Qym)

Yamaç molozu, Bursa Ovası'nın güneyinde Uludağ Masifi'nin kuzey eteklerinde yer alır. Ovanın güneyini kateden faylar malzeme gelişine ve depolanmasına neden olmuştur. Uludağ'dan inen derelerin getirdiği blok, çakıl, kum ve kil boyutlu ve bunların değişik bileşimlerinden oluşur. Çakıl ve blok boyutundaki malzeme mermer ve şist kökenli, köşeli ve kötü boylanmalıdır. D-B uzanımlı yamaç molozunun kalınlığı, sondaj verileri ve jeofizik ölçülere göre 100 metreye kadar ulaşmaktadır.

2.2. Tektonik

İnceleme alanında gözlenen kireçtaşları ile kireçtaşı–kumtaşı ardalanmasından oluşan formasyonlar yapı itibarıyla orta–kalın katmanlı, yer yer masif, katman doğrultuları genellikle KD–GB ve eğimleri de GD ya doğrudur. Birimler kırıklı ve çatlaklı yapıda olup, çatlak açıklığı 2–60 mm arasında değişmektedir. Az ayrıışmış, çok sert ve yüksek dayanımlı olan formasyonlarda gelişen çatlak sistemleri yamaç eğimlerini olumsuz olarak etkilemektedir. Bölgede izlenen kireçtaşları ise KD–GB katman doğrultularında olmalarına karşılık, eğim doğrultuları KB doğrultusundadır.

İncelenen bölgede ve çevresinde yöresel küçük fayların yanı sıra, büyük ölçekli heyelen ve tektonizmalar sonucu gelişen faylar özellikle genç birimlerin sedimentasyonunu etkilemiş ve günümüzdeki ovaların oluşmasını sağlamıştır. Bölgede gözlenen ilk yapısal özellikler D-B doğrultusunda kuzeye iç bükey bir yay oluşturmaktadır. Sekonder doğrultular ise DKD–BGB yönündedir. Yapısal doğrultular ve kıvrılmalar orojenezler sonucu oluşmuş ve Uludağ Masifi'nin etkisi ile belirli bir oriyantasyon kazanmışlardır. Üst Permiyen–Üst Triyas zamanında meydana gelen D–B doğrultusunda bir açılma olayı bölgenin tamamını etkilemiştir. Bu zaman aralığında bölgede D–B doğrultusunda gelişen faylar kireçtaşı–olistosit–spilit ve diyabaz oluşumunu sağlamışlardır.

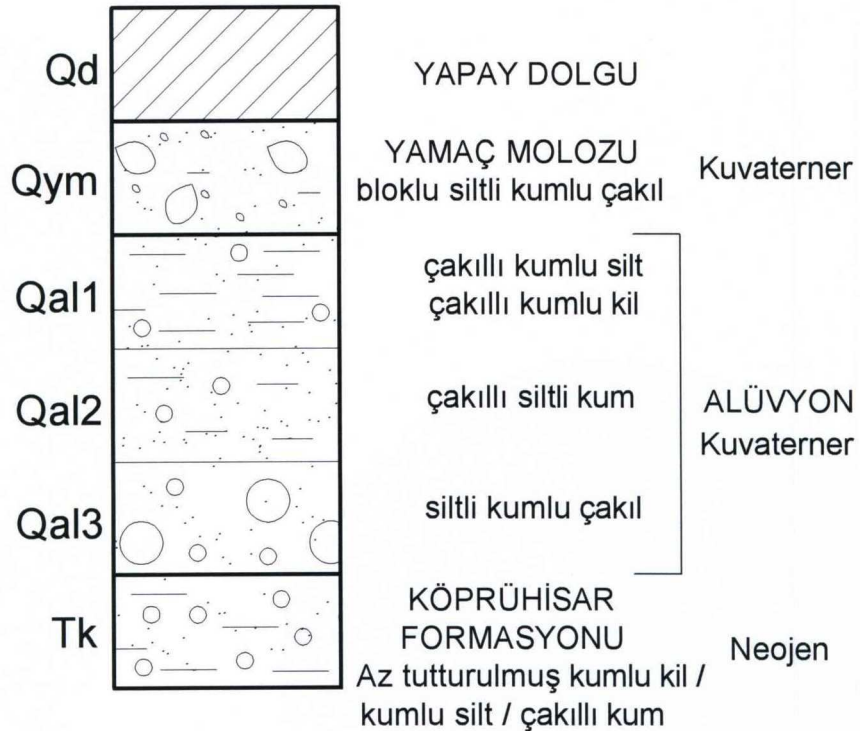
Bölgede genel olarak gözlenen tektonik yapılar; normal faylar, doğrultu atımlı faylar ve bindirme fayları olarak üç bölümde incelenebilir. Bölge genel olarak Kuzey Anadolu Transform Fayı'nın etkisinde kalmış olup, batıya doğru bir sıkışma sonucu K–G doğrultulu bindirmeler ile D–B doğrultulu normal faylarla K–G doğrultusunda açılmaya başlamıştır. Sonuç olarak; D–B yönlü kompresyon kuvveti, K–G yönlü tansiyon kuvvetine neden olmuştur.

Bölgede genel olarak İnönü-Eskişehir Fay Zonu ve onun güney-güneybatısında kalan birkaç fay dışındaki faylar, Kuzey Anadolu Fay Sisteminin batı uzantısını oluşturur ve bunlar Marmara Bölgesi'nin depremselliğine kaynaklık eder. Depremsellik açısından bakıldığında Bursa ve çevresini birinci derecede etkileyecek bir depreme kaynak olabilecek en önemli fay Bursa Fayı'dır.

Bursa Fayı, Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Marmara Bölgesi'ndeki en güney segmentini oluşturur. D-B gidişli, yaklaşık 45 km uzunluğunda, sağ yanal ve doğrultu atımlı bir faydır. Bursa Fayı'ndan kaynaklanan en son yıkıcı depremler 28 Şubat 1855 (Şiddet: IX) ve 11 Nisan 1855 (Şiddet: X) tarihlerinde oluşmuş, Bursa İl Merkezi'nde ve yakın çevresinde yüksek can kaybı ve ağır hasara yol açmıştır. Bu iki yıkıcı depremden sonra, Bursa İl Merkezi'ni içine alan alanda önemli sayılabilecek bir yıkıcı deprem olmamıştır. Başka bir deyişle Bursa Fayı yaklaşık 148 yıldır bir sismik boşluk niteliğindedir ve gelecekteki yıkıcı depremin olası yeridir.

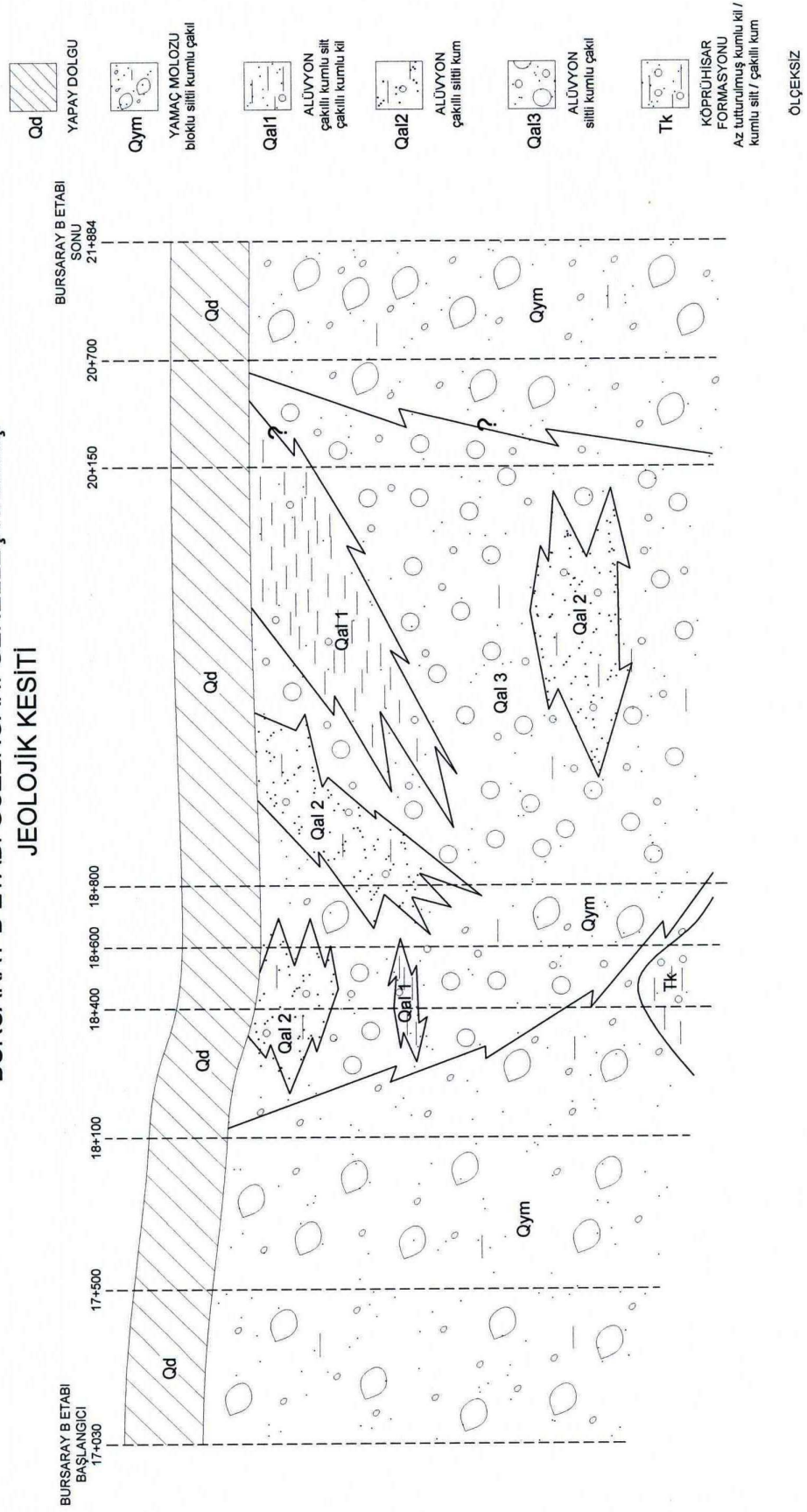
2.3. İnceleme Alanının Jeolojisi

Bursaray B Etabı güzergahında jeolojik istif yaşlıdan gence doğru Köprühisar formasyonu, alüvyon birimleri, yamaç molozu ve yapay dolgudan oluşur. Köprühisar Formasyonu sondajlarda gözlenmiş yeraltı birimidir. Güzergahın genelleştirilmiş sütun kesiti Şekil 2.3.'de, güzergahın genelleştirilmiş jeolojik kesiti Şekil 2.4.'de ve inceleme alanının jeoloji haritası Şekil 2.5.'de verilmiştir.



Şekil 2.3: Bursaray B Etabı güzergahının genelleştirilmiş sütun kesiti

BURSARAY B ETABI GÜZERGAHI GENELLEŞTİRİLMİŞ JEOLOJİK KESİTİ



Şekil 2.4: Bursaray B Etapı güzergahı genelleştirilmiş jeolojik kesiti

2.3.1. Köprühisar formasyonu (Tk)

Köprühisar formasyonu, güzergahın km:18+400–18+600 aralığında yapılan sondajlarda gözlenmiş yeraltı birimidir. Sahada çevre birimlerden kirli beyaz-bej ve yeşilimsi kahve renkleriyle kolay ayrılır. Güzergah boyunca az tutturulmuş kumlu kil/kumlu silt ve çakıllı kum ile temsil edilir. Çakıllar Uludağ Metamorfizitlerinden türemiş köşeli ve yarı köşeli, kuvars, mermer, şist, granit ve andezitlerden oluşur. Yer yer karbonat seviyelidir.

2.3.2. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanının en genç birimi Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır. Alüvyon birimleri daha önce meydana gelmiş formasyonların aşınıp taşınması ile düzlük kesimlerde akarsu yatakları boyunca ve kıyı ovalarında birikim göstermişlerdir. Kil, silt, kum, çakıl ve bunların karışımlarının ardallanması ile oluşmuşlardır.

Alüvyon içerisinde yer alan çakıl ve bloklar, genelde Uludağ Masifi içerisindeki kayaçların çakıl ve blokları olarak yer almaktadır. Bunlar genel olarak granit, granodiyorit, kristalize kireçtaşı, mermer, kuvars, metabazik ve amfibolit kayaçların çakıl ve bloklarıdır. Çakıllar köşeli-yarı köşeli, genelde 1-5 cm çapındadır.

Güzergahın km:18+100–18+800 aralığında yapılan sondajlarda alüvyon birimleri yapay dolgunun altında ve yamaç molozu ile girik olarak, km:18+800–20+150 aralığında ise yapay dolgunun altında gözlenmiştir.

İnceleme alanında gözlenen alüvyon birimleri bir bütün olarak yer almakta ve tane boyu dağılımına göre farklılıklar göstermektedir. Killi ve siltli birimlerin yoğunlukla gözlemlendiği seviyeler çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil (Qal1) ile temsil edilmiş, kumlu birimlerin yoğunlukla gözlemlendiği seviyeler çakıllı siltli kum (Qal2) ile temsil edilmiş ve çakıllı birimlerin yoğunlukla gözlemlendiği seviyeler ise siltli kumlu çakıl (Qal3) ile temsil edilmiştir (Şekil 2.3.).

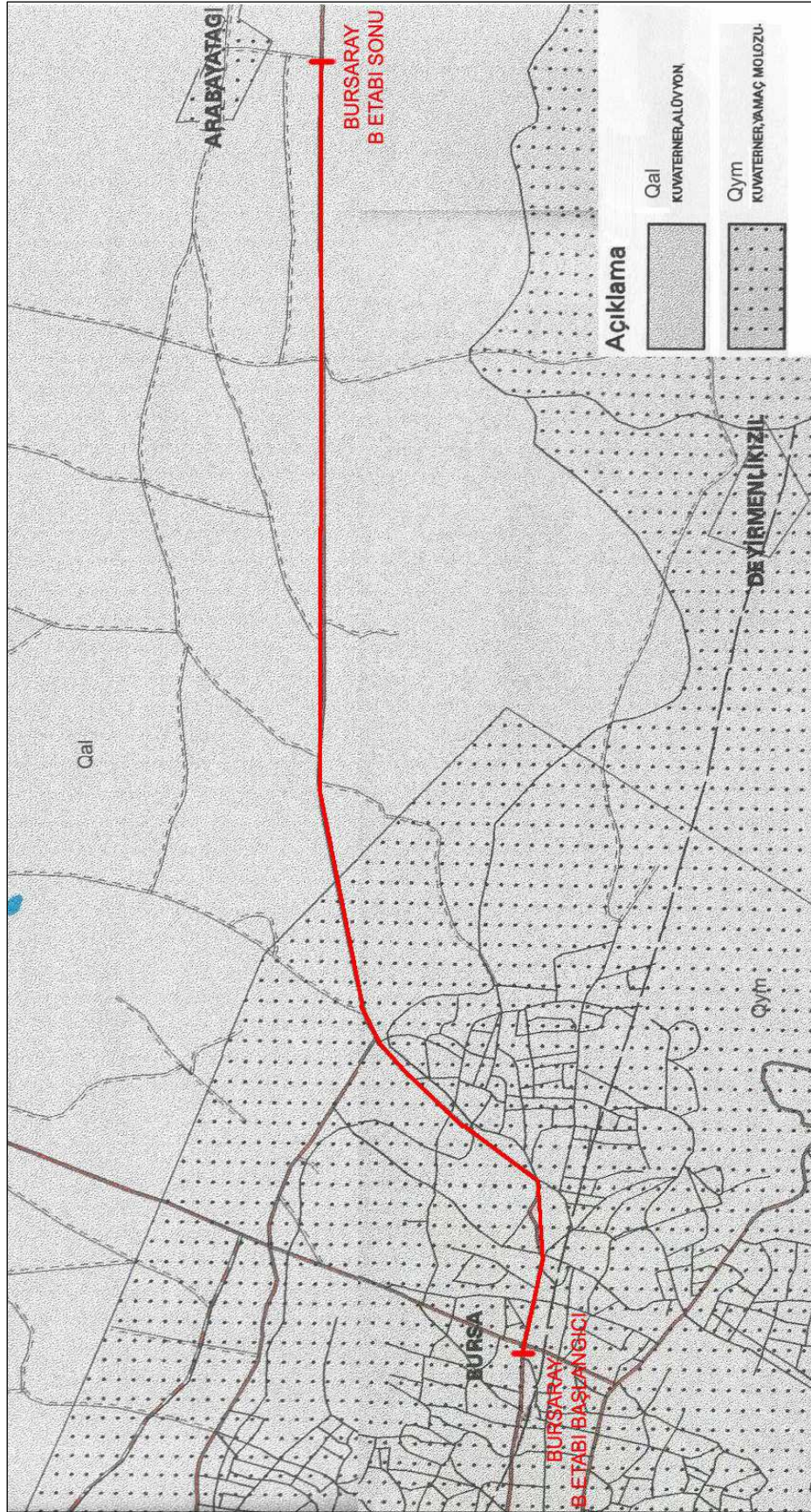
2.3.3. Yamaç molozu (Qym)

Yamaçlar boyuca, çevredeki ve özellikle Uludağ eteklerinde yer alan Uludağ Metamorfiklerinin içerisinde yer alan kayaçların ayrışması sonucu oluşmuş kil matrisli kum, çakıl ve bloklardan meydana gelmiştir. Birimlerin mekanik ufalanmaları ve ayrışmaları sonucu ince ve iri taneli zemin halini almıştır. Yüzey sularının taşınması, Uludağ eteklerinden blokların ayrışması ve koparak taşınarak birikmeleri sonucu oluşmuştur.

Güzergahın km:17+100–18+100 ve km:20+700–21+052 aralığında yapılan sondajlarda yapay dolgunun altında, km:18+100–18+800 aralığında ise alüvyal birimler ile girik olarak gözlenmiştir. Güzergah boyunca yamaç molozu; kahve renkli, bloklu siltli kumlu çakıl ile temsil edilir. Litolojik dokanıklarda alüvyonla yatay ve düşey geçişlere sahiptir.

2.3.4. Yapay dolgu (Qd)

İnceleme alanında yapılan sondajlarda 0.80 metre ile 7.90 metre arasında değişen kalınlıklarda gözlenen yapay dolgu; inşaat artıkları, tuğla kırıntıları ve organik-inorganik materyaller içerir. Kahve renkli, siltli kumlu çakıl ve çakıllı kumlu kil özelliğindedir.



Şekil 2.5: İnceleme alanının jeoloji haritası

3. MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ

Bu bölümde Bursaray B Etabı projesi tanıtılmış, projenin teknik özelliklerinden bahsedilmiştir. İnceleme alanının hidrojeolojisi hakkında bilgiler verilmiş, inceleme alanında yapılan arazi ve laboratuvar deneyleri anlatılarak, güzergah boyunca gözlenen birimlerin ve güzergahta yer alan yapıların mühendislik jeolojisi özellikleri değerlendirilmiştir.

3.1. Bursaray B Etabı Projesi

Şehir merkezi ve sanayi bölgelerinin bulunduğu kuzey ve batı bölümü ile şehrin doğu bölümü arasında raylı sistemle ulaşım sağlayan Bursaray B Etabı inşaatı 17 Haziran 2005 tarihinde başlamış, 23 Nisan 2008 tarihinde işletmeye açılmıştır.

Proje; Bursa Büyükşehir Belediyesi, Tekfen Holding A.Ş. ve Yapı ICF Kaiser Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş. ortaklığıyla yapılmıştır. Bütün projenin maliyeti 330 milyon Euro civarındadır ve yapımı Avrupa Yatırım Bankası tarafından finanse edilmiştir. Bursaray B Etabı güzergahı yaklaşık 4.86 km uzunluğunda, 6 adet istasyon, 2 adet tünel ve 1 adet viyadükten oluşur. Güzergahta yer alan yapı türleri ve uzunlukları Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Bursaray B Etabı güzergahında yer alan yapı türleri ve uzunlukları

Km	Yapı Türü	Uzunluk (m)
17+027 - 17+229	Haşim İşcan Tüneli	202
17+276 - 17+396	Demirtaşpaşa İstasyonu	120
17+349 - 18+139	Acem Reis Tüneli	790
18+131 - 18+251	Gökdere İstasyonu	120
18+259 - 18+886	Gökdere Viyadüğü	627
18+886 - 18+994	Hemzemin Hat Yolu	92
18+994 - 19+114	Davutdede İstasyonu	120
19+114 - 19+988	Hemzemin Hat Yolu	890
19+988 - 20+108	Duaçınarı İstasyonu	120
20+108 - 20+778	Hemzemin Hat Yolu	670
20+778 - 20+898	Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu	120
20+898 - 21+501	Hemzemin Hat Yolu	603
21+501 - 21+621	Arabayatağı İstasyonu	120
21+621 - 21+884	Hemzemin Hat Yolu	263

Bursaray B Etabı projesinin teknik özellikleri

Hat uzunluğu	:4860 m
İstasyonlar arası en yakın mesafe	:603 m
İstasyonlar arası en uzak mesafe	:890 m
BHRS Müşaviri	:Yapı-ICF Kaiser Engineer Ortak Girişim
Fizibilite kapasitesi	: 62.000 kişi/gün
Enerji Temini	: 1500 V DC
Besleme tipi	: Havai hat (kataner)
Maksimum hız	: 70 km/saat
Ortalama ticari hız	: 34 km/saat
Ray açıklığı	: 1435 mm
Ray eklemesi	: Kaynaklı
İstasyon peron yüksekliği	: 92 cm
Peron boyu	: 120 m
Sinyalizasyon	: ATP (Otomatik Tren Korumalı)
Bilet Sistemi	: Akıllı Kart

Coğrafi konumu, ulaşılabilirliği, hızlı sanayileşme süreci ile Bursa'nın nüfusu hızla artmaktadır. Artan nüfus, bazı bölgelerdeki ulaşım talebinin büyüklüğü, yaşanan ulaşım sorunları, çevre sorunları (hava kirliliği, gürültü kirliliği) düşünüldüğünde raylı sistemin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bursa'da önemli bir sorun haline gelen kent içi ulaşımının çözülmesi ve düzenlenmesi için toplu taşıma sistemine ağırlık veren ve otobüs hatları ile bağlantılı "Bursaray Projesi" gündeme gelmiştir.

Motorlu araç sayısının önemli boyutlara vardığı Bursa'da; Bursaray'ın kullanılmasıyla, motorlu araç yoğunluğunun, daha yüksek güvenilirliği olan hafif raylı sisteme aktarılması sağlanmış, böylece azalan trafik yükü ile kentteki kazaların azalması sağlanıp trafik güvenliği artırılmıştır. Kent içindeki yüksek trafik hacminden ve zaman zaman duran trafikten çok etkilenmeyen Bursaray ile daha sık, hızlı ve düzenli hizmet sağlanarak seyahat konforu sağlanmıştır. Trafik yükünün artışının neden olduğu hava ve gürültü kirliliği önemli ölçülerde azalmıştır.

3.2. Hidrojeoloji

Güzergah boyunca açılan temel sondaj kuyularında periyodik ölçümler vasıtasıyla yeraltısuyu seviyesi gözlenmiştir. İnceleme alanında belirlenen yeraltısuyu seviyesi derinlikleri ve kotları Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Güzergahta gözlenen Köprühisar formasyonu yeraltısuyu yönünden fazla verimli bir formasyon değildir. Ancak gevşek yapılı kum ve çakıl seviyelerinde az miktarda yeraltısuyu taşımaktadır. Granüler bir yapıya sahip alüvyon ise yeraltısuyu dolaşımı için uygun özelliklere sahiptir. Alüvyon içerisinde açılan sondajlarda yeraltısuyu kum ve çakıl yoğunluğunun fazla olduğu bölümlerde yani geçirimli seviyelerde yer almaktadır. Sondaj yapılan tarihler genelde yeraltısuyu seviyesinin mevsimsel olarak çok düşük olduğu bir döneme karşılık gelmektedir. Bu nedenle sondajlarda çoğunlukla yeraltısuyu ile karşılaşılmamıştır. Diğer yandan, litolojik özellikleri bağlamında yeraltısuyu taşıyabilen yamaç molozunun taban kotu, tespit edilen yeraltısuyu seviyesinin üstünde olduğu için bu birimde yeraltısuyuna rastlanılmamıştır. Sondajlarda ölçülen yeraltısuyu seviyesi 10.50 m ile 17.00 m arasında değişmektedir (Tablo 3.2.).

Tablo 3.2: Yeraltısuyu durumu

Sondaj no	Derinlik (m)	Sondaj kotu (m)	YASS kotu (m)	YASS derinliği (m)
SK 2	13.00	186.10	174.10	12.00
SK 3	25.71	159.30	148.80	10.50
S1	40.95	155.51	138.51	17.00
BSB-23	19.79	154.07	140.12	13.95
BSB-27	25.95	151.52	138.62	12.90
BSB-30	19.95	149.42	138.47	10.95

3.3. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında inceleme alanında yer alan zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla 45 adet sondaj kuyusu açılarak örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri alınmış ve sondaj kuyularında yapılan arazi deneyleri değerlendirilmiştir.

3.3.1. Temel sondajlar

İnceleme alanında yer alan zemin birimlerinin cinsini, kalınlığını, dokanak ilişkilerini, jeolojik ve jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla, Yüksel Proje tarafından toplam derinliği 711.36 m olan 39 adet temel sondaj kuyusu, kamyonla monteli Mobile Drill (B53), Foremost Mobile (B53) ve Crealius D900 marka sondaj makineleri kullanılarak, JAS Jeoteknik Araştırma Sondaj tarafından kamyon üzerine monte edilmiş Acker tipi sondaj makinesi kullanılarak toplam derinliği 38.71 m olan 2 adet sondaj kuyusu, Geos Geoteknik Sondajcılık tarafından GMS 300 tipi traktör üzerine monte edilmiş sondaj makinesi kullanılarak 40.95 derinliğinde 1 adet sondaj kuyusu, Zemin Mühendisliği ve İnşaat Sanayi tarafından toplam derinliği 38.0 m olan 3 adet sondaj kuyusu Wagondrill tipi sondaj makinesi kullanılarak açılmıştır. Açılan sondajların kot, koordinat ve derinlikleri Tablo 3.3.'de verilmiştir.

Tablo 3.3: Sondaj kuyusu bilgileri

Sondaj no	Derinlik (m)	Km	Kot (m)	Koordinat X	Koordinat Y
BSB-1	10.60	17+148	192.82	4 450 939.866	420 634.031
BSB-2	15.14	17+315	189.76	4 450 936.948	420 801.701
BSB-3	15.29	17+314	190.05	4 450 917.990	420 800.890
BSB-3/A	10.61	17+526	188.02	4 450 931.182	421 012.844
BSB-3/B	10.72	17+599	186.73	4 450 931.236	421 085.554
SK 2	13.00	17+690	186.10	4 450 935.123	421 175.054
BSB-3/C	10.60	17+692	185.46	4 450 938.286	421 178.233
BSB-4	15.14	17+866	180.41	4 450 946.226	421 351.834
BSB-5	15.45	17+922	178.50	4 450 943.990	421 408.644
BSB-6	15.03	18+025	174.37	4 450 969.289	421 507.562
S-1	13.50	18+132	172.83	4 450 988.420	421514.350
BSB-7	15.18	18+143	168.76	4 451 076.390	421 558.357
BSB-8	15.05	18+139	168.80	4 451 057.258	421 580.480
BSB-10	15.08	18+201	167.10	4 451 096.777	421 610.919
BSB-11	19.92	18+265	164.65	4 451 147.334	421 650.344
BSB-12	19.95	18+308	163.46	4 451 180.277	421 676.879
BSB-13	19.93	18+332	162.61	4 451 199.058	421 691.892
BSB-14	19.78	18+350	161.66	4 451 223.785	421 710.204
BSB-15	19.95	18+383	160.31	4 451 252.276	421 727.410
SK 3	25.71	18+400	159.30	4 451 266.243	421 736.765
BSB-17	19.90	18+448	156.01	4 451 307.517	421 761.367
BSB-18	25.95	18+472	153.60	4 451 328.611	421 773.311
BSB-19	21.45	18+499	150.99	4 451 352.898	421 786.295
S1	40.95	18+528	155.51	4 451 372.540	421 802.640
BSB-21	19.72	18+555	154.81	4 451 383.014	421 836.053
BSB-22	30.14	18+586	154.62	4 451 400.183	421 863.327
BSB-23	19.79	18+622	154.07	4 451 399.748	421 901.134
BSB-24	25.79	18+646	153.56	4 451 399.209	421 924.689
BSB-25	19.95	18+683	152.65	4 451 398.601	421 962.504
BSB-26	24.45	18+712	152.04	4 451 398.128	421 990.716
BSB-27	25.95	18+739	151.52	4 451 397.770	422 018.117
BSB-28	21.45	18+769	150.84	4 451 397.231	422 047.664
BSB-29	25.95	18+793	150.25	4 451 396.936	422 071.825
BSB-30	19.95	18+828	149.42	4 451 396.162	422 106.891
BSB-31	22.75	18+859	148.76	4 451 395.822	422 138.367
BSB-32	16.95	19+026	145.60	4 451 404.651	422 304.997
BSB-33	16.95	19+043	145.99	4 451 392.704	422 322.300
BSB-34	16.95	19+029	145.58	4 451 382.074	422 307.513
BSB-35	16.95	20+041	143.47	4 451 390.003	423 319.600
BSB-36	13.95	20+052	144.21	4 451 376.156	423 331.032
BSB-37	15.45	20+054	143.89	4 451 361.717	423 333.077
BSB-38	15.10	20+800	148.86	4 451 361.951	424 078.849
BSB-39	12.45	20+870	149.22	4 451 373.834	424 148.887
S-2	11.00	21+505	148.35	4 451 406.453	424 165.643
S-3	13.50	21+602	146.68	4 451 418.325	424 173.987

3.3.2. Arazi deneyleri

Sondaj alışmaları sırasında zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla sondaj kuyularında standart penetrasyon testi, presiyometre ve sabit seviyeli permeabilite deneyleri yapılmıştır.

3.3.2.1. Standart penetrasyon testi (SPT)

Standart penetrasyon testi, dış çapı 50.8 mm, iç çapı 34.9 mm olan yarık bir tüpün, 63,5 kg ağırlığındaki bir tokmakla zemine çakılmasıyla yapılır. Tokmağın serbest düşüş yüksekliğı 0.76 m'dir. Standart penetrasyon tüpünün zemine 15'er cm'lik 3 adet girişi için vurulan darbe sayıları ayrı ayrı tespit edilir. Son iki 15'er cm'lik giriş için vurulan darbe sayıları toplamı, standart penetrasyon direncini (SPT-N₃₀) vermektedir. Elde edilen SPT-N₃₀ değeri ile ince taneli zeminlerin kıvamı, iri taneli zeminlerin sıklığı belirlenir. İnce taneli zeminlerde SPT-N₃₀ değeri ile kıvamlılık arasındaki ilişki Tablo 3.4.'de, iri taneli zeminlerde SPT-N₃₀ değeri ile sıklık arasındaki ilişki ise Tablo 3.5.'de verilmiştir.

Tablo 3.4: SPT-N₃₀ değeri ile kıvamlılık arasındaki ilişki (Terzaghi ve Peck, 1948)

SPT-N ₃₀	Kıvamlılık
0-2	çok yumuşak
3-4	Yumuşak
5-8	Orta katı
9-15	Katı
16-30	çok katı
> 30	Sert

Tablo 3.5: SPT-N₃₀ değeri ile sıklık arasındaki ilişki (Terzaghi ve Peck, 1948)

SPT-N ₃₀	Sıklık
0-4	çok gevşek
5-10	Gevşek
11-30	Orta sıkı
31-50	Sıkı
> 50	çok sıkı

3.3.2.2. Presiyometre deneyi

Zeminin dayanım ve deformasyonunu ölçmek amacıyla Menard (1956) tarafından geliştirilmiştir Menard presiyometresi 3 hücreli bir proptan oluşmaktadır. Üst ve alt hücreler koruyucu hücre, ortadaki ise ölçüm hücresidir. Deneyin prensibi sondaj deliği içinde belli seviyelerde, aletin kuyuya indirilen kısmı ile meydana getirilen radyal basınçların, kuyu cidarında oluşturduğu deformasyonlara karşıt gelen hacim-basınç grafiğinin değerlendirilmesinden ibarettir.

Presiyometre deneyi ile elastisite modülü (E), limit basınç (PL) ve net limit basınç (PL*) değerleri elde edilir. Bu değerler kullanılarak zemin taşıma gücü (qu) hesaplanır.

$$q_u = k \times PL^* \text{ (Baguelin ve diğ., 1978)} \quad (3.1)$$

k= taşıma gücü faktörüdür. Minimum değeri olan 0.8 alınmıştır.

3.3.2.3. Sabit seviyeli permeabilite deneyi

Güzergah boyunca gözlenen zeminin, geçirimlilik katsayısını belirlemek için sondaj kuyusunun açılması esnasında belirlenen seviyelerde sabit seviyeli permeabilite deneyi yapılmıştır. Bu deneyde, kuyu içerisi su ile doldurulmakta ve yukarıdan su verilerek su seviyesi sabitlenmektedir. Kuyuya 10 dakika ile verilen su miktarı belirlenerek, geçirimlilik katsayısı (K) hesaplanır. Geçirimlilik katsayısı ile geçirimlilik derecesi arasındaki ilişki Tablo 3.6.'da verilmiştir.

Tablo 3.6: Zeminlerin geçirimlilik katsayılarına göre tanımlanması (Uzuner, 1998)

Zemin cinsi	Geçirimlilik katsayısı K(m/s)	Geçirimlilik derecesi
Çakıl	$>10^{-2}$	Çok geçirimli
Kum	$10^{-2}-10^{-6}$	Geçirimli
Silt	$10^{-6}-10^{-8}$	Az geçirimli
Kil	$< 10^{-8}$	Çok az geçirimli veya geçirimsiz

3.4. Laboratuvar Deneyleri

Sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde birimlerin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla tane boyu dağılımı tayini, doğal su içeriği, kıvam limitleri, serbest basınç, üç eksenli basınç ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır.

3.4.1. Tane boyu dağılımı tayini

Tane boyu dağılımı tayini, standart elekler kullanılarak zemin örneğini oluşturan tanelerin her elek boyunda kalan/geçen miktarlarının yüzde oran olarak belirlenmesidir.

3.4.2. Doğal su içeriği (ω_n)

Doğal su içeriği, zeminin doğada bulunduğu haldeki su içeriğidir. Zemin içindeki su ağırlığının, kuru ağırlığına oranı ile bulunur. ω_n ile gösterilir ve % ile ifade edilir.

3.4.3. Kıvam limitleri

Zeminin farklı su içeriklerinde gösterdikleri davranış biçimi parametreleri (kıvam limitleri) olan likit limit, plastik limit ve plastisite indeksi değerlerinin belirlenmesidir.

3.4.3.1. Likit limit (LL)

Likit limit, zeminin kendi ağırlığı altında akabildiği en düşük su içeriğidir. Bunun belirlenmesi, pratik olarak mümkün olmadığından zemini temsil eden ve 40 no.lu elekten geçen numune, deneye hazırlanarak likit limit aletine (Casagrende) yerleştirilir, oluk açma bıçağı ile ikiye bölünen örneğin, 1.3 cm boyunca birleşmesi gözlenir ve bu birleşmenin sağladığı su içeriği kaydedilir. Aynı işlem, zemine artan miktarlarda su katarak, değişik su muhtevalarında tekrarlanır. Deney sonunda çizilen su içeriği-vuruş sayısı grafiğinde 25 vuruşa karşılık gelen su içeriği, zeminin likit limitidir.

3.4.3.2. Plastik limit (PL)

Zeminin daha düşük su muhtevasında plastik malzeme gibi davranamayacağı katı hale geleceği su muhtevasıdır. Diğer bir deyişle, zeminin kırılmadan yaklaşık 3 mm çapında bir silindir haline getirilebildiği minimum su içeriğidir.

3.4.3.3. Plastisite indeksi (PI)

Zemin, likit limit ve plastik limit arasındaki su muhtevası değerlerinde plastik malzeme gibi davranır. Bu aralığa “Plastisite İndeksi” denir ve Tablo 3.7.’e göre tanımlanır.

$$PI = LL - PL \quad (3.2)$$

Tablo 3.7: Plastisite derecesinin plastisite indeksine göre belirlenmesi (Leonards, 1962)

Plastisite indeksi (%)	Plastisite derecesi	Kuru dayanım
0-5	Plastik değil	Çok düşük
5-15	Az plastik	Düşük
15-40	Plastik	Orta
> 40	Çok plastik	Yüksek

3.4.3.4. Likitlik indeksi (LI)

Zeminlerin likit limit ve plastik limit değerlerini kıyaslayan diğer bir parametre de likitlik indeksidir. İnce daneli zeminlerin likitlik indeksi;

$$LI = \frac{\omega_n - PL}{LL - PL} \quad (3.3)$$

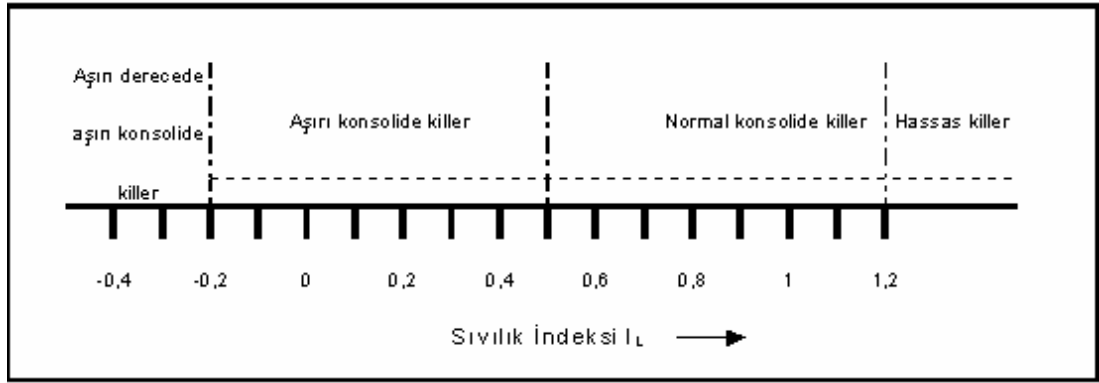
formülü kullanılarak hesaplanır.

Likitlik indeksi Tablo 3.8.’e göre tanımlanır.

Tablo 3.8: Zeminlerin likitlik indeksine göre tanımlanması

Likitlik indeksi (LI)	Tanım
> 0.5	Yumuşak
0.2 – 0.5	Orta
-0.1 – 0.2	Sert
-0.4 – (-0.1)	Çok sert
< - 0.4	Katı

Likitlik indeksine göre zeminin konsolidasyon derecesi Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1: Likitlik indeksine göre zeminin konsolidasyon derecesi (Sowers, 1979)

3.4.3.5. Kıvamlılık indeksi (Ic)

Zeminlerin kıvamlılık indeksi aşağıdaki formül ile belirlenir.

$$Ic = \frac{LL - \omega_n}{PI} \quad (3.4)$$

Zeminlerin kıvamlılık indeksine göre sınıflandırılması Tablo 3.9.'da verilmiştir.

Tablo 3.9: Zeminlerin kıvamlılık indeksine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001)

Kıvamlılık indeksi (Ic)	Sınıflama
< 0	Akışkan (Çamur)
0 – 0.25	Çok Yumuşak
0.25 – 0.50	Yumuşak
0.50 – 0.75	Yarı Sert (Sıkı)
0.75 – 1.00	Sert
> 1.00	Yarı Katı (Çok Sert)

3.4.3.6. Sıkışma indeksi (Cc)

İnce taneli zeminlerde sıkışma indeksi;

$$C_c = 0.009 (LL-0.1) \quad (3.5)$$

formülü ile hesaplanır ve Tablo 3.10.'a göre tanımlanır.

Tablo 3.10: Zeminlerin sıkışabilirliği (Sowers, 1979)

Tanım	Sıkışma indeksi (Cc)	Likit limit (LL) %
Düşük sıkışabilirlik	0 – 0.19	0 – 30
Orta sıkışabilirlik	0.20 – 0.39	31 – 50
Yüksek sıkışabilirlik	> 0.40	> 51

3.4.4. Serbest basınç deneyi

Serbest basınç deneyi kohezyonlu zeminlerde serbest basınç direncini (q_u) bulmak amacıyla yapılır. Deneyde 38 mm ile 50 mm arasında çapa ve çapının 2 katı boya sahip numune yalnızca eksenel doğrultuda yüklenmektedir. Eksenel yük artışları altında numunedeki boy kısalması ölçülmekte ve buradan hareketle gerilme-deformasyon eğrileri çizilmektedir. Eksenel gerilmenin en büyük değeri zeminin serbest basınç direncini vermektedir.

İnce taneli kohezyonlu zeminlerde, zeminin kıvamı ile serbest basınç direnci arasında bir ilişki Tablo 3.11.'de verilmiştir.

Tablo 3.11: Serbest basınç direnci ile kıvam arasındaki ilişki (Terzaghi ve Peck, 1967)

Kıvam	SPT-N	q_u (kg/cm ²)
Çok yumuşak	<2	<0.25
Yumuşak	2-4	0.25-0.50
Orta katı	4-8	0.50-1.00
Katı	8-15	1.00-1.50
Çok katı	15-30	1.50-2.00
Sert	>30	> 2.00

Serbest basınç direncinden yararlanarak drenajsız kohezyon (c_u) değeri hesaplanabilir.

$$c_u = \frac{q_u}{2} \quad (\text{Özüdoğru ve diğ., 2001}) \quad (3.6)$$

3.4.5. Üç eksenli basınç deneyi

Kohezyonlu bir zeminin, üç eksenli kesme cihazında, hücre basıncı basit bir değerde tutularak ve su muhtevasının değişmesi önlenerek basınç dayanımının ölçülmesi amacıyla yapılır. Deney çapı 38 mm ile 50 mm arasında değişen ve boyu çapının 2 katı olan silindirik deney numuneleri üzerinde yapılır. Deney sonucu kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) hesaplanır.

3.4.6. Konsolidasyon deneyi

Konsolidasyon deneyi ile yanal deformasyonu önlenmiş olan, suya doymuş disk biçiminde örselenmemiş veya sıkıştırılan zemin numunesi alt ve üst yüzeyinden drenaja müsaade edilerek ödometre aletine yerleştirilir. Ödometre aletine yerleştirilen numunenin ilk gün şişme basıncı ve şişme yüzdesi belirlenir. Daha sonra 0.25 kg/cm^2 - 8 kg/cm^2 arasında 0.25 kg/cm^2 'den başlayarak her defasında bir önceki yük kademesinin iki katı bir yük uygulayıp her yükleme aşamasında 10., 15., 30. saniyelerde 1., 2., 4., 15., 30.dakikalarda ve 1., 2., 4., 24.saatlerde sıkışma değerleri göstergeden okunmak suretiyle 8 kg/cm^2 yük kademesine kadar yükleme yapılır. Daha sonra, 8 kg/cm^2 'den başlayarak ters yönde, aynı yük ve zaman aralıklarıyla ters yükleme yani yükün boşaltılması işlemi uygulanır ve oluşan kabarmalar ölçülerek oturma-zaman değerleri kayıt edilir.

Deney sonucunda hacimsel sıkışma katsayısı (m_v) bulunur. Hacimsel sıkışma katsayısı yapı temelinde, üst yapı nedeniyle meydana gelebilecek oturmaları hesaplamakta kullanılır.

3.5. Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS)

Zemin grubunun harflerle simgelandığı ve zeminin granülometrik ve kıvam özelliklerini tanımladığı değerler kullanılarak uygulanan bir sınıflamadır. Bu harfler tane boylarının İngilizce karşılığının ilk harfleri olarak alınmıştır. Tane boyunu gösteren harflerin yanındaki ikinci harfler ise iri taneli zeminlerde derecelenme özelliğini, ince taneli zeminlerin yanındaki ikinci harf ise plastisite derecesini verir.

<u>Zemin</u>	<u>1.harf</u>	<u>Zemin alt grubu</u>	<u>2.harf</u>
Çakıl	G	İyi derecelenmiş	W
Kum	S	Kötü derecelenmiş	P
		Plastik olmayan ince taneli	M
		Plastik ince taneli	C
Silt	M	Likit limit < %50	L
Kil	C	Likit limit > %50	H
Organik	O		
Turba	Pt		

İri taneli zeminler granülometrik özelliklerine göre iyi derecelenmiş ve kötü derecelenmiş olarak iki sınıfa ayrılmakta ve bunlar sırası ile (W) ve (P) sembolleri ile gösterilmektedir. İnce taneli zeminler ise, plastisite özelliklerine göre, düşük plastisiteli (L) ve yüksek plastisiteli (H) olarak sınıflandırılır.

3.6. Zeminlerin Kazılabilirlik Sınıflaması

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Kazı İşleri Teknik Şartnamesi (1985)'ne göre zeminler kazı güçlüğü bakımından dört kısma ayrılır. Bunlar toprak zeminler, küskülük zeminler, kaya zeminler ve balçık zeminlerdir.

3.6.1. Toprak zeminler

Yumuşak toprak: Bel küreği ve kürekle kazılabilen gevşek toprak, bitkisel toprak, gevşek kum ve benzeri zeminlerdir.

Sert toprak: Kazmanın yassı ve ara sıra sivri ucu ile kazılan kumlu kil, gevşek kil, killi kum, çakıllı zeminlerdir.

3.6.2. Küskülük zeminler

Yumuşak küskülük: Kazmanın sivri ucu ve ara sıra küskü, kama veya tokmak ile kazılan sert kil, yumuşak marn, parçalanıp el ile atılabilen 0.100 m³'e kadar büyüklükteki her cins blok, kazı güçlüğü benzerliğinden dolayı çamur ve benzeri zeminlerdir.

Sert küskülük: Kazmanın sivri ucu, küskü, kama, tokmak ve kırıcı tabanca ile kazılan çatlamış kaya, şist, taşlanmış marn, taşlanmış kil 0.100-0.400 m³ büyüklükte, parçalanıp el ile atılabilen her cins blok ve benzeri zeminlerdir.

3.6.3. Kaya zeminler

Yumuşak kaya: Küskü, kırıcı tabanca veya patlayıcı madde kullanılarak kazılan tabaklaşmış kalker, marnlı kalker, şist, gre, gevşek konglomera, alçı taşı volkanik tüfler (bazalt tüfleri hariç) 0.400 m³'den büyük aynı cins bloklar ve benzeri zeminlerdir.

Sert kaya: Patlayıcı madde kullanılarak atılan, kırıcı tabanca ile parçalanıp sökülen kalın tabaka ve kitle halinde sert gre, kesif kalker, andezit, trakit, betonlaşmış konglomera, bazalt tüfleri, mermer, 0.400 m³ den büyük aynı cins bloklar ve benzeri zeminlerdir.

Çok sert kaya: Fazla miktarda patlayıcı madde kullanarak atılan, kırıcı tabanca ile parçalanıp sökülen bazalt, porfir, kuvarst 0.400 m³ den büyük aynı cins bloklar ve benzer zeminlerdir.

3.6.4. Batak ve balçık zeminler

Su muhtevası yüksek olan ve bu suyu kolay bırakmayan, yapışkan nitelikteki zeminlerdir.

3.7. Zeminlerin Sıvılaşma Özellikleri

Deprem gibi dinamik etkilerle yer altı su tablası altındaki doymuş ve gevşek zeminde bulunan taneler yerlerini değiştirirler. Yer değiştiren tanelerin gerilimi taneler arasındaki suya aktarılır ve boşluk suyu basıncı artar. Böylece taneler birbirinden uzaklaşır ve zemin sıvı gibi davranmaya başlar. Deprem öncesinde katı bir zemin şeklinde davranan malzeme suyla birlikte zemin içerisindeki çatlaklardan yüzeye doğru hareket ederek sıvılaşma olayı gerçekleşir (Das, 1983).

Silt, kil, kum karışımlarının sıvılaşabilirliğinin belirlenmesine yönelik Andrews ve Martin (2000)'in çalışmaları Tablo 3.12'de özetlemiştir.

Tablo 3.12: Siltli ve killi kumların sıvılaşabilirliği (Andrews ve Martin, 2000)

	Likit Limit < 32	Likit Limit ≥ 32
$(\text{Kil içeriği})^2 < \% 10$	Sıvılaşabilir	Sıvılaşamaz
$(\text{Kil içeriği})^2 \geq \% 10$	İleri çalışma gerekir. (Plastik olmayan kil boyutlu dane olduğu düşünülerek maden veya ocak atığı gibi)	İleri çalışma gerekir. (Plastik kil harici boyutlu dane olduğu düşünülerek Mika gibi)

3.8. Zeminlerin Şişme Özellikleri

Bazı killi veya suya doymuş olmayan zeminlerin su emerek hacminin artması veya su emdiği halde hacminin artmasının engellenmesi durumunda basınç artışı oluşturmaya şişme özelliği denir. Bu tür zeminler su içeriği azaldığında da büzölmeye uğrarlar. Şişme özelliği olmayan bir zemin arazideki şartlar ne olursa olsun şişmeye uğramaz. Diğer yandan şişen zeminler, zeminin başlangıçtaki fiziksel durumuna, daha sonra uğrayacağı gerilme ve su içeriği değişikliklerine bağlı olarak az veya çok şişebilir ve hatta çökme gösterebilir. Tablo 3.13.'de killerin likit limit ve plastisite indeksi değerlerine göre şişme derecesi verilmiştir.

Tablo 3.13: Şişen zeminlerin sınıflaması (O'Neill ve Poormoayed, 1980)

Likit limit (%)	Plastisite İndeksi	Şişme potansiyeli (*)	Şişme derecesi
< 50	< 25	< 0.5	Düşük
50-60	25-35	0.5-1.5	Orta
> 60	> 35	> 1.5	Yüksek

(*)Şişme potansiyeli: Örtü basıncına eşit basınç altındaki düşey şişme

3.9. Birimlerin Mühendislik Jeolojisi Özellikleri

Bursaray B Etabı güzergahında yapılan sondajlarda gözlenen birimlerin mühendislik jeolojisi özellikleri arazi ve laboratuvar deney sonuçları değerlendirilerek sayısal olarak ifade edilmiştir.

3.9.1. Köprühisar formasyonu (Tk)

Kumlu kil/kumlu silt/çakıllı kum olarak tanımlanan Köprühisar formasyonu, kirli beyaz-bej ve yeşilimsi kahve renklidir. Yer yer karbonat seviyelidir. BSB-18 no'lu sondajda 16.30 m, BSB-19 no'lu sondajda 16.30 m, BSB-22 no'lu sondajda ise 24.20 m'den itibaren gözlenmiş yer altı birimidir. SPT-N₃₀ değeri 45 ile R arasında değişmektedir. Sert kıvamlı, düşük plastisitelidir (Tablo 3.4.). Kumlu seviyeler çok sıkı yapılıdır (Tablo 3.5.). Zemin sınıfı siltli kum (SM), killi kum (SC) ve düşük plastisiteli inorganik kil (CL) olan birimin içerisinde % 16-77 arasında değişen oranlarda kum, % 0-35 arasında değişen oranlarda çakıl bulunmaktadır.

Bu birime ait numuneler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre belirlenen zemin parametrelerinin ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıda verilmiştir.

Doğal su içeriği (ω_n)	: %17	(11 ≤ ω_n ≤ 35)
Likit limit (LL)	: %25	(0 ≤ LL ≤ 49)
Plastik limit (PL)	: %14	(NP ≤ PL ≤ 25)
Plastisite indeksi (PI)	: %11	(0 ≤ PI ≤ 24)
4 no.lu elek üzerinde kalan (+No. 4)	: %6	(0 ≤ +No. 4 ≤ 35)
200 no.lu elekten geçen (-No. 200)	: %44	(21 ≤ -No. 200 ≤ 83)
Standart penetrasyon değeri (SPT-N ₃₀)	: 45 ≤ SPT-N ₃₀ ≤ R	
Birleştirilmiş zemin sınıflaması	: SM, SC, CL	

Birim içerisinde yapılan presiyometre deneylerinde hesaplanan net limit basınç ve elastisite modülünün ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç (PL*)	: 27.61 kg/cm ²	(14.88≤PL*≤33.56)
Elastisite modülü (E)	: 520 kg/cm ²	(157≤E≤935)

Köprühisar formasyonu'nda net limit basınç değeri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri 11.9 kg/cm² ile 26.85 kg/cm² arasında değişmektedir

3.9.2. Alüvyon (Qal)

Çalışma alanında yapılan sondajlarda yapay dolgunun altında gözlenen alüvyon birimleri tane boyutu dağılımına göre çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil (Qal1), çakıllı siltli kum (Qal2) ve siltli kumlu çakıl (Qal3) ile temsil edilir. Aşağıda bu üç ayrı grubun fiziksel ve mühendislik özellikleri değerlendirilmiştir.

3.9.2.1. Çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil (Qal1)

Alüvyon birimleri içerisinde görülen ve çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil ile temsil edilen birim; yeşilimsi kahve-kahve renklidir. Birim içinde yer yer kumlu ve çakıllı seviyelere rastlanır. Birim 0.00–13.50 m arası ve 13.50–25.50 m arası farklı jeoteknik özellikler göstermektedir.

0.00– 13.50 m arası çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil (Qal1): Yeşilimsi kahve-kahve renkli olan birimin ortalama SPT-N₃₀ değeri 17 olup orta katı-çok katı kıvama ve düşük plastisiteye sahiptir. Zemin sınıfı siltli kum (SM), killi kum (SC), inorganik silt-düşük plastisiteli inorganik kil (ML-CL) ve düşük plastisiteli inorganik kil (CL) olan birim içerisinde % 18-52 arasında değişen oranlarda kum, % 0-47 arasında değişen oranlarda çakıl bulunmaktadır.

Bu birime ait numuneler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre belirlenen zemin parametrelerinin ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıda verilmiştir.

Doğal su içeriği (ω_n)	: %20	(11≤ ω_n ≤28)
Likit limit (LL)	: %33	(22≤LL≤47)
Plastik limit (PL)	: %19	(15≤PL≤24)
Plastisite indeksi (PI)	: %14	(6≤PI≤23)
4 no.lu elek üzerinde kalan (+No. 4)	: %5	(0≤+No. 4≤47)

200 no.lu elekten geçen (-No. 200)	: %55	(26≤-No. 200≤81)
Standart penetrasyon değeri (SPT-N ₃₀)	: 17	(10≤ SPT-N ₃₀ ≤25)
c (kg/cm ²)	: 0.30	
Ø	: 2°	
Birleştirilmiş zemin sınıflaması	: SM, SC, ML-CL, CL	
Boşluk oranı (e _n)	: 0.59	(0.55≤e _n ≤0.68)
Doğal birim hacim ağırlığı (γ _n)	: 2.11 t/m ³	(2.06≤ γ _n ≤2.16)
Kuru birim hacim ağırlığı (γ _s)	: 2.75 t/m ³	(2.72≤ γ _s ≤2.79)

Birim içerisinde yapılan presiyometre deneylerinde hesaplanan net limit basınç ve elastisite modülü'nün ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç (PL*)	: 5.31 kg/cm ²	(2.37≤PL*≤10.63)
Elastisite modülü (E)	: 82 kg/cm ²	(35≤E≤197)

Net limit basınç değeri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri 1.9 kg/cm² ile 8.5 kg/cm² arasında değişmektedir.

Birim içerisinde yapılan sabit seviyeli permeabilite deneylerinden hesaplanan geçirimsizlik katsayıları Tablo 3.14.'de verilmiştir. Elde edilen değerlere göre bu birimin geçirimsizlik derecesi az geçirimsiz sınıfına girmektedir (Tablo 3.6.).

Tablo 3.14: Alüvyon (Qal1) biriminde yapılan permeabilite deney sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	K (m/s)	Geçirimsizlik derecesi
BSB-33	3.00	6.33477x10 ⁻⁷	Az geçirimsiz
BSB-33	6.00	3.75586x10 ⁻⁷	Az geçirimsiz
BSB-33	9.00	1.74780x10 ⁻⁷	Az geçirimsiz
BSB-33	12.00	1.71111x10 ⁻⁷	Az geçirimsiz

13.50 – 25.50 m arası çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil (Qal1):Yeşilimsi kahve-kahve renkli olan birimin ortalama SPT-N₃₀ değeri 27 olup katı-sert kıvama ve düşük plastisiteye sahiptir. Zemin sınıfı siltli kum (SM), killi kum (SC), inorganik silt (ML), inorganik silt-düşük plastisiteli inorganik kil (ML-CL), düşük/yüksek plastisiteli inorganik kil (CL/CH) ve düşük plastisiteli inorganik kil (CL) olan birim içerisinde % 3-54 arasında değişen oranlarda kum, % 0-40 arasında değişen oranlarda ise çakıl bulunmaktadır.

Bu birime ait numuneler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre belirlenen zemin parametrelerinin ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıda verilmiştir.

Doğal su içeriği (ω_n)	: %21	($6 \leq \omega_n \leq 32$)
Likit limit (LL)	: %37	($26 \leq LL \leq 55$)
Plastik limit (PL)	: %21	($17 \leq PL \leq 27$)
Plastisite indeksi (PI)	: %16	($6 \leq PI \leq 30$)
4 no.lu elek üzerinde kalan (+No. 4)	: %3	($0 \leq +No. 4 \leq 40$)
200 no.lu elekten geçen (-No. 200)	: %56	($24 \leq -No. 200 \leq 97$)
Standart penetrasyon değeri (SPT- N_{30})	: 27	($10 \leq SPT-N_{30} \leq 42$)
c (kg/cm^2)	: 1.54	($1.28 \leq c \leq 1.80$)
ϕ	: 1.5°	($1 \leq \phi \leq 2$)
Birleştirilmiş zemin sınıflaması	: SM, SC, ML-CL, CL/CH, CL	
Boşluk oranı (e_n)	: 0.76	($0.66 \leq e_n \leq 0.85$)
Doğal birim hacim ağırlığı (γ_n)	: $2.02 t/m^3$	($1.98 \leq \gamma_n \leq 2.06$)
Kuru birim hacim ağırlığı (γ_s)	: $2.74 t/m^3$	($2.71 \leq \gamma_s \leq 2.77$)

Birim içerisinde yapılan presiyometre deneylerinde hesaplanan net limit basınç ve elastisite modülü'nün ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç (PL^*)	: $7.49 kg/cm^2$	($3.48 \leq PL^* \leq 11.17$)
Elastisite modülü (E)	: $129 kg/cm^2$	($37 \leq E \leq 276$)

Net limit basınç değeri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri $2.78 kg/cm^2$ ile $8.94 kg/cm^2$ arasında değişmektedir.

3.9.2.2. Çakıllı siltli kum (Qal2)

Alüvyon birimi içerisinde görülen ve çakıllı siltli kum ile temsil edilen birim içinde yer yer killi/siltli ve çakıllı seviyelere rastlanır. Kahve renkli, ortalama SPT- N_{30} değeri 24 olup orta sıkı yapılıdır. Zemin sınıfı killi çakıl (GC), killi kum (SC), siltli kum (SM), siltli-killi kum (SM-SC) olan birim içerisinde % 13-55 arasında değişen oranlarda kil ve silt % 1-48 arasında değişen oranlarda çakıl bulunmaktadır.

Bu birime ait numuneler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre belirlenen zemin parametrelerinin ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıda verilmiştir.

Doğal su içeriği (ω_n)	: %16	($9 \leq \omega_n \leq 33$)
Likit limit (LL)	: %10	($0 \leq LL \leq 34$)
Plastik limit (PL)	: %6	($NP \leq PL \leq 19$)
Plastisite indeksi (PI)	: %4	($0 \leq PI \leq 15$)
4 no.lu elek üzerinde kalan (+No. 4)	: %15	($1 \leq +No. 4 \leq 48$)
200 no.lu elekten geçen (-No. 200)	: %31	($13 \leq -No. 200 \leq 55$)
Standart penetrasyon değeri (SPT- N_{30})	: 24	($14 \leq SPT-N_{30} \leq 37$)
Birleştirilmiş zemin sınıflaması	: GC, SC, SM, SM-SC	

Birim içerisinde yapılan presiyometre deneylerinde hesaplanan net limit basınç ve elastisite modülü'nün ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç (PL*)	: 7.48 kg/cm ²	($4.28 \leq PL^* \leq 11.77$)
Elastisite modülü (E)	: 109 kg/cm ²	($35 \leq E \leq 202$)

Net limit basınç değeri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri 3.42 kg/cm² ile 9.42 kg/cm² arasında değişmektedir.

Birim içerisinde yapılan sabit seviyeli permeabilite deneylerinden hesaplanan geçirimsizlik katsayısı Tablo 3.15.'de verilmiştir. Elde edilen değere göre bu birimin geçirimsizlik derecesi az geçirimli sınıfına girmektedir (Tablo 3.6.).

Tablo 3.15: Alüvyon (Qal2) biriminde yapılan permeabilite deney sonucu

Sondaj No	Derinlik (m)	K (m/s)	Geçirimsizlik derecesi
BSB-33	15.00	1.73402×10^{-7}	Az geçirimli

3.9.2.3. Siltli kumlu çakıl (Qal3)

Alüvyon birimi içerisinde görülen ve siltli kumlu çakıl ile temsil edilen birim içinde yer yer killi/siltli ve kumlu seviyelere rastlanır. Kahve renkli olup SPT- N_{30} değeri 20 ile R arasında değişmektedir. Sıkı-çok sıkı yapılıdır (Tablo 3.5.). Zemin sınıfı iyi derecelenmiş siltli çakıl (GW-GM), kötü derecelenmiş siltli çakıl (GP-GM), iyi derecelenmiş çakıl (GW), siltli çakıl (GM), killi çakıl (GC), siltli kum (SM) ve kötü derecelenmiş siltli kum (SP-SM) olan birimin içerisinde % 5-48 arasında değişen oranlarda kil ve silt, % 24-62 arasında değişen oranlarda kum bulunmaktadır.

Bu birime ait numuneler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre belirlenen zemin parametrelerinin ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıda verilmiştir.

Doğal su içeriği (ω_n)	: %8	($4 \leq \omega_n \leq 15$)
Likit limit (LL)	: 0	($0 \leq LL \leq 37$)
Plastik limit (PL)	: NP	($NP \leq PL \leq 20$)
Plastisite indeksi (PI)	: 0	($0 \leq PI \leq 17$)
4 no.lu elek üzerinde kalan (+No. 4)	: %47	($10 \leq +No. 4 \leq 68$)
200 no.lu elekten geçen (-No. 200)	: %12	($5 \leq -No. 200 \leq 48$)
Standart penetrasyon değeri (SPT- N_{30})	: $20 \leq SPT-N_{30} \leq R$	
Birleştirilmiş zemin sınıflaması	: GW-GM, GP-GM, GW, GM, GC, SM, SP-SM	

Birim içerisinde yapılan presiyometre deneylerinde hesaplanan net limit basınç ve elastisite modülü'nün ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç (PL*)	: 15.95 kg/cm ²	($7.16 \leq PL^* \leq 23.57$)
Elastisite modülü (E)	: 183 kg/cm ²	($84 \leq E \leq 250$)

Net limit basınç değeri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri 5.73 kg/cm² ile 18.86 kg/cm² arasında değişmektedir.

Birim içerisinde yapılan sabit seviyeli permeabilite deneylerinden hesaplanan geçirimsizlik katsayıları Tablo 3.16.'da verilmiştir. Elde edilen değerlere göre bu birimin geçirimsizlik derecesi az geçirimli-geçirimli sınıfına girmektedir (Tablo 3.6.).

Tablo 3.16: Alüvyon (Qa13) biriminde yapılan permeabilite deney sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	K (m/s)	Geçirimsizlik derecesi
BSB-8	6.00	1.22701×10^{-4}	Geçirimli
BSB-36	3.00	1.75939×10^{-6}	Az geçirimli
BSB-36	6.00	1.10783×10^{-4}	Geçirimli
BSB-36	9.00	6.09437×10^{-5}	Geçirimli
BSB-36	12.00	4.28420×10^{-5}	Geçirimli
BSB-36	13.50	3.32109×10^{-6}	Az geçirimli

3.9.3. Yamaç molozu (Qym)

Yapay dolgunun altında güzergahın başlangıç ve bitim kesimlerinde gözlenen bloklı siltli kumlu çakıl ile temsil edilen birim içinde yer yer killi/siltli ve kumlu seviyelere ve 10-20 cm çapında sert, dayanımlı, az ayrılmış bloklara rastlanır. Kahve renklidir. SPT-N₃₀ değeri 30 ile R arasında değişmekte olup sıkı-çok sıkı yapılıdır. Zemin sınıfı iyi derecelenmiş siltli çakıl (GW-GM), kötü derecelenmiş siltli çakıl (GP-GM), iyi derecelenmiş çakıl (GW), siltli çakıl (GM), siltli kum (SM), kötü derecelenmiş siltli kum (SP-SM) olan birimin içerisinde % 2-52 arasında değişen oranlarda kil ve silt, % 18-74 arasında değişen oranlarda kum bulunmaktadır.

Bu birime ait numuneler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre belirlenen zemin parametrelerinin ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıda verilmiştir.

Doğal su içeriği (ω_n)	: %9	($5 \leq \omega_n \leq 20$)
Likit limit (LL)	: 0	($0 \leq LL \leq 31$)
Plastik limit (PL)	: NP	($NP \leq PL \leq 19$)
Plastisite indeksi (PI)	: 0	($0 \leq PI \leq 14$)
4 no.lu elek üzerinde kalan (+No. 4)	: %42	($1 \leq +No. 4 \leq 76$)
200 no.lu elekten geçen (-No. 200)	: %15	($2 \leq -No. 200 \leq 52$)
Standart penetrasyon değeri (SPT-N ₃₀)	: $30 \leq SPT-N_{30} \leq R$	
Birleştirilmiş zemin sınıflaması	: GW-GM, GP-GM, GW, GM, SP-SM, SM	

Birim içerisinde yapılan presiyometre deneylerinde hesaplanan net limit basınç ve elastisite modülü'nün ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç (PL*)	: 21.49 kg/cm ²	($8.17 \leq PL^* \leq 37.50$)
Elastisite modülü (E)	: 232 kg/cm ²	($101 \leq E \leq 444$)

Net limit basınç değeri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri 6.54 kg/cm² ile 30.0 kg/cm² arasında değişmektedir

Birim içerisinde yapılan sabit seviyeli permeabilite deneylerinden hesaplanan geçirimsizlik katsayıları Tablo 3.17.'de verilmiştir. Elde edilen değerlere göre birimin geçirimsizlik derecesi az geçirimli-g geçirimlidir.

Tablo 3.17: Yamaç molozu biriminde yapılan permeabilite deney sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	K (m/s)	Geçirimsizlik derecesi
BSB-4	4.50	2.06877×10^{-5}	Geçirimli
BSB-4	10.50	1.80801×10^{-5}	Geçirimli
BSB-4	13.50	4.15426×10^{-5}	Geçirimli
BSB-5	6.00	1.23132×10^{-4}	Geçirimli
BSB-5	10.50	5.97509×10^{-5}	Geçirimli
BSB-5	15.00	5.88773×10^{-6}	Az geçirimli
BSB-6	9.00	1.13688×10^{-5}	Geçirimli
BSB-6	13.50	4.33063×10^{-5}	Geçirimli
BSB-8	9.00	8.00632×10^{-5}	Geçirimli
BSB-8	12.00	3.32937×10^{-5}	Geçirimli
BSB-8	15.00	3.95279×10^{-5}	Geçirimli
BSB-38	3.00	2.68173×10^{-6}	Az geçirimli
BSB-38	6.00	3.37118×10^{-6}	Az geçirimli
BSB-38	9.00	4.06704×10^{-6}	Az geçirimli
BSB-39	4.50	1.22914×10^{-4}	Geçirimli
BSB-39	7.50	2.88815×10^{-6}	Az geçirimli
BSB-39	10.50	4.46197×10^{-6}	Az geçirimli

3.9.4. Yapay dolgu (Qd)

İnceleme alanında yapılan sondaj kuyularında 0.80–7.90 m arasında değişen kalınlıklarda geçilen yapay dolgu; inşaat artıkları, tuğla kırıntıları ve organik inorganik materyaller içerir. Kahve renklidir. SPT- N_{30} değeri 4 ile R aralığında değişmektedir. Gevşek-çok sıkı yapılı siltli kumlu çakıl ve yumuşak–orta katı kıvamlı çakıllı kumlu kil özelliğindedir.

Bu birime ait numuneler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre belirlenen zemin parametrelerinin ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıda verilmiştir.

Doğal su içeriği (ω_n)	: % 11	($4 \leq \omega_n \leq 39$)
Likit limit (LL)	: 0	($0 \leq LL \leq 36$)
Plastik limit (PL)	: NP	($NP \leq PL \leq 20$)
Plastisite indeksi (PI)	: 0	($0 \leq PI \leq 16$)
4 no.lu elek üzerinde kalan (+No. 4)	: % 42	($4 \leq +No. 4 \leq 84$)
200 no.lu elekten geçen (-No. 200)	: % 18	($3 \leq -No. 200 \leq 64$)
Standart penetrasyon değeri (SPT- N_{30})	: $4 \leq SPT-N_{30} \leq R$	
Birleştirilmiş zemin sınıflaması	: GW-GM, GP-GM, GM, SM, SC, CL	

Birim içerisinde yapılan presiyometre deneylerinde hesaplanan net limit basınç ve elastisite modülü'nün ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç (PL*) : 2.93 kg/cm² (0.42≤PL*≤7.97)
Elastisite modülü (E) : 34 kg/cm² (9≤E≤108)

Net limit basınç değeri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri 0.34 kg/cm² ile 6.38 kg/cm² arasında değişmektedir.

Birim içerisinde yapılan sabit seviyeli permeabilite deneylerinden hesaplanan geçirimsizlik katsayıları Tablo 3.18.'de verilmiştir. Elde edilen değerlere göre birimin geçirimsizlik derecesi geçirimsizdir.

Tablo 3.18: Yapay dolgu biriminde yapılan permeabilite deney sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	K (m/s)	Geçirimsizlik derecesi
BSB-6	4.50	1.15376x10 ⁻⁴	Geçirimsiz
BSB-8	3.00	2.91414x10 ⁻⁴	Geçirimsiz

3.10. Yapı Temel Alanlarının Mühendislik Jeolojisi Özellikleri

Bursaray B Etabı güzergahında yer alan istasyon, viyadük ve tünel gibi yapıların inşa edildiği zeminin mühendislik jeolojisi özellikleri arazi ve laboratuvar deney sonuçları değerlendirilerek sayısal olarak ifade edilmiştir.

3.10.1. İstasyonlar

Bursaray B Etabı güzergahında toplam 6 adet istasyon vardır. Bu istasyonlar; Demirtaşpaşa İstasyonu, Gökdere İstasyonu, Davutdede İstasyonu, Duaçınarı İstasyonu, Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu ve Arabayatağı İstasyonudur.

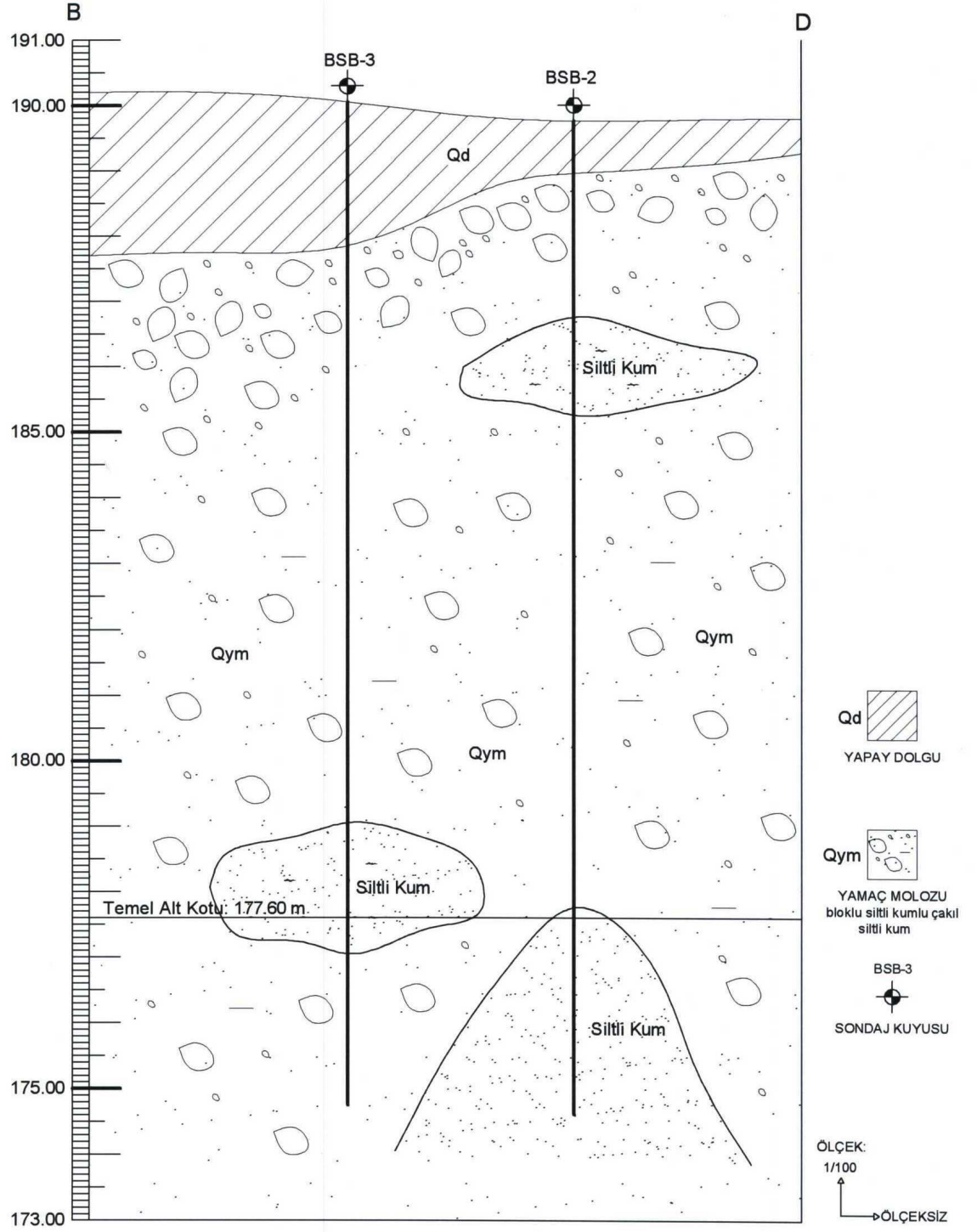
3.10.1.1. Demirtaşpaşa İstasyonu (km:17+276 - km:17+396)

Demirtaşpaşa İstasyonu'nun inşa edildiği kesimde yapılmış olan sondajlar Yüksel Proje tarafından gerçekleştirilen BSB-2 ve BSB-3 no'lu sondajlardır. Sondajlarda, kalınlığı 0.80 m ile 2.20 m arasında değişen yapay dolgu tabakasının altında, yamaç molozu olarak isimlendirilen bloklu siltli kumlu çakıl birimi yer alır.

Yamaç molozu birimi, kahverenkli, 8 cm ile 30 cm arasında değişen boyutlarda, 0.40 m ile 3.30 m arasında değişen kalınlıkta, sert-dayanımlı bloklar içerir. 9.00 m'den sonra çakıllar ve bloklar zayıf dayanımlı ve dağınık özellik gösterirler. Arada yer yer siltli kum seviyeleri görülür. Eser oranda ince malzemelidir. Şekil 3.2.'de Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti verilmiştir. Sondajlarda yeraltısuyuna rastlanılmamıştır.

Demirtaşpaşa İstasyonunun temel alt kotu 177.60 m'dir ve temel zemini yamaç molozu birimine oturmaktadır. Bu birim Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Kazı İşleri Teknik Şartnamesi'ne göre "sert küskü"dür. Sert küskü zemin; kazmanın sivri ucu, küskü, kama, tokmak veya kırıcı tabanca ile kazılabilen zemindir.

DEMİRTAŞPAŞA İSTASYONU



Şekil 3.2: Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti

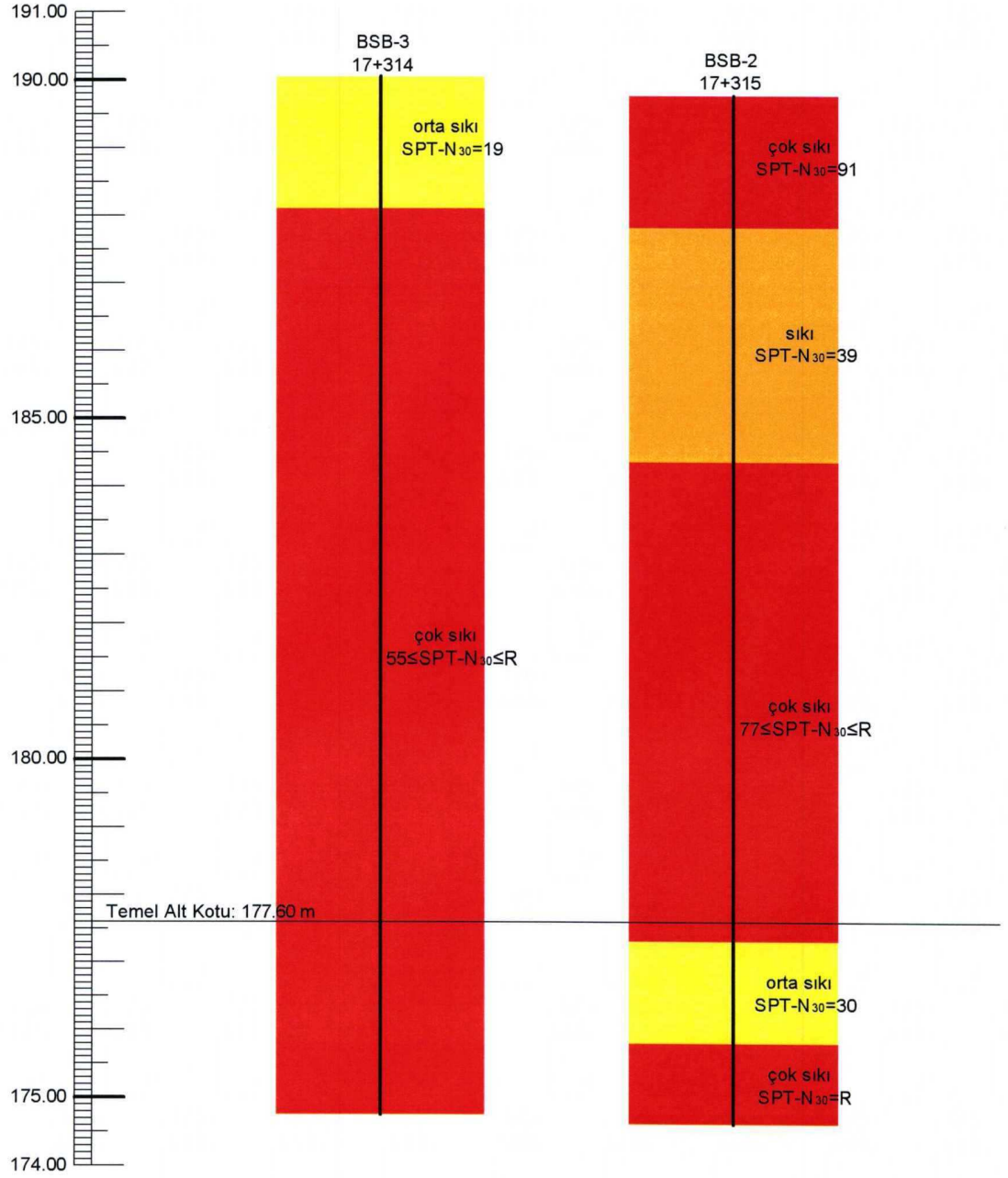
Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları Tablo 3.19.'da verilmiştir.

Tablo 3.19: Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-2	1.50-1.95	33	48	43	91	Çok sıkı
	3.00-3.45	17	21	18	39	Sıkı
	4.50-4.78	33	50/13	-	R	Çok sıkı
	6.00-6.45	30	42	40	82	Çok sıkı
	7.50-7.94	26	29	50/14	R	Çok sıkı
	9.00-9.11	50/11	-	-	R	Çok sıkı
	10.50-10.64	50/14	-	-	R	Çok sıkı
	12.00-12.45	48	39	38	77	Çok sıkı
	13.50-13.95	26	20	10	30	Orta sıkı
	15.00-15.14	50/14	-	-	R	Çok sıkı
BSB-3	1.50-1.95	12	14	5	19	Orta sıkı
	3.30-3.75	16	18	49	67	Çok sıkı
	6.00-6.45	12	27	45	72	Çok sıkı
	7.50-7.79	25	50/14	-	R	Çok sıkı
	9.00-9.45	25	29	26	55	Çok sıkı
	10.50-10.73	18	50/8	-	R	Çok sıkı
	12.00-12.13	50/13	-	-	R	Çok sıkı
	13.50-13.92	41	41	50/12	R	Çok sıkı
	15.00-15.14	41	50/14	-	R	Çok sıkı

Tablo 3.19.'da görüleceği üzere istasyonun oturduğu temel zeminin SPT-N₃₀ değeri 30 ile R arasında değişmektedir. SPT-N₃₀ değerlerine göre temel zemin orta sıkı-çok sıkı yapılıdır. Şekil 3.3.'de Demirtaşpaşa İstasyonu kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi verilmiştir.

DEMİRTAŞPAŞA İSTASYONU



ÖLÇEK:
1/100
→ ÖLÇEKSİZ

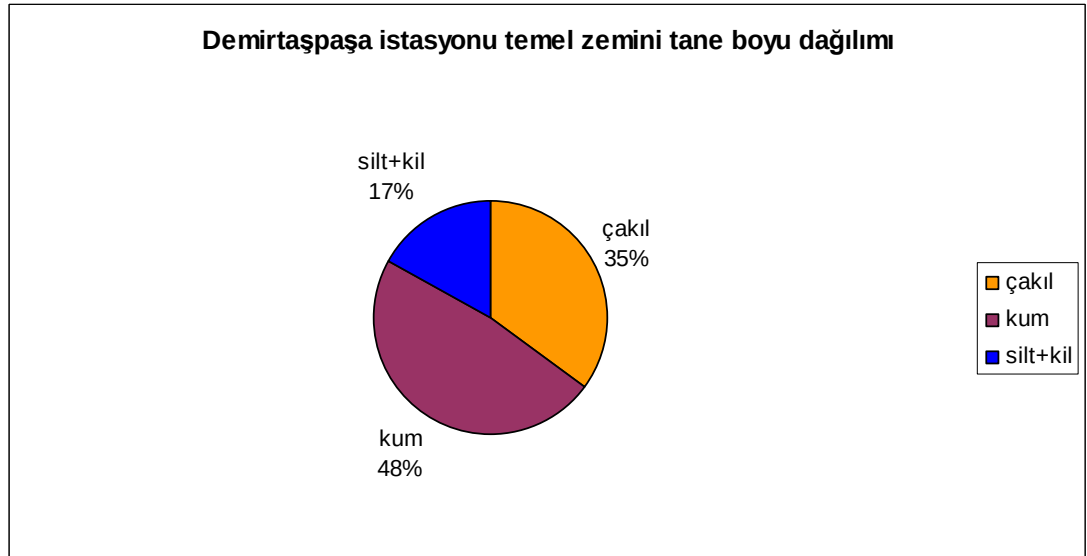
Şekil 3.3: Demirtaşpaşa İstasyonu kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi

Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları Tablo 3.20.'de verilmiştir.

Tablo 3.20: Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Elek Analizi		
			Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
BSB-2	SPT-1	1.50-1.95	54	36	10
	SPT-2	3.00-3.45	41	45	14
	SPT-3	4.50-4.78	37	50	13
	SPT-4	6.00-6.45	51	36	13
	SPT-5	7.50-7.94	46	39	15
	SPT-6	9.00-9.11	58	33	9
	SPT-7	10.50-10.64	47	42	11
	SPT-8	12.00-12.45	35	51	14
	SPT-9	13.50-13.95	14	58	28
	SPT-10	15.00-15.14	32	51	17
BSB-3	SPT-1	1.50-1.95	38	49	13
	SPT-2	3.30-3.75	48	39	13
	SPT-3	6.00-6.45	56	35	9
	SPT-4	7.50-7.79	52	36	12
	SPT-5	9.00-9.45	65	26	9
	SPT-6	10.50-10.73	50	39	11
	SPT-7	12.00-12.13	25	53	22
	SPT-8	13.50-13.92	51	36	13
	SPT-9	15.00-15.14	42	42	16

Elek analizi sonuçlarına göre istasyonun temelinin oturduğu yamaç molozu birimi % 35 çakıl, % 48 kum ve % 17 silt ve kilden oluşur (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4: Demirtaşpaşa İstasyonu temel zemini tane boyu dağılımı

Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları Tablo 3.21.'de verilmiştir.

Tablo 3.21: Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n (%)	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-2	SPT-1	1.50-1.95	6	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-2	3.00-3.45	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-3	4.50-4.78	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-4	6.00-6.45	6	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-5	7.50-7.94	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-6	9.00-9.11	6	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-7	10.50-10.64	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-8	12.00-12.45	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-9	13.50-13.95	17	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-10	15.00-15.14	10	-	NP	-	-	-	-	SM
BSB-3	SPT-1	1.50-1.95	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-2	3.30-3.75	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-3	6.00-6.45	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-4	7.50-7.79	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-5	9.00-9.45	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-6	10.50-10.73	9	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-7	12.00-12.13	13	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-8	13.50-13.92	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-9	15.00-15.14	8	-	NP	-	-	-	-	GM

Demirtaşpaşa İstasyonu temelinin oturduğu zeminin doğal su içeriği % 7 ile % 17 arasında değişmektedir ve ortalama doğal su içeriği % 10.2 bulunmuştur.

Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre temel zemin siltli çakıl (GM) ve siltli kum (SM) özelliğindedir.

İstasyonun inşa edildiği zeminde killi birimler olmadığı için şişme potansiyeli yoktur. Sondajlarda yeraltısuyuna rastlanılmadığından deprem gibi dinamik etkiler altında kumlu birimlerde sıvılaşma riski yoktur. Diyafram duvar kalıcı destek sistemi ile duyarlılık sağlanmıştır.

Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deneyinin sonuçları Tablo 3.22.'de verilmiştir. Presiyometre deneyinden elde edilen net limit basınç değerleri kullanılarak zemin taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır. Şekil 3.5.'de BSB-2 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi, Şekil 3.6.'da BSB-3 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi verilmiştir.

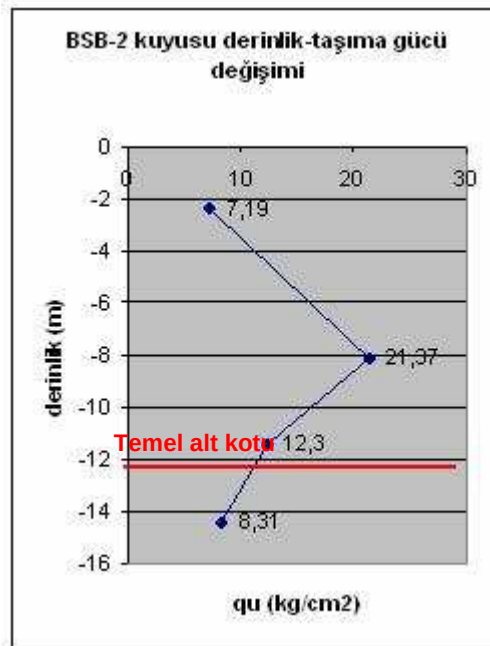
Tablo 3.22: Demirtaşpaşa İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları

Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E (kg/cm ²)	PL* (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
BSB-2	P-1	2,40	61,00	8,99	7,19
	P-2	8,10	923,00	26,71	21,37
	P-3	11,40	131,00	15,37	12,30
	P-4	14,40	116,00	10,39	8,31
BSB-3	P-1	3,70	159,00	17,09	13,67
	P-2	11,40	444,00	29,95	23,96
	P-3	13,90	154,00	14,64	11,71

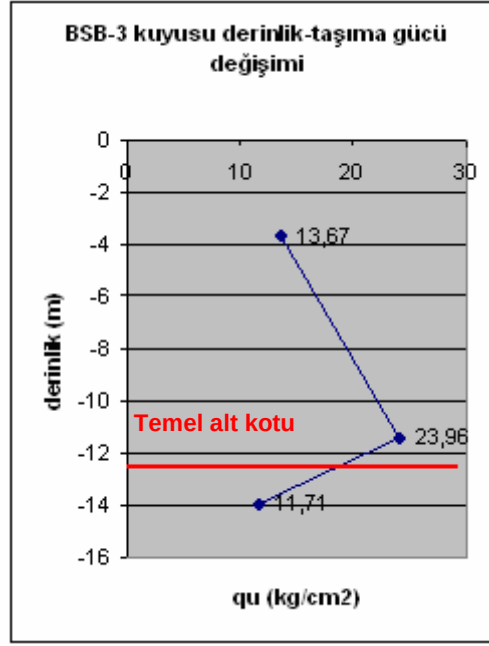
Presiyometre deneyleri ile hesaplanan temelin oturduğu zeminin net limit basınç ve elastisite modülü'nün ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç : 12.5 kg/cm² (10.39≤PL*≤14.64)

Elastisite modülü : 135 kg/cm² (116≤E≤154)



Şekil 3.5: BSB-2 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



Şekil 3.6: BSB-3 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi

Demirtaşpaşa İstasyonu temel zeminin taşıma gücü değeri 8.31 kg/cm^2 ile 11.71 kg/cm^2 arasında değişmektedir.

3.10.1.2. Gökdere İstasyonu (km:18+131- km:18+251)

Gökdere İstasyonu'nun inşa edildiği kesimde yapılmış olan sondajlar Zemin Mühendislik ve İnşaat Sanayi tarafından gerçekleştirilen S-1 sondajı ve Yüksel Proje tarafından gerçekleştirilen BSB-7, BSB-8 ve BSB-10 no'lu sondajlardır. Bu sondajlarda üstte 2.00 m ile 4.70 m arasında değişen kalınlıkta yapay dolgu tabakası ve onun altında bloklu siltli kumlu çakıl olarak tanımlanan yamaç molozu birimi yer alır. Yamaç molozu km:18+100'den istasyon sonuna kadar çakıllı siltli kum (Qal2) ve siltli kumlu çakıl (Qal3) olarak tanımlanan alüvyon birimleri ile girik olarak gözlenmiştir. Şekil 3.7.'de Gökdere İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti verilmiştir. Sondajlarda yeraltısuyuna rastlanılmamıştır.

Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan sabit seviyeli permeabilite deneyinin sonuçları Tablo 3.23.'de verilmiştir.

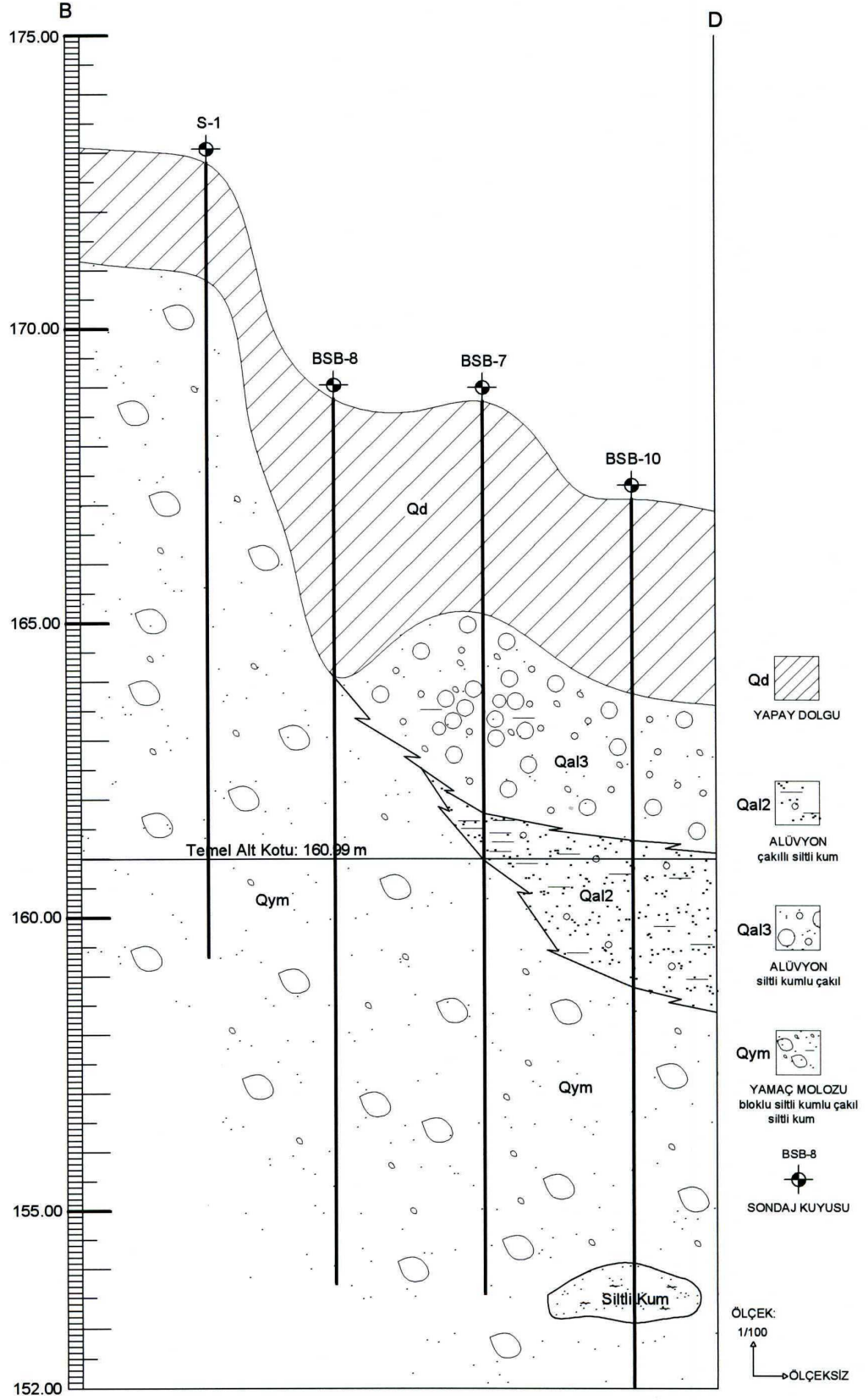
Tablo 3.23: Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan permeabilite deney sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Geçirimsizlik katsayısı (m/s)	Geçirimsizlik derecesi
BSB-8	3.00	2.91414×10^{-4}	Geçirimsiz
	6.00	1.22701×10^{-4}	Geçirimsiz
	9.00	8.00632×10^{-5}	Geçirimsiz
	12.00	3.32937×10^{-5}	Geçirimsiz
	15.00	3.95279×10^{-5}	Geçirimsiz

Geçirimsizlik katsayılarına göre Gökdere İstasyonu kesimi geçirimsizdir. Mevsimsel problemler yaşanması olasıdır, istasyonun dere kenarında olması nedeniyle yaşanacak su taşkınlarından etkilenebilir.

Gökdere İstasyonu temel alt kotu 160,99 m'dir ve istasyonun temeli yamaç molozu ve alüvyon birimleri üzerine oturmaktadır. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Kazı İşleri Teknik Şartnamesi'ne göre yamaç molozu birimi "sert küskü"dür. Sert küskü zemin kazmanın sivri ucu, küskü, kama, tokmak veya kırıcı tabanca ile kazılabilen zemindir. Alüvyon birimleri ise "sert toprak"dır. Sert toprak, kazmanın yassı ve ara sıra sivri ucu ile kazılan, kumlu kil, gevşek kil, killi kum ve çakıllı, kürekle atılabilen zemindir.

GÖKDERE İSTASYONU

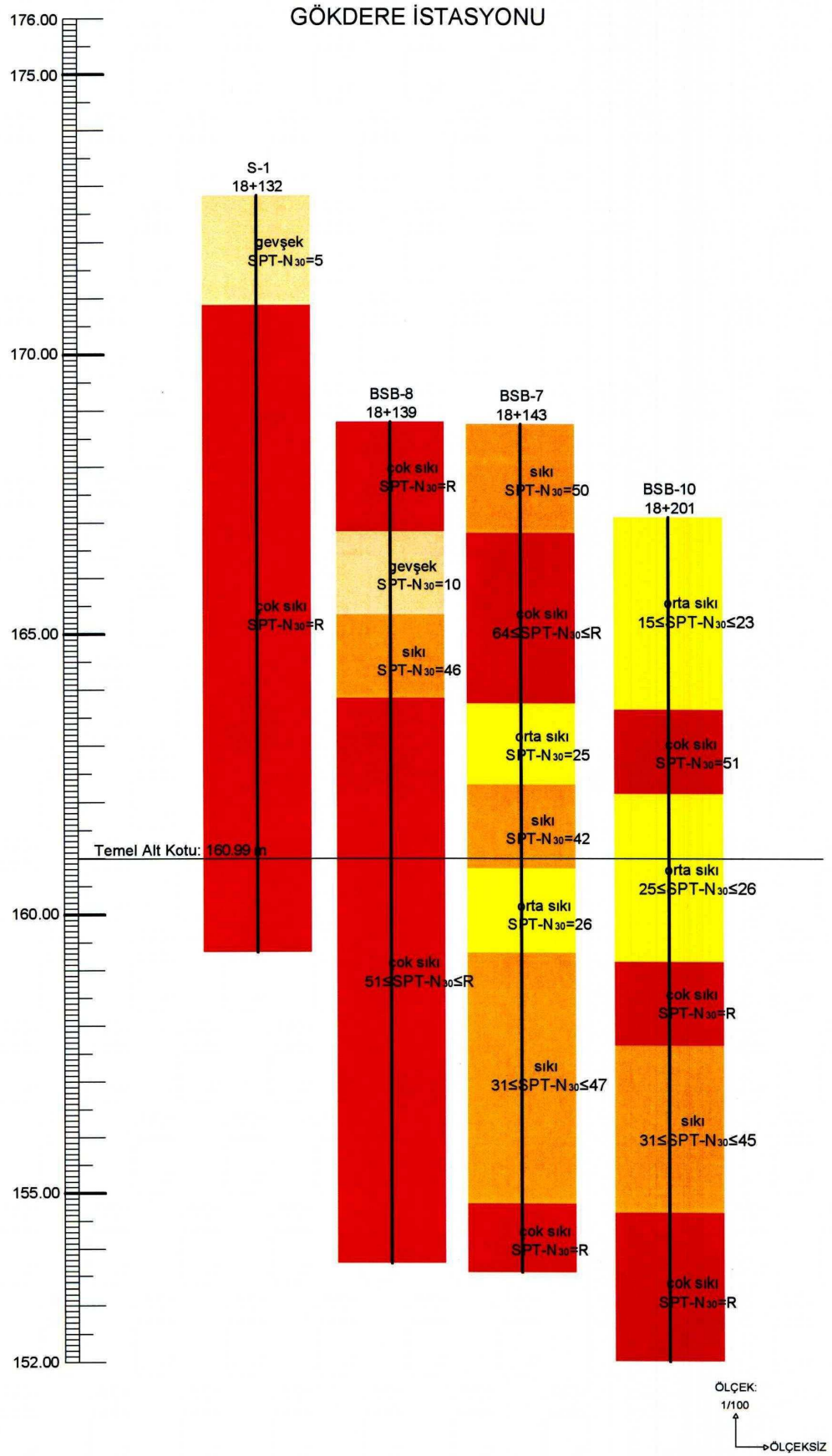


Şekil 3.7: Gökdere İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti

Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları Tablo 3.24.'de verilmiştir.

Tablo 3.24: Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıkılık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
S-1	1.50-1.95	2	2	3	5	Gevşek
	3.00-3.45	50/3	-	-	R	Çok sıkı
	4.50-4.90	50/4	-	-	R	Çok sıkı
	6.00-6.45	50/5	-	-	R	Çok sıkı
	7.50-7.95	50/9	-	-	R	Çok sıkı
	9.00-9.45	50/10	-	-	R	Çok sıkı
	10.50-10.95	50/10	-	-	R	Çok sıkı
	12.00-12.45	50/10	-	-	R	Çok sıkı
BSB-7	1.50-1.95	48	30	20	50	Sıkı
	3.00-3.45	26	30	34	64	Çok sıkı
	4.50-4.84	10	18	50/4	R	Çok sıkı
	6.00-6.45	11	10	15	25	Orta sıkı
	7.50-7.95	9	24	18	42	Sıkı
	9.00-9.45	20	11	15	26	Orta sıkı
	10.50-10.95	20	15	16	31	Sıkı
	12.00-12.45	40	29	18	47	Sıkı
	13.50-13.95	9	8	27	35	Sıkı
	15.00-15.18	17	50/3	-	R	Çok sıkı
BSB-8	1.50-1.93	9	9	50/13	R	Çok sıkı
	3.00-3.45	4	5	5	10	Gevşek
	4.50-4.95	18	20	26	46	Sıkı
	6.00-6.45	27	23	34	57	Çok sıkı
	7.50-7.95	16	24	27	51	Çok sıkı
	9.00-9.45	14	27	28	56	Çok sıkı
	10.50-10.92	29	49	50/12	R	Çok sıkı
	12.00-12.39	43	48	50/9	R	Çok sıkı
	13.50-13.59	50/9	-	-	R	Çok sıkı
	15.00-15.05	50/5	-	-	R	Çok sıkı
BSB-10	1.50-1.95	7	15	8	23	Orta sıkı
	3.00-3.45	3	3	12	15	Orta sıkı
	4.50-4.95	22	27	24	51	Çok sıkı
	6.00-6.45	2	5	20	25	Orta sıkı
	7.50-7.95	8	10	16	26	Orta sıkı
	9.00-9.43	39	35	50/13	R	Çok sıkı
	10.50-10.95	26	17	14	31	Sıkı
	12.00-12.45	21	15	30	45	Sıkı
	13.50-13.58	50/8	-	-	R	Çok sıkı
	15.00-15.08	50/8	-	-	R	Çok sıkı



Şekil 3.8: Gökdere İstasyonu kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi

İstasyon temelin oturduğu yamaç molozu biriminin SPT-N₃₀ değeri 31 ile R arasında değişmektedir. Temelin oturduğu çakıllı siltli kum (Qal2) olarak tanımlanan alüvyon biriminin ise SPT-N₃₀ değeri 25 ile 42 arasında değişmektedir. Buna göre temelin oturduğu yamaç molozu birimi sıkı-çok sıkı yapılı, alüvyon ise orta sıkı-sıkı yapılıdır (Şekil 3.8.).

Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları Tablo 3.25.'de verilmiştir. S-1 sondaj kuyusundan zeminin bloklu olması nedeniyle örselenmemiş numune alınamamış, laboratuvar deneyleri yapılamamıştır.

Tablo 3.25: Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Elek Analizi		
			Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
BSB-7	SPT-1	1.50-1.95	45	44	11
	SPT-2	3.00-3.45	50	41	9
	SPT-3	4.50-4.84	43	37	20
	SPT-4	6.00-6.45	44	43	13
	SPT-5	7.50-7.95	41	41	18
	SPT-6	9.00-9.45	48	42	10
	SPT-7	10.50-10.95	37	50	13
	SPT-8	12.00-12.45	28	50	22
	SPT-9	13.50-13.95	3	51	46
	SPT-10	15.00-15.18	38	45	17
BSB-8	SPT-1	1.50-1.93	35	34	31
	SPT-2	3.00-3.45	40	32	28
	SPT-3	4.50-4.95	51	39	10
	SPT-4	6.00-6.45	56	35	9
	SPT-5	7.50-7.95	49	37	14
	SPT-6	9.00-9.45	46	43	11
	SPT-7	10.50-10.92	56	34	10
	SPT-8	12.00-12.39	44	44	12
	SPT-9	13.50-13.59	50	41	9
	SPT-10	15.00-15.05	76	18	6
BSB-10	SPT-1	1.50-1.95	32	41	27
	SPT-2	3.00-3.45	31	42	27
	SPT-3	4.50-4.95	65	27	8
	SPT-4	6.00-6.45	36	35	29
	SPT-5	7.50-7.95	27	49	24
	SPT-6	9.00-9.43	45	43	12
	SPT-7	10.50-10.95	76	20	4
	SPT-8	12.00-12.45	57	35	8
	SPT-9	13.50-13.58	39	47	14
	SPT-10	15.00-15.08	66	28	6

Elek analizi sonuçlarına göre istasyon temelinin oturduğu zemin ortalama % 45 çakıl, % 40 kum ve % 15 silt ve kilden oluşur (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9: Gökdere İstasyonu temel zemini tane boyu dağılımı

Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları Tablo 3.26.'da verilmiştir.

Tablo 3.26: Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n %	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-7	SPT-1	1.50-1.95	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-2	3.00-3.45	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-3	4.50-4.84	11	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-4	6.00-6.45	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-5	7.50-7.95	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-6	9.00-9.45	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-7	10.50-10.95	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-8	12.00-12.45	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-9	13.50-13.95	16	31	17	14	-	-	-	SM
	SPT-10	15.00-15.18	11	-	NP	-	-	-	-	SM
BSB-8	SPT-1	1.50-1.93	14	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-2	3.00-3.45	15	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-3	4.50-4.95	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-4	6.00-6.45	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-5	7.50-7.95	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-6	9.00-9.45	9	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-7	10.50-10.92	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-8	12.00-12.39	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-9	13.50-13.59	9	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-10	15.00-15.05	5	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
BSB-10	SPT-1	1.50-1.95	19	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-2	3.00-3.45	14	31	18	13	-	-	-	SC
	SPT-3	4.50-4.95	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-4	6.00-6.45	13	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-5	7.50-7.95	14	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-6	9.00-9.43	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-7	10.50-10.95	5	-	NP	-	-	-	-	GP
	SPT-8	12.00-12.45	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-9	13.50-13.58	10	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-10	15.00-15.08	6	-	NP	-	-	-	-	GP-GM

Gökdere İstasyonu'nun inşa edildiği temel zeminin doğal su içeriği % 5 ile %16 arasında değişmektedir ve ortalama doğal su içeriği % 8,9 bulunmuştur.

Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre temel zemin iyi derecelenmiş siltli çakıl (GW-GM), kötü derecelenmiş siltli çakıl (GP-GW), kötü derecelenmiş çakıl (GP), siltli çakıl (GM) ve siltli kum (SM) özelliğindedir.

Gökdere İstasyonu kesiminde temel zemininde gözlenen SM biriminde kıvam limitleri %31 likit limit, %17 plastik limit ve %14 plastisite indeksi bulunmuştur.

Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deneyinin sonuçları Tablo 3.27.'de verilmiştir. Presiyometre deneyinden elde edilen net limit basınç değerleri kullanılarak zemin taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır. Şekil 3.10.'da BSB-7 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi verilmiştir.

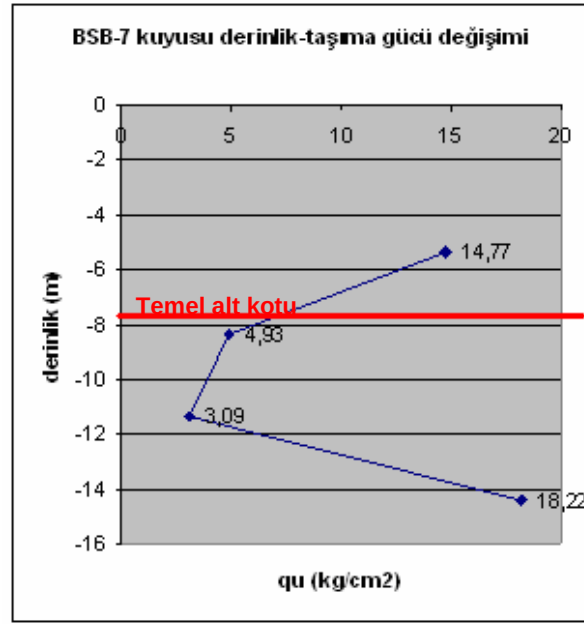
Tablo 3.27: Gökdere İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları

Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E (kg/cm ²)	PL* (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
BSB-7	P-1	5,40	171,00	18,46	14,77
	P-2	8,40	66,00	6,16	4,93
	P-3	11,40	69,00	3,86	3,09
	P-4	14,40	267,00	22,77	18,22

Presiyometre deneylerinde hesaplanan net limit basınç ve elastisite modülü'nün ortalama değerleri ve değişim aralıkları ise aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç : 10.93 kg/cm² (3.86≤PL*≤22.77)
Elastisite modülü : 134 kg/cm² (66≤E≤267)

İstasyonun inşa edildiği zeminin temel alt kotu 160.99 m olduğundan Gökdere istasyonu temel zemininin taşıma gücü değeri 3.09 kg/cm² ile 18.22 kg/cm² arasında değişmektedir (Şekil 3.10.). İstasyonun inşa edildiği zeminin şişme potansiyeli ve sıvılaşma riski yoktur. Kazı şevleri geçici destekle duraylılık kazanmıştır.



Şekil 3.10: BSB-7 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi

3.10.1.3. Davutdede İstasyonu (km:18+994 - km:19+114)

Davutdede İstasyonu'nun inşa edildiği kesimde yapılmış olan sondajlar Yüksel Proje tarafından gerçekleştirilen BSB-32, BSB-33 ve BSB-34 no'lu sondajlardır. Bu sondajlarda üstte 1.20 m ile 3.80 m arasında değişen kalınlıkta yapay dolgu tabakasının altında kalınlığı 3.00 m ile 5.80 m arasında değişen kalınlıkta, çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil olarak tanımlanan alüvyon (Qal1) yer alır. Daha alt seviyelerde ise çakıllı siltli kum (Qal2), siltli kumlu çakıl (Qal3) olarak tanımlanan alüvyon birimi gözlenir. Şekil 3.11.'de Davutdede İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti verilmiştir. Sondajlarda yeraltısuyuna rastlanılmamıştır.

Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan sabit seviyeli permeabilite deneyinin sonuçları Tablo 3.28.'de verilmiştir.

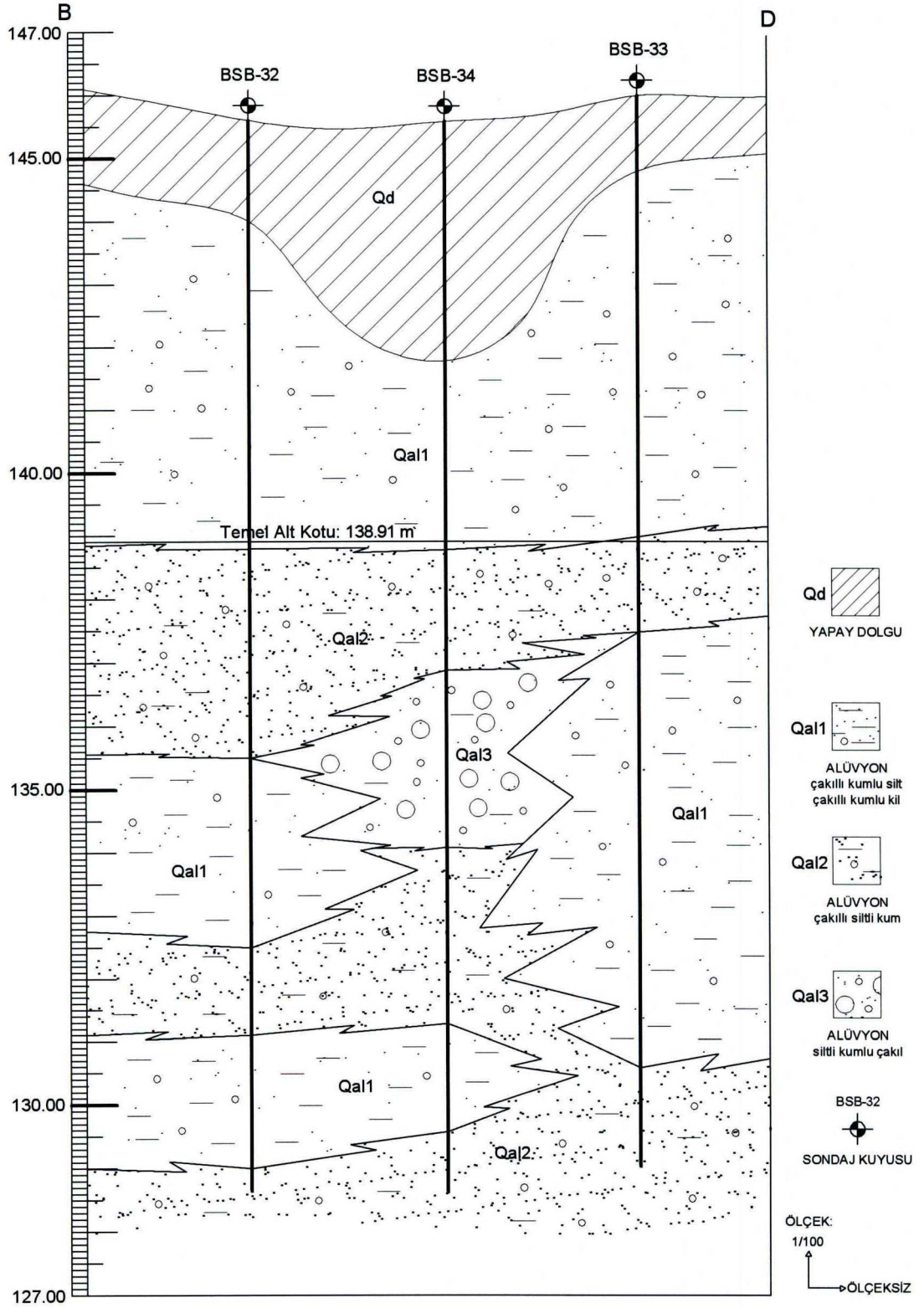
Tablo 3.28: Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan permeabilite deney sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Geçirimsizlik katsayısı (m/s)	Geçirimsizlik derecesi
BSB-33	3.00	6.33477×10^{-7}	Az geçirimli
	6.00	3.75586×10^{-7}	Az geçirimli
	9.00	1.74780×10^{-7}	Az geçirimli
	12.00	1.71111×10^{-7}	Az geçirimli
	15.00	1.73402×10^{-7}	Az geçirimli

Geçirimlilik katsayılarına göre Davutdede İstasyonu kesimi az geçirimlidir. İstasyon kesiminde yer alan ince taneli birimler geçirimliliği azalmıştır.

Davutdede İstasyonu temel alt kotu 138,91 m'dir ve istasyonun temeli çakıllı siltli kum (Qal2) olarak tanımlanan alüvyon birimi üzerine oturmaktadır. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Kazı İşleri Teknik Şartnamesi'ne göre kazı yapılan alüvyon birimi "sert toprak"dır. Sert toprak, kazmanın yassı ve ara sıra sivri ucu ile kazılan, kumlu kil, gevşek kil, killi kum ve çakıllı, kürekle atılabilen zemindir.

DAVUTDEDE İSTASYONU



Şekil 3.11: Davutdede İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti

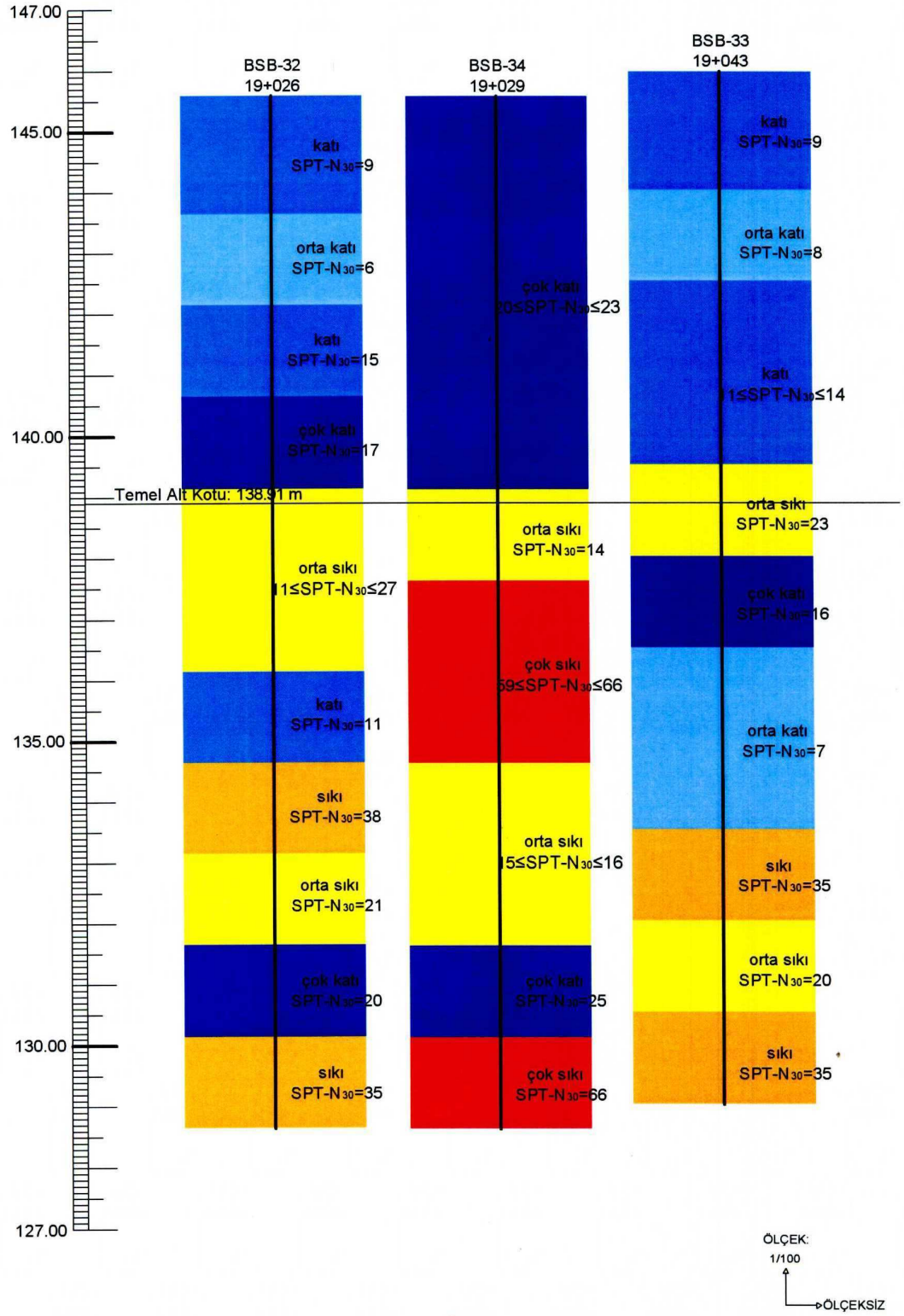
Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları Tablo 3.29.'da verilmiştir.

Tablo 3.29: Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-32	1.50-1.95	3	4	5	9	Katı
	3.00-3.45	3	3	3	6	Orta katı
	4.50-4.95	5	6	9	15	Katı
	6.00-6.45	6	8	9	17	Çok katı
	7.50-7.95	7	5	6	11	Orta sıkı
	9.00-9.45	4	5	22	27	Orta sıkı
	10.50-10.95	3	3	8	11	Katı
	12.00-12.45	13	22	16	38	Sıkı
	13.50-13.95	7	9	12	21	Orta sıkı
	15.00-15.45	4	8	12	20	Çok katı
	16.50-16.95	10	15	20	35	Sıkı
BSB-33	1.50-1.95	2	4	5	9	Katı
	3.00-3.45	4	3	5	8	Orta katı
	4.50-4.95	5	5	6	11	Katı
	6.00-6.45	5	6	8	14	Katı
	7.50-7.95	8	9	14	23	Orta sıkı
	9.00-9.45	4	7	9	16	Çok katı
	10.50-10.95	3	3	4	7	Orta katı
	12.00-12.45	2	3	4	7	Orta katı
	13.50-13.95	7	19	15	34	Sıkı
	15.00-15.45	6	10	10	20	Orta sıkı
	16.50-16.95	12	11	24	35	Sıkı
BSB-34	1.50-1.95	5	9	14	23	Çok katı
	3.00-3.45	7	8	12	20	Çok katı
	4.50-4.95	6	9	12	21	Çok katı
	6.00-6.45	7	9	13	22	Çok katı
	7.50-7.95	6	5	9	14	Orta sıkı
	9.00-9.45	20	25	34	59	Çok sıkı
	10.50-10.95	11	19	47	66	Çok sıkı
	12.00-12.45	5	7	8	15	Orta sıkı
	13.50-13.95	4	6	10	16	Orta sıkı
	15.00-15.45	7	9	16	25	Çok katı
	16.50-16.95	12	29	37	66	Çok sıkı

İstasyonun oturduğu temel zemine göre SPT-N₃₀ değeri 7 ile 66 arasında değişmektedir. SPT-N₃₀ değerlerine göre temelin oturduğu çakıllı siltli kum olarak tanımlanan Qal2 birimi orta sıkı-sıkı ve çok sıkı yapılı, siltli kumlu çakıl olarak tanımlanan Qal3 birimi çok sıkı yapılı ve çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil olarak tanımlanan Qal1 birimi ise orta katı-katı ve çok katı kıvamıdır. Şekil 3.12.'de Davutdede İstasyonu kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi verilmiştir.

DAVUTDEDE İSTASYONU



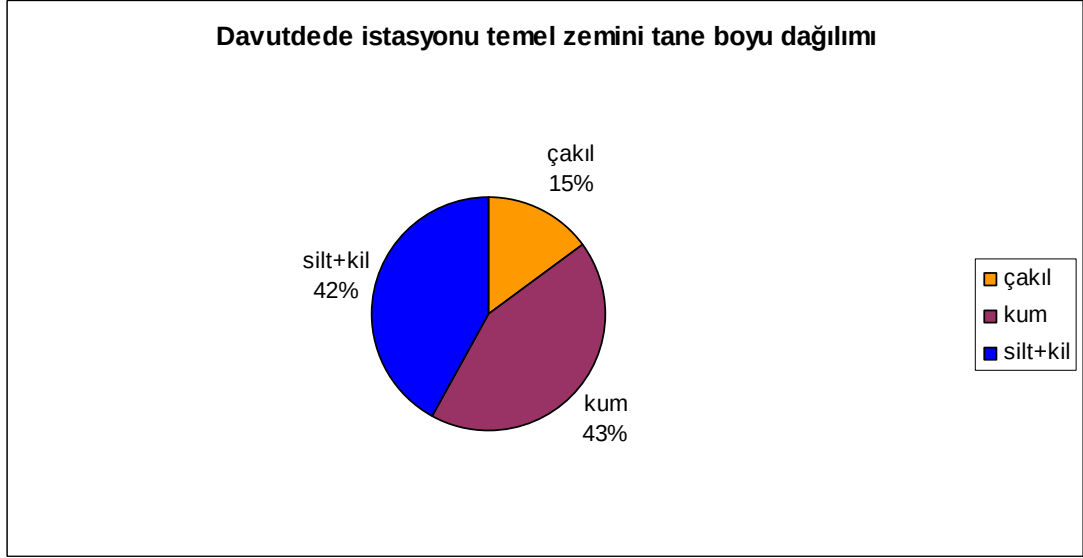
Şekil 3.12: Davutdede İstasyonu kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi

Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları Tablo 3.30.'da verilmiştir.

Tablo 3.30: Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Elek Analizi		
			Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
BSB-32	SPT-1	1.50-1.95	3	43	54
	SPT-2	3.00-3.45	-	39	61
	UD-1	4.00-4.50	3	35	62
	SPT-3	4.50-4.95	1	36	63
	SPT-4	6.00-6.45	2	42	56
	SPT-5	7.50-7.95	6	46	48
	SPT-6	9.00-9.45	28	42	30
	SPT-7	10.50-10.95	9	37	54
	SPT-8	12.00-12.45	22	52	26
	SPT-9	13.50-13.95	5	50	45
	SPT-10	15.00-15.45	1	39	60
	SPT-11	16.50-16.95	24	42	34
BSB-33	SPT-1	1.50-1.95	5	38	57
	SPT-2	3.00-3.45	1	35	64
	UD-1	4.00-4.50	21	31	48
	SPT-3	4.50-4.95	2	36	62
	SPT-4	6.00-6.45	1	39	60
	SPT-5	7.50-7.95	2	53	45
	SPT-6	9.00-9.45	1	35	64
	SPT-7	10.50-10.95	3	42	55
	UD-2	11.50-12.00	21	34	45
	SPT-8	12.00-12.45	2	38	60
	SPT-9	13.50-13.95	2	50	48
BSB-34	SPT-10	15.00-15.45	48	27	25
	SPT-11	16.50-16.95	19	58	23
	SPT-1	1.50-1.95	4	43	53
	SPT-2	3.00-3.45	1	40	59
	SPT-3	4.50-4.95	3	44	53
	SPT-4	6.00-6.45	2	45	53
	UD-2	7.00-7.50	10	39	51
	SPT-5	7.50-7.95	34	40	26
	SPT-6	9.00-9.45	34	49	17
	SPT-7	10.50-10.95	55	26	19
	SPT-8	12.00-12.45	7	51	42
	SPT-9	13.50-13.95	2	53	45
	SPT-10	15.00-15.45	4	42	54
	SPT-11	16.50-16.95	3	55	42

Elek analizi sonuçlarına göre temel zemin, ortalama % 15 çakıl, % 43 kum ve % 42 silt ve kilden oluşur (Şekil 3.13.).



Şekil 3.13: Davutdede İstasyonu temel zemini tane boyu dağılımı

Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları Tablo 3.31.'de verilmiştir.

Tablo 3.31: Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n %	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-32	SPT-1	1.50-1.95	17	25	15	10	0.20	0.80	0.22	CL
	SPT-2	3.00-3.45	24	32	19	13	0.38	0.62	0.29	CL
	UD-1	4.00-4.50	26	33	20	13	0.46	0.54	0.30	CL
	SPT-3	4.50-4.95	20	33	19	14	0.07	0.93	0.30	CL
	SPT-4	6.00-6.45	20	29	18	11	0.18	0.82	0.26	CL
	SPT-5	7.50-7.95	19	28	18	10	-	-	-	SC
	SPT-6	9.00-9.45	15	25	18	7	-	-	-	SM-SC
	SPT-7	10.50-10.95	22	29	18	11	0.36	0.64	0.26	CL
	SPT-8	12.00-12.45	11	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-9	13.50-13.95	19	27	19	8	-	-	-	SC
	SPT-10	15.00-15.45	23	29	19	10	0.40	0.60	0.26	CL
BSB-33	SPT-11	16.50-16.95	15	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-1	1.50-1.95	16	25	15	10	0.10	0.90	0.22	CL
	SPT-2	3.00-3.45	20	34	20	14	0	1	0.31	CL
	UD-1	4.00-4.50	21	33	19	14	-	-	-	SC
	SPT-3	4.50-4.95	21	29	18	11	0.27	0.73	0.26	CL
	SPT-4	6.00-6.45	25	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-5	7.50-7.95	18	24	18	6	-	-	-	SM-SC
	SPT-6	9.00-9.45	23	30	19	11	0.36	0.64	0.27	CL
	SPT-7	10.50-10.95	21	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	UD-2	11.50-12.00	21	27	16	11	-	-	-	SC
	SPT-8	12.00-12.45	19	28	16	12	0.25	0.75	0.25	CL
	SPT-9	13.50-13.95	18	28	19	9	-	-	-	SC
	SPT-10	15.00-15.45	12	28	18	10	-	-	-	GC
	SPT-11	16.50-16.95	13	-	NP	-	-	-	-	SM

Tablo 3.31 (Devam): Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n %	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-34	SPT-1	1.50-1.95	15	30	18	12	-0.25	1.25	0.27	CL
	SPT-2	3.00-3.45	21	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-3	4.50-4.95	17	28	16	12	0.08	0.92	0.25	CL
	SPT-4	6.00-6.45	21	30	20	10	0.10	0.90	0.27	CL
	UD-2	7.00-7.50	21	29	17	12	0.33	0.67	0.26	CL
	SPT-5	7.50-7.95	14	25	18	7	-	-	-	SC
	SPT-6	9.00-9.45	11	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-7	10.50-10.95	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-8	12.00-12.45	21	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-9	13.50-13.95	19	27	17	10	-	-	-	SC
	SPT-10	15.00-15.45	20	32	18	14	0.14	0.86	0.29	CL
	SPT-11	16.50-16.95	19	27	18	9	-	-	-	SC

Davutdede İstasyonu'nun inşa edildiği temel zeminin doğal su içeriği % 9 ile % 23 arasında değişmektedir ve ortalama doğal su içeriği % 17,5 bulunmuştur.

Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre temel zemin siltli çakıl (GM), killi çakıl (GC), siltli kum (SM), killi kum (SC) ve düşük plastisiteli kil (CL) özelliğindedir.

Davutdede İstasyonu kesiminde gözlenen CL biriminde kıvam limitlerine göre ortalama % 29.5 likit limit, % 18 plastik limit, % 11.6 plastisite indeksi bulunmuştur. Plastik indeksine göre zemin az plastik ve düşük dayanımlıdır. CL biriminin likitlik indeksine göre zemin tanımlamaları Tablo 3.32.'de, likitlik indeksine göre değerlendirilmesi Şekil 3.14.'de, kıvamlılık indeksine göre zemin tanımlamaları Tablo 3.33.'de, kıvamlılık indeksine göre değerlendirmesi Şekil 3.15.'de, sıkışma indeksine göre zemin tanımlamaları Tablo 3.34.'de verilmiştir.

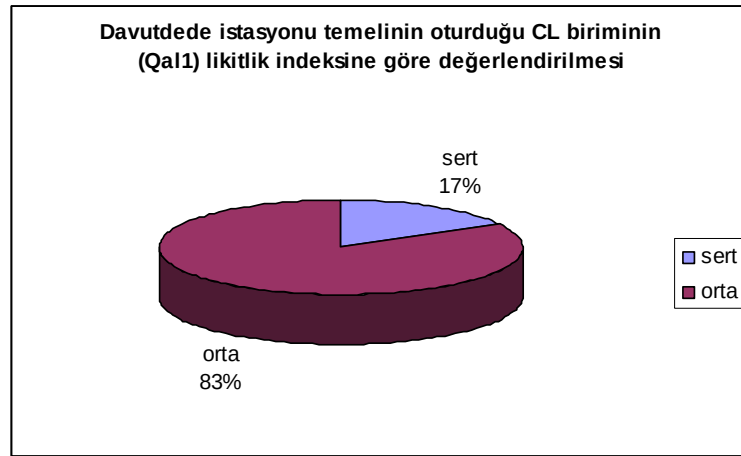
SC birimindeki killerde ise ortalama %26,4 likit limit, % 17,8 plastik limit ve % 8,5 plastisite indeksi bulunmuştur. GC birimindeki killer de ise % 28 likit limit, % 18 plastik limit ve % 10 plastisite indeksi bulunmuştur.

Tablo 3.32: Davutdede İstasyonu kesiminde gözlenen CL biriminin likitlik indeksine göre sınıflandırılması

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	LI	Sınıflama
BSB-32	SPT-1	1.50-1.95	0.20	sert
	SPT-2	3.00-3.45	0.38	orta
	UD-1	4.00-4.50	0.46	orta
	SPT-3	4.50-4.95	0.07	sert
	SPT-4	6.00-6.45	0.18	sert
	SPT-7	10.50-10.95	0.36	orta
	SPT-10	15.00-15.45	0.40	orta

Tablo 3.32 (Devam): Davutdede İstasyonu kesiminde gözlenen CL biriminin likitlik indeksine göre sınıflandırılması

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	LI	Sınıflama
BSB-33	SPT-1	1.50-1.95	0.10	sert
	SPT-2	3.00-3.45	0	sert
	SPT-3	4.50-4.95	0.27	orta
	SPT-6	9.00-9.45	0.36	orta
	SPT-8	12.00-12.45	0.25	orta
BSB-34	SPT-1	1.50-1.95	-0.25	çok sert
	SPT-3	4.50-4.95	0.08	sert
	SPT-4	6.00-6.45	0.10	sert
	UD-2	7.00-7.50	0.33	orta
	SPT-10	15.00-15.45	0.14	sert



Şekil 3.14: Davutdede İstasyonu temelinin oturduğu CL biriminin likitlik indeksine göre değerlendirilmesi

Likitlik indeksine göre CL temel zemini aşırı konsolide killerden oluşmaktadır.

Tablo 3.33: Davutdede İstasyonu kesiminde gözlenen CL biriminin kıvamlılık indeksine göre sınıflandırılması

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Ic	Sınıflama
BSB-32	SPT-1	1.50-1.95	0.80	sert
	SPT-2	3.00-3.45	0.62	yarı sert
	UD-1	4.00-4.50	0.54	yarı sert
	SPT-3	4.50-4.95	0.93	sert
	SPT-4	6.00-6.45	0.82	sert
	SPT-7	10.50-10.95	0.64	yarı sert
	SPT-10	15.00-15.45	0.60	yarı sert
BSB-33	SPT-1	1.50-1.95	0.90	sert
	SPT-2	3.00-3.45	1	sert
	SPT-3	4.50-4.95	0.73	yarı sert
	SPT-6	9.00-9.45	0.64	yarı sert
	SPT-8	12.00-12.45	0.75	yarı sert
BSB-34	SPT-1	1.50-1.95	1.25	çok sert
	SPT-3	4.50-4.95	0.92	sert
	SPT-4	6.00-6.45	0.90	sert
	UD-2	7.00-7.50	0.67	yarı sert
	SPT-10	15.00-15.45	0.86	sert



Şekil 3.15: Davutdede İstasyonu temelının oturduğu CL biriminin kıvamlılık indeksine göre değerlendirilmesi

Davutdede İstasyonu temelının oturduğu CL birimi yarı sert ve sert kıvamlıdır.

Tablo 3.34: Davutdede İstasyonu kesiminde görülen CL biriminin sıkışma indeksine göre sınıflandırılması

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Cc	Sınıflama
BSB-32	SPT-1	1.50-1.95	0.22	orta sıkışabilir
	SPT-2	3.00-3.45	0.29	orta sıkışabilir
	UD-1	4.00-4.50	0.30	orta sıkışabilir
	SPT-3	4.50-4.95	0.30	orta sıkışabilir
	SPT-4	6.00-6.45	0.26	orta sıkışabilir
	SPT-7	10.50-10.95	0.26	orta sıkışabilir
	SPT-10	15.00-15.45	0.26	orta sıkışabilir
BSB-33	SPT-1	1.50-1.95	0.22	orta sıkışabilir
	SPT-2	3.00-3.45	0.31	orta sıkışabilir
	SPT-3	4.50-4.95	0.26	orta sıkışabilir
	SPT-6	9.00-9.45	0.27	orta sıkışabilir
	SPT-8	12.00-12.45	0.25	orta sıkışabilir
BSB-34	SPT-1	1.50-1.95	0.27	orta sıkışabilir
	SPT-3	4.50-4.95	0.25	orta sıkışabilir
	SPT-4	6.00-6.45	0.27	orta sıkışabilir
	UD-2	7.00-7.50	0.26	orta sıkışabilir
	SPT-10	15.00-15.45	0.29	orta sıkışabilir

Sıkışma indeksine göre değerlendirme sonucu CL biriminin orta sıkışabilir özellikte olduğu görülmüştür.

Davutdede İstasyonu temelının oturduğu CL birimi düşük derecede şişme potansiyeli gösterebilir. Deprem gibi dinamik etkiler altında yeraltısuyu gözlenmediğinden kumlu birimlerde sıvılaşma riski yoktur. Kazı şevleri geçici desteklerle duyarlılık kazanmıştır.

İnce taneli birimlerin ortalama $SPT-N_{30}=14$

Drenajsız kohezyon $c_u= 4.5 \times 14 = 63 \text{ kPa} = 0.63 \text{ kg/cm}^2$

Serbest basınç deneyi ile temel zeminde serbest basınç direnci 0.43 kg/cm^2 bulunmuştur (Tablo 3.35.). Buna göre, drenajsız kohezyon değeri 0.21 kg/cm^2 olarak hesaplanmıştır. Ortalama $SPT-N_{30}$ 'e bağlı drenajsız kohezyon değeri ise 0.63 kg/cm^2 bulunmuştur. Ortalama $SPT-N_{30}$ 'e bağlı drenajsız kohezyon değeri serbest basınç deneyinden hesaplanan drenajsız kohezyon değerinden daha yüksektir

Tablo 3.35: Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan serbest basınç deney sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	q_u (kg/cm^2)	c_u (kg/cm^2)	Kıvam
BSB-32	UD-1	4.00-4.50	0.47	0.235	Yumuşak
BSB-34	UD-2	7.00-7.50	0.43	0.215	Yumuşak

İnceleme alanında yapılan konsolidasyon deneyinin sonuçları Tablo 3.36.'da verilmiştir.

Tablo 3.36: Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan konsolidasyon deney sonuçları

	Basınç (kg/cm^2)	0-0.25	0.25-0.50	0.50-1.0	1.0-2.0	2.0-4.0	4.0-8.0
BSB-32/UD-1 4.00-4.50	$m_v 10^{-3}$	95.2	48.8	31.4	19.5	12.5	-
BSB-33/UD-2 11.50-12.00	$m_v 10^{-3}$	50.9	51.6	26.1	19.9	20.3	4.10
BSB-34/UD-2 7.00-7.50	$m_v 10^{-3}$	51.3	51.9	26.3	26.7	13.7	7.6

Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deneyinin sonuçları Tablo 3.37.'de verilmiştir. Presiyometre deneyinden elde edilen net limit basınç değeri kullanılarak zemin taşıma gücü değerleride hesaplanmıştır. Şekil 3.16.'da BSB-32 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi, Şekil 3.17.'de BSB-34 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi verilmiştir.

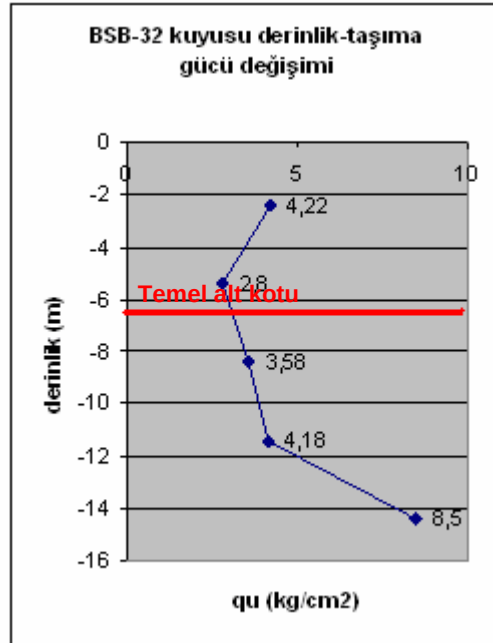
Tablo 3.37: Davutdede İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları

Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E (kg/cm ²)	PL* (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
BSB-32	P-1	2,40	79,00	5,28	4,22
	P-2	5,40	36,00	3,50	2,80
	P-3	8,40	87,00	4,47	3,58
	P-4	11,40	102,00	5,22	4,18
	P-5	14,40	157,00	10,63	8,50
BSB-34	P-1	2,40	26,00	3,14	2,51
	P-2	5,40	63,00	5,26	4,21
	P-3	8,40	79,00	6,97	5,58

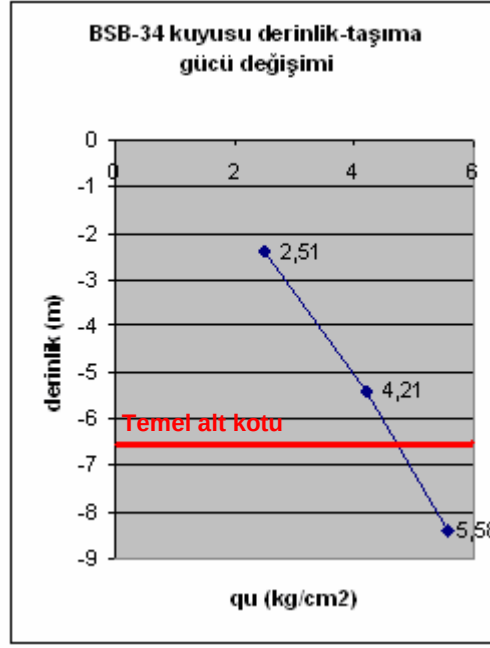
Presiyometre deneylerinde hesaplanan net limit basınç ve elastisite modülü'nün temel zemininde ortalama değerleri ve değişim aralıkları ise aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç : 6.82 kg/cm² (4.47≤PL*≤10.63)

Elastisite modülü : 106.2 kg/cm² (79≤E≤157)



Şekil 3.16: BSB-32 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



Şekil 3.17: BSB-34 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi

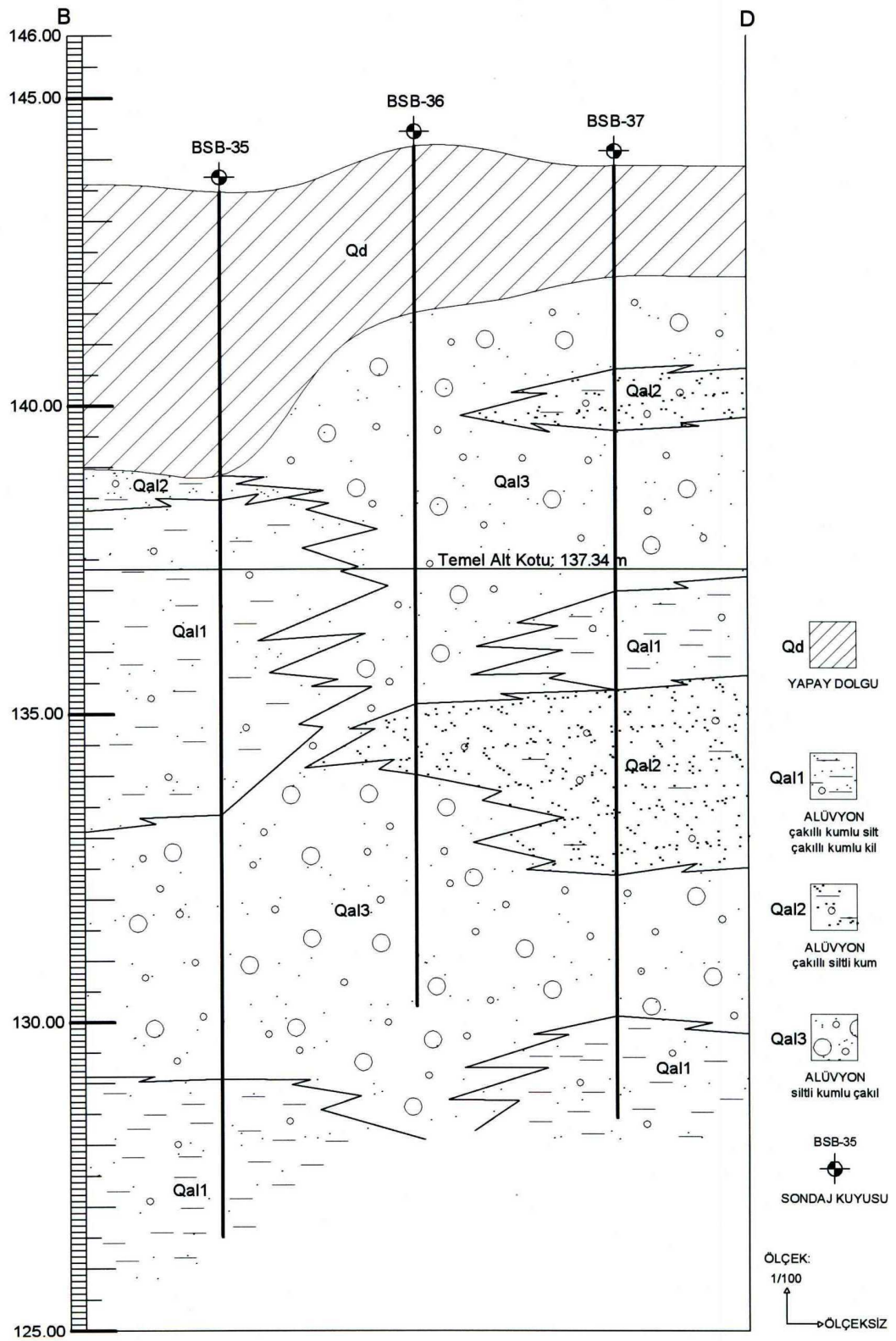
Davutdede İstasyonu temel zemini taşıma gücü değeri 3.58 kg/cm^2 ile 8.50 kg/cm^2 arasında değişmektedir.

3.10.1.4. Duaçınarı İstasyonu (km:19+988 - km:20+108)

Duaçınarı İstasyonu'nun inşa edildiği kesimde yapılmış olan sondajlar Yüksel Proje tarafından gerçekleştirilen BSB-35, BSB-36 ve BSB-37 no'lu sondajlardır. Bu sondajlarda üstte kalınlığı 1.80 m ile 4.60 m arasında değişen yapay dolgu tabakasının altında kalınlığı 1.50 m ile 5.50 m arasında değişen çakıllı kumlu siit/çakıllı kumlu kil (Qal1) olarak tanımlanan alüvyon görülmektedir. Qal1 birimi çakıllı siltli kum (Qal2) olarak tanımlanan alüvyon ile girik haldedir. Daha alt seviyelerde ise siltli kumlu çakıl (Qal3) olarak tanımlanan alüvyon görülmektedir. Şekil 3.18.'de Duaçınarı İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti verilmiştir. Sondajlarda yeraltısuyuna rastlanılmamıştır.

Duaçınarı İstasyonu'nun temel alt kotu 137,34 m'dir. Temel alüvyon birimine oturmaktadır. Kazı yapılan birim alüvyondur. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Kazı İşleri Teknik Şartnamesi'ne göre alüvyon birimi "sert toprak"dır. Sert toprak; kazmanın yassı ve ara sıra sivri ucu ile kazılan, kumlu kil, gevşek kil, killi kum ve çakıllı zemindir.

DUAÇINARI İSTASYONU



Şekil 3.18: Duaçınarı İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti

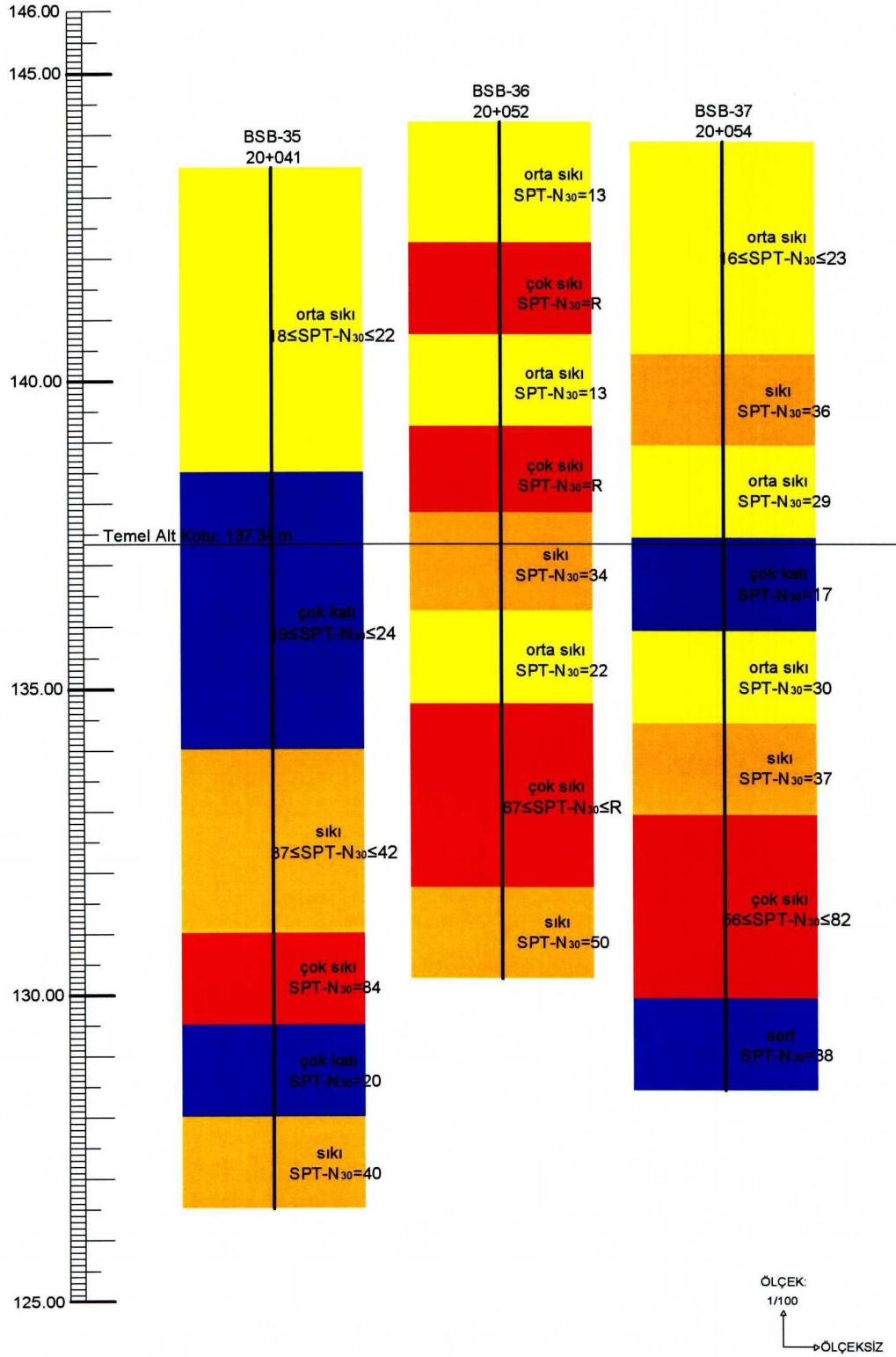
Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları Tablo 3.38.'de verilmiştir.

Tablo 3.38: Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-35	1.50-1.95	8	8	10	18	Orta sıkı
	3.00-3.45	12	13	9	22	Orta sıkı
	4.50-4.95	9	9	12	21	Orta sıkı
	6.00-6.45	17	10	14	24	Çok katı
	7.50-7.95	10	10	12	22	Çok katı
	9.00-9.45	4	7	12	19	Çok katı
	10.50-10.95	21	22	20	42	Sıkı
	12.00-12.45	28	20	17	37	Sıkı
	13.50-13.95	31	48	36	84	Çok sıkı
	15.00-15.45	7	8	12	20	Çok katı
	16.50-16.95	8	16	24	40	Sıkı
BSB-36	1.50-1.95	9	7	6	13	Orta sıkı
	3.00-3.44	29	30	50/14	R	Çok sıkı
	4.50-4.95	9	8	5	13	Orta sıkı
	6.00-6.35	13	13	50/5	R	Çok sıkı
	7.50-7.95	20	18	16	34	Sıkı
	9.00-9.45	6	7	15	22	Orta sıkı
	10.50-10.90	23	26	50/10	R	Çok sıkı
	12.00-12.45	26	28	39	67	Çok sıkı
	13.50-13.95	22	23	27	50	Sıkı
BSB-37	1.50-1.95	6	5	11	16	Orta sıkı
	3.00-3.45	7	7	16	23	Orta sıkı
	4.50-4.95	25	15	21	36	Sıkı
	6.00-6.45	21	13	16	29	Orta sıkı
	7.50-7.95	4	7	10	17	Çok katı
	9.00-9.45	14	16	14	30	Orta sıkı
	10.50-10.95	23	17	20	37	Sıkı
	12.00-12.45	21	33	49	82	Çok sıkı
	13.50-13.95	27	34	22	56	Çok sıkı
	15.00-15.45	11	16	22	38	Sert

İstasyonun oturduğu temel zemininin SPT-N₃₀ değeri 17 ile R arasında değişmektedir. SPT-N₃₀ değerlerine göre temelın oturduğu çakıllı siltli kum olarak tanımlanan Qal2 birimi orta sıkı-sıkı yapılı, siltli kumlu çakıl olarak tanımlanan Qal3 birimi sıkı-çok sıkı yapılı ve çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil olarak tanımlanan Qal1 birimi ise çok katı-sert kıvamlıdır. Şekil 3.19.'da Duaçınarı İstasyonu kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi verilmiştir.

DUAÇINARI İSTASYONU



Şekil 3.19: Duaçınarı İstasyonu kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi

Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan sabit seviyeli permeabilite deneyinin sonuçları Tablo 3.39.'de verilmiştir.

Tablo 3.39: Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan permeabilite deney sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Geçirimsizlik katsayısı (m/s)	Geçirimsizlik derecesi
BSB-36	3.00	1.75939×10^{-6}	Az geçirimli
	6.00	1.10783×10^{-4}	Geçirimli
	9.00	6.09437×10^{-5}	Geçirimli
	12.00	4.28420×10^{-5}	Geçirimli
	13.50	3.32109×10^{-6}	Az geçirimli

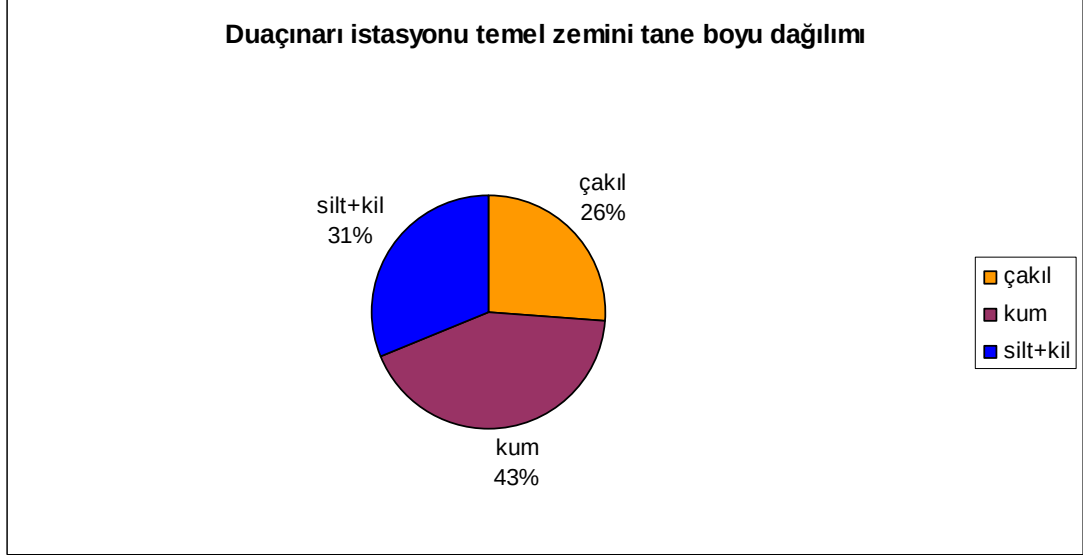
Geçirimsizlik katsayılarına göre Duaçınarı İstasyonu temel zemini az geçirimli ve geçirimsizdir.

Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları Tablo 3.40.'da verilmiştir.

Tablo 3.40: Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Elek Analizi		
			Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
BSB-35	SPT-1	1.50-1.95	40	42	18
	SPT-2	3.00-3.45	48	35	17
	SPT-3	4.50-4.95	22	53	25
	SPT-4	6.00-6.45	3	40	57
	SPT-5	7.50-7.95	4	42	54
	SPT-6	9.00-9.45	2	45	53
	SPT-7	10.50-10.95	37	49	14
	SPT-8	12.00-12.45	31	50	19
	SPT-9	13.50-13.95	56	35	9
	SPT-10	15.00-15.45	2	38	60
	SPT-11	16.50-16.95	4	53	43
BSB-36	SPT-1	1.50-1.95	35	40	25
	SPT-2	3.00-3.44	58	33	9
	SPT-3	4.50-4.95	52	38	10
	SPT-4	6.00-6.35	55	38	7
	SPT-5	7.50-7.95	49	39	12
	SPT-6	9.00-9.45	3	50	47
	SPT-7	10.50-10.90	50	38	12
	SPT-8	12.00-12.45	42	41	17
	SPT-9	13.50-13.95	48	39	13
BSB-37	SPT-1	1.50-1.95	35	39	26
	SPT-2	3.00-3.45	6	58	36
	SPT-3	4.50-4.95	63	24	13
	SPT-4	6.00-6.45	65	30	5
	SPT-5	7.50-7.95	1	41	58
	SPT-6	9.00-9.45	22	55	23
	SPT-7	10.50-10.95	28	57	15
	SPT-8	12.00-12.28	51	37	12
	SPT-9	13.50-13.95	51	39	10
	SPT-10	15.00-15.45	1	30	69

Elek analizi sonuçlarına göre temel zemin ortalama % 26 çakıl, % 43 kum ve % 31 silt ve kilden oluşur (Şekil 3.20.).



Şekil 3.20: Duaçınarı İstasyonu temel zemini tane boyu dağılımı

Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları Tablo 3.41.'de verilmiştir.

Tablo 3.41: Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n %	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-35	SPT-1	1.50-1.95	10	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-2	3.00-3.45	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-3	4.50-4.95	10	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-4	6.00-6.45	15	22	15	7	0	1.00	0.20	CL
	SPT-5	7.50-7.95	14	26	18	8	-0.50	1.50	0.23	CL
	SPT-6	9.00-9.45	19	27	18	9	0.11	0.89	0.24	CL
	SPT-7	10.50-10.95	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-8	12.00-12.45	8	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-9	13.50-13.95	4	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-10	15.00-15.45	21	27	19	8	0.25	0.75	0.24	CL
	SPT-11	16.50-16.95	19	26	19	7	-	-	-	SC

Tablo 3.41 (Devam): Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

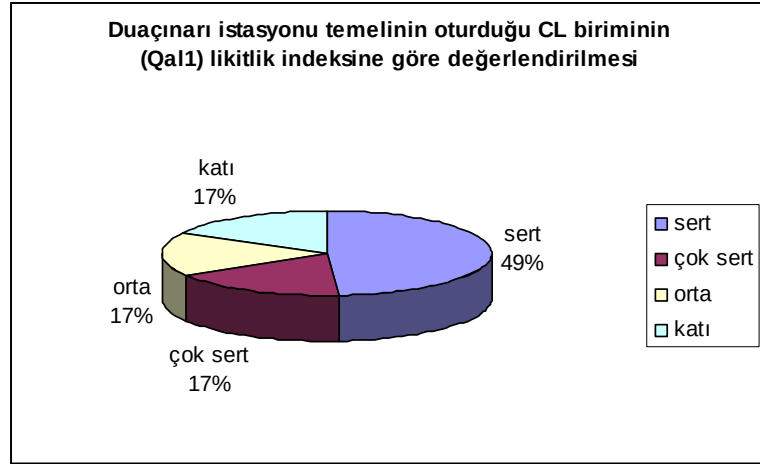
Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n %	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-36	SPT-1	1.50-1.95	14	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-2	3.00-3.44	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-3	4.50-4.95	9	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-4	6.00-6.35	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-5	7.50-7.95	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-6	9.00-9.45	18	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-7	10.50-10.90	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-8	12.00-12.45	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-9	13.50-13.95	8	-	NP	-	-	-	-	GM
BSB-37	SPT-1	1.50-1.95	12	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-2	3.00-3.45	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-3	4.50-4.95	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-4	6.00-6.45	8	-	NP	-	-	-	-	GW
	SPT-5	7.50-7.95	20	28	18	10	0.20	0.80	0.25	CL
	SPT-6	9.00-9.45	12	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-7	10.50-10.95	11	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-8	12.00-12.28	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-9	13.50-13.95	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-10	15.00-15.45	22	46	26	20	-0.20	1.20	0.41	CL

Duaçınarı İstasyonu'nun inşa edildiği temel zeminin doğal su içeriği % 4 ile % 22 arasında değişmektedir ve ortalama doğal su içeriği %12,6 bulunmuştur. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre temel zemini iyi derecelenmiş siltli çakıl (GW-GM), kötü derecelenmiş siltli çakıl (GP-GW), siltli çakıl (GM), siltli kum (SM), killi kum (SC) ve düşük plastisiteli kil (CL) özelliğindedir.

Duaçınarı İstasyonu temel zemininde gözlenen CL biriminde kıvam limitlerine göre ortalama % 29.3 likit limit, %19 plastik limit ve %10.3 plastisite indeksi bulunmuştur. Plastik indeksine göre zemin az plastik ve düşük dayanımlıdır. CL biriminin likitlik indeksine göre zemin tanımlamaları Tablo 3.42.'de, likitlik indeksine göre değerlendirilmesi Şekil 3.21.'de, kıvamlılık indeksine göre zemin tanımlamaları Tablo 3.43.'de, kıvamlılık indeksine göre değerlendirilmesi Şekil 3.22.'de, sıkışma indeksine göre zemin tanımlamaları Tablo 3.44.'de verilmiştir.

Tablo 3.42: Duaçınarı İstasyonu kesiminde gözlenen CL biriminin likitlik indeksine göre sınıflandırılması

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	LI	Sınıflama
BSB-35	SPT-4	6.00-6.45	0	sert
	SPT-5	7.50-7.95	-0.50	katı
	SPT-6	9.00-9.45	0.11	sert
	SPT-10	15.00-15.45	0.25	orta
BSB-37	SPT-5	7.50-7.95	0.20	sert
	SPT-10	15.00-15.45	-0.20	çok sert



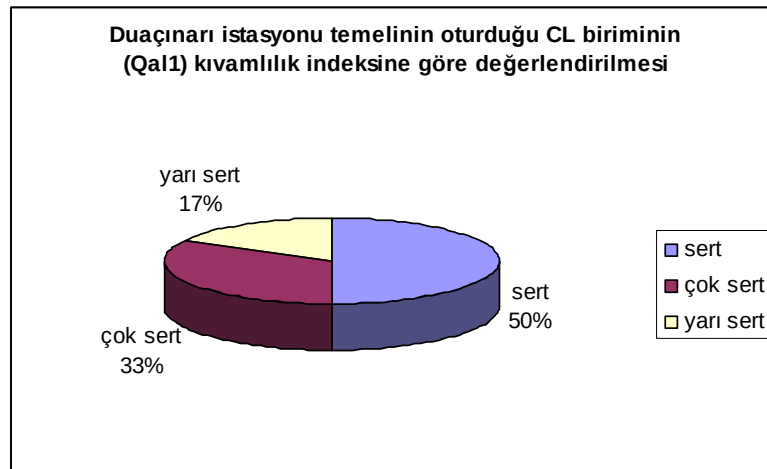
Şekil 3.21: Duaçınarı İstasyonu temelinin oturduğu CL biriminin likitlik indeksine göre değerlendirilmesi

Likitlik indeksi değerlerine göre CL temel zemin, aşırı konsolide killeri, aşırı derecede aşırı konsolide killeri aralığındadır.

Tablo 3.43: Duaçınarı İstasyonu temelinde gözlenen CL biriminin kıvamlılık indeksine göre sınıflandırılması

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Ic	Sınıflama
BSB-35	SPT-4	6.00-6.45	1.00	sert
	SPT-5	7.50-7.95	1.50	çok sert
	SPT-6	9.00-9.45	0.89	sert
	SPT-10	15.00-15.45	0.75	yarı sert
BSB-37	SPT-5	7.50-7.95	0.80	sert
	SPT-10	15.00-15.45	1.20	çok sert

Duaçınarı İstasyonu temel zemininde gözlenen düşük plasitiseli killeri yarı sert, sert ve çok sert kıvamlıdır.



Şekil 3.22: Duaçınarı İstasyonu temelinin oturduğu CL biriminin kıvamlılık indeksine göre , değerlendirilmesi

Tablo 3.44: Duaçınarı İstasyonu kesiminde gözlenen CL biriminin sıkışma indeksine göre tanımlamaları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Cc	Tanım
BSB-35	SPT-4	6.00-6.45	0.20	orta sıkışabilir
	SPT-5	7.50-7.95	0.23	orta sıkışabilir
	SPT-6	9.00-9.45	0.24	orta sıkışabilir
	SPT-10	15.00-15.45	0.24	orta sıkışabilir
BSB-37	SPT-5	7.50-7.95	0.25	orta sıkışabilir
	SPT-10	15.00-15.45	0.41	yüksek sıkışabilir

Sıkışma indeksine göre değerlendirme sonucu temel zeminin orta sıkışabilir–yüksek sıkışabilir özellikte olduğu görülmüştür.

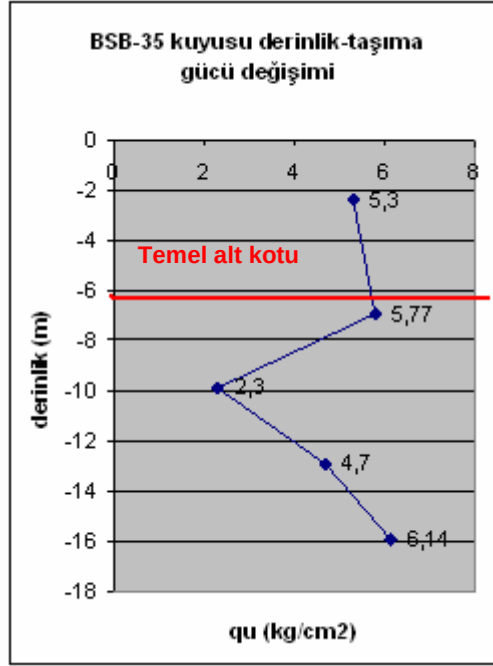
Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deneyinin sonuçları Tablo 3.45.'de verilmiştir. Presiyometre deneyinden elde edilen net limit basınç değerleri kullanılarak zemin taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır. Şekil 3.23.'de BSB-35 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi, Şekil 3.24.'de BSB-37 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi verilmiştir.

Tablo 3.45: Duaçınarı İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları

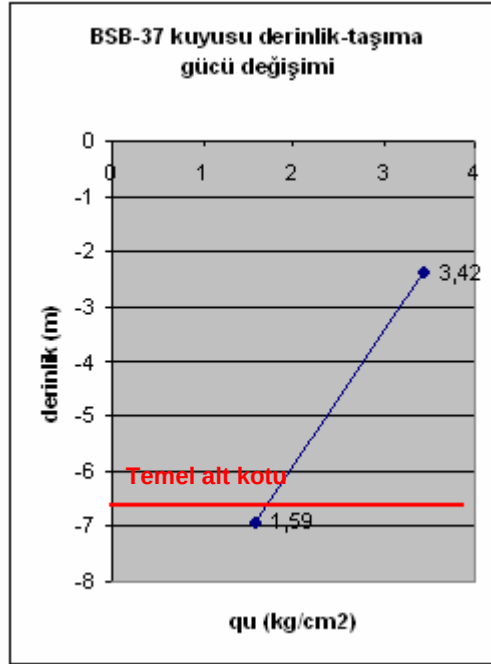
Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E (kg/cm ²)	PL* (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
BSB-35	P-1	2,40	73,00	6,62	5,30
	P-2	6,90	109,00	7,21	5,77
	P-3	9,90	36,00	2,87	2,30
	P-4	12,90	169,00	5,87	4,70
	P-5	15,90	108,00	7,67	6,14
BSB-37	P-1	2,40	51,00	4,28	3,42
	P-2	6,90	34,00	1,99	1,59

Presiyometre deneylerinde hesaplanan temel zeminin net limit basınç ve elastisite modülü'nün ortalama değerleri ve değişim aralıkları ise aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç : 6,56 kg/cm² (1.99≤PL*≤7.67)
Elastisite modülü : 91,2 kg/cm² (34≤E≤169)



Şekil 3.23: BSB-35 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



Şekil 3.24: BSB-37 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi

Duaçınarı İstasyonu temel zemini taşıma gücü değeri 1.59 kg/cm² ile 6.14 kg/cm² arasında değişmektedir. İri tane miktarı arttıkça taşıma gücü değeri de artmaktadır.

Davutdede İstasyonu'nun inşa edildiği temel zemin düşük derecede şişme potansiyeli gösterebilir. Yeraltısuyu gözlenmediğinden deprem gibi dinamik etkiler altında sıvılaşma riski yoktur. Kazı şevleri geçici destekle duraylılık kazanmıştır.

3.10.1.5. Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu (km:20+778 - km:20+898)

Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu'nun inşa edildiği kesimde yapılmış olan sondajlar Yüksel Proje tarafından gerçekleştirilen BSB-38 ve BSB-39 no'lu sondajlardır. Bu sondajlarda, üstte kalınlığı 2.10 m ile 2.20 m arasında değişen yapay dolgu tabakasının altında bloklu siltli kumlu çakıl olarak tanımlanan yamaç molozu görülmektedir. Yamaç molozu yer yer 10-15 cm boyutunda çakıllı kum bantları içerir. Şekil 3.25.'de Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti verilmiştir. Sondajlarda yeraltısuyuna rastlanılmamıştır.

Yüksek İhtisas Hastanesi kesiminde yapılan SPT sonuçları Tablo 3.46.'da verilmiştir.

Tablo 3.46: Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-38	1.50-1.95	13	10	30	40	Sıkı
	3.00-3.45	36	38	27	65	Çok sıkı
	4.50-4.95	43	48	50/10	R	Çok sıkı
	6.00-6.45	40	45	39	84	Çok sıkı
	7.50-7.95	25	14	50	64	Çok sıkı
	9.00-9.27	46	50/12	-	R	Çok sıkı
	10.50-10.70	49	50/5	-	R	Çok sıkı
	12.00-12.25	47	50/10	-	R	Çok sıkı
	13.50-13.89	9	47	50/9	R	Çok sıkı
	15.00-15.10	50/10	-	-	R	Çok sıkı
BSB-39	1.50-1.95	22	21	30	51	Çok sıkı
	3.00-3.45	34	17	24	41	Sıkı
	4.50-4.90	40	48	50/10	R	Çok sıkı
	6.00-6.45	12	18	24	42	Sıkı
	7.50-7.95	38	30	31	61	Çok sıkı
	9.00-9.42	35	31	50/12	R	Çok sıkı
	10.50-10.73	47	50/8	-	R	Çok sıkı
	12.00-12.45	37	34	35	69	Çok sıkı

Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu'nun temel alt kotu 142,42 m'dir. İstasyonun inşa edildiği temel zeminin SPT-N₃₀ değeri 61 ile R arasında değişmektedir. SPT-N₃₀ değerlerine göre temelin oturduğu yamaç molozu birimi çok sıkı yapılıdır. Şekil 3.26.'da Yüksek İhtisas Hastanesi kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi verilmiştir.

Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu'nun temeli yamaç molozu birimine oturmaktadır. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Kazı İşleri Teknik Şartnamesi'ne göre yamaç molozu birimi "sert küskü"dür. Sert küskü zemin; kazmanın sivri ucu, küskü, kama, tokmak veya kırıcı tabanca ile kazılabilen zemindir.

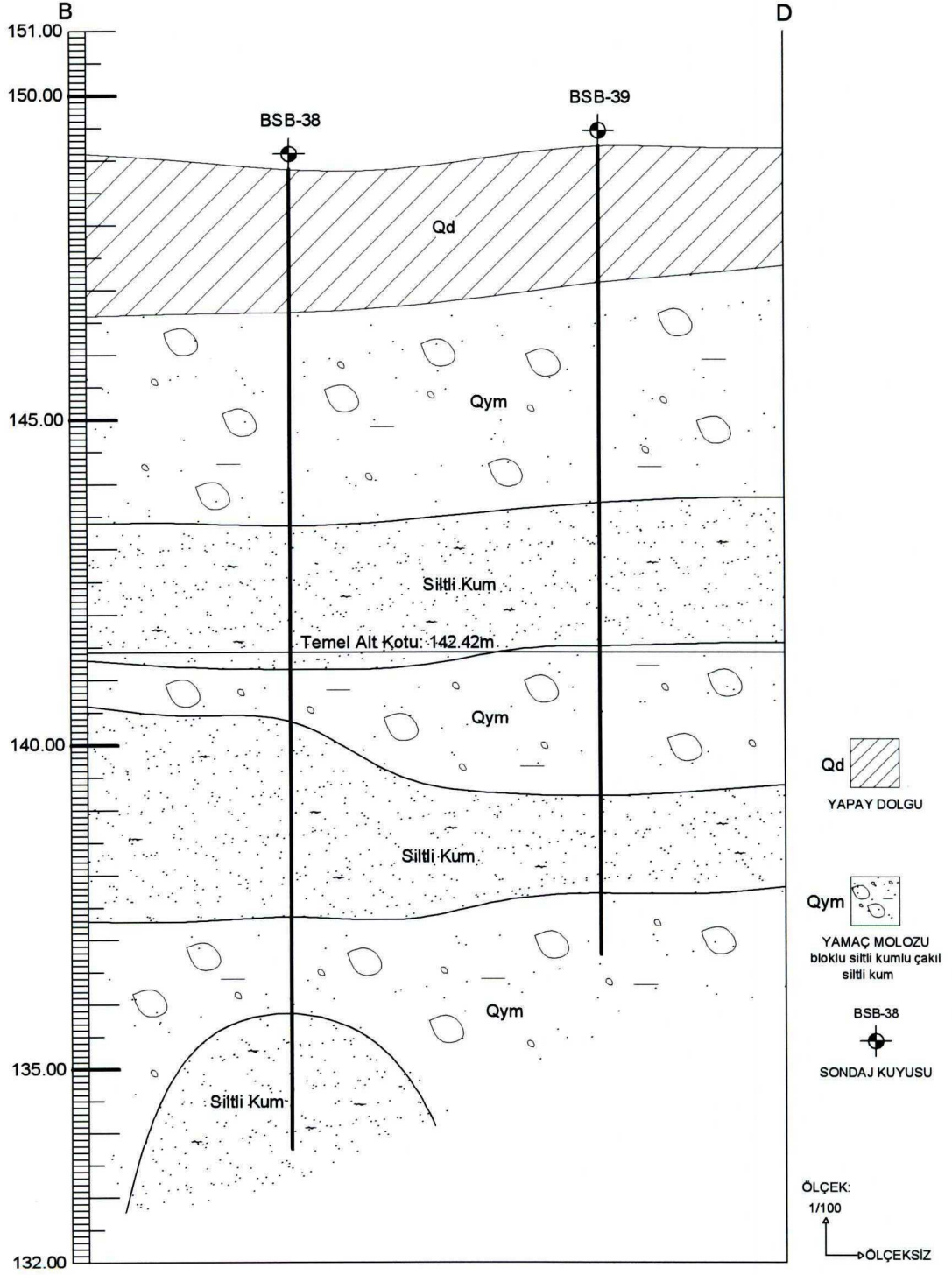
Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminde yapılan sabit seviyeli permeabilite deneylerinden hesaplanan geçirimsizlik katsayıları Tablo 3.47.'de verilmiştir.

Tablo 3.47: Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminde yapılan permeabilite deney sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Geçirimsizlik katsayısı (m/s)	Geçirimsizlik derecesi
BSB-38	3.00	2.68173×10^{-6}	Az geçirimsiz
	6.00	3.37118×10^{-6}	Az geçirimsiz
	9.00	4.06704×10^{-6}	Az geçirimsiz
BSB-39	4.50	1.22914×10^{-4}	Geçirimsiz
	7.50	2.88815×10^{-6}	Az geçirimsiz
	10.50	4.46197×10^{-6}	Az geçirimsiz

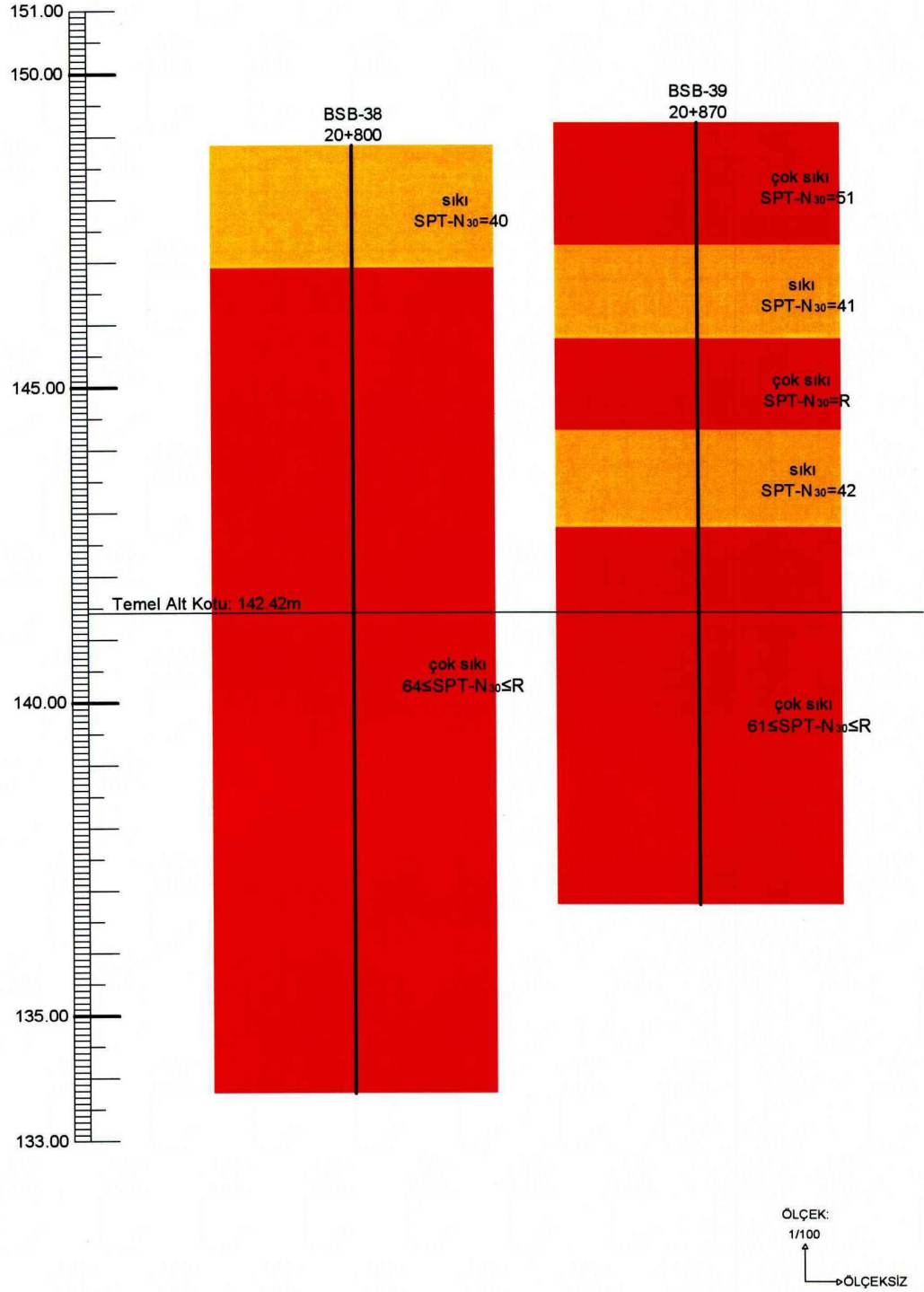
Geçirimsizlik katsayılarına göre Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu temel zemini az geçirimsizdir.

YÜKSEK İHTİSAS HASTANESİ İSTASYONU



Şekil 3.25: Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti

YÜKSEK İHTİSAS HASTANESİ İSTASYONU



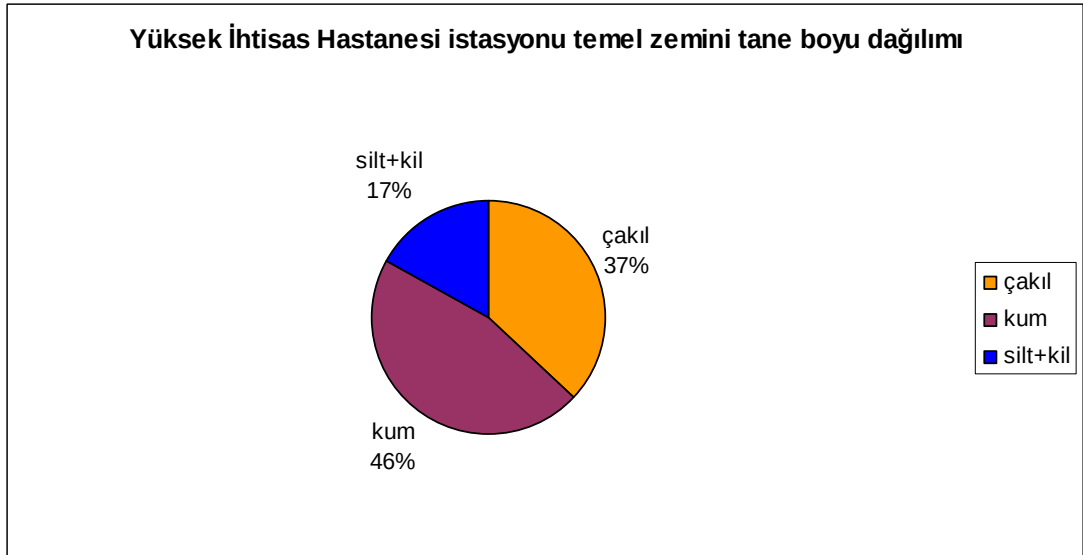
Şekil 3.26: Yüksek İhtisas Hastane İstasyonu kesimi SPT- N_{30} değerlendirmesi

Yüksek İhtisas Hastanesi kesiminde yapılan elek analizi sonuçları Tablo 3.48.'de verilmiştir.

Tablo 3.48: Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminde yapılan elek analizi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Elek Analizi		
			Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
BSB-38	SPT-1	1.50-1.95	53	35	12
	SPT-2	3.00-3.45	68	26	6
	SPT-3	4.50-4.90	51	36	13
	SPT-4	6.00-6.45	32	51	17
	SPT-5	7.50-7.95	44	44	12
	SPT-6	9.00-9.27	38	46	16
	SPT-7	10.50-10.70	15	68	17
	SPT-8	12.00-12.25	43	43	14
	SPT-9	13.50-13.95	29	54	17
	SPT-10	15.00-15.10	12	55	33
BSB-39	SPT-1	1.50-1.95	58	34	8
	SPT-2	3.00-3.45	63	35	2
	SPT-3	4.50-4.90	54	36	10
	SPT-4	6.00-6.45	29	50	21
	SPT-5	7.50-7.95	57	33	10
	SPT-6	9.00-9.42	48	34	18
	SPT-7	10.50-10.73	39	45	16
	SPT-8	12.00-12.45	43	42	15

Elek analizi sonuçlarına göre istasyon temelinin oturduğu yamaç molozu birimi % 37 çakıl, % 46 kum ve %17 silt ve kilden oluşur (Şekil 3.27.).



Şekil 3.27: Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu temel zemini tane boyu dağılımı

Yüksek İhtisas Hastanesi kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları Tablo 3.49.'da verilmiştir.

Tablo 3.49: Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n %	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-38	SPT-1	1.50-1.95	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-2	3.00-3.45	6	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-3	4.50-4.90	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-4	6.00-6.45	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-5	7.50-7.95	11	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-6	9.00-9.27	7	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-7	10.50-10.70	12	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-8	12.00-12.25	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-9	13.50-13.95	13	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-10	15.00-15.10	9	-	NP	-	-	-	-	SM
BSB-39	SPT-1	1.50-1.95	6	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-2	3.00-3.45	5	-	NP	-	-	-	-	GW
	SPT-3	4.50-4.90	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-4	6.00-6.45	12	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-5	7.50-7.95	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-6	9.00-9.42	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-7	10.50-10.73	10	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-8	12.00-12.45	8	-	NP	-	-	-	-	GM

Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu'nun inşa edildiği temel zeminin doğal su içeriği % 7 ile % 13 arasında değişmektedir ve ortalama doğal su içeriği % 9,5 bulunmuştur.

Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre temel zemin iyi derecelenmiş siltli çakıl (GW-GM), siltli çakıl (GM) ve siltli kum (SM) özelliğindedir.

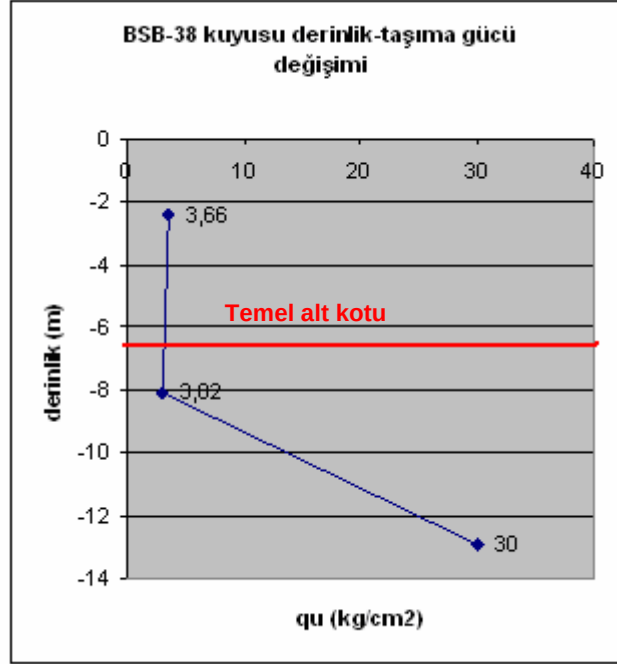
Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deneyinin sonuçları Tablo 3.50.'de verilmiştir. Presiyometre deneyinden elde edilen net limit basınç değerleri kullanılarak zemin taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır. Şekil 3.28.'de BSB-38 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi verilmiştir.

Tablo 3.50: Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları

Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E (kg/cm ²)	PL* (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
BSB-38	P-1	2,40	33,00	4,57	3,66
	P-2	8,10	44,00	3,78	3,02
	P-3	12,90	415,00	37,50	30,00

Presiyometre deneylerinde hesaplanan net limit basınç ve elastisite modülü'nün temel zemin için ortalama değerleri ve değişim aralıkları ise aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç	:20,64 kg/cm ²	(3.78≤PL*≤37.50)
Elastisite modülü	: 229,5 kg/cm ²	(44≤E≤415)



Şekil 3.28: BSB-38 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi

Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu'nun temel zemininin net limit basınç değeri ile hesaplanan taşıma gücü değeri 3.02 kg/cm² ile 30 kg/cm² arasında değişmektedir. Taşıma gücü değeri 3. deneyde diğer deneylere göre çok yüksek değer vermiştir. Bunun nedeni, 3. deneyin yapıldığı seviyelerde blok ve çakıl miktarının fazla olması olabilir. Bu durum deneyin güvenilirliğini tartışır hale getirmektedir.

Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu'nun inşa edildiği zemin NP özelliğindedir ve şişme potansiyeli yoktur. İstasyon kesiminde yeraltısuyu gözlenmediğinden, deprem etkisi altında kumlu birimlerde sıvılaşma riski yoktur. Kazı şevleri geçici desteklerle duraylılık kazanmıştır.

3.10.1.6. Arabayatağı İstasyonu (Km: 21+501 - Km: 21+621)

Arabayatağı İstasyonu'nun inşa edildiği kesimde yapılmış olan sondajlar Zemin Mühendisliği ve İnşaat Sanayi tarafından gerçekleştirilen S-2 ve S-3 no'lu sondajlardır. Bu sondajlarda, üstte kalınlığı 1.00 m ile 1.20 m arasında değişen kalınlıkta yapay dolgu tabakasının altında bloklu siltli kumlu çakıl olarak tanımlanan, yer yer kum ve silt ara seviyeleri içeren, tane boyutu 2-30 cm arasında değişen yamaç molozu görülmektedir. Şekil 3.29.'da Arabayatağı İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti verilmiştir. Sondajlarda yeraltısuyuna rastlanılmamıştır.

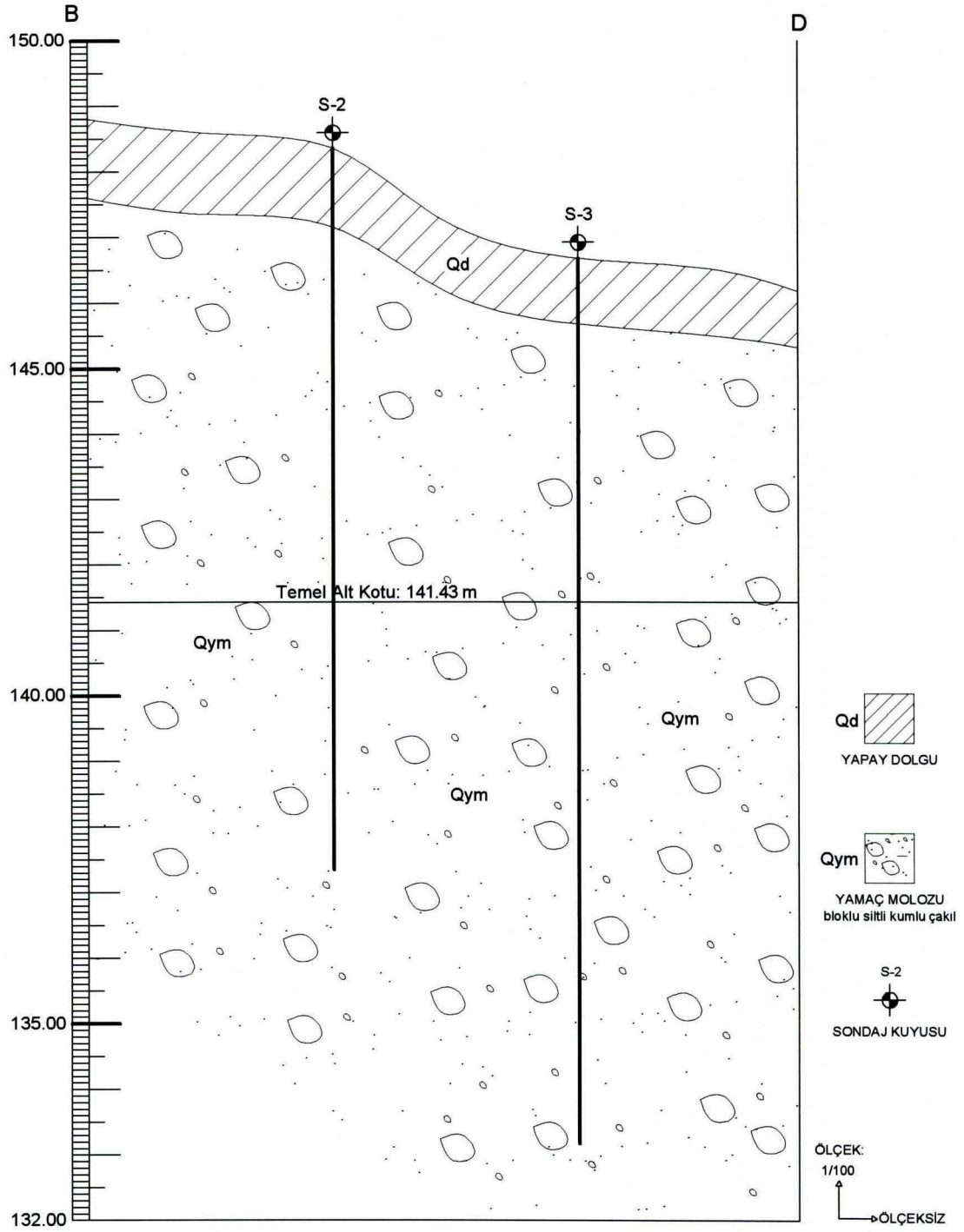
Arabayatağı İstasyonu'nun temel alt kotu 141,43 m'dir ve istasyonun temeli yamaç molozu birimine oturmaktadır. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Kazı İşleri Teknik Şartnamesi'ne göre yamaç molozu birimi "sert küskü"dür. Sert küskü zemin; kazmanın sivri ucu, küskü, kama, tokmak veya kırıcı tabanca ile kazılabilen zemindir. Sondajlar sırasında zeminin bloklu olması nedeniyle örselenmemiş numune alınamamış, laboratuvar deneyleri yapılamamıştır.

Arabayatağı İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları Tablo 3.51.'de verilmiştir.

Tablo 3.51: Arabayatağı İstasyonu kesiminde yapılan SPT sonuçları

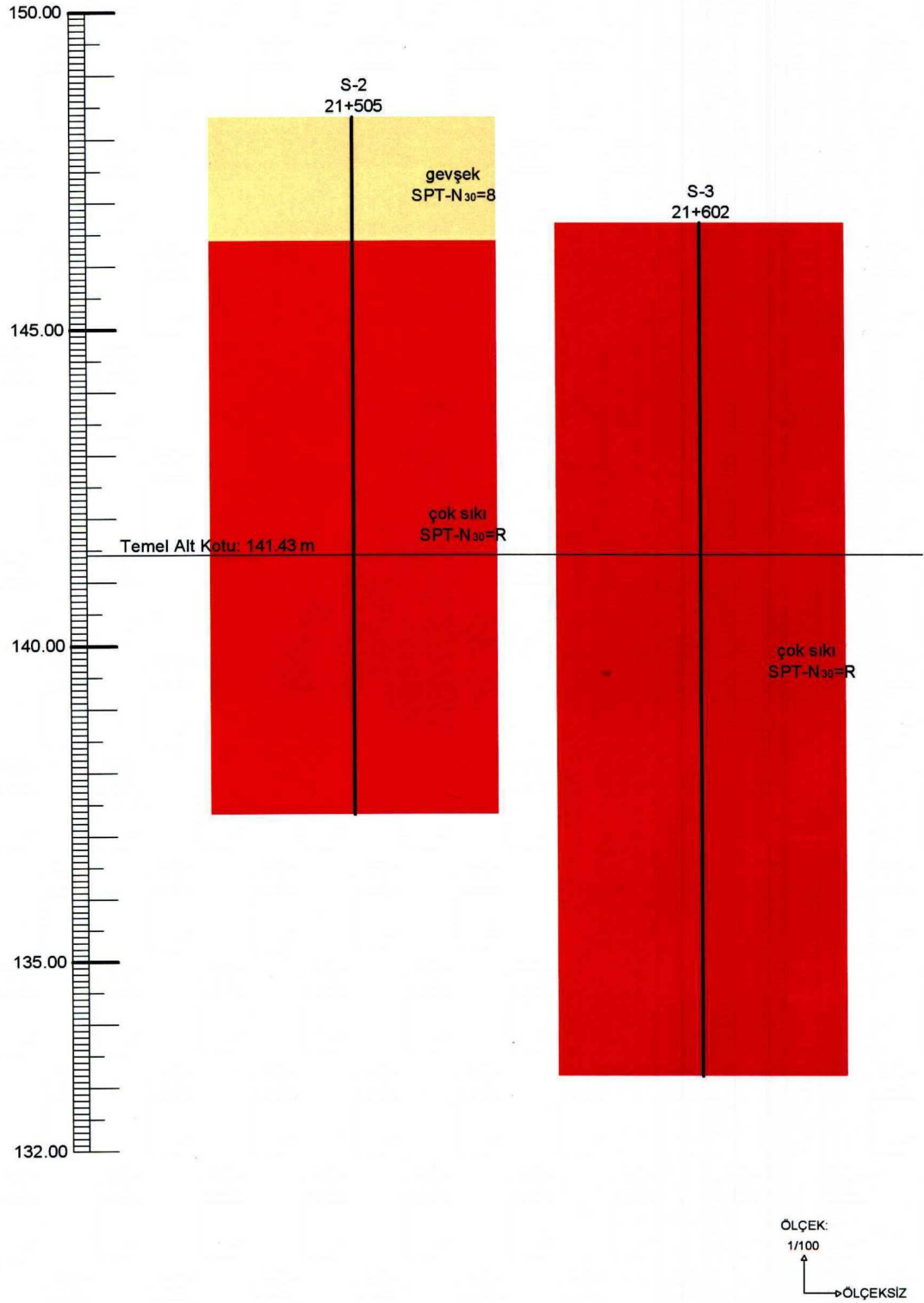
Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
S-2	1.50-1.95	3	4	4	8	Gevşek
	3.00-3.45	50/4	-	-	R	Çok sıkı
	4.50-4.90	50/5	-	-	R	Çok sıkı
	6.00-6.45	50/5	-	-	R	Çok sıkı
	7.50-7.95	50/9	-	-	R	Çok sıkı
	9.00-9.45	50/10	-	-	R	Çok sıkı
	10.50-10.95	50/10	-	-	R	Çok sıkı
S-3	1.50-1.95	50/2	-	-	R	Çok sıkı
	3.00-3.45	50/3	-	-	R	Çok sıkı
	4.50-4.90	50/4	-	-	R	Çok sıkı
	6.00-6.45	50/5	-	-	R	Çok sıkı
	7.50-7.95	50/9	-	-	R	Çok sıkı
	9.00-9.45	50/10	-	-	R	Çok sıkı
	10.50-10.95	50/10	-	-	R	Çok sıkı
	12.00-12.45	50/10	-	-	R	Çok sıkı

ARABAYATAĞI İSTASYONU



Şekil 3.29: Arabayatağı İstasyonu kesiminin jeolojik kesiti

ARABAYATAĞI İSTASYONU



Şekil 3.30: Arabayatağı İstasyonu kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi

Arabayatağı istasyonu temelının oturduğu yamaç molozunun SPT-N₃₀ değeri birimin iri bloklu olmasından dolayı refü vermiştir. SPT-N₃₀ değerlerine yamaç molozu çok sıkı yapılıdır (Şekil 3.30.). Şişme potansiyeli ve sıvılaşma riski yoktur. Kazı şevleri geçici desteklerle duraylılık kazanmıştır.

3.10.2. Hemzemin geçişler

Bursaray B Etabı güzergahında km:18+886-km:18+994, km:19+114-km:19+988, km:20+108-km:20+778, km:20+898-km:21+501 ve km:21+621-km:21+884 arası toplam uzunluğu 2518 m olan beş ayrı hemzemin geçişi yapılmıştır.

3.10.3. Aç-kapa tüneller

Bursaray B Etabı güzergahı boyunca km:17+027-km:17+229 arası uzunluğu 202 m Haşim İşcan Tüneli ve km:17+349-km:18+139 arası uzunluğu 790 m Acem Reis Tüneli aç-kapa kazı yöntemi ile inşa edilmiştir. Aç-kapa tüneller; makine ile kademeli geniş derin kazı şeklinde yapılır. Ekskavatör, skreyper, buldozer, traskavatör gibi makineler ile patlayıcı malzeme kullanılmadan kuruda ve suda kazı yapılır. Kazıya başlamadan önce kazı kesitinde oluşabilecek deformasyonlar dikkate alınarak kazı alanı tespit edilir. Kazı alanı kenarında kazı sınırına yakın binalar ve diğer yapıların uygun yerlerine ankraj çubukları yerleştirilir. Ankraj çubukları; kazılarda yüzey kaplamasını tutmak üzere zemine bağlanan genellikle çelikten yapılmış çubuklardır. Ankraj çubukları ile binaların kazı hareketinden etkilenip etkilenmediği topoğrafik ölçüm cihazları ile incelenir.

Güzergah boyunca aç-kapa tünel yapımında diyafram duvar üst kotuna kadar şevli açık kazılar yapılmıştır. Şevlerin inşaat süresince konumunu muhafaza etmek için püskürtme beton uygulanmıştır. Püskürtme beton; onarım veya yapım amacı ile önceden hazırlanmış olan betonun hava basıncı yardımı ile yüksek hızla uygulama alanına püskürtülerek elde edilen betondur. Daha sonra kuyu metodu ile diyafram duvarlar yapılmıştır. Diyafram duvar; kazı makineleri ile açılan, dar ve derin hendeklerin, kil veya betonla doldurulması ile elde edilen geçirimsiz duvarlardır. Diyafram duvarlardan sonra 1. kademe açık kazı yapılmış, gergiler yerleştirilmiş ve 2. kademe açık kazı yapıp kazı zemini sıkıştırılarak grobeton dökülmüştür. Alt ve üst tabliye yapılarak gergi çubukları alınmış ve dolgu yapılmıştır (Şekil 3.31. ve Şekil 3.32.).



Şekil 3.31: Tünel yapımını gösteren fotoğraf-1



Şekil 3.32: Tünel yapımını gösteren fotoğraf-2

3.10.3.1. Haşim İşcan Tüneli (km: 17+027-km:17+229)

Haşim İşcan Tüneli'nin inşa edildiği kesimde yapılmış olan sondajlar Yüksel Proje tarafından gerçekleştirilen BSB-1 no'lu sondajdır. Bu sondajda üstte kalınlığı 1.20 m dolgu tabakası ve onun altında bloklu siltli kumlu çakıl olarak tanımlanan yamaç molozu görülmektedir. Şekil 3.33.'de Haşim İşcan Tüneli kesiminin jeolojik kesiti verilmiştir. Yamaç molozu kahverenkli, sıkı-çok sıkı yapılıdır. Yer yer 15-30 cm'ye varan siltli/killi kum seviyeleri içermektedir. Arada 5-15 cm boyutunda, dağılgan-sert, zayıf dayanımlı-dayanımlı bloklar içerir. Sondajlarda yeraltısuyuna rastlanılmamıştır.

Haşim İşcan Tüneli yapı alt kotu 179.60 m ile 178,65 m arasında değişmektedir. Tünel yamaç molozu birimine oturmaktadır. Bu birim Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Kazı İşleri Teknik Şartnamesine göre "sert küskü"dür. Sert küskü zemin kazmanın sivri ucu, küskü, kama, tokmak veya kırıcı tabanca ile kazılabilen zemindir.

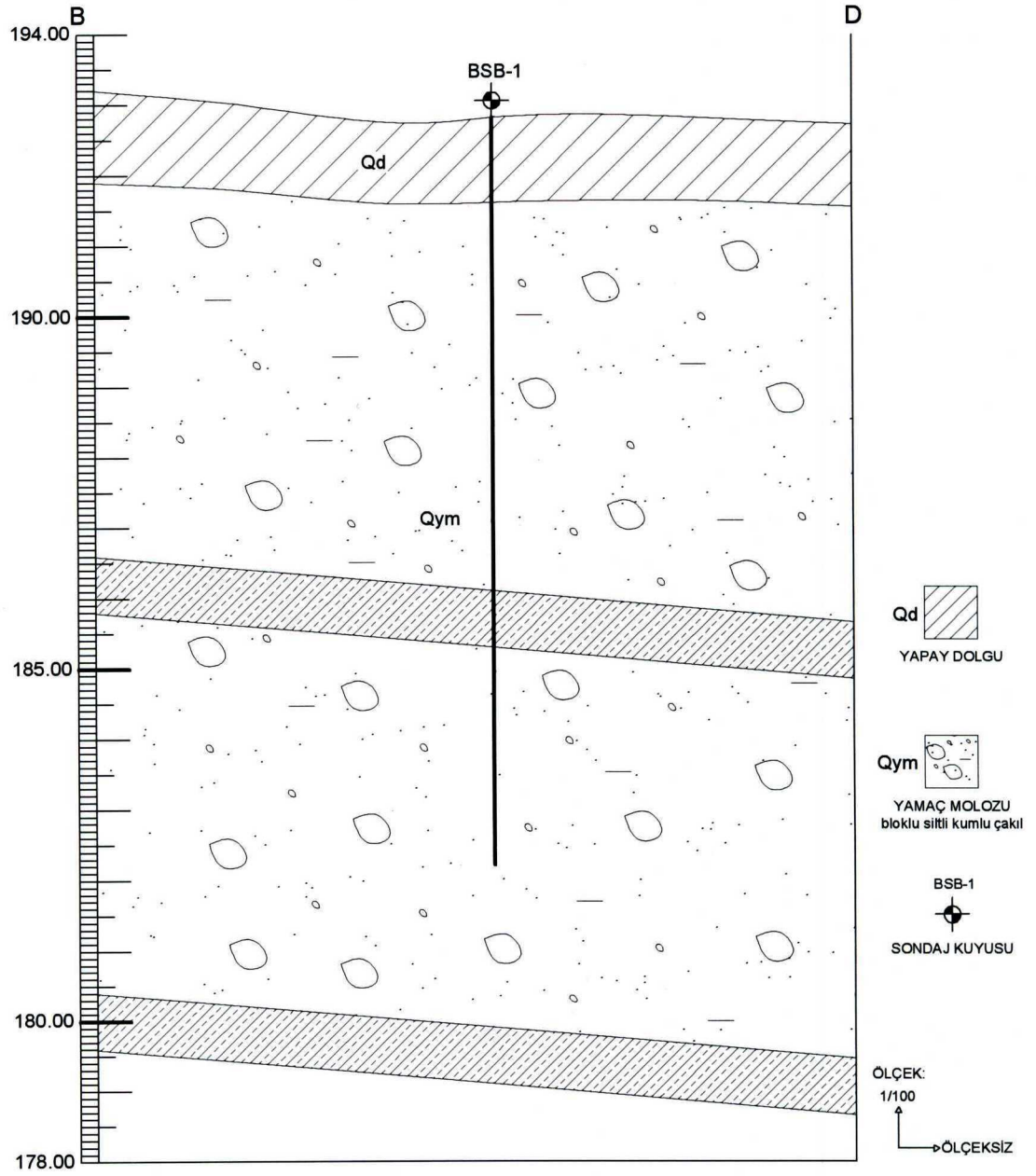
Haşim İşcan Tüneli kesiminde yapılan SPT sonuçları Tablo 3.52.'de verilmiştir.

Tablo 3.52: Haşim İşcan Tüneli kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıkılık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-1	1.50-1.95	31	32	40	72	Çok sıkı
	3.00-3.45	18	25	23	48	Sıkı
	4.50-4.95	22	50/14	-	R	Çok sıkı
	6.00-6.25	26	50/10	-	R	Çok sıkı
	7.50-7.78	22	50/13	-	R	Çok sıkı
	9.00-9.45	21	46	45	91	Çok sıkı
	10.50-10.60	50/10	-	-	R	Çok sıkı

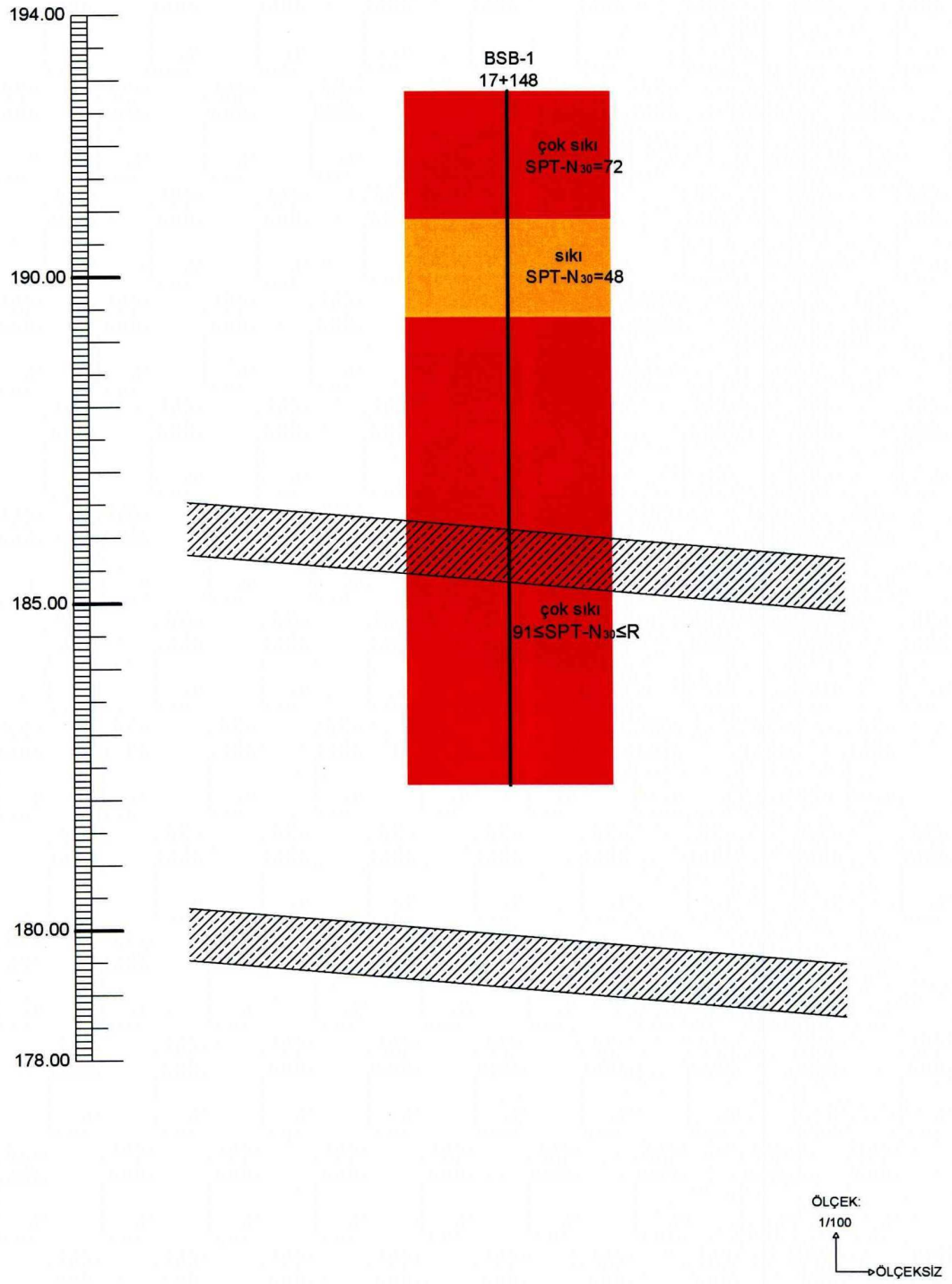
Tablo 3.52.'den görüleceği üzere Haşim İşcan Tünelinin oturduğu yamaç molozu biriminin SPT-N₃₀ değeri 91 ile R arasında değişmektedir. SPT-N₃₀ değerlerine göre bu birim çok sıkı yapılıdır (Şekil 3.34.).

HAŞİM İŞCAN TÜNELİ



Şekil 3.33: Haşım İşcan Tüneli kesiminin jeolojik kesiti

HAŞİM İŞCAN TÜNELİ



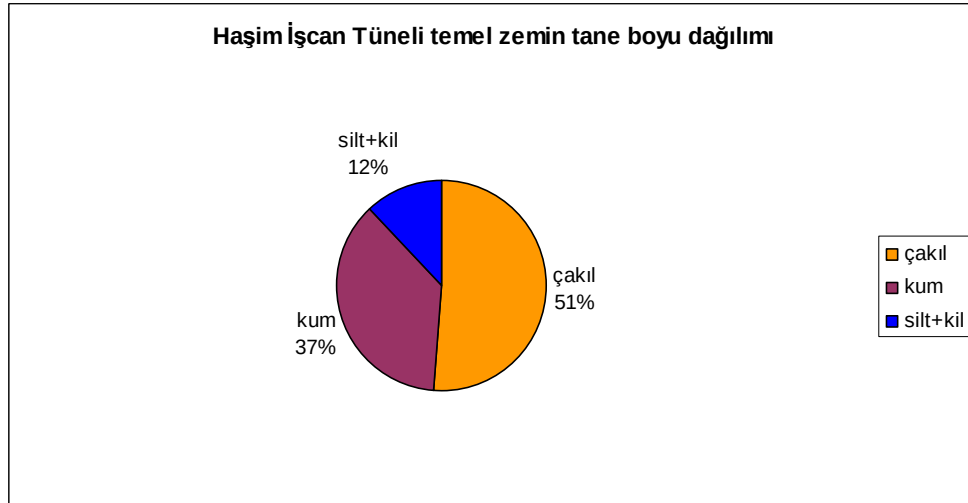
Şekil 3.34: Haşim İşcan Tüneli kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi

Haşim İşcan Tüneli kesiminde yapılan elek analizi deney sonuçları Tablo 3.53.'de verilmiştir.

Tablo 3.53: Haşim İşcan Tüneli kesiminde yapılan elek analizi deney sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Wn %	Elek Analizi		
				Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
BSB-1	SPT-1	1.50-1.95	6	58	33	9
	SPT-2	3.00-3.45	10	45	42	13
	SPT-3	4.50-4.95	8	52	37	11
	SPT-4	6.00-6.25	9	47	38	15
	SPT-5	7.50-7.78	8	50	39	11
	SPT-6	9.00-9.45	7	48	38	14
	SPT-7	10.50-10.60	6	63	29	8

Elek analizi sonuçlarına göre Haşim İşcan Tüneli temel zemini ortalama % 51 çakıl, % 37 kum ve %12 silt ve kilden oluşur (Şekil 3.35.).



Şekil 3.35: Haşim İşcan Tüneli temel zemini tane boyu dağılımı

Haşim İşcan Tüneli kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları Tablo 3.54.'de verilmiştir.

Tablo 3.54: Haşim İşcan Tüneli kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n %	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-1	SPT-1	1.50-1.95	6	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-2	3.00-3.45	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-3	4.50-4.95	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-4	6.00-6.25	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-5	7.50-7.78	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-6	9.00-9.45	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-7	10.50-10.60	6	-	NP	-	-	-	-	GW-GM

Haşim İşcan Tüneli'nin inşa edildiği temel zeminin doğal su içeriği % 6 ile % 9 arasında değişmektedir ve ortalama doğal su içeriği % 7.5 bulunmuştur.

Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre zemin, iyi derecelenmiş siltli çakıl (GW-GM), kötü derecelenmiş siltli çakıl (GP-GW) ve siltli çakıl (GM) özelliğindedir. Birimler NP olduğundan kıvam limitleri tespit edilememiştir.

Haşim İşcan Tüneli kesiminde yapılan presiyometre deneyinin sonucu Tablo 3.55.'de verilmiştir. Presiyometre deneyinden elde edilen net limit basınç değeri kullanılarak zemin taşıma gücü değeri hesaplanmıştır.

Tablo 3.55: Haşim İşcan Tüneli kesiminde yapılan presiyometre deney sonucu

Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E (kg/cm ²)	PL* (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
BSB-1	P-1	2,40	71,00	8,79	7,03

Presiyometre deneyi ile hesaplanan taşıma gücü değeri 7,03 kg/cm² bulunmuştur. Tünelin inşa edildiği zeminin şişme potansiyeli ve sıvılaşma riski yoktur. Diyafram duvar kalıcı destek sistemi ile duraylılık sağlanmıştır.

3.10.3.2. Acem Reis Tüneli (km:17+349-km:18+139)

Acem Reis Tüneli'nin inşa edildiği kesimde yapılmış olan sondajlar Yüksel Proje tarafından gerçekleştirilen BSB-3A, BSB-3B, BSB-3C, BSB-4, BSB-5 ve BSB-6 no'lu sondajlar ve JAS Jeoteknik Araştırma Sondaj tarafından gerçekleştirilen SK 2 sondajdır. Bu sondajlarda, üstte kalınlığı 2.10 m ile 3.90 m arasında değişen kalınlıkta yapay dolgu tabakası ve onun altında bloklu siltli kumlu çakıl olarak tanımlanan yamaç molozu birimi görülmektedir. Ek 1.'de Acem Reis Tüneli kesiminin jeolojik kesiti verilmektedir. Yamaç molozu, yer yer 5-30 cm'ye varan çakıllı kum, siltli kum bantları, 10-30 cm'ye varan dağılgan-sert, zayıf dayanımlı-dayanımlı, az ayrılmış-ayrışmış bloklar içerir.

Acem Reis Tüneli yapı alt kotu 177.80 m ile 165.60 m arasında değişmektedir. Tünel yamaç molozu birimine oturmaktadır. Bu birim Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Kazı İşleri Teknik Şartnamesine göre "sert küskü"dür. Sert küskü zemin kazmanın sivri ucu, küskü, kama, tokmak veya kırıcı tabanca ile kazılabilen zemindir.

Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan SPT sonuçları Tablo 3.56.'da verilmiştir.

Tablo 3.56: Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-3A	1.50-1.95	11	10	30	40	Sıkı
	3.00-3.45	17	25	33	58	Çok sıkı
	4.50-4.95	22	13	14	27	Orta sıkı
	6.00-6.45	23	27	23	50	Sıkı
	7.50-7.87	26	41	50/7	R	Çok sıkı
	9.00-9.13	50/13	-	-	R	Çok sıkı
	10.50-10.61	50/11	-	-	R	Çok sıkı
BSB-3B	1.50-1.95	4	7	6	13	Katı
	3.00-3.25	30	50/10	-	R	Çok sıkı
	4.50-4.76	35	50/10	-	R	Çok sıkı
	6.00-6.29	35	50/14	-	R	Çok sıkı
	7.50-7.58	50/8	-	-	R	Çok sıkı
	9.00-9.05	50/5	-	-	R	Çok sıkı
	10.50-10.72	47	50/7	-	R	Çok sıkı
SK 2	1.50-1.95	2	4	29	33	Sıkı
	3.00-3.02	50/2	-	-	R	Çok sıkı
	4.50-4.95	19	26	39	65	Çok sıkı
	6.00-6.35	30	36	50/5	R	Çok sıkı
	7.50-7.52	50/2	-	-	R	Çok sıkı
	9.00-9.40	16	30	50/10	R	Çok sıkı
	10.50-10.71	32	50/6	-	R	Çok sıkı
	12.00-12.45	25	30	39	69	Çok sıkı
BSB-3C	1.50-1.95	4	3	4	7	Gevşek
	3.00-3.45	30	23	20	43	Sıkı
	4.50-4.95	47	20	16	36	Sıkı
	6.00-6.40	30	35	50/10	R	Çok sıkı
	7.50-7.77	38	50/12	-	R	Çok sıkı
	9.00-9.11	50/11	-	-	R	Çok sıkı
	10.50-10.60	50/10	-	-	R	Çok sıkı
BSB-4	1.50-1.95	29	24	12	36	Sıkı
	3.00-3.45	19	26	34	60	Çok sıkı
	4.50-4.95	31	37	34	71	Çok sıkı
	6.00-6.14	50/14	-	-	R	Çok sıkı
	7.50-7.95	18	9	8	17	Orta sıkı
	9.00-9.40	30	28	50/10	R	Çok sıkı
	10.50-10.95	40	32	40	62	Çok sıkı
	12.00-12.40	27	33	50/10	R	Çok sıkı
	13.50-13.91	48	36	50/11	R	Çok sıkı
	15.00-15.14	50/14	-	-	R	Çok sıkı

Tablo 3.56 (Devam): Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-5	1.50-1.95	35	16	9	25	Orta sıkı
	3.00-3.45	16	16	18	34	Sıkı
	4.50-4.95	13	7	14	21	Orta sıkı
	6.00-6.45	24	33	36	69	Çok sıkı
	7.50-7.95	16	14	12	26	Orta sıkı
	9.00-9.45	11	12	21	33	Sıkı
	10.50-10.95	45	36	35	71	Çok sıkı
	12.00-12.45	29	29	19	48	Sıkı
	13.50-13.95	30	31	43	74	Çok sıkı
	15.00-15.45	25	18	35	53	Çok sıkı
BSB-6	1.50-1.95	2	2	3	5	Gevşek
	3.00-3.45	7	5	5	10	Gevşek
	6.00-6.45	15	26	44	70	Çok sıkı
	7.50-7.95	23	41	31	72	Çok sıkı
	9.00-9.45	45	28	20	48	Sıkı
	10.50-10.95	19	29	34	63	Çok sıkı
	12.00-12.09	50/9	-	-	R	Çok sıkı
	13.50-13.75	38	50/10	-	R	Çok sıkı
	15.00-15.03	50/3	-	-	R	Çok sıkı

Acem Reis Tüneli temel zemin SPT-N₃₀ değeri 48 ile R arasında değişmektedir. SPT-N₃₀ değerlerine göre temel zemin sıkı-çok sıkı yapılıdır. Ek 2.'de Acem Reis Tüneli kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi verilmiştir.

Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan sabit seviyeli permeabilite deneyinin sonuçları Tablo 3.57.'de verilmiştir.

Tablo 3.57: Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan permeabilite deney sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Geçirimsizlik katsayısı (m/s)	Geçirimsizlik derecesi
BSB-4	4.50	2.06877×10^{-5}	Geçirimsiz
	10.50	1.80801×10^{-5}	Geçirimsiz
	13.50	4.15426×10^{-5}	Geçirimsiz
BSB-5	6.00	1.23132×10^{-4}	Geçirimsiz
	10.50	5.97509×10^{-5}	Geçirimsiz
	15.00	5.88773×10^{-6}	Az geçirimsiz
BSB-6	4.50	1.15376×10^{-4}	Geçirimsiz
	9.00	1.13688×10^{-5}	Geçirimsiz
	13.50	4.33063×10^{-5}	Geçirimsiz

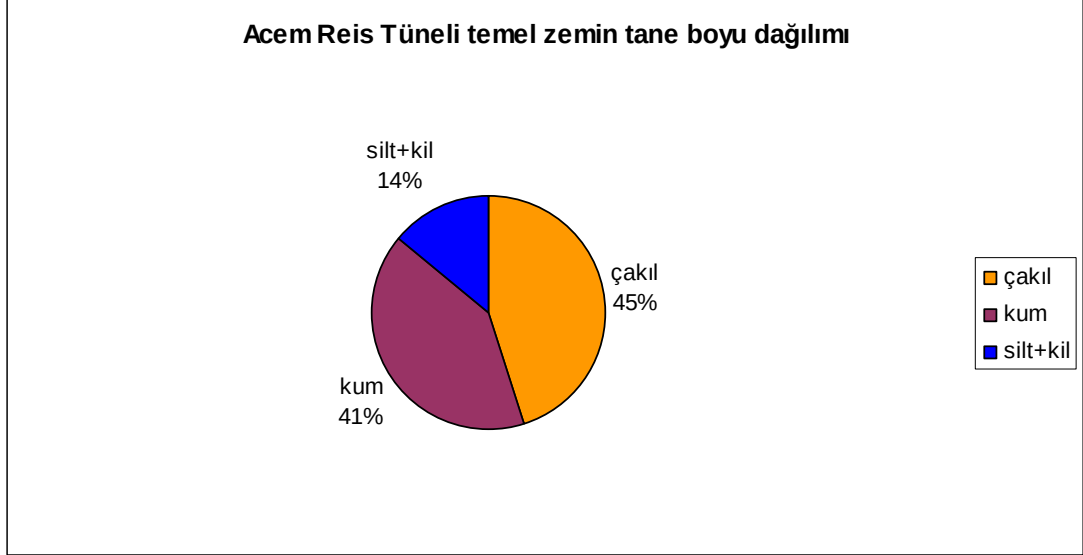
Geçirimsizlik katsayılarına göre Acem Reis Tüneli kesimi az geçirimsiz ve geçirimsizdir.

SK 2 sondaj kuyusundan zeminin bloklu olması nedeniyle örselenmemiş numune alınamamış, laboratuvar deneyleri yapılamamıştır. Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan elek analizi sonuçları Tablo 3.58.'de verilmiştir.

Tablo 3.58: Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan elek analizi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Elek Analizi		
			Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
BSB-3/A	SPT-1	1.50-1.95	4	48	48
	SPT-2	3.00-3.45	44	43	13
	SPT-3	4.50-4.95	50	37	13
	SPT-4	6.00-6.45	62	29	9
	SPT-5	7.50-7.87	44	42	14
	SPT-6	9.00-9.13	45	42	13
	SPT-7	10.50-10.61	59	33	8
BSB-3/B	SPT-1	1.50-1.95	7	41	52
	SPT-2	3.00-3.25	46	43	11
	SPT-3	4.50-4.76	44	43	13
	SPT-4	6.00-6.29	41	48	11
	SPT-5	7.50-7.58	38	49	13
	SPT-6	9.00-9.05	68	24	8
	SPT-7	10.50-10.72	38	45	17
BSB-3/C	SPT-1	1.50-1.95	33	42	25
	SPT-2	3.00-3.45	51	39	10
	SPT-3	4.50-4.95	60	32	8
	SPT-4	6.00-6.40	43	42	15
	SPT-5	7.50-7.77	38	48	14
	SPT-6	9.00-9.11	25	60	15
	SPT-7	10.50-10.60	39	34	27
BSB-4	SPT-1	1.50-1.95	61	27	12
	SPT-2	3.00-3.45	49	40	11
	SPT-3	4.50-4.95	50	38	12
	SPT-4	6.00-6.14	61	33	6
	SPT-5	7.50-7.95	37	48	15
	SPT-6	9.00-9.40	43	42	15
	SPT-7	10.50-10.95	30	49	21
	SPT-8	12.00-12.40	43	42	15
	SPT-9	13.50-13.91	61	29	10
	SPT-10	15.00-15.14	33	51	16
BSB-5	SPT-1	1.50-1.95	45	40	15
	SPT-2	3.00-3.45	44	43	13
	SPT-3	4.50-4.95	16	74	10
	SPT-4	6.00-6.45	48	44	8
	SPT-5	7.50-7.95	71	29	-
	SPT-6	9.00-9.45	55	39	6
	SPT-7	10.50-10.95	54	37	9
	SPT-8	12.00-12.45	47	43	10
	SPT-9	13.50-13.95	51	38	11
	SPT-10	15.00-15.45	42	42	16
BSB-6	SPT-1	1.50-1.95	26	42	32
	SPT-2	3.00-3.45	44	46	10
	SPT-3	6.00-6.45	41	41	18
	SPT-4	7.50-7.95	64	28	8
	SPT-5	9.00-9.45	37	50	13
	SPT-6	10.50-10.95	55	32	13
	SPT-7	12.00-12.09	43	42	15
	SPT-8	13.50-13.75	43	42	15
	SPT-9	15.00-15.03	76	19	5

Elek analizi sonuçlarına göre temel zemin ortalama %45 çakıl, %41 kum ve % 14 silt ve kilden oluşur (Şekil 3.36.).



Şekil 3.36: Acem Reis Tüneli temel zemini tane boyu dağılımı

Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları Tablo 3. 59.'da verilmiştir.

Tablo 3.59: Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n %	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-3/A	SPT-1	1.50-1.95	28	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-2	3.00-3.45	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-3	4.50-4.95	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-4	6.00-6.45	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-5	7.50-7.87	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-6	9.00-9.13	11	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-7	10.50-10.61	10	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
BSB-3/B	SPT-1	1.50-1.95	39	N. Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-2	3.00-3.25	9	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-3	4.50-4.76	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-4	6.00-6.29	8	-	NP	-	-	-	-	SP-SM
	SPT-5	7.50-7.58	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-6	9.00-9.05	6	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-7	10.50-10.72	9	-	NP	-	-	-	-	SM
BSB-3/C	SPT-1	1.50-1.95	21	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-2	3.00-3.45	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-3	4.50-4.95	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-4	6.00-6.40	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-5	7.50-7.77	12	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-6	9.00-9.11	14	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-7	10.50-10.60	12	-	NP	-	-	-	-	GM

Tablo 3.59 (Devam): Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n %	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-4	SPT-1	1.50-1.95	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-2	3.00-3.45	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-3	4.50-4.95	6	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-4	6.00-6.14	5	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-5	7.50-7.95	11	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-6	9.00-9.40	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-7	10.50-10.95	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-8	12.00-12.40	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-9	13.50-13.91	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-10	15.00-15.14	10	-	NP	-	-	-	-	SM
BSB-5	SPT-1	1.50-1.95	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-2	3.00-3.45	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-3	4.50-4.95	15	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-4	6.00-6.45	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-5	7.50-7.95	7	-	NP	-	-	-	-	GW
	SPT-6	9.00-9.45	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-7	10.50-10.95	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-8	12.00-12.45	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-9	13.50-13.95	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-10	15.00-15.45	10	-	NP	-	-	-	-	GM
BSB-6	SPT-1	1.50-1.95	18	32	19	13	-	-	-	SC
	SPT-2	3.00-3.25	12	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-3	6.00-6.45	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-4	7.50-7.95	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-5	9.00-9.45	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-6	10.50-10.95	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-7	12.00-12.09	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-8	13.50-13.75	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-9	15.00-15.03	5	-	NP	-	-	-	-	GP

Acem Reis Tüneli'nin inşa edildiği temel zeminin doğal su içeriği % 5 ile % 14 arasında değişmektedir ve ortalama doğal su içeriği % 8.7 bulunmuştur.

Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre temel zemin kötü derecelenmiş siltli çakıl (GP-GW), kötü derecelenmiş çakıl (GP), siltli çakıl (GM) ve siltli kum (SM) özelliğindedir.

Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan presiyometre deneyinin sonuçları Tablo 3.60.'da verilmiştir. Presiyometre deneyinden elde edilen net limit basınç değeri kullanılarak zemin taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır. Şekil 3.37.'de BSB-4 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi, Şekil 3.38.'de BSB-6 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi verilmiştir.

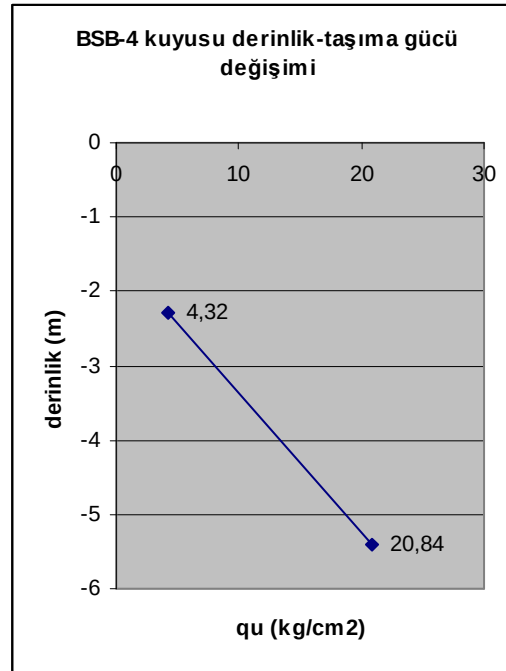
Tablo 3.60: Acem Reis Tüneli kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları

Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E (kg/cm ²)	PL* (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
BSB-3B	P-1	2,40	55,00	3,67	2,94
BSB-4	P-1	2,30	32,00	5,40	4,32
	P-2	5,40	315,00	26,05	20,84
BSB-5	P-1	2,20	25,00	2,96	2,37
BSB-6	P-1	2,40	27,00	1,76	1,41
	P-2	6,90	49,00	3,31	2,65

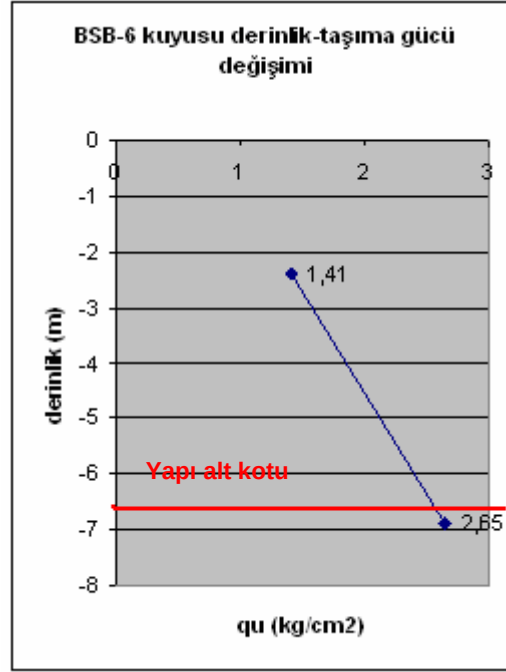
Presiyometre deneylerinde hesaplanan net limit basınç ve elastisite modülü'nün ortalama değerleri ve değişim aralıkları aşağıdaki gibidir.

Net limit basınç : 7.19 kg/cm² (1.76≤PL*≤26.05)

Elastisite modülü : 83.83 kg/cm² (25≤E≤315)



Şekil 3.37: BSB-4 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



Şekil 3.38: BSB-6 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi

BSB-3B, BSB-4 ve BSB-5 kuyularında yapılan presiyometre deneyleri yapı temelinin üstündedir. BSB-6 kuyusuna göre Acem Reis Tüneli temel zemini taşıma gücü değeri 2.65 kg/cm²'dir.

SK 2 kuyusunda 19.11.2004 tarihinde yapılan ölçümde 12.00 m derinliğinde yeraltısuyuna rastlanılmıştır. Aynı sondaj kuyusunda 30.12.2004 tarihinde yapılan ölçümde ise yeraltısuyuna rastlanılamamıştır. Bu yeraltısuyu seviyesi değişimi mevsimsel koşullardan kaynaklanır.

Tünelin inşa edildiği zeminin şişme potansiyeli yoktur. Deprem gibi dinamik etkiler altında mevsimsel koşullara bağlı olarak yeraltısuyu seviyesi yükselirse kumlu seviyelerde sıvılaşma riski olabilir. Diyafram duvar kalıcı destek sistemi ile duraylılık sağlanmıştır.

3.10.4. Gökdere Viyadüğü (km: 18+259-km: 18+886)

Gökdere Viyadüğü'nün inşa edildiği kesimde Yüksel Proje, JAS Jeoteknik Araştırma Sondaj ve Geos Geoteknik Sondajcılık tarafından toplam 489,38 m derinliğinde 21 adet sondaj kuyusu açılmıştır. 14 ayaklı fore kazıklar üzerine inşa edilen viyadük boyunca açılan sondajlar, derinlikleri, sondajların yakın olduğu ayaklar ve kazık boyları Tablo 3.61.'de verilmiştir.

Tablo 3.61: Gökdere Viyadüğü'nün inşa edildiği kesimde yapılan sondajlar ve kazık boyları

Sondaj no	Sondaj boyu (m)	Yakın olduğu ayak	Kazık boyları (m)
BSB-11	19.92	-	-
BSB-12	19.95	A1	13
BSB-13	19.93	P1	18
BSB-14	19.78	P2	16
BSB-15	19.95	P3	15
SK-3	25.71	P4	18
BSB-17	19.90	P5	15
BSB-18	25.95	P6	17
BSB-19	21.45	-	-
S1	40.95	P7	27.50
BSB-21	19.72	-	-
BSB-22	30.14	P8	15
BSB-23	19.79	-	-
BSB-24	25.79	P9	17
BSB-25	19.95	P10	18
BSB-26	24.45	P11	18
BSB-27	25.95	P12	20
BSB-28	21.45	A2	20
BSB-29	25.95	-	-
BSB-30	19.95	-	-
BSB-31	22.75	-	-

Gökdere Viyadüğü'nün inşa edildiği kesimde yapılmış olan sondajlardan 5 tanesinde yeraltısuyuna rastlanılmıştır. Tespit edilen yeraltısuyu seviyeleri Tablo 3.62.'de verilmektedir. Diğer sondajlarda yeraltısuyuna rastlanılmamış olmasının nedeni, mevsimsel koşullar ve bu kesimdeki jeolojik birimlerin yüksek geçirimsizlikleridir.

Tablo 3.62: Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen yeraltısuyu seviyeleri

Sondaj no	YASS derinliği (m)	Sondaj ağız kotu (m)	YASS kotu (m)
SK 3	10.50	159.30	148.80
S1	17.00	155.40	138.40
BSB-23	13.95	154.08	140.13
BSB-27	12.90	151.52	138.62
BSB-30	10.95	149.42	138.47

Gökdere Viyadüğü'nün inşa edildiği kesimde yapılmış olan sondajlarda, üstte yapay dolgu tabakasının altında bloklu siltli kumlu çakıl olarak tanımlanan yamaç molozu, çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil (Qal1), çakıllı siltli kum (Qal2), siltli kumlu çakıl (Qal3) olarak tanımlanan alüvyon ve kumlu kil/kumlu silt/çakıllı kum (Tk) olarak tanımlanan Köprühisar formasyonu yer alır. Gerek Gökdere'nin dönemsel olarak değişken taşıma enerjisi ile gerekse yerçekimi etkisi ile yamaçlardan koparak meydana gelen birikim, bölgede iri bloktan kile kadar değişen boyutta malzemenin karmaşık bir tabakalanma oluşturmaya yol açmıştır. Gökdere Viyadüğü kesiminin jeolojik kesiti Ek 3.'de verilmiştir.

Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan SPT sonuçları Tablo 3.63.'de verilmiştir.

Tablo 3.63: Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-11	1.50-1.95	7	3	4	7	Gevşek
	3.00-3.45	18	12	15	27	Orta sıkı
	4.50-4.95	45	26	13	39	Sıkı
	6.00-6.45	6	6	12	18	Orta sıkı
	7.50-7.95	31	35	28	63	Çok sıkı
	9.00-9.45	39	34	38	72	Çok sıkı
	10.50-10.95	16	20	27	47	Sıkı
	12.00-12.28	25	50/13	-	R	Çok sıkı
	13.50-13.95	33	47	40	87	Çok sıkı
	15.00-15.08	50/8	-	-	R	Çok sıkı
	16.50-16.79	25	50/14	-	R	Çok sıkı
	18.00-18.29	35	50/14	-	R	Çok sıkı
	19.50-19.92	18	34	50/12	R	Çok sıkı
BSB-12	1.50-1.95	5	2	2	4	Çok gevşek
	3.00-3.45	2	2	10	12	Orta sıkı
	4.50-4.53	50/3	-	-	R	Çok sıkı
	6.00-6.45	16	12	12	24	Orta sıkı
	7.50-7.90	43	36	50/10	R	Çok sıkı
	9.00-9.45	30	48	27	75	Çok sıkı
	10.50-10.95	35	28	16	42	Sıkı
	12.00-12.45	25	16	12	28	Orta sıkı
	13.50-13.95	30	16	17	33	Sıkı
	15.00-15.45	50/0	-	-	R	Çok sıkı
	16.50-16.93	23	49	50/13	R	Çok sıkı
	18.00-18.45	14	18	13	31	Sıkı
	19.50-19.95	33	37	42	79	Çok sıkı

Tablo 3.63 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-13	1.50-1.95	5	7	9	16	Orta sıkı
	3.00-3.45	11	15	26	41	Sıkı
	4.50-4.95	21	31	34	65	Çok sıkı
	6.00-6.45	16	22	23	45	Sıkı
	7.50-7.95	29	37	33	70	Çok sıkı
	9.00-9.45	28	27	24	51	Çok sıkı
	10.50-10.95	19	24	11	35	Sıkı
	12.00-12.45	36	40	27	67	Çok sıkı
	13.50-13.64	50/14	-	-	R	Çok sıkı
	15.00-15.45	44	18	24	42	Sıkı
	16.50-16.92	24	39	50/12	R	Çok sıkı
	18.00-18.13	50/13	-	-	R	Çok sıkı
	19.50-19.93	36	48	50/13	R	Çok sıkı
BSB-14	1.50-1.95	22	19	26	45	Sıkı
	3.00-3.45	37	32	35	67	Çok sıkı
	4.50-4.95	28	31	34	65	Çok sıkı
	6.00-6.45	10	7	30	37	Sıkı
	7.50-7.95	22	27	44	71	Çok sıkı
	9.00-9.45	18	24	26	50	Sıkı
	10.50-10.95	40	9	18	27	Orta sıkı
	12.00-12.45	25	47	45	92	Çok sıkı
	13.50-13.95	33	35	48	83	Çok sıkı
	15.00-15.45	37	45	42	87	Çok sıkı
	16.50-16.75	48	50/10	-	R	Çok sıkı
	18.00-18.45	30	48	36	84	Çok sıkı
	19.50-19.78	37	50/13	-	R	Çok sıkı
BSB-15	1.50-1.95	11	9	9	18	Orta sıkı
	3.00-3.45	4	4	9	13	Orta sıkı
	4.50-4.95	8	7	11	18	Orta sıkı
	6.00-6.45	5	4	8	12	Orta sıkı
	7.50-7.95	20	14	10	24	Orta sıkı
	9.00-9.40	22	39	50/10	R	Çok sıkı
	10.50-10.95	4	2	6	8	Gevşek
	12.00-12.45	21	31	47	78	Çok sıkı
	13.50-13.95	19	10	18	28	Çok katı
	15.00-15.45	31	17	11	28	Orta sıkı
	16.50-16.95	19	25	25	50	Sıkı
	18.00-18.29	47	50/14	-	R	Çok sıkı
	19.50-19.95	32	44	40	84	Çok sıkı

Tablo 3.63 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
SK 3	1.50-1.60	50/10	-	-	R	Çok sıkı
	3.00-3.12	50/12	-	-	R	Çok sıkı
	4.50-4.64	50/14	-	-	R	Çok sıkı
	6.00-6.45	4	5	10	15	Katı
	7.50-7.95	5	7	11	18	Çok katı
	9.00-9.07	50/7	-	-	R	Çok sıkı
	10.50-10.95	28	30	40	70	Çok sıkı
	12.00-12.14	50/14	-	-	R	Çok sıkı
	13.50-13.77	42	50/12	-	R	Çok sıkı
	15.00-15.25	45	50/10	-	R	Sert
	16.50-16.87	30	45	50/7	R	Sert
	18.00-18.40	34	48	50/5	R	Çok sıkı
	19.50-19.89	40	36	50/9	R	Çok sıkı
	21.00-21.25	36	50/10	-	R	Çok sıkı
	22.50-22.86	38	44	50/6	R	Çok sıkı
	24.00-24.23	40	50/8	-	R	Çok sıkı
	25.50-25.71	48	50/6	-	R	Çok sıkı
BSB-17	1.50-1.95	19	20	12	32	Sıkı
	3.00-3.45	6	3	3	6	Orta katı
	4.50-4.95	6	7	8	15	Orta sıkı
	6.00-6.45	11	25	25	50	Sıkı
	7.50-7.64	50/14	-	-	R	Çok sıkı
	9.00-9.45	16	25	28	53	Çok sıkı
	10.50-10.95	38	50/12	-	R	Çok sıkı
	12.00-12.45	5	6	9	15	Orta sıkı
	13.50-13.95	15	12	12	24	Orta sıkı
	15.00-15.45	45	48	34	82	Çok sıkı
	16.50-16.90	27	25	50/10	R	Çok sıkı
	18.00-18.45	44	45	42	87	Çok sıkı
	19.50-19.90	21	30	50/10	R	Çok sıkı

Tablo 3.63 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-18	1.50-1.95	8	9	9	18	Çok katı
	3.00-3.45	9	8	12	20	Orta sıkı
	4.50-4.95	18	30	32	62	Çok sıkı
	6.00-6.45	21	16	12	28	Orta sıkı
	7.50-7.75	31	50/10	-	R	Çok sıkı
	9.00-9.45	30	26	29	55	Çok sıkı
	10.50-10.95	6	8	9	17	Orta sıkı
	12.00-12.45	16	18	12	30	Çok katı
	13.50-13.95	38	41	38	79	Çok sıkı
	15.00-15.42	29	47	50/12	R	Çok sıkı
	16.50-16.95	5	2	5	7	Orta katı
	18.00-18.45	16	24	36	60	Sert
	19.50-19.94	26	35	50/14	R	Sert
	21.00-21.43	35	45	50/13	R	Sert
	22.50-22.95	20	28	40	68	Sert
	24.00-24.12	50/12	-	-	R	Sert
	25.50-25.95	35	46	48	94	Sert
BSB-19	1.50-1.95	11	13	15	28	Çok katı
	3.00-3.45	9	20	22	42	Sıkı
	4.50-4.95	8	10	12	22	Orta sıkı
	6.00-6.45	24	46	40	86	Çok sıkı
	7.50-7.95	17	15	17	32	Sert
	9.00-9.45	6	6	9	15	Orta sıkı
	10.50-10.94	12	20	50/14	R	Çok sıkı
	12.00-12.40	11	14	50/10	R	Çok sıkı
	13.50-13.75	40	50/10	-	R	Çok sıkı
	15.00-15.45	39	49	44	93	Çok sıkı
	16.50-16.92	48	46	50/12	R	Sert
	18.00-18.38	17	28	50/8	R	Sert
	19.50-19.95	25	30	42	72	Sert
	21.00-21.45	32	38	49	87	Çok sıkı

Tablo 3.63 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
S1	1.50-1.55	50/5	-	-	R	Çok sıkı
	3.00-3.45	22	3	9	12	Orta sıkı
	4.50-4.95	11	9	7	16	Orta sıkı
	6.00-6.45	11	3	13	16	Orta sıkı
	7.50-7.95	15	18	18	36	Sıkı
	9.00-9.45	12	7	10	17	Orta sıkı
	10.50-10.95	7	7	11	18	Çok katı
	12.00-12.45	7	7	12	19	Çok katı
	13.50-13.95	5	5	8	13	Orta sıkı
	15.00-15.45	21	50/15	-	R	Çok sıkı
	16.50-16.80	21	50	-	R	Çok sıkı
	18.00-18.08	50/8	-	-	R	Çok sıkı
	19.50-19.80	20	50	-	R	Çok sıkı
	21.00-21.01	50/1	-	-	R	Çok sıkı
	22.50-22.65	50	-	-	R	Çok sıkı
	24.00-24.25	40	50/10	-	R	Çok sıkı
	25.50-25.72	36	50/7	-	R	Sert
	27.00-27.15	50	-	-	R	Sert
	28.50-28.63	50/13	-	-	R	Sert
	30.00-30.05	50/5	-	-	R	Sert
	31.50-31.80	25	50	-	R	Sert
	33.00-33.45	23	28	42	70	Sert
	34.50-34.57	50/7	-	-	R	Çok sıkı
	36.00-36.27	47	50/13	-	R	Çok sıkı
	37.50-37.95	29	34	40	74	Çok sıkı
	39.00-39.15	50	-	-	R	Çok sıkı
	40.50-40.95	19	32	50	82	Çok sıkı
BSB-21	1.50-1.95	4	5	5	10	Gevşek
	3.00-3.45	7	11	33	44	Sıkı
	4.50-4.95	28	30	22	52	Çok sıkı
	6.20-6.61	26	37	50/11	R	Çok sıkı
	7.65-8.00	48	10	10	20	Orta sıkı
	9.00-9.21	48	50/6	-	R	Çok sıkı
	10.50-10.95	17	13	12	25	Orta sıkı
	12.00-12.28	42	50/13	-	R	Çok sıkı
	13.50-13.95	32	34	49	83	Çok sıkı
	15.00-15.45	35	33	48	81	Çok sıkı
	16.60-17.05	28	22	32	54	Çok sıkı
	18.00-18.45	28	42	48	90	Çok sıkı
	19.50-19.72	48	50/7	-	R	Çok sıkı

Tablo 3.63 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-22	1.50-1.95	11	4	3	7	Gevşek
	3.00-3.45	48	27	24	51	Çok sıkı
	4.50-4.95	16	17	35	52	Çok sıkı
	6.00-6.45	45	27	24	51	Çok sıkı
	7.50-7.95	15	10	13	23	Çok katı
	9.00-9.45	18	23	19	42	Sıkı
	10.80-11.25	15	16	32	48	Sıkı
	12.00-12.45	10	17	23	40	Sıkı
	13.50-13.95	25	35	36	71	Çok sıkı
	15.00-15.45	31	37	32	69	Çok sıkı
	16.50-16.95	18	23	48	71	Çok sıkı
	18.00-18.45	27	28	29	57	Çok sıkı
	19.50-19.75	48	50/10	-	R	Çok sıkı
	21.00-21.28	47	50/13	-	R	Çok sıkı
	22.50-22.64	50/14	-	-	R	Çok sıkı
	24.00-24.45	19	22	24	46	Sıkı
	24.50-24.95	17	21	24	45	Sert
	25.50-25.95	18	32	41	73	Sert
	27.00-27.23	49	50/8	-	R	Çok sıkı
	28.50-28.90	42	46	50/10	R	Çok sıkı
	30.00-30.14	50/14	-	-	R	Çok sıkı
BSB-23	1.50-1.68	45	50/3	-	R	Çok sıkı
	3.00-3.45	27	39	37	76	Çok sıkı
	4.50-4.95	13	14	38	52	Çok sıkı
	6.00-6.45	27	45	26	71	Çok sıkı
	7.50-7.95	11	8	9	17	Orta sıkı
	9.00-9.45	40	47	42	89	Çok sıkı
	10.50-10.95	25	13	21	34	Sıkı
	12.00-12.27	17	50/12	-	R	Çok sıkı
	14.00-14.45	4	5	6	11	Orta sıkı
	15.00-15.45	4	3	6	9	Katı
	16.50-16.95	18	11	9	20	Çok katı
	18.00-18.45	19	40	49	89	Çok sıkı
	19.50-19.79	30	50/14	-	R	Çok sıkı

Tablo 3.63 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-24	1.50-1.75	48	50/10	-	R	Çok sıkı
	3.00-3.45	28	20	25	45	Sıkı
	4.50-4.95	22	17	22	39	Sıkı
	6.00-6.45	17	5	4	9	Gevşek
	7.50-7.95	19	16	13	29	Orta sıkı
	9.00-9.45	5	7	9	16	Orta sıkı
	10.50-10.95	8	6	7	13	Katı
	12.00-12.45	2	2	6	8	Orta katı
	13.50-13.95	8	8	11	19	Çok katı
	15.00-15.45	17	12	10	22	Orta sıkı
	16.50-16.95	6	11	12	23	Orta sıkı
	18.00-18.45	6	9	18	27	Çok katı
	19.50-19.95	34	26	25	51	Çok sıkı
	21.00-21.45	16	5	41	46	Sıkı
	22.50-22.95	19	15	24	39	Sıkı
	24.00-24.45	18	26	40	66	Sert
	25.50-25.79	44	50/14	-	R	Çok sıkı
BSB-25	1.50-1.95	40	45	47	92	Çok sıkı
	3.00-3.45	10	9	8	17	Orta sıkı
	4.50-4.95	17	15	10	25	Orta sıkı
	6.00-6.45	5	7	17	24	Orta sıkı
	7.50-7.92	28	48	50/12	R	Çok sıkı
	9.00-9.45	10	8	21	29	Orta sıkı
	10.50-10.95	8	10	12	22	Çok katı
	12.00-12.45	6	13	11	24	Çok katı
	13.50-13.95	4	5	5	10	Katı
	15.00-15.45	10	16	22	38	Sert
	16.50-16.95	9	12	15	27	Çok katı
	18.00-18.45	6	16	26	42	Sıkı
	19.50-19.95	48	48	40	88	Çok sıkı

Tablo 3.63 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-26	1.50-1.95	21	29	33	62	Çok sıkı
	3.00-3.45	7	9	11	20	Orta sıkı
	4.50-4.90	23	48	50/10	R	Çok sıkı
	6.00-6.45	5	8	11	19	Orta sıkı
	7.50-7.95	8	10	12	22	Çok katı
	9.00-9.45	5	6	8	14	Katı
	10.50-10.95	5	6	7	13	Katı
	12.00-12.45	6	5	6	11	Katı
	13.50-13.95	10	11	14	25	Çok katı
	15.00-15.45	13	16	23	39	Sert
	16.50-16.95	6	9	16	25	Çok katı
	18.00-18.45	7	9	11	20	Çok katı
	19.50-19.95	8	9	10	19	Orta sıkı
	21.00-21.45	9	9	31	40	Sıkı
	22.50-22.95	9	11	16	27	Çok katı
	24.00-24.45	16	16	17	33	Sıkı
BSB-27	1.50-1.95	37	41	31	72	Çok sıkı
	3.00-3.45	6	9	7	16	Orta sıkı
	4.50-4.95	47	27	24	51	Çok sıkı
	6.00-6.45	6	8	11	19	Çok katı
	7.50-7.95	6	8	8	16	Çok katı
	9.00-9.45	4	6	8	14	Katı
	10.50-10.95	5	7	9	16	Çok katı
	12.00-12.45	3	5	6	11	Katı
	13.50-13.95	6	7	10	17	Çok katı
	15.00-15.45	11	15	20	35	Sert
	16.50-16.95	7	8	14	22	Çok katı
	18.00-18.45	9	11	12	23	Çok katı
	19.50-19.95	12	34	22	56	Çok sıkı
	21.00-21.45	8	10	14	24	Çok katı
	22.50-22.95	16	15	15	30	Orta sıkı
	24.00-24.45	15	12	18	30	Orta sıkı
	25.50-25.95	24	15	17	32	Sert

Tablo 3.63 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-28	1.50-1.95	23	24	34	58	Çok sıkı
	3.00-3.20	40	50/5	-	R	Çok sıkı
	4.50-4.95	25	22	21	43	Sıkı
	6.00-6.45	5	7	11	18	Çok katı
	7.50-7.95	9	8	9	17	Orta sıkı
	9.00-9.45	5	6	6	12	Katı
	10.50-10.95	4	6	9	15	Orta sıkı
	12.00-12.45	3	5	8	13	Katı
	13.50-13.95	10	13	18	31	Sert
	15.00-15.45	4	6	7	13	Katı
	16.50-16.95	6	7	7	14	Katı
	18.00-18.45	11	15	20	35	Sert
	19.50-19.95	12	18	26	44	Sert
	21.00-21.45	13	27	30	57	Çok sıkı
BSB-29	1.50-1.95	8	12	17	29	Orta sıkı
	3.00-3.20	48	50/5	-	R	Çok sıkı
	4.50-4.95	10	10	12	22	Çok katı
	6.00-6.45	6	7	8	15	Katı
	7.50-7.95	4	4	6	10	Katı
	9.00-9.45	6	8	9	17	Çok katı
	10.50-10.95	7	8	10	18	Çok katı
	12.00-12.45	6	10	12	22	Çok katı
	13.50-13.95	10	12	13	25	Orta sıkı
	15.00-15.45	4	4	6	10	Gevşek
	16.50-16.95	5	6	10	16	Çok katı
	18.00-18.45	10	16	17	33	Sert
	19.50-19.95	9	12	14	26	Çok katı
	21.00-21.45	6	8	12	20	Çok katı
	22.50-22.95	8	10	16	26	Çok katı
	24.00-24.45	10	14	16	30	Çok katı
	25.50-25.95	16	17	16	33	Sıkı
BSB-30	1.50-1.95	4	4	5	9	Katı
	3.00-3.45	8	4	3	7	Gevşek
	4.50-4.95	6	9	10	19	Çok katı
	6.00-6.45	7	11	14	25	Çok katı
	7.50-7.95	4	7	10	17	Çok katı
	9.00-9.45	6	7	8	15	Katı
	10.50-10.95	8	6	9	15	Katı
	12.00-12.45	8	9	11	20	Çok katı
	13.50-13.95	4	5	8	13	Katı
	15.00-15.45	6	7	8	15	Katı
	16.50-16.95	10	15	19	34	Sert
	18.00-18.45	12	14	18	32	Sert
	19.50-19.95	10	14	20	34	Sert

Tablo 3.63 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Darbe Sayısı				Kıvam/Sıklık
		0-15cm	15-30cm	30-45cm	SPT-N ₃₀	
BSB-31	1.50-1.95	21	30	16	46	Sıkı
	3.00-3.45	7	2	9	11	Katı
	4.50-4.95	8	11	20	31	Sert
	6.00-6.45	6	4	6	10	Katı
	7.50-7.95	4	6	7	13	Katı
	9.00-9.45	8	7	10	17	Çok katı
	10.50-10.95	3	3	6	9	Katı
	12.00-12.45	8	9	9	18	Çok katı
	13.50-13.95	6	8	9	17	Çok katı
	15.00-15.45	8	10	13	23	Çok katı
	16.50-16.95	11	20	17	37	Sert
	18.00-18.45	7	13	17	30	Çok katı
	19.50-19.95	9	10	14	24	Orta sıkı
	21.00-21.42	36	37	50/12	R	Çok sıkı
	22.50-22.75	48	50/10	-	R	Çok sıkı

Viyadüğün temelleri, kazıklı temeller üzerine oturtulmuştur. Fore kazıklar, viyadüğün yükünü çelik ve beton kazıklarla doğal arazi zemininden daha derinlerdeki sağlam bir zemine taşınmasını sağlayan bir temel şeklidir.

Gökdere Viyadüğü boyunca A1, P1, P2, P3, P4, P5, P8, P9 ve P10 ayakları bloklu siltli kumlu çakıl olarak tanımlanan yamaç molozu, P6 ve P7 ayakları kumlu kil/kumlu silt ve çakıllı kum olarak tanımlanan Köprühisar formasyonu, P11, P12 ve A2 ayakları ise çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil (Qal1) olarak tanımlanan alüvyon birimine soketlenmiştir.

Kazıkların soketlendiği yamaç molozu biriminin SPT-N₃₀ değeri 31 ile R arasında değişmekte ve sıkı-çok sıkı yapılıdır. Kazıkların soketlendiği Köprühisar formasyonunun SPT-N₃₀ değeri 68 ile R arasında değişmektedir ve sert kıvamlıdır. Kazıkların soketlendiği alüvyon birimi SPT-N₃₀ değeri ise 27 ile 57 arasında değişmektedir ve sıkı çok sıkı yapılı ve çok katı-sert kıvamlıdır. Ek 4.'de Gökdere Viyadüğü kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi verilmiştir.

Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan elek analizi sonuçları Tablo 3.64.'de verilmiştir

Tablo 3.64: Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan elek analizi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Elek Analizi		
			Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
BSB-11	SPT-1	1.50-1.95	56	28	16
	SPT-2	3.00-3.45	40	40	20
	SPT-3	4.50-4.95	56	38	6
	SPT-4	6.00-6.45	31	36	33
	SPT-5	7.50-7.95	53	37	10
	SPT-6	9.00-9.45	46	43	11
	SPT-7	10.50-10.95	63	28	9
	SPT-8	12.00-12.28	66	26	8
	SPT-9	13.50-13.95	33	53	14
	SPT-10	15.00-15.08	26	61	13
	SPT-11	16.50-16.79	38	44	18
	SPT-12	18.00-18.29	41	47	12
	SPT-13	19.50-19.92	39	42	19
BSB-12	SPT-1	1.50-1.95	28	48	24
	SPT-2	3.00-3.45	54	33	13
	SPT-4	6.00-6.45	47	37	16
	SPT-5	7.50-7.90	43	43	14
	SPT-6	9.00-9.45	52	38	10
	SPT-7	10.50-10.95	53	37	10
	SPT-8	12.00-12.45	62	30	8
	SPT-9	13.50-13.95	61	32	7
	SPT-11	16.50-16.93	43	41	16
	SPT-12	18.00-18.45	27	57	16
	SPT-13	19.50-19.95	60	31	9
BSB-13	SPT-1	1.50-1.95	43	37	20
	SPT-2	3.00-3.45	50	37	13
	SPT-3	4.50-4.95	37	50	13
	SPT-4	6.00-6.45	52	35	13
	SPT-5	7.50-7.95	55	33	12
	SPT-6	9.00-9.45	46	41	13
	SPT-7	10.50-10.95	58	33	9
	SPT-8	12.00-12.45	65	29	6
	SPT-9	13.50-13.64	59	35	6
	SPT-10	15.00-15.45	57	34	9
	SPT-11	16.50-16.92	56	33	11
	SPT-12	18.00-18.13	42	42	16
	SPT-13	19.50-19.93	43	43	14
BSB-14	SPT-1	1.50-1.95	57	33	10
	SPT-2	3.00-3.45	42	30	28
	SPT-3	4.50-4.95	57	35	8
	SPT-4	6.00-6.45	11	49	40
	SPT-5	7.50-7.95	38	49	13
	SPT-6	9.00-9.45	39	47	14
	SPT-7	10.50-10.95	44	40	16
	SPT-8	12.00-12.45	51	37	12
	SPT-9	13.50-13.95	56	34	10
	SPT-10	15.00-15.45	55	36	9
	SPT-11	16.50-16.75	68	27	5
	SPT-12	18.00-18.45	43	42	15
	SPT-13	19.50-19.78	46	41	13

Tablo 3.64 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan elek analizi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Elek Analizi		
			Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
BSB-15	SPT-1	1.50-1.95	60	32	8
	SPT-2	3.00-3.45	19	52	29
	SPT-3	4.50-4.95	37	51	12
	SPT-4	6.00-6.45	30	44	26
	SPT-5	7.50-7.95	35	48	17
	SPT-6	9.00-9.40	49	38	13
	SPT-7	10.50-10.95	32	41	27
	SPT-8	12.00-12.45	43	42	15
	SPT-9	13.50-13.95	1	40	59
	SPT-10	15.00-15.45	43	34	23
	SPT-11	16.50-16.95	53	36	11
	SPT-12	18.00-18.29	36	48	16
	SPT-13	19.50-19.95	54	35	11
BSB-17	SPT-1	1.50-1.95	63	30	7
	SPT-2	3.00-3.45	1	46	53
	SPT-3	4.50-4.95	8	49	43
	SPT-4	6.00-6.45	51	34	15
	SPT-5	7.50-7.64	45	44	11
	SPT-6	9.00-9.45	53	35	12
	SPT-7	10.50-10.95	43	42	15
	SPT-8	12.00-12.45	4	52	44
	SPT-9	13.50-13.95	10	55	35
	SPT-10	15.00-15.45	1	73	26
	SPT-11	16.50-16.90	41	41	18
	SPT-12	18.00-18.45	46	40	14
	SPT-13	19.50-19.90	2	77	21
BSB-18	SPT-1	1.50-1.95	2	44	54
	SPT-2	3.00-3.45	4	50	46
	SPT-3	4.50-4.95	53	36	11
	SPT-4	6.00-6.45	50	40	10
	SPT-5	7.50-7.75	51	36	13
	SPT-6	9.00-9.45	44	44	12
	SPT-7	10.50-10.95	4	49	47
	SPT-8	12.00-12.45	2	43	55
	SPT-9	13.50-13.95	41	39	20
	SPT-10	15.00-15.42	56	33	11
	SPT-11	16.50-16.95	-	25	75
	SPT-12	18.00-18.45	1	39	60
	SPT-13	19.50-19.94	-	37	63
	SPT-14	21.00-21.43	-	19	81
	SPT-15	22.50-22.95	-	39	61
	SPT-16	24.00-24.12	2	32	66
	SPT-17	25.50-25.95	1	22	77
BSB-19	SPT-1	1.50-1.95	4	39	57
	SPT-2	3.00-3.45	44	40	16
	SPT-3	4.50-4.95	52	31	17
	SPT-4	6.00-6.45	36	46	18
	SPT-5	7.50-7.95	2	47	51
	SPT-6	9.00-9.45	1	58	41
	SPT-7	10.50-10.94	32	47	21
	SPT-8	12.00-12.40	44	35	21
	SPT-9	13.50-13.75	33	39	28
	SPT-10	15.00-15.45	46	38	16
	SPT-11	16.50-16.92	3	38	59
	SPT-12	18.00-18.38	1	16	83
	SPT-13	19.50-19.95	-	20	80
	SPT-14	21.00-21.45	35	42	23

Tablo 3.64 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan elek analizi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Elek Analizi		
			Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
S-1	SPT-8	12.00-12.45	-	33	67
	SPT-9	13.50-13.95	6	58	36
	SPT-11	16.50-16.95	24	44	32
	SPT-13	19.50-19.80	34	47	19
	SPT-16	24.00-24.25	-	64	36
	SPT-17	25.50-25.72	6	37	57
	SPT-21	31.50-31.80	-	22	78
	SPT-25	37.50-37.95	11	42	47
BSB-21	SPT-1	1.50-1.95	35	34	31
	SPT-2	3.00-3.45	56	35	9
	SPT-3	4.50-4.95	56	35	9
	SPT-4	6.20-6.61	44	43	13
	SPT-5	7.65-8.00	20	62	18
	SPT-6	9.00-9.21	36	54	10
	SPT-7	10.50-10.95	24	55	21
	SPT-8	12.00-12.28	54	38	8
	SPT-9	13.50-13.95	53	37	10
	SPT-10	15.00-15.45	44	43	13
	SPT-11	16.60-17.05	46	37	17
	SPT-12	18.00-18.45	36	48	16
	SPT-13	19.50-19.72	52	40	8
BSB-22	SPT-1	1.50-1.95	35	34	31
	SPT-2	3.00-3.45	62	32	6
	SPT-3	4.50-4.95	61	32	7
	SPT-4	6.00-6.45	57	33	10
	SPT-5	7.50-7.95	5	43	52
	SPT-6	9.00-9.45	50	40	10
	SPT-7	10.80-11.25	45	36	19
	SPT-8	12.00-12.45	47	42	11
	SPT-9	13.50-13.95	54	36	10
	SPT-10	15.00-15.45	51	34	15
	SPT-11	16.50-16.95	51	37	12
	SPT-12	18.00-18.45	34	48	18
	SPT-13	19.50-19.75	47	41	12
	SPT-14	21.00-21.28	38	47	15
	SPT-15	22.50-22.64	27	37	36
	SPT-16	24.00-24.45	31	45	24
	SPT-17	24.50-24.95	-	33	67
	SPT-18	25.50-25.95	1	33	66
	SPT-19	27.00-27.23	23	56	21
	SPT-20	28.50-28.90	8	69	23
	SPT-21	30.00-30.14	32	46	22
BSB-23	SPT-1	1.50-1.68	44	43	13
	SPT-2	3.00-3.45	50	35	15
	SPT-3	4.50-4.95	42	42	16
	SPT-4	6.00-6.45	59	32	9
	SPT-5	7.50-7.95	6	59	35
	SPT-6	9.00-9.45	47	40	13
	SPT-7	10.50-10.95	45	43	12
	SPT-8	12.00-12.27	10	42	48
	SPT-9	14.00-14.45	5	48	47
	SPT-10	15.00-15.45	-	48	52
	SPT-11	16.50-16.95	1	37	62
	SPT-12	18.00-18.45	38	37	25
	SPT-13	19.50-19.79	37	50	13

Tablo 3. 64 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan elek analizi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Elek Analizi		
			Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
BSB-24	SPT-1	1.50-1.75	44	35	21
	SPT-2	3.00-3.45	59	31	10
	SPT-3	4.50-4.95	62	31	7
	SPT-4	6.00-6.45	47	40	13
	SPT-5	7.50-7.95	52	36	12
	SPT-6	9.00-9.45	42	36	22
	SPT-7	10.50-10.95	1	26	73
	UD-1	11.50-12.00	1	42	57
	SPT-8	12.00-12.45	13	36	51
	SPT-9	13.50-13.95	-	45	55
	UD-2	14.50-15.00	-	47	53
	SPT-10	15.00-15.45	28	48	24
	SPT-11	16.50-16.95	11	54	35
	SPT-12	18.00-18.45	1	33	66
	SPT-13	19.50-19.95	36	45	19
	SPT-14	21.00-21.45	36	44	20
	SPT-15	22.50-22.95	2	59	39
	SPT-16	24.00-24.45	7	41	52
	SPT-17	25.50-25.79	37	43	20
BSB-25	SPT-1	1.50-1.95	57	32	11
	SPT-2	3.00-3.45	33	43	24
	SPT-3	4.50-4.95	57	33	10
	SPT-4	6.00-6.45	16	45	39
	SPT-5	7.50-7.92	47	36	17
	SPT-6	9.00-9.45	23	54	23
	SPT-7	10.50-10.95	-	32	68
	SPT-8	12.00-12.45	4	39	57
	SPT-9	13.50-13.95	2	33	65
	SPT-10	15.00-15.45	-	24	76
	SPT-11	16.50-16.95	-	37	63
	SPT-12	18.00-18.45	40	14	46
	SPT-13	19.50-19.95	43	40	17
BSB-26	SPT-1	1.50-1.95	54	35	11
	SPT-2	3.00-3.45	48	38	14
	SPT-3	4.50-4.95	71	22	7
	SPT-4	6.00-6.45	12	40	48
	SPT-5	7.50-7.95	8	38	54
	SPT-6	9.00-9.45	2	31	67
	SPT-7	10.50-10.95	1	38	61
	SPT-8	12.00-12.45	-	50	50
	UD-1	12.50-13.00	10	51	39
	SPT-9	13.50-13.95	3	32	65
	SPT-10	15.00-15.45	-	33	67
	SPT-11	16.50-16.95	7	43	50
	SPT-12	18.00-18.45	1	27	72
	SPT-13	19.50-19.95	7	46	47
	SPT-14	21.00-21.45	8	48	44
	SPT-15	22.50-22.95	-	50	50
	SPT-16	24.00-24.45	3	72	25

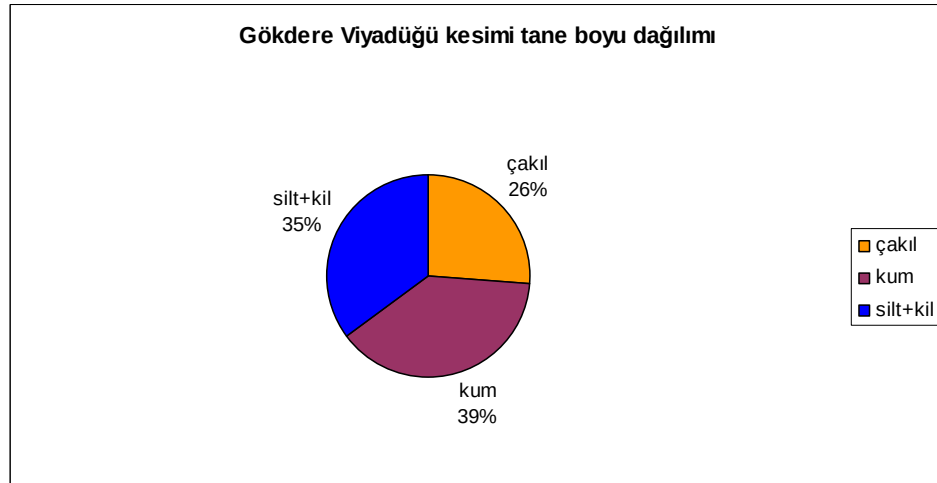
Tablo 3.64 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan elek analizi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Elek Analizi		
			Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
BSB-27	SPT-1	1.50-1.95	63	29	8
	SPT-2	3.00-3.45	45	45	10
	SPT-3	4.50-4.95	60	34	6
	SPT-4	6.00-6.45	-	26	74
	SPT-5	7.50-7.95	-	36	64
	UD-1	8.50-9.00	-	52	48
	SPT-6	9.00-9.45	1	36	63
	SPT-7	10.50-10.95	2	35	63
	SPT-8	12.00-12.45	-	39	61
	SPT-9	13.50-13.95	-	28	72
	UD-2	14.00-14.50	2	58	40
	SPT-10	15.00-15.45	1	30	69
	SPT-11	16.50-16.95	-	37	63
	SPT-12	18.00-18.45	6	25	69
	SPT-13	19.50-19.95	35	32	33
	SPT-14	21.00-21.45	10	38	52
	SPT-15	22.50-22.95	2	53	45
BSB-28	SPT-16	24.00-24.45	5	55	40
	SPT-17	25.50-25.95	10	37	53
	SPT-1	1.50-1.95	46	41	13
	SPT-2	3.00-3.20	84	13	3
	SPT-3	4.50-4.95	49	41	10
	SPT-4	6.00-6.45	5	44	51
	SPT-5	7.50-7.95	10	72	18
	SPT-6	9.00-9.45	6	36	58
	SPT-7	10.50-10.95	36	28	36
	SPT-8	12.00-12.45	-	31	69
	SPT-9	13.50-13.95	1	18	81
	UD-1	14.50-15.00	-	12	88
	SPT-10	15.00-15.45	-	30	70
	SPT-11	16.50-16.95	2	32	66
BSB-29	SPT-12	18.00-18.45	-	27	73
	SPT-13	19.50-19.95	-	24	76
	SPT-14	21.00-21.45	33	45	22
	SPT-1	1.50-1.95	25	44	31
	SPT-2	3.00-3.20	39	44	17
	SPT-3	4.50-4.95	-	26	74
	SPT-4	6.00-6.45	2	26	72
	SPT-5	7.50-7.95	3	39	58
	UD-1	8.50-9.00	31	30	39
	SPT-6	9.00-9.45	7	41	52
	SPT-7	10.50-10.95	2	37	61
	UD-2	11.50-12.00	26	29	45
	SPT-8	12.00-12.45	2	33	65
	SPT-9	13.50-13.95	26	41	33
	SPT-10	15.00-15.45	4	49	47
	SPT-11	16.50-16.95	4	41	55
	UD-3	17.50-18.00	-	23	77
	SPT-12	18.00-18.45	-	23	77
	SPT-13	19.50-19.95	-	26	74
	SPT-14	21.00-21.45	1	32	67
	SPT-15	22.50-22.95	-	43	57
	SPT-16	24.00-24.45	-	44	56
	SPT-17	25.50-25.95	8	49	43

Tablo 3.64 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan elek analizi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Elek Analizi		
			Çakıl %	Kum %	Silt-Kil %
BSB-30	SPT-1	1.50-1.95	5	31	64
	SPT-2	3.00-3.45	16	51	33
	SPT-3	4.50-4.95	2	43	55
	SPT-4	6.00-6.45	2	31	67
	SPT-5	7.50-7.95	2	39	59
	SPT-6	9.00-9.45	2	39	59
	UD-2	10.00-10.50	47	22	31
	SPT-7	10.50-10.95	12	32	56
	SPT-8	12.00-12.45	2	29	69
	UD-3	13.00-13.50	1	37	62
	SPT-9	13.50-13.95	-	27	73
	SPT-10	15.00-15.45	4	39	57
	SPT-11	16.50-16.95	2	40	58
	SPT-12	18.00-18.45	-	32	68
	UD-5	19.00-19.50	-	3	97
BSB-31	SPT-1	1.50-1.95	59	32	9
	SPT-2	3.00-3.45	3	43	54
	SPT-3	4.50-4.95	5	33	62
	SPT-4	6.00-6.45	2	36	62
	SPT-5	7.50-7.95	3	36	61
	SPT-6	9.00-9.45	12	33	55
	SPT-7	10.50-10.95	1	31	68
	SPT-8	12.00-12.45	1	32	67
	UD-2	13.00-13.50	-	45	55
	SPT-9	13.50-13.95	10	32	58
	SPT-10	15.00-15.45	-	36	64
	SPT-11	16.50-16.95	2	37	61
	SPT-12	18.00-18.45	-	19	81
	SPT-13	19.50-19.95	4	48	48
	SPT-14	21.00-21.42	23	50	27
	SPT-15	22.50-22.75	29	50	21

Elek analizi sonuçlarına göre Gökdere Viyadüğü'nün inşa edildiği kesimin zemini ortalama % 26 çakıl, % 39 kum ve % 35 silt ve kilden oluşur (Şekil 3.39.).



Şekil 3.39: Gökdere Viyadüğü kesimi tane boyu dağılımı

Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları Tablo 3.65.'de verilmiştir.

Tablo 3.65: Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n (%)	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-11	SPT-1	1.50-1.95	15	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-2	3.00-3.45	11	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-3	4.50-4.95	11	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-4	6.00-6.45	14	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-5	7.50-7.95	9	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-6	9.00-9.45	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-7	10.50-10.95	6	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-8	12.00-12.28	6	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-9	13.50-13.95	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-10	15.00-15.08	12	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-11	16.50-16.79	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-12	18.00-18.29	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-13	19.50-19.92	11	-	NP	-	-	-	-	SM
BSB-12	SPT-1	1.50-1.95	15	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-2	3.00-3.45	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-4	6.00-6.45	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-5	7.50-7.90	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-6	9.00-9.45	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-7	10.50-10.95	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-8	12.00-12.45	6	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-9	13.50-13.95	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-11	16.50-16.93	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-12	18.00-18.45	10	-	NP	-	-	-	-	SM
BSB-13	SPT-1	1.50-1.95	11	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-2	3.00-3.45	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-3	4.50-4.95	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-4	6.00-6.45	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-5	7.50-7.95	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-6	9.00-9.45	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-7	10.50-10.95	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-8	12.00-12.45	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-9	13.50-13.64	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-10	15.00-15.45	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-11	16.50-16.92	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-12	18.00-18.13	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-13	19.50-19.93	9	-	NP	-	-	-	-	GM
BSB-14	SPT-1	1.50-1.95	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-2	3.00-3.45	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-3	4.50-4.95	6	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-4	6.00-6.45	18	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-5	7.50-7.95	10	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-6	9.00-9.45	10	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-7	10.50-10.95	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-8	12.00-12.45	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-9	13.50-13.95	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-10	15.00-15.45	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-11	16.50-16.75	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-12	18.00-18.45	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-13	19.50-19.78	10	-	NP	-	-	-	-	GM

Tablo 3.65 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n (%)	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-15	SPT-1	1.50-1.95	11	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-2	3.00-3.45	17	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-3	4.50-4.95	19	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-4	6.00-6.45	12	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-5	7.50-7.95	11	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-6	9.00-9.40	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-7	10.50-10.95	13	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-8	12.00-12.45	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-9	13.50-13.95	19	40	22	18	-0.17	1.17	0.36	CL
	SPT-10	15.00-15.45	15	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-11	16.50-16.95	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-12	18.00-18.29	10	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-13	19.50-19.95	9	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
BSB-17	SPT-1	1.50-1.95	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-2	3.00-3.45	19	26	17	9	0.22	0.78	0.23	CL
	SPT-3	4.50-4.95	15	27	17	10	-	-	-	SC
	SPT-4	6.00-6.45	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-5	7.50-7.64	6	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-6	9.00-9.45	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-7	10.50-10.95	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-8	12.00-12.45	18	30	17	13	-	-	-	SC
	SPT-9	13.50-13.95	17	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-10	15.00-15.45	12	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-11	16.50-16.90	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-12	18.00-18.45	11	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-13	19.50-19.90	17	-	NP	-	-	-	-	SM
BSB-18	SPT-1	1.50-1.95	18	25	18	7	0	1	0.22	CL
	SPT-2	3.00-3.45	15	27	16	11	-	-	-	SC
	SPT-3	4.50-4.95	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-4	6.00-6.45	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-5	7.50-7.75	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-6	9.00-9.45	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-7	10.50-10.95	18	34	19	15	-	-	-	SC
	SPT-8	12.00-12.45	20	29	18	11	0.18	0.82	0.26	CL
	SPT-9	13.50-13.95	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-10	15.00-15.42	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-11	16.50-16.95	35	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-12	18.00-18.45	15	37	19	18	-0.22	1.22	0.33	CL
	SPT-13	19.50-19.94	19	28	19	9	0	1	0.25	CL
	SPT-14	21.00-21.43	15	35	19	16	-0.25	1.25	0.31	CL
	SPT-15	22.50-22.95	17	38	20	18	-0.16	1.16	0.34	CL
	SPT-16	24.00-24.12	14	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-17	25.50-25.95	17	N.Yetersiz			-	-	-	CL
BSB-19	SPT-1	1.50-1.95	16	36	20	16	-0.25	1.25	0.32	CL
	SPT-2	3.00-3.45	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-3	4.50-4.95	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-4	6.00-6.45	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-5	7.50-7.95	18	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-6	9.00-9.45	15	31	18	13	-	-	-	SC
	SPT-7	10.50-10.94	12	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-8	12.00-12.40	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-9	13.50-13.75	11	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-10	15.00-15.45	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-11	16.50-16.92	13	33	19	14	-0.43	1.43	0.30	CL
	SPT-12	18.00-18.38	20	49	25	24	-0.21	1.21	0.44	CL
	SPT-13	19.50-19.95	18	37	21	16	-0.19	1.19	0.33	CL
	SPT-14	21.00-21.45	11	35	21	14	-	-	-	SC

Tablo 3.65 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n (%)	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
S1	SPT-8	12.00-12.45	-	31.7	20.3	11.4				CL
	SPT-9	13.50-13.95	-	29.4	20.1	9.3				SC
	SPT-11	16.50-16.95	-	-	NP	-				SM
	SPT-13	19.50-19.80	-	-	NP	-				SM
	SPT-16	24.00-24.25	-	-	NP	-				SM
	SPT-17	25.50-25.72	-	41.7	21.4	20.3				CL
	SPT-21	31.50-31.80	-	39.0	20.8	18.2				CL
BSB-21	SPT-25	37.50-37.95	-	-	NP	-				SM
	SPT-1	1.50-1.95	20	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-2	3.00-3.45	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-3	4.50-4.95	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-4	6.20-6.61	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-5	7.65-8.00	13	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-6	9.00-9.21	9	-	NP	-	-	-	-	SP-SM
	SPT-7	10.50-10.95	14	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-8	12.00-12.28	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-9	13.50-13.95	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-10	15.00-15.45	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-11	16.60-17.05	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-12	18.00-18.45	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-13	19.50-19.72	8	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
BSB-22	SPT-1	1.50-1.95	18	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-2	3.00-3.45	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-3	4.50-4.95	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-4	6.00-6.45	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-5	7.50-7.95	15	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-6	9.00-9.45	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-7	10.80-11.25	9	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-8	12.00-12.45	10	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-9	13.50-13.95	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-10	15.00-15.45	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-11	16.50-16.95	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-12	18.00-18.45	9	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-13	19.50-19.75	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-14	21.00-21.28	8	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-15	22.50-22.64	8	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-16	24.00-24.45	16	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-17	24.50-24.95	20	41	22	19	-0.11	1.11	0.37	CL
	SPT-18	25.50-25.95	17	37	20	17	-0.17	1.17	0.33	CL
	SPT-19	27.00-27.23	13	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-20	28.50-28.90	15	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-21	30.00-30.14	13	-	NP	-	-	-	-	SM
BSB-23	SPT-1	1.50-1.68	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-2	3.00-3.45	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-3	4.50-4.95	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-4	6.00-6.45	8	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-5	7.50-7.95	18	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-6	9.00-9.45	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-7	10.50-10.95	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-8	12.00-12.27	15	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-9	14.00-14.45	20	31	18	13	-	-	-	SC
	SPT-10	15.00-15.45	21	32	18	14	0.21	0.79	0.29	CL
	SPT-11	16.50-16.95	22	32	18	14	0.28	0.72	0.29	CL
	SPT-12	18.00-18.45	11	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-13	19.50-19.79	8	-	NP	-	-	-	-	SM

Tablo 3.65 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n (%)	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-24	SPT-1	1.50-1.75	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-2	3.00-3.45	6	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-3	4.50-4.95	6	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-4	6.00-6.45	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-5	7.50-7.95	8	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-6	9.00-9.45	12	37	20	17	-	-	-	GC
	SPT-7	10.50-10.95	23	32	19	13	0.31	0.69	0.29	CL
	UD-1	11.50-12.00	21	33	18	13	0.23	0.77	0.30	CL
	SPT-8	12.00-12.45	18	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-9	13.50-13.95	22	38	20	18	0.11	0.89	0.34	CL
	UD-2	14.50-15.00	23	34	20	14	0.21	0.79	0.31	CL
	SPT-10	15.00-15.45	13	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-11	16.50-16.95	16	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-12	18.00-18.45	21	36	19	17	0.12	0.88	0.32	CL
	SPT-13	19.50-19.95	10	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-14	21.00-21.45	11	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-15	22.50-22.95	14	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-16	24.00-24.45	20	31	19	12	0.08	0.92	0.28	CL
	SPT-17	25.50-25.79	11	-	NP	-	-	-	-	SM
BSB-25	SPT-1	1.50-1.95	6	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-2	3.00-3.45	13	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-3	4.50-4.95	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-4	6.00-6.45	15	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-5	7.50-7.92	7	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-6	9.00-9.45	12	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-7	10.50-10.95	21	40	20	20	0.05	0.95	0.36	CL
	SPT-8	12.00-12.45	20	38	20	18	0	1	0.34	CL
	SPT-9	13.50-13.95	23	35	19	16	0.25	0.75	0.31	CL
	SPT-10	15.00-15.45	20	44	23	21	-0.14	1.14	0.40	CL
	SPT-11	16.50-16.95	22	36	19	17	0.18	0.82	0.32	CL
	SPT-12	18.00-18.45	10	31	17	14	-	-	-	GC
	SPT-13	19.50-19.95	8	-	NP	-	-	-	-	GM
BSB-26	SPT-1	1.50-1.95	7	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-2	3.00-3.45	9	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-3	4.50-4.90	5	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-4	6.00-6.45	16	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-5	7.50-7.95	22	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-6	9.00-9.45	22	36	19	17	0.18	0.82	0.32	CL
	SPT-7	10.50-10.95	21	33	18	15	0.20	0.80	0.30	CL
	SPT-8	12.00-12.45	23	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	UD-1	12.50-13.00	28	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-9	13.50-13.95	24	38	19	19	0.26	0.74	0.34	CL
	SPT-10	15.00-15.45	25	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-11	16.50-16.95	20	35	19	16	0.06	0.94	0.31	CL
	SPT-12	18.00-18.45	24	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-13	19.50-19.95	19	29	18	11	-	-	-	SC
	SPT-14	21.00-21.45	10	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-15	22.50-22.95	6	27	21	6	-2.50	3.50	0.24	ML-CL
	SPT-16	24.00-24.45	20	-	NP	-	-	-	-	SM

Tablo 3.65 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n (%)	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-27	SPT-1	1.50-1.95	6	-	NP	-	-	-	-	GP-GM
	SPT-2	3.00-3.45	11	-	NP	-	-	-	-	SP-SM
	SPT-3	4.50-4.95	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-4	6.00-6.45	22	42	21	21	0.05	0.95	0.38	CL
	SPT-5	7.50-7.95	21	37	20	17	0.06	0.94	0.33	CL
	UD-1	8.50-9.00	33	30	19	11	-	-	-	SM
	SPT-6	9.00-9.45	20	35	18	17	0.12	0.88	0.31	CL
	SPT-7	10.50-10.95	20	37	19	18	0.06	0.94	0.33	CL
	SPT-8	12.00-12.45	24	29	18	11	0.55	0.45	0.26	CL
	SPT-9	13.50-13.95	23	38	21	17	0.12	0.88	0.34	CL
	UD-2	14.00-14.50	29	31	18	13	-	-	-	SC
	SPT-10	15.00-15.45	25	41	22	19	0.16	0.84	0.37	CL
	SPT-11	16.50-16.95	22	40	21	19	0.05	0.95	0.36	CL
	SPT-12	18.00-18.45	22	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-13	19.50-19.95	15	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-14	21.00-21.45	20	28	20	8	0	1	0.25	CL
	SPT-15	22.50-22.95	27	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-16	24.00-24.45	22	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-17	25.50-25.95	22	N.Yetersiz			-	-	-	CL
BSB-28	SPT-1	1.50-1.95	10	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-2	3.00-3.20	4	-	NP	-	-	-	-	GP
	SPT-3	4.50-4.95	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-4	6.00-6.45	18	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-5	7.50-7.95	16	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-6	9.00-9.45	20	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-7	10.50-10.95	16	-	NP	-	-	-	-	GM
	SPT-8	12.00-12.45	23	32	19	13	0.31	0.69	0.29	CL
	SPT-9	13.50-13.95	22	47	24	23	-0.09	1.09	0.42	CL
	UD-1	14.50-15.00	24	39	21	18	0.17	0.83	0.35	CL
	SPT-10	15.00-15.45	23	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-11	16.50-16.95	23	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-12	18.00-18.45	24	44	24	20	0	1	0.40	CL
	SPT-13	19.50-19.95	24	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-14	21.00-21.45	13	N.Yetersiz			-	-	-	SM
BSB-29	SPT-1	1.50-1.95	15	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-2	3.00-3.20	10	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-3	4.50-4.95	22	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-4	6.00-6.45	24	38	21	17	0.18	0.82	0.34	CL
	SPT-5	7.50-7.95	20	30	18	12	0.17	0.83	0.27	CL
	UD-1	8.50-9.00	15	33	19	14	-	-	-	GC
	SPT-6	9.00-9.45	20	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-7	10.50-10.95	21	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	UD-2	11.50-12.00	17	29	18	11	-	-	-	SC
	SPT-8	12.00-12.45	20	41	21	20	-0.05	1.05	0.37	CL
	SPT-9	13.50-13.95	15	35	19	16	-	-	-	SC
	SPT-10	15.00-15.45	21	32	18	14	-	-	-	SC
	SPT-11	16.50-16.95	22	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	UD-3	17.50-18.00	26	55	27	28	-0.04	1.04	0.49	CH
	SPT-12	18.00-18.45	24	55	25	30	-0.03	1.03	0.49	CH
	SPT-13	19.50-19.95	23	54	25	29	-0.07	1.07	0.49	CH
	SPT-14	21.00-21.45	24	31	20	11	0.36	0.64	0.28	CL
	SPT-15	22.50-22.95	27	30	24	6	0.5	0.5	0.27	ML
	SPT-16	24.00-24.45	19	37	21	16	-0.13	1.13	0.33	CL
	SPT-17	25.50-25.95	18	29	19	10	-	-	-	SC

Tablo 3.65 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan kıvam limitleri deney sonuçları ve birleştirilmiş zemin sınıfları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	ω_n (%)	LL	PL	PI	LI	Ic	Cc	Zemin Sınıfı (USCS)
BSB-30	SPT-1	1.50-1.95	20	30	17	13	0.23	0.77	0.27	CL
	SPT-2	3.00-3.45	18	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-3	4.50-4.95	16	31	18	13	-0.15	1.15	0.28	CL
	SPT-4	6.00-6.45	20	35	20	15	0	1	0.31	CL
	SPT-5	7.50-7.95	21	33	19	14	0.14	0.86	0.30	CL
	SPT-6	9.00-9.45	20	30	18	12	0.17	0.83	0.27	CL
	UD-2	10.00-10.50	20	30	18	12	-	-	--	GC
	SPT-7	10.50-10.95	19	26	20	6	-0.17	1.17	0.23	ML-CL
	SPT-8	12.00-12.45	22	39	22	17	0	1	0.35	CL
	UD-3	13.00-13.50	21	40	21	19	0	1	0.36	CL
	SPT-9	13.50-13.95	20	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-10	15.00-15.45	21	39	21	18	0	1	0.35	CL
	SPT-11	16.50-16.95	20	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-12	18.00-18.45	20	50	25	25	-0.20	1.20	0.45	CL/CH
	UD-5	19.00-19.50	32	36	21	15	0.73	0.27	0.32	CL
BSB-31	SPT-13	19.50-19.95	23	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-1	1.50-1.95	7	-	NP	-	-	-	-	GW-GM
	SPT-2	3.00-3.45	24	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-3	4.50-4.95	17	34	19	15	-0.13	1.13	0.31	CL
	SPT-4	6.00-6.45	20	31	18	13	0.15	0.85	0.28	CL
	SPT-5	7.50-7.95	19	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-6	9.00-9.45	19	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-7	10.50-10.95	21	35	20	15	0.07	0.93	0.31	CL
	SPT-8	12.00-12.45	22	36	21	15	0.07	0.93	0.32	CL
	UD-2	13.00-13.50	21	31	19	12	0.17	0.83	0.28	CL
	SPT-9	13.50-13.95	22	36	20	16	0.13	0.87	0.32	CL
	SPT-10	15.00-15.45	24	41	22	19	0.11	0.89	0.37	CL
	SPT-11	16.50-16.95	20	39	21	18	-0.06	1.06	0.35	CL
	SPT-12	18.00-18.45	27	N.Yetersiz			-	-	-	CL
	SPT-13	19.50-19.95	19	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-14	21.00-21.42	13	-	NP	-	-	-	-	SM
	SPT-15	22.50-22.75	11	-	NP	-	-	-	-	SM

Gökdere Viyadüğü'nün inşa edildiği zeminin doğal su içeriği % 4 ile % 35 arasında değişmektedir ve ortalama doğal su içeriği % 14.47 bulunmuştur.

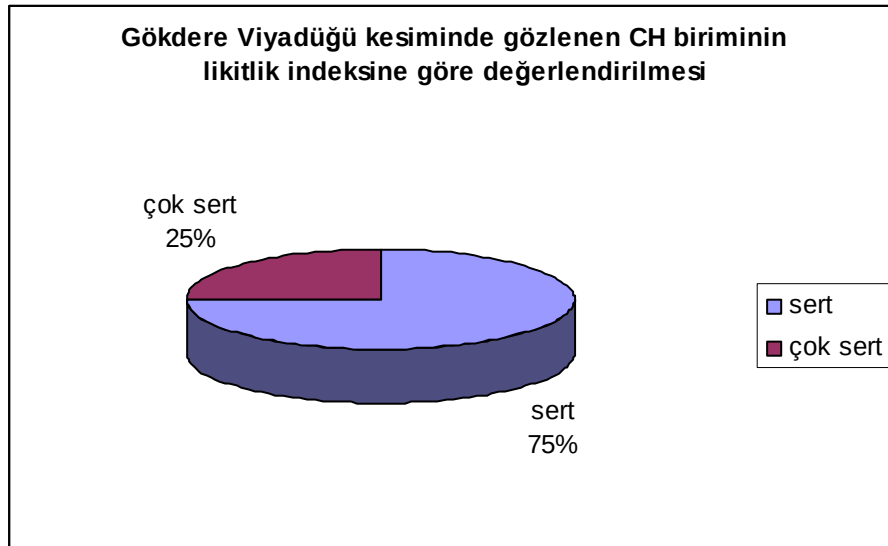
Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre Gökdere Viyadüğü kesimi iyi derecelenmiş siltli çakıl (GW-GM), kötü derecelenmiş siltli çakıl (GP-GW), siltli çakıl (GM), killi çakıl (GC), kötü derecelenmiş siltli kum (SP-SM), siltli kum (SM), killi kum (SC), düşük plastisiteli silt (ML), düşük plastisiteli inorganik kil (CL) ve yüksek plastisiteli inorganik kil (CH) özelliğindedir.

Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CH biriminde kıvam limitlerine göre ortalama % 53.5 likit limit, % 25.5 plastik limit ve % 28 plastisite indeksi bulunmuştur. Plastik indeksine göre zemin plastik ve orta dayanımlıdır.

CH biriminin likitlik indeksine göre zemin tanımlamaları Tablo 3.66.'da, likitlik indeksine göre zemin değerlendirilmesi Şekil 3.40.'da, kıvamlılık indeksine göre zemin tanımlamaları Tablo 3.67.'de, sıkışma indeksine göre zemin tanımlamaları Tablo 3.68.'de verilmiştir.

Tablo 3.66: Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CH biriminin likitlik indeksine göre tanımlamaları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	LI	Tanımlama
BSB-29	UD-3	17.50-18.00	-0.04	sert
	SPT-12	18.00-18.45	-0.03	sert
	SPT-13	19.50-19.95	-0.07	sert
BSB-30	SPT-12	18.00-18.45	-0.20	çok sert



Şekil 3.40: Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CH biriminin likitlik indeksine göre değerlendirilmesi

CH biriminin likitlik indeksi değerlerine göre zemin, aşırı derecede aşırı konsolide killer aralığındadır.

Tablo 3.67: Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CH biriminin kıvamlılık indeksine göre tanımlaması

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Ic	Tanımlama
BSB-29	UD-3	17.50-18.00	1.04	çok sert
	SPT-12	18.00-18.45	1.03	çok sert
	SPT-13	19.50-19.95	1.07	çok sert
BSB-30	SPT-12	18.00-18.45	1.20	çok sert

Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen yüksek plasitiseli inorganik killer çok sert kıvamlıdır.

Tablo 3.68: Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlene CH biriminin sıkışma indeksine göre tanımlamaları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Cc	Tanımlama
BSB-29	UD-3	17.50-18.00	0.49	yüksek sıkışabilir
	SPT-12	18.00-18.45	0.49	yüksek sıkışabilir
	SPT-13	19.50-19.95	0.49	yüksek sıkışabilir
BSB-30	SPT-12	18.00-18.45	0.45	yüksek sıkışabilir

Sıkışma indeksine göre değerlendirme sonucu CH birimi yüksek sıkışabilir özelliktedir.

Yüksek plasitisteli inorganik killerin sıkışma ve şişme eğilimde olması nedeniyle sorunlu zemin davranışı göstermeleri beklenmelidir. Killerin plastisitesi arttıkça, sıkışma ve şişme potansiyeli artmakta, geçirgenliği azalmaktadır. Sert kıvamlı ve yüksek sıkışabilir özellikte olması kazı güçlüklerine neden olmaktadır.

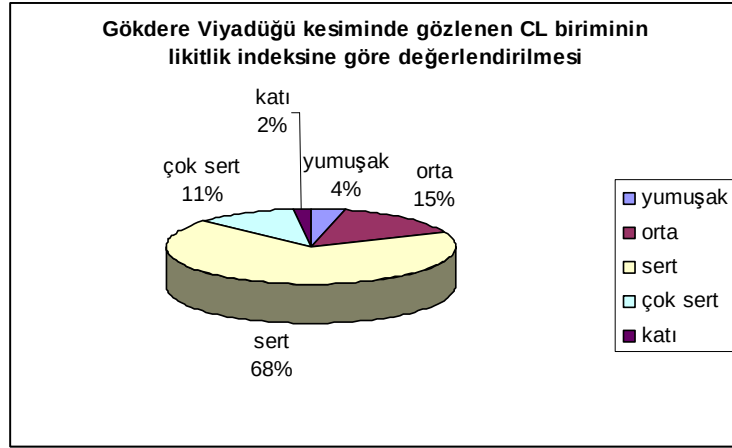
CL biriminde kıvam limitlerine göre ortalama % 34.6 likit limit, % 20.0 plastik limit ve % 15.7 plastisite indeksi bulunmuştur. Plastik indeksine göre zemin plastik ve orta dayanımlıdır. CL biriminin likitlik indeksine göre zemin tanımlamaları Tablo 3.69.'da, likitlik indeksine göre zemin değerlendirilmesi Şekil 3.41.'de, kıvamlılık indeksine göre zemin tanımlamaları Tablo 3.70.'de ve kıvamlılık indeksine göre zemin değerlendirmesi Şekil 3.42.'de, sıkışma indeksine göre zemin tanımlamaları ise Tablo 3.71.'de verilmiştir.

Tablo 3.69: Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin likitlik indeksine göre tanımlamaları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	LI	Tanımlama
BSB-15	SPT-9	13.50-13.95	0.17	sert
BSB-17	SPT-2	3.00-3.45	0.22	orta
BSB-18	SPT-1	1.50-1.95	0	sert
	SPT-8	12.00-12.45	0.18	sert
	SPT-12	18.00-18.45	-0.22	çok sert
	SPT-13	19.50-19.94	0	sert
	SPT-14	21.00-21.43	-0.25	çok sert
	SPT-15	22.50-22.95	-0.16	çok sert
BSB-19	SPT-1	1.50-1.95	-0.25	çok sert
	SPT-11	16.50-16.92	-0.43	katı
	SPT-12	18.00-18.38	-0.21	çok sert
	SPT-13	19.50-19.95	-0.19	çok sert
BSB-22	SPT-17	24.50-24.95	-0.11	çok sert
	SPT-18	25.50-25.95	-0.17	çok sert
BSB-23	SPT-10	15.00-15.45	0.21	orta
	SPT-11	16.50-16.95	0.28	orta

Tablo 3.69 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin likitlik indeksine göre tanımlamaları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	LI	Tanımlama
BSB-24	SPT-7	10.50-10.95	0.31	orta
	UD-1	11.50-12.00	0.23	orta
	SPT-9	13.50-13.95	0.11	sert
	UD-2	14.50-15.00	0.21	orta
	SPT-12	18.00-18.45	0.12	sert
	SPT-16	24.00-24.45	0.08	sert
BSB-25	SPT-7	10.50-10.95	0.05	sert
	SPT-8	12.00-12.45	0	sert
	SPT-9	13.50-13.95	0.25	orta
	SPT-10	15.00-15.45	-0.14	çok sert
	SPT-11	16.50-16.95	0.18	sert
BSB-26	SPT-6	9.00-9.45	0.18	sert
	SPT-7	10.50-10.95	0.20	sert
	SPT-9	13.50-13.95	0.26	orta
	SPT-11	16.50-16.95	0.06	sert
	SPT-15	22.50-22.95	-2.50	katı
BSB-27	SPT-4	6.00-6.45	0.05	sert
	SPT-5	7.50-7.95	0.06	sert
	SPT-6	9.00-9.45	0.12	sert
	SPT-7	10.50-10.95	0.06	sert
	SPT-8	12.00-12.45	0.55	yumuşak
	SPT-9	13.50-13.95	0.12	sert
	SPT-10	15.00-15.45	0.16	sert
	SPT-11	16.50-16.95	0.05	sert
BSB-28	SPT-14	21.00-21.45	0	sert
	SPT-8	12.00-12.45	0.31	orta
	SPT-9	13.50-13.95	-0.09	sert
	UD-1	14.50-15.00	0.17	sert
BSB-29	SPT-12	18.00-18.45	0	sert
	SPT-4	6.00-6.45	0.18	sert
	SPT-5	7.50-7.95	0.17	sert
	SPT-8	12.00-12.45	-0.05	sert
	SPT-14	21.00-21.45	0.36	orta
BSB-30	SPT-16	24.00-24.45	-0.13	çok sert
	SPT-1	1.50-1.95	0.23	orta
	SPT-3	4.50-4.95	-0.15	çok sert
	SPT-4	6.00-6.45	0	sert
	SPT-5	7.50-7.95	0.14	sert
	SPT-6	9.00-9.45	0.17	sert
	SPT-7	10.50-10.95	-0.17	çok sert
	SPT-8	12.00-12.45	0	sert
	UD-3	13.00-13.50	0	sert
	SPT-10	15.00-15.45	0	sert
	SPT-12	18.00-18.45	-0.20	çok sert
BSB-31	UD-5	19.00-19.50	0.73	yumuşak
	SPT-3	4.50-4.95	-0.13	çok sert
	SPT-4	6.00-6.45	0.15	sert
	SPT-7	10.50-10.95	0.07	sert
	SPT-8	12.00-12.45	0.07	sert
	UD-2	13.00-13.50	0.17	sert
	SPT-9	13.50-13.95	0.13	sert
	SPT-10	15.00-15.45	0.11	sert
	SPT-11	16.50-16.95	-0.06	sert



Şekil 3.41: Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin likitlik indeksine göre değerlendirilmesi

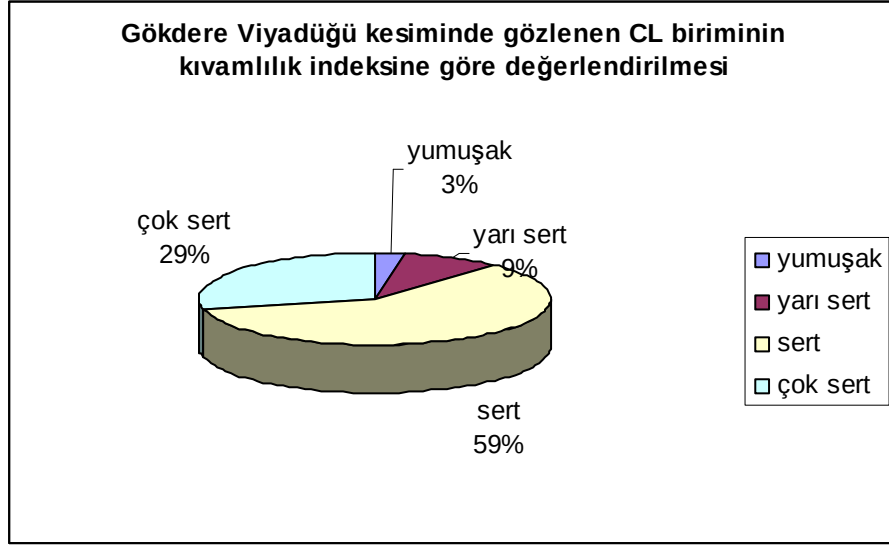
Likitlik indeksi değerlerine göre CL birimi normal konsolide killeri, aşırı konsolide killeri ve aşırı derecede aşırı konsolide killeri aralığındadır.

Tablo 3.70: Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin kıvamlilik indeksine göre tanımlaması

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Ic	Tanımlama
BSB-15	SPT-9	13.50-13.95	1.17	çok sert
BSB-17	SPT-2	3.00-3.45	0.78	sert
BSB-18	SPT-1	1.50-1.95	1	sert
	SPT-8	12.00-12.45	0.82	sert
	SPT-12	18.00-18.45	1.22	çok sert
	SPT-13	19.50-19.94	1	sert
	SPT-14	21.00-21.43	1.25	çok sert
	SPT-15	22.50-22.95	1.16	çok sert
BSB-19	SPT-1	1.50-1.95	1.25	çok sert
	SPT-11	16.50-16.92	1.43	çok sert
	SPT-12	18.00-18.38	1.21	çok sert
	SPT-13	19.50-19.95	1.19	çok sert
BSB-22	SPT-17	24.50-24.95	1.11	çok sert
	SPT-18	25.50-25.95	1.17	çok sert
BSB-23	SPT-10	15.00-15.45	0.79	sert
	SPT-11	16.50-16.95	0.72	yarı sert
BSB-24	SPT-7	10.50-10.95	0.69	yarı sert
	UD-1	11.50-12.00	0.77	sert
	SPT-9	13.50-13.95	0.89	sert
	UD-2	14.50-15.00	0.79	sert
	SPT-12	18.00-18.45	0.88	sert
	SPT-16	24.00-24.45	0.92	sert
BSB-25	SPT-7	10.50-10.95	0.95	sert
	SPT-8	12.00-12.45	1	sert
	SPT-9	13.50-13.95	0.75	yarı sert
	SPT-10	15.00-15.45	1.14	çok sert
	SPT-11	16.50-16.95	0.82	sert
BSB-26	SPT-6	9.00-9.45	0.82	sert
	SPT-7	10.50-10.95	0.80	sert
	SPT-9	13.50-13.95	0.74	yarı sert
	SPT-11	16.50-16.95	0.94	sert
	SPT-15	22.50-22.95	3.50	çok sert

Tablo 3.70 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin kıvamlılık indeksine göre tanımlaması

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Ic	Tanımlama
BSB-27	SPT-4	6.00-6.45	0.95	sert
	SPT-5	7.50-7.95	0.94	sert
	SPT-6	9.00-9.45	0.88	sert
	SPT-7	10.50-10.95	0.94	sert
	SPT-8	12.00-12.45	0.45	yumuşak
	SPT-9	13.50-13.95	0.88	sert
	SPT-10	15.00-15.45	0.84	sert
	SPT-11	16.50-16.95	0.95	sert
	SPT-14	21.00-21.45	1	sert
BSB-28	SPT-8	12.00-12.45	0.69	yarı sert
	SPT-9	13.50-13.95	1.09	çok sert
	UD-1	14.50-15.00	0.83	sert
	SPT-12	18.00-18.45	1	sert
BSB-29	SPT-4	6.00-6.45	0.82	sert
	SPT-5	7.50-7.95	0.83	sert
	SPT-8	12.00-12.45	1.05	çok sert
	SPT-14	21.00-21.45	0.64	yarı sert
	SPT-16	24.00-24.45	1.13	çok sert
BSB-30	SPT-1	1.50-1.95	0.77	sert
	SPT-3	4.50-4.95	1.15	çok sert
	SPT-4	6.00-6.45	1	sert
	SPT-5	7.50-7.95	0.86	sert
	SPT-6	9.00-9.45	0.83	sert
	SPT-7	10.50-10.95	1.17	çok sert
	SPT-8	12.00-12.45	1	sert
	UD-3	13.00-13.50	1	sert
	SPT-10	15.00-15.45	1	sert
	SPT-12	18.00-18.45	1.20	çok sert
BSB-31	UD-5	19.00-19.50	0.27	yumuşak
	SPT-3	4.50-4.95	1.13	çok sert
	SPT-4	6.00-6.45	0.85	sert
	SPT-7	10.50-10.95	0.93	sert
	SPT-8	12.00-12.45	0.93	sert
	UD-2	13.00-13.50	0.83	sert
	SPT-9	13.50-13.95	0.87	sert
	SPT-10	15.00-15.45	0.89	sert
	SPT-11	16.50-16.95	1.06	çok sert



Şekil 3.42: Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin kıvamlılık indeksine göre değerlendirilmesi

Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen az plastiseli killer yumuşak, yarı sert, sert ve çok sert kıvamlıdır.

Tablo 3.71: Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin sıkışma indeksi tanımlaması

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Cc	Tanımlama
BSB-15	SPT-9	13.50-13.95	0.36	orta sıkışabilir
BSB-17	SPT-2	3.00-3.45	0.23	orta sıkışabilir
BSB-18	SPT-1	1.50-1.95	0.22	orta sıkışabilir
	SPT-8	12.00-12.45	0.26	orta sıkışabilir
	SPT-12	18.00-18.45	0.33	orta sıkışabilir
	SPT-13	19.50-19.94	0.25	orta sıkışabilir
	SPT-14	21.00-21.43	0.31	orta sıkışabilir
	SPT-15	22.50-22.95	0.34	orta sıkışabilir
BSB-19	SPT-1	1.50-1.95	0.32	orta sıkışabilir
	SPT-11	16.50-16.92	0.30	orta sıkışabilir
	SPT-12	18.00-18.38	0.44	yüksek sıkışabilir
	SPT-13	19.50-19.95	0.33	orta sıkışabilir
BSB-22	SPT-17	24.50-24.95	0.37	orta sıkışabilir
	SPT-18	25.50-25.95	0.33	orta sıkışabilir
BSB-23	SPT-10	15.00-15.45	0.29	orta sıkışabilir
	SPT-11	16.50-16.95	0.29	orta sıkışabilir
BSB-24	SPT-7	10.50-10.95	0.29	orta sıkışabilir
	UD-1	11.50-12.00	0.30	orta sıkışabilir
	SPT-9	13.50-13.95	0.34	orta sıkışabilir
	UD-2	14.50-15.00	0.31	orta sıkışabilir
	SPT-12	18.00-18.45	0.32	orta sıkışabilir
	SPT-16	24.00-24.45	0.28	orta sıkışabilir
BSB-25	SPT-7	10.50-10.95	0.36	orta sıkışabilir
	SPT-8	12.00-12.45	0.34	orta sıkışabilir
	SPT-9	13.50-13.95	0.31	orta sıkışabilir
	SPT-10	15.00-15.45	0.40	yüksek sıkışabilir
	SPT-11	16.50-16.95	0.32	orta sıkışabilir

Tablo 3.71 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL biriminin sıkışma indeksi tanımlaması

Sondaj N0	Numune No	Derinlik (m)	Cc	Tanımlama
BSB-26	SPT-6	9.00-9.45	0.32	orta sıkışabilir
	SPT-7	10.50-10.95	0.30	orta sıkışabilir
	SPT-9	13.50-13.95	0.34	orta sıkışabilir
	SPT-11	16.50-16.95	0.31	orta sıkışabilir
BSB-27	SPT-15	22.50-22.95	0.24	orta sıkışabilir
	SPT-4	6.00-6.45	0.38	orta sıkışabilir
	SPT-5	7.50-7.95	0.33	orta sıkışabilir
	SPT-6	9.00-9.45	0.31	orta sıkışabilir
	SPT-7	10.50-10.95	0.33	orta sıkışabilir
	SPT-8	12.00-12.45	0.26	orta sıkışabilir
	SPT-9	13.50-13.95	0.34	orta sıkışabilir
	SPT-10	15.00-15.45	0.37	orta sıkışabilir
BSB-28	SPT-11	16.50-16.95	0.36	orta sıkışabilir
	SPT-14	21.00-21.45	0.25	orta sıkışabilir
	SPT-8	12.00-12.45	0.29	orta sıkışabilir
	SPT-9	13.50-13.95	0.42	yüksek sıkışabilir
BSB-29	UD-1	14.50-15.00	0.35	orta sıkışabilir
	SPT-12	18.00-18.45	0.40	yüksek sıkışabilir
	SPT-4	6.00-6.45	0.34	orta sıkışabilir
	SPT-5	7.50-7.95	0.27	orta sıkışabilir
BSB-30	SPT-8	12.00-12.45	0.37	orta sıkışabilir
	SPT-14	21.00-21.45	0.28	orta sıkışabilir
	SPT-16	24.00-24.45	0.33	orta sıkışabilir
	SPT-1	1.50-1.95	0.27	orta sıkışabilir
	SPT-3	4.50-4.95	0.28	orta sıkışabilir
	SPT-4	6.00-6.45	0.31	orta sıkışabilir
	SPT-5	7.50-7.95	0.30	orta sıkışabilir
	SPT-6	9.00-9.45	0.27	orta sıkışabilir
	SPT-7	10.50-10.95	0.23	orta sıkışabilir
	SPT-8	12.00-12.45	0.35	orta sıkışabilir
BSB-31	UD-3	13.00-13.50	0.36	orta sıkışabilir
	SPT-10	15.00-15.45	0.35	orta sıkışabilir
	SPT-12	18.00-18.45	0.45	yüksek sıkışabilir
	UD-5	19.00-19.50	0.32	orta sıkışabilir
	SPT-3	4.50-4.95	0.31	orta sıkışabilir
	SPT-4	6.00-6.45	0.28	orta sıkışabilir
	SPT-7	10.50-10.95	0.31	orta sıkışabilir
	SPT-8	12.00-12.45	0.32	orta sıkışabilir
BSB-31	UD-2	13.00-13.50	0.28	orta sıkışabilir
	SPT-9	13.50-13.95	0.32	orta sıkışabilir
	SPT-10	15.00-15.45	0.37	orta sıkışabilir
	SPT-11	16.50-16.95	0.35	orta sıkışabilir

Sıkışma indeksine göre değerlendirme sonucu Gökdere Viyadüğü kesiminde gözlenen CL birimi orta sıkışabilir-yüksek sıkışabilir özelliktedir.

ML kıvam limitine göre ortalama %27.6 likit limit, %21.7 plastik limit ve %6 plastisite indeksi bulunmuştur. Plastik indeksine göre birim az plastik ve düşük dayanımlıdır. SC birimindeki killer kıvam limitlerine göre ortalama %30.8 likit limit, %18.3 plastik limit ve %12.5 plastisite indeksi bulunmuştur. Plastik indeksine göre birim az plastik ve düşük dayanımlıdır. GC birimindeki killer kıvam limitlerine göre ortalama %32.75 likit limit, %18.5 plastik limit ve %14.25 plastisite indeksi bulunmuştur. Plastik indeksine göre birim az plastik ve düşük dayanımlıdır. SM birimindeki killer kıvam limitine göre ortalama %30 likit limit, %19 plastik limit ve %11 plastisite indeksi bulunmuştur. Plastik indeksine göre birim az plastik ve düşük dayanımlıdır.

Gökdere Viyadüğü kesiminde 4 adet serbest basınç deneyi yapılmıştır. Deney sonuçları ve hesaplanan drenajsız kohezyon değerleri Tablo 3.72.'de verilmiştir.

Tablo 3.72: Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan serbest basınç deneyi sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	q_u (kg/cm ²)	c_u (kg/cm ²)	Kıvam
BSB-24	UD-1	11.50-12.00	0.64	0.32	Orta
BSB-24	UD-2	14.50-15.00	0.57	0.29	Orta
BSB-28	UD-1	14.50-15.00	1.05	0.53	Katı
BSB-31	UD-2	13.00-13.50	0.62	0.31	Orta

İnceleme alanında 3 adet üç eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 3.73.'de verilmiştir.

Tablo 3.73: Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Sondaj no	Numune no	Derinlik (m)	c (kg/cm ²)	ϕ (°)
BSB-29	UD-3	17.50-18.00	1.28	2
BSB-30	UD-5	19.00-19.50	1.80	1
BSB-31	UD-2	13.00-13.50	0.30	2

Serbest basınç dayanımı ile hesaplanan drenajsız kohezyon değeri 0.29 kg/cm² ile 0.53 kg/cm² arasında, üç eksenli basınç deneyi ile hesaplanan kohezyon ise 0.30 kg/cm² ile 1.80 kg/cm² arasında bulunmuştur.

İnce taneli birimlerin ortalama SPT-N₃₀=26

Drenajsız kohezyon $c_u = 4.5 \times 26 = 117 \text{ kPa} = 1.17 \text{ kg/cm}^2$

SPT-N₃₀'e bağlı hesaplanan kohezyon değeri ise 1.17 kg/cm² olarak hesaplanmıştır.

BSB-31 kuyusundaki UD-2 numunesine hem serbest basınç dayanım deneyi hemde üç eksenli basınç deneyi yapılmış ve hesaplanan kohezyon değerleri aynı bulunmuştur.

Tablo 3.74: Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan konsolidasyon deney sonuçları

	Basınç (kg/cm²)	0-0.25	0.25-0.50	0.50-1.0	1.0-2.0	2.0-4.0	4.0-8.0
BSB-24/UD-1 11.50-12.00	$m_v 10^{-3}$	75.5	25.6	25.8	26.1	13.4	8.6
BSB-24/UD-2 14.50-15.00	$m_v 10^{-3}$	73.6	50.0	37.9	19.4	16.4	10.2
BSB-28/UD-1 14.50-15.00	$m_v 10^{-3}$	23.8	47.9	24.2	30.7	12.7	11.4
BSB-29/UD-3 17.50-18.00	$m_v 10^{-3}$	-	-	-	9.0	9.2	7.8
BSB-30/UD-2 10.00-10.50	$m_v 10^{-3}$	25.0	25.2	12.7	19.1	9.7	8.3
BSB-30/UD-3 13.00-13.50	$m_v 10^{-3}$	-	38.7	26.3	13.3	16.9	8.7
BSB-30/UD-5 19.00-19.50	$m_v 10^{-3}$	-	43.2	11.0	16.7	14.1	13.1
BSB-31/UD-2 13.00-13.50	$m_v 10^{-3}$	10.3	2.6	2.7	2.0	1.0	0.7

Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan presiyometre deneyinin sonuçları Tablo 3.75.'de verilmiştir. Presiyometre deneyinden elde edilen net limit basınç değeri kullanılarak zeminin taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır.

Gökdere Viyadüğü kesiminde presiyometre deneyi ile hesaplanan taşıma gücü değeri 0.3 kg/cm² ile 26.8 kg/cm² arasında değişmektedir (Tablo 3.75.). Taşıma gücünün düşük değer verdiği seviyeler yumuşak-yarı sert kıvamlı ince taneli zeminlerdir. Yüksek değer verdiği seviyeler ise, iri taneli zeminlerin olduğu seviyeler veya yüksek sıkışabilir özellikte olan, çok sert kıvamlı ince taneli zeminlerdir. Zeminin kıvamı, sıklığı arttıkça, taşıma gücü değeri de artar.

Tablo 3.75: Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları

Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E (kg/cm ²)	PL* (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
BSB-11	P-1	2,40	21,00	2,26	1,81
	P-2	5,40	26,00	2,46	1,97
	P-3	8,40	83,00	9,16	7,33
	P-4	17,10	293,00	19,08	15,26
BSB-12	P-1	2,40	14,00	0,76	0,61
	P-2	5,40	248,00	22,46	17,97
	P-3	14,40	187,00	13,56	10,85
	P-4	17,40	308,00	31,26	25,01
BSB-13	P-1	2,40	45,00	3,82	3,06
	P-2	14,10	248,00	21,99	17,59
BSB-14	P-1	2,40	16,00	2,32	1,86
	P-2	11,20	250,00	23,57	18,86
	P-3	18,90	145,00	12,42	9,94
BSB-15	P-1	2,40	9,00	1,79	1,43
	P-2	5,40	35,00	7,46	5,97
	P-3	8,20	29,00	2,81	2,25
	P-4	11,40	84,00	11,57	9,26
	P-5	14,40	201,00	17,11	13,69
	P-6	17,40	101,00	8,17	6,54
BSB-17	P-1	3,90	25,00	2,92	2,34
	P-2	12,90	173,00	9,17	7,34
	P-3	15,90	238,00	31,50	25,20
	P-4	18,90	157,00	14,88	11,90
BSB-18	P-1	2,40	62,00	5,68	4,54
	P-2	5,40	183,00	16,52	13,22
	P-3	9,90	84,00	11,77	9,42
	P-4	11,40	96,00	5,37	4,30
	P-5	14,10	41,00	3,88	3,10
	P-6	17,40	37,00	1,67	1,34
	P-7	20,40	544,00	33,00	26,40
	P-8	24,90	935,00	33,56	26,85
BSB-19	P-1	2,40	136,00	9,60	7,68
	P-2	9,90	83,00	6,31	5,05
	P-3	14,40	282,00	28,57	22,86
	P-4	17,40	287,00	26,12	20,90
	P-5	20,40	370,00	26,72	21,38

Tablo 3.75 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları

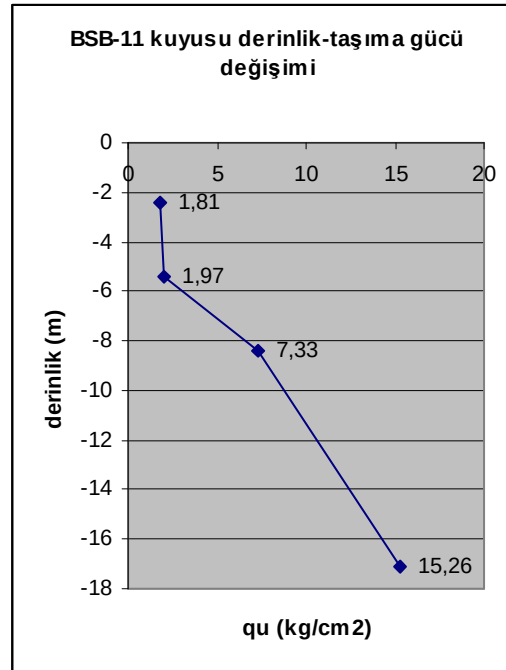
Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E (kg/cm ²)	PL* (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
S1	P-1	7,50	317,00	20,4	16,32
	P-2	11,50	37,00	4,9	3,92
	P-3	14,50	96,00	4,7	3,76
	P-4	17,00	118,00	9,7	7,76
	P-5	20,00	245,00	18,4	14,72
	P-6	23,50	807,00	10	8,00
	P-7	28,00	692,00	12	9,60
	P-8	32,00	359,00	18	14,40
	P-9	36,00	753,00	20	16,00
BSB-21	P-1	17,40	359,00	31,13	24,90
BSB-22	P-1	2,40	108,00	7,97	6,38
	P-2	8,40	117,00	6,16	4,93
	P-3	24,90	128,00	10,07	8,06
	P-4	27,90	829,00	31,41	25,13
BSB-23	P-1	8,40	109,00	7,16	5,73
	P-2	11,40	63,00	5,47	4,38
	P-3	15,90	39,00	1,47	1,18
	P-4	18,90	341,00	30,42	24,34
BSB-24	P-1	3,90	19,00	1,61	1,29
	P-2	6,90	16,00	0,42	0,34
	P-3	9,90	55,00	2,37	1,90
	P-4	12,90	35,00	3,12	2,50
	P-5	15,90	172,00	10,87	8,70
	P-6	21,90	116,00	10,38	8,30
	P-7	24,90	172,00	17,51	14,01
BSB-25	P-1	11,40	151,00	9,76	7,81
	P-2	14,40	99,00	4,25	3,40
	P-3	17,40	69,00	4,70	3,76
BSB-26	P-1	6,90	193,00	9,67	7,74
	P-2	9,90	197,00	6,10	4,88
	P-3	14,40	101,00	7,47	5,98
	P-4	17,40	59,00	3,83	3,06
	P-5	20,40	117,00	5,17	4,14
	P-6	23,40	295,00	14,44	11,55
BSB-27	P-1	6,90	194,00	10,63	8,50
	P-2	9,90	89,00	4,41	3,53
	P-3	12,90	44,00	2,56	2,05
	P-4	15,90	168,00	9,07	7,26
	P-5	18,90	89,00	6,42	5,14
	P-6	21,90	276,00	9,82	7,86
	P-7	24,90	202,00	9,46	7,57

Tablo 3.75 (Devam): Gökdere Viyadüğü kesiminde yapılan presiyometre deney sonuçları

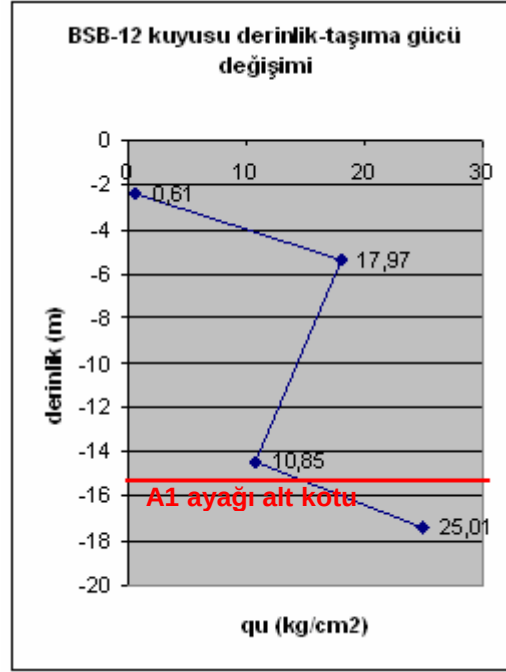
Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E (kg/cm ²)	PL* (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
BSB-28	P-1	6,90	30,00	1,87	1,50
	P-2	9,90	46,00	3,12	2,50
	P-3	12,90	58,00	6,32	5,06
	P-4	15,90	101,00	5,72	4,58
	P-5	18,90	196,00	10,07	8,06
BSB-31	P-1	2,40	57,00	5,64	4,51
	P-2	5,40	97,00	6,49	5,19
	P-3	8,40	88,00	6,77	5,42
	P-4	11,40	52,00	4,37	3,50
	P-5	14,40	37,00	3,48	2,78
	P-6	18,90	198,00	6,84	5,47

Presiyometre deneylerinde hesaplanan net limit basınç ve elastisite modülü'nün ortalama değerleri ve değişim aralıkları ise aşağıdaki gibidir.

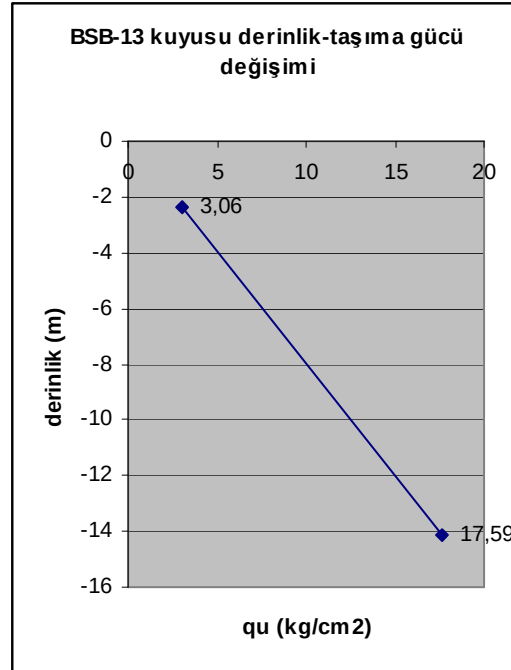
Net limit basınç : 10.86 kg/cm² (0.42≤PL*≤33.56)
 Elastisite modülü : 175.9 kg/cm² (9≤E≤935)



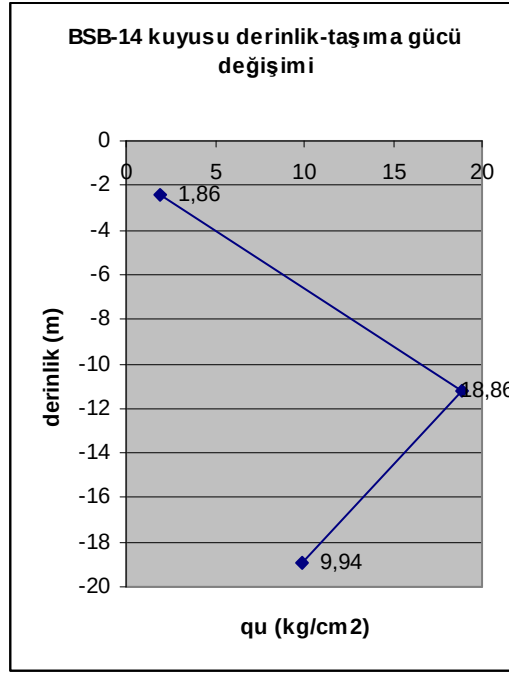
Şekil 3.43: BSB-11 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



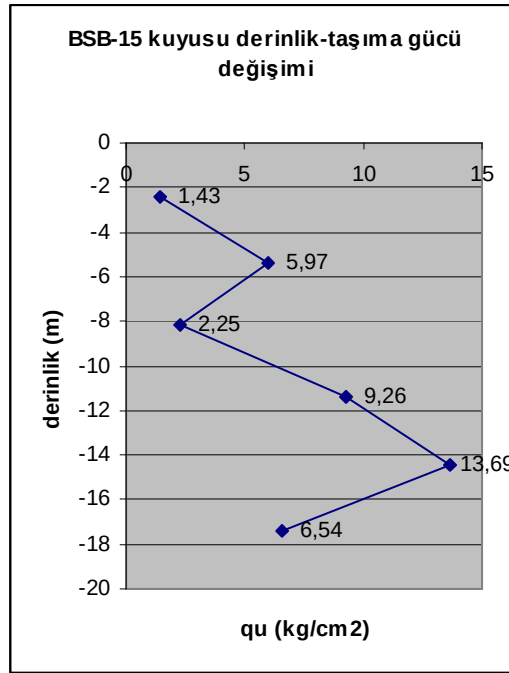
Şekil 3.44: BSB-12 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



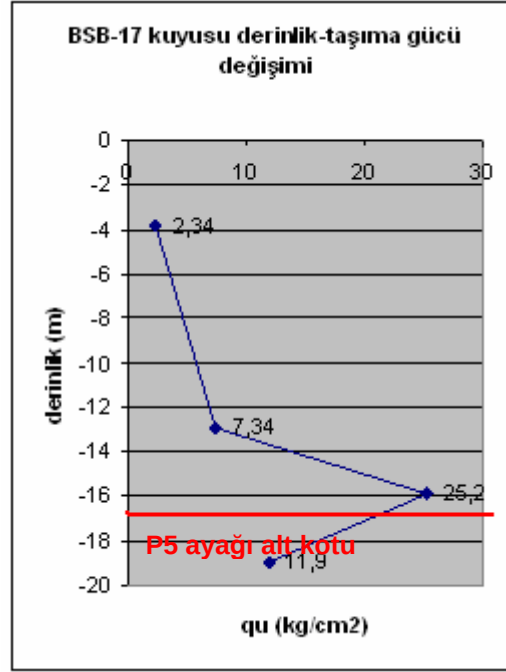
Şekil 3.45: BSB-13 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



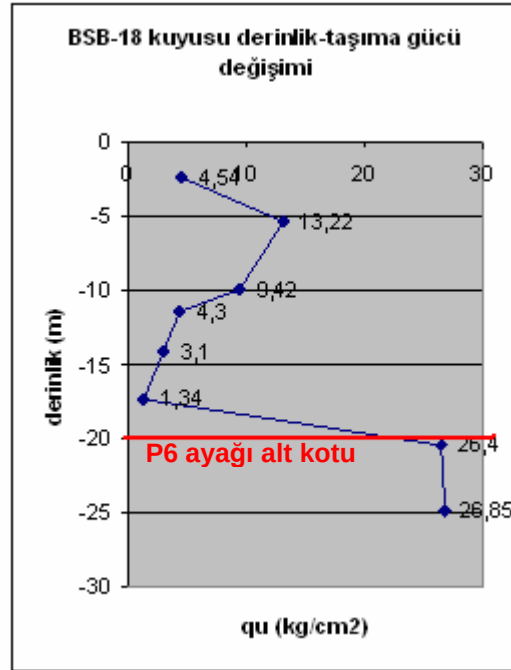
Şekil 3.46: BSB-14 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



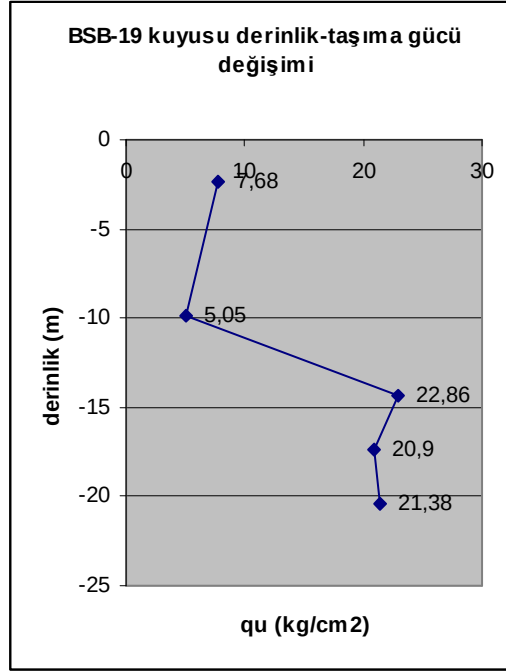
Şekil 3.47: BSB-15 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



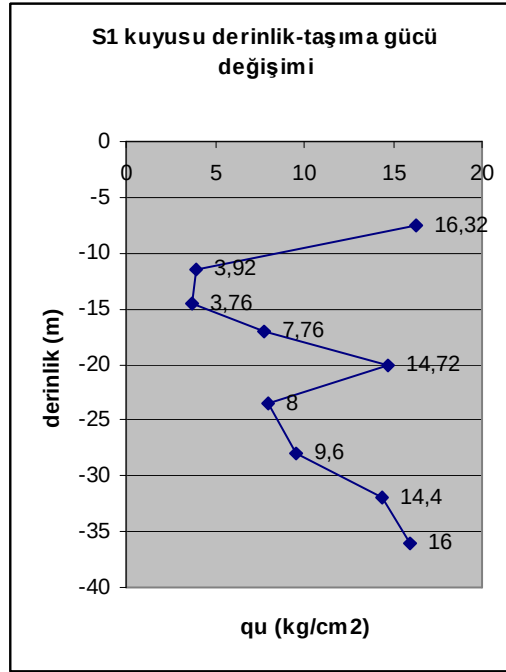
Şekil 3.48: BSB-17 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



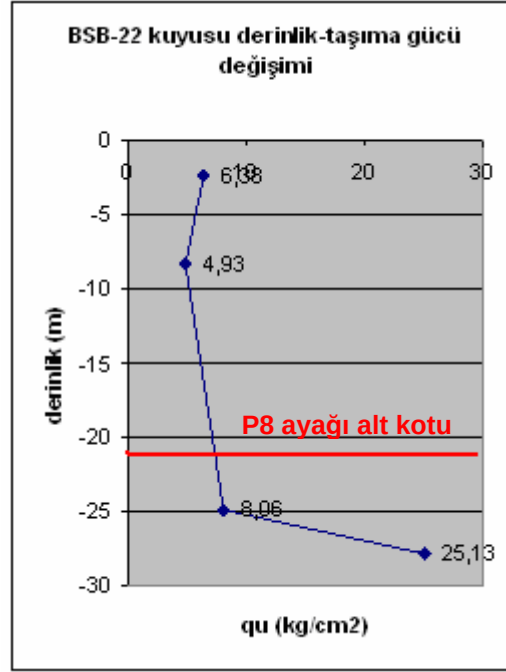
Şekil 3.49: BSB-18 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



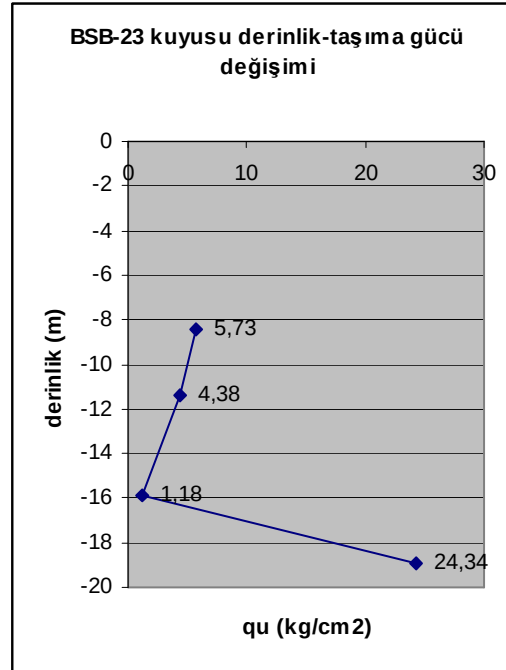
Şekil 3.50: BSB-19 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



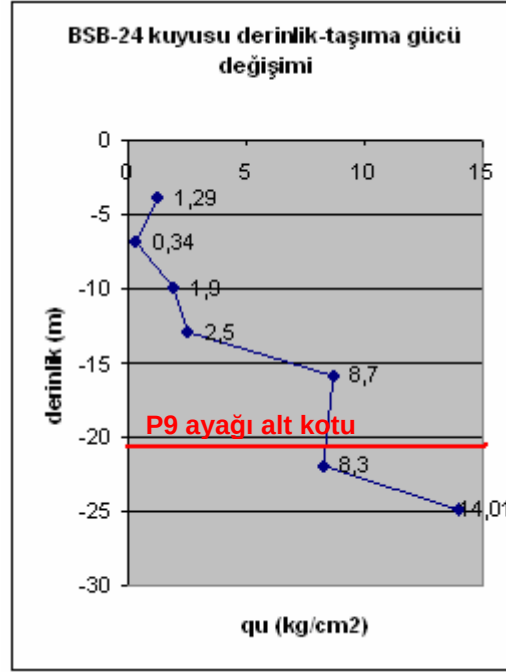
Şekil 3.51: S1 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



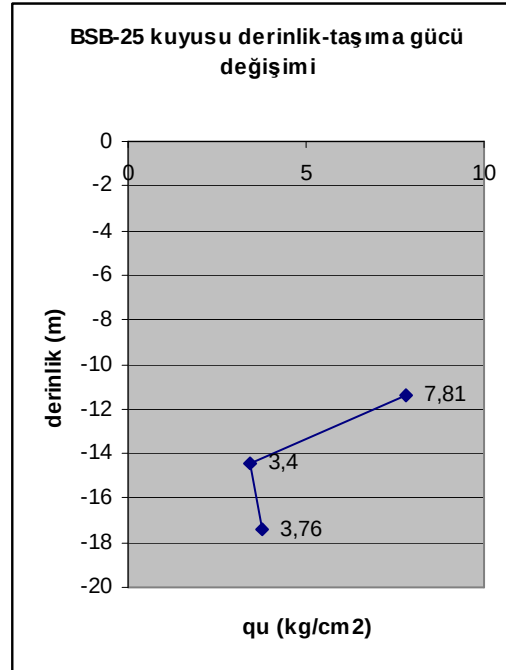
Şekil 3.52: BSB-22 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



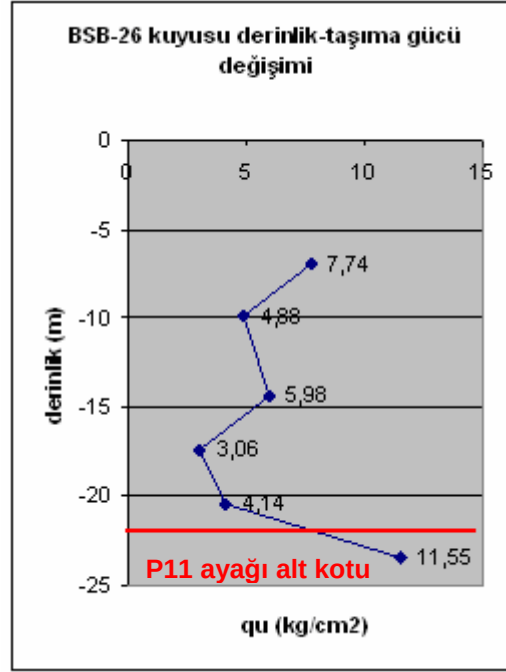
Şekil 3.53: BSB-23 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



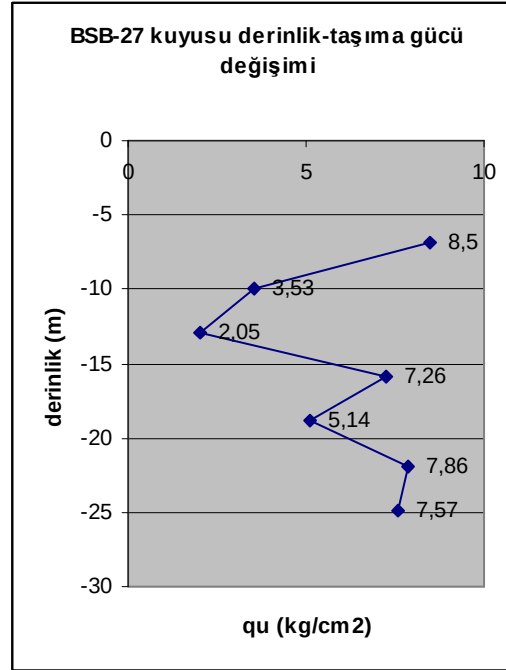
Şekil 3.54: BSB-24 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



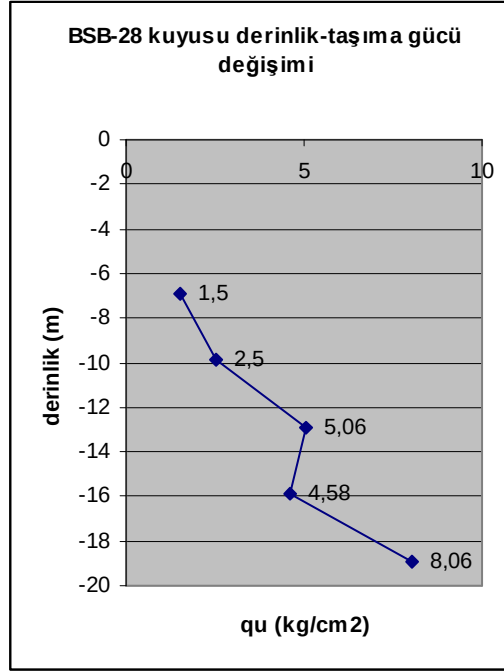
Şekil 3.55: BSB-25 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



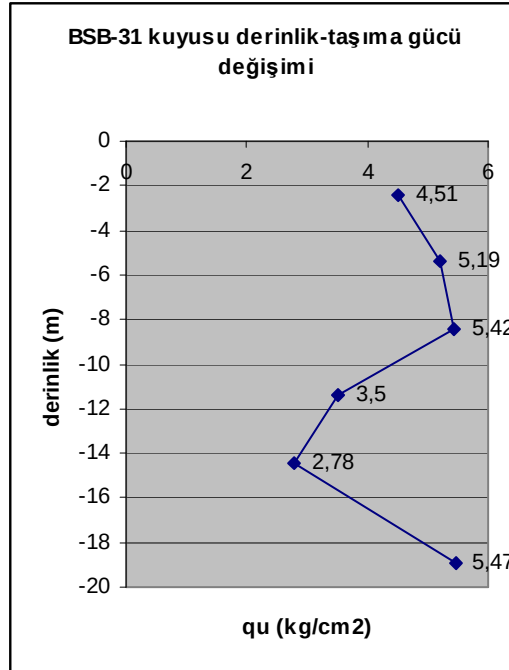
Şekil 3.56: BSB-26 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



Şekil 3.57: BSB-27 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



Şekil 3.58: BSB-28 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi



Şekil 3.59: BSB-31 kuyusu derinlik-taşıma gücü değişimi

Tablo 3.13.'e göre zeminlerin şişme potansiyeli değerlendirildiğinde Gökdere Viyadüğü kesiminde yüksek plastisiteli inorganik killerin bulunduğu seviyeler orta derecede şişme potansiyeli, düşük plastisiteli inorganik killerin bulunduğu seviyeler ise düşük derecede şişme potansiyeli gösterebilir. Sıvılaşma riski yoktur.

Bursaray B Etabı güzergahında inşa edilmiş olan Gökdere Viyadüğü'nün taşıma gücü değerleri ve sıkışabilirlikleri büyük farklılıklar gösteren tabakalar üzerine yüzeysel temel sistemleri ile oturtulmasının uygun değildir. Gökdere Viyadüğü'nün temelleri fore kazıklar üzerine oturtmuş ve bu sayede meydana gelebilecek taşıma gücü ve farklı oturma problemlerinin önüne geçilmesi sağlanmıştır.

A1 ayağı 13 m uzunluğunda $\varnothing$ 120 cm 4 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 147,73 m'dir ve yamaç molozu biriminden uç direnci almaktadır. BSB-12 sondajına göre A1 ayağının soketlendiği yamaç molozu biriminin SPT-N₃₀ değeri 31-R arasında değişmektedir ve sıkı-çok sıkı yapılıdır. Elek analizi sonuçlarına göre % 43 çakıl, % 43 kum ve % 14 kil ve siltten oluşur. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre iyi derecelenmiş siltli çakıl (GW-GM), siltli çakıl (GM) ve siltli kum (SM) özelliğindedir. BBS-12 kuyusunda yapılan presiyometre deneyi ile ayağın soketlendiği zeminin taşıma gücü değeri 25.01 kg/cm² olarak bulunmuştur (Şekil 3.44.). Bunun yanında A1 ayağı orta sıkı-sıkı-çok sıkı yapılı Qal3 biriminden ve sıkı-çok sıkı yapılı yamaç molozundan çevre sürtünmesi almaktadır.

P1 ayağı 18 m uzunluğunda $\varnothing$ 120 cm 9 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 141,38 m'dir ve yamaç molozu biriminden uc direnci, sıkı-çok sıkı yapılı Qal3 biriminden ve sıkı-çok sıkı yapılı yamaç molozundan çevre sürtünmesi almaktadır.

P2 ayağı 16 m uzunluğunda $\varnothing$ 120 cm 9 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 142,38 m'dir ve yamaç molozu biriminden uç direnci almaktadır. BSB-14 sondajına göre P2 ayağının soketlendiği yamaç molozu birimi çok sıkı yapılıdır. Elek analizi sonuçlarına göre % 46 çakıl, % 41 kum ve % 13 kil ve siltten oluşur. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre siltli çakıl (GM) özelliğindedir. P2 ayağı, sıkı yapılı Qal2 biriminden, orta sıkı-sıkı ve çok sıkı yapılı Qal3 biriminden ve çok sıkı yapılı yamaç molozundan çevre sürtünmesi almaktadır.

P3 ayağı 15 m uzunluğunda $\varnothing$ 120 cm 9 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 142,38 m'dir ve yamaç molozu biriminden uc direnci almaktadır. BSB-15 sondajına göre P3 ayağının soketlendiği yamaç molozu biriminin SPT- N_{30} değeri 84-R arasında değişmektedir ve çok sıkı yapılıdır. Elek analizi sonuçlarına göre % 45 çakıl, % 41 kum ve % 14 kil ve siltten oluşur. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre kötü derecelenmiş siltli çakıl (GP-GM) ve siltli kum (SM) özelliğindedir. P3, ayağı orta sıkı-çok sıkı yapılı Qal2 biriminden, gevşek-orta sıkı-çok sıkı yapılı Qal3 biriminden, çok katı kıvamlı Qal1 biriminden ve sıkı-çok sıkı yapılı yamaç molozundan çevre sürtünmesi almaktadır.

P4 ayağı 18 m uzunluğunda $\varnothing$ 120 cm 13 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine sokelendiği alt kot 137,38 m'dir ve çok sıkı yapılı yamaç molozu biriminden uç direnci, çok sıkı yapılı Qal2 biriminden, çok sıkı yapılı Qal3 biriminden, sert kıvamlı Qal1 biriminden ve çok sıkı yapılı yamaç molozundan çevre sürtünmesi almaktadır.

P5 ayağı 15 m uzunluğunda $\varnothing$ 120 cm 13 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 139,378 m'dir ve yamaç molozu biriminden uç direnci almaktadır. BSB-17 sondajına göre P5 ayağının soketlendiği yamaç molozu biriminin SPT- N_{30} değeri 87-R arasında değişmektedir ve çok sıkı yapılıdır. Elek analizi sonuçlarına göre % 30 çakıl, % 52 kum ve % 18 kil ve siltten oluşur. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre siltli çakıl (GM) ve siltli kum (SM) özelliğindedir. BBS-17 kuyusunda yapılan presiyometre deneyi ile ayağın soketlendiği zeminin taşıma gücü değeri 11.90 kg/cm² olarak bulunmuştur (Şekil 3.48.). Bunun yanında P5 ayağı, orta katı kıvamlı Qal1 biriminden, orta sıkı-sıkı yapılı Qal2 biriminden, sıkı-çok sıkı yapılı Qal3 biriminden ve çok sıkı yapılı yamaç molozundan çevre sürtünmesi almaktadır.

P6 ayağı 17 m uzunluğunda $\varnothing$ 120 cm 13 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 133,45 m'dir ve Köprühisar formasyonundan uç direnci almaktadır. BSB-18 sondajına göre P6 ayağının soketlendiği Köprühisar formasyonunun SPT-N₃₀ değeri 68-94 arasında değişmektedir ve sert kıvamlıdır. Elek analizi sonuçlarına göre % 1 çakıl, % 28 kum ve % 71 kil ve siltten oluşur. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre düşük plastisiteli inorganik kil (CL) özelliğindedir. Kıvam limitlerine göre CL biriminin likit limiti % 36,5, plastik limiti % 19,5 ve plastisite indeksi % 17 bulunmuştur. Plastisite indeksine göre P6 ayağının soketlendiği zemin plastik ve orta dayanımlıdır. Likitlik indeksi ortalama % -0,21 hesaplanmış ve çok sert olarak tanımlanmıştır. Kıvamlilik indeksi ortalama % 1,2 olarak hesaplanmıştır ve çok sert kıvamlıdır. Sıkışma indeksi ise % 32,5 olarak hesaplanmıştır ve orta sıkışabilir özelliktedir. BBS-18 kuyusunda yapılan presiyometre deneyi ile ayağın soketlendiği zeminin taşıma gücü değeri 26,40 kg/cm² ile 26,85 kg/cm² arasında değişmektedir (Şekil 3.49.). Bunun yanında P6 ayağı çok katı kıvamlı Qal1 biriminden, orta sıkı-çok sıkı yapılı Qal2 biriminden, orta sıkı-çok sıkı yapılı Qal3 biriminden, çok sıkı yapılı yamaç molozundan ve orta katı-sert kıvamlı Köprühisar formasyonundan çevre sürtünmesi almaktadır.

P7 ayağı 27,5 m uzunluğunda $\varnothing$ 165 cm 6 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 118,66 m'dir ve sert kıvamlı, çok sıkı yapılı Köprühisar formasyonundan uç direnci almaktadır. Bunun yanında orta sıkı-çok sıkı yapılı Qal3 biriminden, orta sıkı yapılı Qal2 biriminden, çok sıkı yapılı yamaç molozundan ve sert kıvamlı, çok sıkı yapılı Köprühisar formasyonundan çevre sürtünmesi almaktadır.

P8 ayağı 15 m uzunluğunda $\varnothing$ 165 cm 9 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 133,474 m'dir ve yamaç molozu biriminden uç direnci almaktadır. BSB-22 sondajına göre P8 ayağının soketlendiği yamaç molozu biriminin SPT-N₃₀ değeri 46-R arasında değişmektedir ve sıkı-çok sıkı yapılıdır. Elek analizi sonuçlarına göre yamaç molozu birimi % 32 çakıl, % 43 kum ve % 25 kil ve siltten oluşur. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre siltli kum (SM) özelliğindedir. Daha alt seviyelerde yer alan Köprühisar formasyonu ise SPT-N₃₀ değeri 45-R arasında değişmektedir sert kıvamlı ve çok sıkı yapılıdır. Elek analizi sonuçlarına göre % 13 çakıl, % 47 kum ve % 40 kil ve siltten oluşur. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre düşük plastisiteli inorganik kil (CL) ve siltli kum (SM) özelliğindedir. Kıvam limitlerine göre CL biriminin likit limiti % 39, plastik limiti % 21 ve plastisite indeksi % 18 bulunmuştur. Plastisite indeksine plastik ve orta dayanımlıdır. Likitlik indeksi ortalama % -0.14 hesaplanmış ve çok sert olarak tanımlanmıştır. Kıvamlılık indeksi ortalama % 1.14 olarak hesaplanmıştır ve çok sert kıvamlıdır. Sıkışma indeksi ise % 35 olarak hesaplanmıştır ve orta sıkışabilir özelliktedir. BBS-22 kuyusunda yapılan presiyometre deneyi ile ayağın soketlendiği zeminin taşıma gücü değeri 8.06 kg/cm² ile 25.13 kg/cm² arasında değişmektedir (Şekil 3.52.) Bunun yanında P8 ayağı sıkı-çok sıkı yapılı Qal3 biriminden ve çok sıkı yapılı yamaç molozundan çevre sürtünmesi almaktadır.

P9 ayağı 17 m uzunluğunda $\varnothing$ 120 cm 9 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 132,272 m'dir ve yamaç molozu biriminden uç direnci almaktadır. BSB-24 sondajına göre P9 ayağının soketlendiği yamaç molozu biriminin SPT-N₃₀ değeri 39-R arasında değişmektedir ve sıkı-çok sıkı yapılıdır. Birim içinde yer alan kil bantı ise sert kıvamlıdır. Elek analizi sonuçlarına göre % 20 çakıl, % 47 kum ve % 33 kil ve siltten oluşur. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre siltli kum (SM) ve düşük plastisiteli inorganik kil (CL) özelliğindedir. Kil biriminin likit limiti % 31, plastik limiti % 19 ve plastisite indeksi % 12'dir. Plastisite indeksine göre killi birim az plastik ve düşük dayanımlıdır. Likitlik indeksi % 0.08 ve sert olarak tanımlanmıştır. Kıvamlılık indeksi % 0.92 olarak hesaplanmıştır ve sert kıvamlıdır. Sıkışma indeksi ise 0.28 olarak hesaplanmıştır ve orta sıkışabilir özelliktedir. BBS-24 kuyusunda yapılan presiyometre deneyi ile ayağın soketlendiği zeminin taşıma gücü değeri 8.30 kg/cm² ile 14.01 kg/cm² arasında değişmektedir (Şekil 3.54.). Bunun yanında P9 ayağı orta sıkı yapılı Qal3 biriminden, orta katı-katı ve çok katı kıvamlı Qal1 biriminden ve orta sıkı yapılı yamaç molozundan çevre sürtünmesi almaktadır.

P10 ayağı 18 m uzunluğunda $\varnothing$ 120 cm 13 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 131,421 m'dir ve sıkı-çok sıkı yapılı yamaç molozu biriminden uç direnci, orta sıkı yapılı Qal2 biriminden, orta sıkı-çok sıkı yapılı Qal3 biriminden, katı-çok katı-sert kıvamlı Qal1 biriminden ve sıkı-çok sıkı yapılı yamaç molozundan çevre sürtünmesi almaktadır.

P11 ayağı 18 m uzunluğunda $\varnothing$ 120 cm 9 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 129,921 m'dir ve Qal1 birimden uç direnci almaktadır. BSB-26 sondajına göre P11 ayağının soketlendiği Qal1 biriminin SPT-N₃₀ değeri 27 dir ve çok katı kıvamlıdır. Elek analizi sonuçlarına göre % 50 kum ve % 50 kil ve siltten oluşur. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre düşük plastisiteli silt-düşük plastisiteli inorganik kil (ML-CL) özelliğindedir. ML-CL biriminin likit limiti % 27, plastik limiti % 21 ve plastisite indeksi % 6'dır. Plastisite indeksine göre az plastik ve düşük dayanımlıdır. Likitlik indeksi % -2.50 ve katı olarak tanımlanmıştır. Kıvamlılık indeksi % 3.50 olarak hesaplanmıştır ve çok sert kıvamlıdır. Sıkışma indeksi ise 0.24 olarak hesaplanmıştır ve orta sıkışabilir özelliktedir. Qal1 biriminin alt seviyelerinde gözlenen Qal2 biriminin SPT-N₃₀ değeri 33 dür ve sıkı yapılıdır. Elek analizi sonuçlarına göre % 3 çakıl, % 72 kum ve % 25 kil ve siltten oluşur. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre siltli kum (SM) özelliğindedir. BBS-26 kuyusunda yapılan presiyometre deneyi ile ayağın soketlendiği zeminin taşıma gücü değeri 11.55 kg/cm² olarak bulunmuştur (Şekil 3.56.). Bunun yanında P11 ayağı orta sıkı-çok sıkı yapılı Qal2 biriminden, katı-çok katı-sert kıvamlı Qal1 biriminden ve orta sıkı-sıkı yapılı yamaç molozundan çevre sürtünmesi almaktadır.

P12 ayağı 20 m uzunluğunda $\varnothing$ 120 cm 9 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 126,42 m'dir ve Qal1 biriminden uç direnci almaktadır. BSB-27 sondajına göre P12 ayağının soketlendiği Qal1 biriminin SPT-N₃₀ değeri 32 dir ve sert kıvamlıdır. Elek analizi sonuçlarına göre % 10 çakıl, % 37 kum ve % 53 kil ve siltten oluşur. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre düşük plastisiteli inorganik kil (CL) özelliğindedir. Numune yetersiz olduğundan kıvam limitleri tespit edilememiştir. Bunun yanında P12 ayağı katı-çok katı-sert kıvamlı Qal1 biriminden, çok sıkı yapılı yamaç molozundan ve orta sıkı-sıkı yapılı Qal2 biriminden çevre sürtünmesi almaktadır.

A2 ayağı 20 m uzunluğunda $\varnothing$ 120 cm 4 adet fore kazıktan oluşur. Ayak kazıklarının zemine soketlendiği alt kot 127,34 m'dir ve katı-sert kıvamlı Qal1 biriminden uç direnci almaktadır. Bunun yanında orta sıkı-çok sıkı yapılı Qal2 biriminden ve katı-sert kıvamlı Qal1 biriminden çevre sürtünmesi almaktadır.

4. SONUÇLAR

1. Bursaray B Etabı inşaatı 17 Haziran 2005 tarihinde başlamış, 23 Nisan 2008 tarihinde işletmeye açılmıştır. Yaklaşık 4.86 km uzunluğunda, 2 adet tünel, 1 adet viyadük ve 6 adet istasyondan oluşur.
2. Güzergahta jeolojik istif yaşıldan gence doğru Köprühisar formasyonu, alüvyon birimleri, yamaç molozu ve yapay dolgudan oluşur.
3. Güzergahta yeraltısuyu taşıyan birim granüler bir yapıya sahip alüvyon birimleridir. Güzergah boyunca değerlendirilen 45 adet sondajdan 6'sında 10.50 m ile 17.00 m arasında değişen derinliklerde yeraltısuyu gözlenmiştir.
4. Köprühisar Formasyonu güzergahın km:18+400–18+600 aralığında yapılan sondajlarda gözlenmiş yeraltı birimidir. Az tutturulmuş kumlu kil/kumlu silt/çakıllı kum ile temsil edilir. Kirli beyaz-bej-yeşilimsi kahve renkli, sert kıvamlı, düşük plastisitelidir. Kumlu seviyeler çok sıkı yapılıdır. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre zemin sınıfı SM, SC ve CL olan birimin içerisinde % 16-77 arasında değişen oranlarda kum, % 0-35 arasında değişen oranlarda çakıl bulunmaktadır. Ortalama elastisite modülü 520 kg/cm^2 olan birimin net limit basınç değeri ile hesaplanan taşıma gücü değerleri 11.9 kg/cm^2 ile 26.85 kg/cm^2 arasında değişmektedir.
5. Alüvyon birimleri güzergahın km:18+100–18+800 aralığında yapılan sondajlarda yapay dolgunun altında ve yamaç molozu ile girik olarak, km:18+800–20+150 aralığında ise yapay dolgunun altında gözlenmiştir. Tane boyu dağılımına göre üç farklı bölüme ayrılmıştır. Çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil (Qal1), çakıllı siltli kum (Qal2) ve siltli kumlu çakıl (Qal3) ile temsil edilir. Alüvyonda egemen litoloji siltli kumlu çakıldan oluşan Qal3 düzeyidir. Qal1 ve Qal2 düzeyleri genelde mercek ve ara düzeyler şeklinde izlenmektedir.
6. Çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil (Qal1) birimi yeşilimsi kahve-kahve renklidir. Birim 0.00–13.50 m arası ve 13.50–25.50 m arası farklı jeoteknik özellikler göstermektedir. 00.0– 13.50 m arası gözlenen Qal1, orta katı-çok katı kıvama ve düşük plastisiteye sahiptir. Zemin sınıfı SM, SC, ML-CL ve CL'dir. Ortalama elastisite modülü 82 kg/cm^2 olan birimin net limit basınç değeri ile hesaplanan taşıma gücü değeri 1.9 kg/cm^2 ile 8.5 kg/cm^2 arasında değişmektedir. Sabit seviyeli permeabilite deney sonuçlarına göre az geçirimlidir. 13.50 – 25.50 m arası

gözlenen Qal1, katı-sert kıvama ve düşük plastisiteye sahiptir. Zemin sınıfı SM, SC, ML, ML-CL, CL/CH ve CL 'dir. Ortalama elastisite modülü 129 kg/cm^2 olan birimin net limit basınç değeri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri 2.78 kg/cm^2 ile 8.94 kg/cm^2 arasında değişmektedir. Sabit seviyeli permeabilite deney sonuçlarına göre birim az geçirimlidir.

7. Çakıllı siltli kum (Qal2) birimi kahve renkli, orta sıkı yapılıdır. Zemin sınıfı GC, SC, SM, SM-SC olan birim içerisinde % 13-55 arasında değişen oranlarda kil ve silt %1-48 arasında değişen oranlarda çakıl bulunmaktadır. Ortalama elastisite modülü 109 kg/cm^2 olan birimin net limit basınç değeri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri 3.42 kg/cm^2 ile 9.42 kg/cm^2 arasında değişmektedir. Sabit seviyeli permeabilite deney sonuçlarına göre az geçirimlidir.

8. Siltli kumlu çakıl (Qal3) birimi kahve renkli, sıkı-çok sıkı yapılıdır. Zemin sınıfı GW-GM, GP-GM, GW, GM, GC, SM, SP-SM olan birim içerisinde % 5-48 arasında değişen oranlarda silt ve kil, % 24-62 arasında değişen oranlarda kum bulunmaktadır. Ortalama elastisite modülü 183 kg/cm^2 olan birimin net limit basınç değeri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri 5.73 kg/cm^2 ile 18.86 kg/cm^2 arasında değişmektedir. Sabit seviyeli permeabilite deney sonuçlarına göre az geçirimli ve geçirimlidir.

9. Yamaç molozu güzergahın km:17+100–18+100 ve km:20+700–21+052 aralığında yapılan sondajlarda yapay dolgunun altında, km:18+100–18+800 aralığında ise alüvyal birimler ile girik olarak gözlenmiştir. Bloklu siltli kumlu çakıl ile temsil edilen birim; kahve renkli, sıkı-çok sıkı yapılıdır. Zemin sınıfı GW-GM, GP-GM, GW, GM, SM, SP-SM olan birimin içerisinde % 2-52 arasında değişen oranlarda kil ve silt, % 18-74 arasında değişen oranlarda kum bulunmaktadır. Ortalama elastisite modülü 232 kg/cm^2 olan birimin net limit basınç değeri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri 6.54 kg/cm^2 ile 30.0 kg/cm^2 arasında değişmektedir. Sabit seviyeli permeabilite deney sonuçlarına göre az geçirimli ve geçirimlidir.

10. İnceleme alanında 0.80–7.90 m arasında değişen kalınlıklarda geçilen yapay dolgu; inşaat artıkları, tuğla kırıntıları ve organik inorganik materyaller içerir.

11. Demirtaşpaşa İstasyonu temeli orta sıkı-çok sıkı yapılı yamaç molozu birimine oturmaktadır. İstasyonun inşa edildiği zeminde şişme potansiyeli, sıvılaşma riski yoktur. Diyafram duvar kalıcı destek sistemi ile duyarlılık sağlanmıştır. Temel zeminin taşıma gücü değeri 8.31 kg/cm^2 ile 11.71 kg/cm^2 arasında değişmektedir.

12. Gökdere İstasyonu sıkı-çok sıkı yapılı yamaç molozu ve orta sıkı-sıkı yapılı Qal2 birimleri üzerine oturmaktadır. Temel zemini geçirimlidir. Mevsimsel problemler yaşanması olasıdır, istasyonun dere kenarında olması nedeniyle yaşanacak su taşkınlarından etkilenebilir. Şişme potansiyeli, sıvılaşma riski yoktur. Kazı şevleri geçici desteklerle duraylılık kazanmıştır. Gökdere istasyonu temel zemininin taşıma gücü değeri 3.09 kg/cm^2 ile 18.22 kg/cm^2 arasında değişmektedir.

13. Davutdede İstasyonu orta sıkı-sıkı ve çok sıkı yapılı Qal2, çok sıkı yapılı Qal3 ve orta katı-katı ve çok katı kıvamlı Qal1 birimleri üzerine oturmaktadır. Temelin oturduğu Qal1 birimi aşırı konsolide killerden oluşmaktadır. Kıvamlılık indeksine göre yarı sert-sert kıvamlıdır ve orta sıkışabilir özelliktedir. CL birimi düşük derecede şişme potansiyeli gösterebilir. Temelin oturduğu zeminde sıvılaşma riski yoktur. Kazı şevleri geçici desteklerle duyarlılık kazanmıştır. İstasyonun temel zeminin taşıma gücü değeri 3.58 kg/cm^2 ile 8.50 kg/cm^2 arasında değişmektedir.

14. Duaçınarı İstasyonu orta sıkı-sıkı yapılı Qal2, sıkı-çok sıkı yapılı Qal3, çok katı-sert kıvamlı Qal3 birimleri üzerine oturmaktadır. Temelin oturduğu Qal1 birimi aşırı konsolide killeri, aşırı derecede aşırı konsolide killerden oluşmaktadır. Kıvamlılık indeksine göre yarı sert-sert ve çok sert kıvamlıdır. CL birimi düşük derecede şişme potansiyeli gösterebilir. Temelin oturduğu zeminde sıvılaşma riski yoktur. Kazı şevleri geçici desteklerle duyarlılık kazanmıştır. İstasyonun temel zeminin taşıma gücü değeri $1,59 \text{ kg/cm}^2$ ile $6,14 \text{ kg/cm}^2$ arasında değişmektedir.

15. Yüksek İhtisas Hastanesi İstasyonu temeli çok sıkı yapılı yamaç molozu birimine oturmaktadır. İstasyonun inşa edildiği zeminde şişme potansiyeli, sıvılaşma riski yoktur. Kazı şevleri geçici desteklerle duraylılık kazanmıştır. Temel zeminin taşıma gücü değeri 3.02 kg/cm^2 ile 30 kg/cm^2 arasında değişmektedir.

16. Arabayatağı İstasyonu temel zemini çok sıkı yapılı yamaç molozu birimine oturmaktadır. İstasyon temel zemininde şişme potansiyeli ve sıvılaşma riski yoktur. Kazı şevleri geçici desteklerle duraylılık kazanmıştır.

17. Bursaray B Etabı güzergahında 199 m uzunluğunda Haşim İşcan Tüneli ve 790 m uzunluğunda Acem Reis Tüneli ise aç-kapa kazı yöntemi ile açılmıştır. Aç-kapa tüneller; makine ile kademeli geniş derin kazı şeklinde yapılır. Ekskavatör, skreyper, buldozer, traskavatör gibi makineler ile patlayıcı malzeme kullanılmadan kuruda ve suda kazı yapılır.

18. Tünel açılırken birimlerin geçirimli olmaları kazı ve inşa sırasında problem oluşturmaktadır. Kazı alanından suyun uzaklaştırılması için diyafram duvar inşa edilmiştir. Güzergah boyunca aç-kapa tünel yapımında diyafram duvar kalıcı destek sistemi ile duraylılık sağlanmıştır. Şevlerin inşaat süresince konumunu muhafaza etmek için püskürtme beton uygulanmış, ankraj çubukları yerleştirilmiştir.

19. Haşim İşcan Tüneli çok sıkı yapılı yamaç molozu birimine oturmaktadır. Tünelin inşa edildiği zeminin şişme potansiyeli ve sıvılaşma riski yoktur.

Acem Reis Tüneli sıkı-çok sıkı yapılı yamaç molozu birimine oturmaktadır. Temel zemin taşıma gücü değeri 2.65 kg/cm^2 'dir. Tünelin inşa edildiği zeminin şişme potansiyeli yoktur. Deprem gibi dinamik etkiler altında mevsimsel koşullara bağlı olarak yeraltı suyu seviyesi yükselirse kumlu seviyelerde sıvılaşma riski olabilir.

20. Gökdere Viyadüğü'nün inşa edildiği kesim gerek Gökdere'nin dönemsel olarak değişken taşıma enerjisi ile gerekse yerçekimi etkisi ile yamaçlardan koparak meydana gelen birikim, bölgede iri bloktan kile kadar değişen boyutta malzemenin karmaşık bir tabakalanma oluşturmaya yol açmıştır. Gökdere Viyadüğü'nün taşıma gücü değerleri ve sıkışabilirlikleri büyük farklılıklar gösteren tabakalar üzerine yüzeysel temel sistemleri ile oturtulmasının uygun değildir. Gökdere Viyadüğü'nün temelleri 14 ayaklı fore kazıklar üzerine oturtmuş ve bu sayede meydana gelebilecek taşıma gücü ve farklı oturma problemlerinin önüne geçilmesi sağlanmıştır.

21. Gökdere Viyadüğü boyunca A1, P1, P2, P3, P4, P5, P8, P9 ve P10 ayakları bloklu siltli kumlu çakıl olarak tanımlanan yamaç molozu, P6 ve P7 ayakları kumlu kil/kumlu silt ve çakıllı kum olarak tanımlanan Köprühisar formasyonu, P11, P12 ve A2 ayakları ise çakıllı kumlu silt/çakıllı kumlu kil (Qal1) olarak tanımlanan alüvyon birimine soketlenmiştir.

22. Kazıkların soketlendiği yamaç molozu biriminin SPT- N_{30} değeri 31 ile R arasında değişmekte ve sıkı-çok sıkı yapılıdır. Kazıkların soketlendiği Köprühisar formasyonunun SPT- N_{30} değeri 68 ile R arasında değişmektedir ve sert kıvamlıdır. Kazıkların soketlendiği alüvyon birimi SPT- N_{30} değeri ise 27 ile 57 arasında değişmektedir ve sıkı çok sıkı yapılı ve çok katı-sert kıvamlıdır.

23. A1 ayağının soketlendiği zeminin taşıma gücü değeri 25.01 kg/cm^2 olarak bulunmuştur. A1 ve P1 ayakları yamaç molozu biriminden uç direnci, Qal3 ve yamaç molozu birimlerinden çevre sürtünmesi almaktadırlar.

24. P2 ayağı yamaç molozu biriminden uç direnci, Qal2, Qal3 ve yamaç molozu birimlerinden çevre sürtünmesi almaktadır.
25. P3 ve P4, P5 ve P10 ayakları yamaç molozu biriminden uç direnci, Qal1, Qal2, Qal3 ve yamaç molozu birimlerinden çevre sürtünmesi almaktadırlar ve P5 ayağının soketlendiği zeminin taşıma gücü değeri 11.90 kg/cm^2 olarak bulunmuştur.
26. P6 ayağı zemine soketlendiği Köprühisar formasyonundan uç direnci almaktadır. Ayağın soketlendiği zeminin taşıma gücü değeri 26.40 kg/cm^2 ile 26.85 kg/cm^2 arasında değişmektedir. P6 ayağı Qal1, Qal2, Qal3, yamaç molozu ve Köprühisar formasyonundan çevre sürtünmesi almaktadır.
27. P7 ayağı Köprühisar formasyonundan uç direnci, Qal3, Qal2, yamaç molozu ve Köprühisar formasyonundan çevre sürtünmesi almaktadır.
28. P8 ayağı yamaç molozu biriminden uç direnci almaktadır. Ayağın soketlendiği zeminin taşıma gücü değeri 8.06 kg/cm^2 ile 25.13 kg/cm^2 arasında değişmektedir. P8 ayağı Qal3 ve yamaç molozu birimlerinden çevre sürtünmesi almaktadır.
29. P9 ayağı yamaç molozu biriminden uç direnci almaktadır. Ayağın soketlendiği zeminin taşıma gücü değeri 8.30 kg/cm^2 ile 14.01 kg/cm^2 arasında değişmektedir. Qal1, Qal3 ve yamaç molozu birimlerinden çevre sürtünmesi almaktadır.
30. P11 ve P12 ayakları Qal1 biriminden uç direnci almaktadır. P11 ayağının soketlendiği zeminin taşıma gücü değeri 11.55 kg/cm^2 olarak bulunmuştur. Ayaklar Qal1, Qal2 ve yamaç molozundan çevre sürtünmesi almaktadır.
31. A2 ayağı Qal1 biriminden uç direnci, Qal1 ve Qal2 birimlerinden çevre sürtünmesi almaktadır.
32. Sabit seviyeli permeabilite deneyi sonuçlarına göre güzergah temel zemini az geçirimli ve geçirimlidir. Mevsimsel yeraltısuyu problemlerini önlemek için drenaja önem verilmelidir.
33. Alüvyon biriminin taşıma gücünün düşük olduğu sonucuna varılmıştır.
34. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Kazı İşleri Teknik Şartnamesi'ne göre güzergah boyunca görülen yamaç molozu "sert küskü"dür. Sert küskü; kazmanın sivri ucu, küskü, kama, tokmak veya kırıcı tabanca ile kazılabilen zemindir. Alüvyon birimleri ise "sert toprak" dır. Sert toprak, kazmanın yassı ve ara sıra sivri ucu ile kazılan, kumlu kil, gevşek kil, killi kum ve çakıllı, kürekle atılabilen zemindir.

KAYNAKLAR

Andrews, D. C. A. and Martin, G. R., "Criteria for Liquefaction of Silty Soils" **12th World Conference on Earthquake Engineering**, Proceedings, Auckland, New Zealand, (2000).

Baguelin, F., Jezequel, J. and Shields, D. H., "The Pressuremeter and Foundation Engineering", First Edition, **Trans Tech Publications**, 617, (1978).

Bingöl ve diğ., "Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Karakaya Formasyonu'nun Bazı Özellikleri", **Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Kitabı**, 70-76, (1973).

Das, B.M., "Fundamentals of Soil Dynamics, **Elsevier Science Publishing Co. Inc.**, 353-374, (1983).

Elc Group Müşavirlik & Mühendislik Ltd., "Bursaray B Hattı Gökdere Viyadüğü Temel Kazıkları Geoteknik Hesap Raporu", **Elc Group**, 04C158, İstanbul, 4-9, (2006).

Ergüvanlı, K., "Mühendislik Jeolojisi", 4. Baskı, **Seç Yayın Dağıtım**, 405-477, (1995).

Eroskay, S. O., "Geology of the Paşalar Gorge-Gölpazarı Area", **İÜFF Mecm., B Serisi, Cilt:XXX, Sayı:3-4**, 135-170, (1965).

Evren, G., "Demiryolu", **Birsen Yayınevi**, 277-279, (2002).

Geos Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. Şti., "Bursaray Hafif Raylı Sistemi 1. Aşama B Etapı Gökdere Viyadüğü P7 Ayağı Zemin Etüdü Geoteknik Raporu", **İstanbul**, 2-12, (2005).

Genç, Ş., "Uludağ-İznik Gölü Arasının Jeolojisi", **MTA Raporu, No:7852, Ankara**, 122, (1986).

Granit ve Tintant, "Observations Preliminaires sur le Jurassique de la Region de Bilecik", **C.R. Seanc Acad. Sc., 251, Paris**, 1801-1803, (1960).

Göçmen, M., "Bursa ve Çayırköy Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu", **DSİ Genel Müdürlüğü Yayınevi, No:1059, Ankara**, (1973).

Jas Jeoteknik Araştırma Sondaj Taah. Üret. Tic.San.Ltd.Şti., "Bursa Hafif Raylı Sistemi B Etapı 17+020, 17+690 ve 18+400 Km'lere Ait Jeolojik Etüt Raporu", **Bursa**, 1-14, (2004).

Kazı İşleri Teknik Şartnamesi, **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**, (1985).

Ketin, İ., "Uludağ Masifi'nin Jeolojik Harita ve Profilleri", **TJK Bülteni, No:1, Ankara**, 60-88, (1947).

Kutlukan, E., "Bursa Ovası Sismik Etüdü", **MTA Yayını, No:5070, Ankara**, (1973).

Leonards, G.A., "Foundation Engineering", **Mc. Graw Hill Book. Comp.**, 1136, (1962).

Mert, E., "Doğu Bursa Ovası Hidrojeolojisi Modellemesi ve Sorunları", Doktora Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmit, (2003).

O'Neil, M.W. and Poomoayed, N., "Methodology for Foundations", **Journal of Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers Vol.106. No. GT12**, 1345-1367, (1980).

Öztunalı, Ö., "Uudağ (Kuzeybatı Anadolu) ve Eğrigöz (Batı Anadolu) Masiflerinin Petrolojileri ve Jeokronolojileri", **İstanbul Üniv. Fen. Fak., Monograf No: 23**, 115, (1973).

Özüdoğru, K., Tan, O. ve Aksoy, İ. H., "Çözümlü Problemlerle Zemin Mekaniği", **Birsan Yayınevi**, 73-74, (2001).

Seed, H.B. and Idriss, I.M., "Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential", **Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division**, 1249-1273, (1971).

Sowers, G.F., "Introductory Soil Mechanics and Foundations Geotechnic Engineering", Fourth Edition, **Macmillan Publishing Co. Inc.**, 621, (1979).

Şekercioğlu, E., "Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi", 3. Baskı, **TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları:28**, 39,40,49,164, (2002).

Temson Sondajcılık İnş. Taah. Tic. ve San. Ltd. Şti., "Bursa Büyükşehir Belediyesi Yıldırım İlçesi Zemin Etüdları ve Temel Mühendisliği Değerlendirme Raporu", **Ankara**, 1-22, (2000).

Terzaghi, K. and Peck, R. B., "Soil Mechanics in Engineering Practice", Third Edition, **John Wiley and Sons Inc.**, 348, (1948).

Terzaghi, K. and Peck, R. B., "Soil Mechanics in Engineering Practice", Second Edition, **John Wiley and Sons**, 729, (1967).

Ulusay, R., "Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler", **TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları:38**, 385, (2001).

Uzuner, B. A., "Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği", 4. Baskı, **Teknik Yayınevi**, 85-90, (1998).

Yaşar, E., Erdoğan, Y., Çelik, A. G. ve Tapınç, A., "Adana Hafif Raylı Taşıma Sistemindeki Aç Kapa Tünelleri", **Madencilik, Cilt 42, Sayı 3**, 31-39, (2003).

Yılmaz, M., Koral, H., "Yenişehir Havzasının (Bursa) Neoteknik Özellikleri ve Jeolojik Gelişimi", **İstanbul Üniversitesi Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, C.20**, 1,21-32, (2007).

Yılmaz, Y., Genç, S.C., Yigitbaş, E., Bozcu, M. ve Yılmaz, K., "Kuzeybatı Anadolu'da Geç Kretase Yaşlı Kıta Kenarının Jeolojik Evrimi", ***Proceedings of the 10th Petroleum Congress of Turkey***, 37-55, (1994).

Yılmaz, Y., "Geology of Western Anatolia, In Active Tectonics of NW Anatolia-The Marmara Poly-Project", ***Eds Schindler and Pfister, Vdf, Eth Zurich***, 31-54, (1997).

Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C., Şengör, A.M.C., "Geology and Tectonic Evolution of the Pontides", ***In: A.G. Robinson, ed., Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, AAPG Memoir 68***, 183-226, (1997).

Yüksel Proje Uluslar arası A.Ş., "Bursaray B Hattı Km:17+100-21+052 Arası Zemin Değerlendirme Raporu", ***Yüksel Proje, YJ-BRS-01-001-B, Ankara***, 1-31, (2001).

Zemin Mühendisliği ve İnşaat Sanayi, "Bursa Büyükşehir Belediyesi Bursaray Bursa Hafif Raylı Sistemi B Etabı Arabayatağı İstasyonu Araştırma Sondajları Jeoteknik Veri Raporu", ***İstanbul***, 2-20, (2006).

Zemin Mühendisliği ve İnşaat Sanayi, "Büyükşehir Belediyesi Bursaray Bursa Hafif Raylı Sistemi B Etabı Gökdere İstasyonu Araştırma Sondajları Jeoteknik Veri Raporu", ***İstanbul***, 2-20, (2006).

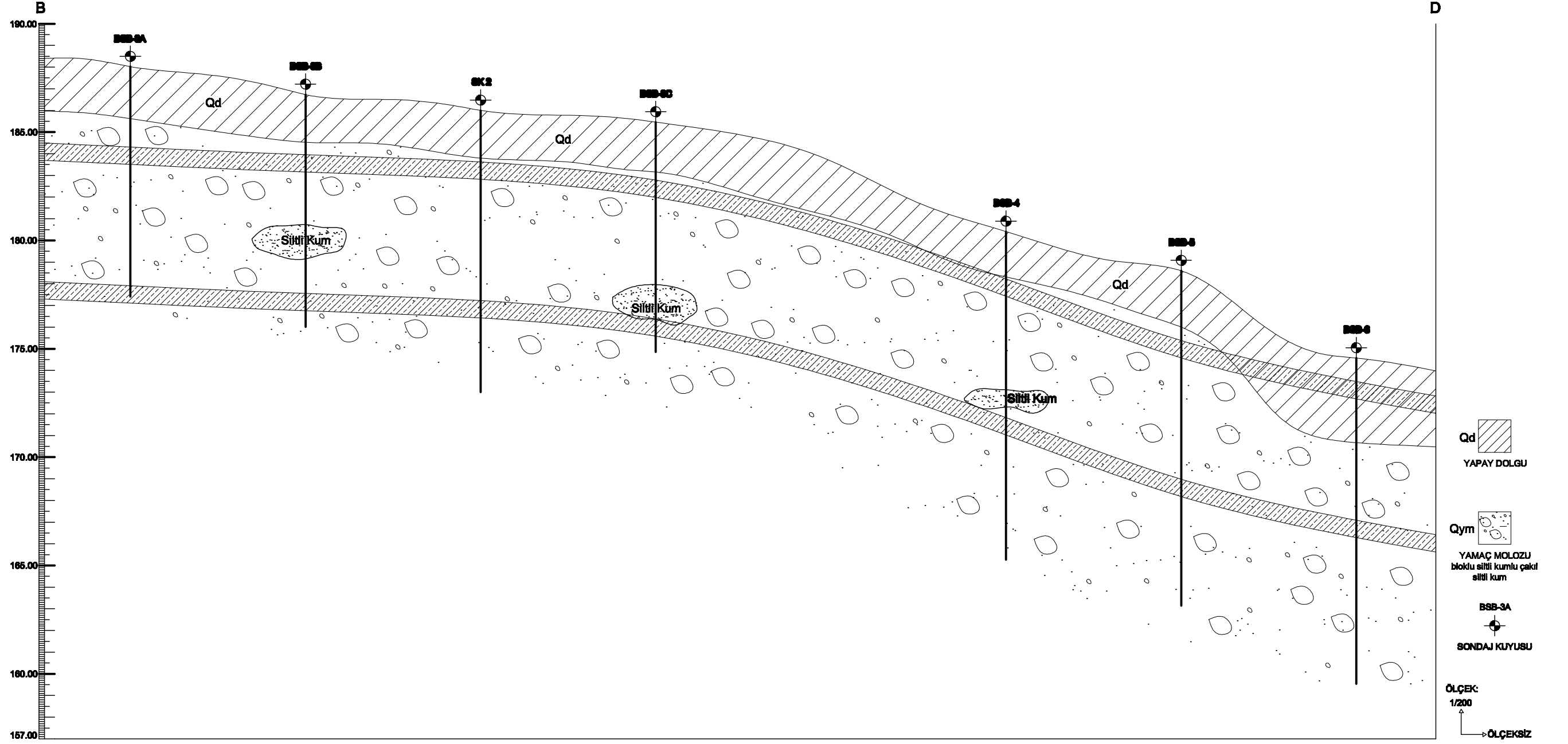
EKLER

- Ek 1. Acem Reis Tüneli kesiminin jeolojik kesiti.
- Ek 2. Acem Reis Tüneli kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi.
- Ek 3. Gökdere Viyadüğü kesiminin jeolojik kesiti.
- Ek 4. Gökdere Viyadüğü kesimi SPT-N₃₀ değerlendirmesi.

ÖZGEÇMİŞ

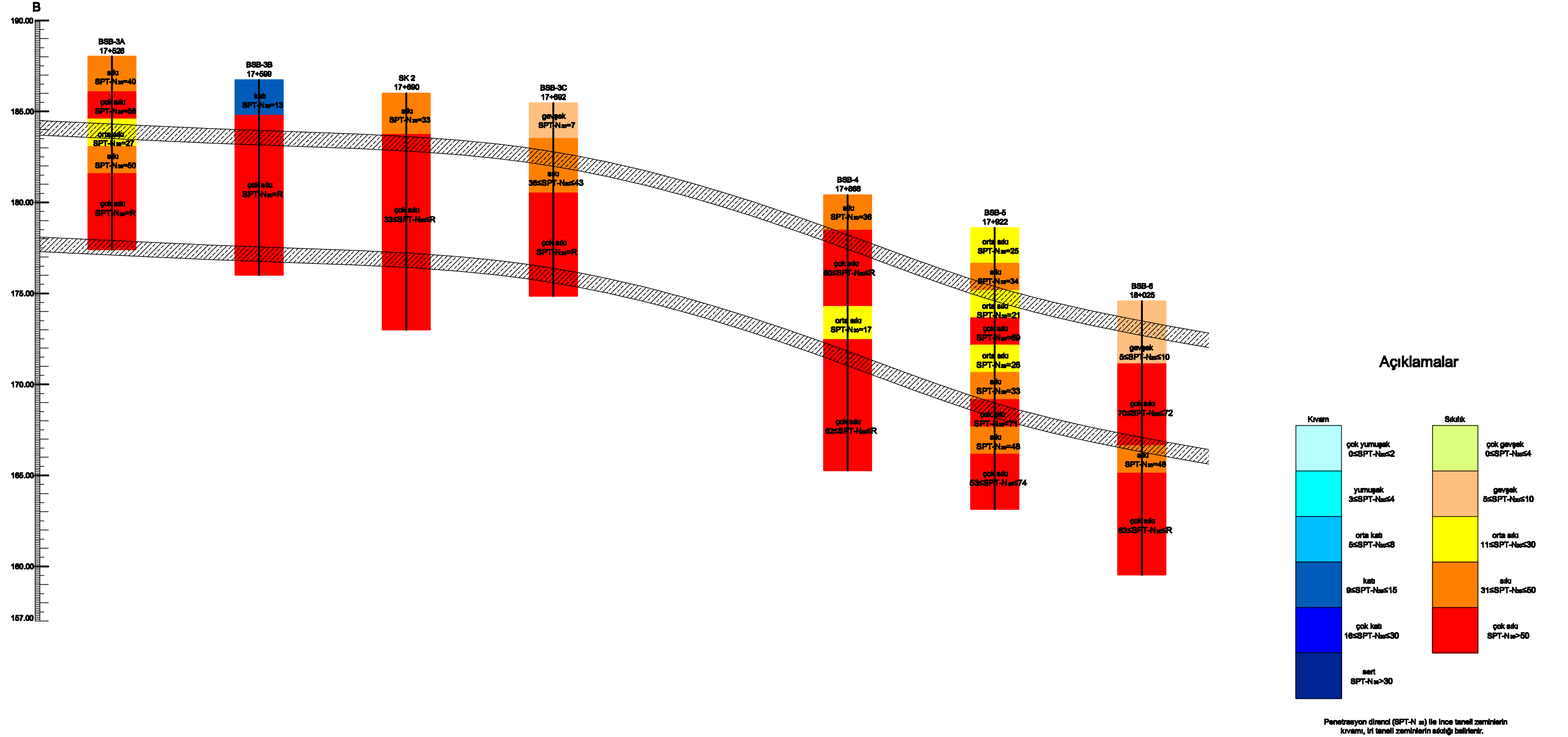
1982 yılında Artvin’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Bursa’da tamamladı. 2000 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden 2005 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 2005 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2007 yılından beri Protest Yapı Araştırma ve Test Merkezi A.Ş.’de Jeoloji Mühendisi olarak çalışmaktadır.

ACEM REİS TÜNELİ KESİMİNİN JEOLojİK KESİTİ



Ek 1. Acem Reis Tüneli kesiminin jeolojik kesiti

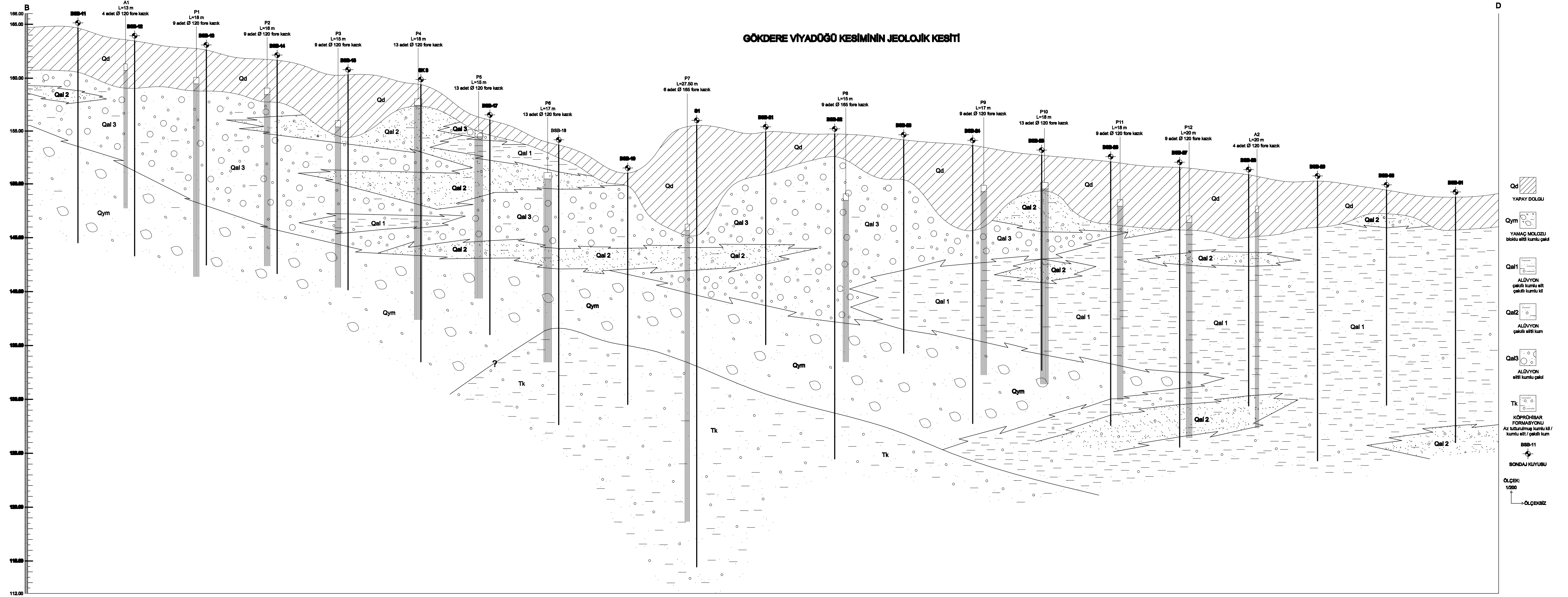
ACEM REİS TÜNELİ KESİMİ SPT-N₆₀ DEĞERLENDİRMESİ



Ek 2. Acem Reis Tüneli kesimi SPT-N₆₀ değerlendirmesi

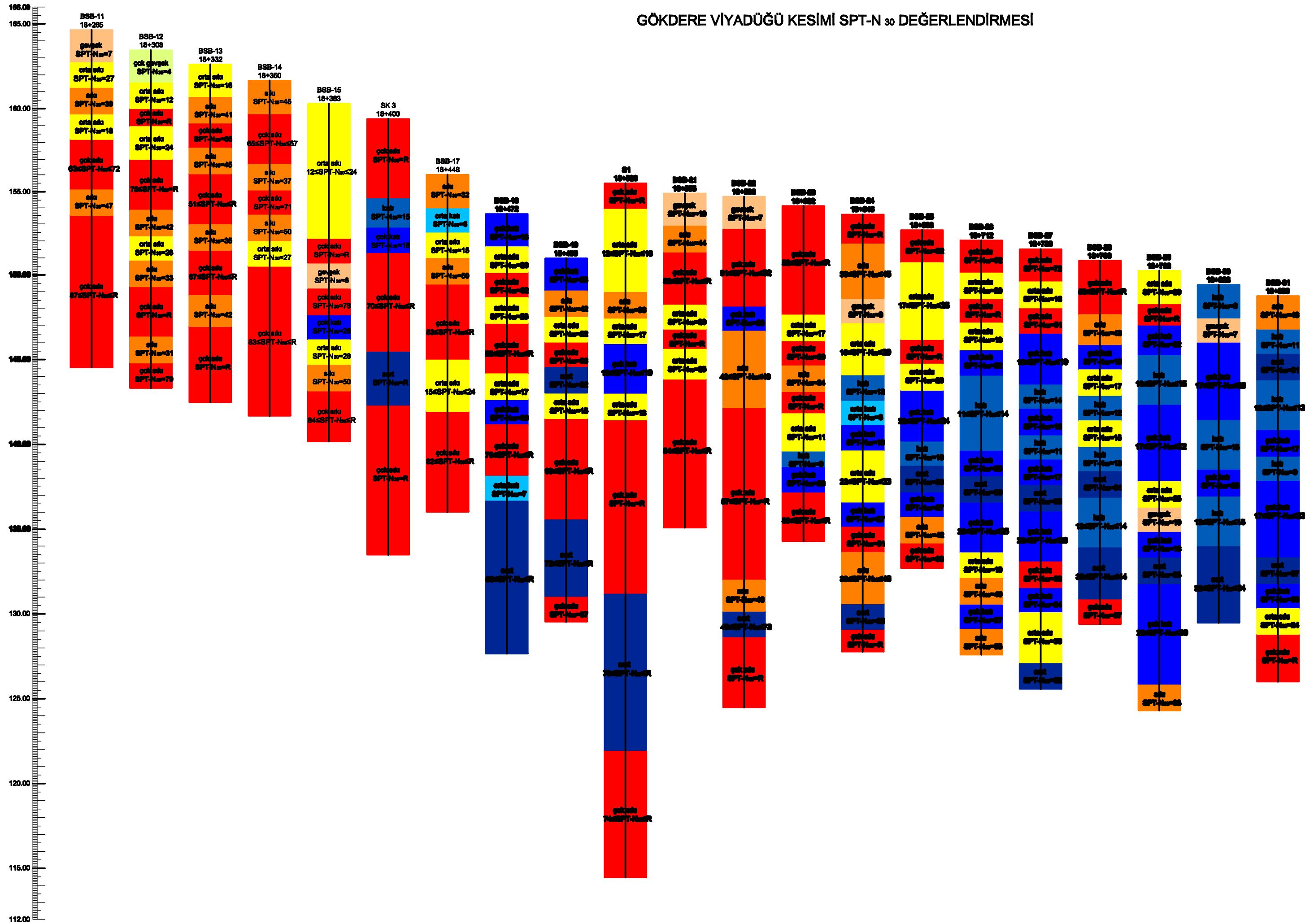
ÖLÇEK:
1/200
↑
→ ÖLÇEKSİZ

GÖKDERE VIYADÜĞÜ KESİMİNİN JEOLJİK KESİTİ



Ek 3. Gökdere Viyadüğü kesiminin jeolojik kesiti

GÖKDERE VİYADÜĞÜ KESİMİ SPT-N₃₀ DEĞERLENDİRMESİ



Açıklamalar

Penetrasyon direnci (SPT-N₃₀) ile ince taneli zeminlerin kıvrımı, iri taneli zeminlerin sıklığı belirtilir.

ÖLÇEK:
1/200
→ ÖLÇEKSİZ

Ek 4. Gökdere Viyadüğü kesimi SPT-N₃₀ değerlendirilmesi