T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

83919

BOZTEPE (MALATYA) BARAJI EKSEN YERİNDEKİ KAYAÇLARIN JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİ VE AYRIŞMA DERECELERİNİN İNCELENMESİ

Zülfü GÜROCAK

DOKTORA TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ELAZIĞ
1999

T.C.

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BOZTEPE (MALATYA) BARAJI EKSEN YERİNDEKİ KAYAÇLARIN JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİ VE AYRIŞMA DERECELERİNİN İNCELENMESİ

Zülfü GÜROCAK

DOKTORA TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez, ... Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından Oybirliği /~~Oyçokluğu~~ / İle Başarılı /~~Başarısız~~ Olarak Değerlendirilmiştir.

Danışman	Üye	Üye
Doç.Dr. Bahattin ÇETİNDAĞ	Doç.Dr. Reşat ULUSAY	Doç.Dr. Recep KILIÇ

ÖZET

DOKTORA TEZİ

BOZTEPE (MALATYA) BARAJI EKSEN YERİNDEKİ KAYAÇLARIN JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN VE AYRIŞMA DERECELERİNİN İNCELENMESİ

Zülfü GÜROCAK

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü,
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

1999, Sayfa: 106

Bu çalışmada, Boztepe Barajı eksen yerinde yüzeyleyen bazalt ve tüfitlerin jeomekanik özelliklerinin ve ayrışma derecelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak baraj göl alanı ve yakın çevresinin 1/20 000 ölçekli jeoloji, eksen yerinin ise 1/2500 ölçekli mühendislik jeolojisi haritaları yapılmıştır. Baraj eksen yerinde açılmış olan temel sondajlarından alınan karotlar incelenmiş ve jeomekanik deneylerde kullanılmak üzere karot numuneler alınmıştır.

Baraj eksen yeri ve göl alanında yüzeyleyen birimlerdeki süreksizliklerin yönelimleri ölçülmüş ve bu ölçüler stereografik projeksiyon tekniğiyle değerlendirilerek, geçirimlilik ve şev duraylılığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Baraj eksen yerindeki bazaltlarda (1) ve (4) numaralı eklemler ile akma yüzeyleri, geçirimlilik açısından problem oluşturmaktadır. Tüfitler ise geçirimsiz özellikte olduklarından, bu birimin içerdiği süreksizliklerin geçirimlilik üzerinde herhangi bir etkisi söz konusu değildir.

Baraj eksen yeri ve göl alanındaki bazaltlar için yapılan kinematik duraylılık analizlerinin sonuçlarına göre; eklem sistemleri ve akma yüzeylerinin herhangi bir şev duraysızlığına neden olmayacakları belirlenmiştir. Tüfitler ise, çok ayrışmış olduklarından meydana gelebilecek olan kitle hareketi dairesel yenilme tipinde olacaktır.

Temel sondajı karotlarının incelenmesi, jeomekanik deney sonuçları ve yerinde (in-situ) yapılan geçirimlilik deneylerine ait verilere göre eksen yerindeki bazalt ve tüfitler için sınıflamalar yapılmıştır. Bu sınıflamalara göre; bazaltlar orta-düşük RQD grubunda, düşük-orta çatlaklı, düşük-orta boşluklu, geçirimsiz-az geçirimli-geçirimli kaya sınıfındadır. Tüfitler ise çok düşük - düşük - orta RQD grubunda, orta - düşük çatlaklı, çok fazla boşluklu ve geçirimsiz - az geçirimli kaya sınıfındadır.Tek eksenli sıkışma dayanımı ve modül oranına göre bazaltlar, orta - düşük dirençli ve orta - yüksek modül oranlı, tüfitler çok düşük dirençli ve düşük orta modül oranlıdır.

Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında geçirimlilik, RQD, ISRM'ye göre ayrışma derecesi ve Birleşik Ayrışma İndisi'e göre zonlamalar yapılmıştır. Bazaltlarda Birleşik Ayrışma İndisi'ne göre az, orta, fazla ve çok fazla ayrışma dereceleri, ISRM tarafından önerilen ayrışma sınıflamasında sırasıyla az, orta, fazla ve ileri derecede ayrışma derecelerine karşılık gelmektedir. Tüfitlerde ise Birleşik Ayrışma İndisi'ne göre çok fazla ayrışma derecesi, ISRM ayrışma sınıflamasında orta ve fazla ayrışma derecelerine karşılık gelmektedir. RQD ve geçirimliliğe göre yapılan bölgelendirmelerde; RQD'nin düşük ve yüksek olduğu seviyelerde geçirimlilik az, orta olduğu seviyelerde geçirimlilik fazladır.

Çevirme tüneli güzergahında Jeomekanik Kaya Kütlesi Sınıflaması yapılarak kazı şekli, kayaçların desteksiz durma süresi ve kullanılacak destek türleri belirlenmiştir. Bu sınıflamaya göre 0.00-105.00 m arasındaki tüfitler zayıf kaya, 105.00-240.00 m arasındaki bazaltlar iyi kaya, 240.00-565.00 m arasındaki bazaltlar ise orta kaya sınıfındadır.

Baraj eksen yerindeki bazalt ve tüfitlerin jeomekanik özellikler arasındaki ilişkiler regresyon analizleri ile incelenmiş ve kolay belirlenebilen özelliklerden yararlanarak daha zor ve pahalı deneylerle belirlenebilen özelliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bazaltlarda yapılan regresyon analizlerine göre incelenen özellikler

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

arasındaki ilişkiler doğrusal, polinominal, logaritmik ve üsseldir. Tüfitlerdeki ilişkiler de doğrusal, polinominal ve üsseldir.

Anahtar Kelimeler: Ayrışma derecesi, birleşik ayrışma indisi, geçirimlilik, jeomekanik özellikler, mühendislik sınıflaması, regresyon analizi, şev duraylılığı.

tuffites are impermeable, it is cosidered that there is not any effect of discontinuties on permeability.

Based on the results of the kinematical stability analyses carried out for the basalts at the axis of the dam site and resevoir area, it was determined that joint systems and flow surfaces will not cause any slope instability. Since the tuffites are highly weathered, any possible mass movement may occur in the form of circular failure.

The basalts and tuffites at the axis of the dam site were classified after examining the borehole cores, based on the results of a geomechanical laboratory testing program and data obtained from in-situ permeability tests. These classifications indicated that the basalts are in classes of rocks with fair-poor quality according to the RQD value, low to medium joint frequency, low to medium void ratio and impermeable-slightly-high permeable rocks. The tuffites are in classes of rocks with very poor-poor-fair quality according to the RQD value, medium-low joint frequency, very low void and impermeable-slightly permeable rocks. On the basis of the uniaxial compressive strength and modulus ratio, the basalts have medium to-low strength and high modulus ratio, the tuffites have very low strength and low to medium modulus ratio.

At the axis of the dam site and the derivation tunnel zoning was done according to permeability, RQD, weathering degree according to ISRM and Unified Alteration Index. In the basalts slightly altered, moderately altered, highly altered and extremely altered degrees according to Unified Alteration Index are equivalent to slight, moderate, high and complete weathering degrees respectively in ISRM weathering degree classification. In the tuffites extremely alteration degree according to Unified Alteration Index is equivalent to moderately and highly weathering degrees. In zoning done according to RQD value and permeability; permeability is low at the levels where RQD values are low or high; and is high at the levels where RQD values are moderate.

In derivation tunnel by RMR system classification; type of excavation, stand-up time of rocks, type of support are determined. According to RMR rock classification the tuffites between 0.00-105.00 m are in poor rock, the basalts between 105.00 - 240.00 m are in good rock and the basalts between 240.00-565.00 m are in fair rock classes.

The relationships between the properties of the basalts and tuffites at the axis of the dam site were examined by regression analyses and it was aimed to determine the

properties achieved by expensive and difficult laboratory tests by assistance of easier and inexpensive ones. The regression analyses for the geomechanical properties examined revealed that, linear, polynominal, logarithmic and exponential relationships exist between these properties. For the tuffites the relationships are also linear, polynominal and exponential.

Key Words: Engineering classification, geomechanical properties, permeability, regression analysis, slope stability, unified alteration index, weathering degree,

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında yardım ve desteklerini esirgemeyen sayın hocalarım Doç.Dr. Bahattin ÇETİNDAĞ ile özellikle mühendislik jeolojisi çalışmalarına değerli katkı ve görüşleriyle yön veren Ankara Üniversitesi öğretim üyelerinden Doç.Dr. Recep KILIÇ'a, duraylılık analizleri ve istatistiksel değerlendirmeler konusundaki yardım ve ilgisinden dolayı Hacettepe Üniversitesi öğretim üyelerinden Doç.Dr. Reşat ULUSAY'a teşekkür ederim. Ayrıca, gösterdiği yakın ilgiden dolayı Ankara Üniversitesi öğretim üyelerinden Prof.Dr. Baki CANİK'e teşekkür ederim.

Sondaj karotlarının incelenmesinde ve örnek alımındaki yardımlarından dolayı değerli dostum Dr. Nihat KARABİBER'e, tezin her aşamasında yardımını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Arş.Gör. Ali KAYA ve Arş.Gör. Ayhan KOÇBAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı maddi olarak destekleyen F.Ü. Araştırma Fonu'na, gösterdikleri ilgiden dolayı tüm DSİ personeline ve bölümümüz laborantı Fuat İSTEK'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ 1

1.1. Amaç ve Kapsam 1

1.2. Önceki Çalışmalar 2

2. BÖLGENİN TANITIMI 5

2.1. Topoğrafya ve Drenaj 5

2.2. Boztepe Barajı'nın Yeri ve Ulaşımı 5

2.3. İklim ve Bitki Örtüsü 5

2.4. Boztepe Barajı'nın Karakteristik Özellikleri ve Baraj Kesiti 7

3. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLOJİSİ 10

3.1. Stratigrafi 10

3.1.1. Hekimhan ofiyolitleri 10

3.1.2. Medik formasyonu 12

3.1.3. Akyar formasyonu 15

3.1.4. Yamadağ volkanitleri 16

3.1.4.1. Kumtaşı - kiltaşı üyesi 17

3.1.4.2. Tüfit üyesi 19

3.1.4.3. Bazalt üyesi 19

3.1.4.4. Aglomera üyesi 21

3.1.4.5. Dasit üyesi 21

3.1.5. Beylerderesi formasyonu 22

3.1.6. Taraça 23

3.1.7. Alüvyon 23

3.1.8. Yamaç molozu 23

3.2. Tektonik 23

3.2.1. Faylar 24

3.2.2. Kıvrımlar 24

3.2.3. Eklemler 26

3.2.4. Uyumsuzluklar 26

3.3. Hidrojeoloji 28

3.3.1. Çalışma alanındaki başlıca akarsular ve su noktaları 28

3.3.2. Su taşıyan formasyonlar 29
3.3.2.1. Medik formasyonu içerisindeki kireçtaşı blokları 29
3.3.2.2. Yamadağ volkanitleri 29
3.3.2.3. Beylerderesi formasyonu 30
3.3.3. Yüzey ve yeraltı sularının hidrokimyası 30
3.3.3.1. Kimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi 30
4. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ ÇALIŞMALARI VE DEĞERLENDİRMELER 32
4.1. Arazi İncelemeleri 33
4.1.1. Temel sondajları 33
4.1.2. Süreksizliklere ait ölçümler 33
4..2. Baraj Eksen Yeri ve Göl Alanındaki Birimlerin Geçirimliliği 50
4.2..1. Baraj eksen yerinin geçirimliliği 50
4..2.2.Baraj göl alanının geçirimliliği..... 51
4.3. Baraj Eksen Yeri ve Göl Alanının Duraylılığı 53
4.3.1. Eksen yerinin duraylılığı 53
4.3.2. Göl alanının yakınında gözlenen duraysızlıklara ilişkin değerlendirmeler..... 58
4.4. Laboratuvar Deneyleri 64
4.4.1. Malzeme ve yöntem 64
4.5. Birimlerin Fiziksel ve Mühendislik Özelliklerine Göre Sınıflandırılmaları 66
4.5.1. Bazaltların fiziksel ve jeomekanik özelliklerine Göre yapılan sınıflamalar 67
4.5.2. Tüfitlerin fiziksel ve jeomekanik özelliklerine göre yapılan sınıflamalar 70
4.5.3. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında bölgelendirme çalışması 74
4.5.4. Çevirme tüneli güzergahındaki birimlerin kaya kütlesi sınıflaması 78
4.6. Jeomekanik ve Fiziksel Özellikleri Arasındaki İlişkiler 82
4.6.1. Bazaltların jeomekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler 83
4.6.2. Tüfitlerin jeomekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler 90
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 96
KAYNAKLAR 102
EKLER

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İnceleme alanının yer belirleme haritası 6
Şekil 2.2. Boztepe Barajı yağış alanına ait eş yağış haritası 8
Şekil 2.3. Boztepe Barajı gövdesinin enine kesiti 9
Şekil 3.1. İnceleme alanının ölçeksiz tektono-stratigrafik kesiti 11
Şekil 3.2. Hekimhan ofiyolitlerine ait diyabazların görünümü 14
Şekil 3.3. Medik Formasyonu'ndan bir görünüm 14
Şekil 3.4. Akyar formasyonuna ait kumtaşlarının görünümü 18
Şekil 3.5. Yamadağ Volkanitleri'ne ait kumtaşı-kiltaşı, tüfit, bazalt ve aglomera üyelerinin görünümü 18
Şekil 3.6. Bazaltlarda gözlenen yastık lavlar 20
Şekil 3.7. Sütun bazaltlardan bir görünüm 20
Şekil 3.8. Akyazı bindirme fayının görünümü 25
Şekil 3.9. Akyazı bindirme fayının etkisiyle dikleşen Akyar formasyonuna ait tabakaların görünümü 25
Şekil 3.10. Tüfitlerde gelişmiş olan kıvrımın görünümü 27
Şekil 3.11. Tüfitler içerisinde gelişen kıvrıma ait kontur diyagramı 27
Şekil 4.1. Baraj eksen yeri sol yamaçtaki bazaltlarda ölçülen 520 adet eklem yönelimine ait kontur diyagramı 37
Şekil 4.2. Baraj eksen yeri sol yamaçtaki bazaltlarda belirlenen başlıca eklem setlerinin büyük daireleri 37
Şekil 4.3. Baraj eksen yeri sol yamaçtaki bazaltlarda ölçülen 55 adet akma yüzeyinin yönelimine ait kontur diyagramı 38
Şekil 4.4. Baraj eksen yeri sol yamaçtaki bazaltlarda ölçülen akma yüzeylerinin büyük dairesi 38
Şekil 4.5. Baraj eksen yeri sağ yamaçtaki tüfitlerde ölçülen 241 adet tabaka yönelimine ait kontur diyagramı 39
Şekil 4.6. Baraj eksen yeri sağ yamaçtaki tüfitlerde ölçülen tabakaların büyük dairesi 39
Şekil 4.7. Baraj eksen yeri sağ yamaçtaki tüfitlerde ölçülen 165 adet eklem yönelimine ait kontur diyagramı 40

Şekil 4.8. Baraj eksen yeri sağ yamaçtaki tüfitlerde belirlenen başlıca eklem setlerinin büyük daireleri 40
Şekil 4.9. Göl alanı sol sahildeki Akyar formasyonunda ölçülen 58 adet tabaka yönelimine ait kontur diyagramı 41
Şekil 4.10. Göl alanı sol sahildeki Akyar formasyonunda ölçülen tabakaların büyük dairesi 41
Şekil 4.11. Göl alanı sol sahildeki Akyar formasyonunda ölçülen 139 adet eklem yönelimine ait kontur diyagramı 42
Şekil 4.12. Göl alanı sol sahildeki Akyar formasyonunda belirlenen başlıca eklem setlerinin büyük daireleri 42
Şekil 4.13. Göl alanı sol sahildeki kiltaşlarında ölçülen 133 adet tabaka yönelimine ait kontur diyagramı 43
Şekil 4.14. Göl alanı sol sahildeki kiltaşlarında ölçülen tabakaların büyük dairesi .. 43
Şekil 4.15. Göl alanı sol sahildeki tüfitlerde ölçülen 75 adet tabaka yönelimine ait kontur diyagramı 44
Şekil 4.16. Göl alanı sol sahildeki tüfitlerde ölçülen tabakaların büyük dairesi 44
Şekil 4.17. Göl alanı sol sahildeki tüfitlerde ölçülen 138 adet eklem yönelimine ait kontur diyagramı 45
Şekil 4.18. Göl alanı sol sahildeki tüfitlerde belirlenen başlıca eklem setlerinin büyük daireleri 45
Şekil 4.19. Göl alanı sol sahildeki bazaltlarda ölçülen 236 adet eklem yönelimine ait kontur diyagramı 46
Şekil 4.20. Göl alanı sol sahildeki bazaltlarda belirlenen başlıca eklem setlerinin büyük daireleri 46
Şekil 4.21. Göl alanı sağ sahildeki Akyar formasyonunda ölçülen 114 adet tabaka yönelimine ait kontur diyagramı 47
Şekil 4.22. Göl alanı sağ sahildeki Akyar formasyonunda ölçülen tabakaların büyük dairesi 47
Şekil 4.23. Göl alanı sağ sahildeki Akyar formasyonunda ölçülen 153 adet eklem yönelimine ait kontur diyagramı 48

Şekil 4.24. Göl alanı sağ sahildeki Akyar formasyonunda belirlenen başlıca eklem setlerinin büyük daireleri 48
Şekil 4.25. Göl alanı sağ sahildeki kiltaşlarında ölçülen 87 adet tabaka yönelimine ait kontur diyagramı 49
Şekil 4.26. Göl alanı sağ sahildeki kiltaşlarında ölçülen tabakaların büyük dairesi .. 49
Şekil 4.27. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında Lugeon geçirimlilik değerlerine göre yapılan bölgelendirme 52
Şekil 4.28. Baraj eksen yerindeki tüfitlerin oluşturduğu duraylı yamaçlarda eğim açısı ve yükseklik arasındaki ilişki 54
Şekil 4.29. Baraj eksen yeri sol yamaçta düzlemsel ve kama türü kayma için kinematik analiz 56
Şekil 4.30. Baraj eksen yeri sol yamaçta devrilme türü kayma için kinematik analiz 56
Şekil 4.31. Baraj eksen yeri sol yamaçta akma yüzeylerinde düzlemsel türü kayma için kinematik analiz 57
Şekil 4.32. Baraj eksen yeri sol yamaçta akma yüzeylerinde devrilme türü kayma için kinematik analiz 57
Şekil 4.33. 1 numaralı heyelanın görünümü 59
Şekil 4.34. 2 numaralı heyelanın görünümü 59
Şekil 4.35. 3 numaralı heyelanın görünümü 61
Şekil 4.36. 5 numaralı heyelanın görünümü 61
Şekil 4.37. Baraj göl alanı sol sahilindeki bazaltlarda düzlemsel ve kama türü kayma için kinematik analiz 63
Şekil 4.38. Baraj göl alanı sol sahilindeki bazaltlarda devrilme türü kayma için kinematik analiz 63
Şekil 4.39. Deere ve Miller (1966)'in tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile elastisite modülünü (E_t) esas alan mühendislik sınıflamasında çalışma alanındaki bazaltların dağılımı 69
Şekil 4.40. Birleşik Ayrışma İndisi (UAI) - tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) grafiğinde çalışılan bazaltların dağılımı 70

Şekil 4.41. Deere ve Miller (1966)'in tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile elastisite modülünü (E_t) esas alan mühendislik sınıflamasında çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı 73
Şekil 4.42. Birleşik Ayrışma İndisi (UAI) - tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) grafiğinde çalışılan tüfitlerin dağılımı 74
Şekil 4.43. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında ISRM (1981) tarafından önerilen ayrışma derecesine (W) göre yapılan bölgelendirme 75
Şekil 4.44. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında Birleşik Ayrışma İndisi'ne (UAI) göre yapılan bölgelendirme 76
Şekil 4.45. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında RQD değerlerine göre yapılan bölgelendirme 77
Şekil 4.46.Çevirme tüneli güzergahında Kaya Kütlesi Sınıflaması'na (RMR) göre yapılan bölgelendirme 81
Şekil 4.47. Bazaltlarda tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile birim ağırlık (γ) arasındaki ilişki 86
Şekil 4.48. Bazaltlarda tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile porozite (n) arasındaki ilişki 86
Şekil 4.49. Bazaltlarda tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile ağırlıkça su emme (Aa) arasındaki ilişki 86
Şekil 4.50. Bazaltlarda tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile hacimce su emme (Av) arasındaki ilişki 86
Şekil 4.51. Bazaltlarda tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile P dalga hızı (C_p) arasındaki ilişki 87
Şekil 4.52. Bazaltlarda statik elastisite modülü (E_s) ile birim ağırlık (γ) arasındaki ilişki 87
Şekil 4.53. Bazaltlarda statik elastisite modülü (E_s) ile porozite (n) arasındaki ilişki 87
Şekil 4.54. Bazaltlarda statik elastisite modülü (E_s) ile ağırlıkça su emme (Aa) arasındaki ilişki 87
Şekil 4.55. Bazaltlarda statik elastisite modülü (E_s) ile hacimce su emme (Av) arasındaki ilişki 88

Şekil 4.56. Bazaltlarda statik elastisite modülü (E_s) ile P dalga hızı (C_p) arasındaki ilişki 88
Şekil 4.57. Bazaltlarda UAI ile birim ağırlık (γ) arasındaki ilişki 88
Şekil 4.58. Bazaltlarda UAI ile porozite (n) arasındaki ilişki 88
Şekil 4.59. Bazaltlarda UAI ile ağırlıkça su emme (Aa) arasındaki ilişki 89
Şekil 4.60. Bazaltlarda UAI ile hacimce su emme (Av) arasındaki ilişki 89
Şekil 4.61. Bazaltlarda UAI ile P dalga hızı (C_p) arasındaki ilişki 89
Şekil 4.62. Tüfitlerde tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile birim ağırlık (γ) arasındaki ilişki 93
Şekil 4.63. Tüfitlerde tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile porozite (n) arasındaki ilişki 93
Şekil 4.64. Tüfitlerde tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile P dalga hızı (C_p) arasındaki ilişki 93
Şekil 4.65. Tüfitlerde statik elastisite modülü (E_s) ile birim ağırlık (γ) arasındaki ilişki 93
Şekil 4.66. Tüfitlerde statik elastisite modülü (E_s) ile porozite (n) arasındaki ilişki 94
Şekil 4.67. Tüfitlerde statik elastisite modülü (E_s) ile P dalga hızı (C_p) arasındaki ilişki 94
Şekil 4.68. Tüfitlerde UAI ile birim ağırlık (γ) arasındaki ilişki 94
Şekil 4.69. Tüfitlerde UAI ile porozite (n) arasındaki ilişki 94
Şekil 4.70. Tüfitlerde UAI ile P dalga hızı (C_p) arasındaki ilişki 95

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1. Baraj göl alanı içerisinde bulunan kaynak ve çeşmelerin debileri 29
Çizelge 3.2. Suların betondaki zararlı etkinlik derecelerinin TS 3440 (1982)'ye göre sınır değerleri 31
Çizelge 4.1. Baraj eksen yeri ve göl alanında açılan temel sondajlarına ait bilgiler . 34
Çizelge 4.2. Baraj eksen yeri ve göl alanında yüzeylenen birimlerin içerdiği süreksizliklerin ana doğrultu ve eğimleri 36
Çizelge 4.3. Alüvyonda yapılan sabit seviyeli geçirgenlik deneyleri sonucunda elde edilen geçirimlilik değerleri 51
Çizelge 4.4. Bazaltların fiziksel ve jeomekanik özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi 65
Çizelge 4.5. Tüfitlerin fiziksel ve jeomekanik özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi 65
Çizelge 4.6. Deere (1963)'nin RQD sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması 67
Çizelge 4.7. Franklin vd.(1971)'nin eklem sıklığı sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması 67
Çizelge 4.8. Moos ve Quervaini (1948)'nin gözeneklilik sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması 68
Çizelge 4.9. Lugeon (1933)'un geçirimlilik sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması 68
Çizelge 4.10. Deere ve Miller (1966)'in tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması 68
Çizelge 4.11. Deere ve Miller (1966)'in modül oranı (E_t/σ_c) sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması 68
Çizelge 4.12. Iliev (1966)'in P dalga hızına (C_p) göre önerdiği ayrışma derecesi sınıflamasında çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması 69

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Çizelge 4.13. ISRM (1981) tarafından önerilen ayrışma derecesi (W) sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması 69
Çizelge 4.14. Kılıç (1997)'ın Birleşik Ayrışma İndisi (UAI) sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması 70
Çizelge 4.15. Deere (1963)'nin RQD sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması 71
Çizelge 4.16. Franklin vd.(1971)'nin eklem sıklığı sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması 71
Çizelge 4.17. Moos ve Quervaini (1948)'nin gözeneklilik sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması 71
Çizelge 4.18. Lugeon (1933)'un geçirimlilik sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması 71
Çizelge 4.19. Deere ve Miller (1966)'in tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması 72
Çizelge 4.20. Deere ve Miller (1966)'in modül oranı (E_t/σ_c) sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması 72
Çizelge 4.21. Iliev (1966)'in P dalga hızına (C_p) göre önerdiği ayrışma derecesi sınıflamasında çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması 72
Çizelge 4.22. ISRM (1981) tarafından önerilen ayrışma derecesi (W) sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması 72
Çizelge 4.23. Kılıç (1997)'ın Birleşik Ayrışma İndisi (UAI) sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması 73
Çizelge 4.24. Çevirme tüneli güzergahındaki tüfit ve bazaltlar için öngörülen desteksiz durma süresi, kazı şekli ve destek sistemleri 80
Çizelge 4.25. Bazaltlarda incelenen özellikler için yapılan t - testine ait sonuçlar ve korelasyon katsayısına göre değişkenler arasındaki ilişkinin önem derecesi 83
Çizelge 4.26. Bazaltların jeomekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki anlamlı olarak belirlenen ilişkiler ve korelasyon katsayıları..... 84
Çizelge 4.27. Tüfitlerde incelenen özellikler için yapılan t - testine ait sonuçlar 90

Çizelge 4.28. Tüfitlerin jeomekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki anlamlı olarak belirlenen ilişkiler ve korelasyon katsayıları..... 91

EKLER LİSTESİ

Ek 1. Boztepe Barajı (Malatya-Yazıhan) göl alanının jeoloji haritası ve kesitleri.

Ek 2. Boztepe Barajı (Malatya-Yazıhan) eksen yerinin mühendislik jeolojisi haritası ve kesitleri.

Ek 3. İnceleme alanından alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Ek 4. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında yapılmış olan temel sondajlarına ait özet loglar.

Ek 5. Bazaltların fiziksel özellikleri.

Ek 6. Bazaltların jeomekanik özellikleri.

Ek 7. Tüfitlerin fiziksel özellikleri.

Ek 8. Tüfitlerin jeomekanik özellikleri.

Ek 9. Jeomekanik Kaya Kütlesi Sınıflandırma Sistemi.

SİMGELER

α	Yamaç eğim açısı
A_a	Ağırlıkça su emme
An	Anortit
A_v	Hacimce su emme
β	Süreksizlik eğim açısı
B	Batı
C_p	P dalga hızı
C_{pa}	Ayrışmış kayacın P dalga hızı
C_{pi}	Sağlam kayacın P dalga hızı
C_s	S dalga hızı
D	Doğu
Ec	Elektriksel iletkenlik
E_d	Dinamik elastisite modülü
E_s	Statik elastisite modülü
ϕ	İçsel sürtünme açısı
G	Güney
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
H	Yamaç yüksekliği
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
n	Porozite
p	Olasılık değeri
r	Korelasyon katsayısı
γ_d	Kuru birim ağırlık
γ_s	Doygun birim ağırlık
RQD	Kaya kalite tanımı
σ_c	Tek eksenli sıkışma dayanımı

σ_{ca}	Ayrışmış kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı
σ_{ci}	Sağlam kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı
SK1	Temel sondajı
UAI	Birleşik ayrışma indisi
ν	Poisson oranı
W	Ayrışma derecesi
x	Bağımsız değişken
y	Bağımlı değişken

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada, Malatya ili Yazıhan ilçesi sınırları içerisinde, Yağca Çayı üzerinde yapılması planlanan Boztepe Barajı eksen yerinde yüzeyleyen kayaçların jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özellikler esas alınarak kaya sınıflamalarının yapılması, ayrışma derecelerinin tayin edilmesi, bu özellikler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve ayrıca eksen yerindeki kayaçların içerdiği süreksizliklerin yönelimleri kullanılarak kinematik analiz tekniğiyle şev duraylılığının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla baraj göl alanı ve yakın çevresinin 1/20 000 ölçekli jeoloji ve baraj eksen yerinin 1/2 500 ölçekli mühendislik jeolojisi haritaları yapılmış, baraj eksen yeri ve çevirme tüneli bölgesinde birimlerin yatay ve düşey dağılımlarını belirlemek amacıyla DSİ tarafından yapılan ve derinlikleri 12 m ile 100 m arasında değişen toplam 29 adet temel sondajının karotlarından ve yine DSİ tarafından sondaj sırasında yapılan geçirimlilik deneylerine ait verilerden yararlanılmıştır. Sondajlardan derlenen karot numuneler üzerinde yapılan deneylerle baraj eksen yerinde yüzeyleyen bazalt ve tüfitlerin mineralojik, fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Kayaçların içerdiği eklem, tabakalanma ve akma yüzeyi gibi süreksizliklerin yönelimlerine ait ölçüler stereografik projeksiyonlarla değerlendirilmiş ve bu süreksizlik düzlemlerinin geçirimlilik ve şev duraylılığı üzerindeki muhtemel etkileri belirlenmiştir. Jeomekanik özellikler esas alınarak eksen yerinde ve tünel güzergahında kaya sınıflamaları yapılmıştır. Jeomekanik özellikler arasındaki ilişkiler regresyon analizleri ile incelenmiş, elde edilen sonuçlar kullanılarak tayini basit olan fiziksel parametrelerden hareketle jeomekanik parametrelerin tahmininde kullanılabilecek ilişkiler önerilmiştir.

1.2. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı, Ketin (1966) tarafından tanımlanmış olan Toros Tektonik Birliği'nin doğu kesiminde yer almaktadır. Bölgede, büyük ölçekli mühendislik yapılarının (Keban ve Karakaya barajları), Türkiye'nin önemli tektonik hatlarından birisi olan Doğu Anadolu Fay Zonu'nun ve ekonomik öneme sahip maden yataklarının (Maden, Guleman, Cafana) yer alması nedeniyle, inceleme alanı değişik konularda çalışan yerbilimcilerin ilgisini çekmiş ve bölgede günümüze değin değişik amaçlı birçok çalışma yapılmıştır..

İnceleme alanı ve yakın çevresinde jeoloji amaçlı ilk çalışmaların 1900'lü yıllarda başladığı ve bu dönemde özellikle yabancı yerbilimcilerin araştırma yaptıkları bilinmektedir. Bu yabancı araştırmacıların (Berg, 1910; Chaput, 1931; Pare'jas vd., 1940 gibi) çalışmalarından sonra bölgede ilk sistemli ve ciddi çalışmalar MTA Enstitüsü tarafından 1940'lardan sonra gerçekleştirilmiştir.

Malatya civarında jeolojik amaçlı ilk rapor Stefanski (1941) tarafından hazırlanmıştır. Araştırmacı, bölgedeki temel kayaçların tortul kökenli mikaşistler olduğunu ve bu temel kayaçların kıvrımlandığını belirtmiştir.

Stchepinsky (1944) Malatya civarında yüzeyleyen mermerlerin, paleontolojik verilere dayanarak, Permo - Karbonifer yaşlı olduklarını ve birçok yerde Meastrihtiyen yaşlı flişler tarafından örtüldüğünü belirtmektedir.

Holzer (1955) ise, Malatya bölgesinin 1/100 000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır.

Baykal (1966) tarafından gerçekleştirilen çalışma sonucunda, inceleme alanını da kapsayan 1/500 000 ölçekli Sivas Paftası hazırlanmış ve bölgenin stratigrafisi ile tektoniği açıklanmaya çalışılmıştır.

Ayan ve Bulut (1964), Balaban - Kurşunlu - Levent - Yazıhan (Malatya) civarında yaptıkları çalışmada, bölgede yüzeyleyen birimlerin stratigrafik konumları ile çökelme ortamlarını incelemişler ve bölgenin petrol olanaklarını araştırmışlardır.

Darende-Balaban (Malatya) havzasında yaptığı çalışmada Akkuş (1971), bölgede Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı sedimanter formasyonlarla, Jura - Kretase yaşlı ofiyolitler ile Eosen ve Alt Miyosen yaşlı volkanik kayaçların bulunduğunu belirtmektedir.

Yoldaş (1972) Malatya'nın kuzeyinde yaptığı çalışmada bölgedeki çökellerin stratigrafik ve litolojik özellikleri ile çökelme koşullarını açıklamaya çalışmıştır.

Aktimur (1979) ise, Malatya ve Sivas dolayının uzaktan algılama yöntemi ile tektonik çizgiselliklerini incelemiş ve inceleme alanının da üzerinde yer aldığı Malatya Fayı'nı tanımlamıştır.

Yazgan (1981, 1983, 1984), Elazığ - Malatya çevresinde yaptığı araştırmalarda bölgenin jeotektonik evrimini levha tektoniği teorisine göre açıklamaya çalışmıştır.

Perinçek ve Kozlu (1984) Afşin - Elbistan - Doğanşehir bölgesinde yaptıkları çalışmada, bölgede yüzeyleyen kayaçların stratigrafik ve tektonik konumlarını deneştirmeli olarak açıklamaya çalışmışlardır.

Medik - Ebreme (KB Malatya) civarında çalışan Örçen (1986), bölgedeki çökel kayaçların biyostratigrafisini ve paleontolojisini incelemiştir. Araştırmacı bölgede Üst Jura'dan Kuvaterner'e kadar değişik yaşlarda formasyonların bulunduğunu belirterek, bu formasyonların mikrofauna içeriklerini ve çökelme ortamlarını araştırmış, Türkiye'nin diğer bölgelerindeki eşdeğerleriyle biyostratigrafik ve kronostratigrafik korelasyonunu yapmıştır.

Bozkaya ve Yalçın (1991) Hekimhan'ın güneyinde ve doğusunda yeralan, Üst Kretase'den Alt Miyosen sonuna kadar devam eden sedimanter istifin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemişlerdir.

Görmüş (1992a, 1992b), Hekimhan (Malatya) yöresindeki Üst Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşlı Tohma resifinin jeolojik konumu, fasiyesi ve evrimini inceleyerek birimi dört litolojik üyeye ayırmıştır. Ayrıca Üst Kretase yaşlı istiflerin biyostratigrafisini inceleyen araştırmacı, bu istiflerde iki planktonik, dört de bentik foraminifer biyozonu belirlemiştir.

Hekimhan - Hasançelebi (Malatya) bölgesinde Boztuğ ve Yılmaz (1992) tarafından yapılan incelemede, Karadere ultramafiti ve Meastrihtiyen yaşlı Bahçedam volkanitine sokulum yapan Paleosen yaşlı Hasançelebi plütonunun kontağında gelişen metazomatik kayaçları incelemişlerdir.

Malatya ve Adıyaman illeri arasındaki geniş bir bölgede Önal ve Gözübol (1992), Malatya Metamorfitleri üstünde örtü birimleri şeklinde bulunan, Üst Kretase - Üst Eosen zaman aralığında çökelmiş olan tortul istifin stratigrafisini, yaşını, sedimanter fasiyeslerini

ve depolanma ortamlarını belirlemek ve bu istifin tektonizma ile olan ilişkisinin ortaya çıkarılması amacına yönelik bir çalışma yapmışlardır.

Görmüş (1993), Hekimhan (Malatya) bölgesindeki Kretase - Tersiyer istiflerin stratigrafik ilişkilerini ve çökelme ortamlarını incelemiştir.

Malatya - Elazığ - Tunceli - Bingöl - Diyarbakır dolaylarındaki Neojen - Kuvaterner yaşlı volkanitlerin petrolojisi konusunda çalışan Ercan ve Asutay (1993), inceleme alanında Orta Miyosen'den başlayarak Kuvaterner ortalarına değin çeşitli evrelerde yüzlekler veren volkanik kayaçlarda petrografik ve jeokimyasal çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda bu volkanitleri Orta - Üst Miyosen yaşlı Malatya volkanitleri, Üst Miyosen - Alt Pliyosen yaşlı Elazığ, Tunceli ve Bingöl volkanitleri ile Pliyo - Kuvaterner yaşlı Diyarbakır volkanitleri olmak üzere beş farklı gruba ayırmışlardır.

Malatya - Doğanşehir - Çelikhan bölgelerinde çalışan Karaman vd.(1993), inceleme alanında yüzeyleyen birimlerin stratigrafik konumları, yaşları ve çökelme ortamlarını incelemişlerdir.

Özdemir ve Tunç (1993), Hekimhan (Malatya) yöresindeki Üst Kretase yaşlı Hekimhan Formasyonu'nun paleontolojik ve stratigrafik özelliklerini incelemişlerdir. Bu inceleme sonucunda birimi üç üyeye ayıran araştırmacılar, ayrıca birim içerisinde üç planktonik foraminifer zonu tanımlamışlardır.

Gürer (1994) Hekimhan - Hasançelebi yöresinde yaptığı çalışmada, bölgedeki Üst Kretase stratigrafisini ve havza evrimi ile bu havzanın bölgesel jeoloji içindeki konumunu incelemiştir. Araştırmacı, bölgeye Geç Kampaniyen'de ofiyolit yerleşiminden sonra kabuk kalınlığının arttığını, dolayısıyla bölgenin yükselerek yer yer kara haline dönüştüğünü, gerilme kuvvetleri etkisiyle Geç Kampaniyen'de Yüksekova - Baskil Yayı kuzeyinde yay gerisi ensialik bir havzanın açıldığını ve bu havzanın Geç Meastrihtiyen'de olgunlaşarak Orta Eosen'de kapandığını belirtmektedir.

Nacar (1995) Kuruçay Projesi kapsamında Boztepe Barajı'nın mühendislik jeolojisi çalışmalarını yapmış ve planlama raporunu hazırlamıştır.

Önal (1995), Malatya graben havzasının kuzey kesiminde yaptığı çalışmada, bölgenin stratigrafisini, kömür potansiyelini ve neotektoniğini incelemiştir.

T.C. YÜKSEK ... ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

2. BÖLGENİN TANITIMI

Boztepe Barajı, Malatya ili Yazıhan ilçesinin yaklaşık 10 km kuzeybatısında ve Yağca Çayı üzerindedir.İnceleme alanı Malatya K 40 nolu 1/100 000 ölçekli topoğrafik haritanın 22^{000} - 31^{000} boylamları ile 80^{000} - 88^{000} enlemleri arasında kalmaktadır. 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritada ise yaklaşık 63 km^{2}'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 2.1).

2.1. Topoğrafya ve Drenaj

İnceleme alanı dağlık ve dolayısıyla engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Bu dağlık topoğrafyada yaklaşık KB - GD doğrultusunda uzanan Yağca Vadisi ile bu vadiye birleşen ve KD - GB doğrultusunda uzanan Halacak Vadisi yer almaktadır.

Yağca Vadisi kuzeydeki Yama Dağı'na kadar, Halacak Vadisi ise Tunceli iline bağlı Yoncalı yerleşim merkezine kadar uzanmaktadır. Kuzeydeki yükseltilerden her iki akarsu yatağına dendritik drenaj ağlarıyla gelen sular birleşmekte ve yaklaşık güneye doğru akarak havza dışına taşınmaktadırlar.

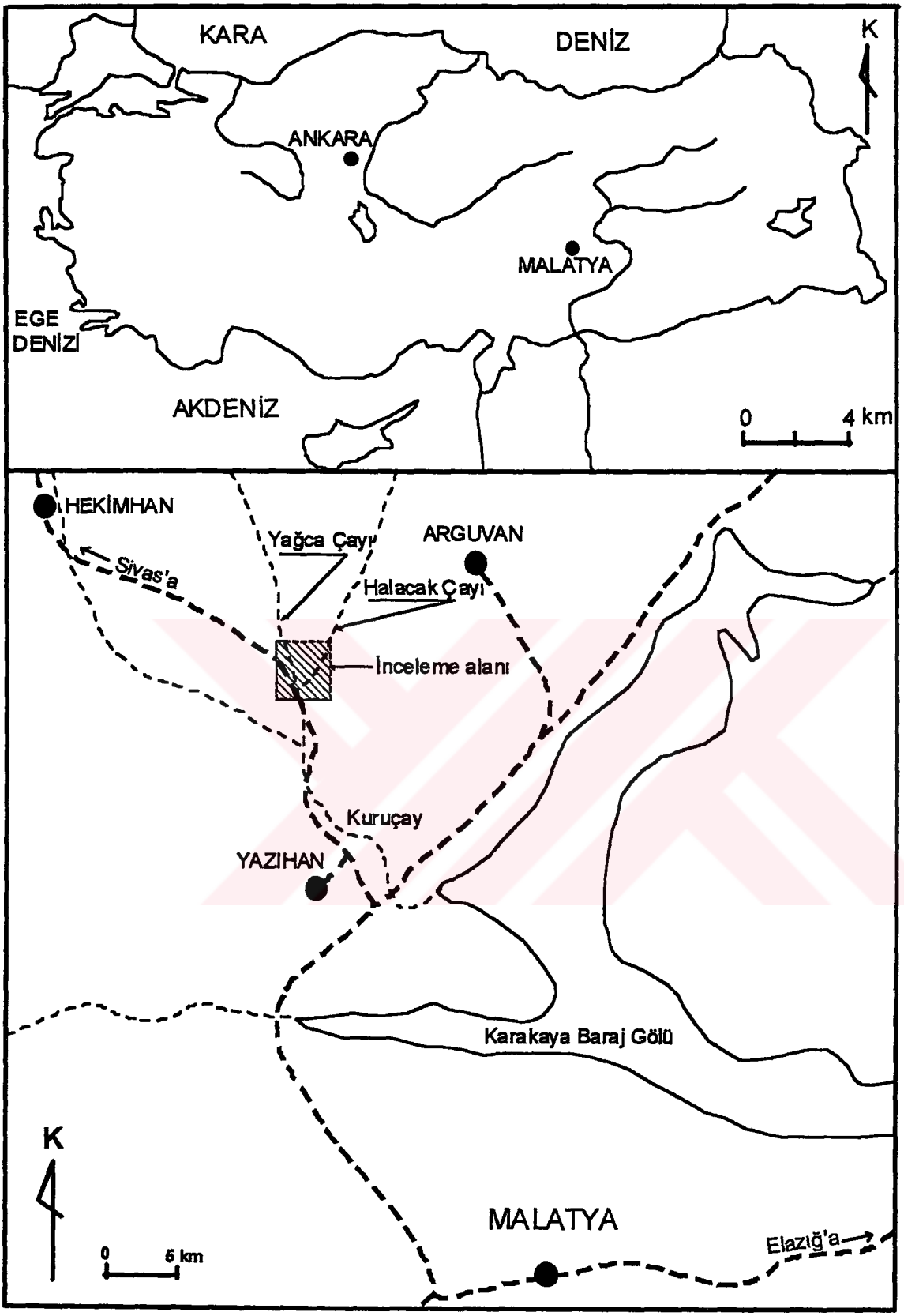
İnceleme alanının topoğrafik olarak en düşük noktasını Yağca Çayı yatağı oluşturmaktadır ve bu yataktaki baraj eksen yeri talveg kotu 831 m dir. Bölgedeki başlıca yükseltiler, Katil Tepe (1288 m), Aydınkuz Tepe (1275 m), Otkaya Tepe (1230), Ziyaret Tepe (1078), Boz Tepe (1105 m) ve Ak Tepe (943 m)'dir.

2.2. Boztepe Barajı'nın Yeri ve Ulaşımı

İnceleme alanı Malatya iline bağlı Yazıhan ve Hekimhan ilçeleri arasında yer almaktadır. En yakın yerleşim merkezi Yazıhan ilçesidir ve çalışma alanına yaklaşık 10 km mesafededir. Malatya - Sivas karayolu üzerinde bulunan inceleme alanına ulaşım asfalt yolla sağlanmaktadır. Bu yol baraj eksen yerinin yaklaşık 200 m batısından geçmektedir (Şekil 2.1).

2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanında Doğu Anadolu'nun tipik karasal iklimi hüküm sürmektedir. Bu iklimin karakteristik özelliği olarak ısı, yaz ve kış aylarında çok farklılık göstermektedir.



Şekil 2.1. İnceleme alanının yer belirleme haritası.

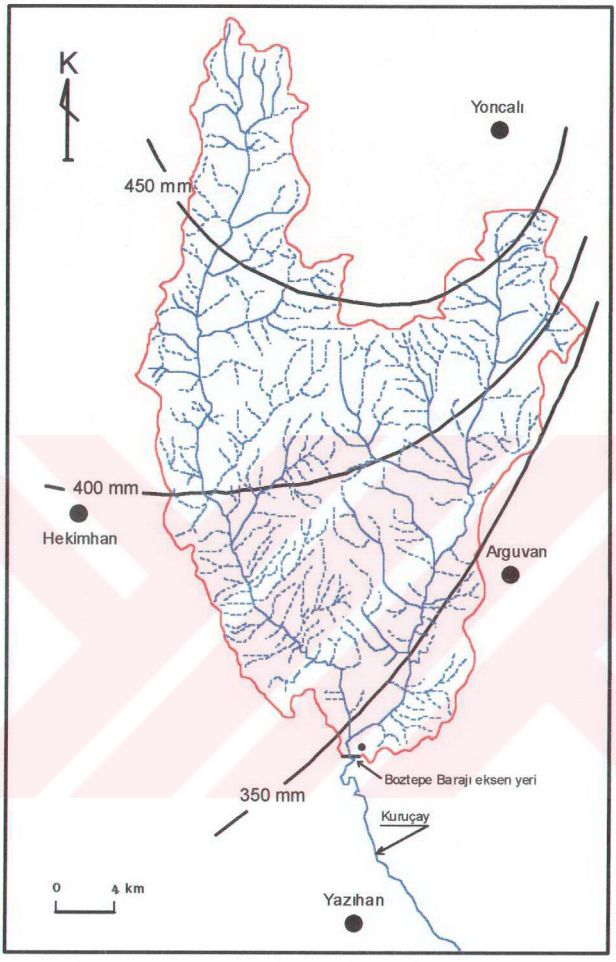
Malatya iline bağlı Yazıhan, Hekimhan ve Arguvan ilçeleri ile Erzincan iline bağlı Yoncalı yerleşim merkezindeki meteoroloji istasyonlarının verilerine göre, Boztepe Barajı yağış alanına ait eş yağış haritası çizilmiştir (Şekil 2.2). Eş yağış haritasında; Boztepe Barajı'nın yağış alanındaki ortalama yağışın yaklaşık 400 mm olduğu görülmektedir. Bu yağış değerine en yakın meteoroloji istasyonu ise Hekimhan meteoroloji istasyonudur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Hekimhan Meteoroloji İstasyonu'nun yapmış olduğu gözlemler sonucunda bölgenin 1962 - 1994 yılları arası 32 yıllık sıcaklık ortalaması 12.4 ^{0}C ve yağış ortalaması ise 396.5 mm'dir.

İnceleme alanı bitki örtüsü bakımından fakir olup, genellikle otsu bitkiler mevcuttur. Bölgenin en önemli bitki örtüsünü, özellikle vadilerdeki kayısı ağaçları oluşturmaktadır.

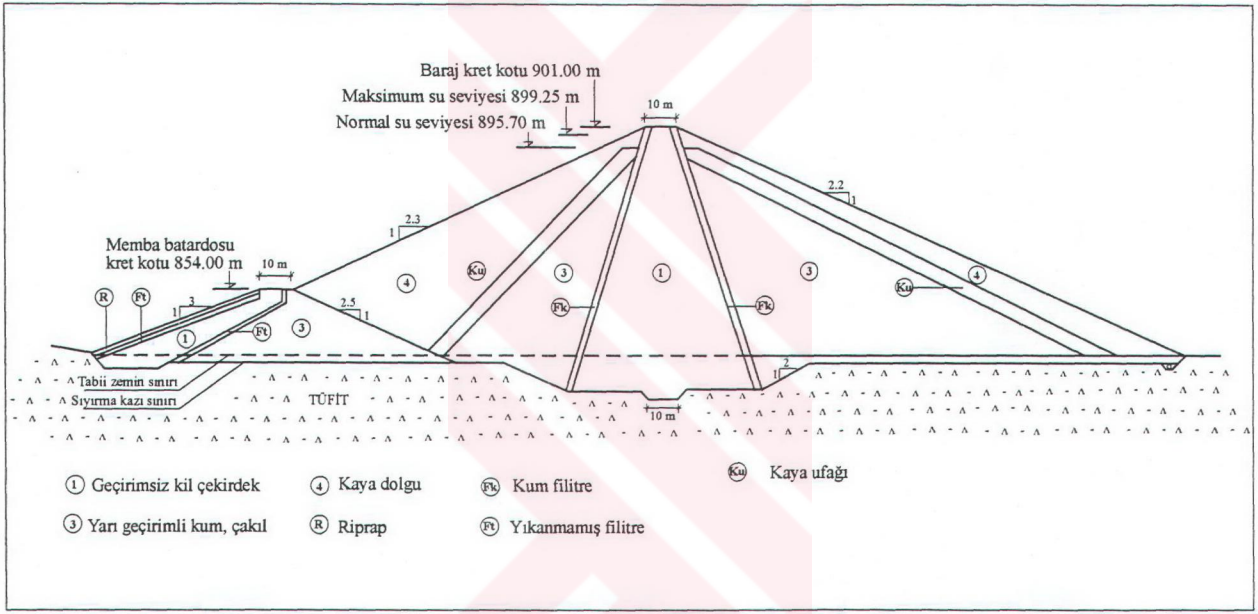
2.4. Boztepe Barajı'nın Karakteristik Özellikleri ve Baraj Kesiti

Sulama amaçlı olarak yapımı planlanan Boztepe Barajı'nın kesiti Şekil 2.3'de, karakteristik özellikleri ise aşağıda verilmiştir :

Baraj tipi	: Zonlu toprak dolgu
Baraj kret kotu	: 901 m
Talveg kotu (eksen yeri)	: 831 m
Talvegden gövde yüksekliği	: 70 m
Gövde dolgu hacmi	: 7.924 hm^3
Maksimum su seviyesi	: 900 m
Depolama hacmi	: 108.823 hm^3
Çevirme tüneli kesiti / çapı	: Dairesel / 5 m
Çevirme tünelinin yeri	: Sol yamaç
Çevirme tünelinin uzunluğu	: 565 m
Dolusavak tipi	: Yandan alışlı
Dolusavak yeri	: Sol yamaç



Şekil 2.2. Boztepe Barajı yağış alanına ait eş yağış haritası.



Şekil 2.3. Boztepe Barajı gövdesinin enine kesiti (DSİ,1997).

3. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLOJİSİ

İnceleme alanında temel birimi Üst Jura - Alt Kretase yaşlı ofiyolitik kayaçlar oluşturmaktadır. Bu kayaçların üzerinde uyumsuz olarak Paleosen yaşlı çakıltaşları yer almaktadır. Her iki birim, bir bindirme fayı ile Alt Miyosen yaşlı kiltaşı, kumtaşı, marn, killi kireçtaşı ve resifal kireçtaşı litolojisindeki birim üzerine itilmişlerdir. Bu birimlerin üzerinde uyumsuz olarak Orta - Üst Miyosen yaşlı kumtaşı, kiltaşı, tüfit, bazalt, aglomera ve dasitlerle temsil edilen volkano-sedimenter kayaçlar gelmektedir. İnceleme alanında volkano-sedimenter kayaçları Pliyosen yaşlı çakıltaşları uyumsuz olarak örtmektedir. Kuvaterner yaşlı taraça, alüvyon ve yamaç molozu ise, bu tüm oluşuklar üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Bu araştırma kapsamında ayırtlanan birimleri gösterir tektono-stratigrafik kesit Şekil 3.1'de verilmiştir.

3.1. Stratigrafi

İnceleme alanında mağmatik ve sedimanter kayaçlar yüzeylemektedir. Bu kayaçlar yaşlıdan gence doğru,

a) Üst Jura - Alt Kretase yaşlı Hekimhan ofiyolitleri

b) Paleosen yaşlı Medik Formasyonu

c) Alt Miyosen yaşlı Akyar formasyonu

d) Orta - Üst Miyosen yaşlı Yamadağ Volkanitleri

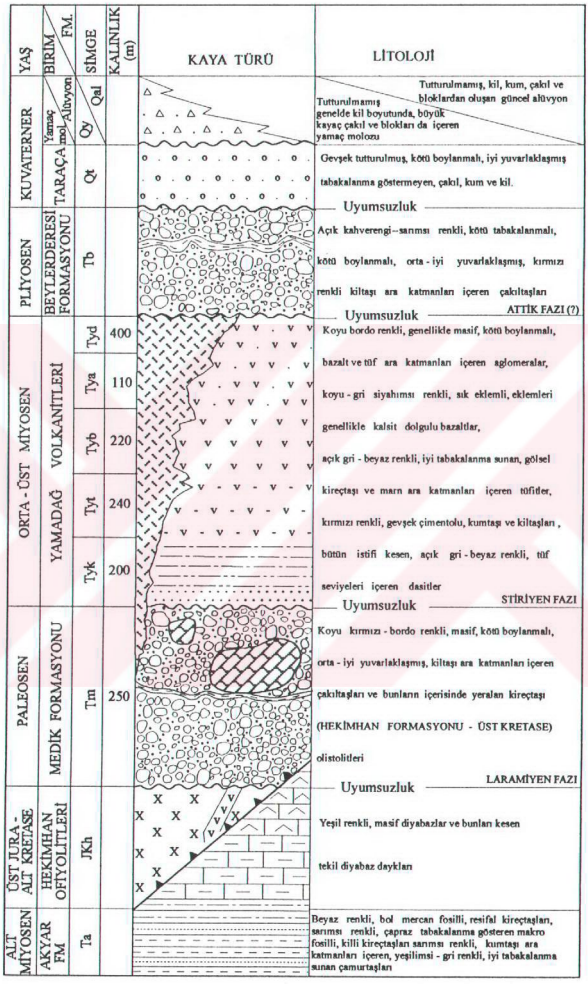
e) Pliyosen yaşlı Beylerderesi Formasyonu

f) Kuvaterner yaşlı taraça , alüvyon ve yamaç molozu

şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 3.1).

3.1.1. Hekimhan ofiyolitleri (JKh)

İnceleme alanının en yaşlı bu birimi için, ilk defa Bozkaya ve Yalçın (1991) tarafından bu isim kullanılmıştır. Bölgede yapılan çalışmalarda bu ofiyolitik kayaçlar haritalanmış ve yerel adlandırmalar yapılmıştır. Nitekim, Ayan ve Bulut (1964) birimin serpantinleşmiş ultrabazik kayaçlardan oluştuğunu belirterek, bu kayaçları serpantin olarak adlandırmışlardır. Baykal (1966), birimin olivinli, hornblendli, manyetitli ve hiperstenli gabro gibi kayaçlardan meydana geldiğini ve Üst Kretase yaşlı olduğunu



Şekil 3.1. İnceleme alanının ölçeksiz tektono-stratigrafik kesiti.

belirtmektedir. Birim, Akkuş (1971) tarafından Ofiyolitik seri olarak adlandırılmış olup, serpantin, gabro, spilit gibi kayaçlardan meydana geldiği ve Üst Jura - Alt Kretase yaşlı olduğu belirtilmektedir. Görmüş (1992b) ise birime, Güvenç kompleksi adını vermiş ve ultrabazik kayaçlarla derin deniz sedimanlarından oluştuğunu belirtmiştir. Araştırmacı birime Jura - Alt Kretase yaşını vermektedir.

Özdemir ve Tunç (1993), birimin yaşının Pre-Kampaniyen olduğunu ve serpantin türü kayaçlardan oluştuğunu ifade etmişlerdir. Gürer (1994) ise, birimi Hocalıkova ofiyoliti olarak adlandırmış olup, birimin ultramafik kayaçlar ve pelajik çökellerle temsil edildiğini belirterek, birim için daha önce yapılan bir çalışmada (İzdar ve Ünlü, 1985) verilen Jura - Kretase yaşını kabul etmiştir. Araştırmacı, ofiyolitin Michard vd. (1984) tarafından önerilen İç Torid Okyanusu'ndan türediğini ve olasılıkla kuzeyden güneye doğru gelerek Geç Kampaniyen öncesinde bölgeye yerleştiğini belirtmektedir.

Bu çalışmada, birimin inceleme alanının kuzey kesiminden başlayarak vadi içlerinde Hekimhan ilçesine doğru devam etmesi nedeniyle Hekimhan ofiyolitleri adının kullanılması uygun görülmüştür.

Birim, inceleme alanının kuzeybatısındaki Katil Köyü'nün kuzeyinde, Yağca Vadisi'nde yüzeylenmektedir (Ek 1). Çok küçük bir kısmı çalışma alanı içerisinde kalmakta olup, Yağca Vadisi boyunca kuzeye doğru devam etmektedir.

Paleosen yaşlı Medik Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülen birim, bu formasyonla birlikte Alt Miyosen yaşlı Akyar formasyonunun üzerine tektonik olarak itilmiştir. Hekimhan ofiyolitleri inceleme alanında diyabazlar ile temsil edilmektedir. Bu kayaçlar arazide yeşil renkleri ile dikkat çekmektedir (Şekil 3.2).Yoğun şekilde altere olmuş olan birimden derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerin petrografik incelemesi sonucunda, diyabazların esas olarak olivin ve klinopiroksen minerallerinden oluştuğu ve klinopiroksenlerde kloritleşme türü alterasyonun geliştiği belirlenmiştir. Diyabazlar intersertal doku göstermektedirler.

3.1.2. Medik formasyonu (Tm)

Bölgede yapılan birçok çalışmada tanımlanan bu formasyon için, araştırmacılar değişik isimler kullanmışlardır. İlk defa Hakyemez ve Örçen (1983) tarafından Medik Formasyonu olarak adlandırılan birim için, Örçen (1986) de aynı adı kullanmıştır.

Bozkaya ve Yalçın (1991) yaptıkları incelemede Yağca formasyonu adını verdikleri birimin Paleosen yaşlı ve alüvyon yelpazesi çökeli olduğunu belirtmişlerdir. Önal ve Gözübol (1992) ise birime Zorkan çakıltaşı adını ve Alt Eosen yaşını vermektedirler. Karaman vd. (1993), birimin Alt Paleosen yaşlı Bent formasyonunun tabanındaki çakıltaşları olarak tanımlamaktadırlar. Gürer (1994) ise yaptığı çalışmada birimi, Paleosen - Orta Eosen yaşlı Akpınar formasyonunun tabanında yer alan Paleosen yaşlı Koçkıran çakıltaşı olarak adlandırmıştır.

Bu çalışmada, Yazıhan ilçesine bağlı Medik Köyü çevresinde en iyi yüzeylemelerini vermesi ve Türkiye Stratigrafi Komitesi tarafından da kabul edilmesi nedeniyle formasyona Medik Formasyonu adının verilmesi uygun görülmüştür.

Medik Formasyonu, inceleme alanının batı kesiminde yüzeylenmektedir. Formasyon, büyük çoğunluğu kireçtaşları ve ofiyolitlerden türemiş, orta - iyi yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, orta - iyi çimentolanmış, çoğunlukla masif, bazen kötü tabakalanma gösteren, tabakalanma görülen kesimlerde kırmızı renkli çamurtaşı ara katmanları içeren, koyu kırmızı - bordo renkli çakıltaşlarından oluşmaktadır (Şekil 3.3). Birim içerisinde olistolitik kireçtaşı blokları mevcuttur. Bu olistolitik bloklar Akyazı Köyü güneybatısında ve Katil Köyü'nde görülmektedir. Akyazı Köyü civarındaki bloklar yaklaşık 15 - 20 m çapındadır. Ancak Katil Köyü'ndeki olistolit haritalanabilir ölçektedir (Ek 1). Bu kireçtaşlarından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerin paleontolojik incelemesi sonucunda Üst Kretase'yi temsil eden rudist kavkıları belirlenmiş ve bu veriye dayanılarak kireçtaşlarının Üst Kretase yaşlı olabileceği sonucuna varılmıştır. Nitekim, bu olistolitik bloklar inceleme alanının kuzeyinde yüzeyelenen Üst Kretase yaşlı Hekimhan Formasyonu'ndan türemiş olabilirler. Medik Formasyonu'nun esas litolojisini oluşturan kırmızı - bordo renkli masif çakıltaşları alüvyon yelpazesi çökellerini karakterize etmektedir (İ. Türkmen, 1998, sözlü görüşme). Nitekim, bölgede yapılan bütün çalışmalarda birimin alüvyon yelpazesi çökelleri olduğu belirtilmektedir.

Medik Formasyonu'nun yaşı konusunda bu çalışmada herhangi bir paleontolojik veri elde edilememiştir. Ancak önceki yıllarda bölgede yapılan çalışmalarda (Ayan ve Bulut, 1964; Hakyemez ve Örçen, 1983; Örçen, 1986; Gürer,1994) stratigrafik konumu gözönünde bulundurularak formasyona Paleosen yaşı verilmiştir. Görmüş (1992a, 1993) ile Önal ve Gözübol (1992) ise birimin Alt Eosen yaşlı olduğunu belirtmektedirler.

Şekil 3.2. Hekimhan ofiyolitlerine ait diyabazların görünümü (Katil Köyü kuzeyinden KD'ya bakış).

Şekil 3.3. Medik Formasyonu'ndan bir görünüm (Yazıhan-Hekimhan karayolu yarması; Bakış KD'ya).

Ancak Karaman vd. (1993), yaptıkları inceleme sonucunda birim içerisinde saptanan *Anomalina sp.*, *Eponides sp.*, *Planourbulina sp.*, *Lithothamnium sp.*, *Bryozoa* ve *Miliolidae* mikrofosillerine dayanılarak birimin yaşının Monsiyen (Alt Paleosen) olduğunu belirtmişlerdir.Bu çalışmada; formasyonun stratigrafik konumu ve sözü edilen çalışmalarda verilen yaşlar gözönüne alınarak birimin yaşı Paleosen olarak kabul edilmiştir.

3.1.3. Akyar formasyonu (Ta)

Genel olarak kumtaşı, kiltaşı, marn ve kireçtaşları ile temsil edilen ve ilk defa Ayan (1961) tarafından tanımlanan bu birim için, bölgede yapılan çalışmalarda değişik isimler kullanılmıştır. Akkuş (1971) Darende-Balaban havzasında yaptığı çalışmada, birimin marn - marnlı kireçtaşı ve beyaz renkli gözenekli kireçtaşlarından oluştuğunu belirterek, Tahtalıtepe formasyonu adını vermiştir. Araştırmacı birimin Alt Miyosen yaşlı olduğunu belirtmektedir.

Hakyemez ve Örçen (1983) ile Örçen (1986) birime Ansurçay formasyonu adını verip, Alt Miyosen yaşlı olduğunu belirtmektedirler. Hekimhan (Malatya) civarında yaptıkları çalışmada birime Uğurlu formasyonu adını veren Bozkaya ve Yalçın (1991), formasyonun Üst Oligosen - Alt Miyosen yaşlı olduğunu, kumtaşı, kiltaşı, marn ve kireçtaşı litolojisine sahip olduğunu ifade etmektedirler. Görmüş (1992a, 1993) ise kireçtaşlarından oluştuğunu belirttiği birime, Tahtalıtepe formasyonu adını vermektedir. Karaman vd. (1993), yaptıkları incelemede birime Alt Miyosen yaşını ve Petekkaya formasyonu adını vermişlerdir. Birim için Gürer (1994), Boyralı kireçtaşı adını kullanarak, Alt Miyosen yaşını vermiştir. Önal (1995) ise, Akyar kireçtaşı adını vererek, Alt Miyosen yaşlı olduğunu belirtmektedir.

Bu çalışmada birim, en iyi yüzeylemelerini Yazıhan ilçesi kuzeydoğusundaki Akyar Vadisi'nde vermesi nedeniyle (Önal, 1995) Akyar formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Formasyon, inceleme alanının batı kesiminde Yağca Vadisi'nin sağ yamacında yüzeylenmektedir (Ek 1). Tabanı görülmeyen birim, Medik Formasyonu tarafından tektonik olarak üzerlenirken, Yamadağ Volkanitleri tarafından da uyumsuz olarak örtülmektedir. İnceleme alanındaki en iyi yüzeylemesini Akyazı Köyü civarında ve

Yazıhan - Hekimhan karayolunda veren formasyon, gri - yeşil renkli çamurtaşları ile başlamaktadır. Bu çamurtaşlarının üst kesimlerinde kahverengi kumtaşı ara katmanları bulunmaktadır (Şekil 3.4). Formasyonun alt seviyelerini oluşturan bu çamurtaşı ve kumtaşı seviyeleri çok iyi tabakalanma göstermekte olup, tabaka kalınlıkları 5 - 30 cm arasında değişmektedir. Bunların üzerine sarı renkli, çapraz tabakalanma gösteren, killi ve bol makrofosilli kireçtaşları gelmektedir. Formasyon beyaz renkli, çatlaklı, kalın tabakalanma sunan, mercan fosilleri içeren kireçtaşları ile son bulmaktadır.

Birime ait kireçtaşı seviyelerinden derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerin paleontolojik incelemesi sonucunda; *Miogypsina sp., Amphistegina sp., Lepidocyclina sp., Operculina sp., Gypsina sp., Miliolid, Bryozoa, Alg* mikrofosilleri belirlenmiş (N.Özgen, 1998, yazılı görüşme) ve bu fosillere dayanılarak birime Alt Miyosen yaşı verilmiştir.

3.1.4. Yamadağ volkanitleri (Ty)

Bu kayaçlar, Doğu Anadolu Bölgesi'nde çok geniş bir yayılım sunan genç volkanizmanın bir parçasını oluşturmaktadır. Volkanitler önceki çalışmalarda daha çok yerel olarak adlandırılmış olup, ilk defa Bozkaya ve Yalçın (1991) tarafından Hekimhan (Malatya) ilçesi doğu ve güney kesiminde yapılan çalışmada; Başak riyoliti, Kale andeziti, Başkınık piroklastikleri ve Kozdere bazaltı olmak üzere dört üyeye ayrılarak, Yamadağ Volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Gürer (1994) de birim için aynı adı kullanarak, birimin piroklastikler ve lavlardan oluştuğunu belirtmiştir. Bölgede yapılan diğer çalışmalarda ise, bu volkanitler için farklı isimler kullanılmaktadır. Akkuş (1971) Kepezdağı bazaltları adını kullanarak, tüf ara seviyeleri içeren bazaltlardan oluştuğunu ifade etmektedir

Gözübol ve Önal (1986) ile Karaman vd. (1993) ise birime Haçova volkanitleri adını vermişlerdir. Araştırmacılar, bu volkanitlerin bazalt ve tüflerden oluştuğunu belirtmişlerdir. Ercan ve Asutay (1993), Malatya - Elazığ - Tunceli - Bingöl - Diyarbakır bölgelerinde geniş bir yayılıma sahip olan Neojen yaşlı volkanitler üzerinde yaptıkları incelemede, bu volkanik kayaçları Malatya volkanitleri olarak tanımlamışlardır. Araştırmacılar, Malatya volkanitlerinin üç evrede oluştuğunu, birinci evrenin bazaltik-

andezitik türde lavlar ile tüf ve aglomeralarla, ikinci evrenin dasitik lavlarla, üçüncü evrenin ise bazaltik lavlarla temsil edildiğini belirtmektedirler.

Önal (1995) de birimi Mamaar volkanitleri olarak adlandırmış, bu volkanitlerin tüf, andezitik ve dasitik lavlar, aglomeralar ve volkanoklastik kayaçlardan oluştuğunu belirtmiştir. Bu çalışmada, inceleme alanının kuzeyinde yeralan Yama Dağı'nda çok geniş yayılıma sahip olması nedeniyle, birim Yamadağ Volkanitleri olarak adlandırılmıştır.

Yamadağ Volkanitleri, inceleme alanının ortasından geçen Yağca Vadisi boyunca yüzeylenmektedir (Ek 1) ve tabanda Alt Miyosen yaşlı Akyar formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelirken, Pliyosen yaşlı Beylerderesi Formasyonu tarafından ise uyumsuz olarak örtülmektedir.

İnceleme alanında haritalanabilir ölçekteki farklı kayaç türleri ile temsil edilen Yamadağ Volkanitleri, beş üyeye ayrılarak incelenmiştir. Bu üyeler tabandan tavana doğru;

a) Kumtaşı - kiltaşı üyesi (Tyk)

b) Tüfit üyesi (Tyt)

c) Bazalt üyesi (Tyb)

d) Aglomera üyesi (Tya)

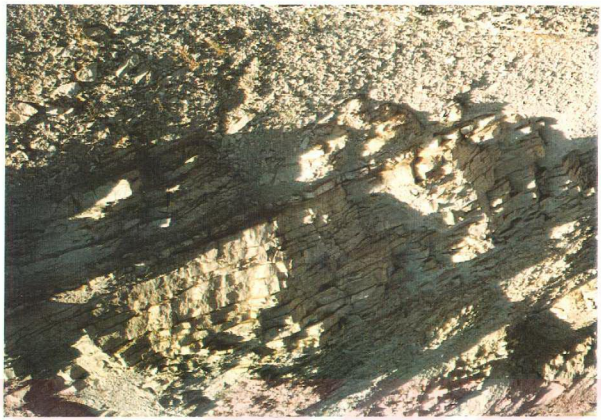
e) Dasit üyesi (Tyd)

şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 3.5).

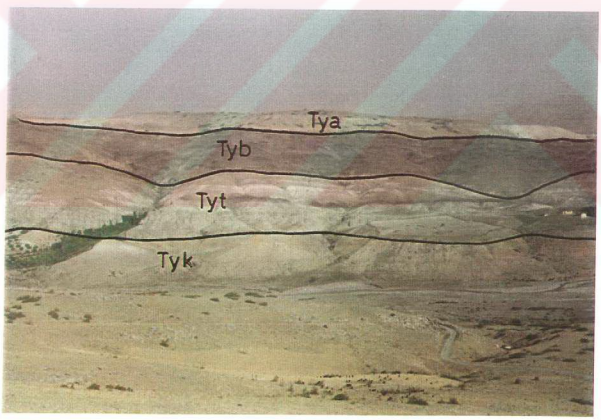
3.1.4.1. Kumtaşı - kiltaşı üyesi (Tyk)

Yamadağ Volkanitlerinin tabanında yeralan kumtaşı - kiltaşı üyesi, inceleme alanında Yağca Vadisi boyunca yüzeyleme vermektedir (Ek 1). Altta Miyosen yaşlı Akyar formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen üye, tüfit üyesi tarafından uyumlu olarak örtülmektedir (Şekil 3.5). İstif, tabanda kırmızı renkli, kötü tabakalanma gösteren ve gevşek çimentolu, çakıllı kumtaşları ile başlamaktadır. Kumtaşlarını oluşturan bileşenlerin çoğu kireçtaşlarından, az olarak da mağmatik kayaçlardan türemiştir.

Bu kumtaşları üste doğru kiltaşlarına geçmektedir. Kiltaşları, açık kırmızı renkli ve kötü çimentoludur. Kötü bir tabakalanmaya sahip kiltaşlarında çapraz tabakalanma da görülebilmektedir. Ayrıca, üst seviyelerinde tüfit ara katmanları içermektedir.



Şekil 3.4. Akyar formasyonuna (Ta) ait kumtaşlarının görünümü (Yazıhan - Hekimhan karayolu yarması; KB'ya bakış).



Şekil 3.5. Yamadağ Volkanitleri'ne ait kumtaşı-kiltaşı (Tyk), tüfit (Tyt), bazalt (Tyb) ve aglomera (Tya) üyelerinin görünümü (Yağca Vadisi sol yamacı; KD'ya bakış).

3.1.4.2. Tüfit üyesi (Tyt)

İnceleme alanında en geniş yüzeylemelerini Yağca Vadisi sol yamacında, K - G doğrultulu bir hat boyunca vermektedir (Ek 1). Çalışma alanında kumtaşı-kiltaşı üyesi üzerine uyumlu olarak gelen tüfit üyesi, yine Yamadağ Volkanitleri'ne ait bazalt üyesi tarafından örtülmektedir (Foto 3.4).

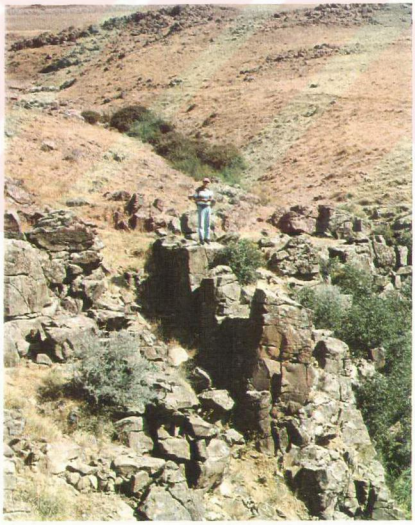
Tabanda tüfit ara katmanları içeren, kötü bir tabakalanmaya sahip, beyaz-gri renkli tüfitler, üste doğru çok iyi tabakalanma sunmaktadır. Üyenin üst kesimlerinde ara katmanlar halinde gölsel kireçtaşı, marn ve çört seviyeleri görülmektedir. Tabaka kalınlığı alt seviyelerde 30-60 cm arasında, üst seviyelerde ise 5-20 cm arasında değişmektedir.

3.1.4.3. Bazalt üyesi (Tyb)

Yamadağ Volkanitleri'ne ait bazaltik lavlar, inceleme alanında Yağca Vadisi sol yamacı boyunca yüzeyleme sunmaktadır (Ek 1). Altta tüfit üyesi üzerinde yeralan üye, aglomeralar tarafından örtülmektedir. Koyu gri ve siyahımsı bir renge sahip olan bazaltlar, alt seviyelerinde yastık lavlar şeklinde olup (Şekil 3.6), üst seviyeleri ise tamamen sütun bazaltlar şeklindedir (Şekil 3.7). Az olarak gaz boşluğu içeren bazaltlar, yoğun şekilde soğuma çatlaklarına ve eklemlere sahiptir. Bu eklem ve çatlaklar genellikle ikincil kalsit, daha az olarak da kil dolgu malzemesi ile doldurulmuşlardır.

İnceleme alanında bazaltlardan derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerin petrografik incelemesi sonucu bazaltların, esas olarak plajiyoklas, klinopiroksen ve olivin minerallerinden meydana geldiği belirlenmiştir. Plajiyoklaslar ince, uzun prizmatik kristaller şeklinde olup, sıkça klinopiroksenler içerisine sokulmuş latalar şeklindedirler. Çoğunlukla albit türü ikizlenme gösteren plajiyoklaslar, ölçülen 28^0-32^0'lik sönme açılarına göre An_{52-57} olan Labrador bileşimindedirler. Genellikle subofitik, bazen de intersertal doku görülmektedir. Ana bileşenlere ilave olarak az miktarda, piroksenlerin kloritleşmesi ve olivinlerin serpantinleşmesi sonucu oluşan ikincil minerallere ve opak minerallere de rastlanmaktadır. Yapılan petrografik inceleme sonucunda elde edilen verilere göre üyeyi oluşturan kayaçlar, olivinli bazalttır.

Şekil 3.6. Bazaltlarda gözlenen yastık lavlar (Aydın Köyü güneyi; KD'ya bakış).



Şekil 3.7. Sütun bazaltlardan bir görünüm (Karabük Köyü güneyi; KD'ya bakış).

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

3.1.4.4. Aglomera üyesi (Tya)

İnceleme alanında Yağca Vadisi sol yamacı boyunca yüzeylenen bu üye, tabanda bazalt üyesi üzerinde uyumlu olarak yer alırken, Pliyosen yaşlı Beylerderesi Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Ek 1).

Aglomeralar koyu bordo renkli ve genellikle masif bir yapıya sahiptirler. Tane destekli olan aglomeralara ait elemanlar kötü yuvarlaklaşmış olup, elemanların çapı 60-70 cm'ye kadar varmaktadır. Ara katmanlar halinde tüf ve bazalt seviyeleri içeren aglomeralar, Yağca Vadisi sol yamacında, Aksütlü Köyü civarında yanal olarak tüflere geçiş göstermektedir (Şekil 3.5).

3.1.4.5. Dasit üyesi (Tyd)

Yamadağ Volkanitleri'nin en genç üyesi olan dasit üyesi, inceleme alanında sadece Aydın Köyü kuzeyinde yüzeylenmektedir (Ek 1). Üye, domsal bir yapıya sahip olup, inceleme alanında yüzeyleyen Hekimhan ofiyolitleri, Medik Formasyonu, Akyar formasyonu ile Yamadağ Volkanitleri'ne ait kumtaşı-kiltaşı üyesi ve tüfit üyesini kesmekte, Pliyosen yaşlı Beylerderesi Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

İnceleme alanında sarp bir topoğrafya oluşturan dasitler, açık gri bir renge sahip olup, tüf ara katmanlarını da içermektedir. Dasitlerden derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerin petrografik incelemesi sonucu, kayacın genellikle mikrolitler, yer yer de mikrofenokristaller halinde bulunan, çoğunlukla özşekilli ve zonlu yapı gösteren plajiyoklaslar ve dalgalı sönme gösteren, genellikle özşekilli kuvars fenokristallerinden oluştuğu görülmektedir. Kayaç mikrolitikporfirik dokuya sahiptir.

İnceleme alanında geniş bir alanda yüzeyleyen Yamadağ Volkanitleri'nin yaşının belirlenmesi amacıyla, sadece tüfitler içerisinde ara katmanlar halinde bulunan gölsel kireçtaşı ve marnlardan ince kesitler yapılmış ve bu kesitlerin paleontolojik incelemesi yapılmıştır. Volkanik kayaçlar (bazalt ve dasitler) üzerinde yaş belirlemek amacıyla bu çalışmanın esas konusu kapsamında olmadığından herhangi bir analiz yaptırılmamıştır. Birim içerisinde bulunan gölsel kireçtaşı ve marnlardan yapılan ince kesitlerin paleontolojik incelemesi sonucu birime yaş verebilecek herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Paleontolojik olarak yaş verilememesi nedeniyle, birimin stratigrafik

konumu ve bölgede yapılan çalışmalar dikkate alınarak Yamadağ Volkanitleri'ne Orta - Üst Miyosen yaşı verilmiştir. Nitekim, Bozkaya ve Yalçın (1991) ve Gürer (1994) stratigrafik konumuna göre birime aynı yaşı vermektedirler. Leo vd. (1974; Ercan ve Asutay, 1993'den), birime ait bazaltik ve dasitik lavlarda K-Ar yöntemi ile yaptıkları radyometrik yaş tayini sonucu Orta - Üst Miyosen yaşını vermişlerdir.

3.1.5. Beylerderesi formasyonu (Tb)

İnceleme alanında, Boztepe, Halacak, Kamer, Çiftlik ve Asar köyleri civarında geniş bir yayılıma sahip olan birim, ilk defa Gözübol ve Önal (1986) tarafından Beylerderesi Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Ek 1). Bu adlandırma Karaman vd. (1993) tarafından da benimsenmiştir. Bölgede yapılan diğer çalışmalarda birim için genellikle yerel adlandırmaların yapıldığı görülmektedir. Örçen (1986) birime Mordere formasyonu, Akkuş (1971) Çaybaşı formasyonu ve Gürer (1994) ise Ağbayır konglomerası adını vermişlerdir. Bu çalışmada birim için, Türkiye Stratigrafi Komitesi tarafından kabul gördüğü için Beylerderesi Formasyonu adının kullanılması uygun görülmüştür.

Beylerderesi Formasyonu, inceleme alanında en geniş yayılıma sahip olan birim olup, Yamadağ Volkanitleri'ni uyumsuz olarak örtmektedir. Birim vadi tabanlarında alüvyon ve taraça, yamaçlarda ise yamaç molozları tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Genel olarak çakıltaşı ile ara katmanlar halindeki kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşmaktadır. Çakıltaşları genellikle sarımsı - açık kahverenkli, kötü boylanmalı ve orta-kalın düzensiz tabakalıdır. Bileşenler çoğunlukla kireçtaşlarından ve volkanik kayaçlardan, daha az olarak da ofiyolitik ve metamorfik kayaçlardan türemiştir. Yer yer tane destekli olan çakıltaşlarında bileşenler genellikle kum ve çamurdan oluşan bir madde ile tutturulmuştur. Tanelerin çapı 1-2 cm'den 60-70 cm'ye kadar değişmektedir ve orta-iyi yuvarlaklaşmışlardır. Çakıltaşlarında üste doğru taneler kabalaşmaktadır ve düzlemsel çapraz tabakalanma görülmektedir. Çakıltaşları içerisinde yer alan çamurtaşları kırmızı renkli, gevşek tutturulmuş ve daha çok merceksel şekillidirler. Bu çamurtaşlarının üzerine gelen kumtaşları sarımsı renklidirler. Belirgin olmayan bir tabakalanmaya sahip bu

kumtaşları, aşınma tabanlıdırlar. Bölgede yapılan çalışmaların tümünde, Beylerderesi Formasyonu'nun alüvyon yelpazesi çökelleri olduğu belirtilmektedir.

Formasyonun yaşı konusunda, herhangi bir paleontolojik veri mevcut değildir. Ancak birimin stratigrafik konumu ve birim üzerinde yapılan çalışmalara (Ayan ve Bulut, 1964; Yoldaş, 1972; Önal ve Gözübol, 1992; Gürer, 1994) göre Pliyosen yaşlı olduğu kabul edilmiştir.

3.1.6. Taraça (Qt)

İnceleme alanında Yağca ve Halacak vadileri boyunca, bu akarsuların eski birikintileri taraçalar halinde gözlenmektedir. Birimi oluşturan elemanların tane çapları 5 mm ile 30 cm arasında değişmekte olup, orta-iyi tutturulmuş ve iyi yuvarlaklaşmıştır. Eksenin sol yamacında bulunan birim (Ek 2), yapılan temel sondajlarında en fazla 15 m kalınlığa sahiptir.

3.1.7. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanında alüvyonu, Yağca, Halacak ve Kuruçay'ın yatağında biriken, gevşek haldeki blok, çakıl, kum ve kil oluşturmaktadır (Ek 1). Birim inceleme alanı ve civarında yüzeylenen kayaçlardan türemiştir. Eksen yerinde yapılan temel sondajlarından alüvyonun en fazla 10 m'lik bir kalınlığa sahip olduğu anlaşılmaktadır.

3.1.8. Yamaç molozu (Qy)

İnceleme alanında, vadi yamaçlarında üst kotlardaki kayaçlardan türemiştir. Birim farklı boyutlardaki köşeli ve tutturulmamış elemanlardan oluşmuştur. Özellikle Yağca Vadisi boyunca sıkça görülmektedir.Eksen yerinde sol yamaçta yüzeylemektedir (Ek 2). Birimin eksen yerindeki kalınlığı temel sondajlarına ait verilere göre 8 m'dir.

3.2. Tektonik

Doğu Toros Orojenik Kuşağı içerisinde yeralan inceleme alanı, Üst Kretase'den itibaren bölgede etkili olan sıkışma ve çekilme gerilmelerinin etkisi altında kalmıştır. Bölgede etkili olan bu gerilmeler sonucunda faylar, kıvrımlar ve eklemler oluşmuştur (Ketin,1966).

3.2.1. Faylar

İnceleme alanında tanımlanarak haritalanan tek fay, Paleosen yaşlı Medik Formasyonu'nun Alt Miyosen yaşlı Akyar formasyonu üzerine itilmesiyle oluşmuş bindirme fayıdır (Şekil 3.8). Fay, inceleme alanının güneybatı köşesinden haritalan alanına girmekte ve KD'ya doğru devam ettikten sonra Yağca Çayı'na varmadan, Medik Formasyonu'ndaki heyelan (1 numaralı heyelan) tarafından örtülmektedir (Ek 1). Fay, ilk defa bu çalışmada tanımlanmış ve Akyazı Köyü yakınından geçtiği için Akyazı bindirme fayı olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanında yaklaşık 5.5 km uzunluğa sahip olan fayın eğimi arazi gözlemlerine göre 30^0-35^0 civarındadır.

İnceleme alanında ortalama 35^0-40^0'lik bir eğime sahip olan Akyar formasyonu'ndaki tabakalanma, fay düzleminin doğrultusu boyunca dikleşerek 60^0-70^0'lik bir eğim kazanmışlardır (Şekil 3.9). Fay düzleminin altında Akyar formasyonu yeralırken, üstünde Paleosen yaşlı Medik Formasyonu bulunmaktadır. İnceleme alanının kuzeyinde Yamadağ Volkanitleri'ne ait dasitler tarafından kesilen fay, Sarsap Köyü güneybatısında inceleme alanı dışında, yine aynı birime ait kumtaşı-kiltaşı ve tüfitler tarafından örtülmektedir. Bu gözlemlere dayanarak, fayın oluşum zamanının Alt Miyosen ve Orta Miyosen arası olduğu düşünülmektedir.

Bölgenin uydu fotoğrafları üzerinde yapılan incelemelerde (Aktimur, 1979) KD - GB doğrultulu, yaklaşık 160 km uzunluğunda, kuzeyde Kemaliye (Erzincan) yakınından başlayarak, Arapgir (Malatya) güneybatısında Ovacık Fayı ile birleştikten sonra güneybatıya doğru devam eden, inceleme alanında Halacak Vadisi'nden ve eksen yerinden geçtikten sonra güneyde Doğanşehir (Malatya) güneybatısında Sürgü Fayı ile birleşen ve Malatya Fayı olarak adlandırılan, bir hattının varlığından sözedilmektedir. Ancak, arazi gözlemlerinde fayın varlığına ait herhangi bir veri bulunmadığından, bu kırık hattı haritaya işlenmemiştir.

3.2.2. Kıvrımlar

İnceleme alanında yüzeyleyen birimlerde kıvrımlı yapılar pek gelişmemiştir. Sadece, Aksütlü Köyü'nün 500 m güneyinde, Yamadağ Volkanitleri'nin tüfit üyesi içerisinde küçük bir kıvrım gelişmiştir (Şekil 3.10). Bölgede tabakalardan alınan ölçülerin kontur diyagramı ile değerlendirilmesi sonucu; kıvrım ekseninin $K75^0D$, 15^0KD dalımlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.11).

Şekil 3.8. Akyazı bindirme fayının görünümü (Akyazı Köyü güneybatısı; KB'ya bakış).

Şekil 3.9. Akyazı bindirme fayının etkisiyle dikleşen Akyar formasyonuna ait tabakaların görünümü (Akyazı Köyü güneybatısı; KB'ya bakış).

3.2.3. Eklemler

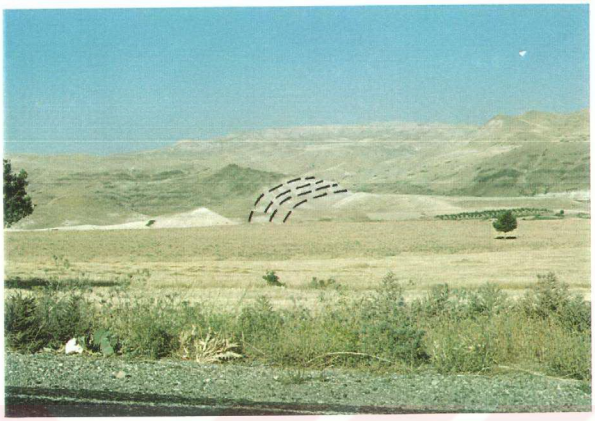
İnceleme alanının tektonik olarak aktif bir bölgede yeralması nedeniyle, bölgede yüzeyleyen birimler etkili olan bu tektonik hareketlerin bir sonucu olarak eklemli bir yapı kazanmışlardır. Bölgede yüzeyleyen Akyar formasyonu ile Yamadağ Volkanitleri'ne ait tüfit ve bazalt üyelerinden alınan eklem yönelimlerine ait ölçüler, kontur diyagramları yardımıyla değerlendirilerek, bu kayaçların içerdiği eklem sistemleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan kontur diyagramlarından; Akyar formasyonunda üç, Yamadağ Volkanitleri'nin tüfit üyesinde üç ve bazalt üyesinde ise beş eklem sisteminin geliştiği belirlenmiştir. Ayrıca bazalt üyesinde, tektonik kökenli eklemler ile birlikte soğuma çatlakları da görülmektedir. Genellikle dike yakın bu çatlaklar, gelişigüzel doğrultulara sahiptirler. İnceleme alanında yüzeyleyen birimlerde gelişen bu eklem sistemleri Bölüm 4.1.2'de ayrıntılı olarak incelenmiş ve açıklanmıştır.

3.2.4. Uyumsuzluklar

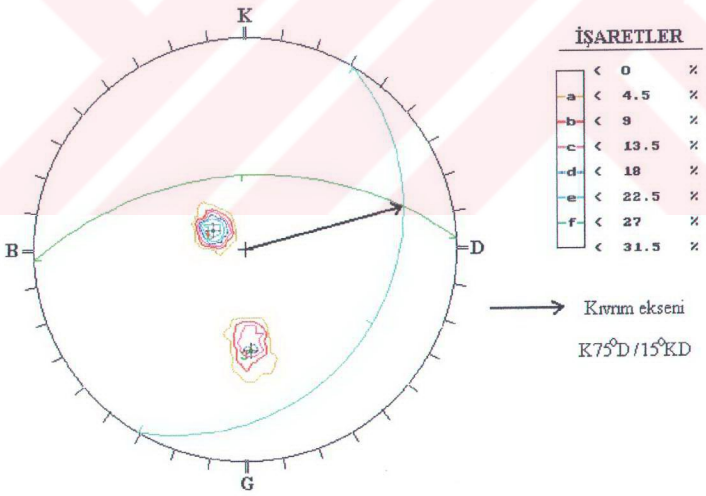
Alpin dağ oluşum hareketlerinin etkisinde kalan bölge; bu hareketlere bağlı olarak etkili olmuş orojenik fazların izlerini taşımaktadır. İnceleme alanında Doğu Toroslar bölgesini etkileyen orojenik fazlardan Laramiyen, Stiriyen ve Attik (?) fazları gözlenmektedir (Gürer, 1994).

Laramiyen Fazı, Üst Jura - Alt Kretase yaşlı Hekimhan ofiyolitleri ile Paleosen yaşlı Medik Formasyonu arasındaki uyumsuzluk düzlemi ile temsil edilmektedir (Şekil 3.1). Bu orojenik faz ile temelde yeralan Üst Jura - Alt Kretase yaşlı Hekimhan ofiyolitleri Üst Kretase sonunda su üstüne çıkmış ve oluşan bu karasal ortamda Paleosen yaşlı Medik Formasyonu'na ait alüvyon yelpazesi çökelleri niteliğindeki çakıltaşları çökelmiştir (Örçen, 1986).

İnceleme alanında Stiriyen Fazı'nı temsil eden uyumsuzluk düzlemi ise, Alt Miyosen yaşlı Akyar formasyonu ile Orta-Üst Miyosen yaşlı Yamadağ Volkanitleri arasındaki uyumsuzluktur (Şekil 3.1). Paleosen sonrası bölgede etkili olan transgresyon ve sonrasında Oligosen'deki çökelmezlik döneminden sonra, Alt Miyosen başında bölge son olarak transgresyon etkisinde kalmış ve Alt Miyosen yaşlı Akyar formasyonu



Şekil 3.10. Tüfitlerde gelişmiş olan kıvrımın görünümü (Aksütlü Köyü güneyi; KD'ya bakış).



Şekil 3.11. Tüfitler içerisinde gelişen kıvrıma ait kontur diyagramı.

çökelmiştir. Alt Miyosen sonunda etkili olan Stiriyen Fazı ile bölge kara haline gelmiştir. Oluşan bu karasal ortamda, Akyar formasyonu üzerine uyumsuz olarak Yamadağ Volkanitleri çökelmiştir (Gürer,1994).

İnceleme alanındaki son uyumsuzluk ise Orta-Üst Miyosen yaşlı Yamadağ Volkanitleri ile Pliyosen yaşlı Beylerderesi Formasyonu arasındaki uyumsuzluk düzlemidir (Şekil 3.1). Yamadağ Volkanitleri ile Beylerderesi Formasyonu arasındaki bu uyumsuzluğa dayanarak Attik Fazı'nın da bölgede etkili olduğu söylenebilir (Gürer, 1994).

3.3. Hidrojeoloji

3.3.1. Çalışma alanındaki başlıca akarsular ve su noktaları

İnceleme alanının en önemli akarsularını, üzerinde Boztepe Barajı'nın yapımı planlanan Yağca Çayı ve Halacak Çayı ile Kuruçay oluşturmaktadır. Yağca Çayı, inceleme alanını yaklaşık K-G doğrultusunda katederek baraj eksen yerinin yaklaşık 1100 m kuzeyinde, KD-GB doğrultusunda uzanan Halacak Çayı ile birleşmektedir. Her iki çay birleştikten sonra, yine Yağca Çayı adı altında güneye doğru devam etmekte ve eksen yerinin yaklaşık 1400 m güneyinde, KB-GD doğrultusunda uzanan Kuruçay ile birleşmektedir (Ek 1). Birleşen çaylar Kuruçay adı ile güneye doğru devam ederek, Yazıhan ilçesinin yaklaşık 15 km GD'sunda Karakaya Baraj Gölü'ne dökülmektedir.

Çalışma alanında sözü edilen akarsulardan başka küçük debili kaynak ve çeşmeler de mevcuttur. Bu kaynakların debileri belirli hacim yöntemi (Canik, 1998) kullanılarak bu çalışma kapsamında ölçülmüştür (Çizelge 3.1). Kaynak ve çeşmeler küçük debili olup, debileri 0.017-0.714 l/s arasında değişmektedir.

Çizelge 3.1. Baraj göl alanı içerisinde bulunan kaynak ve çeşmelerin debileri.

Sıra No	Kaynak veya Çeşmenin Adı	Ölçüm Tarihi	Debi (l/s)	Çıktığı Formasyon
1	Pat Kaynağı	03.09.1996	0.714	Medik Fm.
2	Katil Köyü Çeşmesi 1	03.09.1996	0.348	"
3	Katil Köyü Çeşmesi 2	03.09.1996	0.397	"
4	Aydın Mah. Çeşmesi 1	04.09.1996	0.294	Yamadağ Vol.
5	Aydın Mah. Çeşmesi 2	04.09.1996	0.250	"
6	Kamer Mah. Çeşmesi	04.09.1996	0.072	"
7	Kışla Köyü Çeşmesi 2	04.09.1996	0.017	"
8	Aksütlü Köyü Çeşmesi 1	04.09.1996	0.250	"
9	Aksütlü Köyü Çeşmesi 2	04.09.1996	0.056	"
10	Aksütlü Köyü Çeşmesi 3	04.09.1996	0.100	"
11	Kömürlük Mah.Çeşmesi	04.09.1996	0.600	"
12	Karabük Mah. Çeşmesi	04.09.1996	0.093	"
13	Halacak Köyü Çeşmesi	04.09.1996	0.091	Beylerderesi Fm.
14	Kışla Köyü Çeşmesi 1	04.09.1996	0.081	"
15	Boztepe Köyü Çeşmesi 1	06.09.1996	0.034	"
16	Boztepe Köyü Çeşmesi 2	04.09.1996	0.109	"
17	Boztepe Köyü Çeşmesi 3	04.09.1996	0.119	"
18	Boztepe Köyü Çeşmesi 4	04.09.1996	0.086	"
19	Çiftlik Köyü Çeşmesi	04.06.1996	0.125	"
20	Asar Köyü Çeşmesi	04.09.1996	0.250	"

3.3.2. Su taşıyan formasyonlar

3.3.2.1. Medik formasyonu içerisindeki kireçtaşı blokları

İnceleme alanında elemanları killi bir matriksle tutturulmuş olan çakıltaşından oluşan Medik Formasyonu akifer özelliği göstermemekte ve birim içerisinde herhangi bir kaynak bulunmamaktadır. Ayrıca açılmış olan adi kuyularda yeraltı suyuna rastlanmamıştır. Ancak Katil Köyü'nde, birim içerisindeki kireçtaşı olistolitinin çatlaklı ve erime boşluklu olması nedeniyle su depolama özelliğine sahiptir. Nitekim, Katil Köyü'de bulunan çeşme ve Pat kaynağı, bu olistolit ile altta yeralan ve geçirimsiz özelliğe sahip Medik Formasyonu dokunağından çıkmaktadır.

3.3.2.2. Yamadağ volkanitleri

Yamadağ Volkanitleri'ne ait üyelerden kumtaşı - kiltaşı ve tüfit üyelerinde DSİ (1997) tarafından yapılan basınçlı su deneyleri sonucunda bu üyelerin geçirimsiz, bazalt üyesinin ise geçirimli olduğu belirlenmiştir. Yamadağ Volkanitleri'nin bazalt üyesi hem tektonik kökenli eklemler, hem de soğuma sonucu oluşan çatlaklar içermesi nedeniyle

yeraltı suyunu depolayabilmektedir. İnceleme alanındaki kaynakların çoğu bazalt üyesi ile bunun altında yeralan ve geçirimsiz özellikteki tüfit üyesi kontağından çıkmaktadır.

3.3.2.3. Beylerderesi formasyonu

İnceleme alanında en geniş yayılıma sahip olan birimden beslenen kayanakların varlığı, formasyonun yeraltı suyunu depolayabilme özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Ancak bu kaynakların, inceleme alanındaki kaynaklar arasında en düşük debiye sahip olmaları (Çizelge 3.1), birimin yeraltı suyunu depolayabilme özelliğinin kötü olduğunu göstermektedir.

3.3.3. Yüzey ve yeraltı sularının hidrokimyası

Boztepe Barajı zonlu toprak dolgu tipinde yapılacak olmasına rağmen, barajın dolusavak, çevirme tüneli kaplaması, sulama kanalları gibi beton bölümleri de bulunmaktadır. Bu kısımlar yapılırken kullanılacak olan su yine Yağca ve Halacak çaylarından sağlanacaktır. Kulanılacak olan suyun beton üzerinde olumsuz bir etkisinin olup olmayacağını belirlemek amacıyla, inceleme alanında Yağca ve Halacak çayları ile kaynak ve çeşmelerden alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmış ve sonuçları Ek 3'te verilmiştir. Su numunelerinin alındığı yerler Ek 2'de gösterilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları değerlendirilmiş ve barajın beton kısımlarına olumsuz yönde etkisinin olup olmayacağı araştırılmıştır.

3.3.1. Kimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

İnceleme alanından alınan su numunelerinin yerinde fiziksel, laboratuvarda ise kimyasal analizleri yaptırılmıştır. Yerinde yapılan fiziksel analizlerde suların sıcaklık, potansiyel hidrojen (pH) ve elektiriksel iletkenlik (EC) değerleri belirlenmiştir. Bu fiziksel özelliklere ait değerler ile laboratuvarda yapılan kimyasal analiz sonuçlarından yararlanılarak, suların pH değerlerinin ve suların içerdiği SO_4 ile Mg miktarlarının beton üzerinde olumsuz yönde bir etkiye sebep olup olmayacakları TS 3440 (1982)'ye göre belirlenmiştir (Çizelge 3.2).

pH değeri 7'den küçük olan sular asitik özellikte olduklarından beton bünyesindeki sertleşmiş çimentoya ve agrega içindeki karbonatlı tanelere çözücü ve ayrıştırıcı etki yapmaktadırlar. Ayrıca sülfatlar betonda şişme ve kabarmalara, Mg tuzları

ise yumuşak ve jelatinimsi bir madde olan MgOH'i oluşturmakta ve betonun dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir.

Çizelge 3.2. Suların betondaki zararlı etkinlik derecelerinin TS 3440 (1982)'ye göre sınır değerleri.

İncelenen Özellik	Zararlı Etkinlik Derecesi		
	Zayıf	Kuvvetli	Çok kuvvetli
pH değeri	6.5-5.5	5.5-4.5	< 4.5
Mağnezyum (Mg^{+2}) mg/l	100-300	300-1500	>1500
Sülfat (SO_4^{-2}) mg/l	200-600	600-3000	>3000

İnceleme alanından alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analizleri sonucunda; TS 3440 (1982)'ye göre Yağca ve Halacak çayları ile kaynak ve çeşme sularının pH değerleri 7.2 - 8.25, Mg^{+2} değerleri 6.81 - 31.81 mg/l ve SO_4^{-2} değerleri de 21.26 - 182.40 mg/l arasında değişmektedir. Bu değerler TSE tarafından verilen sınır değerlerinin altında kalmaktadır ve bu nedenle baraj göl alanındaki suların beton yapımında kullanılmasında herhangi bir sakınca oluşturması beklenmemektedir.

4. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ ÇALIŞMALARI VE DEĞERLENDİRMELER

Bu bölümde Malatya ili Yazıhan ilçesinin yaklaşık 10 km kuzeyinde, Yağca Çayı üzerinde yapımı planlanan Boztepe Barajı eksen yeri ve göl alanında yapılan mühendislik jeolojisi çalışmaları verilmiştir. İnceleme alanında yapılan mühendislik jeolojisi çalışmaları arazi ve laboratuvar incelemeleri olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

Arazi incelemelerinde; baraj eksen yerinin 1/2500 ölçekli mühendislik jeolojisi, göl alanının ise 1/20 000 ölçekli jeoloji haritaları yapılmış, geçirimlilik ve şev duraylılığının incelenmesine yönelik olarak, eksen yeri ve göl alanında yüzeyleyen kayaçların içerdiği süreksizliklerin yönelimleri ölçülmüştür. Ayrıca eksen yerinde yapılmış olan sondajlara ait karotlar incelenerek, eksen yerinde temel kayayı oluşturmaları nedeniyle bazalt ve tüfitlerin, RQD, eklem sıklığı ve ayrışma derecesi gibi özellikleri belirlenmiş ve jeomekanik deneylerde kullanılmak amacıyla bu birimlerden örnekler alınmıştır. Laboratuvar incelemelerinde ise, alınan karot numuneleri üzerinde temel kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla jeomekanik deneyler yapılmıştır.

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Baraj eksen yeri ve göl alanında yüzeyleyen kayaçlardaki süreksizliklerden alınan yönelim ölçüleri stereografik projeksiyon tekniğiyle değerlendirilerek, süreksizliklerin geçirimlilik ve şev duraylılığı üzerindeki önem dereceleri belirlenmiştir. Ayrıca, sondaj sırasında kayaçların geçirimliliğini belirlemek amacıyla yapılan basınçlı ve basınçsız su deneyleri ve karotların incelenmesi sonucu elde edilen bilgiler ile laboratuvar deneyleri sonucu belirlenen jeomekanik özelliklere göre bazaltta tünelcilik açısından kaya sınıflaması, geçirimlilik, RQD, ayrışma derecesi ve Birleşik Ayrışma İndisi (UAI) değerleri esas alınarak, bu özellikler arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi amacıyla bölgelendirmeler yapılmıştır.

Deney sonuçları, kayaçların kolay ve pahalı olmayan deneylerden belirlenebilen özelliklerinden yararlanılarak, diğer özelliklerin belirlenebilmesi amacıyla regresyon analizleri yapılarak değerlendirilmiş ve incelenen özelliklere ait ilişkiler önerilmiştir.

4.1. Arazi İncelemeleri

Boztepe Barajı eksen yeri ve göl alanındaki birimlerin litolojik, stratigrafik ve teknonik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, eksen yerinde 1/2500 ölçekli mühendislik jeolojisi ve göl alanında ise 1/20000 ölçekli jeoloji haritaları yapılmıştır (Ek 1 ve 2).

İnceleme alanında yüzeyleyen birimlerin düşey ve yatay yöndeki özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, DSİ tarafından eksen yerinde 26 adet, göl alanı sağ sahilde yeralan ve Ek 2'in sınırları dışında kalan 3 nolu heyelan üzerinde de 3 adet olmak üzere toplam 29 adet temel sondajı yapılmıştır. Temel sondajlarında, temel kayayı oluşturan bazalt ve tüfitlerin geçirimliliğini belirlemek amacıyla basınçlı su deneyleri yapılmış ve yeraltı suyu gözlenen sondajlarda yeraltı su seviyeleri ölçülmüştür. Ayrıca eksen yerinde Yağca Çayı yatağında yeralan alüvyonun geçirimliliğinin belirlenebilmesi için sabit seviyeli geçirgenlik deneyleri gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Temel sondajları

Baraj eksen yeri ve göl alanında derinlikleri DSİ tarafından 12 m ile 100 m arasında değişen, 29 ayrı noktada toplam 1179.5 m derinliğinde karotlu temel sondajları yapılmıştır. Bu temel sondajların yeri, kotu, derinliği, yeraltı su seviyesi ile amacına ait bilgiler Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Temel sondajlarında 10 m'ye varan alüvyon ve 8 m'ye varan yamaç molozu kalınlıkları belirlenmiştir. Temel sondaj karotlarının incelenmesinde, eklem sıklığı değerleri Franklin vd. (1971)'ne göre, ayrışma derecesi ISRM (1981)'ye göre, RQD değerleri Deere (1963)'ye ve geçirimlilik ise Lugeon (1933)'a göre belirlenmiştir. Temel sondajlarına ait bu bilgiler Ek 4'de grafiksel olarak da sunulmuştur.

4.1.2. Süreksizliklere ait ölçümler

Bu çalışma kapsamında baraj eksen yeri ve göl alanında yüzeylenen birimlerin içerdiği süreksizliklerin yönelim, dolgu, pürüzlülük süreksizlik açıklığı ve sıklığı gibi özellikleri arazi çalışmaları ve temel sondajı karotlarının incelenmesi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Süreksizliklerin yönelimleri, arazi çalışması sırasında alınan yönelim

Çizelge 4.1. Baraj eksen yeri ve göl alanında DSİ (1997) tarafından yapılan temel sondajlarına ait bilgiler.

Sondaj No	Yeri	Kotu (m)	Derinliği (m)	Yeraltı suyu derinliği (m)	Amacı
SK1	Eksen yeri sol yamaç	898.05	80	10	Temel araştırması
SK2	"	880.76	70	15	"
SK3	"	890.28	75	16	"
SK4	"	831.87	78	2	"
SK5	Eksen yeri sağ yamaç	823.68	50	7	"
SK6	"	835.99	50	5	"
SK7	"	898.25	100	80	"
SK8	Kapama seddesi	901.30	45	19	"
SK9	"	868.00	30	9	"
SK10	"	899.71	40	8	"
SK11	"	908.56	50	8	"
SK12	Talveg	836.17	24	10	"
SK13	"	832.16	20	3	"
SK14	"	813.19	20	0	"
SK15	"	832.32	16	1.5	"
SK16	"	830.38	16	1	"
SK17	"	829.67	20	3	"
SK18	"	830.06	12	1	"
SK19	Tünel güzergahı	870.40	40	12	"
SK20	"	885.50	45	17	"
SK21	"	851.84	30	24	"
SK22	"	908.80	74	50	"
SK23	"	872.30	25	1	"
SK24	Dolu savak	907.52	62	23	"
SK25	"	885.61	20	yok	"
SK26	"	859.70	15	yok	"
SK27	Göl alanı sağ sahil	920.10	28.5	13	Heyelan araştırması
SK28	"	896.50	30	6	"
SK29	"	920.10	30	0	"

ölçülerinin değerlendirilmesiyle, diğer özellikler ise temel sondajı karotlarının incelenmesi ile belirlenmiştir.

Arazi çalışmaları sırasında baraj eksen yeri ve göl alanında yüzeylenen birimlerin içerdiği süreksizliklerden alınan yönelim ölçüleri, eklem setleri ile bu eklem setlerinin ana doğrultu ve eğimlerinin, ayrıca akma yüzeyleri ve tabakalanmaların ana doğrultu ve eğimlerinin belirlenebilmesi amacıyla stereografik projeksiyon tekniğiyle DIPS isimli bilgisayar programı ile değerlendirilmiştir.

Baraj eksen yerinde sol yamaçtaki bazaltlardan eklem ve akma yüzeylerine, sağ yamaçtaki tüfitlerden ise eklem ve tabakalanmaya ait yönelim ölçüleri alınmıştır. Sol yamaçta yüzeylenen tüfitlerden ise, birimin yamaç molozu ile örtülü olması ve çok küçük bir alanda yüzeylenmesi nedeniyle yeterli sayıda ölçü alınamamıştır. Bazaltların içerdiği soğuma çatlakları gelişigüzel doğrultulara sahip olduklarından bu çatlaklar açısından herhangi bir değerlendirme yapılamamıştır.

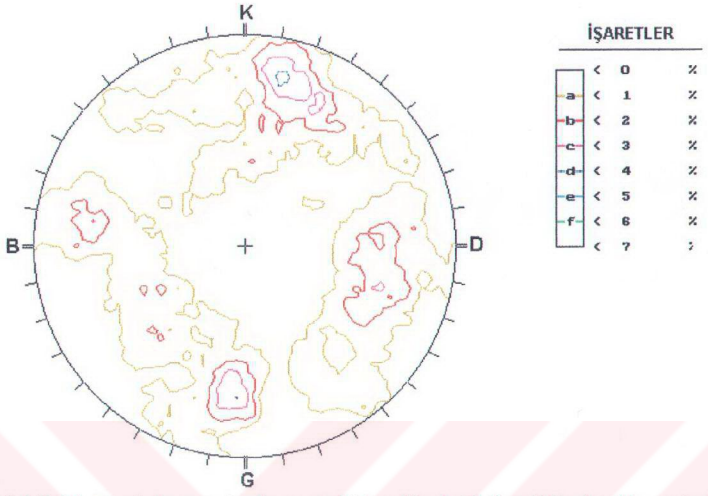
Yağca Vadisi göl alanında sol sahilde yüzeylenen kiltaşlarından tabakalanma, Akyar formasyonundan eklem ve tabakalanma yönelimlerine ait, sağ sahilde yüzeylenen kiltaşlarından tabakalanma, tüfitlerden eklem ve tabakalanma, bazaltlardan ise eklemlere ait yönelim ölçüleri alınmıştır. Sağ sahilde yüzeylenen Medik Formasyonu ile Halacak Vadisi göl alanı sağ ve sol sahilde yüzeyleyen Beylerderesi Formasyonu masif özelliktedir ve bu formasyonlarda süreksizlik sistemleri gelişmemiştir. Bu nedenle süreksizliklerin yönelimine ait ölçü alınamamıştır.

Baraj eksen yeri ve göl alanında yüzeylenen birimlerin içerdiği süreksizliklere ait bu yönelim ölçülerinin alt yarım kürede kontur diyagramları çizilerek (Şekil 4.1 - 4.26) eklem, tabakalanma ve akma yüzeylerinin ana doğrultu ve eğimleri belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

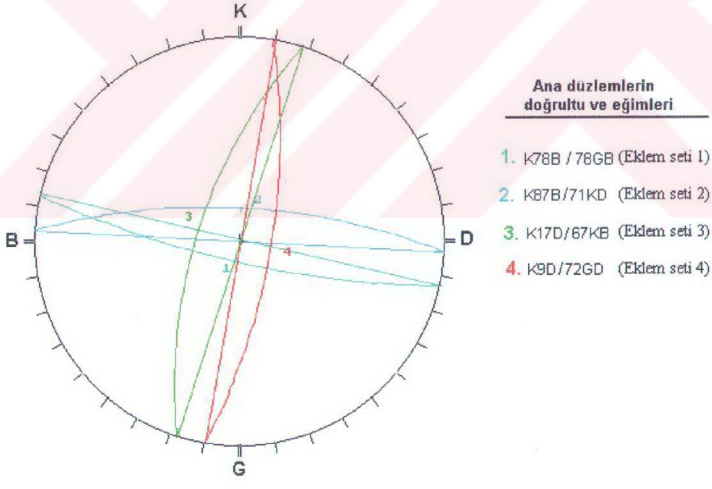
Baraj eksen yerinde DSİ tarafından yapılmış olan temel sondajı karotlarının incelenmesi ile, bazaltlardaki eklemlerin yüzeyde 1-2 mm kalınlığında kil dolgulu, daha derinde ise 2-3 mm kalınlığında kalsit dolguludur. Bazaltların ayrışma göstermeyen seviyelerinde ise eklemler tamamen kapalı ve hafif pürüzlüdür. Akma yüzeyleri ise çok pürüzlü ve dalgalı, üst seviyelerde ayrışma sonucu kil dolgu içeren bir özelliğe sahiptir. Tüfitlerde tabakalanma kalınlığı 5-20 cm arasında değişmektedir ve eklemler ise oldukça ayrışmış, genelde kil dolgulu, bazen de 4-5 cm kalınlığa ulaşabilen kalsit dolguludur. Temel sondajı karotlarında yapılan incelemeler ile bazalt ve tüfitlerdeki eklem sıklığı da belirlenmiştir. Eklem sıklığına ait veriler Çizelge 4.7 ve 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Baraj eksen yeri ve göl alanında yüzeylenen birimlerin içerdiği süreksizliklerin ana doğrultu ve eğimleri.

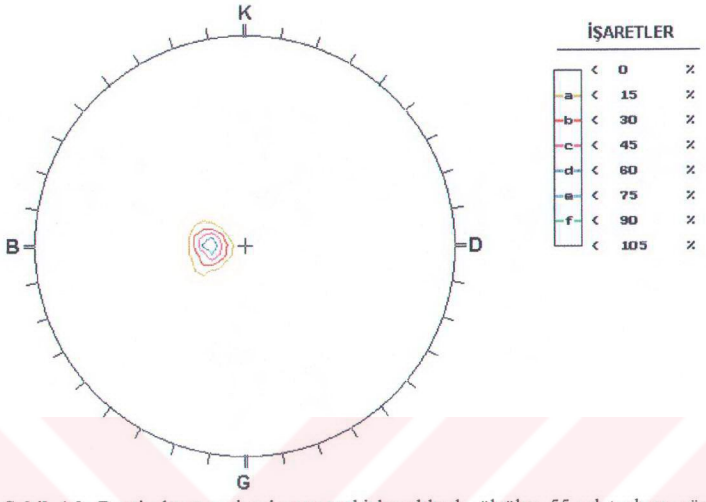
Konum	Birim	Süreksizlik tipi	Süreksizliklerin ana doğrultu ve eğimleri
Baraj eksen yeri sol yamaç	Bazalt	Eklem	K78B / 78GB (Eklem seti 1)
			K87B / 71KD (Eklem seti 2)
			K17D / 67KB (Eklem seti 3)
			K9D / 72GD (Eklem seti 4)
		Akma yüzeyi	K-G / 17D
Baraj eksen yeri sağ yamaç	Tüfit	Tabakalanma	K10D / 14GD
		Eklem	K50B / 80GB (Eklem seti 1)
			K11B / 87GB (Eklem seti 2)
			K35D / 77KB (Eklem seti 3)
Baraj göl alanı sol sahil	Akyar formasyonu	Tabakalanma	K1D / 27GD
		Eklem	K42B / 57GB (Eklem seti 1)
			K10B / 62KD (Eklem seti 2)
			K41D /70KB (Eklem seti 3)
	Kiltaşı	Tabakalanma	K6D / 12GD
	Tüfit	Tabakalanma	K5D / 14GD
		Eklem	K48B / 78GB (Eklem seti 1)
			K8B / 87GB (Eklem seti 2)
			K35D / 88GD (Eklem seti 3)
	Bazalt	Eklem	K77B / 70GB (Eklem seti 1)
			K12D / 73GD (Eklem seti 2)
			K80B / 74KD (Eklem seti 3)
			K4D / 71KB (Eklem seti 4)
			K55D / 73KB (Eklem seti 5)
Baraj göl alanı sağ sahil	Akyar formasyonu	Tabakalanma	K3D / 28GD
		Eklem	K52D / 55KB (Eklem seti 1)
			K13B / 70KD (Eklem seti 2)
			K60B / 58GB (Eklem seti 3)
	Kiltaşı	Tabakalanma	K13D / 14GD



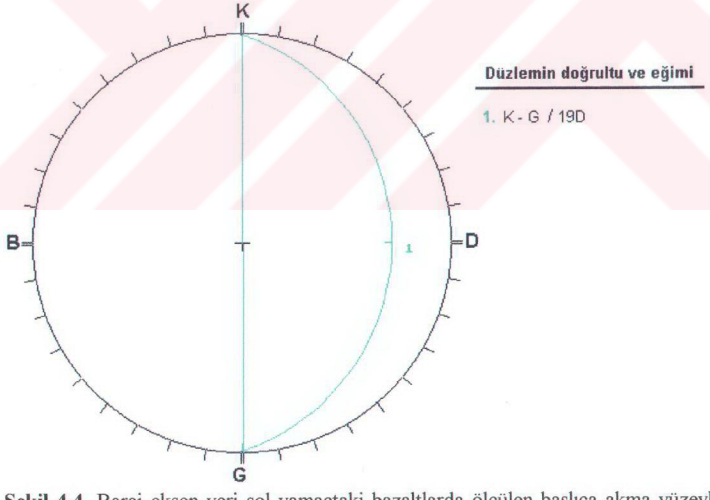
Şekil 4.1. Baraj eksen yeri sol yamaçtaki bazaltlarda ölçülen 520 adet eklem yönelimine ait kontur diyagramı.



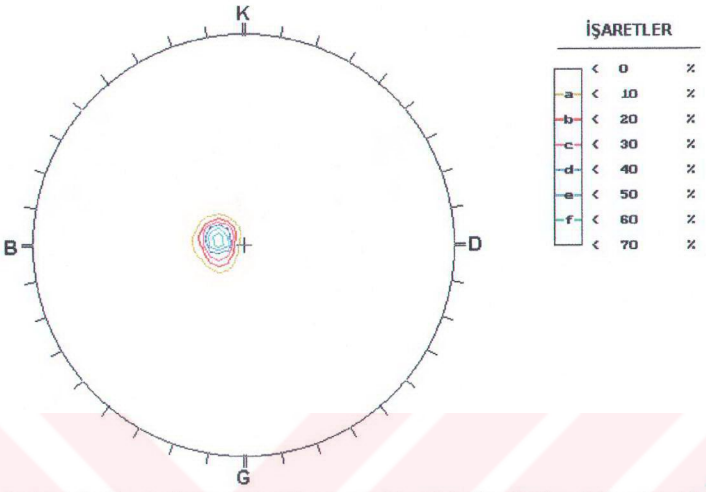
Şekil 4.2. Baraj eksen yeri sol yamaçtaki bazaltlarda belirlenen başlıca eklem setlerinin büyük daireleri.



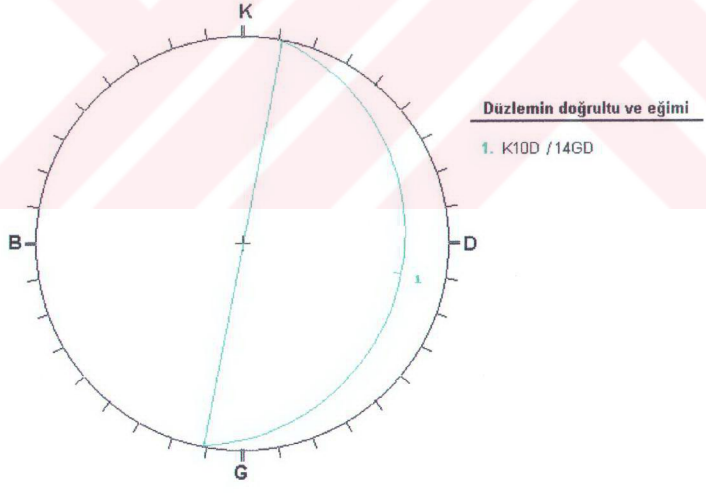
Şekil 4.3. Baraj eksen yeri sol yamaçtaki bazaltlarda ölçülen 55 adet akma yüzeyinin yönelimine ait kontur diyagramı.



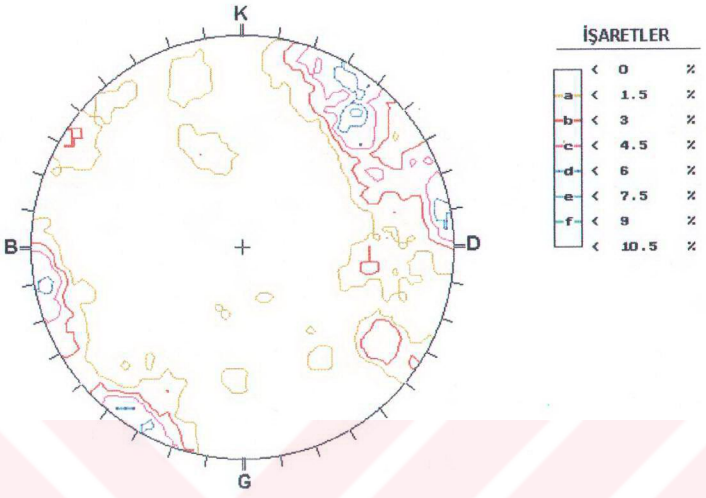
Şekil 4.4. Baraj eksen yeri sol yamaçtaki bazaltlarda ölçülen başlıca akma yüzeylerinin büyük dairesi.



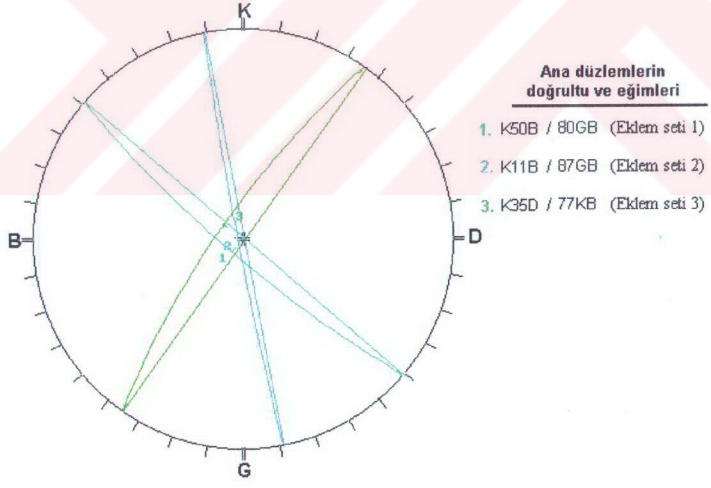
Şekil 4.5. Baraj eksen yeri sağ yamaçtaki tüfitlerde ölçülen 241 adet tabakanın yönelimine ait kontur diyagramı.



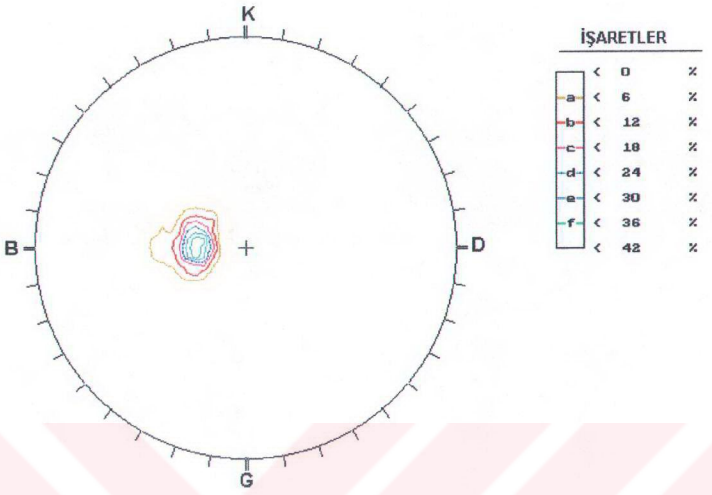
Şekil 4.6. Baraj eksen yeri sağ yamaçtaki tüfitlerde ölçülen tabakaların büyük dairesi.



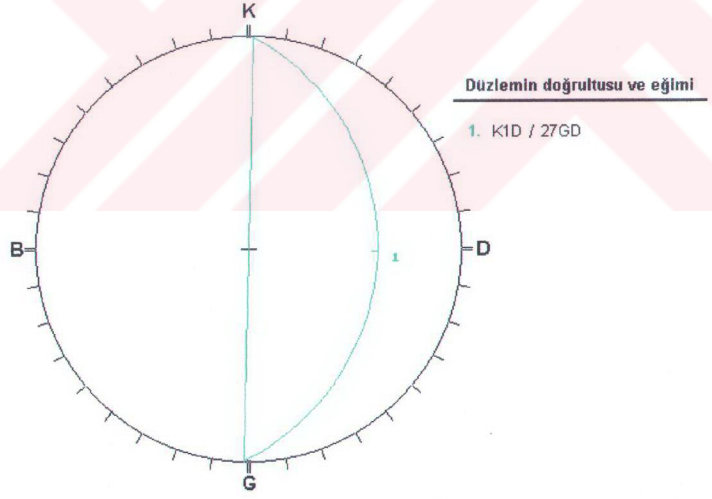
Şekil 4.7. Baraj eksen yeri sağ yamaçtaki tüfitlerde ölçülen 165 adet eklem yönelimine ait kontur diyagramı.



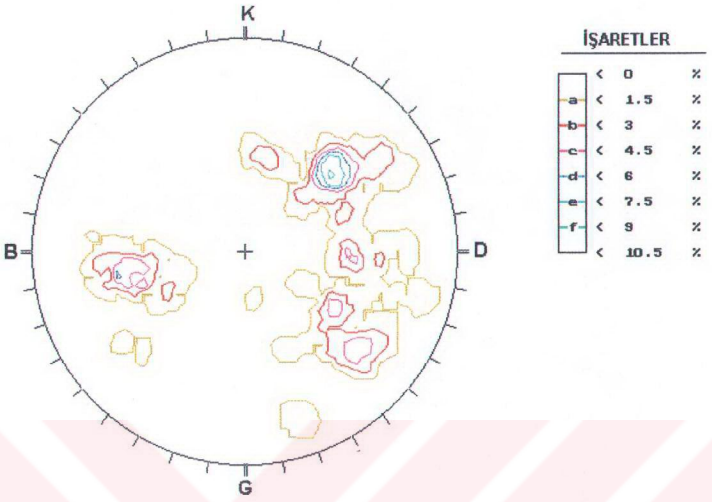
Şekil 4.8. Baraj eksen yeri sağ yamaçtaki tüfitlerde belirlenen başlıca eklem setlerinin büyük daireleri.



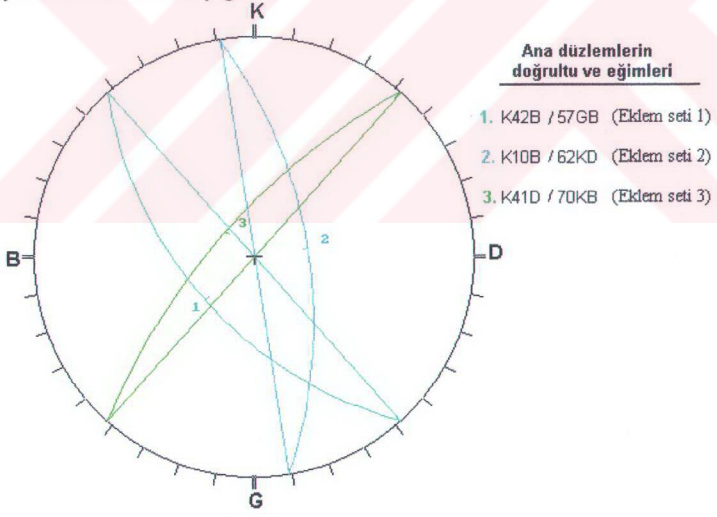
Şekil 4.9. Göl alanı sol sahildeki Akyar formasyonunda ölçülen 58 adet tabaka yönelimine ait kontur diyagramı.



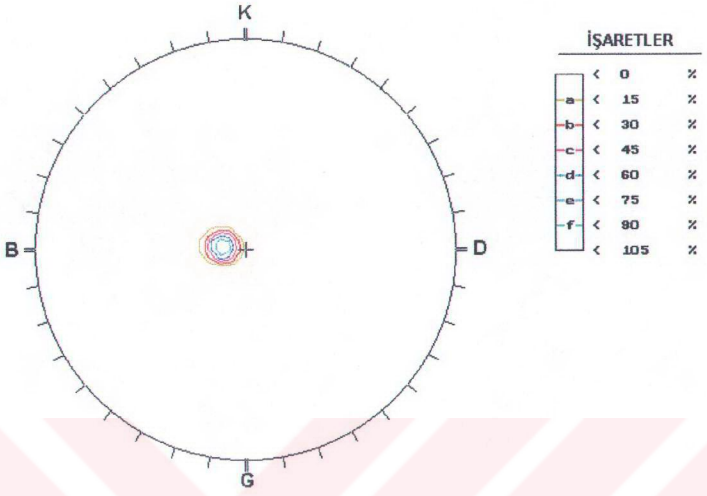
Şekil 4.10. Göl alanı sol sahildeki Akyar formasyonunda ölçülen tabakaların büyük dairesi.



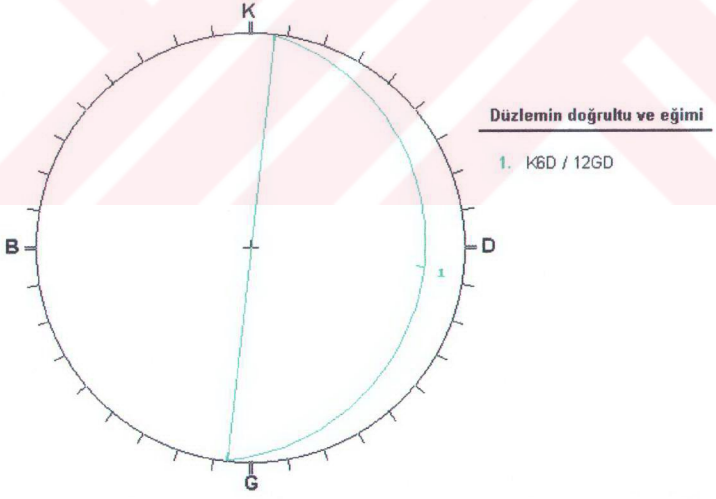
Şekil 4.11. Göl alanı sol sahildeki Akyar formasyonunda ölçülen 139 adet eklem yönelimine ait kontur diyagramı.



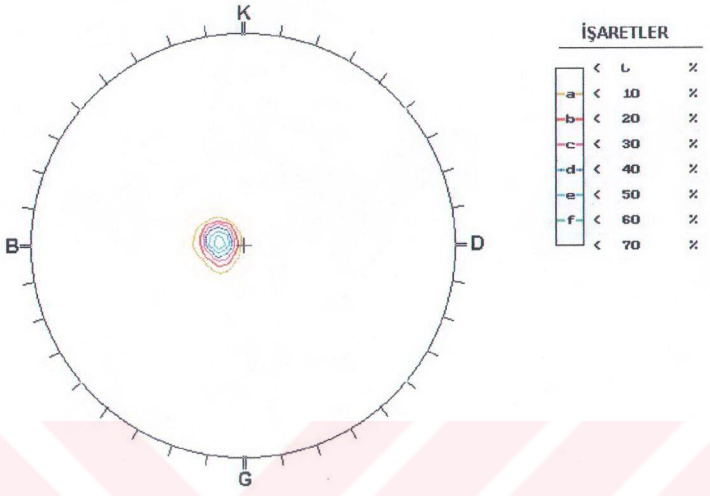
Şekil 4.12. Göl alanı sol sahildeki Akyar formasyonunda belirlenen başlıca eklem setlerinin büyük daireleri.



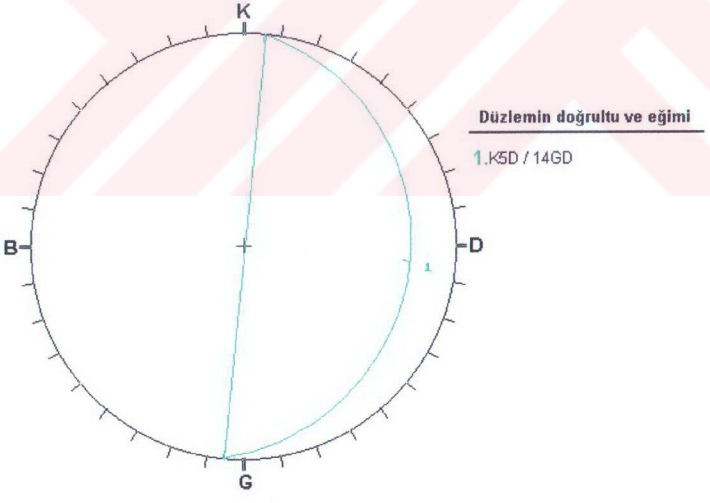
Şekil 4.13. Göl alanı sol sahildeki kiltaşlarında ölçülen 133 tabaka yönelimine ait kontur diyagramı.



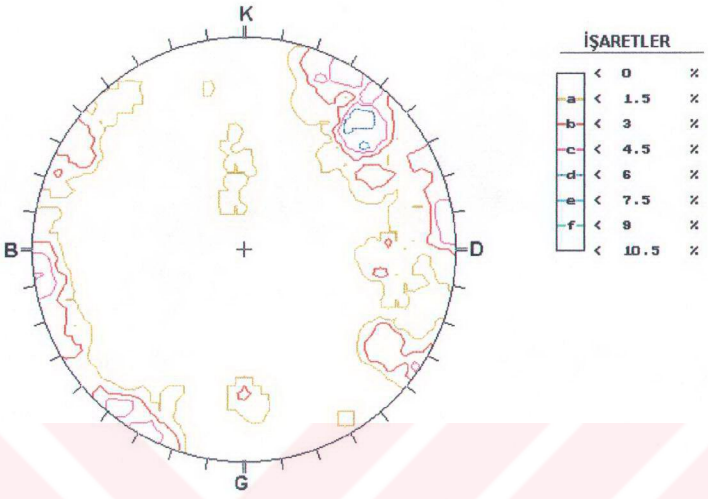
Şekil 4.14. Göl alanı sol sahildeki kiltaşlarında ölçülen tabakaların büyük dairesi.



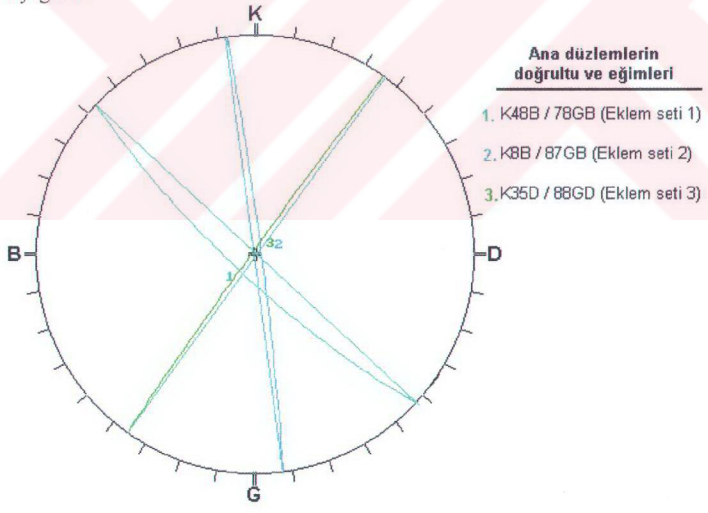
Şekil 4.15. Göl alanı sol sahildeki tüfitlerde ölçülen 75 adet tabaka yönelimine ait kontur diyagramı.



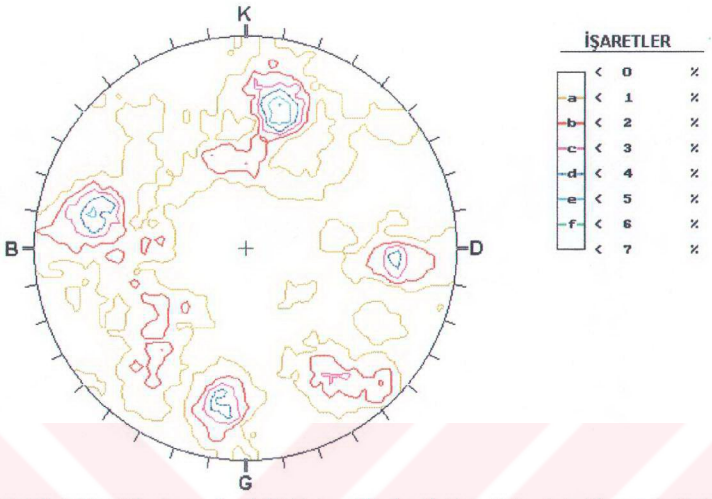
Şekil 4.16. Göl alanı sol sahildeki tüfitlerde ölçülen tabakaların büyük dairesi.



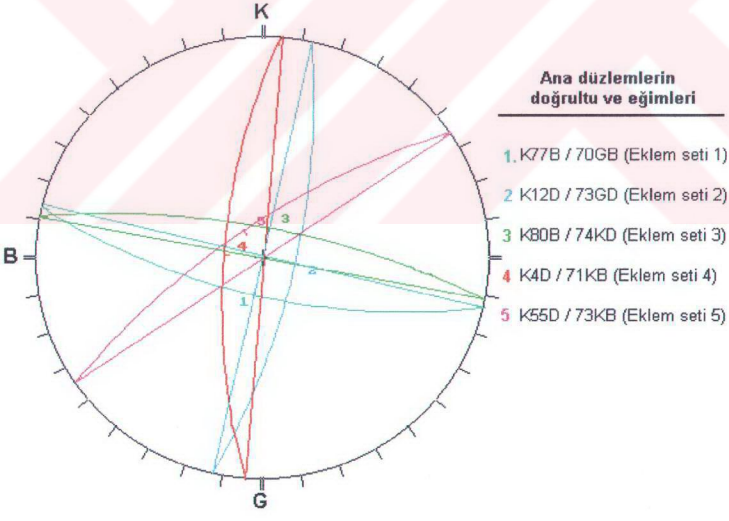
Şekil 4.17. Göl alanı sol sahildeki tüfitlerde ölçülen 138 adet eklem yönelimine ait kontur diyagramı.



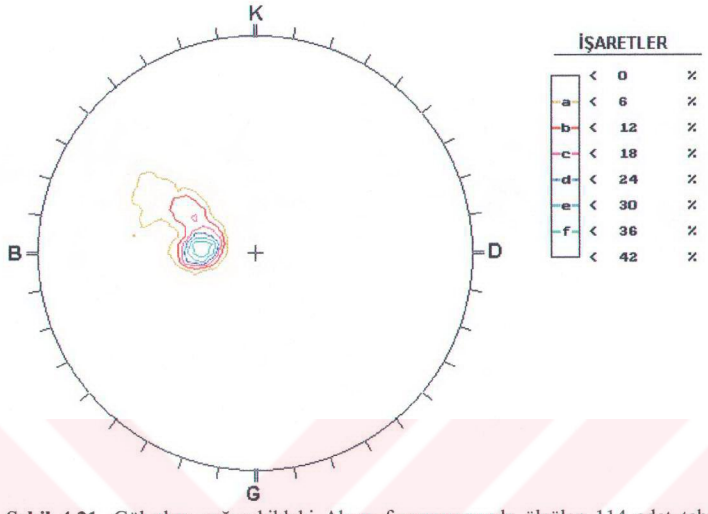
Şekil 4.18. Göl alanı sol sahildeki tüfitlerde belirlenen başlıca eklem setlerinin büyük daireleri.



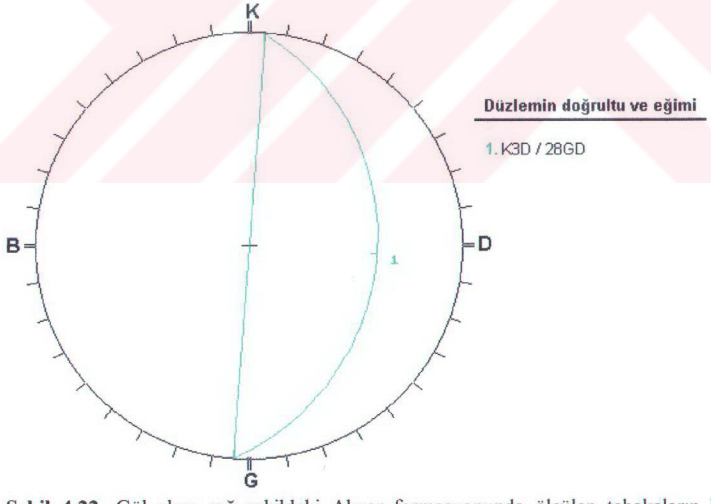
Şekil 4.19. Göl alanı sol sahildeki bazaltlarda ölçülen 263 adet eklem yönelimine ait kontur diyagramı.



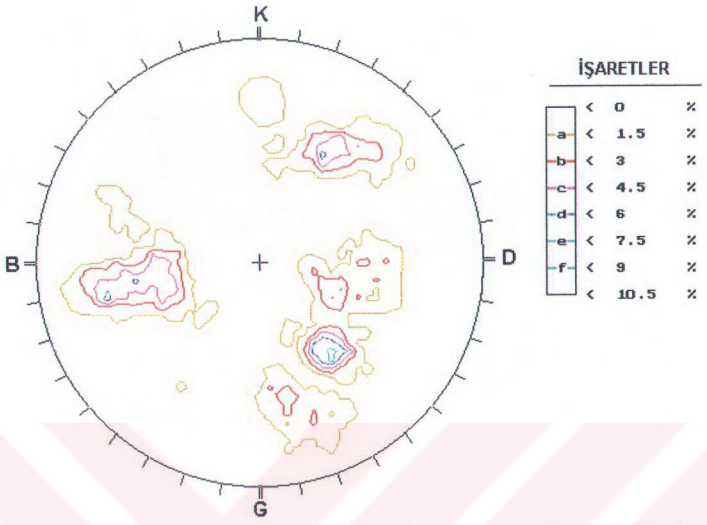
Şekil 4.20. Göl alanı sol sahildeki bazaltlarda belirlenen başlıca eklem setlerinin büyük daireleri.



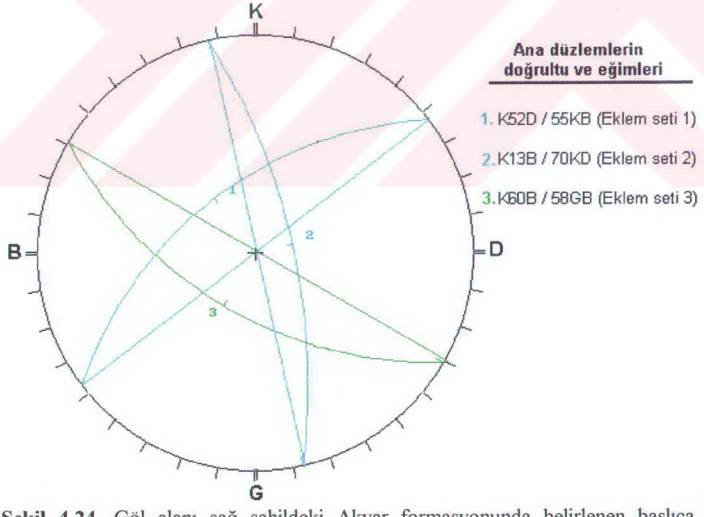
Şekil 4.21. Göl alanı sağ sahildeki Akyar formasyonunda ölçülen 114 adet tabakanın yönelimine ait kontur diyagramı.



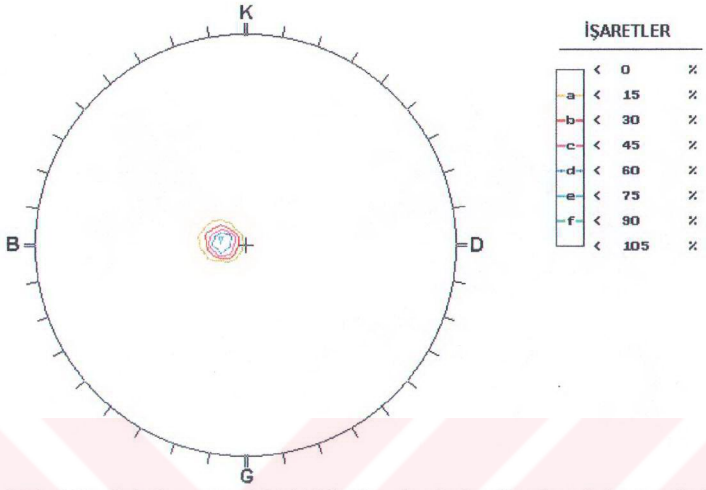
Şekil 4.22. Göl alanı sağ sahildeki Akyar formasyonunda ölçülen tabakaların büyük dairesi.



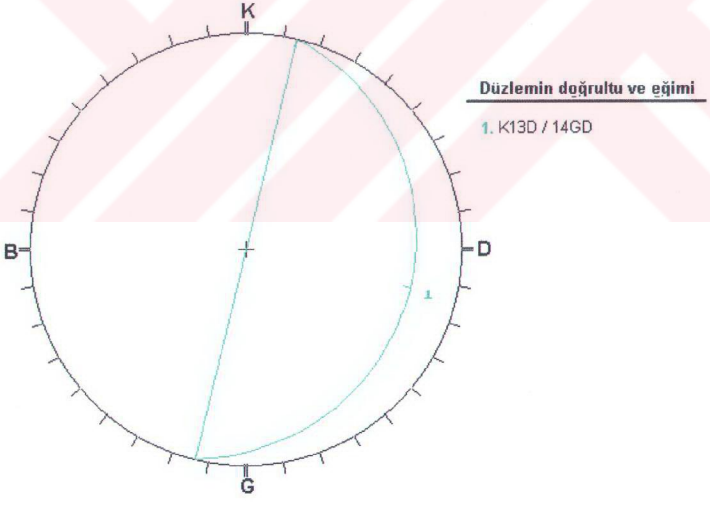
Şekil 4.23. Göl alanı sağ sahildeki Akyar formasyonunda ölçülen 153 adet eklem yönelimine ait kontur diyagramı.



Şekil 4.24. Göl alanı sağ sahildeki Akyar formasyonunda belirlenen başlıca eklem setlerinin büyük daireleri.



Şekil 4.25. Göl alanı sağ sahildeki kiltaşlarında ölçülen 87 adet tabaka yönelimine ait kontur diyagramı.



Şekil 4.26. Göl alanı sağ sahildeki kiltaşlarında ölçülen tabakaların büyük dairesi.

4.2. Baraj eksen yeri ve göl alanındaki birimlerin geçirimliliği

Boztepe Barajı eksen yerindeki temel birimleri; sol yamaçta, altta Yamadağ Volkanitlerine ait tüfit üyesi ve bunun üzerinde yer alan bazalt üyesi, sağ yamaçta ise, tüfit üyesi oluşturmaktadır (Ek 2).

Talvegde; kalınlığı 10 m'ye varan kil, kum, çakıl ve bloklardan oluşan, gri renkli ve tutturulmamış alüvyon, yamaçlarda ise en fazla 8 m kalınlığa ulaşabilen yamaç molozu yer almaktadır. Eksen yeri sol ve sağ yamaçlar ile talvegde açılan temel sondajlarında yapılan basınçlı su deneylerinde tüfitlerin geçirimsiz, bazaltların genelde az geçirimli, daha az olarak da geçirimli, basınçsız su deneylerinde ise alüvyon ve yamaç molozunun geçirimli özellikte olduğu belirlenmiştir.

4.2.1. Baraj eksen yerinin geçirimliliği

Bu bölümde, baraj eksen yerinde yüzeylenen bazalt ve tüfitlerin içerdiği eklem, akma yüzeyi ve tabakalanma gibi süreksizliklerin geçirimliliğe olan etkileri incelenmiştir.

Baraj ekseninin K80°D doğrultulu olduğu dikkate alınırsa, bazaltlardaki (1) ve (4) numaralı eklem setleri ile akma yüzeylerinin mansaba doğru eğimli oldukları görülmektedir (Çizelge 4.2). Bu durum barajdan suyun kaçmasına neden olacaktır. Nitekim, eksen yeri sol yamaçta açılan SK1, SK2 ve SK3 numaralı temel sondajlarında yapılan basınçlı su deneylerinde de az geçirimli (1-5 Lugeon) ve geçirimli (5-25 Lugeon) seviyeler belirlenmiştir.

Baraj ekseninin doğrultusuna göre, tüfitlere ait tabakalar ve (1) numaralı eklem seti mansaba doğru eğimlidir. Bu, geçirimlilik açısından olumsuz bir durumdur. Ancak, eksen yeri sağ yamaçtaki SK5, SK6, SK7, SK8,SK9, SK10 ve SK11 numaralı temel sondajlarında yapılan basınçlı su deneylerinde, tüfitlerin az geçirimli-geçirimsiz, özellikte oldukları belirlenmiştir. Bu nedenle, tabaka ve eklem konumlarının geçirimliliğe olumsuz yönde bir etkisinin olacağı düşünülmemektedir.

Talvegde ise, kalınlığı 10 m'ye varan kil, kum, çakıl ve blok boyutunda malzemeden oluşan alüvyon bulunmaktadır. Alüvyonun kalınlığını belirlemek amacıyla talvegde SK12, SK13, SK14, SK15, SK16, SK17 ve SK18 numaralı temel sondajları açılmıştır. Bu temel sondajlarında, alüvyonun geçirimliliğinin belirlenebilmesi amacıyla

sabit seviyeli geçirgenlik deneyleri yapılmıştır. Yapılan su deneylerinden elde edilen veriler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Alüvyonda yapılan sabit seviyeli geçirgenlik deneyleri sonucunda elde edilen geçirimlilik değerleri.

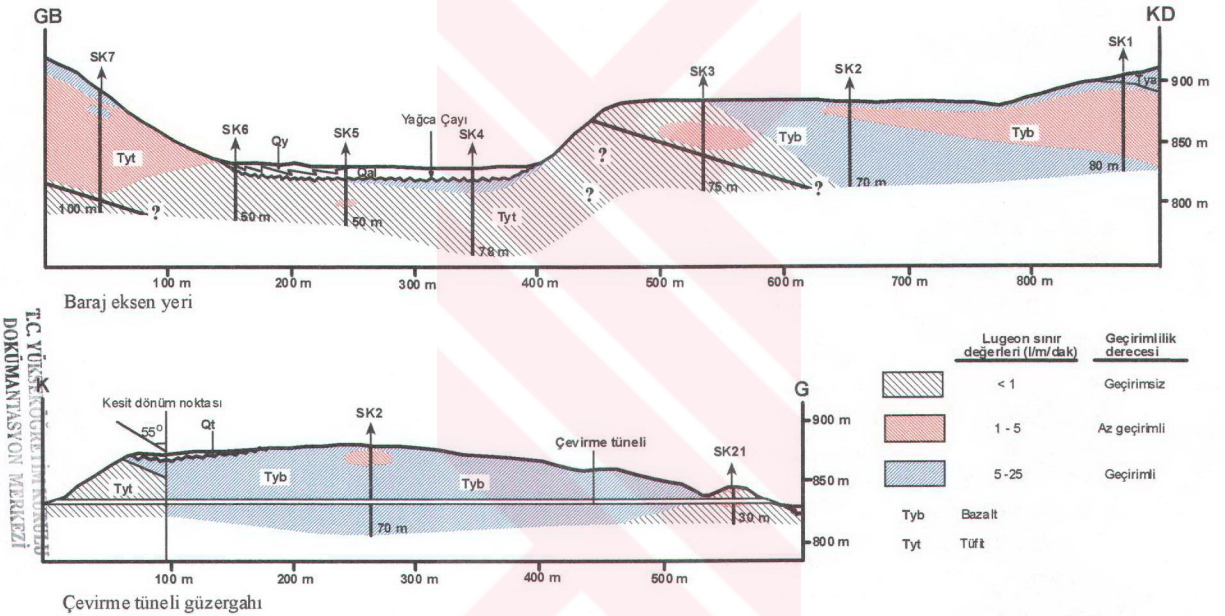
Temel Sondajı	Geçirimlilik değerleri (m/s)
SK12	Az geçirimli (10^{-5} m/s), yarı geçirimli (10^{-4} m/s)
SK13	Geçirimli (10^{-3} m/s)
SK14	Yarı geçirimli (10^{-4} m/s), geçirimli (10^{-3} m/s)
SK15	Geçirimli (10^{-3} m/s)
SK16	Geçirimli (10^{-3} m/s)
SK17	Yarı geçirimli (10^{-4} m/s), geçirimli (10^{-3} m/s)
SK18	Yarı geçirimli (10^{-4} m/s), geçirimli (10^{-3} m/s)

Bu değerlere göre, talvegde yeralan 10 m kalınlığındaki alüvyon geçirimli-yarı geçirimli özelliktedir ve sıyırma kazısı ile tamamen kaldırılabilir.

Baraj eksen yerindeki temel sondajlarında bazalt ve tüfitlerin geçirimliliklerini belirlemek amacıyla yapılmış olan basınçlı su deneylerine ait veriler kullanılarak, baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında, geçirimliliğe göre bölgelendirme yapılmıştır (Şekil 4.27). Yapılan bölgelendirme ile eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahındaki bazalt ve tüfitlerin geçirimliliklerin yanal ve düşey yönde nasıl değişiklik gösterdiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Baraj eksen yerinde geçirimsizliği sağlamak amacıyla yapılacak olan enjeksiyonun sınırının belirlenmesinde, bu bölgelendirmenin dikkate alınması yararlı olacaktır.

4.2.2.Baraj göl alanının geçirimliliği

Boztepe Barajı göl alanı, Yağca ve Halacak vadilerinde yer almaktadır. Halacak Vadisi'nde sağ ve sol sahilde çakıltaşı litolojisindeki Beylerderesi Formasyonu yüzeylenmektedir (Ek 1). Birim masif olup, süreksizlik sistemleri gelişmediğinden, tabaka ve eklem yönelimlerine ait ölçü alınamamıştır. Ayrıca, birim üzerinde temel sondaj da yapılmadığından, birimin geçirimliliği konusunda herhangi bir bilgi elde edilememiştir.Yağca Vadisi'nde ise, göl alanı sol sahilde, alttan üste doğru; Akyar formasyonu, Yamadağ Volkanitleri'ne ait kiltaşı, tüfit ve bazalt üyeleri yüzeylenmektedir (Ek 1). Yağca Vadisi baraj göl alanı sol sahilde yüzeyleyen tüm



T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Şekil 4.27. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında Lugeon geçirimlilik değerlerine göre yapılan bölgelendirme.

birimlerde, tabaka ve eklemlerin barajın menbasına doğru eğimli olması nedeniyle (Çizelge 4.2), geçirimlilik açısından herhangi bir olumsuz durum beklenmemektedir.

Yağca Vadisi baraj göl alanı sağ sahilde ise, Medik Formasyonu, Akyar formasyonu ve kiltaşları yüzeylenmektedir (Ek 1). Medik Formasyonu masif, kil çimentolu çakıltaşı litolojisindedir ve süreksizlik sistemleri iyi gelişmediğinden, süreksizliklerin yönelimine ait ölçü alınamamıştır. Formasyon, Yağca Vadisi sağ yamacında oluşan (1) numaralı heyelan ile vadi tabanına kadar ulaşmakta olup (Ek 1), bu nedenle geçirimliliği olumsuz yönde etkilemeyeceği beklenmelidir.

Akyar formasyonuna ait tabakaların ve eklem sistemlerinin konumu, geçirimlilik açısından olumsuz bir durum göstermektedir (Çizelge 2). Formasyon içerisinde bulunan ve geçirimli özellikteki kumtaşı tabakaları ile eklem sistemleri yoluyla göl alanı dışına su kaçağı oluşabilecektir.

Kiltaşlarında ise tabakaların konumları, Akyar formasyonunda olduğu gibi geçirimlilik açısından olumsuz olarak değerlendirilmiştir. Ancak, kiltaşları içerisinde geçirimli seviyelerin mevcut olmaması ve temel sondajlarında yapılan basınçlı su deneylerine göre birimin tamamen geçirimsiz olması bu olumsuzluğun gelişmeyeceği yönünde önemli göstergelerdir.

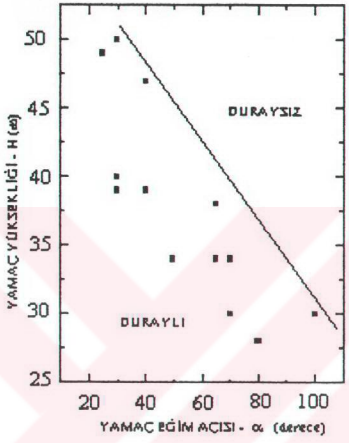
4.3. Baraj eksen yeri ve göl alanının duraylılığı

4.3.1. Eksen yerinin duraylılığı

Boztepe Barajı eksen yerinde; sol yamaçta altta tüfitler ve bunların üzerinde yer alan bazaltlar, sağ yamaçta ise tüfitler temel kayayı oluşturmaktadır. Boztepe Barajı zonlu toprak dolgu tipinde inşa edileceğinden, gerekli taşıma gücünün sağlanması amacıyla sıyırma kazısı yapılırken yüzeydeki çok fazla ayrışmış seviyelerin kaldırılması dikkate alınacaktır. Sıyırma kazısı sonucunda, mevcut yamaçların eğim açıları değişecektir. Bu durumda eksen yeri sağ ve sol yamaçta oluşabilecek olası kitle hareketlerinin önceden ve şev eğimi ile doğrultularının duraylılığı sağlayacak şekilde belirlenmesi önem taşımaktadır.

Eksen yerinin sağ ve sol yamaçlarında yer alan tüfitler çok ayrışmış özellikte olduklarından, tüfitlerde meydana gelecek olan hareketlerin dairesel tipte olması beklenir. Baraj eksen yeri sol yamacında, tüfitler üzerinde yeralan bazaltlarda ise ayrışma az

olduğundan olası hareketler süreksizliklere bağlı olarak gelişecektir. Bu nedenle, tüfitlerde yapılacak sıyırma kazısı sonucunda şevin duraylı kalabilmesi için şev açısının büyüklüğünün belirlenmesine bir yaklaşımda bulunmak amacıyla, eksen yerinde tüfitlerdeki duraylı yamaçların eğim açıları ve yükseklikleri ölçülerek, bu iki parametre arasındaki ilişki grafiksel olarak Şekil 4.28'de gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Baraj eksen yerindeki tüfitlerin oluşturduğu duraylı yamaçlarda şev eğim açısı ve yükseklik arasındaki ilişki.

Tüfitlerde yapılacak olan sıyırma kazısı sırasında, şev eğim açısı ile şev yüksekliği arasındaki Şekil 4.28'de verilen mevcut ilişkinin dikkate alınarak şev eğiminin belirlenmesi, herhangi bir duraylılık problemin meydana gelmesini önlemek açısından faydalı bir gösterge olacaktır.

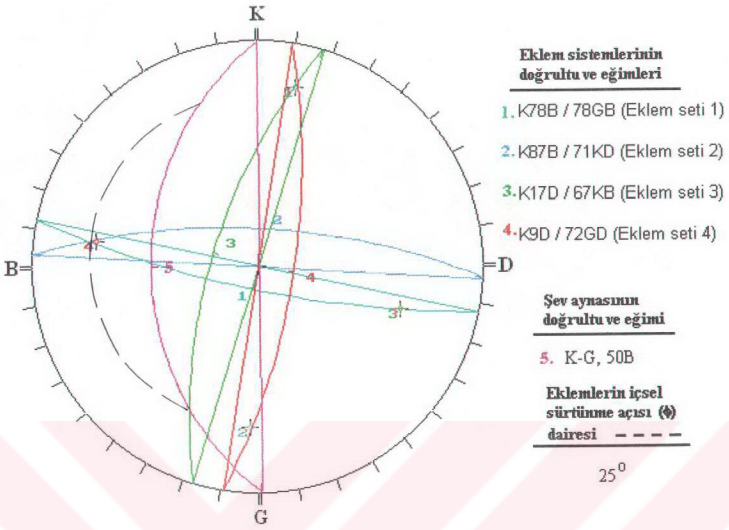
Eksen yeri sol yamaçta yeralan bazaltlarda ise oluşabilecek kitle hareketleri, bazaltların içerdiği eklem ve akma yüzeyi gibi süreksizliklerin neden olacağı, düzlemsel, kama ve devrilme tipinde duraysızlıklar şeklinde gelişebilir. Bazaltların içerdiği süreksizliklerin sözü edilen duraysızlık tiplerden herhangi birisine neden olup olmayacaklarının belirlenmesi amacıyla, bazaltlarda Hoek ve Bray (1977), Goodman (1980) ve Ulusay (1996) tarafından önerilen yöntemlere göre kinematik analizler yapılmıştır.

Yapılan kinematik analizlerde baraj eksen yeri sol yamacında şevin doğrultusunun ve eğiminin, ayrışmış kesimin kaldırılması halinde K-G / 50°B olacağı tahmin edimiştir. Ancak kinematik analizlerde gerekli olan parametrelerden, süreksizliklerin içsel sürtünme açısı (ϕ) değerlerini belirlemek amacıyla bu çalışma kapsamında deney yapılması imkanı bulunamadığı için, bu değerlerin saptanmasında literatürden yararlanılmak zorunda kalınmıştır. Temel sondajlarına ait karotlarda yapılan incelemelere (Bölüm 4.1.2) dayanılarak bazaltların içerdiği eklem ve akma yüzeylerinin içsel sürtünme açısı (ϕ) literatürde benzer yüzeyler için verilen değerlerden belirlenmeye çalışılmıştır. Eklemlerin bu özellikleri gözönünde bulundurularak, içsel sürtünme açısı (ϕ) değeri Hoek ve Bray (1977) ve Hoek (1970) tarafından verilen değerler arasından 25° olarak seçilmiştir. Akma yüzeyleri için de içsel sürtünme açısı (ϕ) değeri aynı kaynaklardan 35° olarak alınmıştır.

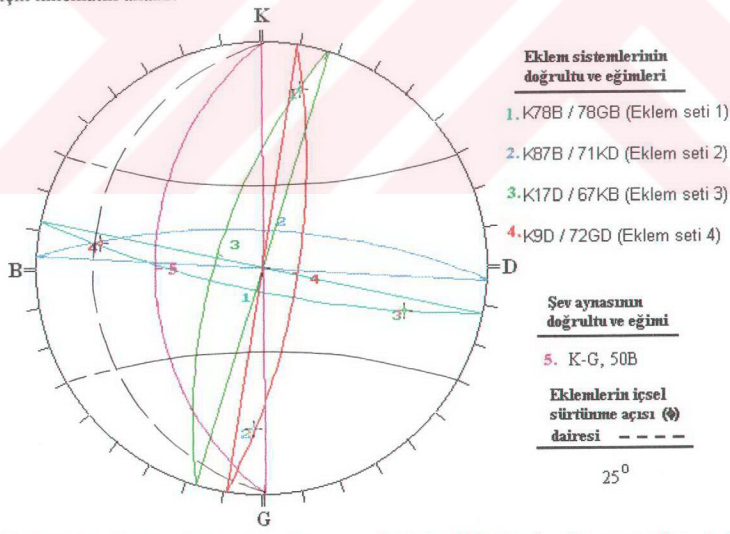
Baraj eksen yeri sol yamaçtaki bazaltlarda düzlemsel ve kama türü duraysızlık olasılığının araştırılması amacıyla yapılan kinematik analizden (Şekil 4.29), düzlemsel ve kama tipinde bir kaymanın meydana gelmeyeceği anlaşılmıştır.

Eksen yerindeki bazaltların içerdiği eklem sistemlerinin devrilme türü bir duraysızlığa neden olup olmayacaklarının belirlenmesi amacıyla yapılan kinematik analizde de (Şekil 4.30) baraj eksen yeri sol yamacındaki bazaltlarda eklemlerin devrilme türü bir duraysızlığa neden olmayacakları belirlenmiştir.

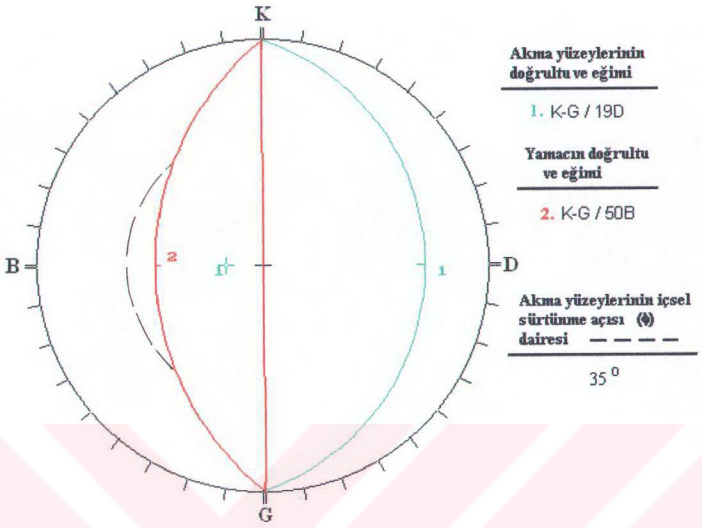
Bazaltlardaki akma yüzeylerinin eksen yerinde duraysızlığa neden olup olmayacaklarının belirlenmesi amacıyla düzlemsel ve devrilme türü duraysızlıklar için kinematik analizler yapılmıştır. Düzlemsel türde duraysızlık için yapılan kinematik analizde (Şekil 4.31), akma yüzeylerinin eğim yönü ile şev aynasının eğim yönlerinin ters olduğu, bu nedenle düzlemsel türde bir duraysızlığa neden olmayacakları, devrilme türü duraysızlık için yapılan kinematik analizde (Şekil 4.32) ise, bu tür duraysızlığın oluşması için gerekli koşul sağlanmadığından, devrilme türünde duraysızlık sözkonusu değildir.



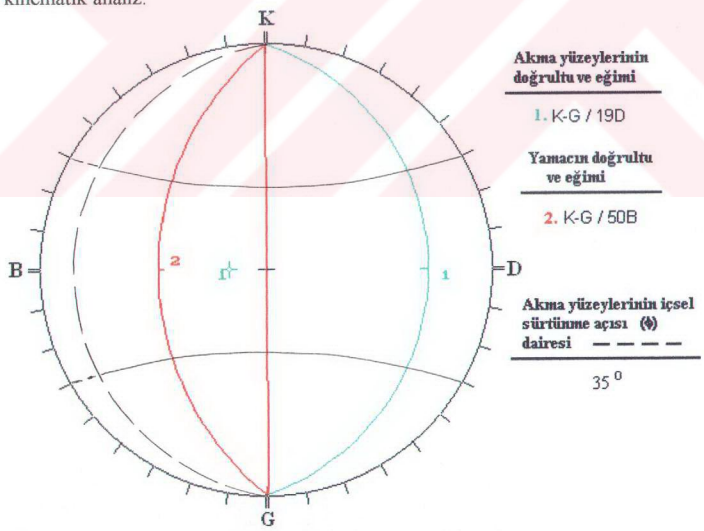
Şekil 4.29. Baraj eksen yeri sol yamacındaki bazaltlarda düzlemsel ve kama türü kayma için kinematik analiz.



Şekil 4.30. Baraj eksen yeri sol yamacındaki bazaltlarda devrilme türü kayma için kinematik analiz.



Şekil 4.31. Baraj eksen yeri sol yamaçta akma yüzeylerinde düzlemsel türü kayma için kinematik analiz.



Şekil 4.32. Baraj eksen yeri sol yamaçta akma yüzeylerinin devrilme türü kayma için kinematik analiz.

Baraj eksen yeri sol yamaçtaki bazaltlar eklem sistemleri ve akma yüzeyleri ile birlikte soğuma çatlakları da içermektedir. Bu çatlaklar dike yakın eğim açılarına ve gelişigüzel doğrultulara sahiptirler. Bazaltlardaki soğuma çatlaklarından alınan ölçülerin stereografik projeksiyon tekniğiyle hazırlanan kontur diyagramında, soğuma çatlaklarına ait genel bir yönelim saptanamamıştır. Bu nedenle, soğuma çatlaklarının neden olabileceği devrilme türü duraysızlık kinematik analiz yapılarak incelenememiştir. Ancak, dike yakın eğim açıları ve yüzeyde görülebilen devamlılıklarının 2 - 3 m'ye ulaştığı ve tektonik kökenli eklem setleri tarafından kesildiği dikkate alındığında, bu çatlaklar devrilme türü duraysızlığa neden olabilecektir. Eksen yeri sol yamaçta yeralan bazaltların üst seviyelerinde geniş bir yayılım sunmayan bu sütun bazaltların sıyırma kazısı ile tamamen kaldırılması duraylılık açısından yaralı olacaktır.

4.3.2. Göl alanının yakınında gözlenen duraysızlıklara ilişkin değerlendirmeler

Boztepe Barajı göl alanının yer aldığı Halacak Vadisi'nde herhangi bir kitle hareketi gözlenmemiştir. Vadi boyunca yüzeyleyen masif çakıltaşı litolojisindeki Beylerderesi Formasyonu'nda tabaka ve eklem ölçüsü alınamadığından süreksizlikler açısından duraylılık analizi yapılması mümkün olmamıştır.

Yağca Vadisi'nde ise, iki tanesi (5 ve 6 numaralı heyelanlar) sol sahilde, üç tanesi de (1, 2 ve 3 numaralı heyelanlar) sağ sahilde olmak üzere toplam beş heyelan ve ayrıca, göl alanı dışında Sarsap Köyü doğusunda da bir heyelan (4 numaralı heyelan) gözlenmiştir (Ek 2).

1 numaralı heyelan sağ sahilde ve çakıltaşı litolojisindeki Medik Formasyonu'nda oluşmuştur. Heyelan alanında hareketi karakterize eden gerilme çatlağı, ağaç ve direklerin düşeyden sapması gibi durumlar mevcut değildir. Dolayısıyla bu heyelan fosil heyelan olarak değerlendirilmiştir.. Yaklaşık olarak 1300 m uzunluğunda, 1230 m genişliğinde ve 1 091 365 m^2 lik bir alana sahiptir (Şekil 4.33).

2 numaralı heyelan, sağ sahilde ve oldukça ayrışmış özellikteki Akyar formasyonuna ait çamurtaşlarında meydana gelmiş fosil bir heyelandır (Şekil 4.34). Yaklaşık olarak 950 m uzunluğa ve 1020 m genişiğe sahiptir. Heyelan yaklaşık olarak 825 190 m^2 lik bir alanı kapsamaktadır.

Şekil 4.33. 1 numaralı heyelanın görünümü (KB'ya bakış).

Şekil 4.34. 2 numaralı heyelanın görünümü (B'ya bakış).

3 numaralı heyelan, sağ sahilde ve eksen yerinin yaklaşık 1 km kuzeyindedir (Şekil 4.35). Heyelan yaklaşık olarak 600 m uzunluğunda, 330 m genişliğinde ve 164 500 m^2'lik alana yayılmıştır ve tamamen ayrışmış özellikteki tüfitlerde, dairesel kayma şeklinde gelişmiştir. Heyelan alanında yeralan Karabük Mahallesi'ndeki evlerin duvarlarındaki çatlaklar, elektrik direklerinin düşeyden sapmış olması ve gözlenen gerilme çatlakları heyelanın aktif olduğunu göstermektedir. Heyelan üzerinde yapılan 3 adet temel sondajından (SK27, SK28, SK29) kayma dairesinin yaklaşık olarak 10 m derinden geçtiği ve kayan malzemenin hacminin ise 305 000 m^3 olduğu belirlenmiştir (Nacar, 1995).

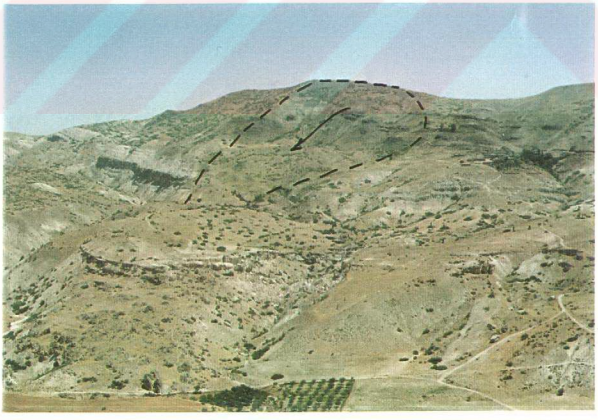
4 numaralı heyelan, göl alanı dışında ve Sarsap Köyü doğusunda oldukça ayrışmış özellikteki bazaltlarda oluşmuştur. Gerilme çatlakları vb. gibi heyelanın aktif olduğunu gösteren bulgular gözlenmemiştir. Bu nedenle fosil heyelan olarak tanımlanmıştır. Yaklaşık olarak 700 m uzunluğunda ve 625 m genişliğindedir. Heyelan alanı ise yaklaşık 302 720 m^2'dir.

5 numaralı heyelan, göl alanı sol sahilde, Aydın Köyü'nün hemen kuzeyindedir ve ayrışmış özellikteki bazaltlarda oluşmuştur (Şekil 4.36). Yaklaşık olarak 1100 m uzunluğunda ve 600 m genişliğindedir. Heyelan yaklaşık olarak 316 545 m^2'lik bir alana sahiptir. 6 numaralı heyelan, yine sol sahilde ve Aydın Köyü'nün yaklaşık 500 m güneyinde, genişliği yaklaşık 620 m, uzunluğu ise 200 m'dir ve 165 430 m^2'lik alanı kapsar.

Boztepe Barajı göl alanında bulunan heyelanlardan, 5 ve 6 numaralı heyelanlar, maksimum su seviyesi 900 m kotunda olan göl alanına göre yaklaşık 100 m daha yüksek kota kadar ulaşmaktadır. Bu nedenle olumsuz bir etkisinin olacağı düşünülmemektedir.

3 nolu heyelan ise, depolama hacmi 108.823 hm^3 olan baraj gölüne oranla 305 000 m^3 gibi küçük bir hacme sahip olduğundan fazla bir önem taşımamaktadır. Ancak, 1 ve 2 numaralı heyelanların oldukça geniş bir alana sahip oldukları görülmektedir. Şu anda aktif olmayan bu heyelanların göl alanında su birikmesi sonucu doygun hale gelerek tekrar harekete geçmeleri gibi bir olumsuzluk dikkate alınmalıdır. Özellikle 1 numaralı heyelanın bulunduğu kesimde Yağca Vadisi'nin oldukça dar olduğu

Şekil 4.35. 3 numaralı heyelanın görünümü (GB'ya bakış).



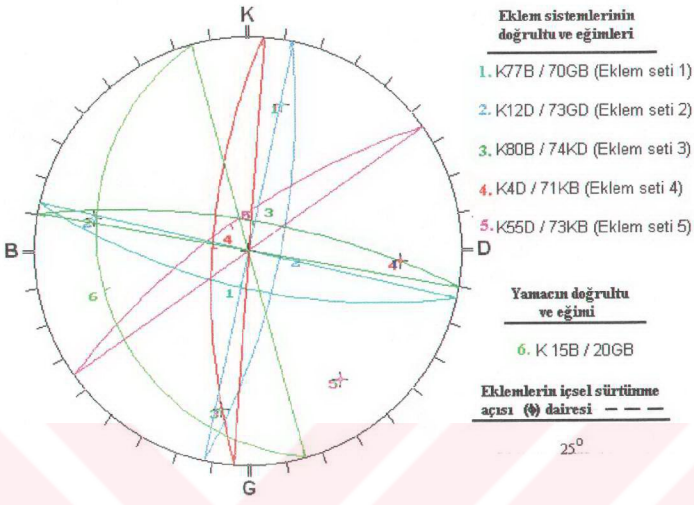
Şekil 4.36. 5 numaralı heyelanın görünümü (KD'ya bakış).

dikkate alınırsa, heyelanlı kütlenin aşağı doğru hareket ederek vadi üzerinde doğal bir set oluşturması da mümkündür. Bu nedenle sözkonusu heyelanlar üzerinde yapılacak çalışmalarla, kayma yüzeylerinin, geometrilerinin belirlenmesi ve duraylılık analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında sözkonusu heyelanlara ilişkin duraylılık analizleri ele alınmamıştır.

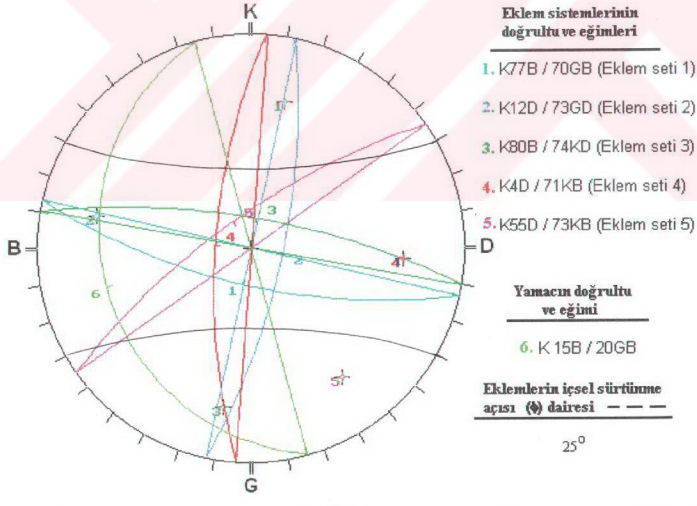
Boztepe Barajı göl alanı sol sahilde yeralan bazaltlar, Aydın Köyü civarında oldukça ayrışmıştır. (5) ve (6) numaralı heyelanlar, ayrışmış özellikteki bu bazaltlarda meydana gelmiş dairesel kayma tipindeki kitle hareketleridir. Ancak, Aksütlü Köyü civarındaki bazaltlarda ayrışma az olduğundan, meydana gelebilecek duraysızlıkların süreksizliklere bağlı olarak gelişeceği düşünülerek, bazaltlardaki eklem sistemlerinin neden olabileceği duraysızlık tipleri kinematik analiz tekniğiyle belirlenmeye çalışılmıştır. Kinematik analizlerde yamacın doğrultu ve eğimi K15°B / 20°GB, eklemlerin içsel sürtünme açısı (ϕ) olarak da eksen yerinde bazaltların içerdiği eklemler için kabul edilen 25° değeri esas alınmıştır.

Kinematik analizlerde, hiçbir eklem sisteminin düzlemsel ve kama türü duraysızlığın oluşabilmesi için gerekli olan kinematik koşulu sağlamaması nedeniyle, göl alanı sol sahilindeki bazaltlarda düzlemsel ve kama türü duraysızlık meydana gelmeyecektir (Şekil 4.37).

Bazaltlarda devrilme türü duraysızlık için yapılan kinematik analizde (Şekil 4.38) ise, eklem setlerinin devrilme türü duraysızlığa neden olmayacakları belirlenmiştir.



Şekil 4.37. Baraj göl alanı sol sahilindeki bazaltlarda düzlemsel ve kama türü kayma için kinematik analiz.



Şekil 4.38. Baraj göl alanı sol sahilindeki bazaltlarda devrilme türü kayma için kinematik analiz.

4.4. Laboratuvar Deneyleri

Laboratuvar çalışmalarında, Boztepe Barajı eksen yerinde yapılan temel sondajlarından, eksen yerindeki temel kayayı oluşturan bazalt (51 örnek) ve tüfitleri (43 örnek) temsil eden karot numuneleri alınmıştır. Bu numunelerin fiziksel ve jeomekanik özellikleri "Devlet Su İşleri Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı" Kaya ve Zemin Mekaniği Laboratuvarlarında tayin edilmiştir. Yapılan deneylerden tayin edilen parametreler Ek 5, 6, 7 ve 8'de, bunların istatistiksel değerlendirmesi ise, bazaltlar ve tüfitler için Çizelge 4.4 ve 4.5'de verilmiştir.

4.4.1. Malzeme ve yöntem

Karot numunelerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, kuru (γ_d) ve doygun birim ağırlık (γ_s), ağırlıkça (Aa) ve hacimce su emme (Av), gözeneklilik (n) ve P dalga hızı (C_p) özellikleri, mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ve statik elastisite modülü (E_s) parametreleri tayin edilmiştir.

Karot örnekleri üzerinde yapılan deneylerde; ağırlıkça ve hacimce su emme, gözeneklilik, birim ağırlık, tek eksenli sıkışma dayanımı ve statik elastisite modülünün belirlenmesinde ISRM (1981) tarafından önerilen yöntemler, P dalga hızı ve dinamik elastisite modülü (E_d) belirlenmesinde ASTM (1980) standartları esas alınmıştır. S dalga hızı (C_s) Attewell ve Farmer (1976) tarafından önerilen eşitliğe göre hesaplanmıştır.

S dalga hızı (C_s) ise Attewell ve Farmer (1976)'a göre;

$$C_s = 0.51\ C_p \qquad (4.1)$$

olup, burada;

C_s = S dalga hızı (m/s)

C_p = P dalga hızı (m/s)'dır.

ASTM (1980)'e göre dinamik elastisite modülü (E_d);

$$E_d = ((1-2\nu)(1+\nu)/(1-\nu))\rho C_p^{\ 2} \qquad (4.2)$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu ifadede;

E_d = Dinamik elastisite modülü (MPa)

ν = Poisson oranı

ρ = Kuru yoğunluk (gr/cm^3)

C_p = P dalga hızı (m/s)'dır.

Poisson oranı (ν) ise;

$$\nu = (C_p^2/C_s^2)-2 / 2((C_p^2/C_s^2)-1) \quad (4.3)$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır.

Çizelge 4.4. Bazaltların fiziksel ve jeomekanik özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi.

Jeomekanik Özellikler	Örnek Sayısı	En Az	En Çok	Aritmetik Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma
Kuru Birim Ağırlık -γ_d (kN/m^3)	51	22.5	28.1	25.5	0.02	0.15
Doygun Birim Ağırlık -γ_s (kN/m^3)	51	24.6	28.3	26.3	0.01	0.11
Ağırlıkça Su Emme - Aa (%)	51	0.47	8.82	3.68	0.37	2.67
Hacimce Su Emme - Aw (%)	51	1.37	24.9	10.50	1.09	7.75
Gözeneklilik - n (%)	51	0.71	13.39	6.76	0.53	3.78
P Dalga Hızı, C_p (m/s) - Kuru	51	1173	6576	4223.51	215.73	1540.65
P Dalga Hızı, C_p(m/s) -Doygun	16	3665	6813	5475.50	260.84	1043.36
S Dalga Hızı, C_s (m/s) - Kuru	51	598	3354	2153.02	110.15	786.63
S Dalga Hızı, C_s (m/s) - Doygun	16	1869	3475	2792.50	133.05	532.19
Tek Ek.Sık. Day., σ_c (MPa)-Kuru	51	2.99	76.45	39.39	28.42	202.95
Tek Ek.Sık. Day., σ_c (MPa)-Doy.	12	4.01	71.23	45.09	72.93	252.65
Statik Elas.Mod., E_s (MPa)-Kuru	51	1600	96700	30905.29	47170.40	336864.05
Statik Elas.Mod., E_s (MPa)-Doy.	16	1120	94000	55230.83	99187.44	343595.39
Din.Elas.Mod.,E_d (MPax10^5)-Kuru	51	2.26	83.25	36.69	3.59	25.66
Din.Elas.Mod.,E_d (MPax10^5)-Doy.	16	23.3	89.6	57.75	5.58	22.32
Birleşik Ayrışma İndisi (UAI)	51	0.187	0.905	0.55	0.03	0.20

Çizelge 4.5. Tüfitlerin fiziksel ve jeomekanik özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi.

Jeomekanik Özellikler	Örnek Sayısı	En Az	En Çok	Aritmetik Ortalama	Standart hata	Standart Sapma
Kuru Birim Ağırlık -γ_d (kN/m^3)	43	12.0	22.1	16.5	0.04	0.26
Doygun Birim Ağırlık -γ_s (kN/m^3)	43	15.8	25.4	20.0	0.04	0.24
Ağırlıkça Su Emme - Aa (%)	43	14.88	48.39	29.09	1.66	10.91
Hacimce Su Emme - Aw (%)	43	38.23	75.97	48.12	1.23	8.07
Gözeneklilik - n (%)	43	15.67	42.2	29.34	0.99	6.51
P Dalga Hızı, C_p (m/s) - Kuru	42	1027	2916	1749.19	61.78	400.37
P Dalga Hızı, C_p(m/s) -Doygun	18	548	1792	1241.17	78.90	334.76
S Dalga Hızı, C_s (m/s) - Kuru	42	524	1487	892.19	31.49	204.13
S Dalga Hızı, C_s (m/s) - Doygun	18	279	914	632.94	40.25	170.76
Tek Ek.Sık. Day., σ_c (MPa)-Kuru	42	1.97	21.2	8.21	5.72	37.08
Tek Ek.Sık. Day., σ_c (MPa)-Doy.	17	1.12	4.44	2.24	2.14	8.83
Statik Elas.Mod., E_s (MPa)-Kuru	42	600	10500	2226.90	2614.67	16944.97
Statik Elas.Mod., E_s (MPa)-Doy.	17	320	2050	662.65	974.81	4019.26
Din.Elas.Mod., E_d (Mpax10^5)-Kuru	42	1.03	12.97	3.86	0.38	2.45
Din.Elas.Mod.,E_d (MPa x10^5)-Doy.	18	0.01	0.5	0.22	0.03	0.128
Birleşik Ayrışma İndisi (UAI)	42	0.707	0.916	0.84	0.007	0.04

Bazalt ve tüfitlerden alınan karot örnekler üzerinde yapılan jeomekanik deneylerden elde edilen değerler kullanılarak, Kılıç (1997) tarafından önerilen ve kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile P dalga hızında (C_p) meydana gelen kayıp yüzdelerine göre hesaplanan "Birleşik Ayrışma İndisi (UAI)" ne göre ayrışma değerleri belirlenmiştir. Hesaplamalarda;

$$UAI = \sqrt{(1 - \sigma_{ca}/\sigma_{ci})\,(1 - C_{pa}/C_{pi})} \qquad (4.4)$$

eşitliği kullanılmıştır. Bu eşitlikte;

UAI = Birleşik ayrışma indisi

σ_{ca} = Ayrışmış kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı (kg/cm^2)

σ_{ci} = Sağlam kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı (kg/cm^2)

C_{pa} = Ayrışmış kayacın P dalga hızı (m/s)

C_{pi} = Sağlam kayacın P dalga hızı (m/s) dır.

Bazalt ve tüfitlerde UAI'ni belirlemek için yapılan hesaplamalarda "σ_{ci}" ve "C_{pi}" değerleri; Kılıç (1997) tarafından bazaltlar için verilen en yüksek tek eksenli sıkışma dayanımı değeri ve P dalga hızı değeri kullanılarak UAI değerleri hesaplanmış ve sınıflamalar yapılmıştır.

4.5. Birimlerin Fiziksel ve Mühendislik Özelliklerine Göre Sınıflandırılmaları

Deneylerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ile bazalt ve tüfitlerin fiziksel ve mühendislik özellikleri esas alınarak sınıflandırılmıştır. Fiziksel özelliklerden yaralanılarak yapılan sınıflamalarda, Moos ve Quervaini (1948)'in gözeneklilik, Franklin vd. (1971)'nin eklem sıklığı, Deere (1963)'nin önerdiği RQD sınıflaması, Lugeon (1933)'un geçirimlilik ve ISRM (1981)'e göre ayrışma derecesi sınıflamaları kullanılmıştır.

Jeomekanik özelliklere göre yapılan sınıflamalarda ise, Deere ve Miller (1966)'in tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerine göre geliştirdikleri sınıflama ile aynı araştırmacıların elastisite modülü (E_t) ve tek eksenli sıkışma dayanımı oranına (E_t/σ_c) göre yaptıkları sınıflama, Iliev (1966)'in P dalga hızına göre yaptığı ayrışma derecesi sınıflaması ile Kılıç (1997) tarafından önerilen Birleşik ayrışma indisi sınıflamaları kullanılmıştır.

Baraj eksen yeri ve çevirme güzergahında yapılmış olan temel sondajı karotlarının incelenmesi, bu temel sondajlarından alınan karot numuneler üzerinde yapılan jeomekanik deney sonuçları ve temel sondajlarda bazalt ve tüfitlerin geçirimliliklerinin belirlenmesi amacıyla yerinde yapılan basınçlı su deneylerine ait veriler kullanılarak, ayrışma derecesi, RQD, geçirimlilik ve UAI arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla, baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahı için bölgelendirmeler yapılmıştır (Şekil 4.27, 4.43-4.45).

Ayrıca, çevirme tünelinin kazısı sırasında geçilecek olan kayaçların desteksiz durma süresinin ile kazı açıklığının ve destek türlerinin ön tahmini amacıyla, Bieniawski (1989) tarafından önerilen RMR kaya sınıflaması yapılmıştır.

4.5.1. Bazaltların fiziksel ve jeomekanik özelliklerine göre yapılan sınıflamalar

Baraj eksen yerindeki bazaltlarda RQD, eklem sıklığı, gözeneklilik, geçirimlilik, tek eksenli sıkışma dayanımı, modül oranı, P dalga hızı, ayrışma derecesi ve UAI'ya göre yapılan sınıflamalar Çizelge 4.6- 4.14 ile Şekil 4.39 ve 4.40'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Deere (1963)'nin RQD sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması.

RQD Sınır Değerleri	Kaya Kalitesi	İncelenen örneklerin RQD değerlerinin dağılımı (%)
0 - 25	Çok düşük	25
25 - 50	Düşük	23
50 - 75	Orta	32
75 - 90	İyi	14
90 - 100	Çok iyi	6

Çizelge 4.7. Franklin vd.(1971)'nin eklem sıklığı sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması.

Eklem sıklığı sınır değerleri	Kaya Kalitesi	İncelenen örneklerin eklem sıklığı değerlerinin dağılımı (%)
<1	Çok iyi	-
1 - 4	İyi	10
5 - 10	Orta	31
11 - 50	Düşük	46
>50	Çok düşük	13

Çizelge 4.8. Moos ve Quervaini (1948)'nin gözeneklilik sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması.

Gözeneklilik sınır değerleri (n, %)	Kaya sınıfı	İncelenen örneklerin gözeneklilik değerlerinin dağılımı (%)
< 1	Çok sıkı	4
1 - 2.5	Az boşluklu	20
2.5 - 5.0	Orta boşluklu	18.5
5.0 - 10.0	Oldukça boşluklu	42.5
10.0 - 20.0	Çok boşluklu	15
> 20.0	Çok fazla boşluklu	-

Çizelge 4.9. Lugeon (1933)'un geçirimlilik sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması.

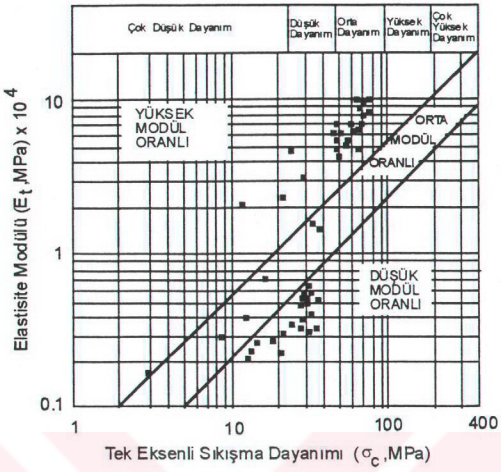
Lugeon sınır değerleri (l/m/dak)	Kaya sınıfı	İncelenen örneklerin geçirimlilik değerlerinin dağılımı (%)
< 1	Geçirimsiz	38
1 - 5	Az geçirimli	34
5 - 25	Geçirimli	28
> 25	Çok geçirimli	-

Çizelge 4.10. Deere ve Miller (1966)'in tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması.

Sınıfı	Niteliği	Tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) sınır değerleri	İncelenen örneklerin tek ek. sık. day. değerlerinin dağılımı (%)
A	Çok yüksek dayanımlı	> 2000	-
B	Yüksek dayanımlı	2000 - 1000	-
C	Orta dayanımlı	1000 - 500	54.5
D	Düşük dayanımlı	500 - 250	32
E	Çok düşük dayanımlı	< 250	13.5

Çizelge 4.11. Deere ve Miller (1966)'in modül oranı (E_t/σ_c) sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması.

Sınıfı	Niteliği	Modül oranı (E_t/σ_c) sınır değerleri	İncelenen örneklerin modül oranı değerlerinin dağılımı (%)
Y = Yüksek	Yüksek modül oranlı	> 500	45
O = Orta	Orta modül oranlı	500 - 200	45
D = Düşük	Düşük modül oranlı	< 200	10



Şekil 4.39. Deere ve Miller (1966)'in tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile elastisite modülünü (E_t) esas alan mühendislik sınıflamasında çalışma alanındaki bazaltların dağılımı.

Çizelge 4.12. Iliev (1966)'in P dalga hızına (C_p) göre önerdiği ayrışma derecesi sınıflamasında çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması.

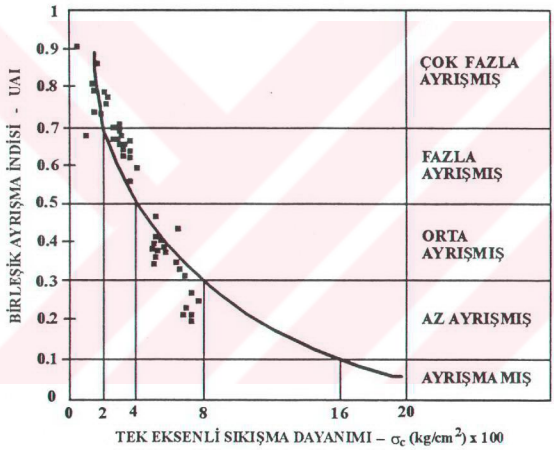
P dalga hızı sınır değerleri (m/s)	Ayrışma derecesi (K)	Kaya Türü	İncelenen örneklerin P dalga hızı değerlerinin dağılımı (%)
> 5000	0	Ayrışmamış	2
5000 - 4000	0 - 0.2	Az ayrışmış	45
4000 - 3000	0.2 - 0.4	Orta ayrışmış	8
3000 - 2000	0.4 - 0.6	Fazla ayrışmış	32
< 2000	0.6 - 1.0	Çok fazla ayrışmış	13

Çizelge 4.13. ISRM (1981) tarafından önerilen ayrışma derecesi sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması.

Sınıf	Ayrışma derecesi	İncelenen örneklerin ayrışma derecesine göre dağılımı (%)
W1	Taze	4
W2	Az ayrışmış	19
W3	Orta ayrışmış	30
W4	Fazla ayrışmış	35
W5	İleri derecede ayrışmış	12

Çizelge 4.14. Kılıç (1997)'ın Birleşik Ayrışma İndisi (UAI) sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltların dağılımı ve sınıflandırılması.

Grup	Ayrışma derecesi	Tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c,kg/cm^2)	P Dalga hızı (C_p, m/s)	Birleşik ayrışma indisi (UAI) sınır değerleri	İncelenen örneklerin UAI değerlerinin dağılımı (%)
I	Ayrışmamış	> 1600	> 6750	< 0.1	-
II	Az ayrışmış	1600 - 800	6750 - 5500	0.1 - 0.3	12
III	Orta ayrışmış	800 - 400	5500 - 4250	0.3 - 0.5	28
IV	Fazla ayrışmış	400 - 200	4250 - 3000	0.5 - 0.7	39
V	Çok fazla ayrışmış	200 >	3000 >	0.7 <	11



Şekil 4.40. Birleşik Ayrışma İndisi (UAI) - tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) grafiğinde çalışılan bazaltların dağılımı.

4.5.2. Tüfitlerin fiziksel ve jeomekanik özelliklerine göre yapılan sınıflamalar

Baraj eksen yerindeki tüfitlerde RQD, eklem sıklığı, gözeneklilik, geçirimlilik, tek eksenli sıkışma dayanımı, modül oranı, P dalga hızı ve UAI'ya göre yapılan sınıflamalar Çizelge 4.15-4.23 ile Şekil 4.41 ve 4.42'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Deere (1963)'nin RQD sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması.

RQD Sınır Değerleri	Kaya Kalitesi	İncelenen örneklerin RQD değerlerinin dağılımı (%)
0 - 25	Çok düşük	36
25 - 50	Düşük	21
50 - 75	Orta	28
75 - 90	İyi	11
90 - 100	Çok iyi	4

Çizelge 4.16. Franklin vd.(1971)'nin eklem sıklığı sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması.

Eklem sıklığı sınır değerleri	Kaya Kalitesi	İncelenen örneklerin eklem sıklığı değerlerinin dağılımı (%)
<1	Çok iyi	2
1 - 4	İyi	17
5 - 10	Orta	31
11 - 50	Düşük	29
>50	Çok düşük	21

Çizelge 4.17. Moos ve Quervaini (1948)'nin gözeneklilik sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması.

Gözeneklilik sınır değerleri (n, %)	Kaya sınıfı	İncelenen örneklerin gözeneklilik değerlerinin dağılımı (%)
< 1	Çok sıkı	-
1 - 2.5	Az boşluklu	-
2.5 - 5.0	Orta boşluklu	-
5.0 - 10.0	Oldukça boşluklu	-
10.0 - 20.0	Çok boşluklu	9
> 20.0	Çok fazla boşluklu	91

Çizelge 4.18. Lugeon (1933)'un geçirimlilik sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması.

Lugeon sınır değerleri (l/m/dak)	Kaya sınıfı	İncelenen örneklerin geçirimlilik değerlerinin dağılımı (%)
< 1	Geçirimsiz	66
1 - 5	Az geçirimli	20
5 - 25	Geçirimli	13
> 25	Çok geçirimli	1

Çizelge 4.19. Deere ve Miller (1966)'in tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması

Sınıfı	Niteliği	Tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) sınır değerleri	İncelenen örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin dağılımı (%)
A	Çok yüksek dayanımlı	> 2000	-
B	Yüksek dayanımlı	2000 - 1000	-
C	Orta dayanımlı	1000 - 500	-
D	Düşük dayanımlı	500 - 250	-
E	Çok düşük dayanımlı	< 250	100

Çizelge 4.20. Deere ve Miller (1966)'in modül oranı (E_t/σ_c) sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması.

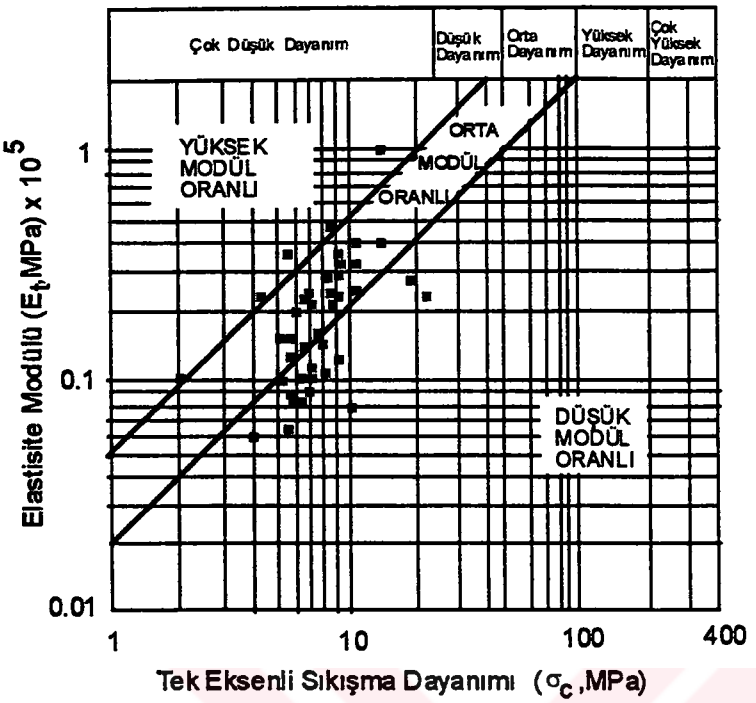
Sınıfı	Niteliği	Modül oranı (E_t/σ_c) sınır değerleri	İncelenen örneklerin modül oranı değerlerinin dağılımı (%)
Y = Yüksek	Yüksek modül oranlı	> 500	12
O = Orta	Orta modül oranlı	500 - 200	40.5
D = Düşük	Düşük modül oranlı	< 200	47.5

Çizelge 4.21. Iliev (1966)'in P dalga hızına (C_p) göre önerdiği ayrışma derecesi sınıflamasında çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması.

P dalga hızı sınır değerleri (m/s)	Ayrışma derecesi (K)	Kaya Türü	İncelenen örneklerin P dalga hızı değerlerinin dağılımı (%)
> 5000	0	Ayrışmamış	2
5000 - 4000	0 - 0.2	Az ayrışmış	2
4000 - 3000	0.2 - 0.4	Orta ayrışmış	43
3000 - 2000	0.4 - 0.6	Fazla ayrışmış	48
< 2000	0.6 - 1.0	Çok fazla ayrışmış	5

Çizelge 4.22. ISRM (1981) tarafından önerilen ayrışma derecesi sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması.

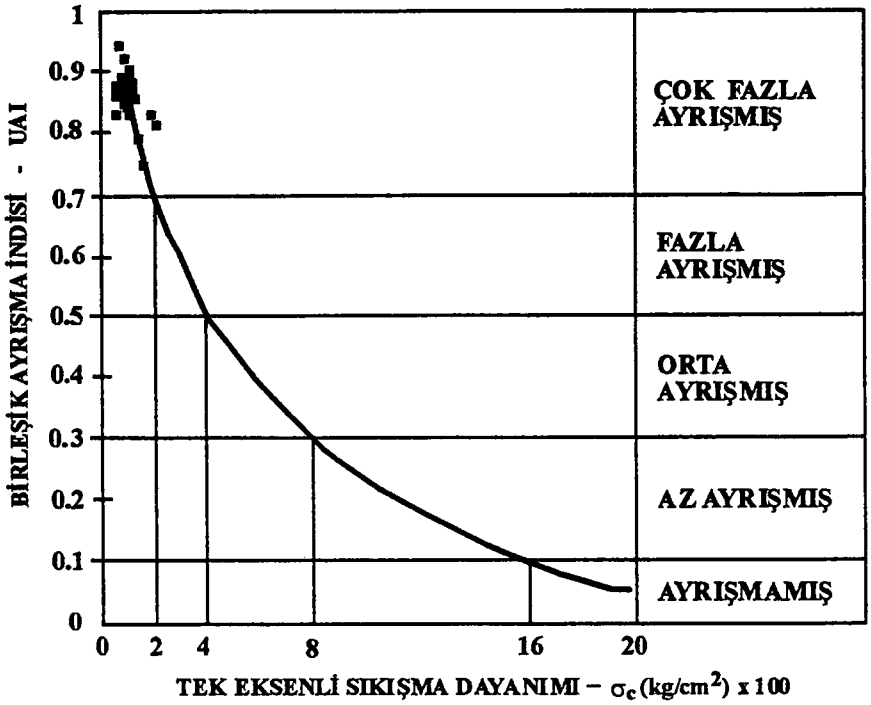
Sınıf	Ayrışma derecesi	İncelenen örneklerin ayrışma derecesine göre dağılımı (%)
W1	Taze	0
W2	Az ayrışmış	7
W3	Orta ayrışmış	37
W4	Fazla ayrışmış	43
W5	İleri derecede ayrışmış	13



Şekil 4.41. Deere ve Miller (1966)'in tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ve elastisite modülünü (E_t) esas alan mühendislik sınıflamasında çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı.

Çizelge 4.23. Kılıç (1997)'ın Birleşik Ayrışma İndisi (UAI) sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitlerin dağılımı ve sınıflandırılması.

Grup	Ayrışma derecesi	Tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c,kg/cm^2)	P Dalga hızı (C_p, m / s)	Birleşik ayrışma indisi (UAI) sınırı değerleri	İncelenen örneklerin UAI değerlerinin dağılımı (%)
I	Ayrışmamış	> 1600	> 6750	< 0.1	-
II	Az ayrışmış	1600 - 800	6750 - 5500	0.1 - 0.3	-
III	Orta ayrışmış	800 - 400	5500 - 4250	0.3 - 0.5	-
IV	Fazla ayrışmış	400 - 200	4250 - 3000	0.5 - 0.7	-
V	Çok fazla ayrışmış	200 >	3000 >	0.7 <	100

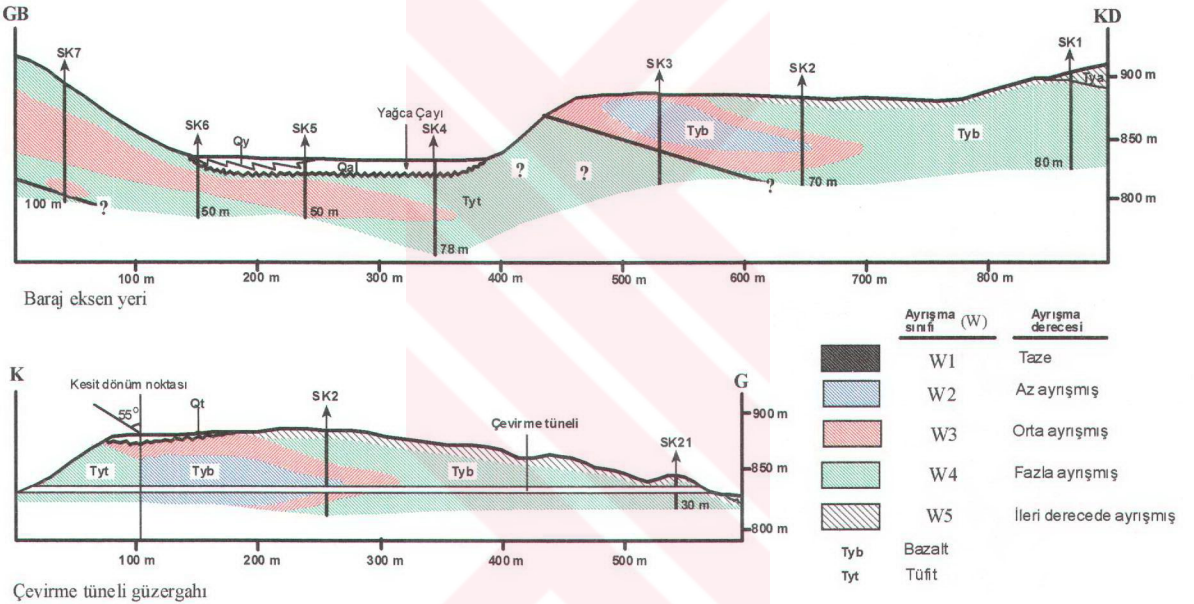


Şekil 4.42. Birleşik Ayrışma İndisi (UAI) - tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) grafiğinde çalışılan tüfitlerin dağılımı.

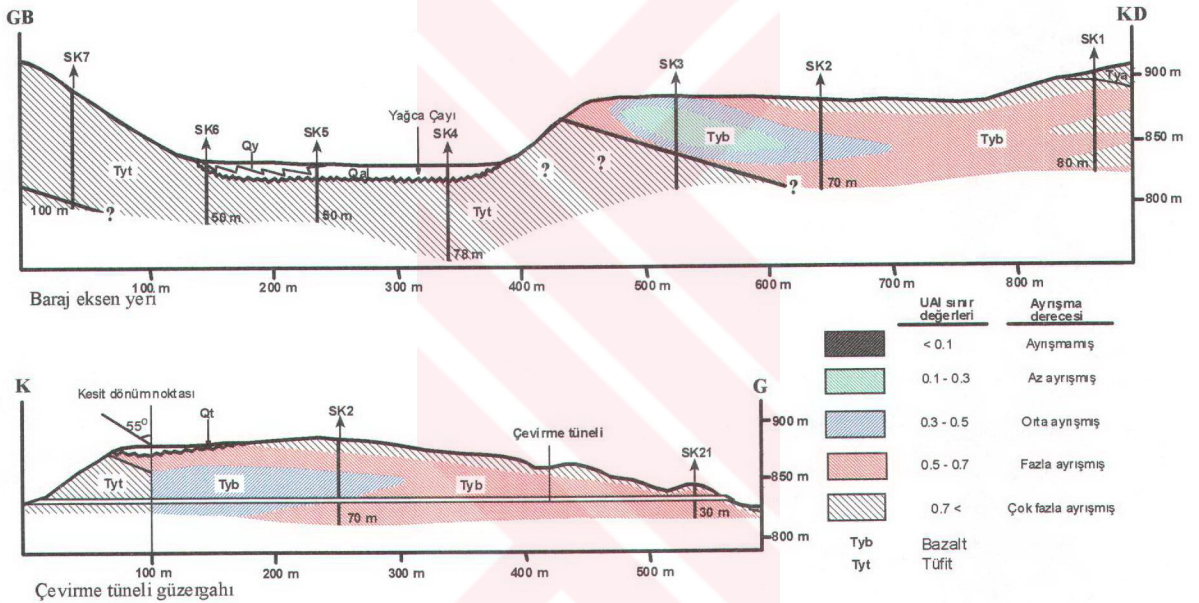
4.5.3. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında bölgelendirme çalışması

Boztepe Barajı eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında yapılmış olan temel sondajı karotlarının incelenmesi, karot numuneler üzerinde yapılan jeomekanik deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve yerinde yapılan basınçlı su deneylerine ait veriler esas alınarak, geçirimlilik, ayrışma derecesi, UAI ve RQD, arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla benzer özellikteki bölgeler ayırtlanarak zonlama yapılmıştır (Şekil 4.27, 4.43-4.45).

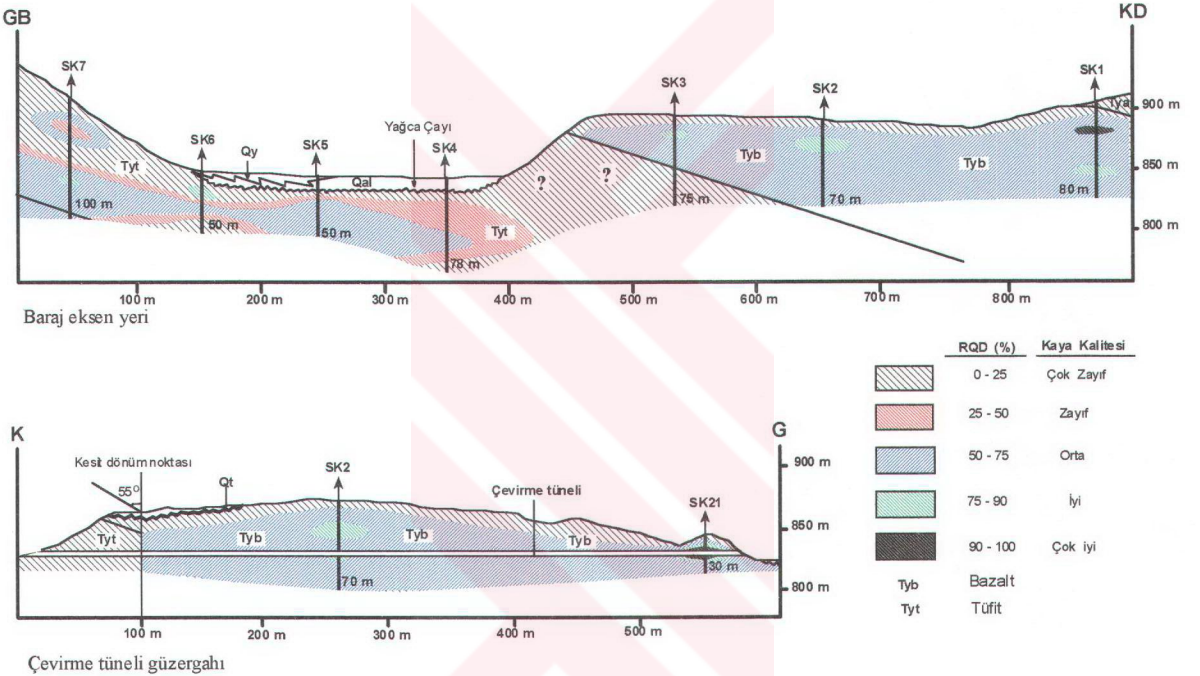
Ayrışma derecesi ve UAI'ya göre yapılan bölgelendirmelerde, tüfitlerin oldukça ayrışmış özellikte oldukları, bazaltlarda ise ayrışmanın merkeze doğru gidildikçe azaldığı görülmektedir. Bazaltlardaki ayrışmada gözlenen bu özelliğin açıklanabilmesi amacıyla, jeomekanik deneyler için alınan karot numunelerden yapılan ince kesitlerin incelenmesi sonucunda, bazaltların esas olarak plajiyoklaslar ile olivin ve piroksen gibi mafik minerallerden oluştuğu, plajiyoklaslarda ayrışmanın çok az olduğu, buna karşın mafik minerallerin % 60-70 oranında ayrışarak kloritleştiği belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle,



Şekil 4.43. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında ISRM (1981) tarafından önerilen ayrışma derecesine göre yapılan bölgelendirme.



Şekil 4.44. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında Birleşik Ayrışma İndisi (UAI)'ne göre yapılan bölgelendirme.



Şekil 4.45. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında RQD değerlerine göre yapılan bölgelendirme.

bazaltlarda gözlenen ayrışmayı mafik mineral oranı kontrol etmektedir. Mafik mineral oranının fazla olduğu seviyelerde ayrışma da fazla olmaktadır. Olivin ve piroksenler yüksek sıcaklık mineralleri olduğundan, bu mineraller Bowen reaksiyon serisine göre ilk kristalleşen minerallerdir. Buna karşın ayrışma açısından da ilk ayrışan minerallerdir.

Yine aynı bölgelendirmelerde, UAI değerlerine göre çok fazla ayrışmış olarak tanımlanan tüfitlerin ISRM (1981) tarafından önerilen ayrışma derecesi sınıflamasına göre orta (W3) ve fazla (W4) ayrışmış sınıflara karşılık geldiği, bazaltlarda ise; UAI'ya göre az ayrışmış bazaltların, ISRM (1981) ayrışma derecesi sınıflamasında az ayrışmış sınıfa (W2); orta ayrışmış bazaltların, orta ayrışmış sınıfa (W3); fazla ayrışmış bazaltların, fazla ayrışmış sınıfa (W4) ve çok fazla ayrışmış bazaltların da ileri derecede ayrışmış (W5) sınıfa karşılık geldiği belirlenmiştir.

RQD değerlerine göre yapılan bölgelendirmede ise, ayrışmanın az olduğu bölgelerde RQD değerinin yüksek olduğu, ayrıca geçirimliğe göre yapılan bölgelendirme ile karşılaştırıldığında, RQD değerinin orta olduğu seviyelerde geçirimliliğin fazla, yüksek ve düşük olduğu seviyelerde ise geçirimliliğin az olduğu gözlenmektedir. Bazaltlarda süreksizlikler geçirimliliği artırmakta ancak süreksizliklerin çok fazla olması ayrışmayı da artırdığından meydana gelen bu ayrışma ürünlerinin süreksizlikleri doldurması nedeniyle geçirimlilik de azalmaktadır.

Eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında ISRM (1981)'e göre ayrışma derecesi (W), RQD, geçirimlilik ve UAI'ya göre yapılan bölgelendirmede, kayaçların bu özelliklerinin birbirlerini denetledikleri, RQD değerlerinin yüksek olduğu seviyelerde ayrışmanın az, düşük olduğu seviyelerde ayrışmanın fazla olduğu, ayrışmanın az olduğu seviyelerde geçirimliliğin fazla, ayrışmanın fazla olduğu seviyelerde geçirimliliğin az olduğu, RQD değerinin düşük ve yüksek olduğu seviyelerde geçirimliliğin az, RQD değerinin orta olduğu seviyelerde ise geçirimliliğin fazla olduğu belirlenmiştir.

4.5.4. Çevirme tüneli güzergahındaki birimlerin kaya kütlesi sınıflaması

Boztepe Barajı'nın çevirme tüneli sol yamaçta bulunmaktadır (Ek 2). Planlanan tünel dairesel kesitli, 5 m çapında ve 565 m uzunluğundadır. Çevirme tüneli 0.00 - 105.00 m arası tüfit, 105.00 - 565.00 m arası ise bazalt birimleri içinde açılacaktır.Tünel güzergahında yer alan tüfit ve bazaltların desteksiz durabilme sürelerinin, kazı ve destek

sistemlerinin belirlenebilmesi amacıyla Bieniawski (1989) tarafından önerilen "Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi (RMR)'ne göre kaya sınıflaması yapılmıştır. Bu sınıflama sistemine ait çizelge ve abaklar Ek 9'da verilmiştir.

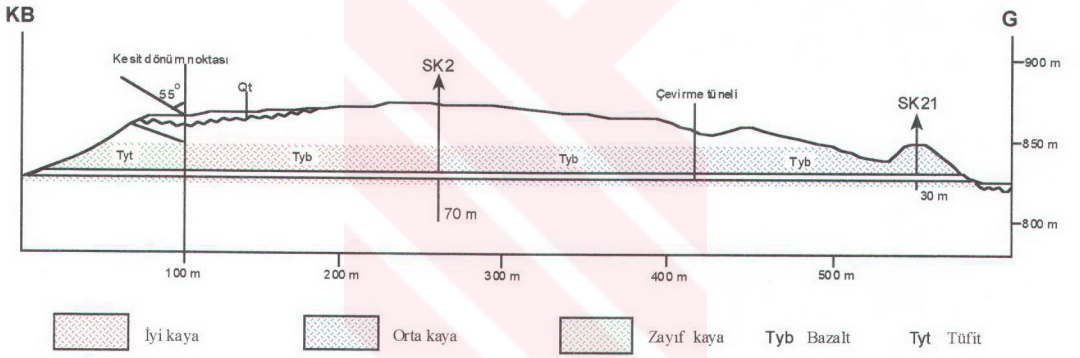
Yapılan RMR sınıflamasında, çevirme tünelinin 20 m üstüne ve 5 m altına kadar olan seviye için RMR değerleri hesaplanmış ve bu değerler kullanılarak, çevirme tünelinin RMR sınıflamasına göre hangi sınıflarında yer alan kaya kütlelerinden geçeceğini belirlemek amacıyla zonlama yapılmıştır (Şekil 4.46). Çevirme tüneli güzergahında belirlenen seviyede RMR değerleri hesaplanırken, bazaltlar için tünel güzergahında yapılmış olan SK 2 ve SK 21 numaralı temel sondajlarına ait veriler kullanılmıştır.Ancak, tünel güzergahındaki temel sondajlarının tüfitlere kadar ulaşmaması nedeniyle tüfitlerde RMR değerleri belirlenirken, eksen yerinde yapılmış olan SK 7 numaralı temel sondajında aynı seviyeyeye ait veriler kullanılmak zorunda kalınmıştır. Süreksizlik yönelimi açısından bazalt ve tüfitlerde en yoğun olarak görülen eklemlerin (Eklem seti 1) konumu esas alınmış (Çizelge 4.2) ve ilerleme yönü DSİ tarafından kuzeyden güneye seçildiği ve eklem yönelimlerinin derinlikle değişmediği varsayılarak RMR eklem yönelim puanı atanmıştır. Burada kazı yöntemi bu aşamada belli olmadığından patlatma ve benzeri uygulamalar için düzeltme yapılmamıştır.

Çevirme tüneli güzergahında bazalt ve tüfitler için yapılan zonlamada (Şekil 4.46); 0.00-105 m arasında geçilecek olan tüfitlerin RMR sınıflamasına göre zayıf kaya sınıfında, 105.00-240.00 m arasındaki bazaltların iyi kaya sınıfında ve 240.00-565.00 m arasındaki bazaltların ise orta kaya sınıfında oldukları görülmektedir. İyi kaya sınıfındaki bazaltlarda 5 m açıklık için desteksiz durma süresinin yaklaşık 1 yıl, orta kaya sınıfındaki bazaltlarda 5 m açıklık için desteksiz durma süresinin ise yaklaşık 3 hafta olduğu söylenebilir.. Tüfitlerde ise 5 m açıklıkta ani göçme oluşabilecektir bu nedenle kazıdan hemen sonra destekleme yapılmalıdır.

Bazalt ve tüfitler için belirlenen bu kaya sınıfları esas alarak, Çizelge 4.24'de verilen desteksiz durabilme süresi, kazı şekli ve destek tipleri önerilebilir.

Çizelge 4.24. Çevirme tüneli güzergahındaki tüfit ve bazaltlar için öngörülen desteksiz durma süresi, kazı şekli ve destek sistemleri (Bieniawski, 1989'dan).

Kaya birimi	Desteksiz durma süresi	Kazı şekli	Destek tipi
Tüfit (0.00-105.00 m arası)	5 m açıklık için ani göçme	Tavan kemeri ve tabandan ilerleme. Tavandan 1-1.5 m ilerleme. Komple destek. Aynaya 10 m'ye kadar gerekli.	Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1.5 m aralıklı, 4-5 m uzunluklu sistematik bulonlar. Tavan kemerinde 100-150 mm ve yan duvarlarda 100 mm püskürtme beton. Gereken yerde 1.5 m aralıklı yer yer hafif traversler.
Bazalt (105.00-240.00 m arası)	5 m açıklık için 3 hafta	Tam kesit, 1-1.5 m ilerleme, komple destek, aynaya 20 m mesafede	Kemerin 2-3 m'sinde yer yer bulonlar, tel kafeslerle 2-2.5 m aralıklı. Gerektiğinde tavan kemerinde 50 mm püskürtme beton.
Bazalt (240.00-565.00 m arası)	5 m açıklık için 1 yıl	Tavan kemeri ve tabandan ilerleme. Tavandan 1.5-3 m ilerleme. Komple destek. Aynaya 10 m'ye kadar gerekli.	3-4 m uzunlukta sistematik bulonlar, kemerde tel kafesli duvarlar ve kemerde 1.5-2 m aralıklı. Tavan kemerinde 50-100 mm, yan duvarlarda 30mm püskürtme beton.



Şekil 4.46. Çevirme tüneli güzergahında Kaya Kütlesi Sınıflaması'na (RMR) göre yapılan bölgelendirme.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

4.6. Birimlerin Jeomekanik ve Fiziksel Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Bu bölümde, baraj eksen yerinde temel kayaçlarını oluşturan bazalt ve tüfitlerin jeomekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişkilerin araştırılması ve bu ilişkilerden yararlanarak, kolay ve pahalı olmayan deneylerle belirlenebilen özellikler esas alınarak, kayaçların daha fazla zaman ve önemli bir bütçeyle tayin edilen özelliklerin belirlenmesi amacına yönelik olarak istatistiksel (regresyon) analizler yapılmış ve ilgili eşitlikler önerilmiştir.

Regresyon analizlerinde; bazalt ve tüfitlerin birim ağırlık, porozite, ağırlıkça su emme, hacimce su emme ve P dalga hızı özellikleri daha kolay ve ucuz şekilde belirlenebildiği için bu parametreler bağımsız değişken (x), tek eksenli sıkışma dayanımı, statik elastisite modülü ve UAI gibi parametreler ise daha uzun sürede ve pahalı deneylerle belirlenebildiği için bağımlı değişken (y) olarak kabul edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, kayaçların birim ağırlık, porozite, ağırlıkça su emme, hacimce su emme ve P dalga hızından yararlanarak tek eksenli sıkışma dayanımı, statik elastisite modülü ve UAI'nın belirlenmesi amaçlanmıştır. Dinamik elastisite modülü, P dalga hızı ve S dalga hızına bağlı olarak (eşitlik 4.1), S dalga hızı da P dalga hızına bağlı olarak (eşitlik 4.2) hesaplanabildiği için bu özellikler bağımlı değişkenlere (y) dahil edilmemiştir.

Yapılan regresyon analizlerinde, kayaçların jeomekanik özellikleri arasında mevcut olan tüm ilişkilerin % 95 düzeyinde anlamlı olup olmadıkları t - testi ile kontrol edilmiştir. Yapılan testte t değerinin olasılığının (P) 0.05'ten küçük olması durumunda ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilmiştir. Anlamlı olan ilişkilerden korelasyon katsayısı (r) en yüksek olanlar seçilmiştir. Ancak, korelasyon katsayıları arasındaki farkın az olması durumunda içerdiği parametre sayısı daha az olan olan ilişki tercih edilmiştir.

4.6.1. Bazaltların jeomekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler

Baraj eksen yerindeki bazaltların, jeomekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler regresyon analizleri yapılarak belirlenmeye çalışılmıştır. İncelenen özellikler arasındaki ilişkilerin istatistiksel olarak % 95 düzeyinde anlamlı olup olmadıklarını belirlemek amacıyla yapılan t - testine ait sonuçlar Çizelge 4.25'de, özellikler arasındaki ilişkiler ve korelasyon katsayıları (r) Çizelge 4.26'da, seçilen eşitliklere ait grafikler ise Şekil 4.47- 4.61'de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Bazaltlarda incelenen özellikler için yapılan t - testine ait sonuçlar ve korelasyon katsayısına göre değişkenler arasındaki ilişkinin önem derecesi.

Parametre	t değeri
Tek eksenli sıkışma day. (y)	
Birim ağırlık (x)	4.71
Porozite (x)	11.28
Ağırlıkça su emme (x)	12.47
Hacimce su emme (x)	9.43
P dalga hızı (x)	-19.79
Statik elastisite modülü (y)	
Birim ağırlık (x)	6.61
Porozite (x)	6.68
Ağırlıkça su emme (x)	6.68
Hacimce su emme (x)	6.68
P dalga hızı (x)	5.66
UAI (y)	
Birim ağırlık (x)	-118.33
Porozite (x)	-11.71
Ağırlıkça su emme (x)	-8.34
Hacimce su emme (x)	-9.17
P dalga hızı (x)	-20.17

Korelasyon Katsayısı	Değişkenler arasındaki ilişkinin önem derecesi
-1.000 - -0.850	Çok önemli negatif ilişki
-0.849 - -0.600	Önemli negatif ilişki
-0.599 - -0.450	Zayıf negatif ilişki
-0.449 - -0.300	Çok zayıf negatif ilişki
-0.299 - 0.300	Korelasyon ilişkisi yok
0.301 - 0.450	Çok zayıf pozitif ilişki
0.451 - 0.600	Zayıf pozitif ilişki
0.601 - 0.850	Önemli pozitif ilişki
0.850 - 1.000	Çok önemli pozitif ilişki

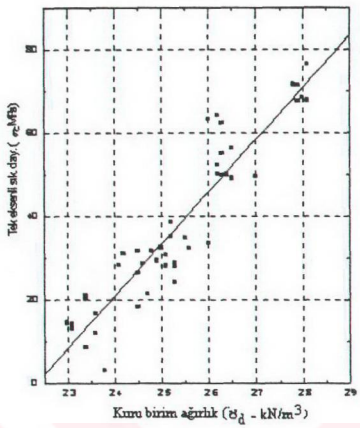
Çizelge 4.26. Bazaltların jeomekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki anlamlı olarak belirlenen ilişkiler ve korelasyon katsayıları.

DEĞİŞKENLER		EŞİTLİKLER	(r)
Tek eksenli sıkışma day. (σ_c) :			
Birim ağırlık (γ)	*	$\sigma_c = -279.53 + 12.52\gamma$	0.93
		$\sigma_c = 34.89 - 12.19\gamma + 0.49\gamma^2$	0.94
		$\sigma_c = 3221.5 \ln\gamma - 1003$	0.94
		$\sigma_c = 10^{-11}\gamma^{9.59}$	0.87
		$\sigma_c = 0.024e^{0.38\gamma}$	0.87
Porozite (n)	*	$\sigma_c = 65.87 - 3.96n$	-0.74
		$\sigma_c = 71.76 - 6.68n + 0.21n^2$	0.75
		$\sigma_c = -1821\ln n + 688.55$	0.75
		$\sigma_c = 757.79\, n^{-0.51}$	0.66
		$\sigma_c = 719.21\, e^{-0.21 n}$	0.68
Ağırlıkça su emme (Aa)	*	$\sigma_c = 63.52 - 6.66Aa$	-0.90
		$\sigma_c = 68.89 - 11.23Aa + 0.56Aa^2$	0.91
		$\sigma_c = 194.64 \ln Aa + 577.28$	0.89
		$\sigma_c = 571.88Aa^{-0.58}$	0.82
		$\sigma_c = 722.64e^{-0.21 Aa}$	0.87
Hacimce su emme (Av)	*	$\sigma_c = -364 + 15.75Av$	-0.93
		$\sigma_c = 721.59 - 69.6Av + 1.67Av^2$	0.95
		$\sigma_c = 187.59 \ln Av + 765.6$	0.87
		$\sigma_c = 670.11\, e^{-0.07 Av}$	0.79
		$\sigma_c = 983.94Av^{-0.55}$	0.79
P dalga hızı (C_p)	*	$\sigma_c = -13.93 + 0.13C_p$	0.96
		$\sigma_c = -0.96 + 0.06C_p + 8.19*10^{-7}C_p^2$	0.97
		$\sigma_c = 454.84 \ln C_p - 3369.1$	0.93
		$\sigma_c = 0.0013C_p^{1.51}$	0.95
		$\sigma_c = 64.26\, e^{0.0004 Cp}$	0.92
Statik elastisite modülü (E_s) :			
Birim ağırlık (γ)	*	$E_s = -479555.09 + 20009.77\gamma$	0.91
		$E_s = 1798320 - 15839.97\gamma + 3487.74\gamma^2$	0.92
		$E_s = 5020.6 \ln\gamma - 15936$	0.88
		$E_s = 3*10^{-30}\gamma^{22.55}$	0.89
		$E_s = 2*10^{-0.8}\, e^{0.89\gamma}$	0.89
Porozite (n)		$E_s = 72330.62 - 6184.46n$	0.70
		$E_s = 940.80.67 - 16257.17n + 781.81n^2$	0.75
	*	$E_s = -301.09 \ln n + 796.87$	0.75
		$E_s = 938.45n^{-1.25}$	0.71
		$E_s = 746.75\, e^{-0.27 n}$	0.69
Ağırlıkça su emme (Aa)		$E_s = 67892.77 - 10375.24Aa$	-0.83
		$E_s = 90299.48 - 29525.78Aa + 2360.48Aa^2$	0.91
		$E_s = -321.99 \ln Aa + 612.8$	0.89
	*	$E_s = 506.19Aa^{-1.5}$	0.93
		$E_s = 786.33e^{-0.5 Aa}$	0.90

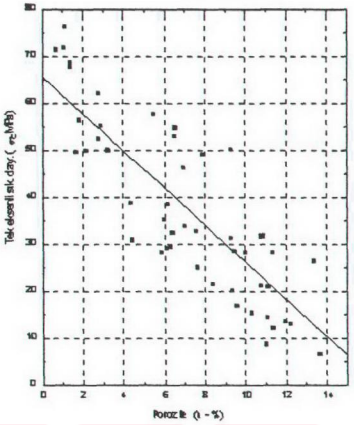
Çizelge 4.26'nın devamı

Hacimce su emme (Av)	*	$E_s = 66415.28 - 3463.06Av$	-0.89
		$E_s = 90826.94 - 10837.97Av + 313.65Av^2$	0.91
		$E_s = -315.13 \ln Av + 933.86$	0.88
		$E_s = 2186.2Av^{-1.45}$	0.91
		$E_s = 706.43 e^{-0.17 Av}$	0.86
P dalga hızı (C_p)	*	$E_s = -67049.57 + 22.64C_p$	0.98
		$E_s = 42464.39 - 31.78C_p + 0.006C_p^2$	0.99
		$E_s = 687.07 \ln Cp - 5374.8$	0.84
		$E_s = 1*10^{-10} Cp^{3.34}$	0.92
		$E_s = 2.29 e^{-0.25 Cp}$	0.97
UAI :			
Birim ağırlık (γ)	*	$UAI = 3.67 - 0.12\gamma$	-0.92
		$UAI = -1.79 + 0.31\gamma - 0.008\gamma^2$	0.93
		$UAI = -2946.5 \ln\gamma + 10084$	0.89
		$UAI = 3*10^{11} \gamma^{-6.27}$	0.88
		$UAI = 278579 e^{-0.248\gamma}$	0.88
Porozite (n)	*	$UAI = 0.298 + 0.04n$	0.72
		$UAI = 0.24 + 0.07n - 0.002n^2$	0.73
		$UAI = 164.49 \ln n + 283.49$	0.71
		$UAI = 279.86n^{0.37}$	0.73
		$UAI = 307.82 e^{0.076 n}$	0.69
Ağırlıkça su emme (Aa)	*	$UAI = 0.32 + 0.06Aa$	0.89
		$UAI = 0.23 + 0.14Aa - 0.009Aa^2$	0.91
		$UAI = 189.08 \ln Aa + 371.63$	0.90
		$UAI = 351.89Aa^{0.39}$	0.86
		$UAI = 316.04 e^{0.23 Aa}$	0.82
Hacimce su emme (Av)		$UAI = 0.33 + 0.02Av$	0.84
	*	$UAI = 0.2 + 0.06Av - 0.001Av^2$	0.91
		$UAI = 183.12 \ln Av + 186.93$	0.88
		$UAI = 239.49Av^{0.38}$	0.85
		$UAI = 323.14 e^{0.004 Av}$	0.79
P dalga hızı (C_p)	*	$UAI = 1.1 - 1.32*10^{-4} C_p$	-0.99
		$UAI = 0.96 - 5.67*10^{-5} C_p + 8.84*10^{-9} C_p^2$	0.99
		$UAI = 431.08 \ln Cp + 4116.2$	0.91
		$UAI = 690351 Cp^{-0.87}$	0.85
		$UAI = 1469 e^{-0.0003 Cp}$	0.92

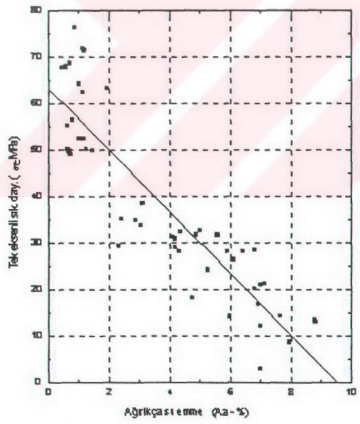
* Tercih edilen eşitlikler



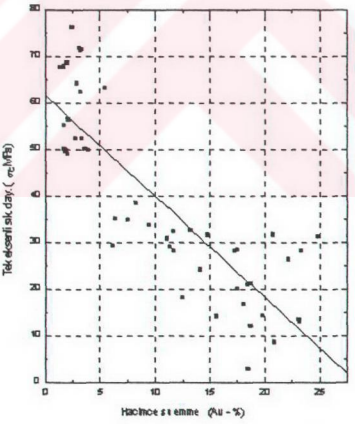
Şekil 4.47. Bazaltlarda tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile birim ağırlık (γ_d) arasındaki ilişki



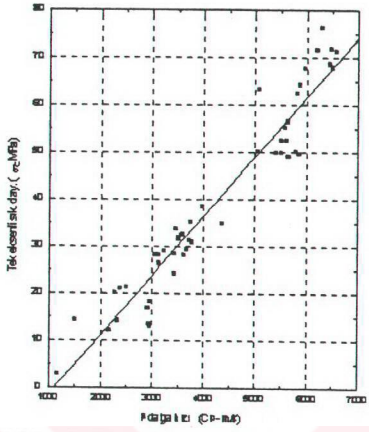
Şekil 4.48. Bazaltlarda tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile porozite (n) arasındaki ilişki



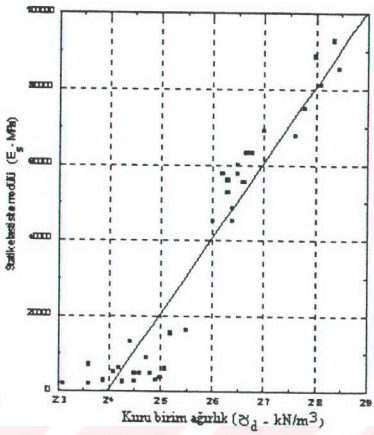
Şekil 4.49. Bazaltlarda tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile ağırlıkça su emme (Aa) arasındaki ilişki



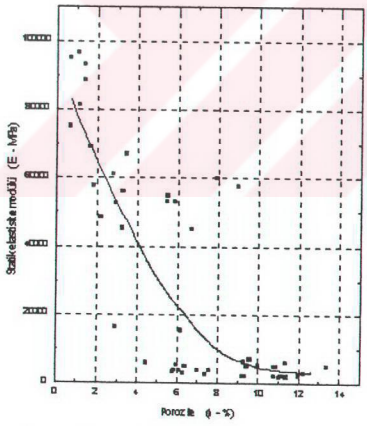
Şekil 4.50. Bazaltlarda tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile hacimce su emme (Av) arasındaki ilişki



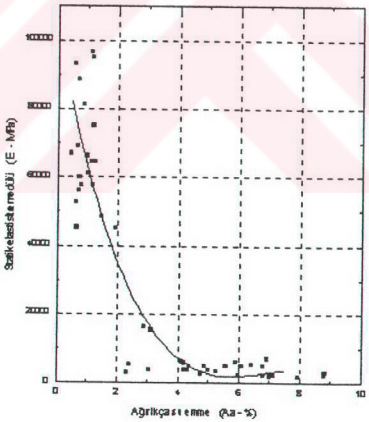
Şekil 4.51. Bazaltlarda tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile P dalga hızı (C_p) arasındaki ilişki



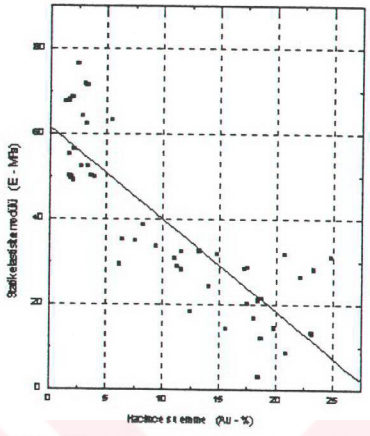
Şekil 4.52. Bazaltlarda statik elastisite modülü (E_s) ile birim ağırlık (ϑ_d) arasındaki ilişki.



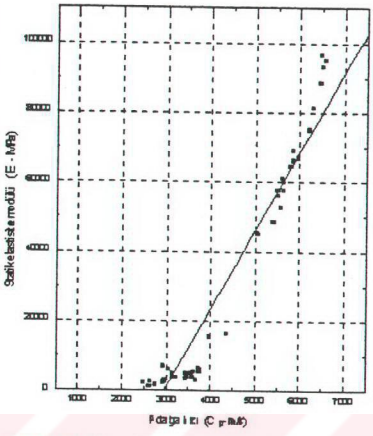
Şekil 4.53. Bazaltlarda statik elastisite modülü (E_s) ile porozite (n) arasındaki ilişki.



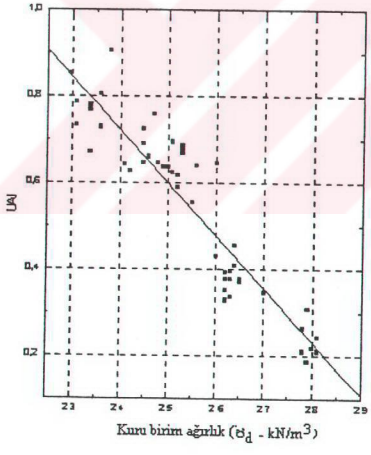
Şekil 4.54. Bazaltlarda statik elastisite modülü (E_s) ile ağırlıkça su emme (Aa) arasındaki ilişki.



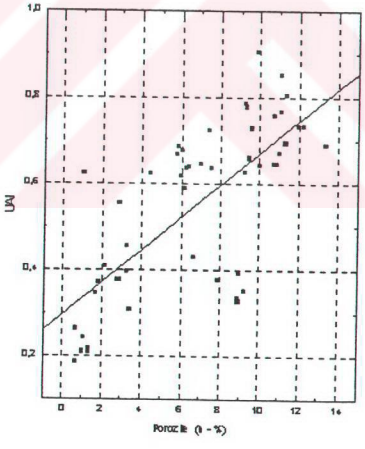
Şekil 4.55. Bazaltlarda statik elastisite modülü (E_s) ile hacimce su emme (A_v) arasındaki ilişki.



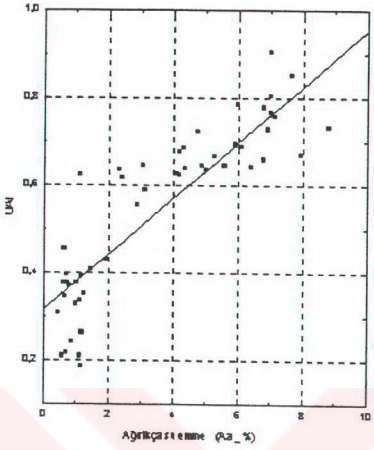
Şekil 4.56. Bazaltlarda statik elastisite modülü (E_s) ile P dalga hızı (C_p) arasındaki ilişki.



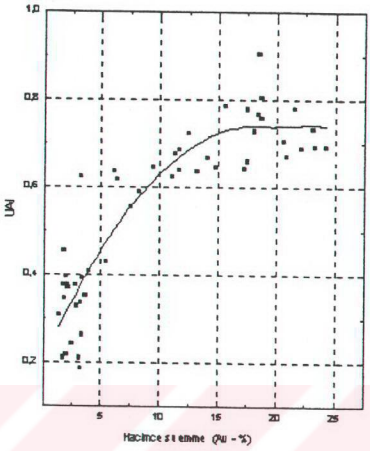
Şekil 4.57. Bazaltlarda UAI ile birim ağırlık (γ_d) arasındaki ilişki.



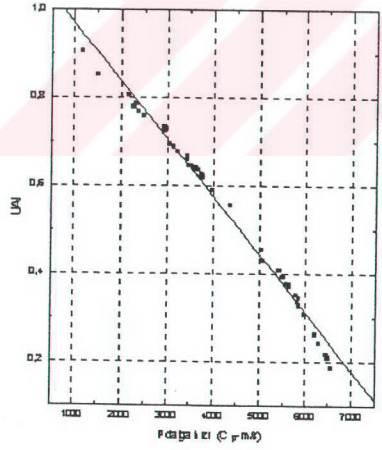
Şekil 4.58. Bazaltlarda UAI ile porozite (n) arasındaki ilişki.



Şekil 4.59. Bazaltlarda UAI ile ağırlıkça su emme (Aa) arasındaki ilişki.



Şekil 4.60. Bazaltlarda UAI ile hacimce su emme (Av) arasındaki ilişki.



Şekil 4.61. Bazaltlarda UAI ile P dalga hızı (C_p) arasındaki ilişki.

Bazaltların incelenen özellikleri arasında doğrusal ($y = a + bx$), polinominal ($y = a + bx + cx^2$), logaritmik ($y = alnx + b$) ve üssel ($y = ax^b$) ilişkiler mevcuttur. Tek eksenli sıkışma dayanımı, statik elastisite modülü ve UAI ile birim ağırlık, porozite, ağırlıkça su emme, hacimce su emme ve P dalga hızı arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayılarına (r) göre değişkenler arasındaki ilişkinin önem dereceleri incelendiğinde (Çizelge 4.25); tek eksenli sıkışma dayanımı ile birim ağırlık ve P dalga hızı arasındaki ilişkiler çok önemli derecede pozitif; porozite, ağırlıkça su emme ve hacimce su emme ile arasındaki ilişkiler ise çok önemli ve negatiftir. Statik elastisite modülü ile birim ağırlık, ağırlıkça su emme ve P dalga hızı arasındaki ilişkiler çok önemli pozitif; porozite ile arasındaki ilişki önemli pozitif; hacimce su emme ile arasındaki ilişki ise önemli negatiftir. UAI ile ağırlıkça su emme, hacimce su emme ve P dalga hızı arasındaki ilişkiler çok önemli pozitif; porozite ile arasındaki ilişki önemli pozitif; birim ağırlık ile arasındaki ilişki ise çok önemli negatiftir.

4.6.2. Tüfitlerin jeomekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler

Baraj eksen yerindeki tüfitlerin jeomekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi amacıyla yapılan regresyon analizlerinde; incelenen özellikler arasındaki ilişkilerin istatistiksel olarak % 95 düzeyinde anlamlı olup olmadıklarının belirlenmesi amacıyla yapılan t - testine ait sonuçlar Çizelge 4.27'de, özellikler arasındaki eşitlikler ve korelasyon katsayıları (r) Çizelge 4.28'de, seçilen eşitliklere ait grafikler ise Şekil 4.62-4.70'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Tüfitlerde incelenen özellikler için yapılan t - testine ait sonuçlar.

Parametre	t değeri
Tek eksenli sıkışma day. (y)	
Birim ağırlık (x)	-11.97
Porozite (x)	-18.44
P dalga hızı (x)	-27.58
Statik elastisite modülü (y)	
Birim ağırlık (x)	11.60
Porozite (x)	11.24
P dalga hızı (x)	11.53
UAI (y)	
Birim ağırlık (x)	-37.39
Porozite (x)	-28.99
P dalga hızı (x)	-28.4

Çizelge 4.28. Tüfitlerin jeomekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki anlamlı olarak belirlenen ilişkiler ve korelasyon katsayıları.

DEĞİŞKENLER		EŞİTLİKLER	(r)
Tek eksenli sıkışma day. (σ_c) :			
Birim ağırlık (γ)	*	$\sigma_c = -.243 + 0.62\gamma$	0.59
		$\sigma_c = 22.41 - 2.41\gamma + 0.09\gamma^2$	0.62
		$\sigma_c = 107.95 \ln\gamma - 219.18$	0.47
		$\sigma_c = 2.45\gamma^{1.23}$	0.47
		$\sigma_c = 21.72\, e^{-0.034\gamma}$	0.47
Porozite (n)		$\sigma_c = 14.03 - 0.22n$	-0.62
	*	$\sigma_c = 20.83 - 1.7n + 0.008n^2$	0.64
		$\sigma_c = 73.35 \ln n + 327.7$	0.47
		$\sigma_c = 1765.4n^{-0.94}$	0.53
		$\sigma_c = 205.86\, e^{-0.034n}$	0.53
P dalga hızı (C_p)		$\sigma_c = -0.65 + 0.005\, C_p$	0.70
		$\sigma_c = 1.56 + 0.002\, C_p + 8.05*10^{-7}\, C_p^2$	0.70
		$\sigma_c = 111.29 \ln C_p - 746.14$	0.69
	*	$\sigma_c = 0.0034\, C_p^{1.34}$	0.72
		$\sigma_c = 19.73\, e^{0.0008 C_p}$	0.72
Statik elastisite modülü (E_s) :			
Birim ağırlık (γ)	*	$E_s = -2326.6 + 263.19\gamma$	0.62
		$E_s = -2781.86 + 318.66\gamma - 1.65\gamma^2$	0.62
		$E_s = 364.05 \ln\gamma - 815.64$	0.54
		$E_s = 0.878\gamma^{1.89}$	0.54
		$E_s = 27.48\, e^{0.049\gamma}$	0.57
Porozite (n)	*	$E_s = 5364.51 - 115.01n$	-0.67
		$E_s = 6698.14 - 208.64n + 1.57n^2$	0.67
		$E_s = -243.19 \ln n + 1014.7$	0.53
		$E_s = 11459n^{-1.25}$	0.53
		$E_s = 727.43\, e^{0.049 n}$	0.57
P dalga hızı (C_p)	*	$E_s = -3197.61 + 3.07\, C_p$	0.93
		$E_s = 1237.05 - 2.38C_p + 0.002C_p^2$	0.94
		$E_s = 361.36 \ln C_p - 2488.9$	0.76
		$E_s = 6*10^{-5}\, C_p^2$	0.81
		$E_s = 27.11\, e^{0.0011 C_p}$	0.75
UAI :			
Birim ağırlık (γ)	*	$UAI = 1.00 + 0.009\gamma$	-0.69
		$UAI = 0.94 - 0.001\gamma - 2.09\gamma^2$	0.70
		$UAI = -141.08 \ln\gamma + 1238$	0.52
		$UAI = 1348.2\gamma^{0.17}$	0.53
		$UAI = 999.31\, e^{-0.01\gamma}$	0.53
Porozite (n)	*	$UAI = 0.74 + 0.04n$	0.77
		$UAI = 0.76 + 0.002n + 1.49*10^{-5} n^2$	0.77
		$UAI = 105.42 \ln n + 491.28$	0.59
		$UAI = 553.88\, n^{0.13}$	0.58
		$UAI = -739.57\, e^{0.005 n}$	0.57

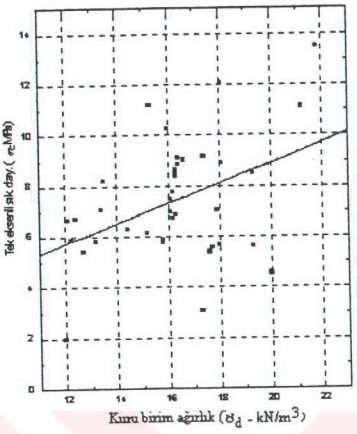
Çizelge 4. 28'in devamı

P dalga hızı (C_p)	*	UAI = 1.00 - 9.09*10^{-5} C_p	-0.99
		UAI = 0.98 - 6.55*10^{-5} C_p - 6.88*10^{-9} C_p^2	0.99
		UAI = -156.56 ln C_p + 2009.4	0.85
		UAI = 3394.3 $C_p^{-0.11}$	0.83
		UAI = 1016.7 $e^{-0.0001\ Cp}$	0.84

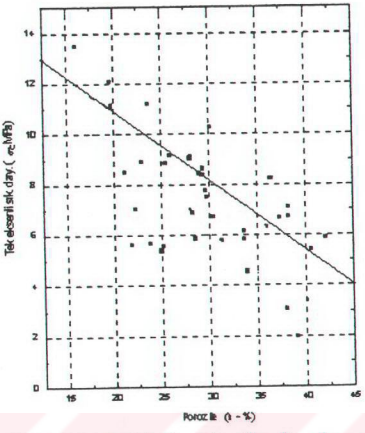
(*)Tercih edilen eşitlikler

Tüfitlerin incelenen özellikleri arasında doğrusal (y = a + bx) ve polinominal ($y = a+ bx + cx^2$) ve üssel ($y = ax^b$) ilişkiler bulunmaktadır.Tek eksenli sıkışma dayanımı, statik elastisite modülü ve UAI ile birim ağırlık, porozite ve P dalga hızı arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayılarına (r) göre değişkenler arasındaki ilişkinin önem dereceleri incelendiğinde; tek eksenli sıkışma dayanımı ile birim ağırlık arasındaki ilişki zayıf pozitif; porozite ile arasındaki ilişki önemli negatif; P dalga hızı ile arasındaki ilişki ise önemli pozitiftir. Statik elastisite modülü ile birim ağırlık arasındaki ilişki önemli pozitif; porozite ile arasındaki ilişki önemli negatif ve P dalga hızı ile arasındaki ilişki ise çok önemli pozitiftir. UAI ile birim ağırlık arasındaki ilişki önemli negatif; porozite ile arasındaki ilişki önemli pozitif ve P dalga hızı ile arasındaki ilişki ise çok önemli negatiftir.

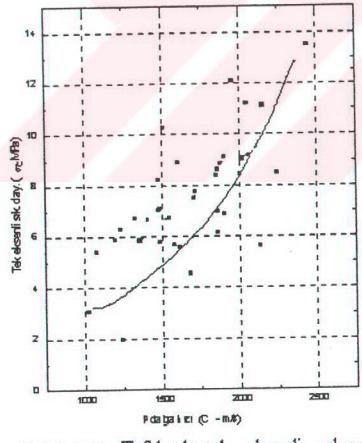
Tüfitlerde yapılan regresyon analizleri sonucunda elde edilen korelasyon katsayıları bazaltlara göre daha düşüktür. Bunun nedeni tüfitlerin bazalta göre daha az homojen ve izotrop olmasıdır. Ayrıca gölsel ortamda çökelme nedeniyle feldspatlardaki killeşme ve ayrışmanın da büyük rolü vardır.



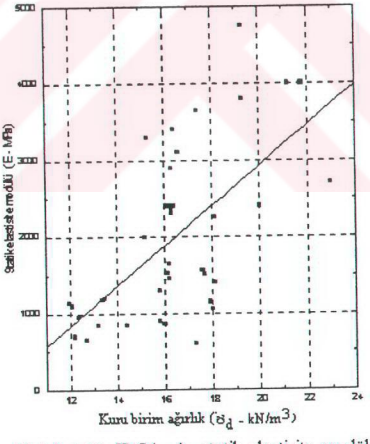
Şekil 4.62. Tüfitlerde tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile birim ağırlık (γ_d) arasındaki ilişki



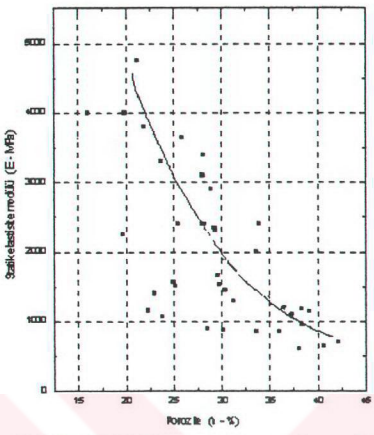
Şekil 4.63. Tüfitlerde tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile porozite (n) arasındaki ilişki



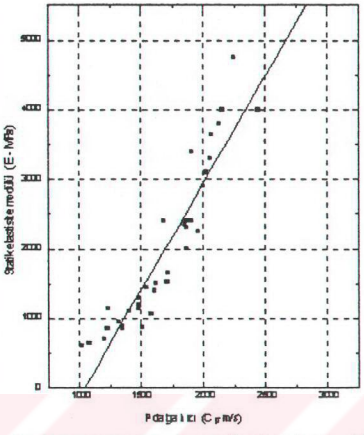
Şekil 4.64. Tüfitlerde tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) ile P dalga hızı (C_p) arasındaki ilişki



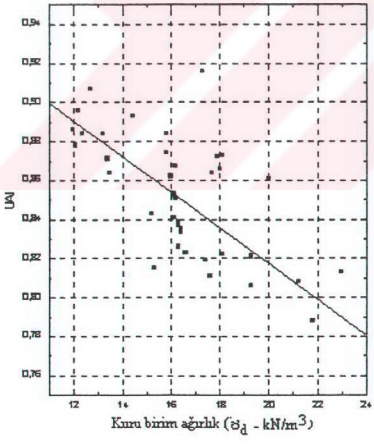
Şekil 4.65. Tüfitlerde statik elastisite modülü (E_s) ile birim ağırlık (γ_d) arasındaki ilişki.



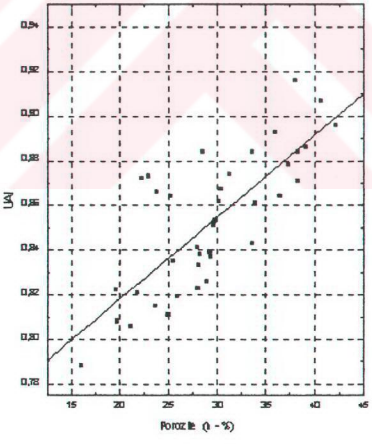
Şekil 4.66. Tüfitlerde statik elastisite modülü (E_s) ile porozite (n) arasındaki ilişki.



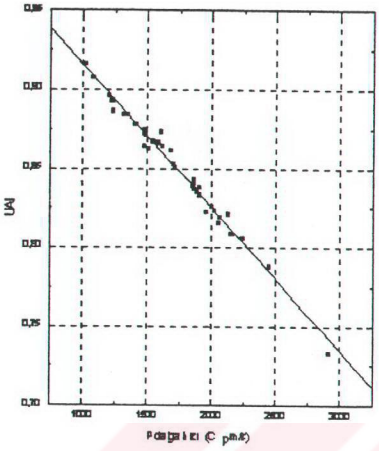
Şekil 4.67. Tüfitlerde statik elastisite modülü (E_s) ile P dalga hızı (C_p) arasındaki ilişki.



Şekil 4.68. Tüfitlerde UAI ile birim ağırlık (ϑ_d) arasındaki ilişki.



Şekil 4.69. Tüfitlerde UAI ile porozite (n) arasındaki ilişki.



Şekil 4.70. Tüfitlerde UAI ile P dalga hızı (C_p) arasındaki ilişki.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Malatya ili Yazıhan ilçesi sınırları içerisinde, Yağca Çayı üzerinde yapımı planlanan Boztepe Barajı eksen yeri ve göl alanında yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçları şöyle sıralayabiliriz;

1. İnceleme alanındaki en önemli akarsuyu oluşturan ve üzerinde Boztepe Barajı'nın yapımı planlanan Yağca Çayı; Yağca ve Halacak çaylarının birleşmesiyle oluşmuştur. Bu çaylara bölgede bulunan küçük debili kaynak ve çeşmeler boşalmaktadır. Baraj göl alanına boşalan kaynak, çeşme ve çaylardan alınan su numunelerinin kimyasal analizleri sonucunda; bu suların barajın beton aksamının yapımında kullanılmasının baraj bittikten sonra barajın beton kısımları üzerinde herhangi bir olumsuz etkiye neden olacağı beklenmemektedir.

2. Baraj eksen yerindeki bazaltlarda (1) ve (4) numaralı eklem setlerinin baraj mansabına doğru eğimli oldukları ve geçirimlilik açısından olumsuz bir durum oluşturdukları belirlenmiştir. Nitekim eksen yerindeki temel sondajlarında yapılan geçirimlilik deneylerinde de bazaltlarda geçirimli - az geçirimli Lugeon değerleri elde edilmiştir. Tüfitlerde ise tabakalanma ile (2) ve (3) numaralı eklem setleri mansaba doğru eğimlidir. Ancak yapılan geçirimlilik deneylerinde tüfitlerin geçirimsiz özellikte oldukları belirlenmiştir. Bu nedenle tüfitler geçirimlilik açısından sorun arzetmemektedir. Baraj eksen yeri talvegde yer alan alüvyonda yapılan basınçsız su deneylerine göre birim yarı geçirimli - geçirimli özelliktedir.

3. Baraj göl alanında yüzeyleyen birimlerin içerdiği süreksizliklerin geçirimlilik açısından incelenmesi sonucunda; göl alanı sol sahilde yüzeyleyen birimlerin içerdiği süreksizliklerin geçirimlilik açısından problem oluşturmadığı, sağ sahilde ise sadece Akyar formasyonuna ait kumtaşlarının geçirimli özellikte olacakları gözönünde bulundurularak, bu kumtaşlarının tabakalanma ve eklem setleri yoluyla havza dışına su kaçmasına neden olabilecekleri düşünülmektedir.

4. Baraj eksen yerinde herhangi bir kitle hareketi gözlenmemiştir. Ancak sıyırma kazısı sırasında herhangi bir duraylılık probleminin meydana gelmesini önlemek için şevlerin konumlarının nasıl olması gerektiğini belirlemek amacıyla, sol yamaçta yer alan bazaltlarda yapılan kinematik analizlere göre; düzlemsel, kama ve devrilme türü duraysızlık söz konusu değildir. Ancak sütun bazaltlarda devrilme türü duraysızlık olası görülmektedir.

5. Eksen yeri sağ yamaçtaki tüfitler ise çok ayrışmış özellikte olduklarından, gelişmesi olası kitle hareketleri, dairesel tipte bir yenilme mekanizması şeklinde olacaktır.Tüfitlerde yapılacak sıyırma kazısında duraylı şev açısının belirlenmesine bir yaklaşımda bulunmak amacıyla, inceleme alanında tüfitlerin oluşturduğu duraylı yamaçların eğim ve yükseklikleri ölçülmüş ve bu iki parametre arasında bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

6. Baraj göl alanı sol sahildeki bazaltlarda yapılan kinematik analizlerin sonuçlarına göre düzlemsel, kama ve devrilme türü bir duraysızlık beklenmemektedir.

7.Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahındaki kayaçlar için yapılan mühendislik sınıflamalarında; bazaltlar, RQD sınıflamasına göre orta - düşük kaya kalitesinde, eklem sıklığı sınıflamasına göre düşük - orta kaya kalitesinde, gözeneklilik sınıflamasına göre oldukça boşluklu - orta - az boşluklu kaya sınıfında, Lugeon geçirimlilik sınıflamasına göre geçirimsiz - az geçirimli - geçirimli kaya sınıfında, tek eksenli sıkışma dayanımı sınıflamasına göre orta - düşük dayanımlı, modül oranı sınıflamasına göre orta - yüksek modül oranlı, P dalga hızı sınıflamasına göre fazla ayrışmış, ISRM ayrışma sınıflamasına göre fazla - orta - az ayrışmış ve UAI sınıflamasına göre ise fazla - orta ayrışmıştır.

8.Tüfitlerde yapılan mühendislik sınıflamalarında; tüfitler, RQD sınıflamasına göre çok düşük - orta - düşük kaya kalitesinde, eklem sıklığı sınıflamasına göre orta - düşük kaya kalitesinde, gözeneklilik sınıflamasına göre oldukça çok fazla boşluklu kaya sınıfında, Lugeon geçirimlilik sınıflamasına göre geçirimsiz - az geçirimli kaya sınıfında, tek eksenli sıkışma dayanımı sınıflamasına göre çok düşük dayanımlı, modül oranı sınıflamasına göre düşük - orta modül oranlı, P dalga hızı (C_p) sınıflamasına göre fazla - orta ayrışmış, ISRM ayrışma

orta modül oranlı, P dalga hızı (C_p) sınıflamasına göre fazla - orta ayrışmış, ISRM ayrışma sınıflamasına göre fazla - orta - ileri derecede ayrışmış ve UAI sınıflamasına göre ise çok fazla ayrışmıştır.

9. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında ISRM ayrışma derecesi sınıflaması (W) ve UAI'ya göre yapılan bölgelendirmede, bazaltlardaki ayrışmanın merkeze doğru azaldığı görülmüştür. Bazaltlardan yapılan ince kesitlerin petrografik incelemesi ile bazaltlarda ayrışmanın mafik mineraller tarafından kontrol edildiği belirlenmiştir.

10. Eksen yerindeki bazaltlarda Birleşik Ayrışma İndisi (UAI)'ne göre az ayrışmış sınıf, ISRM ayrışma sınıflamasında az ayrışmış sınıfa (W2), orta ayrışmış sınıf orta ayrışmış sınıfa (W3), fazla ayrışmış kaya sınıf, fazla ayrışmış sınıfa (W4) ve çok fazla ayrışmış sınıf ise tamamen ayrışmış sınıfa (W5) karşılık gelmektedir. Eksen yerindeki tüfitlerde UAI'ya göre çok fazla ayrışmış sınıf, ISRM ayrışma sınıflamasına göre orta ayrışmış (W3) ve fazla ayrışmış (W4) sınıflara karşılık gelmektedir.

11. Bu çalışmada bazalt ve tüfitlerin UAI değerleri ile daha önce yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırıldığında, bazaltların UAI değerlerinin dağılımının önceki çalışmalara benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Diyabazlar üzerinde Kılıç (1995) tarafından yapılan çalışmada verilen dağılımdan farklı olarak, bu çalışmadaki bazaltlar sadece ayrışmamış bölgede yer almamaktadır. Bu durumun çalışılan bazaltların, Kılıç (1995) tarafından çalışılan diyabazlara göre daha fazla ayrışmış özellikte olmalarından kaynaklanmaktadır. Tüfitlerin ise tek eksenli sıkışma dayanımı ile P dalga hızı değerleri bazaltlara göre daha düşüktür ve killeşme mevcuttur. Bu nedenle çok fazla ayrışmış bölgede yer almaktadırlar. Diyabaz ve bazaltlar için geliştirilen UAI sınıflaması tüfitler için uygun görülmemektedir.

12. Eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında RQD ile ayrışma arasında, ayrışmanın az olduğu seviyelerde RQD'nin yüksek, fazla olduğu seviyelerde ise RQD'nin düşük olduğu şeklinde bir ilişki bulunmaktadır.

13. Eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında RQD'nin orta olduğu seviyelerde geçirimliliğin fazla, RQD'nin düşük ve yüksek olduğu seviyelerde ise geçirimliliğin az olduğu belirlenmiştir.

14. Çevirme tünelinin 105.00 m'si tüfitlerden, 460.00 m'si de bazaltlardan geçecektir. Çevirme tüneli güzergahındaki tüfitler için yapılan RMR sınıflamasına göre; tüfitler zayıf kaya sınıfında, 105.00 - 240.00 m arasıdaki bazaltlar iyi kaya sınıfında ve 240.00 - 565.00 m arasındaki bazaltlar ise orta kaya sınıfındadır.

15. Bazaltlar için tayin edilen fiziksel ve jeomekanik özellikler arasında doğrusal, polinominal, logaritmik ve üssel ilişkiler belirlenmiştir. İncelenen özellikler arsındaki ilişkiler çok önemli - önemli korelasyona sahiptir. Bazaltlarda tek eksenli sıkışma dayanımı, statik elastisite modülü ve UAI daha kolay ve ucuz olarak belirlenebilen birim ağırlık, porozite, ağırlıkça su emme, hacimce su emme ve P dalga hızı gibi özelliklerden yararlanılarak belirlenebilmektedir. Regresyon analizlerinde bağımsız değişken (x) olarak seçilen özelliklerden P dalga hızı, bağımlı değişken (y) olarak seçilen tek eksenli sıkışma dayanımı, statik elastisite modülü ve UAI'nın belirlenmesinde en iyi sonucu vermektedir.

16. Tüfitler için tayin edilen fiziksel ve jeomekanik özellikler arasında ise doğrusal, polinominal ve üssel ilişkiler belirlenmiştir. Tüfitlerde bağımlı değişken (y) olarak seçilen tek eksenli sıkışma dayanımı, statik elastisite modülü ve UAI ile bağımsız değişken (x) olarak seçilen birim ağırlık, porozite ve P dalga hızı arasında önemli korelasyona sahip ilişkiler bulunmaktadır. Ancak ağırlıkça ve hacimce su emme ile tek eksenli sıkışma dayanımı, statik elastisite modülü ve UAI arasıda herhangi bir ilişki mevcut değildir. Tüfitlerdeki ilişkilerin bazaltlara göre daha zayıf olmasının, tüfitlerin bazalta göre daha az homojen ve izotrop olmasından, ayrıca gölsel ortamda çökelme nedeniyle feldspatlardaki killeşme ve ayrışmanın daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Boztepe Barajı eksen yeri ve göl alanında yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar dikkate alınarak barajın yapımı sırasında ve yapımından sonra meydana gelebilecek olumsuzlukların önlenebilmesi amacıyla aşağıda yapılan önerilerin dikkate alınması önem taşımaktadır.

1. Baraj eksen yerindeki bazaltlarda (1) ve (4) numaralı eklem setlerine bağlı olarak meydana gelebilecek olan su kaçağı eksen boyunca yapılacak olan enjeksiyonla giderilmelidir. Yapılacak olan enjeksiyonun derinliğinin belirlenmesinde, eksen yeri için Lugeon geçirimlilik değerleri kullanılarak, geçirimliliğin yatay ve düşey yöndeki değişimini belirlemek amacıyla yapılan bölgelendirmenin dikkate alınması yararlı olacaktır. Ayrıca talveg bölümünde yer alan geçirimli özellikteki alüvyonun, gövde altında geçirimsizliğin sağlanması amacıyla sıyırma kazısı ile tamamen kaldırılabilir.

2. Baraj göl alanı sağ sahilinde yüzeylenen Akyar formasyonuna ait, geçirimli özellikte oldukları düşünülen kumtaşları göl alanında su kaçağına neden olabilecekleri dikkate alınarak, birim içerisinde açılacak olan temel sondajlarında geçirimlilik deneyleri yapılarak birimin geçirimliliğinin ve su kaçağının olup olmayacağının belirlenmesi önem taşımaktadır.

3. Baraj eksen yerinde bazaltlar için yapılan kinematik analizlerde kullanılan süreksizliklerin içsel sürtünme açısı (f) değerleri, deney yapılamadığı için literatürden benzer yüzeyler için önerilen değerlerden belirlenmiştir. Bu nedenle daha gerçekçi sonuçlar elde etmek için makaslama deneylerinin yapılması ve şev duraylılık analizlerinde limit denge kullanılması gereklidir.

4. Baraj eksen yeri sağ yamaçtati tüfitlerde yapılacak olan sıyırma kazısı sırasında, herhangi bir kitle hareketinin önlenmesi amacıyla bu çalışmada tüfitler için belirlenmeye çalışılan yamaç yüksekliği-yamaç eğim açısı ilişkisinin dikkate alınması duraylılık açısından yararlı olacaktır.

5. Baraj göl alanı sağ sahilinde yer alan (1) ve (2) numaralı heyelanlar şu anda aktif olmamalarına karşın, baraj göl alanında su birikmesiyle aktif hale gelebileceklerdir.Geniş alanlara ve dolayısıyla hacme sahip olan bu heyelanlar baraj açısından öneme sahiptirler. Özellikle (1) numaralı heyelan Yağca Vadisi'nin dar bir kesiminde yer alması nedeniyle, aktif hale geçmesi durumunda Yağca Çayı üzerinde doğal bir set oluşturması da mümkündür. Bu nedenle (1) ve (2) numaralı heyelanların detaylı olarak incelenmeleri, stabilite analizlerinin yapılması ve olumsuz bir duruma neden olmamaları için gerekli önlemlerin alınması barajın güvenliği açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

AKKUŞ, M.F., (1971). Darende-Balaban havzasının (Malatya ESE Anadolu) jeolojik ve stratigrafik incelenmesi. MTA Dergisi, 76, 1-60.

AKTİMUR, S., (1979). Malatya-Sivas dolayının uzaktan algılama yöntemiyle çizgiselliklerinin incelenmesi. MTA Derleme no: 6651 (yayımlanmamış).

ASTM (American Society for Testing and Materials), (1980). Annual book of ASTM standards - Natural building stones; soil and rock. Part 19.ASTM Publ., 634p.

ATTEWELL, P.B. and FARMER, I.W., (1976). Principles of engineering geology. John Willey & Sons, 1045 pp., New York.

AYAN, T., (1961). Malatya kuzeyindeki Hekimhan-Ebreme köyü bölgesinin (K39c3) detay jeoloji ve petrol imkanları. MTA Derleme no: 4186 (yayımlanmamış).

AYAN, T. ve BULUT, C., (1964). Balaban-Yazıhan-Kurşunlu ve Levent bucakları (Malatya) arasındaki alanın genel jeolojisi. MTA Dergisi, 62, 58-71.

BAYKAL, F., (1966). 1/500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Sivas paftası izahnamesi. MTA yayını, 116 s., Ankara.

BERG, G., (1910). Geologische Beobachtungen in Kleinasien. Geol. Ges. Abh. 62, 426-515 s.

BIENIAWSKI, Z.T., (1989). Engineering classification of jointed rock masses. Transactions S. African Institution of Civil Engineers, V. 15, No 12, 335-344.

BOZKAYA, O., ve YALÇIN, H., (1991). Hekimhan doğu ve güney kesimindeki Kretase-Tersiyer yaşlı sedimenter yaşlı birimlerin mineralojisi ve jeokimyası. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 6, 234-252, Ankara.

BOZTUĞ, D. ve YILMAZ, S., (1992). Konukdere metasomatinin (Hekimhan-Hasançelebi, KB Malatya) petrolojisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 7, 116-129, Ankara.

CANİK, B., (1998). Hidrojeoloji; Yeraltısularının aranması, işletilmesi, kimyası. A.Ü. Fen Fak. Jeo. Böl. Hidrojeoloji Ders Notları, 286 s., Ankara.

CHAPUT, E., (1931). Esquisse de I'evolution tectonique de la Turquie. İst. Darülfünun Mecmuası, No:6, 37s.

DEERE, D.U., (1963). Technical description of rock cores for engineering purposes. Rock Mech. Eng. Geol., 1,18.

DEERE. D.U. ve MILLER, R.P., (1966). Engineering classification and index properties for intact rock. Air Force Weapons Lab. Tech. Report, Volume I and II, Leonard Hill, 270 p., London.

DSİ, (1997). Malatya - Kuruçay projesi Boztepe Barajı mühendislik jeolojisi kesin raporu. DSİ IX. Bölge Müd., 72 s., Elazığ.

ERCAN, T. ve ASUTAY, H.J., (1993). Malatya-Elazığ-Tunceli-Bingöl-Diyarbakır dolaylarındaki Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanitlerin petrolojisi. Suat Erk Sempozyumu, 291-303, Ankara.

FRANKLIN, J.L., BROCH, E. ve WALTON, G., (1971). Logging the mechanical character of rock. Transaction of the Institution of Minning and Metallurgy, 81, Mining Section, 1 A -9.

GOODMAN, R.E., (1980). Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons., 285 pp.

GÖRMÜŞ, M., (1992a). Geological setting, facies and evolution of the Tohma reef formation, an Upper Cretaseous sequence in the Hekimhan area, NW Malatya. Türkiye 9. Petrol Kongresi, Bildiriler Kitabı, 173-184, Ankara.

GÖRMÜŞ, M., (1992b). Hekimhan (KB Malatya, Türkiye) yöresindeki istiflerin biyostratigrafik incelemesi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 7, 179-191, Ankara.

GÖRMÜŞ, M., (1993). Paleoenviromental interpretations of the Cretaceous-Tertiary sequences and their boundary relations in the Hekimhan area (NW Malatya, Turkey). Akdeniz Üniv. Isparta Müh. Fak. Derg., 7, 1-14.

GÖZÜBOL, A.M. ve ÖNAL, M., (1986). Çat Barajı isale tünelinin mühendislik jeolojisi ve kaya mekaniği incelemesi, Malatya - Çelikhan alanının jeolojisi. TÜBİTAK TBAG-647 projesi.

GÜRER, Ö.F., (1994). Hekimhan-Hasançelebi yöresinin Üst Kretase stratigrafisi ve havza evrimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 37, 135-148.

HAKYEMEZ, Y. ve ÖRÇEN, S., (1983). Medik-Ebreme dolayındaki (KB Malatya) Senozoyik yaşlı çökel kayaçların stratigrafisi ve sedimentolojisi. MTA Jeol. Dai. Arş., Rapor no: 186.

HOLZER, H., (1955). 80/3, 97/1 - 3 paftalarında10/8/1954 tarihinden itibaren 28/10/1954 tarihine kadar yapılan jeolojik harita çalışmaları hakkında rapor. MTA Rapor No: 2368 (yayımlanmamış).

HOEK, E., (1970). Estimating the stability of excavated slopes in opencast mines. Institution of Mining and Metallurgy, June 1970, A105- A132.

HOEK, E. and BRAY, J.W., (1977). Rock slope engineering. Inst. of Minning and Mettalurgy, A105-A132.

ILIEW, I.G., (1966). An attempt to estimate the degree of weathering of intrusive rocks from their physico-mechanical properties. Proc. 1. Cong. Int. Soc. Rock Mech., 142-144, Lisbon.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), (1981). Rock characterization, testing and monitoring - ISRM suggested methods, E.T. Brown.(ed.), Permagon Press, 211 pp., Oxford

İZDAR, K.E. VE ÜNLÜ, T., (1985). Doğu Hekimhan-Hasançelebi-Kuluncak bölgesinin jeolojisi. Piri Reis International Contribution Series Publication No:2, Sixth Collogium Geology of the Area Region. 303-329, İzmir.

KARAMAN, T., POYRAZ, N., BAKIRHAN, B., ALAN, İ., KADINKIZ, G., YILMAZ, H. ve KILINÇ, F., (1993). Malatya-Doğanşehir-Çelikhan dolayının jeolojisi. MTA Derleme no:9587 (yayımlanmamış).

KETİN, İ., (1966). Türkiye'nin tektonik birlikleri. MTA Dergisi. 66, 20-34, Ankara.

KILIÇ, R., (1995). The degree of alteration and geomechanical properties of diabase in the Ankara ophiolitic melange, Turkey. Symposium on Environ. Eng. Geosci., Volume 1, 341-351.

KILIÇ, R., (1997). Site - selection study based on the Unifed Alteration Index (UAI) and on analysis of discontinuties. Geoenv'97 Int.Symp. on Geo. and Env., Abstracts, p 99, İstanbul.

LUGEON, M., (1933). Barrages et geologie metods de recherches terrasement et unpermeabilisation. Litrairedes Universite, Paris.

MICHARD, A., WHITECHURCH, H., RICHOU, L.E., MONTIGNY, R. ve YAZGAN, E., (1984). Tauric subduction (Malatya-Elazığ provinces) and its bearing on tectonics of the Tethyan realm in Turkey. Dixon J.E. and Robertson, A.H.F., (eds.), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Geol. Soc. Spec. Pub., Oxford.

MOOS, A.V. and QUERWAINI, F., (1948). Technische Gesteinkunde. S. 8-11, 52-53, Basel, Birkhauser.

NACAR, S., (1995). Malatya - Kuruçay projesi Boztepe Barajı mühendislik jeolojisi revize planlama raporu. DSİ IX. Bölge Müd., 42 s., Elazığ.

ÖNAL, M., (1995). Malatya graben havzası kuzeyinin stratigrafisi, kömür potansiyeli ve neotektoniği. S.D.Ü. Müh. Fak. Derg., 332-346.

ÖNAL, M. ve GÖZÜBOL, A.M., (1992). Malatya metamorfitleri üstündeki örtü birimlerinin stratigrafisi, yaşı, sedimenter fasiyesleri, depolanma ortamları ve tektonik evrimi. TPJD Bülteni, O. Sungurlu Özel Sayısı, 4/1, 119-127.

ÖRÇEN, S., (1986). Medik-Ebreme (KB Malatya) dolayının biyostratigrafisi ve paleontolojisi. MTA Dergisi No: 105/106, 40-68.

ÖZDEMİR, Z. ve TUNÇ, M., (1993). Hekimhan (Malatya) yöresindeki Üst Kretase yaşlı birimlerin paleontolojik ve stratigrafik özellikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 131-144.

PARE'JAS, E., AKYOL, İ. H. ve ALTINLI, E., (1940). Türkiye'nin arzani tektoniği. İ.Ü. Fen Fakültesi Mecmuası, Seri B, Cilt V, Sayı 3-4.

PERİNÇEK, D. ve KOZLU, H., (1984). Stratigraphy and structural relations of the units in the Afşin-Elbistan-Doğanşehir region (Eastern Taurus). Tekeli, O. And Göncüoğlu M.C. (eds)., Proceedings, Int. Symp. on the Geology of Taurus Belt 181-198.

STCHEPINSKY, V., (1944). Malatya bölgesinin jeolojisi ve mineral varlıkları. MTA Derg., 9, 1/31, 79-105.

STEFANSKI, M., (1941). Malatya civarındaki jeolojik etüde müteallik not. MTA Derleme No: 1212 (yayımlanmamış).

TS 3440, (1982). Zararlı kimyasal etkileri olan su, zemin ve gazların etkisinde kalacak betonlar için yapım kuralları.6-8 s., TSE, Ankara.

ULUSAY, R., (1996). Stability of Soil Slopes in Engineering Practics. Graduate Lecture Notes (GEOE 544), Middle East Technical University, 143 p.

YAZGAN, E., (1981). Doğu Toroslar'da etkin bir paleo-kıta kenarı etüdü. H.Ü. Yerbilimleri Bülteni, 7, 83-104.

YAZGAN, E., (1983). A geotraverse between the Arabian platform and the Munzur nappes. Tekeli, O. And Göncüoğlu, M.C., (eds), Int. Symp. on the Geology of the Taurus Belt, Field Guide Book, Exc. V, 26-29, Ankara.

YAZGAN, E., (1984). Geodynamic evolution of the Eastern Taurus region. Tekeli, O. And Göncüoğlu, M.C., (eds), Int. Symp. on the geology of the Taurus Belt, Proceedings, 199-208, Ankara.

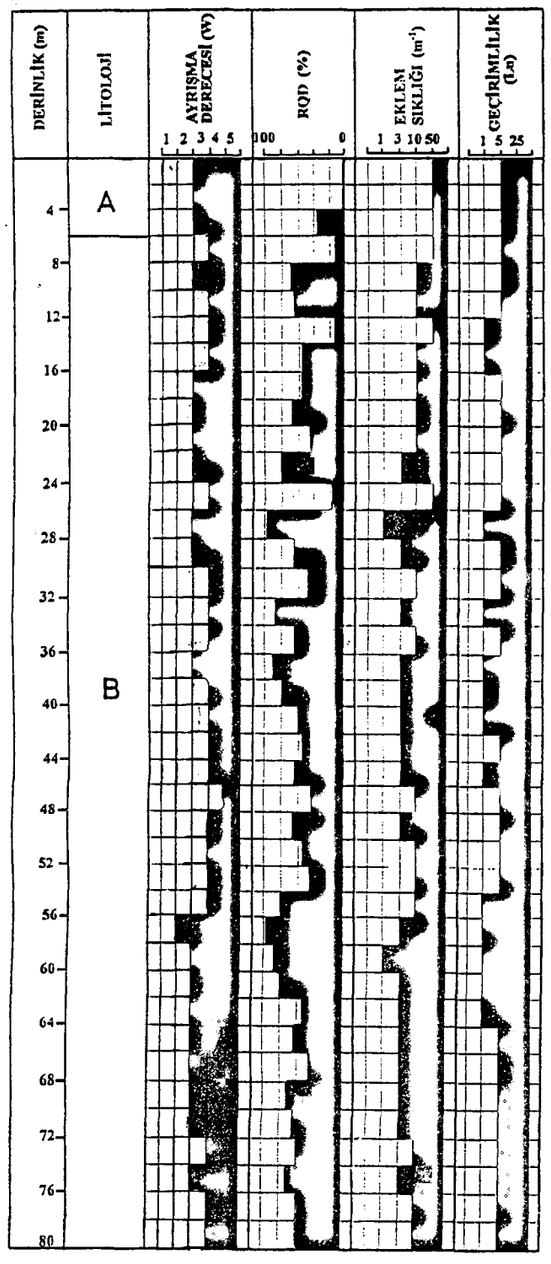
YOLDAŞ, R., (1972). Malatya kuzeyinin jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Derleme No: 4936 (yayımlanmamış).

EKLER

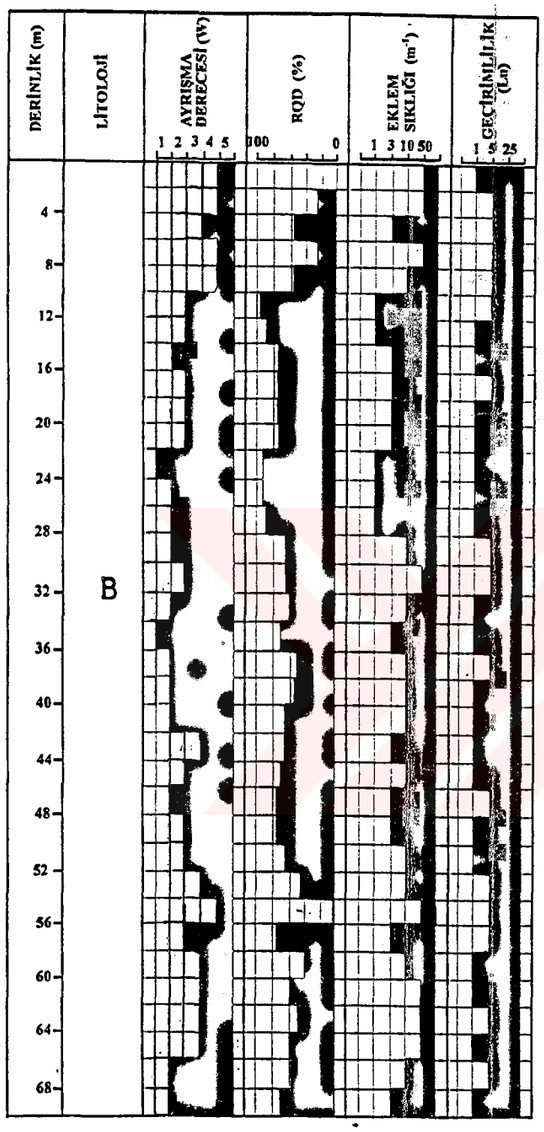
Örnek No	1			2			3			4			5			6			7			8		
Katyonlar	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l
Ca	40.00	2.00	22.32	12.00	0.60	7.75	28.00	1.40	15.73	6.00	0.30	7.30	10.00	0.50	8.68	18.00	0.90	13.61	57.00	2.85	19.59	19.00	0.95	9.06
Mg	20.00	1.66	18.53	22.72	1.89	24.42	6.81	0.57	6.40	8.18	0.68	16.54	9.54	0.79	13.72	17.27	1.44	21.78	22.72	1.89	13.00	31.81	2.65	25.28
Na	18.00	0.78	8.71	19.00	0.83	10.72	56.00	2.43	27.30	19.00	0.83	20.19	35.00	1.52	26.39	21.00	0.90	13.77	54.00	2.34	16.08	38.00	1.65	15.74
K	2.00	0.05	0.56	6.30	0.16	2.07	2.40	0.06	0.67	3.00	0.07	1.70	1.80	0.04	0.69	2.95	0.07	1.06	15.40	0.39	2.68	1.10	0.02	0.19
Toplam	80.00	4.49	50.12	60.02	3.48	44.96	93.21	4.46	50.10	36.18	1.88	45.73	56.34	2.85	49.48	59.22	3.30	50.22	149.1	7.47	51.35	89.91	5.27	50.27
Anyonlar	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l	Mg/l	Mek/l	%Mek/l
Cl	5.30	0.15	1.67	6.30	0.17	2.19	11.40	0.32	3.59	2.80	0.07	1.70	2.60	0.07	1.21	3.45	0.09	1.36	26.00	0.73	5.02	11.20	0.31	2.96
SO_4	115.2	2.40	26.78	24.00	0.50	6.46	86.40	1.80	20.22	21.26	0.44	10.71	34.56	0.72	12.50	57.60	1.20	18.15	182.4	3.80	26.11	141.6	2.95	28.15
HCO_3	117.2	1.92	21.43	219.2	3.59	46.38	141.4	2.32	26.07	105.0	1.72	41.85	129.3	2.12	36.80	122.2	2.00	30.26	155.5	2.55	17.52	119.2	1.95	18.60
Toplam	237.7	4.47	49.88	249.5	4.26	55.03	239.2	4.44	49.88	129.1	2.23	54.26	166.5	2.91	50.51	183.3	3.29	49.77	363.9	7.08	48.65	272.0	5.21	49.71
Sıcaklık(C^0)	3.3			14			16			8			8.5			8.6			14.4			14		
EC	460			300			540			240			300			340			660			420		
Rezistivite	0.0022			0.0033			0.0018			0.0041			0.0033			0.0029			0.0015			0.0023		
pH	7.2			7.55			7.25			8			8			8.25			7.6			7.95		

Ek 3. İnceleme alanından alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

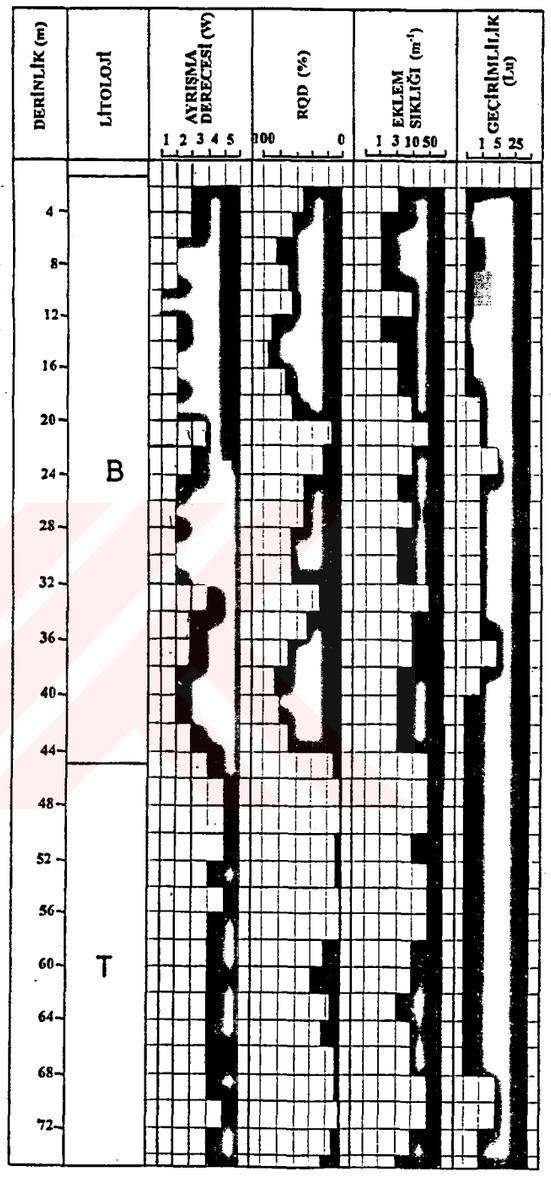
Sondaj No: SK1



Sondaj No: SK2



Sondaj No: SK3



AÇIKLAMALAR

SK 1 - Temel sondajı

B - Bazalt

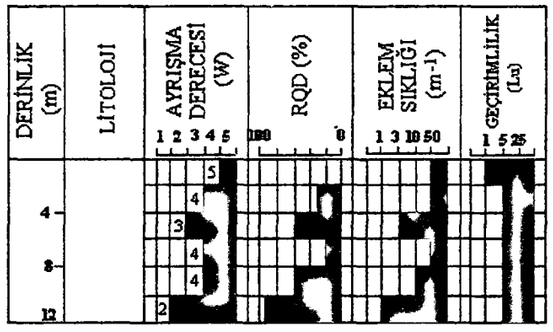
T - Tüfit

K - Kiltaşı

Ta -Taraça

Y - Yamaç molozu

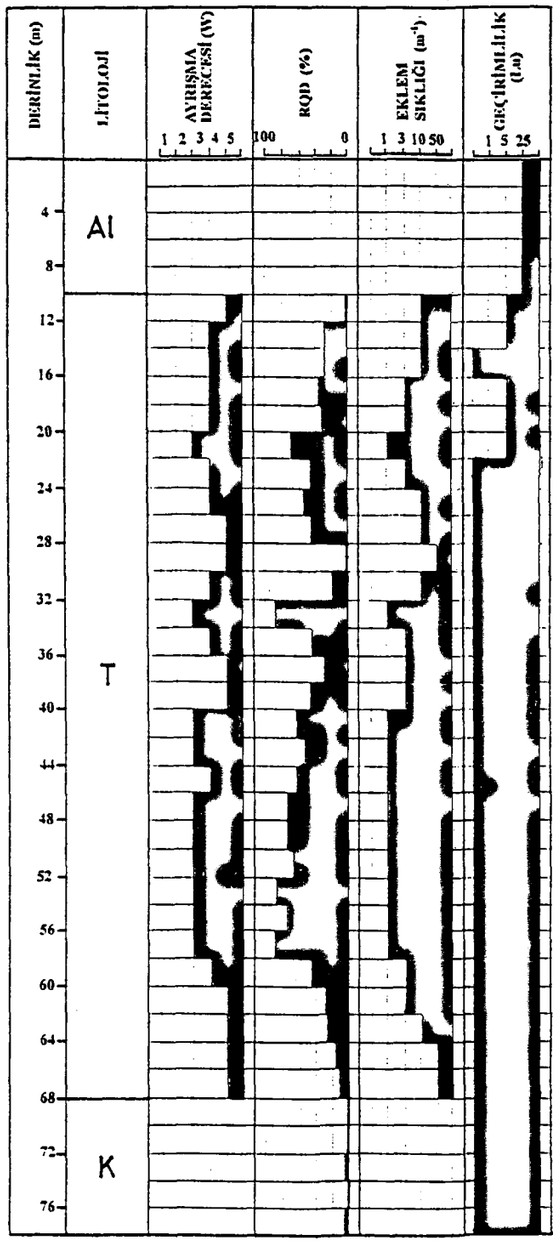
Al - Alüvyon



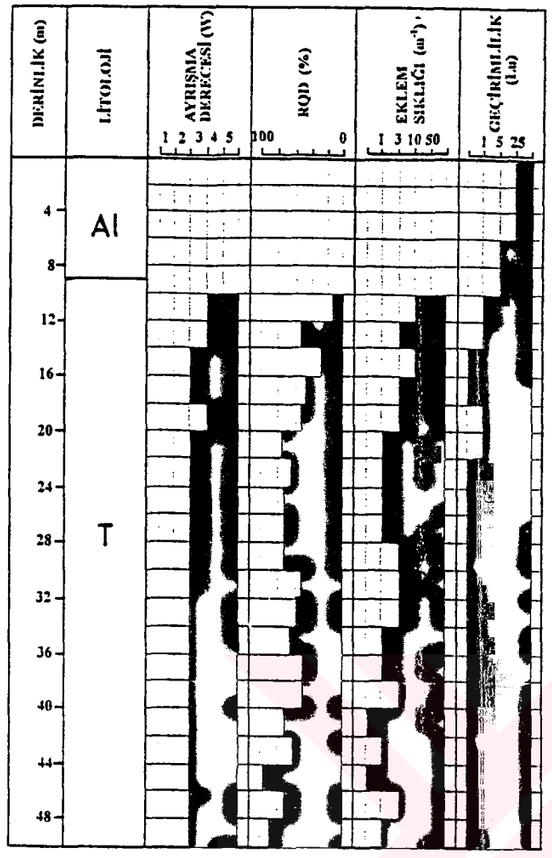
Ek 4. Baraj eksen yeri ve çevirme tüneli güzergahında yapılmış olan temel sondajlarına ait özet loglar

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

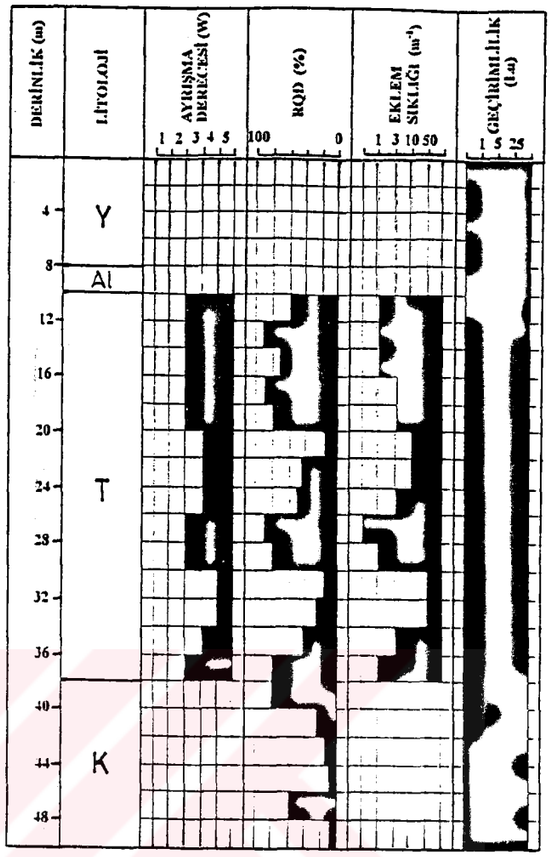
Sondaj No: SK4



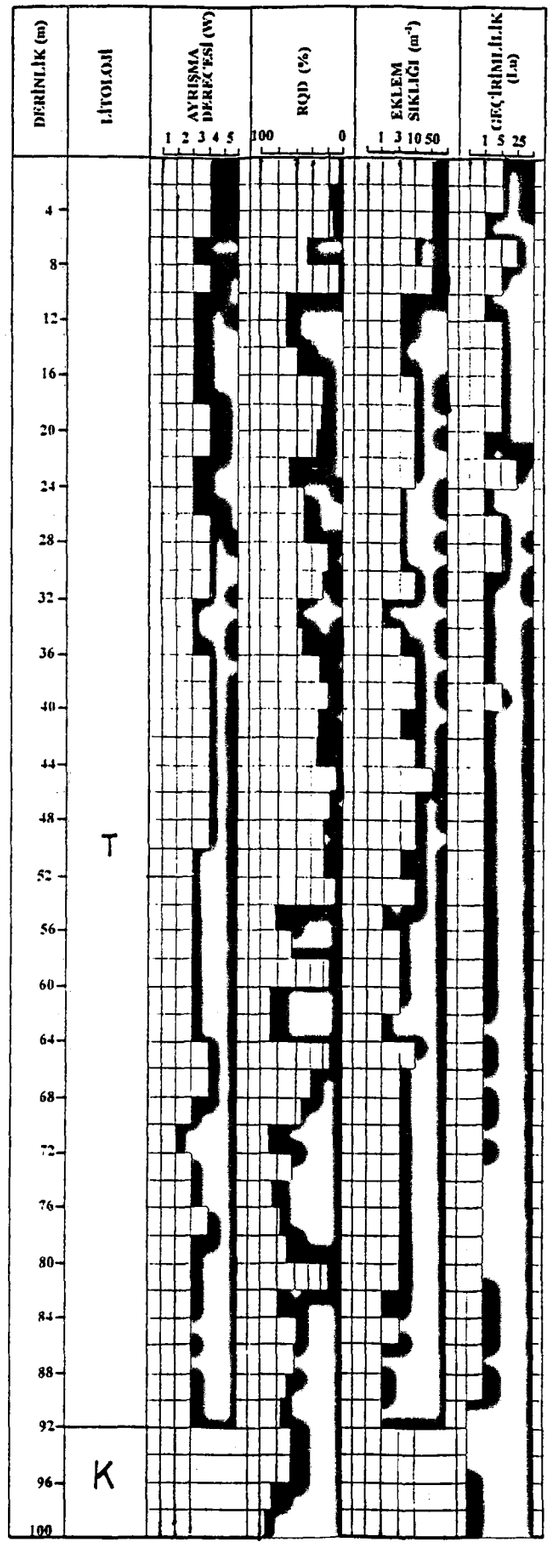
Sondaj No: SK5



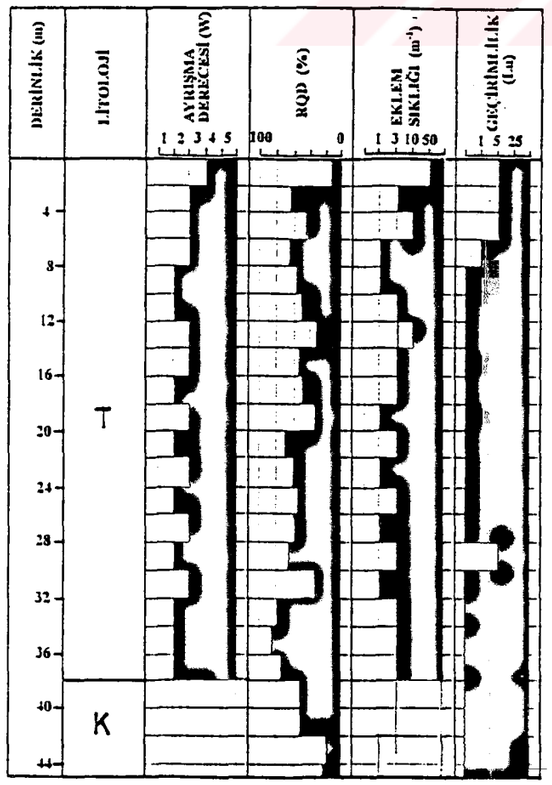
Sondaj No: SK6



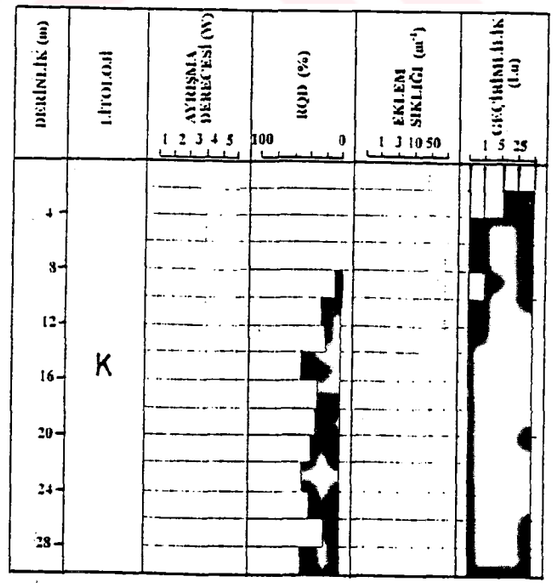
Sondaj No: SK7



Sondaj No: SK8

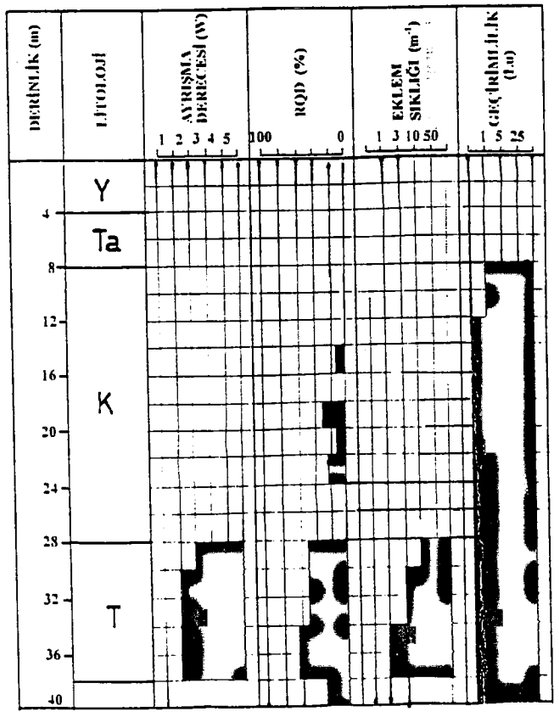


Sondaj No: SK9

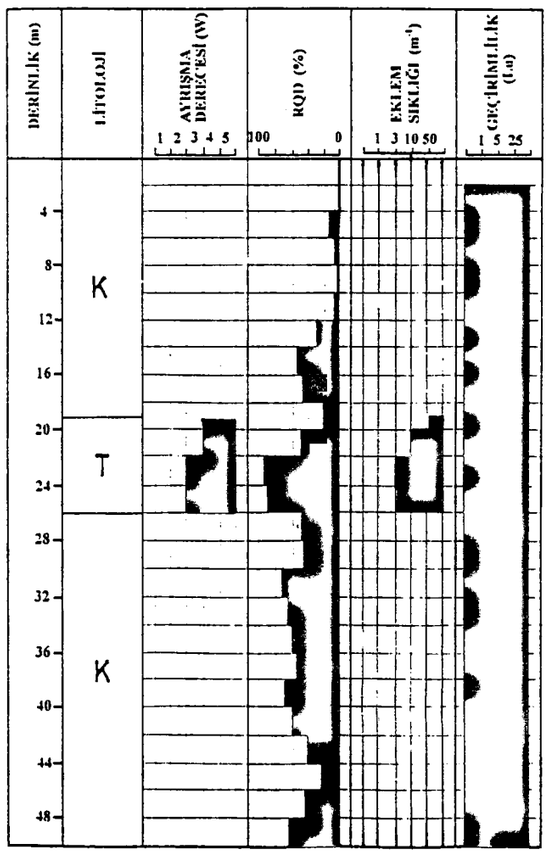


Ek 4 (devamı)

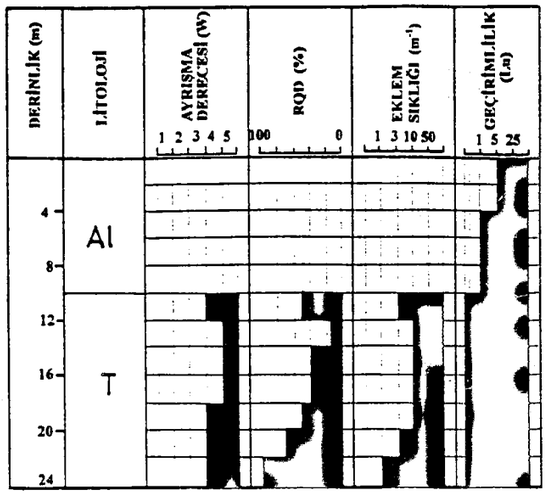
Sondaj No: SK10



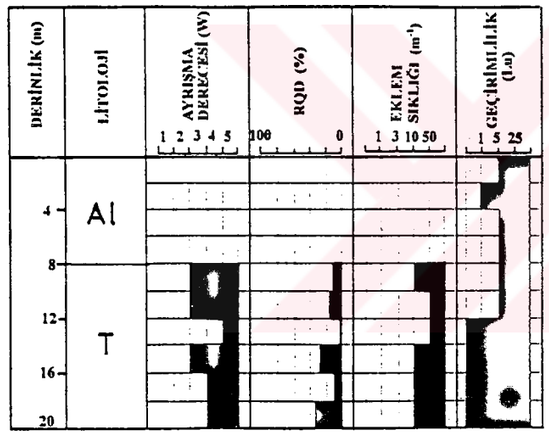
Sondaj No: SK11



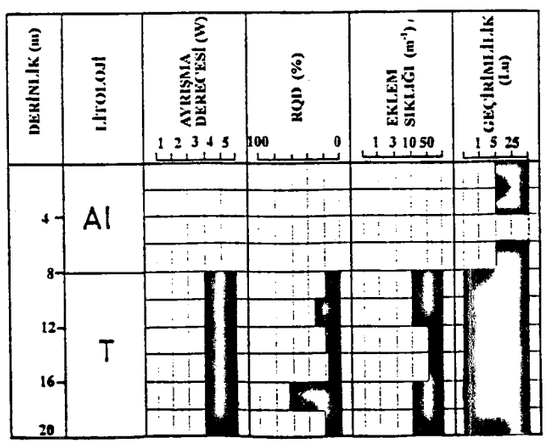
Sondaj No: SK12



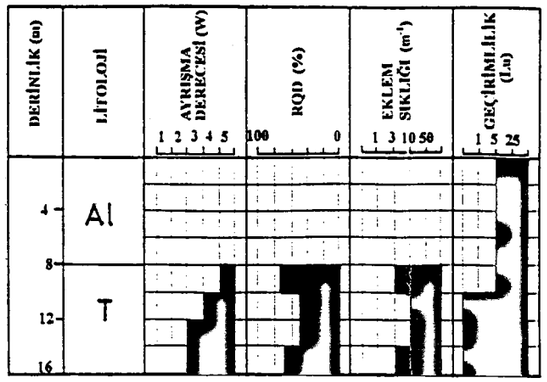
Sondaj No: SK13



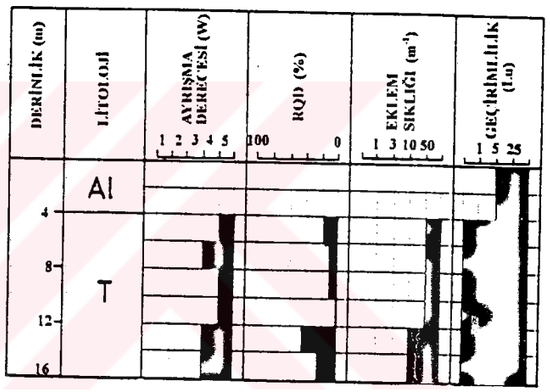
Sondaj No: SK14



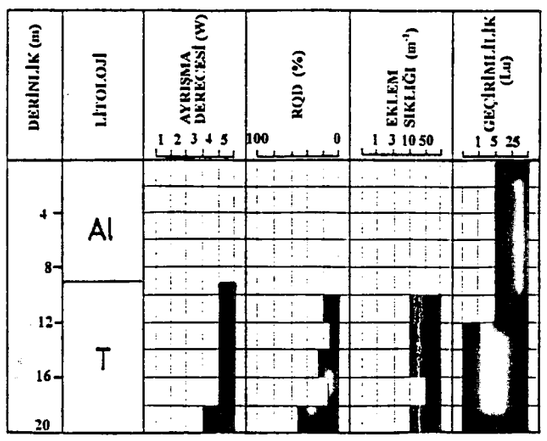
Sondaj No: SK15



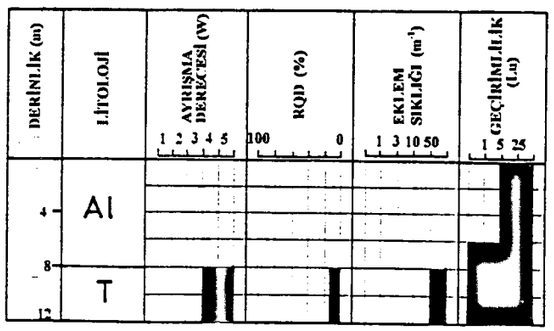
Sondaj No: SK16



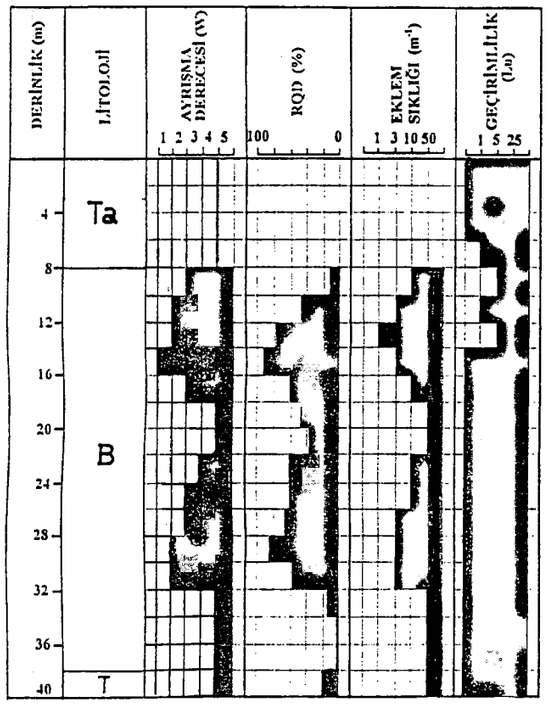
Sondaj No: SK17



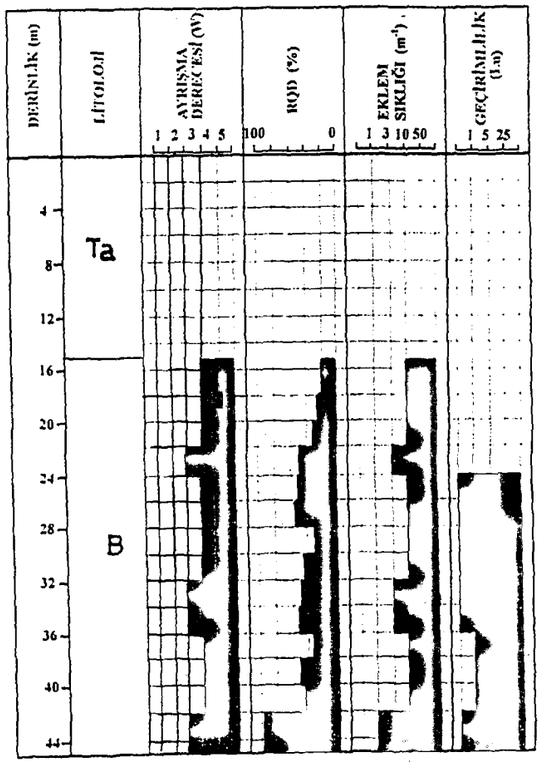
Sondaj No: SK18



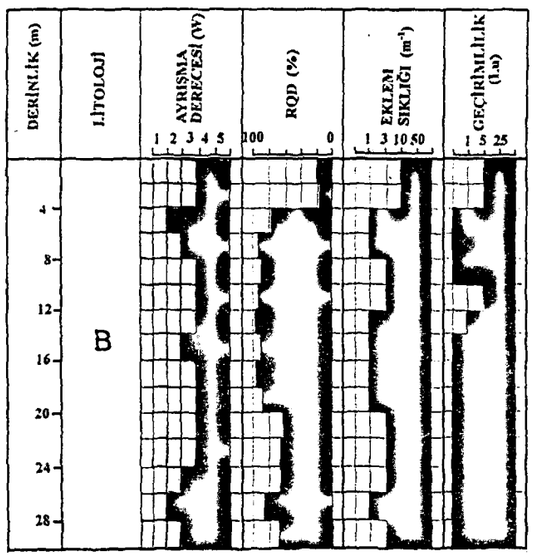
Sondaj No: SK19



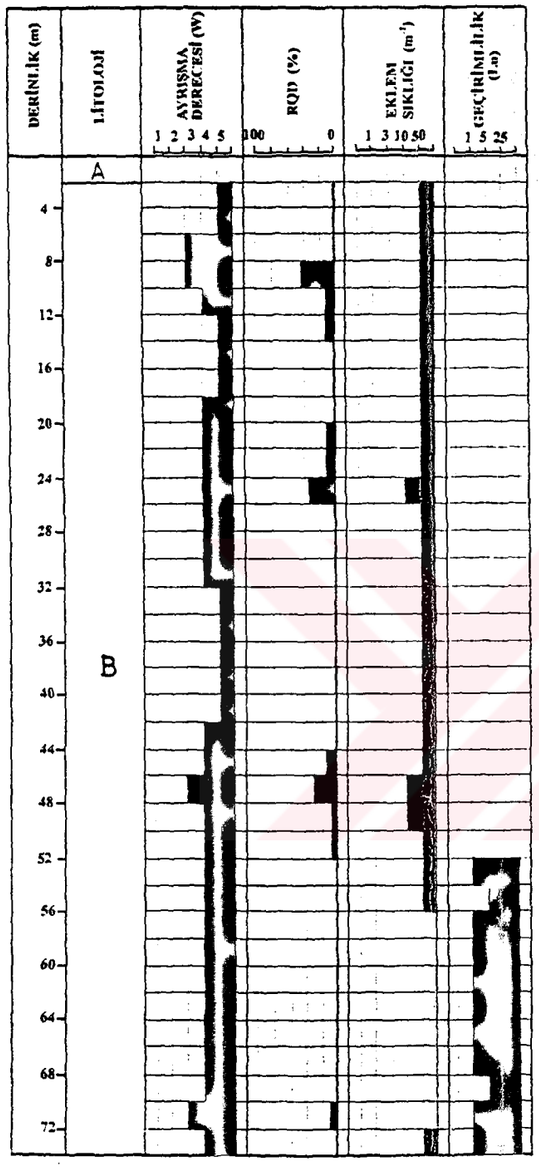
Sondaj No: SK20



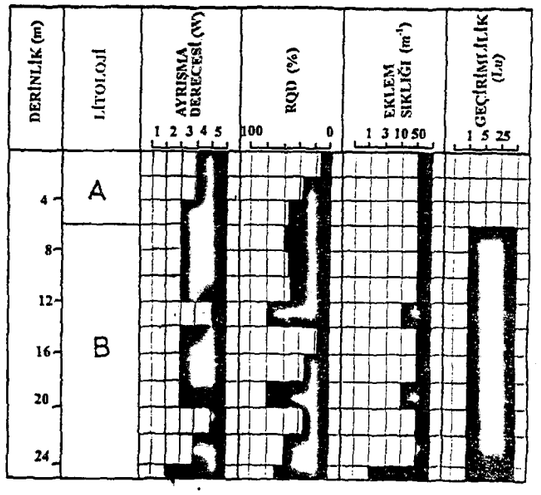
Sondaj No: SK21



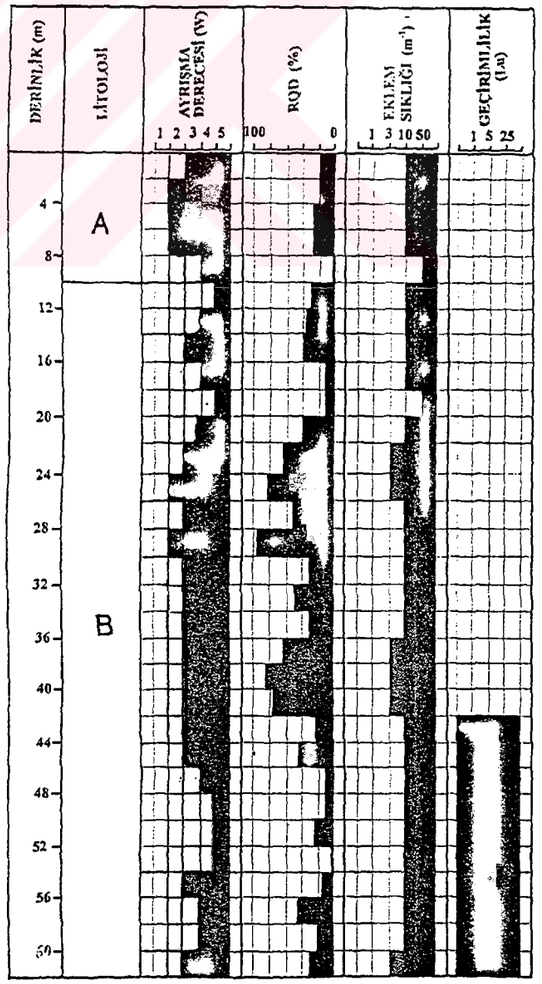
Sondaj No: SK22



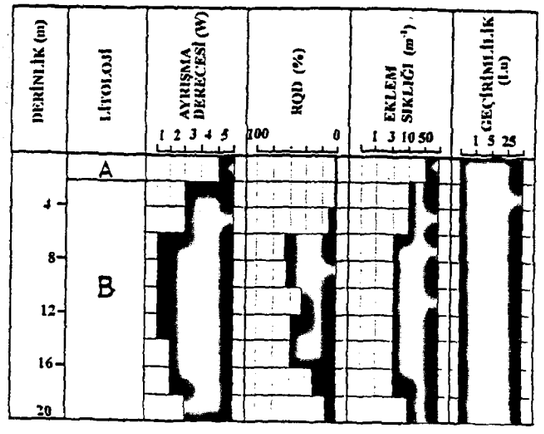
Sondaj No: SK23



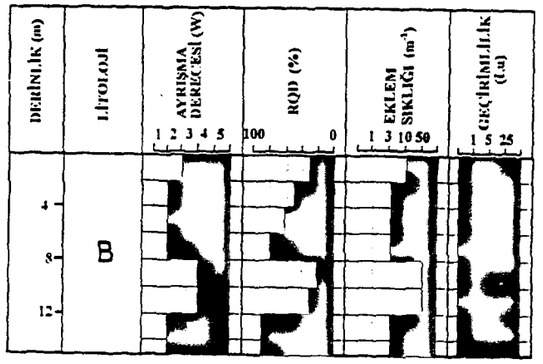
Sondaj No: SK24



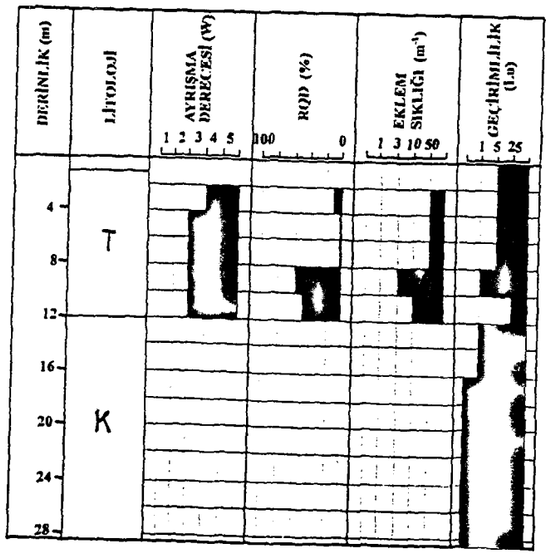
Sondaj No: SK25



Sondaj No: SK26

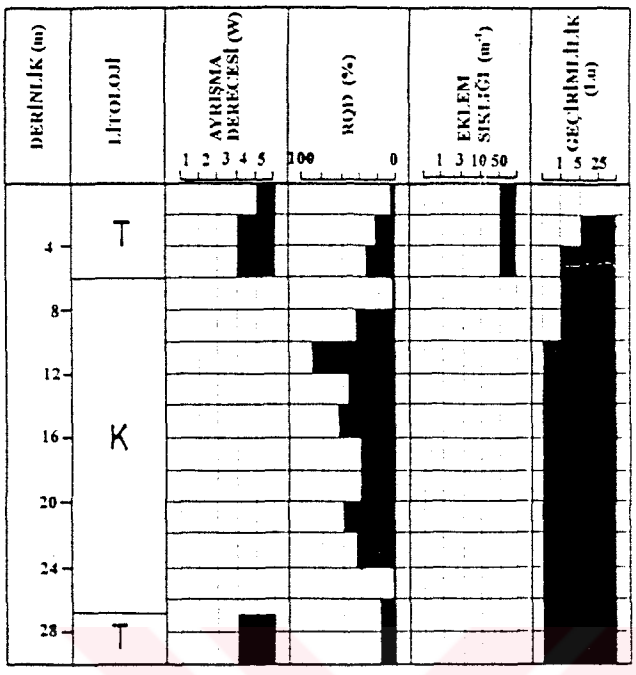


Sondaj No: SK27

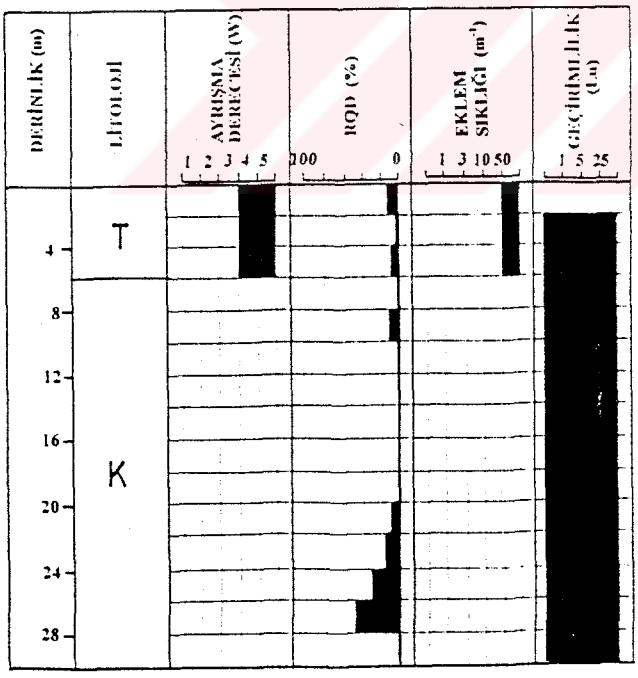


Ek 4 (devamı)

Sondaj No: SK28



Sondaj No: SK29



Ek 4 (devamı)

Örnek No	Sondaj No	Derinlik (m)	Birim ağ. (χ kN/m^3) Kuru	Doygun	Su Emme (A, %) Ağırlıkça (A_a)	Hacimce (A_v)	Gözeneklilik n (%)	UAI
1	SK1	12.15	23.6	25.3	7.02	18.74	11.38	0.805
2	"	16.80	24.5	24.6	6.10	22.20	13.39	0.690
3	"	23.30	24.7	25.1	7.13	18.75	10.75	0.758
4	"	26.75	24.9	25.5	2.34	6.20	6.30	0.636
5	"	28.90	25.5	26.2	2.9	7.63	2.91	0.557
6	"	34.30	23.6	25.2	6.93	18.09	9.59	0.729
7	"	36.50	23.8	25.6	7.02	18.53	9.85	0.905
8	"	44.70	23.1	25.0	5.98	15.61	9.26	0.787
9	"	51.00	25.3	26.4	4.21	1137	6.09	0.678
10	"	52.50	25.3	262	4.33	11.65	5.88	0.688
11	"	58.55	24.2	26.5	4.13	24.90	9.28	0.627
12	"	60.10	25.2	25.8	2.41	6.46	6.00	0.617
13	"	64.50	23.4	25.0	6.78	17.56	9.35	0.779
14	"	71.70	23.1	25.1	8.82	23.28	12.24	0.733
15	"	73.00	23.4	25.3	7.94	20.88	11.03	0.672
16	SK2	73.5	23.0	24.8	7.64	19.86	11.11	0.854
17	"	10.10	25.1	25.1	5.92	23.34	11.33	0.695
18	"	20.60	25.3	26.6	5.28	14.15	5.82	0.667
19	"	22.50	25.1	26.2	4.22	11.10	4.46	0.624
20	"	27.40	25.6	26.7	4.36	11.68	6.41	0.639
21	"	30.50	26.2	26.5	1.02	2.94	8.96	0.329
22	"	33.10	26.3	26.6	1.14	3.29	8.93	0.338
23	"	35.20	27.0	27.2	0.67	1.84	1.69	0.346
24	"	41.15	26.2	26.5	1.04	2.80	2.80	0.378
25	"	45.00	25.0	26.3	5.02	13.25	7.58	0.636
26	"	52.00	26.0	26.8	3.05	9.46	6.99	0.647
27	SK3	4.00	26.4	26.8	1.48	3.98	2.20	0.409
28	"	5.45	26.3	26.6	0.72	1.96	3.28	0.395
29	"	9.00	28.1	28.3	0.89	2.51	1.13	0.243
30	"	11.80	28.1	28.3	0.61	1.74	1.40	0.210
31	"	14.00	28.0	28.2	0.72	2.04	1.40	0.217
32	"	16.50	27.8	28.0	1.21	3.39	0.71	0.263
33	"	20.00	27.7	27.9	1.15	3.22	1.07	0.624
34	"	24.75	27.8	28.1	1.13	3.16	1.06	0.210
35	"	33.65	27.9	28.1	1.17	3.29	0.71	0.187
36	"	36.00	26.4	26.7	0.66	1.80	3.27	0.456
37	"	37.30	26.5	26.8	0.8	2.16	1.84	0.370
38	"	39.00	26.3	26.6	0.63	1.71	2.93	0.378
39	"	41.70	25.2	26.0	3.12	8.33	6.18	0.589
40	SK19	12.00	24.8	24.9	5.59	14.81	10.79	0.647
41	"	13.70	24.6	25.0	6.78	17.56	9.46	0.660
42	"	17.15	27.9	28.1	0.47	1.37	3.45	0.308
43	"	19.80	26.0	26.5	1.96	5.47	6.70	0.431
44	"	22.30	26.2	26.5	1.27	3.67	9.28	0.353
45	"	25.00	26.5	26.7	0.74	2.13	7.93	0.377
46	"	27.10	26.2	26.5	1.19	3.43	8.97	0.394
47	SK21	8.30	24.5	25.4	4.90	20.78	10.90	0.647
48	"	8.70	24.5	25.7	4.75	12.54	7.41	0.724
49	"	12.15	24.1	25.6	6.40	17.30	10.00	0.642
50	"	24.20	23.4	25.1	7.00	18.48	11.12	0.769
51	"	27.00	23.1	25.1	8.78	23.18	11.97	0.733

Ek 5. Bazaltların fiziksel özellikleri.

No	No	(m)	Dayanımı (σ_c ,MPa)		Modülü (E_t * 10^5 MPa)		Modülü (E_s,MPa)		(C_p, m / sn)		(C_s, m / sn)	
			Kuru	Doygun	Kuru	Doygun	Kuru	Doygun	Kuru	Doygun	Kuru	Doygun
1	SK1	12.15	12.16	-	7.61	-	2000	-	2162	-	1103	-
2	"	16.80	26.44	4.01	16.98	-	4700	1120	3147	-	1605	-
3	"	23.30	21.40	-	10.63	-	2200	-	2498	-	1274	-
4	"	26.75	29.47	-	23.17	27.1	3000	-	3672	3928	1873	2003
5	"	28.90	34.83	23.47	33.40	41.4	16200	22500	4360	4789	2224	2442
6	"	34.30	16.88	-	13.95	23.3	7000	-	2927	3665	1493	1869
7	"	35.50	2.99	-	2.26	-	1600	-	1173	-	598	-
8	"	44.70	14.23	-	8.63	-	2150	-	2327	-	1187	-
9	"	51.00	29.00	-	18.24	-	3800	-	3232	-	1648	-
10	"	52.50	28.22	-	17.23	-	3650	-	3142	-	1602	-
11	"	58.55	31.28	-	23.29	-	6200	-	3735	-	1905	-
12	"	60.10	35.24	10.54	24.50	34.8	5100	14400	3754	4426	1915	2257
13	"	64.50	20.24	-	8.33	-	2150	-	2272	-	1159	-
14	"	71.70	13.09	-	13.94	-	2900	-	2957	-	1508	-
15	"	73.00	8.72	-	5.21	-	1900	-	1797	-	916	-
16	SK2	7.35	14.45	-	3.59	-	1850	-	1504	-	767	-
17	"	10.10	28.19	-	16.23	-	6000	-	3061	-	1561	-
18	"	20.60	24.27	-	20.80	-	3400	-	3452	-	1608	-
19	"	22.50	30.90	15.24	24.60	31.9	5850	10850	3769	4205	1922	2145
20	"	27.40	32.48	-	22.71	-	5000	-	3586	-	1829	-
21	"	30.50	64.30	71.23	62.14	65.9	66200	69400	5863	6005	2990	3063
22	"	33.10	62.46	68.88	61.34	70.5	64550	68500	5814	6200	2965	3162
23	"	35.00	49.56	-	63.89	66.4	69000	-	5856	5951	2987	3035
24	"	41.15	52.52	-	57.02	58.1	61000	-	5616	5639	2864	2876
25	"	45.00	32.60		22.43	-	3600	-	3606	-	1839	-
26	"	52.00	33.76	-	21.58	-	3800	-	3468	-	1871	-
27	SK3	4.00	49.89	-	53.49	-	48500	-	5419	-	2764	-
28	"	4.45	50.01	-	55.29	-	56000	-	5520	-	2815	-
29	"	9.00	76.46	-	76.95	-	81250	-	6300	-	3212	-
30	"	11.80	67.90	67.76	81.94	83.3	93200	94000	6501	6535	3316	3333
31	"	14.00	68.71	69.27	80.75	82.1	88700	90000	6465	6499	3297	3314
32	"	16.50	71.61	-	74.05	-	75000	-	6213	-	3169	-
33	"	20.00	74.62	59.56	81.50	89.3	95400	89000	6530	6813	3330	3475
34	"	24.75	71.85	59.06	80.74	89.6	96700	88500	6488	6800	3309	3468
35	"	33.65	71.44	-	83.25	-	95000	-	6576	-	3354	-
36	"	36.00	50.19	-	46.35	-	45150	-	5044	-	2572	-
37	"	37.30	56.47	42.34	58.16	61.3	57500	59000	5640	5758	2876	2937
38	"	39.00	55.21	49.75	56.73	59.1	52750	55500	5591	5679	2851	2896
39	"	41.70	38.61	-	27.56	39.9	15350	-	3981	4716	2030	2405
40	SK19	12.00	31.72	-	21.17	-	4750	-	3517	-	1794	-
41	"	13.70	28.61	-	20.10	-	4800	-	3441	-	1755	-
42	"	17.15	67.72	-	68.50	-	67000	-	5965	-	3042	-
43	"	19.80	63.41	-	46.31	-	45000	-	5081	-	2591	-
44	"	22.30	50.25	-	60.77	-	64600	-	5798	-	2957	-
45	"	25.00	49.17	-	58.39	-	60000	-	5651	-	2882	-
46	"	27.10	52.38	-	54.85	-	57500	-	5508	-	2809	-
47	SK21	8.30	31.72	-	20.91	-	4750	-	3517	-	1794	-
48	"	8.70	18.29	-	14.79	-	2700	-	2956	-	1508	-
49	"	12.15	28.37	-	21.88	-	5100	-	3627	-	1850	-
50	"	24.20	21.02	-	9.07	-	2270	-	2370	-	1209	-
51	"	27.00	13.47	-	13.87	-	2400	-	2950	-	1505	-

Ek 6. Bazaltların jeomekanik özellikleri.

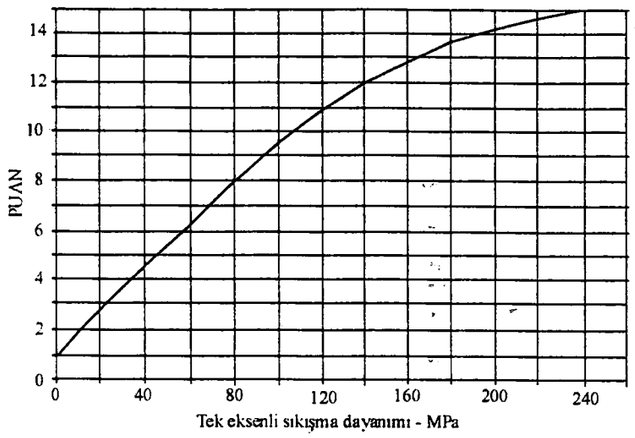
Örnek	Sondaj	Derinlik	Birim ağ. (, kN/m^3)		Su Emme (A, %)		Gözeneklilik	UAI
No	No	(m)	Kuru	Doygun	Ağırlıkça (A_a)	Hacimce (A_v)	n (%)	
1	SK3	47.10	20.0	22.2	24.84	56.64	33.89	0.861
2	"	53.70	13.4	17.6	27.03	58.66	38.33	0.871
3	"	60.75	15.3	20.2	32.33	75.97	23.70	0.815
4	"	68.00	15.2	18.7	23.02	52.95	33.76	0.707
5	SK4	12.70	13.2	16.1	22.06	44.12	33.66	0.884
6	"	18.70	17.6	21.9	18.73	44.20	25.00	0.811
7	"	21.00	19.3	22.6	17.22	42.53	21.88	0.821
8	"	25.80	19.3	22.7	17.39	42.61	21.26	0.806
9	"	32.30	17.4	20.5	17.92	42.11	25.93	0.819
10	"	34.00	16.3	19.6	20.00	46.00	29.28	0.839
11	"	36.00	21.2	24.0	23.12	53.17	19.82	0.808
12	"	40.75	15.2	18.5	22.03	50.44	33.58	0.843
13	"	42.50	17.7	20.6	16.42	38.92	25.20	0.864
14	"	44.25	12.0	19.6	22.20	48.07	39.20	0.886
15	"	63.70	15.8	17.0	24.70	54.59	28.57	0.884
16	"	70.35	15.2	18.7	22.99	52.65	33.47	-
17	SK5	12.40	16.2	19.1	18.09	49.21	30.37	0.867
18	"	17.00	16.1	19.9	23.80	53.31	28.01	0.841
19	"	24.65	16.3	19.5	19.86	45.68	28.99	0.826
20	"	28.00	21.8	25.0	14.88	38.84	16.10	0.788
21	"	34.00	16.4	19.7	45.64	45.64	28.15	0.833
22	"	41.20	16.4	19.6	43.37	43.37	25.51	0.835
23	"	47.60	12.7	15.9	25.34	54.48	40.72	0.907
24	"	49.10	12.2	16.0	31.41	71.62	42.20	0.896
25	SK6	10.30	18.1	21.4	43.45	43.45	22.95	0.873
26	"	14.50	17.3	20.3	39.97	39.97	38.03	0.916
27	"	19.20	16.3	19.5	19.93	46.04	29.29	0.837
28	"	26.90	16.6	20.1	21.18	48.93	28.03	0.823
29	"	29.25	16.1	19.2	42.34	42.34	29.71	0.853
30	"	33.30	18.0	20.9	38.23	38.23	23.77	0.866
31	"	36.40	14.4	20.8	45.43	45.43	36.00	0.893
32	SK7	8.20	13.5	16.4	21.15	45.58	36.46	0.864
33	"	15.00	15.8	18.9	20.13	46.50	31.25	0.874
34	"	21.30	16.2	19.5	46.36	46.36	29.58	0.851
35	"	24.00	22.1	25.1	43.51	43.51	28.57	0.813
36	"	29.40	17.9	21.0	40.23	40.23	22.27	0.872
37	"	38.00	16.0	19.4	48.39	48.39	30.13	0.862
38	"	41.75	18.1	21.5	41.95	41.95	19.66	0.822
39	"	46.15	16.3	19.4	43.27	43.27	28.27	0.838
40	"	47.35	22.1	25.4	14.97	39.22	15.67	0.733
41	"	52.00	12.1	15.8	30.29	58.46	37.37	0.878
42	"	74.30	12.4	16.0	29.35	58.99	38.35	0.884
43	"	86.00	16.3	19.6	46.35	46.35	29.71	0.800

Ek 7. Tüfitlerin fiziksel özellikleri.

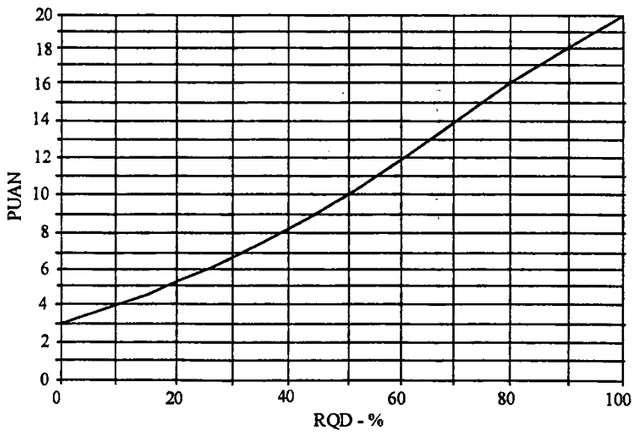
Örnek No.	Sondaj No	Derinlik (m)	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (σ_c ,Mpa)		Dinamik Elastisite Modülü (E_d * 10^6 MPa)		Statik Elastisite Modülü (E_s,MPa)		P Dalga Hızı (C_p, m / sn)		S Dalga Hızı (C_s, m / sn)	
			Kuru	Doygun	Kuru	Doygun	Kuru	Doygun	Kuru	Doygun	Kuru	Doygun
1	SK3	47.10	4.55	-	3.92	-	2400	-	1685	-	859	-
2	"	53.70	7.08	2.12	2.05	0.16	1180	520	1490	1142	760	582
3	"	60.75	11.21	4.44	4.46	0.33	3300	2050	2055	1540	1048	785
4	"	68.00	7.44	-	3.98	-	2700	-	1947	-	993	-
5	SK4	12.70	5.83	1.24	1.67	0.09	850	360	1356	888	692	453
6	"	18.70	5.38	-	3.18	-	1560	-	1617	-	825	-
7	"	21.00	5.62	-	6.05	0.50	3800	-	2132	1792	1087	914
8	"	25.80	8.48	-	6.70	-	4750	-	2243	-	1144	-
9	"	32.30	9.15	-	5.12	-	3650	-	2066	-	1054	-
10	"	34.00	8.37	2.33	3.85	0.31	2350	410	1851	1504	944	767
11	"	36.00	11.12	-	6.81	-	4000	-	2157	-	1100	-
12	"	40.75	6.14	-	3.64	-	2000	-	1864	-	951	-
13	"	42.50	5.56	1.53	3.20	0.16	1500	700	1618	1050	825	536
14	"	44.25	1.97	-	1.27	-	1140	-	1239	-	632	-
15	"	63.70	5.85	-	2.01	-	900	-	1358	-	693	-
16	"	70.35	-	1.12	-	0.07	-	320	-	736	-	375
17	SK5	12.40	6.72	2.40	2.67	0.04	1450	570	1546	548	788	279
18	"	17.00	6.98	2.17	3.86	0.32	2400	720	1865	1531	951	781
19	"	24.65	8.44	3.52	4.52	0.34	2900	950	2005	1595	1023	813
20	"	28.00	13.5	-	8.99	-	4000	-	2445	-	1247	-
21	"	34.00	9.09	-	4.11	-	3400	-	1906	-	972	-
22	"	41.20	8.84	-	4.02	-	2400	-	1884	-	961	-
23	"	47.60	5.42	1.17	1.03	0.10	650	550	1084	958	553	489
24	"	49.10	5.88	-	1.22	-	700	-	1203	-	614	-
25	SK6	10.30	8.89	2.39	3.23	0.27	1400	450	1607	1341	820	684
26	"	14.50	3.08	-	1.26	-	600	-	1027	-	524	-
27	"	19.20	8.61	3.08	3.91	0.24	2300	900	1865	1336	951	681
28	"	26.90	9.03	-	4.68	-	3100	-	2021	-	1031	-
29	"	29.25	7.49	-	3.25	-	1520	-	1710	-	872	-
30	"	33.30	5.66	-	3.11	-	1060	-	1583	-	807	-
31	"	36.40	6.30	-	1.51	-	850	-	1234	-	629	-
32	SK7	8.20	8.23	1.59	2.04	0.20	1200	425	1480	1324	755	675
33	"	15.00	5.78	-	2.41	-	1300	-	1488	-	759	-
34	"	21.30	7.75	2.60	3.30	0.32	1650	780	1719	1552	877	792
35	"	24.00	18.82	-	10.30	-	2700	-	2600	-	1326	-
36	"	29.40	7.00	2.56	2.71	0.19	1150	450	1482	1149	756	586
37	"	38.00	10.27	-	2.54	-	870	-	1517	-	774	-
38	"	41.75	12.06	-	4.80	-	2250	-	1960	-	1000	-
39	"	46.15	6.88	2.45	4.07	0.27	2400	650	1903	1410	971	719
40	"	47.35	15.62	-	12.97	-	10500	-	2916	-	1487	-
41	"	52.00	6.64	1.45	1.67	0.01	1100	460	1413	945	721	482
42	"	74.30	6.71	-	1.51	-	950	-	1327	-	677	-
43	"	86.00	21.20	-	4.49	-	2650	-	1998	-	1019	-

Ek 8. Tüfitlerin jeomekanik özellikleri.

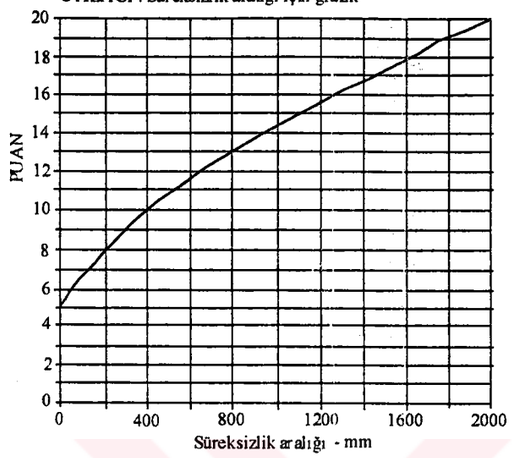
A ABAĞI: Sağlam kayacın dayanımı için grafik



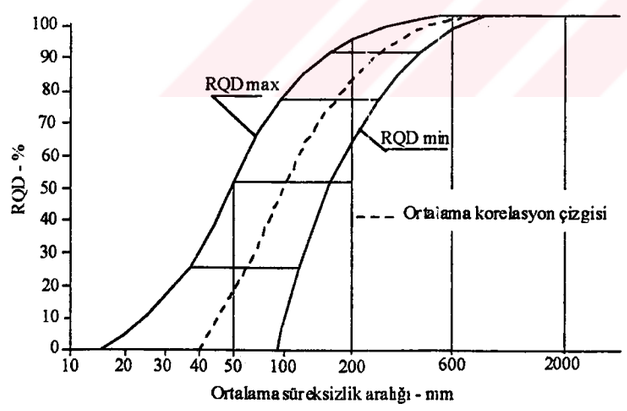
B ABAĞI : RQD için grafik



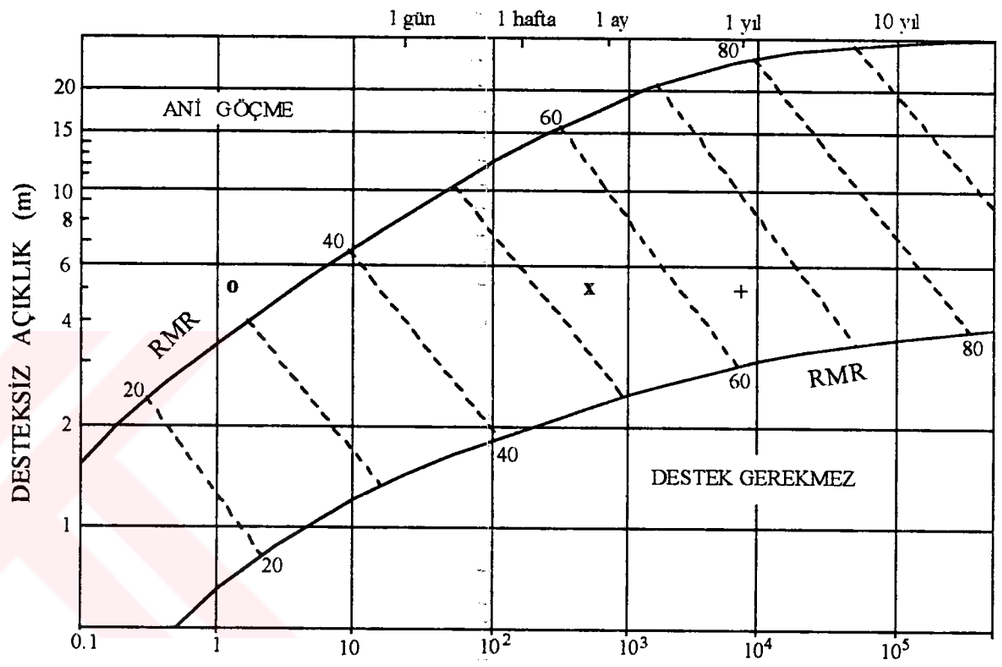
C ABAĞI : Süreksizlik aralığı için grafik



D ABAĞI : RQD ve süreksizlik aralığı ilişkisi



Jeomekanik kaya sınıflama sisteminde bazı parametreler için puan belirleme abakları (Bieniawski, 1989).



Jeomekanik kaya sınıflama sistemine göre yeraltındaki boşlukların desteksiz durma süresini tahmin abağı (Bieniawski, 1989).

+ Çevirme tüneli güzergahında iyi kaya sınıfındaki bazaltlar

x Çevirme tüneli güzergahında orta kaya sınıfındaki bazaltlar

o Çevirme tüneli güzergahında zayıf kaya sınıfındaki tüfitler

A. Sınıflandırma parametreleri ve dereceleri

1	Kayanın direnci	Nokta yükü direnç indisi	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Düşük aralıklar için tek eksenli test
		Tek eksenli sıkışma day.	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 1-5 <1 Mpa
	Derecelendirme		15	12	7	4	2 1 0
2	Kayaç kalite tanımı RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25
	Derecelendirme		20	17	13	8	3
3	Süreksizlik aralığı		>2.0 m	0.6-2.0 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm
	Derecelendirme		20	15	10	8	3
4	Süreksizlik durumu		Çok kaba yüzeyler sürekli değil, ayrılma yok, sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler ayrılma <1mm sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler, ayrılma <1 mm yumuşak eklem yüzeyi	Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu <5mm veya 1-5 mm açık eklemler, sürekli eklemler	Yumuşak fay dolgusu >5mm kalınlıkta, veya açık eklemler > 5mm. Devamlı süreksizlikler
	Derecelendirme		30	25	20	10	0
5	Yeraltı suyu	Tünelin 10m'lik kısmından gelen su	yok	<10 l/dak	10-25 l/dak	25-125 l/dak	>125 l/dak
		Eklemdeki su basıncı	0	0	0.0-2	0.2-0.5	>0.5
		Ana asal gerilme					
		Genel durum	Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı
	Derecelendirme		15	10	7	4	0

B. Eklem yönelimine göre düzeltme

Eklemlerin doğrultu ve eğim yönelimi		Çok uygun	Uygun	Normal	Uygun değil	Hiç uygun değil
Sayısal değerler	Tüneller	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

C. Kaya sınıflamaları ve eğim yönünün etkisi

Sınıflama No.					
Tanımlama	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya
Derecelendirme	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

D. Tünelde eklem eğim ve eğim yönünün etkisi

Doğrultu tünel eksenine dik				Doğrultu tünel eksenine paralel		Doğrultuya bakılmaksızın eğim 0-20°
Eğim yönünde ilerleme		Eğime karşı ilerleme				
Eğim 45-90	Eğim 20-45	Eğim 45-90	Eğim 20-45	Eğim 45-90	Eğim 20-45	
Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil	Orta	Orta

Ek 9. Jeomekanik Kaya Kütlesi (RMR) Sınıflandırma Sistemi (Bieniawski, 1989).

RMR Sistemine göre tünel kazıları ve destekleri için kılavuz (Bieniawski, 1989).

	BİRİNCİL DESTEK			
KAYA KÜTLE SINIFI	KAZI	Kaya bulonları * (10 m genişlikteki tünel için uzunluk)	Şatkrit (Püskürtme beton)	Çelik takımlar
I	Tam kesit 3 m ilerleme	Bazı bulonların haricinde genellikle destek gerektirmez.		
II	Tam kesit 1.0-1.5 m ilerleme, komple destek, aynaya 20m'ye kadar mesafede	Kemerin 2-3 m'sinde yer yer bulonlar, tel kafeslerle 2-2.5 m aralıklı.	Gerektiğinde tavan kemerinde 50 mm.	Yok
III	Tavan kemeri ve tabandan ilerleme. Tavandan 1.5-3 m ilerleme. Komple destek. Aynaya 10m'ye kadar gerekli	3-4 m uzunlukta sistematik bulonlar, kemerde tel kafesli duvarlar ve kemerde 1.5-2 m aralıklı	Tavan kemerinde 100-150 mm ve yan duvarlarda 100 mm	Gereken yerde 1.5 m aralıklı yer yer hafif traversler
IV	Tavan kemeri ve tabandan ilerleme. Tavandan 1.0-1.5 m ilerleme, kazıya uygun şekilde aynaya 10m'ye kadar gerekli de	Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1.5 m aralıklı, 4-5 m uzunluklu sistematik bulonlar	Tavan kemerinde 100-150 mm ve yan duvarlarda 100 mm	Gereken yerde 1.5 m aralıklı yer yer hafif traversler
V	Tavan ve tabanda müşterek ilerleme. Tavandan 0.5-1 m ilerleme, kazıyla birlikte destek yerleştirilmeli. Patlatmadan hemen sonra şatkrit uygulanmalı.	Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1.5 m aralıklı, 5 m uzunluklu sistematik bulonlar.	Tavan kemerinde 150-200 mm, yan duvarlarda 150 mm, aynada 50 mm.	Çelik iksalı 0.75 m aralıklı orta-ağır traversler

* 20 mm çaplı tamamen reçine bağlantılı

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ