

175778

**ÇANAKKALE-TUZLA YÖRESİ VOLKANİK KAYAÇLARINDA
SÜREKSİZLİKLERİN AYRIŞMA - ALTERASYON OLAYLARINA
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Erkan BOZKURTOĞLU
505960014012**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Haziran 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Aralık 2003**

**Tez Danışmanı :
Tez Danışmanı :
Diğer Jüri Üyeleri**

**Prof. Dr. Mahir VARDAR
Prof. Dr. Fikret SUNER**

Prof.Dr. Erdoğan YÜZER (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Mete İNCECİK (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Mustafa YILDIRIM (Y.T.Ü.)

Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL (S.D.Ü.)

Doç.Dr. Atiye TUĞRUL (İ.Ü.)

ARALIK 2003

ÖNSÖZ

Doğal ortamlarda gerçekleştirilecek mühendislik amaçlı çalışmalarda, çalışma alanındaki ortamların özelliklerinin bilinmesi, uygulamacının yerinde ve ekonomik çözümler üretmesi için önemlidir. Doğal ortamların temel ögesini oluşturan kayaçlar etkisi altında kaldıkları olaylara, bünyelerinde gelişen değişimler ile reaksiyon verirler. Kayaçların sergiledikleri değişimler; bileşimleri ve etkisi altında kaldıkları olayların şiddet ve süresi yanında bünyelerinde gelişmiş süreksizliklerin özellik ve nitelikleri ile de yakından ilişkilidir.

İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalında doktora tezi olarak yapılan bu çalışmada; Çanakkale ili Ayvacık ilçesi Tuzla jeotermal alanında Kösedere ovası, Uzunburun, Çamtepe ve Centirler köyü arasında kalan 70 km² lik bir arazideki mağmatik yüzey kayaçlarının bünyelerindeki değişimler ile süreksizlik özellikleri arasındaki ilişki öncelikle araştırılmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen bölge, Türkiye'nin en çok bilinen jeotermal alanlarından birisidir. Bölgede dolaşımda bulunan sıcak akışkanın etkisi sonucu kayaçların maddesel özelliklerinde meydana gelen değişim ile süreksizlikler arasındaki ilişki sayısal bağıntılarla aydınlatılmaya çalışılmıştır. Kayaçların ayrışma ve/veya alterasyon sonucu kazandıkları yeni özellikler fiziksel ve mekanik deneylerle araştırılmış ve bunlar bölgede etkili olmuş tektonizma ile birlikte yorumlanmıştır. Bu kapsamda; "noktasal kayaç değişim değeri" ve "noktasal kayaç değişim oranı" tanımlanmış, ortamların sayısal görüntü değerleri kullanılarak karşılaşılan her jeolojik birim için "genel kayaç değişim değeri" bulunmuştur.

Gerçekleştirilen arazi çalışmaları ile Kösedere ovası, Uzunburun, Çamtepe ve Centirler köyü arasında kalan 70 km² lik bölgenin 1/25.000 ölçekli jeolojik haritası hazırlanmış, 220 farklı gözlem noktasından belirleyici kayaç örnekleri alınarak laboratuvarlarda incelenmiştir.

Bu çalışmanın tüm aşamalarında her türlü desteği esirgemeyen Prof. Dr. Mahir VARDAR ve Prof. Dr. Erdoğan YÜZER'e, alterasyon konusunda yönlendirip bilgilendiren Prof. Dr. Fikret SUNER'e, laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Arş. Gör. Gökhan ŞANŞ'a, teknisyen Yüksel ILGAR'a, Yrd. Doç. Dr. Tolga YALÇIN'a, çalışma arkadaşlarıma, Yrd. Doç. Dr. Bahadır ERGÜN'e, Yrd. Doç. Dr. Meral KILIÇ'a, eğitimim boyunca her türlü manevi ve maddi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürü borç bilirim.

Mayıs, 2003

Erkan BOZKURTOĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	xvi
ÖZET	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Çalışma Yöntemi	2
2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI	6
2.1 Coğrafi Konum ve Morfoloji	6
2.2 İklim ve Bitki Örtüsü	7
2.3 Ulaşım	8
2.4 Ekonomi	9
3. GENEL JEOLojİ	11
3.1 Önceki Çalışmalar	11
3.2 Bölgesel Jeoloji	20
3.3 İnceleme Alanının Jeolojisi	26
3.4 Yapısal Jeoloji ve Jeolojik Evrim	43
3.4.1 Bölgesel tektonik	43
3.4.1.1 Metamorfik kayalar kesen ve sınırlayan faylar	44
3.4.1.2 Kestanebol plütonunu kesen ve sınırlayan faylar	45
3.4.1.3 Volkanik kayalar kesen ve sınırlayan faylar	45
3.4.1.4 Çökel kayalar kesen ve sınırlayan faylar	46
3.4.2 İnceleme alanının yapısal özellikleri	46
3.4.2.1 Tabakalar	46
3.4.2.2 Çatlaklar	48
3.4.2.3 Faylar	53
3.4.3 İnceleme alanının jeolojik evrimi	55

4. TUZLA JEOTERMAL ALANININ AYRIŞMA-ALTERASYON ÖZELLİKLERİ	57
4.1 Ayrışma ve Alterasyon Olayları	57
4.2 Tuzla Jeotermal Alanında Ayrışma ve Alterasyon	58
4.2.1 Önceki çalışmalar	58
4.2.2 Tuzla jeotermal alanı kayaçlarının kimyasal özellikleri	59
4.2.3 Tuzla Jeotermal alanı kayaçlarının ayrışma ve alterasyon gelişimleri	61
4.2.4 Tuzla jeotermal alanı kayaçlarının ayrışma ve alterasyon gelişimlerinin petrografik incelemesi	62
4.2.5 Tuzla jeotermal alanı kayaçların ayrışma ve alterasyon gelişimlerinin jeokimyasal incelemesi	66
5. TUZLA JEOTERMAL ALANININ MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ	74
5.1 Giriş	74
5.2 Kayaçların Yapısal Özelliklerine Göre Sınıflandırılmaları	74
5.2.1 Tabaka kalınlıklarına göre sınıflandırma	75
5.2.2 Çatlak sıklığına göre sınıflandırma	76
5.2.3 Çatlak açıklığına göre sınıflandırma	85
5.3 Kayaçların Fiziksel Özellikleri	89
5.3.1 İnceleme alanında kayaçların fiziksel özellikleri	89
5.3.1.1 İnceleme alanında kayaçların birim hacim ağırlık dağılımları	89
5.3.1.2 İnceleme alanında kayaçların porozite, ağırlıkça su emme dağılımları	94
5.4 Kayaçların Direnç Özellikleri	97
5.4.1 İnceleme alanında kayaçların tek eksenli basınç direnci özellikleri	97
5.4.2 İnceleme Alanında Kayaçların Nokta Yük Direnci Özellikleri	101
6. KAYAÇLARIN MADDESEL (BÜNYESEL) ÖZELLİKLERİNİN SAYISALLAŞTIRILMASI	104
6.1 Giriş	104
6.2 İnceleme Alanında Kayaçların Maddesel Özellik Dağılımı	106
6.3 İnceleme Alanında Kayaçların Maddesel-Çatlak Özellikleri İlişkisi	108
6.4 Noktasal ve Alansal (Genel) Kayaç Değişim Değeri	121
7. SONUÇLAR	133

KAYNAKLAR

141

EKLER

147

ÖZGEÇMİŞ

186



KISALTMALAR

K	: Kuzey
G	: Güney
D	: Doğu
B	: Batı
KD	: Kuzeydoğu
KB	: Kuzeybatı
GD	: Güneydoğu
GB	: Güneybatı
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
my	: Milyon yıl
Sr	: Strontiyum
Nd	: Neodimiyum
Ar	: Argon
Ca	: Kalsiyum
Na	: Sodyum
K*	: Potasyum
SiO_2	: Silisyum di oksit
Al_2O_3	: Alüminyum oksit
Fe_2O_3	: Demir iki üç oksit
MgO	: Magnezyum oksit
CaO	: Kalsiyum oksit
Na_2O	: Sodyum oksit
K_2O	: Potasyum oksit

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. Tuzla jeotermal alanındaki volkanik kayaçların baskın element değerleri.....	61
Tablo 4.2. Tuzla jeotermal sahasındaki ayrışma olaylarında doğal etmenler ve tektonizmanın payı.....	65
Tablo 4.3. Tuzla jeotermal sahasında incelenen ince kesitlerde belirlenmiş kayaç yüzdesi-ayrışma oranı ilişkisi.....	65
Tablo 4.4. Tuzla jeotermal sahasında incelenen ince kesitlerde belirlenmiş ayrışma hızı-ayrışma oranı ilişkisi.....	65
Tablo 4.5. Tuzla jeotermal sahasında incelenen ince kesitlerde belirlenmiş ayrışma ve alterasyon aşamaları ilişkisi.....	66
Tablo 4.6. Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların minerallerinde ölçülen ayrışma-alterasyon oranları.....	66
Tablo 5.1. Kayaçların tabaka kalınlığına göre sınıflandırılması.....	75
Tablo 5.2. Kayaçların çatlak ara uzaklığına göre sınıflandırılması (Deere, 1963).....	79
Tablo 5.3. Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların çatlak sıklığı.....	80
Tablo 5.4. Kayaçların çatlak açıklığına göre sınıflandırılması (ISRM, 1981).....	85
Tablo 5.5. Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların çatlak açıklığı.....	85
Tablo 5.6. Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların fiziksel özellik değerleri.....	89
Tablo 5.7. Kayaçların poroziteye göre sınıflandırılması (Moos-Quervain, 1948).....	94
Tablo 5.8. Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların porozite değerlerine göre sınıflandırılması.....	97
Tablo 5.9. Kayaçların tek eksenli basınç direncine göre sınıflandırılması (Deere ve Miller, 1966).....	98
Tablo 5.10. Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların tek eksenli basınç direnci değerleri ve elastik özellikleri.....	99
Tablo 6.1a. Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların maddesel ve süreksizlik özelliklerine göre 4. derece polinom fonksiyonlar ile belirlenen korelasyon katsayıları.....	120
Tablo 6.1b. Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların maddesel ve süreksizlik özelliklerine göre 6. derece polinom fonksiyonlar ile belirlenen korelasyon katsayıları.....	120
Tablo 6.2. Bilinen laboratuvar ve arazi deneylerine dayalı kayaç değişim indeksi tanımlamaları (Şener, C., Hulusi, K., 1999).....	121
Tablo 6.3. Noktasal-alansal kayaç değişiminde kullanılan fiziksel özellik ve değerleri.....	122
Tablo 6.4. Tuzla jeotermal sahasındaki jeolojik birimlerin kayaç değişim değerleri.....	130

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : İnceleme alanından veri toplama ve sayısallaştırma.....	3
Şekil 1.2 : Çalışma yöntemi.....	4
Şekil 2.1 : İnceleme alanının yer bulduru haritası (Ölçek 1/1.000.000).....	9
Şekil 3.1 : Biga yarımadasındaki litolojik birimlerin yayılım ilişkileri (Karacık, 1995'den yararlanılarak hazırlanmıştır).....	21
Şekil 3.2 : Biga yarımadasındaki litolojik birimler ile tektonik dokanakları gösteren sadeleştirilmiş harita (Karacık, 1995'den yararlanılarak hazırlanmıştır).....	22
Şekil 3.3 : İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti.....	27
Şekil 3.4 : İnceleme alanının jeolojik haritası.....	28
Şekil 3.5 : Kızıltepe volkaniklerine ait lav seviyeleri.....	31
Şekil 3.6 : Babadere tüflerinde gelişmiş plastik deformasyon ve laminalar.....	32
Şekil 3.7 : Babadere formasyonunda gelişmiş pamisler.....	33
Şekil 3.8 : Kurtlu kuyu vadisindeki andezit-latitler.....	35
Şekil 3.9 : İnceleme alanında ölçülen tabakalar ile akma yönünde katılaşmış volkanik kayaların doğrultu aralığı.....	47
Şekil 3.10 : İnceleme alanında ölçülen tabakalar ile akma yönünde katılaşmış volkanik kayaların eğim aralığı.....	47
Şekil 3.11 : İnceleme alanındaki çatlakların doğrultu aralığı.....	48
Şekil 3.12 : İnceleme alanındaki çatlakların eğim aralığı.....	49
Şekil 3.13 : İnceleme alanındaki çatlakların kontur diyagramı.....	49
Şekil 3.14 : İnceleme alanındaki boyuna çatlakların doğrultu aralığı.....	50
Şekil 3.15 : İnceleme alanındaki boyuna çatlakların eğim aralığı.....	50
Şekil 3.16 : İnceleme alanındaki boyuna çatlakların kontur diyagramı.....	51
Şekil 3.17 : İnceleme alanındaki enine çatlakların doğrultu aralığı.....	52
Şekil 3.18 : İnceleme alanındaki enine çatlakların eğim aralığı.....	52
Şekil 3.19 : İnceleme alanındaki enine çatlakların kontur diyagramı.....	53
Şekil 3.20 : İnceleme alanındaki verev çatlakların doğrultu aralığı.....	53
Şekil 3.21 : İnceleme alanındaki verev çatlakların eğim aralığı.....	54
Şekil 3.22 : İnceleme alanındaki verev çatlakların kontur diyagramı.....	54
Şekil 4.1 : Tuzla jeotermal sisteminde hidrotermal alterasyon zonları (Şener ve Gevrek 2000).....	59
Şekil 4.2 : Tuzla jeotermal sahasında gelişmiş hidrotermal alterasyon zonları.....	60
Şekil 4.3 : Minerallerde ayrışma-alterasyon olayları ile ana röliyefte gelişen ayrışma-alterasyon röliyefi.....	63
Şekil 4.4 : Mineral dilinimi ve dolayında gelişen ayrışma-alterasyon.....	63
Şekil 4.5 : İnceleme alanındaki kayalarda gelişen ayrışma-alterasyon.....	64
Şekil 4.6 : Tuzla jeotermal sahasındaki kayaların Al_2O_3 ve Na_2O içeriklerinin karşılaştırılması.....	67
Şekil 4.7 : Tuzla jeotermal sahasındaki kayaların Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içeriklerinin karşılaştırılması.....	68
Şekil 4.8 : Tuzla jeotermal sahasındaki kayaların Al_2O_3 ve MgO içeriklerinin karşılaştırılması.....	69

Şekil 4.9 : Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların Al_2O_3 ve CaO içeriklerinin karşılaştırılması.....	69
Şekil 4.10 : Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların Al_2O_3 - K_2O içeriklerinin karşılaştırılması.....	70
Şekil 4.11 : Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların Al_2O_3 - SiO_2 içeriklerinin karşılaştırılması.....	70
Şekil 4.12 : Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçlarda ayrışma-alterasyon modeli.....	72
Şekil 5.1 : Çatlaklı ortamda k_{Stini} değerinin belirlenmesi.....	77
Şekil 5.2 : Çatlaklı ortamda çizgisel ayrılma derecesi.....	79
Şekil 5.3 : İnceleme alanının maksimum çatlak sıklığı dağılımı.....	81
Şekil 5.4 : İnceleme alanının minimum çatlak sıklığı dağılımı.....	83
Şekil 5.5 : İnceleme alanının ortalama çatlak sıklığı dağılımı.....	84
Şekil 5.6 : İnceleme alanının maksimum çatlak açıklığı dağılımı.....	86
Şekil 5.7 : İnceleme alanının minimum çatlak açıklığı dağılımı.....	88
Şekil 5.8 : İnceleme alanının yoğunluk dağılımı.....	90
Şekil 5.9 : İnceleme alanının kuru birim hacim ağırlığı dağılımı.....	92
Şekil 5.10 : İnceleme alanının doymun birim hacim ağırlığı dağılımı.....	93
Şekil 5.11 : İnceleme alanının porozite dağılımı.....	95
Şekil 5.12 : İnceleme alanının ağırlıkça su emme oranı dağılımı.....	96
Şekil 5.13 : Tek Eksenli Basınç Direnci Deneyi için İnceleme alanındaki kayaçlardan alınmış karot örnekleri ve kırılma gelişimi.....	98
Şekil 5.14 : İnceleme alanının tek eksenli basınç direnci deneyi gerilme - deformasyon grafiklerinden seçilmiş örnekler.....	99
Şekil 5.15 : İnceleme alanının tek eksenli basınç direnci dağılımı.....	100
Şekil 5.16 : İnceleme alanının nokta yük direnci dağılımı.....	102
Şekil 6.1 : Kayaçların maddesel özelliklerinin sayısallaştırılması için örnekleme aşaması.....	105
Şekil 6.2 : Maddesel (bünyesel) özelliğe ait sayıların (SGD) okunmasında ince kesit görüntüsünün (405504 piksel) siyah beyaz formatına dönüştürülmesi.....	106
Şekil 6.3 : İnceleme alanındaki kayaçların maddesel özelliklerinin sayısal dağılımı.....	107
Şekil 6.4 : Kayaçlarda maddesel ve süreksizlik özellikleri arasındaki ilişki.....	109
Şekil 6.5 : Ayvacık Grubu Kızıltepe Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	110
Şekil 6.6 : Ayvacık Grubu Kızıltepe Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	111
Şekil 6.7 : Ayvacık Grubu Kızıltepe Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.....	111
Şekil 6.8 : Ayvacık Grubu Kızıltepe Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.....	111
Şekil 6.9 : Ayvacık Grubu Kızıltepe Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile ortalama çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	112
Şekil 6.10 : Ayvacık Grubu Babadere Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	112
Şekil 6.11 : Ayvacık Grubu Babadere Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	113

Şekil 6.12 : Ayvacık Grubu Babadere Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.....	113
Şekil 6.13 : Ayvacık Grubu Babadere Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.....	113
Şekil 6.14 : Ayvacık Grubu Babadere Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile ortalama çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	114
Şekil 6.15 : Ayvacık Grubu Dededağ Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	114
Şekil 6.16 : Ayvacık Grubu Dededağ Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	115
Şekil 6.17 : Ayvacık Grubu Dededağ Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.....	115
Şekil 6.18 : Ayvacık Grubu Dededağ Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.....	115
Şekil 6.19 : Ayvacık Grubu Dededağ Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile ortalama çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	116
Şekil 6.20 : Balabanlı Grubu Kepez Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	116
Şekil 6.21 : Balabanlı Grubu Kepez Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	117
Şekil 6.22 : Balabanlı Grubu Kepez Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.....	117
Şekil 6.23 : Balabanlı Grubu Kepez Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.....	117
Şekil 6.24 : Balabanlı Grubu Kepez Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile ortalama çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	118
Şekil 6.25 : Tuzla Riyolitik Domunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	118
Şekil 6.26 : Tuzla Riyolitik Domunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	119
Şekil 6.27 : Tuzla Riyolitik Domunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.....	119
Şekil 6.28 : Tuzla Riyolitik Domunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.....	119
Şekil 6.29 : Tuzla Riyolitik Domunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile ortalama çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.....	120
Şekil 6.30 : İnceleme alanının noktasal kayaç değişim değeri dağılımı.....	125
Şekil 6.31 : İnceleme alanının yüzde noktasal kayaç değişim oranı dağılımı.....	126
Şekil 6.32 : Alansal kayaç değişiminin belirlenmesinde veri kümesi ilişkisi.....	128
Şekil B.1 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	148

Şekil B.2 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	148
Şekil B.3 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	149
Şekil B.4 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	149
Şekil B.5 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	150
Şekil B.6 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	150
Şekil B.7 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	151
Şekil B.8 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	151
Şekil B.9 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	152
Şekil B.10 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	152
Şekil B.11 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	153
Şekil B.12 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	153
Şekil B.13 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	154
Şekil B.14 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	154
Şekil B.15 : Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	155
Şekil B.16 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	155
Şekil B.17 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	156
Şekil B.18 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	156
Şekil B.19 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	157

Şekil B.20 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	157
Şekil B.21 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	158
Şekil B.22 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	158
Şekil B.23 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	159
Şekil B.23 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	159
Şekil B.24 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	160
Şekil B.25 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	160
Şekil B.26 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	161
Şekil B.27 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	161
Şekil B.28 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	162
Şekil B.29 : Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	162
Şekil B.30 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	163
Şekil B.31 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	163
Şekil B.32 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	164
Şekil B.33 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	164
Şekil B.34 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	165
Şekil B.35 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	165
Şekil B.36 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	166

Şekil B.37 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	166
Şekil B.38 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	167
Şekil B.40 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	167
Şekil B.41 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	168
Şekil B.42 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	168
Şekil B.43 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	169
Şekil B.44 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	169
Şekil B.45 : Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	170
Şekil B.46 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	170
Şekil B.47 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	171
Şekil B.48 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	171
Şekil B.49 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	172
Şekil B.50 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	172
Şekil B.51 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	173
Şekil B.52 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	173
Şekil B.53 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	174
Şekil B.54 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	174
Şekil B.55 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	175

Şekil B.56 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	175
Şekil B.57 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	176
Şekil B.58 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	176
Şekil B.59 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	177
Şekil B.60 : Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	177
Şekil B.61 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	178
Şekil B.62 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	178
Şekil B.63 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	179
Şekil B.64 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	179
Şekil B.65 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	180
Şekil B.66 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	180
Şekil B.67 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	181
Şekil B.68 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	181
Şekil B.69 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	182
Şekil B.70 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	182
Şekil B.71 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	183
Şekil B.72 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	183
Şekil B.73 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	184

Şekil B.74 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	184
Şekil B.75 : Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.....	185



SEMBOL LİSTESİ

S	: Boyuna soğuma çatlak
Q	: Enine soğuma çatlak
L	: Yatık soğuma çatlak
ζ_{11}	: Tabaka doğrultusuna paralel uzanımlı çatlak
ζ_{12}	: Tabaka doğrultusuna dik uzanımlı çatlak
ζ_{13}	: Tabaka doğrultusuna verrev uzanımlı çatlak
d_i	: Çatlak aralığı, paralel çatlak yüzeyleri arasındaki dik uzaklık
k_i	: Çatlak sıklığı
J_i	: Aynı süreksizlik takımına ait çatlak izi sayısı
L	: Çatlak izi sayısının sayıldığı uzunluk
[L]	: Birim uzunluk
k_{stini}	: Ortalama çatlak sıklığı
χ	: Çizgisel ayrılma derecesi
ρ	: Yoğunluk
γ_s	: Dane birim hacim ağırlığı
$\gamma_{s(d)}$	: Deneysel dane birim hacim ağırlığı
$\gamma_{s(f)}$	: Formüsel dane birim hacim ağırlığı
γ_k	: Kuru birim hacim ağırlığı
γ_d	: Doygun birim hacim ağırlığı
n	: Porozite
e	: Boşluk oranı
S_a	: Ağırlıkça su emme
σ_b	: Tek eksenli basınç direnci
ε	: Birim deformasyon
E_{tanjan}	: Tanjant elastisite modülü
SGD	: Sayısal görüntü değeri
R	: Korelasyon katsayısı
KDD_n	: Noktasal kayaç değişim değeri
KDO_n	: Noktasal kayaç değişim oranı
KDD_g	: Genel kayaç değişim değeri
KDK	: Kayaç değişim katsayısı
KI	: Korelasyon ilişkisi

ÇANAKKALE-TUZLA YÖRESİ VOLKANİK KAYAÇLARINDA SÜREKSİZLİKLERİN AYRIŞMA-ALTERASYON OLAYLARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Eski çağlardan beri insanlar çevreleriyle ilgilenmişlerdir. Doğa ve bilim insanların başlıca ilgi alanı olmuştur. Doğada artan gözlemler sonucunda ulaşılan daha fazla bilgiler daha doğru deneysel ve sayısal kararları getirmiştir. Bilgiler ne kadar ileri düzeyde olsa bile yine de bilinmezleri içerebilir. Bu yüzden yer ile ilgili mühendislik uygulamalarında çalışılan konu hakkında (örneğin kayaç değişimi) daha doğru karar vermek için daha fazla veriye gerek duyulur. Bu çerçevede, değişik jeolojik koşullarda oluşan kayaçların iç ve dış etmenler ile bünyelerindeki değişim de araştırma konusudur. Alterasyon ve ayrışma olayları ile kayaçların bünyelerindeki değişimler; fiziksel, kimyasal, mineralojik, petrografik, mekanik ve elastik özelliklerine bağlı olarak açıklanır. Kayaçların değişiminde etkili olan iç ve dış etmenler süreksizlik (çatlakların) özellikleri ile yakından ilişkilidir. Süreksizlik özelliklerinin denetiminde kayaçlardaki değişimin sayısal ifadesi, sözel tanımlamadan daha gerçekçi olacaktır. Arazide kayacın değişiminde etkili süreksizlik özelliklerinin tanımlanması, hedef bölge seçiminde daha doğru karar oluşturmayı sağlayacaktır. Bu çalışmada, kayaçlardaki değişim ve süreksizlik özelliği arasındaki ilişki, kayaçların maddesel (bünyesel) özelliklerinin görüntü analizi değerleri ve süreksizlik özelliklerinin arazide ölçülmesi ile araştırılmıştır. Bu amaçla kayaçlarda ayrışma ve alterasyon sonucu oluşmuş değişimler, her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında fiziksel parametrelerin kullanılması ile tanımlanmıştır. Jeolojik birimin $P_i(x_i, y_i)$ koordinatlarındaki kayaç değişimi tanımlandıktan sonra formasyon genelinde sayısal ifadeye de ulaşılabacaktır.

Bu çalışmada, kayaç değişimi ile süreksizlik özelliğinin ilişkilendirilmesi ve kayaç değişiminin her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatındaki ve formasyon genelindeki sayısal ifadesinin tanımı için Çanakkale ili Tuzla jeotermal alanında; Kösedere ovası, Uzunburun, Çamtepe ve Centirler köyü arasında kalan 70 km² lik bir arazi, çalışma sahası olarak seçilmiştir. Kayaçların makro özelliklerinin değiştiği her bir noktada örnekleme yapılmış, alınan örneklerin üzerine coğrafik kuzey işaretlenmiş ve o noktadaki süreksizlik özellikleri ölçülmüştür. Kayaç örneklerinden coğrafik kuzeylerin aynı doğrultuda olduğu ince kesitler hazırlanıp polarizan mikroskop görüntüleri alınmıştır. Bu görüntüler kayacın maddesel özelliklerini temsil eder. Görüntülerin alınmasında, ince kesitlerin coğrafik kuzeyleri mikroskop tablasında sabit bir noktaya yönlendirilmiş ve bu sabit noktadan geçen hayali eksene paralel hareketlerle ince kesitler taranmıştır. İnce kesit görüntüleri, kesit içinde değişim gösterdiği her görüntü için o kesite ait alt görüntü dosyası olarak bilgisayara kaydedilmiştir. Bilgisayara aktarılan görüntülerin, görüntü analiz yöntemi ile elde edilen sayısal değerleri (parlaklık değerleri) ile o noktadaki süreksizlik özelliklerinin sayısal değerleri birlikte değerlendirilerek, çalışma alanında kayaç değişiminde etkili olmuş süreksizlik özelliği belirlenmiştir. Değerlendirme sonucunda inceleme alanında Tuzla fayının kuzeyindeki formasyonların (Kızıltepe, Babadere, Dededağ, Tuzla Riyoliti) değişiminde ortalama çatlak sıklığının, güneyindeki formasyonda (Kepez) maksimum çatlak açıklığının etkili olduğu anlaşılmıştır.

Çalışmada, bölgedeki ayrışma ve alterasyon gelişimi, ince kesit incelemeleri, kimyasal analizler, mekanik deneyler (tek eksenli basınç, nokta yük) ve fiziksel deneyler ile araştırılarak tektonik etkilerin ürünü olan faylarla ilişkilendirilmiştir. Ayrışma ve/veya alterasyon sonucu kayaların kuru birim hacim ağırlığı (γ_k), doymun birim hacim ağırlığı (γ_d), porozitesi (n), boşluk oranı (e), ağırlıkça su emmesi (S_a), dane birim hacim ağırlığı (γ_s) gibi fiziksel özellikleri değişir. Laboratuarda kolaylıkla ölçülen bu özelliklerden dane birim hacim ağırlığı değeri kullanılarak her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında kayacın “noktasal kayaç değişim değeri” ve “noktasal kayaç değişim oranı” tanımlanmıştır. İnce kesitlerin sayısal görüntü değerleri ve fiziksel deneylerin sonuçlarından yararlanarak formasyon genelinde “genel kayaç değişim değeri” bulunmuştur.

Kayaç değişiminin her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında noktasal kayaç değişim değeri (KDD_n) ni hesaplamak için, dane birim hacim ağırlığının piknometre kullanılarak bulunan deneysel değeri ($\gamma_{s(d)}$) ile kuru birim hacim ağırlığı ve porozite (veya kuru birim hacim ağırlığı ile boşluk oranı) değeri ile hesaplanacak formüsel değeri ($\gamma_{s(f)}$) birlikte kullanılmıştır. Bu değerler kullanılarak noktasal kayaç değişim değeri için aşağıdaki iki eşitlik önerilmiştir:

1. Deneysel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(d)}$) > Formüsel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(f)}$) ise,

$$KDD_n = \frac{\gamma_{s(f)}}{\gamma_{s(d)}} \quad (1)$$

2. Deneysel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(d)}$) < Formüsel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(f)}$) ise,

$$KDD_n = \left| 1 + \left[1 - \frac{\gamma_{s(f)}}{\gamma_{s(d)}} \right] \right| \quad (2)$$

Bu formüsel ilişkiler de kayaç değişimi 0 ile 1 arasında sayısal değerler almaktadır. Noktasal kayaç değişim değeri (KDD_n) nin sıfıra yaklaşan değerleri, kayanın bulunduğu $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında aşırı derecede değişime uğramış olduğunu, bire yaklaşan değerleri ise kayanın bulunduğu $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında değişiminin az veya çok az olduğunu göstermektedir.

Noktasal kayaç değişim değerlerinden yararlanarak “noktasal kayaç değişim oranı” (KDO_n) nin hesaplanması için aşağıdaki eşitlik önerilmiştir:

$$KDO_n = \left[\frac{1 - KDD_n}{1 - (1 - KDD_n)} \right] \times 100 \quad (3)$$

Bu eşitlikte %100 e yaklaşan değerler kayaç değişiminin çok fazla olduğu koordinatları, %0 a yaklaşan değerler ise kayaç değişiminin orijinal durumuna yakın olduğu koordinatları gösterecektir.

İnceleme alanında kayacın alansal değişimini (örneğin, formasyon, fasiyes, litoloji) belirleyebilmek için, her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında kayacın bünyesine ait maddesel özelliğin sayısal değeri ile değişimden etkilenmiş olan kuru birim hacim ağırlığı (γ_k), doymun birim hacim ağırlığı (γ_d), porozitesi (n), boşluk oranı (e), ağırlıkça su emmesi (S_a), dane birim hacim ağırlığı (γ_s) birlikte değerlendirilmiştir. Genel kayaç değişim değeri (KDD_g) olarak isimlendirilen formasyon genelindeki değişim için aşağıda veri

len adımlar izlenmiştir:

1. SGD değerleri kayacın oluşumundan bu güne etkisi altında kaldığı tüm olayların sayısal ifadesidir. Dolayısıyla SGD ile oluşan ana veri kümesinin sayısal verileri içinde fiziksel özelliklere ait sayısal değerler de bulunmaktadır. Birbiri ile karşılaştırılacak iki veri kümesinde, bir kümenin elemanlarının sayısal değerinin diğer kümenin elemanları içinde olması, yapılacak karşılaştırmayı anlamsızlaştırır. Bu yüzden fiziksel (γ_k , γ_d , n , e , S_a , γ_s) değerlerin kayaç bünyesindeki (maddesel özelliklerindeki) etkisi, her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatındaki sayısal görüntü değeri (SGD) nin fiziksel değerlere bölünmesi ile (SGD/γ_k , SGD/γ_d , SGD/n , SGD/e , SGD/S_a , SGD/γ_s) giderilmiş ve ham alt veri kümeleri oluşturulmuştur.

2. Fiziksel özellikler, birbiri ile ilişkilidir. Dolayısıyla oluşturulan yeni veri kümelerinin birbirleri ile olan ikili kombinasyonlarının (SGD/γ_k - SGD/γ_d , SGD/γ_k - SGD/n , SGD/γ_k - SGD/e , SGD/γ_k - SGD/S_a , SGD/γ_k - SGD/γ_s , SGD/γ_d - SGD/n , SGD/γ_d - SGD/e , SGD/γ_d - SGD/S_a , SGD/γ_d - SGD/γ_s , SGD/n - SGD/e , SGD/n - SGD/S_a , SGD/n - SGD/γ_s , SGD/e - SGD/S_a , SGD/e - SGD/γ_s , SGD/S_a - SGD/γ_s) grafiksel ilişkileri, kayacın ayrışma ve alterasyon karşısındaki davranışını yansıtacaktır.

3. Fiziksel özelliklerin birbiri ile olan ilişkisi, bazı elemanların ortak olduğu kesişim kümelerini oluşturur. Dolayısıyla araştırılan ilişkide hem ilgili büyüklüğün hem de her iki büyüklüğün ortak elemanlarına ait fonksiyonların tanımlanması gerekir. Bunun için, birbiri ile karşılaştırılan iki veri kümesinde yer alan en küçük ve en büyük sayısal değer arasından geçen uygun eğilim çizgisine ait korelasyon katsayısı (R_u^2) ile veri kümesinden geçen en büyük eğilim çizgisinin korelasyon katsayısı (R_m^2) değerleri belirlenir.

4. Grafiksel ilişkilerle elde edilen korelasyon katsayılarının ortalama değeri formasyon genelindeki eğilimi yansıtacaktır. Fakat, veri kümeleri arasında uygun ve en büyük kuvvetten eğilim çizgisi geçtiğinden, alansal kayaç değişim değeri KDD_g nin tanımlanabilmesi için, "Kayaç değişim katsayısı (KDK)" tanımlaması yapılmıştır. Kayaç değişim katsayısı KDK:

$$KDK = \sqrt[n]{\frac{R_{u_1}^2}{R_{m_1}^2} \times \frac{R_{u_2}^2}{R_{m_2}^2} \times \dots \times \frac{R_{u_n}^2}{R_{m_n}^2}} \quad (4)$$

eşitliği ile tanımlanmıştır.

5. Alt veri kümelerinin en küçük ve en büyük sayısal değerlerinden geçen uygun eğilim çizgisi o veri kümelerinin ana eğilimini yansıtacağından, korelasyon katsayısı değerleri (R_u^2) arasında "Korelasyonların ilişkisi (Kİ)" tanımlaması yapılmıştır. Korelasyon ilişkisi Kİ:

$$Kİ = \sqrt[n]{R_1^2 \times R_2^2 \times R_3^2 \times \dots \times R_n^2} \quad (5)$$

eşitliği ile tanımlanmıştır.

Bu tanımlamalar kullanılarak alansal kayaç değişim değeri KDD_g :

$$KDD_g = KDK \times Kİ \quad (6)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır.

Bu eşitlik ile bulunan değerler de 0 ile 1 arasında değişir. Sıfıra yaklaşan değerler incelenen alanın (formasyon, fasiyes, litoloji) aşırı derecede değişime uğradığını, bire yaklaşan değerler ise formasyon değişiminin az veya çok az olduğunu göstermektedir. Hesaplamalar, inceleme alanında ayrışma ve alterasyon gelişimi sonucunda formasyon genelinde kayaç değişiminin çoktan aza doğru sırasıyla, Kızıltepe formasyonu, Tuzla formasyonu, Kepez formasyonu, Babadere formasyonu ve Dededağ formasyonu şeklinde olduğunu göstermiştir. İnceleme alanında genel (alansal) kayaç değişim değerleri (KDD_g) 0,0309 ile 0,3276 arasında değişmektedir. Bu değerler inceleme alanında kayaçların ayrışma ve alterasyon sonucu aşırı değişim geçirmiş olduğunu göstermektedir.



INVESTIGATION OF THE EFFECT OF JOINTS ON ROCK ALTERATION IN VOLCANICS OF THE ÇANAKKALE-TUZLA REGION

SUMMARY

Since the beginning of the antiquity, human beings have been interested in their surroundings. One of the major interests of people was nature and science. The increasing observations on the nature brought more knowledge leading to more accurate experimental and numerical decisions. Although the frontier of knowledge is advanced, but always beyond there is the border of the unknown. Therefore, the engineering applications related to the earth demand more data for more accurate decisions about the studied matter (e.g. changes in rock body). In this respect, the changes in the rock body formed under different geological conditions caused by the internal and external factors have also been one of the subjects studied to date. The changes on the rock bodies by alteration and weathering phenomenon have been explained with mineralogical, petrological, petrographical, chemical, physical and mechanical properties. The internal and external factors are related to joint systems closely. Numerical definitions of the changes on the rock body under the control of the joint system will be more efficient than the verbal definitions. In a field, determination of the joint system that affects the changes in rock body will supply better judgment on the selection of the target localization. In this study, the relation between the changes on rock body and the joint system was investigated by the image analysis of the rock body and the measurements of the joint systems in field. For this purpose, changes formed in the rock bodies by weathering and alteration were determined using their physical parameters at every $P_i(x_i, y_i)$ coordinate. After determination of the changes in rock body at every $P_i(x_i, y_i)$ coordinate, the numerical definition of the overall formation can also be achieved.

In this study, to relate the changes in rock body with joint systems and to determine the numerical definition of changes in rock body at every $P_i(x_i, y_i)$ coordinate and the overall formation, an area of 70 km² between Kösedere plain, Uzunburun, Çamtepe and Centirler village in Tuzla geothermal region in city of Çanakkale was chosen as a field of study. The sampling was carried out at every point that the macro properties of the rock body changed, the direction of the North Pole was marked on the samples and the properties of the joint were measured. The thin sections that aligned with the same North Pole direction were prepared from the rock samples and their images were obtained by using polarizing microscope. These images represent the structural properties of the rock body. The north pole direction of the thin sections were aligned to a fixed point in the microscope table and the thin sections were scanned in parallel according to the imaginary axis passing from this point during collection of images. The images of thin sections which exhibit a different view from the general view were transferred as a sub digital image file to computer. The numerical definition (reflectance degree) obtained from image processing of the saved images and numerical value of the properties of joint at that point were evaluated together and the property of joint effective on the changes in the rock body was determined. After the evaluation, the average joint frequency over the north part (Kızıltepe, Babadere, Dededağ, Tuzla rhyolite) and the maximum joint opening over the south part (Kepez) were found that could be effective in the changes in rock body of the Tuzla fault in the area which studied.

In the study, the development of weathering and alteration in the region was investigated by examination of thin sections, chemical analyses, mechanical experiments (uniaxial compressive test, point load test) and physical experiments and related to faults produced by tectonic activities. The physical properties of rocks such as the unit weight of soil skeleton or dry unit weight (γ_k), saturated unit weight (γ_d), porosity (n), void ratio (e), degree of saturation (S_a), specific weight (γ_s) change by weathering and alteration. From these properties that measured readily in the laboratory, specific weight (γ_s) value was used to define the “point rock change value” and “point rock change ratio”. The “overall rock change value” was determined by using the numerical image values of the thin sections and physical experimental results.

To define the point rock change value (KDD_n) at every $P_i(x_i, y_i)$ coordinate, the specific weight measured using picnometer ($\gamma_{s(d)}$) with dry unit weight and porosity (or dry unit weight and void ratio) values that gives the calculated value ($\gamma_{s(f)}$) were used together. Using these values the following two equations were proposed:

1. If the experimental specific weight of the rock body ($\gamma_{s(d)}$) > calculated specific weight of the rock body ($\gamma_{s(f)}$)

$$KDD_n = \frac{\gamma_{s(f)}}{\gamma_{s(d)}} \quad (1)$$

2. If the experimental specific weight of the rock body ($\gamma_{s(d)}$) < calculated specific weight of the rock body ($\gamma_{s(f)}$)

$$KDD_n = \left| 1 + \left[1 - \frac{\gamma_{s(f)}}{\gamma_{s(d)}} \right] \right| \quad (2)$$

In these equations, the rock change values vary between 0 and 1. Values approaching to the zero of the rock change (KDD_n), shows the rock that placed the $P_i(x_i, y_i)$ coordinate is highly changed, as well value close to the one shows the rock that placed the $P_i(x_i, y_i)$ coordinate is slightly changed or less than the slightly changed.

To estimate the “point rock change ratio” by using the rock change value the equation given below has been proposed:

$$KDO_n = \left[\frac{1 - KDD_n}{1 - (1 - KDD_n)} \right] \times 100 \quad (3)$$

At the equation the values approaching 100% show where the rock is badly changed and 0% no rock changes at its coordinate.

In the study area to determine the degree of the spatial changes of the rock (e.g. formation, facies, lithology), the numerical value of the structural property with the dry unit weight (γ_k), saturated unit weight (γ_d), porosity (n), void ratio (e), degree of saturation (S_a), specific weight (γ_s) are affected from the change at every $P_i(x_i, y_i)$ coordinate used together. Any change in the formation has also been named as overall rock change value (KDD_g) following the steps given below.

1. Reflectance degree (numerical image number) of the rock body demonstrates all the phenomena that affected rock from occurrence up to now. So, the set of the

reflectance degrees have the numerical values of the physical properties. For the comparison of two sets, one of them has the other's value, makes the comparison insignificant. Therefore the effect of the physical properties (γ_k , γ_d , n , e , S_a , γ_s) in rock structure (body properties) was eliminated by dividing them by the numerical definition of the reflectance degree (SGD/γ_k , SGD/γ_d , SGD/n , SGD/e , SGD/S_a , SGD/γ_s) at every $P_i(x_i, y_i)$ coordinate. Hence raw data sets were obtained.

2. Physical properties are related each other. So, the graphical relationships of paired combination of the new sets values (SGD/γ_k - SGD/γ_d , SGD/γ_k - SGD/n , SGD/γ_k - SGD/e , SGD/γ_k - SGD/S_a , SGD/γ_k - SGD/γ_s , SGD/γ_d - SGD/n , SGD/γ_d - SGD/e , SGD/γ_d - SGD/S_a , SGD/γ_d - SGD/γ_s , SGD/n - SGD/e , SGD/n - SGD/S_a , SGD/n - SGD/γ_s , SGD/e - SGD/S_a , SGD/e - SGD/γ_s , SGD/S_a - SGD/γ_s), gives the behavior of the rock body to the weathering and alteration.

3. The relationship of the physical properties occur the intersecting sets where some elements are common. So, at the investigated relation the functions related with the common and separate elements of the intersecting sets must be determined. For this reason, the regression coefficient (R_u^2) that belong to the function lies between the minimum and maximum values of the two comparison sets and the regression coefficient (R_m^2) belong to the maximum power degree function are determined.

4. The average value of the regression coefficients obtained from the graphical relations demonstrates the tendency of the rock to a change. But two graphical lines lying between the sets, give the overall rock change value; namely the "rock body coefficient change (KDK)" was determined.

$$KDK = \sqrt[n]{\frac{R_{u_1}^2}{R_{m_1}^2} \times \frac{R_{u_2}^2}{R_{m_2}^2} \times \dots \times \frac{R_{u_n}^2}{R_{m_n}^2}} \quad (4)$$

5. The function lying between the minimum and maximum degree of the sub sets that demonstrate the main tendency, namely "relationship of the regression coefficient (KI)":

$$KI = \sqrt[n]{R_1^2 \times R_2^2 \times R_3^2 \times \dots \times R_n^2} \quad (5)$$

Using these definitions the overall rock change value (KDD_g) is

$$KDD_g = KDK \times KI \quad (6)$$

The values using this equation are also range between the 0 and 1. Values approaching to the zero show that the investigated areas are highly changed and the values approaching to the one is the less changed. Calculations exhibit that the alteration and weathering rank of the formations in descending order are the Kızıltepe formation, the Tuzla formation, the Kepez formation, the Babadere formation and the Dededağ formation. The KDD_g values changes between 0,0309 and 0,3276 which show the formations in Tuzla geothermal area have high rock changes by weathering and alteration.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Tarih boyunca insanoğlu ihtiyaçlarını karşılamak için giderek artan oranda doğayı kullanıp müdahale etmiştir. Aydınlanma çağı ile birlikte pozitif bilimlerin gelişimi, doğa bilimlerinde de hızlı gelişmelere neden olmuş ve tarihin ilk çağlarından bu yana gözlemlere dayandırılan yorumlar giderek yerini sayısal kavram ve bağıntılara bırakmıştır. Üzerinde yaşadığımız yerkabuğu; bilimin gelişen yöntemleri ile artan paralellikte, insanlığın ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için araştırılan maddelerden birisi olmuştur. Yerkabuğunda mühendislik uygulamalarının tür ve boyutlarının artması ile kayaçların yalnızca jeolojik oluşum ve özelliklerinin incelenmesi yetersiz kalmış ve bunlarda mühendislik amaçlı ayrıntılı araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, kayaçların oluşumlarından sonra etkisi altında kaldıkları olayların bünyelerinde oluşturduğu değişimler de kayaçlarda araştırılan konulardan birini oluşturmuştur. Araştırmacılar kayaç bünyesindeki değişimleri; kayaçların mineralojik, petrolojik, petrografik, kimyasal, fiziksel, mekanik, elastik vs pek çok özellikleri ile aydınlatmaya çalışmışlardır. Kayaçların değişiminde iç ve dış etmenlerin rolü, kayaçlardaki çatlak özellikleri ile yakından ilişkilidir. **“Kayaç değişiminde etkili olan çatlak özelliğinin belirlenmesi bu çalışmanın amaçlarından birisidir”**. Kayaçların hidrotermal alterasyon ile bünyelerinde oluşan değişimler, maddesel (bünyesel) özelliklerindeki farklılıkları oluşturur. Kayaçların maddesel özelliklerinin sayısallaştırılıp çatlak özellikleri ile ilişkilendirilmesi, bünyesindeki değişimlerin gelişmesinde etkili çatlak özelliğini belirler. Bu amaçla; çalışma alanında ölçülen çatlak özellikleri ile bu kesimlerdeki yönlü kayaç örneklerin bilgisayar ortamına aktarılmış ince kesit görüntülerinin sayısal görüntü değerleri (SGD) arasında ilişkiler araştırılmıştır. Sonuçta, inceleme alanındaki formasyonlarda kayaç değişiminde birincil derecede etkili olmuş çatlak özelliği belirlenmiştir.

Kayaç değişiminin basit, kolayca uygulanabilir bir yöntem ile tanımlanabilmesi ise mühendisin ilk karar mekanizmasını oluşturmasına yardımcı olacaktır. **“Kayaç değişimine, basit ve kolay uygulanabilir bir yaklaşımın yapılabilmesi bu çalışmanın hedeflenen diğer bir amacıdır”**. Kayaç değişiminden etkilenen fiziksel özelliklerden biri olan dane birim hacim ağırlığı (γ_s) değerlerinin, iki farklı şekilde

belirlenen değerleri kullanılarak, her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında kayaç değişiminin sayısal ifadesi için bağıntılar önerilmiştir. Önerilen bağıntılar ile her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında noktasal kayaç değişimi ile değişimin oranı hesaplanmakta fakat kayaçların alansal değişimi sözel tanımlanmaktadır. **“Kayaçların alansal değişiminin sayısal ifade edilmesi de bu çalışmanın diğer amacını oluşturmıştır”**. Çalışmada kayaçların alansal değişimi formasyon genelinde araştırılmıştır. Genel kayaç değişimi olarak isimlendirilen alansal kayaç değişimi için bilgisayar ortamına aktarılmış ince kesit görüntülerinin sayısal görüntü değerleri (SGD) ile fiziksel özelliklerin sayısal değerleri ilişkilendirilmiş ve SGD değerlerinden elde edilen fiziksel özelliklere ait ham veri kümelerinin ikili ilişkileri araştırılarak, formasyonlar kayaç değişimi açısından tek bir sayı ile ifade edilip sıralandırılmıştır.

1.2 Çalışma Yöntemi

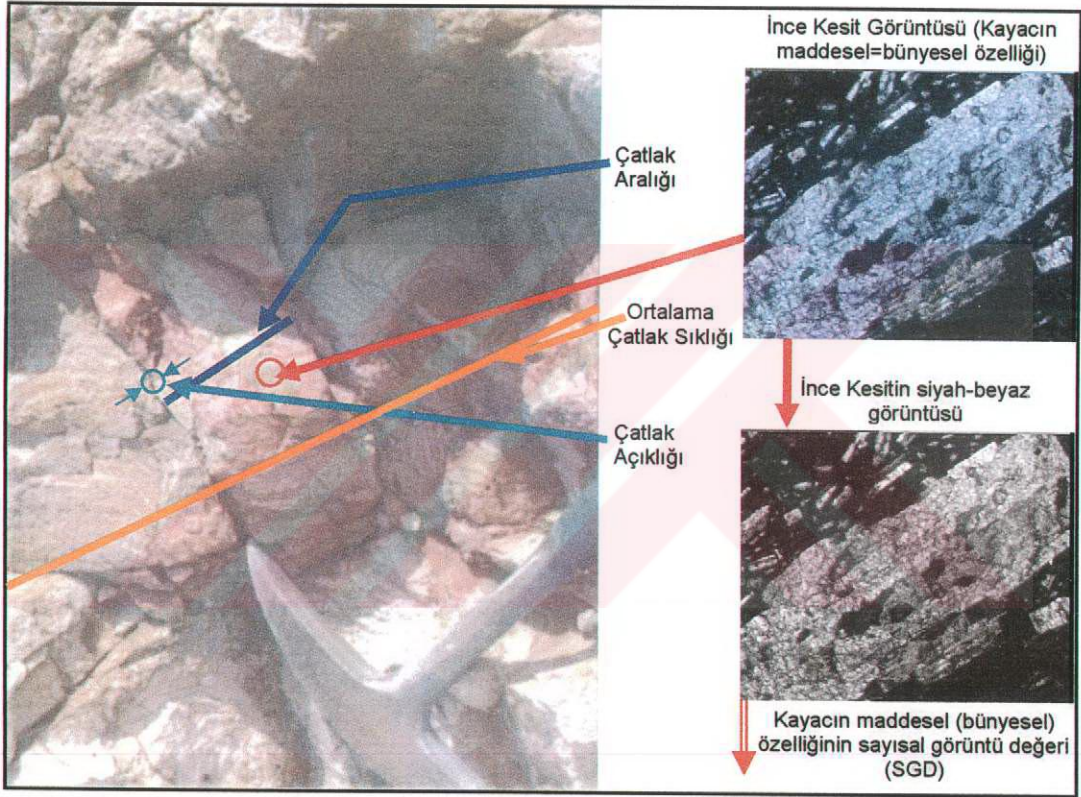
Fiziksel ve kimyasal olaylar ile kayaçlarda gelişen ayrışma ve alterasyonda çatlak özelliklerinin etkisinin belirlenmesi ve sayısal tanımı amacıyla bu olayların etkin şekilde geliştiği bilinen Çanakkale ili Ayvacık ilçesi Tuzla jeotermal alanı çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Bu jeotermal alanda Kösedere ovası, Uzunburun, Çamtepe ve Centirler köyü arasında kalan 70 km² lik arazi incelenmiş, karşılaşılan jeolojik birimler tanımlanmış ve jeolojik haritası çıkarılmıştır. Arazi çalışmalarıyla ayrışma-alterasyon gösteren birimlerin yayılımları ve nitelikleri haritalanmış, çatlak özellikleri ile tektonik hatlar belirlenmiştir. Laboratuarda fizikomekanik özellikler araştırılmış, kayaç örneklerin ince kesitleri hazırlanmış ve polarizan mikroskop ile incelenmiştir. İnce kesit görünümüleri bilgisayar ortamında sayısallaştırılmıştır. İnceleme alanını temsil edecek, seçilmiş kayaç örneklerinin kimyasal analizleri yapılmıştır. Araştırılan tüm özellikler ayrışma ve alterasyon ile ilişkilendirilmiş, sonuçta bu ilişkilerden arazideki süreksizliklerin rolü belirlenmiştir.

Kimyasal ayrışma (weathering), mağmatik, metamorfik veya tortul kayaçlardaki esas minerallerin, süperjen (derine inen sular) olayı ile değişen koşullar altında duraysız hale gelmesi, daha duraylı ikincil minerallere dönüşmesi veya ortadan kalkmasıdır. Alterasyon ise daha geniş anlamlı olup hem süperjen hem de hipojen (yerin içinden kaynaklanan sular) olaylarını kapsar ve ürün oluşumu ortaya çıkar (Delvigne, 1998).

Ayrışma ve alterasyon olayları sıcak su kaynaklarının çıkmakta olduğu Kurtlu kuyu deresi vadisi içinde ve Tuzla Tepe çevresinde çalışılmıştır. Ayrışma ve alterasyona bağlı bünye değişimleri major element bazında kimyasal deneyler ve petrografik çalışmalarla araştırılmıştır. Ayrıca fizikomekanik deneyler yardımıyla da bu değişim

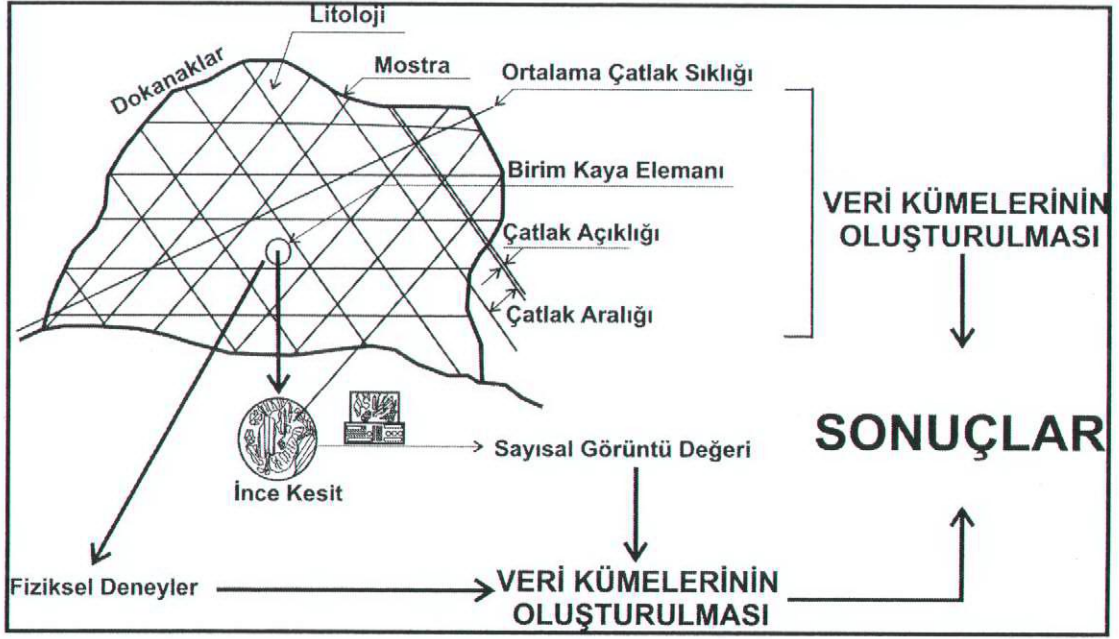
incelenmiş ve her iki veri tabanı kullanılarak kayaçlardaki ayrışma-alterasyon ilişkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Kayaçların maddesel özelliklerindeki değişimin süreksizlikler denetiminde gelişimini belirlemek için inceleme alanında, makro ölçekte kayaç özelliklerinin benzerlik ve değişim gösterdiği alanlar alt gruplara ayırılarak her bir grubu temsil edecek yeter sayıda örnekleme yapılmıştır. Arazide örnekleme yapılan her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında süreksizliklere ait maksimum ve minimum çatlak sıklığı, maksimum ve minimum çatlak açıklığı ile ortalama çatlak sıklığı bilgileri sayısallaştırılmıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 İnceleme alanından veri toplama ve sayısallaştırma.

Daha sonra bu arazi (in-situ) veri kümesi kullanılarak ilgili dağılımlar haritalanmıştır. Alınan yönlü kayaç örneklerinden yönlü ince kesitler hazırlanmış bunların eş alan polarizan mikroskop görüntüleri (Şekil 1.1) bilgisayar ortamında sayısal verilere dönüştürülmüştür. Böylece inceleme alanının her bir $P_i(x_i, y_i)$ noktası için süreksizlik özelliklerinin sayısal değerleri ile maddesel (bünyesel) özelliklerin sayısal değerleri birbiri ile ilişkili şekilde deneysel veri kümesinde toplanmıştır (Şekil 1.2). Bu her iki veri kümesinin istatistik değerlendirmesi ile korelasyon veya uygunluk katsayılarına ulaşılmıştır. Her iki veri kümesinin ortak elemanı olan bu katsayı yardımıyla süreksizlik-alterasyon etkileşiminde birincil rol oynamış çatlak özelliği kanıtlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 1.2 Çalışma yöntemi.

Kayaçların ayrışma ve alterasyon sonucu bünyelerindeki değişim fiziksel özelliklerindeki (γ_s , γ_k , γ_d , n , e S_a) değişim ile araştırılmıştır. Bu amaçla iki farklı şekilde belirlenen dane birim hacim ağırlık değerleri kullanılmış ve her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatı için noktasal kayaç değişim değeri (KDD_n) saptanmıştır. Daha sonra bu değerden yararlanarak yüzde olarak noktasal kayaç değişim oranı (KDO_n) belirlenmiştir. Ancak; noktasal kayaç değişim değerleri kullanılarak değişimin arazideki yayılımının belirlenebilir fakat farklı formasyonlardaki etkileşimlerin birbirlerine göre sayısal ilişkilendirilmesinin yapılamaz oluşu, kayacın alansal (formasyon genelinde) değişiminin araştırılmasını gerektirmiştir. Genel kayaç değişim değeri (KDD_g) olarak isimlendirilen alansal kayaç değişiminin belirlenmesi için maddesel özelliğe ait her bir sayısal değerin (sayısal görüntü değeri, SGD), fiziksel özelliğe ait her bir sayısal değere bölünmesiyle, ana veri kümesi olan maddesel özelliğin fiziksel özelliklere ait etkisinin giderildiği fiziksel özellik ham alt veri kümeleri oluşturulmuştur. Fiziksel özelliklerin birbirleri ile ilişkili olması ve ortak elemanlar içermesi, bu özelliklerin birbiri ile kesişen kümeler ile ilişkilendirilmesini gerektirir. Bu ise; fiziksel özelliklere ait her bir ham veri kümesi elemanlarının birbirleri ile ikili ilişkilerinin araştırılmasını, iki kümenin ortak ve ortak olmayan elemanlarının birer fonksiyon ile tanımlanmasını ve tanımlanmış bu iki fonksiyonun korelasyon katsayıları (uygunluk katsayısı) nın ilişkilendirilmesini gerektirir. Fiziksel özelliklerin benzer şekilde yapılacak ikili ilişkilendirmeleri, bu ilişkileri tanımlayan uygun fonksiyonlara ait korelasyon katsayılarının belirlenmesi ve tüm bu ilişkilerin birlikte değerlendirilmesi, kayaç değişiminden birinci derecede etkilenen fiziksel özelliğin davranışını yansıtacaktır. Belirlenen bu özellik ise kayacın bünyesinin

sayısal ifadesi olan ana kümenin davranışını yansıtacağından kayacın alansal değişimi anlamlı bir sayı ile ifade edilmiş olacaktır. Çalışmada, veri kümelerinin uygun fonksiyonlar ile tanımlanması ve bu fonksiyonların korelasyon katsayılarının ilişkilendirilmesi sonucu genel kayaç değişim değeri (KDD_g) nin nasıl belirleneceği Bölüm 6.4 te açıklanmıştır.



2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI

Bu bölümde, çalışma alanının coğrafik konumu, morfolojisi, iklim ve bitki örtüsü, ulaşımı, ekonomik durumu ve ilişkisi özetlenerek incelenmiştir (Ana Britannica, 1987).

2.1 Coğrafik Konum ve Morfoloji

İnceleme alanı Marmara Bölgesinin güneybatısında 25° 35' ve 27° 45' doğu boylamları, 39° 40' ve 40° 45' kuzey enlemleri arasında bulunan Çanakkale ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Yüzölçümü göller hariç 9737 km² olan ilin % 44'ü dağlar ile, % 15'i ovalar ile, % 40'ı yaylalar ve de % 2'si platolar ile kaplıdır. İl, ülke nüfusunun % 0,9'una sahiptir. 1997 genel nüfus sayımı sonuçlarına göre toplam nüfus 439626 kişidir. Bu toplamın 191541 kişisi kent özellikli yerleşmelerde, 248085 kişisi de köylerde yaşamaktadır. İl, Biga Yarımadasının büyük kısmı ile Gelibolu Yarımadasını, Gökçeada ve Bozcaada'yı kapsar. Çanakkale ilinin merkez ilçe ile birlikte on iki ilçesi, yirmi iki beldesi ve beş yüz altmış sekiz köyü vardır. Çanakkale ilinin ilçeleri; Merkez, Ayvacık, Bayramiç, Biga, Bozcaada, Çan, Eceabat, Ezine, Gelibolu, Gökçeada (İmroz), Lapseki ve Yenice'dir. 30 Kasım 1997 tarihli genel nüfus sayımına göre Ayvacık ilçesinde 6249, köylerde 23670 ve toplamda 29919 kişi yaşamaktadır.

İlin göze çarpan başlıca özelliği; Marmara ve Ege Denizi ve bu denizleri birbirine bağlayan Çanakkale boğazı arasındaki bir "yarımada" oluşudur. Kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu Çanakkale Boğazı ile eşit olmayan biçimde ikiye bölünen ilin batı kesimi; batıdan Ege Denizi, kuzeyden de Edirne ve Tekirdağ illeriyle sınırlıdır. Boğazın doğusundaki kesimi ise, kuzeyden Marmara Denizi, doğudan Balıkesir ili, güneybatı ve batıdan Ege Denizi ile çevrilmiştir. Ege Denizindeki büyük yüzölçümlü adalarımızdan olan Bozcaada ve Gökçeada (İmroz) da, Çanakkale il sınırları içindedir. İlin kıyıları, kuzeyde Marmara Denizinin Erdek Körfezinden başlar, Çanakkale Boğazı'nın güneybatı ucunda Kumkale'ye, kuzeyde Saros Körfezi'ne dek uzanır. Türkiye'nin en batı ucu olan Gökçeada'daki Avlaka Burnu ve Anadolu'nun en batı ucu olan Baba Burnu'da il sınırları içindedir. İlin özellikle kıyıdan uzak iç kısımları yükseltinin fazla olmamasına karşın çok engebelidir.

Yükselti güneydoğuya doğru giderek artar. Başlıca dağlar Gelibolu Yarımadasında, Biga çevresinde ve Edremit Körfezinin kuzeyinde yer alır. Biga Yarımadasındaki kesim Gelibolu Yarımadasındaki kesime göre daha dağlık ve yüksektir. Gelibolu Yarımadasının kuzey ve kuzeydoğusundaki engebeleri Kuru Dağı (767 m) ve Tekir Dağının uzantıları oluşturur. Yüksekliği genellikle 400 m dolayında olan bu tepeler, Çanakkale Boğazı kıyılarından başlayarak basamaklar halinde yükselir ve dik eğimlerle Saros Körfezine iner. Biga yöresinde, kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu, 500-1000 m yüksekliğinde dağ sıraları vardır. Biga Dağları adı altında toplanan bu dağ sıralarının en yüksek yerini ilin güney sınırındaki Kaz Dağı (1774 m antik İda) ve Sakar Dağı (1111 m) oluşturur. Dağların yükseltisi kuzeye ve batıya doğru giderek alçalır ve genellikle 1000 metrenin altında kalır. Güneybatıda Edremit Körfezi kıyılarına dik biçimde inen Kaz Dağları, kuzeye doğru hafif bir eğimle alçalarak ilin orta kesimlerindeki tepelik, vadilerle derinlemesine yarılmış, alana karışır. Kaz Dağı çevresinde toplanmış olan diğer yüksek dağların en önemlileri Susuz Tepe (1507 m), Gürgen Dağı (1425 m), Kalafat Tepe (1417 m), Eğri mermer Tepe (1398 m) ve Teke Kaya Tepedir (1383 m). Bu dağların özelliği fazla derin olmayan vadilerle yarılmış olmalarıdır.

İl sınırları içinde büyük akarsu yoktur. En önemlileri arasında Kaz Dağında doğan ve Çanakkale Boğazının güney ağzında, Kumkale yakınlarında Ege Denizine dökülen Kara Menderes (ya da Eski Menderes) Çayı, Umurbey Çayı ile **Tuzla Çayı**, Çanakkale kenti yakınlarında Çanakkale Boğazına dökülen Sarıçay (Kocaçay da denir) ve güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda akarak Marmara Denizine dökülen Kocabaş Çayı (ya da Biga Çayı) dır.

Gelibolu Yarımadasının batısında, Anafarta Limanı kıyısında, yazın kuruyan Tuzla Gölü ile Biga Yarımadasındaki Ece (Emir) Gölü başlıca göllerdir. Bu doğal göllerin dışında, Eceabat ilçesindeki Uzun Hızır Gölü de su kaynağı olarak önem taşır. İl sınırları içinde DSİ'nin 2000 yılından önce sulama, taşkın koruma ve içme suyu temini amaçlı Kocaçay üzerinde Atikhisar Gökçeada'daki Gökçeada, Gelibolu'daki Tayfur, Bayramiç'teki Bayramiç ve Biga'daki Bakacak Barajları yapılmıştır. Bunların dışında il sınırları içersinde 2000 yılından önce yapımı tamamlanmış irili ufaklı sulama amaçlı Uzun Hızır (Eceabat), Koyunevi (Çan), Alpagat (Lapseki), Uluköy (Ezine), Kozçeşme (Biga) göletleri de bulunmaktadır. Fazla büyük olmayan ovalar akarsu ağızlarında ve geniş vadi tabanlarında toplanmıştır. En önemlileri ilin güney kesimindeki Eski Menderes Çayı boyundaki Ezine ve Bayramiç Ovalarıdır. Kocabaş Çayı ağzında oluşmuş bir alüvyon ovası olan Biga Ovası dışındaki başlıca ovalar Kavak, Yalova, Kilye, Pirsen, Agonya ve Kumkale ovalarıdır. Bunun dışında yer yer

dağlarla çevrili küçük ovalar ve özellikle akarsu ağızlarında bazı kıyı ovaları (Truva ovası, Evreşe Ovası, Lapseki Ovası, Kadıköy Ovası vs.) vardır.

2.2 İklim ve Bitki Örtüsü

Çanakkale ili, Akdeniz ikliminin Ege ve Marmara bölgesel iklim tiplerine geçiş alanıdır. Kıyılarda kışlar oldukça ılık (Çanakkale ocak ayı ortalaması 6 °C) ve yağışlı, yazlar ise sıcaktır (Çanakkale temmuz ayı ortalaması 24,6 °C). İl toprakları yarı nemli bir özellik gösterir. 3/4'ü kış ve ilkbahar aylarında olmak üzere yıllık yağış 600 mm (kuzeybatı kesimi) ile 800 mm (dağlık iç kısımlar) arasında değişir. İç kısımların sıcaklığı karasal iklime daha yakındır. İle ait en düşük sıcaklık -11,5 °C (29.02.1929), en yüksek sıcaklık 38,7 °C (22.8.1952) dir. Yıllık yağış ortalaması Çanakkale'de 629 mm, İmroz ve Biga'da 770 mm civarındadır. Karla örtülü gün sayısı 5,6 ve don yaptığı gün sayısı 26 dir. İl zengin bir bitki örtüsüne ve orman varlığına sahiptir. Doğal bitki örtüsü kıyılardan iç kısımlara ve dağlık alanlara doğru değişiklik gösterir. Kıyı şeridinde, Gökçeada ve Bozcaada'da tipik Akdeniz bitki örtüsü yaygındır. Gelibolu Yarımadasında ve Biga Yarımadasının batı kesiminde kızılçam (*Pinus resinosa*), Biga Yarımadasının kuzey kesiminde meşe (*Quercus*), yarımadaının güneyindeki yüksek dağlık kısımda ise meşe ile karışık olarak karaçam (*Pinus nigra*), kayın (*Fagus*) ve göknar (*Abies*) en yaygın orman ağacıdır. Karaçam, kızılçam, göknar, meşe (*Quercus*), kayın, kestane (*Castanea*), bodur ardıç (*Juniperus nana*) ve adi porsuk (*Taxus baccata*) gibi ağaç türlerinin bulunduğu ormanlar, özellikle Kaz Dağı yöresinde iyice yoğunlaşır. Kaz Dağı göknarı (*Abies equitrojani*) yalnızca burada yetişen değerli bir göknar türüdür. Özellikle Gelibolu Yarımadasının güneyinde ve Lapseki-Biga arasında, deniz kıyısından başlayan ve ağaç sınırına kadar yükselen maki toplulukları yer alır. Çalışma sahasında yer alan andezitik arazi orman bakımından zayıf olup mevcut ağaç türü ise çoğunlukla iğne yapraklı çam türleridir.

2.3 Ulaşım

Çanakkale iline ulaşım deniz ve karayollarıyla sağlanır (Şekil 2.1). Çanakkale ili sınırları içinde demiryolu yoktur. İstanbul'u Trakya üstünden İzmir'e bağlayan ve Gelibolu, Eceabat, Çanakkale, Ezine, Ayvıcık'tan geçen karayolu, ilin başlıca trafik eksenidir. İkinci önemli karayolu da Çanakkale'yi Çan-Yenice üstünden Balıkesir'e bağlar. Eceabat, Çanakkale-Gökçeada ve Lapseki-Gelibolu arasında her gün araba vapuru bağlantısı vardır. Bu bağlantılar, İstanbul ve Balkan ülkeleriyle karayolu

ulaşımını Trakya zerine eker ve güneyden Bursa-Bandırma-Yalova üzerinden yapılan ulaşımın yükünü paylaşır. Bunun dışında Çanakkale il merkezi ile Kilitbayır mevki arasında sürekli çalışan özel işletmeye ait deniz ulaşım araçları da vardır.



şekil 2.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası (lek 1/1.000.000).

2.4 Ekonomi

anakkale ili Türkiye'nin orta derecede gelişmiş illerindendir. Ekonomisi tarım ve kısmen madencilik ağırlıklıdır. Bu yüzden sanayi ve ticarete tarıma dayanır. Ovalar çok fazla yer kaplamamasına karşın, toprakların verimli, iklimin elverişli oluşu ve ilin başlıca pazarlara, teknoloji ve bilgi odaklarına yakın konumu, bitkisel üretimde verimliliğın artmasını sağlamıştır. Tahılların yanı sıra ekonomik değeri yüksek sanayi bitkileri, sebze, meyve, üzüm ve zeytin önem taşır. Buğday, yulaf ve avdar en çok ekilen tahıllardır. Bağcılık ve zeytincilik, geleneksel uğraşlardandır. İlde

Üretilen ŗaraplık zmler iki yapımında kullanılırken, sofralık zmler, özellikle Bozcaada'da yetiŗen avuş zm İstanbul pazarına gönderilir. Edremit Körfezi kıyısındaki ince kıyı ŗeridi, ilin önemli zeytin yetiŗtirme alanlarıdır, bu ŗeritte yer alan Küçükkuyu önemli bir zeytincilik merkezidir. Gökçeada'da da zeytin ağaçları yaygındır.

Hayvancılık, bitkisel üretimin yanında ikincil konumda olmasına karŗın yaygın bir ekonomik etkinliktir. En çok sığır, koyun ve tavuk beslenir; dağlık yörelerde kıl keçisi de önem kazanır. anakkale balıkçılık yönünden de önemli bir merkezdir. Gerek Marmara, gerek Ege kıyılarında eŗitli ve değerli bir balık nüfusu yaŗar. En çok mercan, tekir, barbun, sardalye, lüfer, palamut, kolyoz ve kılıç avlanır. Balıkların bir bölümü konserve tesislerinde iŗlenirken, bir bölümü de İstanbul ve İzmir'e gönderilir.

Maden kömürü, bakır, demir, kurŗun, çinko, perlit, simli kurŗun ve manganez maden zenginlikleridir. Sanayi kuruluŗları gıda, seramik ve petrokimya üzerinedir. Baŗta süt ürünleri, zeytinyağı ve ayıeği yağı tesisleri olmak üzere küçük iŗletmelere dayalı sanayi de geliŗmiŗtir. Pek çok un değirmeni, ŗarap imalathanesi, tuğla ve kiremit atölyesi vardır. Halı ve kilim dokumacılığı, hayvancılığın yaygın olduğu yörelerde önem taŗır. Toprak hediyeelik eŗya yapımı giderek geliŗmektedir.

Antikçağ tarihinin bazı ünlü kalıntıları (en tanınmıŗları Çanakkale boğazı yakınında Troya ve Ayvacık yakınında, Edremit Körfezinin kuzey kıyısında Assos-Behramkale), dünya savaŗ tarihinde büyük yeri olan Çanakkale savaŗlarının yapıldığı yerler; ŗehitlikler, Türk ve yabancılara ait anıt ve mezarlıklar, özellikle Gelibolu ve Bolayır'da Türk tarihinin kimi tanınmıŗ kiŗilerinin türbe ve mezarları (rneğin Bolayır'da Rumeli Fatihisi Süleyman Paŗa'nın türbesi, Namık Kemal'in mezarı) turizm açısından önemlidir. Yaz turizmi için gerek Marmara gerek Ege'ye bakan kıyılarında pek çok doğal plaj vardır. Turistik yatırımlar Çanakkale-İntepe arasında, İzmir karayoluna yakın ŗeritte yoėunlaŗmıŗtır. Ormanlardaki çok sayıda dinlenme yeri ve kaplıca, iç turizm açısından önem taŗır. Kentte her yıl 10-17 Ağustos tarihleri arasında düzenlenen Troya Festivali, i ve dıŗ turizm açısından önemli bir etkinliktir. İl de bulunan 18 Mart niversitesi ve öğrencileri de ilin ekonomik canlılığına katkıda bulunmaktadır.

3. GENEL JEOLJİ

İnceleme alanı; Biga yarımadası içersindedir. Metamorfik, volkanik ve tortul kayaçların gözleendiği Biga yarımadasındaki volkanik kayaçlar araştırmacılarca kuzey ve güney olmak üzere iki farklı grup içersinde tanımlanmıştır. Bunlar; çalışma sahasında yayılımı gözlenen Tuzla fayı ile yan yana gelmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada inceleme alanının jeolojik gelişim ve evriminin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla Biga yarımadasında; Fırlı Tepe, Ahlat Oba, Kadirga Burnu, Babakale arasında kalan arazinin jeolojik özellikleri bölgesel jeoloji başlığı altında özetlenmiştir.

3.1 Önceki Çalışmalar

Kuzeybatı Anadolu ve Biga yarımadasının genç volkanizması, jeokimyasal özellikleri, yapısal gelişimleri ile jeotermal potansiyeli pek çok araştırmacı tarafından çalışılıp ayrıntılandırılmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmaların başlıcaları kronolojik sıra içinde derlenmiştir.

DILLER (1883), bölgede rastlanılan fosillerle ilgili tanımlamalar yapmıştır.

PHILIPSON (1918), Ege bölgesinde K-KD gidişli graben tektoniğine bağlı olarak volkanik faaliyetlerin geliştiğini ve Neojen tortulların çökeldiğini belirtmiştir.

PAECKELMANN (1938), Ezine bölgesindeki metamorfik kayaçların Algonkiyum veya Alt Paleozoik yaşlı olduğunu ve bunların içine sokulmuş olan granitlerin ise Üst Paleozoik yaşlı olduğunu belirtmiştir.

ERGUVANLI (1957), Ayvacık-Ezine-Çanakkale-Bozcaada bölgesinin 1/100.000 ölçekli jeolojik haritasını hazırlamıştır.

KALAFATÇIOĞLU (1963), Ezine bölgesinde genellikle K-G doğrultusunda uzanan kristallenmiş kalkerlerin Permiyen yaşlı olduğunu belirtmiştir.

BÜRKÜT (1966), Kestanbol plütonunun Paleozoik yaşlı Kazdağı metamorfik birimlerinin devamı olduğunu, kloritli, serizitli ve grafitli mikaşist kompleksi kesip kontak metamorfizmaya uğrattığını, genç Tersiyer'e ait volkanik ve subvolkanik (andezit, dasit, trakit) lavlar ve tortul formasyonlarla da örtüldüğünü belirtmiştir.

ŞAMİLGİL (1966), 1966 yılından başlamak üzere çeşitli yıllarda ve en son 1983 yılında bölgeyi jeolojik ve hidrojeolojik açıdan incelemiştir.

BRINKMANN (1971), Ezine bölgesinin kuzeyden, kuzey Anadolu bloğu ile, güneyden ise İzmir-Ankara zonu ile sınırlandığını, Mesozoik ve Üst Tersiyer'e ait andezit örtülerini içerdiğini ve Üst Tersiyer'deki andezit volkanizmasının karakteristik ve Alp orojenezinin bir ürünü olduğunu belirtmiştir.

BORSI vd. (1972), Batı Anadolu ve Midilli adasındaki volkanik birimler üzerinde petrolojik ve jeokronolojik çalışmalar yapmış, bölgede Alt-Orta Miyosen'de kalkalkalen volkanizmanın geliştiğini belirterek köken ve yaş sorunlarına aydınlatıcı veriler elde etmiştir.

ANDAÇ (1973), bölgedeki metamorfik topluluğa ait kayaçları; hornblendli-biyotitli şist, kalkerli muskovitli şist, kristallenmiş kalker olarak ayırmış, Ezine siyenit masifi olarak adlandırdığı plütonun ise petrografik yapısının heterojen, kuvarslı siyenit, monzonit, monzodiyorite değiştiği ve birbirleriyle geçiş gösterdiğini belirtmiştir.

ÖNGÜR (1973), Çanakkale ili Tuzla ovasının jeotermal alanı ile ilgili jeolojik raporu düzenlemiştir.

BİNGÖL (1976), Batı Anadolu'daki Miyosen yaşlı çökellerin KD-GB doğrultusunda uzanan senklinallerde çökeldiğini belirtmiştir. Yazar ve arkadaşları 1982 yılında ise, Batı Anadolu'da yer alan granitlerin üç ayrı zonda geliştiğini belirtmiştir.

ÖNGÜR (1978), Biga yarımadası güneybatısındaki volkanik kayaçların üç püskürme merkezinden türediğini ve patlama indisi en yüksek olan aktivitenin Behram volkanı olduğunu belirtmiştir.

ERCAN (1979), Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarında yer alan volkanikler üzerinde yaptığı jeokimyasal çalışmalar ve önceki çalışmalar ışığında yaygın olarak izlenen Senozoik volkanizmasının kalkalkalen ve alkalen nitelikte olduğunu belirlemiştir.

FYTIKAS vd. (1976-1979), Kuzeybatı Anadolu ve Ege adalarındaki volkanizmanın özellikleri ve gelişimi üzerinde çalışmışlardır. Volkanizma karakterlerinin çoğun kalkalkalen bazı alanlarda ise alkalen olduğunu belirtmiş izotopik yaş tayinleri yapmışlardır. Yazarlar Kestanbol plütonunun yaşını $28 \pm 0,88$ my. olarak belirlemiştir. Orta ve kuzey Ege bölgesi Neojen volkanizmanın kimyasal, petrografik ve jeokronolojik özellikleri üzerindeki incelemeleri ile de volkanizmanın niteliğinin 23,2 my.'dan 13,25 my.'a değiştiğini belirlemişlerdir. Ege bölgesindeki şoşonitik volkanizmanın zaman ve mekan dağılımını tartışan yazarlar bu ürünlerin iki mağma

tik fazda geliştiğini de ileri sürmüşlerdir.

KAYA (1981), Batı Anadolu'daki Neojen stratigrafisini incelemiş ve Ege Neojen çöküntüsünün kabaca KD gidişli çizgisel bir rift sistemi olduğu sonucuna varmıştır.

KAYA (1982), Gülpınar (Çanakkale) omurgalı faunasının önemli fosillerinden olan hipparionların odantolojik ve biyometrik özelliklerini araştırmıştır. Yazar dış özellikleri ve beslenme şekilleri arasındaki bağlantılara dayanarak hipparionların, orman ile step arası ortam koşulları veya savan ortamında yaşadıklarını ve odontolojik evrimlerine dayanarak da birimin Turoliyen yaşta olduğunu belirtmiştir.

SAVAŞÇIN (1982), Ege bölgesinin jeolojik evrimine genel bir yaklaşım yapan yazar Batı Anadolu'da, Oligo-Miyosen sırasında başlayan dalma batma ile ilişkili ve bunun ardından da riftleşme ve manto yükselimsinin denetiminde Kuvaterner'e kadar etkin olan volkanik kayaların geliştiği sonucuna ulaşmıştır.

ŞAMİLGİL (1983), Geyikli-Gülpınar arasındaki 20 km lik şerit üzerinde yer alan kuzey-güney uzanımlı sıcak su kaynaklarının jeotermal enerji potansiyelini araştırmış ve Tuzla bölgesinde elektrik üretimine uygun jeotermal enerjinin bulunduğunu belirtmiştir.

ERCAN vd. (1984), Edremit ve Korucu ilçe merkezleri arasındaki Tersiyer yaşlı çökel ve mağmatik kayaları incelemişlerdir. Yazarlar çalışmaları sonucunda bölgesel jeotektonik evrim ve petrokimyasal özelliklere göre volkanizmanın ilk ürünlerinin; yitim ürünü olan yay volkanikleri, daha sonra gelişenlerin ise kıta kabuğu anateksisi ile gelişmiş kıta içi volkanikleri olduklarını ve kalkalkalen özellikler taşıdığını belirtmiştir. Yazarlar Batı Anadolu ve Balkan yarımadasındaki Üst Kretase-Senozoik yaşlı volkanitlerin kuzeyden güneye doğru gençleştiğini ve dört ayrı grupta toplandığını belirtmiştir. Bu gruplar sırasıyla; Üst-Kretase yaşlı, Pontid kuşağına ait Şili tipi yay volkanizması, Paleosen-Eosen yaşlı ve Pontid kuşağına ilişkin yay volkanizmasının güneye kaymasıyla oluşan ikinci bir yay volkanizması, Üst Oligosen-Pliyosen aralığında giderek kalınlaşan kıta kabuğunun, derinlerde kısmi ergimesi ve anateksi yoluyla oluşan volkanizma ve son olarak günümüzde de etkin olan Afrika levhasının, Ege-Anadolu levhası altına dalmasıyla oluşan yitim zonundan türeyen ve en güneyde yer alan, Pliyo-Kuvaterner ada yayı volkanizmasıdır.

ERCAN ve ÖZTUNALI (1984), bölgede yaygın olarak izlenen Senozoyik yaşlı volkaniklerin izotop oranlarını değerlendirmiştir. Yazarlar, Batı Anadolu'daki Senozoyik yaşlı volkanik kayalarda yapılan Sr izotop oranı ölçümleri sonucunda bu bölgede volkanizmanın tek kökenli olmadığını ve manto kabuk ilişkisinin varlığını be

lirlemiştir.

ERCAN ve TÜRKECAN (1984), Batı Anadolu, Ege adaları, Yunanistan, Bulgaristan da tüm Paleozoik, Mesozoik ve Senozoik zamanlarında, farklı evrelerle sokulum yapmış plütonların bölgesel dağılımları ve petrokimyasal nitelikleri göz önüne alındığında belli zonlar oluşturdıkları ve genel olarak kuzeyden güneye doğru gençleştiğini belirlemiştir.

FYTIKAS vd. (1984), önceki çalışmalarına paralel olarak bölgedeki volkanik aktiviteyi Oligosen-Orta Miyosen ve Orta Pliyosen-Güncel volkanizma şeklinde iki ana gruba ayırmıştır. İlk gruptaki volkanizmanın kimyasal ve petrografik özellikleri nedeniyle tipik orojenik karakteristikler gösteren kalkalkalen-şoşonitik topluluklarla temsil edildiği ve aktif kıta kenarlarındaki yüksek K'lu orojenik seriler ile uyumlu olduğunu belirtip yüksek K_2O içeriğinin bölgenin kuzeyinden güneye arttığını ve şoşonitik topluluklarda ortaç kaya türlerinin egemen olduğunu söylemişlerdir. Pliyosen'den günümüze kadar ulaşan ikinci grubun ise alkali nitelikli lavlarla temsil edildiğini ve K-G gerilme rejimi ile ilişkisi bulunduğunu belirtmişlerdir.

GÖZLER vd. (1984), Kestanbol plütonunun monzonit, kuvarslı monzonit, granodiyorit bileşimli olduğu, çevre metamorfik kayaları keserek kontak metamorfizmaya uğrattığı sonucuna varmıştır. Miyosen yaşlı volkaniklerle örtülen plütonun yaşının ise Üst Kretase-Miyosen aralığında olduğunu ileri sürmüştür.

GEVREK ve ŞENER (1985), Tuzla Jeotermal sahasında hidrotermal alterasyon zonlarının kil mineralleri ile belirlenmesi hakkında çalışmalarda bulunmuşlardır.

İ.T.Ü. MADEN FAKÜLTESİ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ve KAYA MEKANİĞİ GRUBU (1985), Çanakkale-Ezine-Kestanbol kaplıcası dolaylarında yaptıkları çalışma ile bölgenin jeolojik özelliği incelemiş ve inceleme alanının hidrojeolojik özelliklerini araştırmışlardır.

SİLYAKO vd. (1989), Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon çalışmalarıyla Biga ve Gelibolu yarımadalarında Erken ve Orta Miyosende yaygın bir kalkalkalen volkanizmanın geliştiğini ve buna bağlı olarak gelişen lavlar ve tüflerin geniş alanlar kapladığını, birçok granodiyorit bileşimli plütonun bölgeye yerleştiğini belirtmiştir. Yazar Erken-Orta Miyosen de bölgedeki mevcut faylarla sınırlanmış ufak göl havzalarında şeyl-silttaşı gibi kırıntılılar ile tuf ve linyit'in çökelidiğini, Genç Miyosen'de volkanik aktivitenin etkisini kaybettiğini ve bunu izleyen dönemde Çanakkale boğazı çevresinde sığ denizel kumtaşlarının çökelidiğini, Pliokuvaterner'de ise akıntı çökelleri ile gölsel karbonatların depolandığını yazmıştır.

YALÇIN (1989), Çanakkale ili Ayvacık ilçesine bağlı Tuzla Köyü ve civarında sayıları elliden fazla olan tuzlu su kaynaklarının hidrojeolojik incelemesini yapmıştır. Çalışmasının sonucunda termal suların dolaşımını sağlayan ikincil poroziteye sahip üç adet rezervuar saptamıştır. Bunlardan ana rezervuarın granit ve Permiyen yaşlı kireçtaşları olduğu, diğer iki rezervuarın ise volkanik kayaların içersinde olduğunu belirtmiştir. Yazar çalışmasında, Tuzla termal sularının kaynağının, uzantısı denizle sonlanan derin faylardan süzülen ve ısınıp yeryüzüne çıkan deniz suları olduğunu belirtmiş ve deniz sularının az oranda mağmatik ve meteorik sularla karıştığına değinmiştir. Sahada suların tuzluluğunun denizden iki kat daha fazla ve sıcaklıklarının ise 100 °C dolaylarında ölçüldüğünü belirtmiştir.

YILMAZ (1989), Batı Anadolu'daki genç volkanizmanın Üst Miyosen başına kadar devam eden A tipi dalma-batma ile uyumlu güçlü bir tektonik etki ile geliştiğini belirtmiştir. Bölgede gelişen volkaniklerin ise latit-dasitin yanı sıra andezitik mağmalarla da temsil edildiğini ve jeokimyasal çalışmaların bu grubun; kalın bir kıta kabuğuna sokulan hibrit bir kökenden gelişmiş olduğunu gösterdiğini söylemiştir. Yazara göre, Batı Anadolu'da neotektonik dönem, neotetis okyanus tabanının geç Kretase'de tamamen yok olmasıyla başlayan K-G sıkışmalı rejimin sonunda başlamıştır. Çarpışma sonrası yaklaşma kıtasal kabuğun aşırı derecede kalınlaşmasına neden olmuştur. Bölgede Erken Miyosen de başlayan volkanizmanın ilk ürünleri ortaç bileşimli kayalardır. Bu volkanizma da Pliyosen başında bitmiştir. Bundan sonraki dönemdeki riftleşme ile ilişkili bazik bileşimli lavlardan oluşan yeni bir volkanizma dönemi başlamıştır. Yazar, Batı Anadolu'nun genç mağmatiklerini granit ailesi, andezit ailesi ve bazalt ailesi olarak üç gruba ayırmıştır.

ERTÜRK (1990), Biga yarımadasında yaygın izlenen volkanik kayaların Paleosen - Eosen'de başlayıp, Miyosen ve Tersiyer'e kadar geniş bir dönemde geliştiğini belirtmiştir. Bu volkanikler üzerinde yaptıkları petrolojik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda Ezine ve Akçaalan volkaniklerinin kalkalkalen nitelikli ve Geç Kretase-Orta Miyosen sıkışmalı tektonik rejim ile ilişkili olduğunu söylemiştir. Ayrıca bölgede bulunan Geç Miyosen Ezine volkanikleri ile Taştepe volkaniklerini Tortoniyen'de başlayan neotektonik rejimle ilişkili olarak gelişmiş alkalin volkanikler olarak ayırmış ve jeotermal özelliklerini araştırmıştır.

GÜLEN (1990), Ege dalma batmasının jeodinamik yapısı ile mağmatizmanın izotopik karakteristikleri arasındaki ilişkiye dayanarak kalkalkalen ve alkalin lavlar, piroklastikler ve granitoidler üreten yaygın mağmatizmanın bölgede Oligosen'den itibaren yaygın olduğunu belirtmiştir.

MUTZENBERG (1990), Kestanbol, Akçakeçeli ve Tuzla kaplıcalarının jeotermal özelliklerini ve kimyasal-izotopik bileşimlerini inceleyen yazar üç sıcak su merkezinin fay sistemlerinin kesişiminde bulunduğunu, jeotermal suların sıcaklıklarının yüzeyde 35-95 °C olduğunu ve 65.000 ppm in üzerinde erimiş katı içerdiklerini belirtmiştir. Yazar çalışmasında suların izotopik ve kimyasal bileşimlerinin % 70 meteorik ve tatlı su ile karışmış fosil başkalaşım tortul suyu (deniz suyu) gösterdiğini belirtmiştir.

OKAY vd. (1990), Kuzeybatı Anadolu'da Gelibolu ve Biga yarımadalarında KD-GB doğrultusunda uzanan Tersiyer öncesi dört tektonik zon ayırmışlardır. Bunlar kuzeybatıdan itibaren; Gelibolu, Ezine, Ayvacık, Karabiga ve Sakarya zonlarıdır.

SAVAŞÇIN ve GÜLEÇ (1990), Batı Türkiye'de mağmatik ve tektonik aktiviteler arasındaki yakın ilişkiyi belirtip Geç Miyosen'e kadar süren sıkışma rejimi ile kalkalkalen volkanikler ve plütonik topluluklar, Geç Miyosen'den sonra ise alkali volkaniklerin geliştiğini belirtmişlerdir. İz element ve Sr-Nd izotop analizleri sonucunda kalkalkalen volkaniklerin manto ve kabuk kaynakları arasındaki ilişki ile üretildiğini alkali kayaların ise mantodan kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir.

YILMAZ (1990), Doğu ve Batı Anadolu'da sıkışma rejimi altında gelişmiş genç volkanik kayaların özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemiş ve sıkışma rejimi ile gelişen volkanizmanın Batı Anadolu'da Geç Oligosen-Erken Miyosen'de, Doğu Anadolu'da ise bu tür volkanik aktivitenin Geç Miyosen-Pliyosen'de geliştiğini ve tarihsel zamanlara kadar devam ettiğini öne sürmüştür. Her iki bölgedeki kalkalkalen lavlar sıkışma rejimi sırasında aşırı kabuk kalınlaşmasının geliştiği zamanda oluşmuştur. Yazar her iki bölgedeki volkanik kayalara ait jeokimyasal ve izotop verilerinin değerlendirilmesi sonucunda; Batı Anadolu'da volkanizmanın zaman ve dağılım ilişkilerine göre iki mağmatik aktivite ile geliştiğini belirlemiştir. Bunlar kalkalkalen "andezitik-granitik" topluluklar ile alkali "bazaltik" topluluklardır. Kalkalkalen ortaç volkanik aktiviteyi alkali volkanizma ürünü bazaltik kayalar takip etmiştir. Yazar iki bölgede izlenen volkanik aktivitenin gelişimini; Batı Anadolu'da Geç Kretase-Erken Eosen sırasında kıtasal çarpışmanın devam ettiği ve K-G sıkışma rejimi altında Orta Miyosen'e kadar devam ettiği bunun sonucu olarak kıtasal kabuğun kısalıp kalınlaştığı ve kıtasal kabuk içinde kısmi ergimelerin geliştiği, bu dönemde bölgede kalkalkalen volkanizmanın başladığı ve bunun "andezit-latit-dasit" bileşimli lavları ürettiği, bu mağmatizmanın ise sıkışma rejiminin sonuna kadar devam edip gerilme rejiminin başlangıcına kadar sürdüğü, gerilme rejiminin başladığı Pliyosen döneminde de alkali karakterli bazaltik volkanizmanın etkin olduğu şeklinde açıklamaktadır

GÜLEÇ (1991), Tersiyer-Kuvaterner volkaniklerinin Sr ve Nd izotop jeokimyasına dayanarak Batı Türkiye’de kabuk manto ilişkilerini araştırmış ve iz element jeokimyasına bağlı olarak, bölgedeki volkanik karakterlerinin Tersiyer’de kalkalkalen, Kuvaterner’e doğru ise alkalene değiştiği ve Tersiyer volkaniklerinin Miyosen Pliyosen yaşlı olduğu sonucuna varmıştır.

McKENZIE ve YILMAZ (1991), kıtasal tektoniğin neden olduğu jeolojik olayların anlaşılması ve Türkiye, Yunanistan ile Ege’de günümüzdeki deformasyon miktarı ve bunun sonucu gelişen sismik aktivitenin belirlenmesi için yaptıkları çalışmada, bölgedeki sismik aktivitenin diğer kıtasal bölgelerden daha fazla olduğunu, Türkiye’nin batıya doğru olan hareketi ile Ege’nin güneybatıya olan hareketinin her ikisinin birlikte Avrasya’ya göre hareketi tarafından denetlendiğini ileri sürmektedirler. Yazarlar Batı Türkiye’nin hızlı gerilmesinin kabuğu ve litosferi geniş bir bölgede incelttiğini ve bu gerilmelerle ilişkili volkanizmanın, mekanik sınır katmanının ergimesinden oluştuğunu ve potasyumca zengin olduğunu belirtmişlerdir.

SEYİTOĞLU ve SCOTT (1991), Batı Anadolu’daki havzalarda radyometrik ve radyometrik yaşlarla desteklenen palinolojik çalışmaları sonucunda K-G kabuksal gerilme ile ilişkili tortul havzaların oluşumunun Erken Miyosen’de başladığını ileri sürmüşlerdir.

BIRKLE ve SATIR (1992), Kestanbol plütonunun; yaşlı kabuk kayaları ile juvenil manto malzemesinin karışması sonucunda oluştuğunu, Karaköy plütonunun ise; daha çok manto kaynaklı malzemelerden gelişmiş bir magma ürünü olarak geliştiğini belirtmişlerdir. Hawaii, alkali müjerit, latit-kuarslı latit bileşimli olduğunu belirttikleri volkaniklerin ise kabuğun incilmesi ve yay ardı açılması ile geliştiğini ileri sürmüşlerdir.

EROL (1992), Batı Anadolu’daki tektonik olayların, yer yapısı üzerinde olduğu kadar, yer şekilleri üzerinde de önemli olduğunu belirtmiştir. Yazar, Biga yarımadasının Orta-Üst Miyosen ve Pliyosen başlangıcı dönemine ait paleomorfoloji haritasında bölgede sırasıyla; Orta-Üst Miyosen aşınım yüzeyleri ve bu yüzeyler üzerinde bulunan ada dağlar, Üst Miyosen aşınım yüzeyleri, Üst Miyosen yüzeylerinin Üst Miyosen tortulları üzerinde gelişmiş olan aşınım ve dolgu yüzeyleri, Üst Pleyistosen alçak sekileri ve Holosen vadi tabanı alüvyon yapılarını belirlemiştir.

SEYİTOĞLU ve SCOTT (1992), Batı Anadolu’da yaygın olarak izlenen Senozoik volkaniklerindeki bileşimsel değişimlerin bölgesel tektonik rejimin değişimi ile ilişkili

olmadığını ileri sürmüşlerdir. Yazarlara göre, volkanizma doğasının değişimi; bölgesel gerilme tektoniği nedeniyle gerilmiş ve incelmış litosfere artan miktardaki atmosferik katkılar ve karışmalardır. Batı Anadolu'da K-G kabuksal gerilmenin Geç Oligosen-Erken Miyosen de başladığını belirten yazarlar bu dönemde yaygın olarak gelişmiş olan kalkalkalen ortaç ve asidik volkaniklerin gerilme rejimi altında geliştiklerini ileri sürmüşlerdir.

PICKETT vd. (1993), Geç Paleozoik'den başlayarak Alp-Akdeniz Tetis bölgesinde dalma batma yığılımları ve kıtasal gelişimlerinin olduğunu belirtmişlerdir. Biga yarımadası ve yakın çevresinde izlenen Karakaya kompleksinin birkaç ana tektonostratigrafik üniteden oluştuğunu belirten yazarlar bu birimler içinde izlenen volkanojenik dizinin Tetis okyanusu içinde yer alan Permiyen ve Triyas yaşlı denizaltı dağlarından (sea mounts) geliştğini ileri sürmüşlerdir.

ERCAN vd. (1994), Biga yarımadasındaki Tersiyer volkanizmasını inceleyen yazarlar, volkanizmanın ilk olarak Eosen'de başladığını belirtmişlerdir. Biga-Çanakkale arasında izlenen bu volkanikler fosil içeren Orta Eosen yaşlı çökeller ile ardalanır. Üst Oligosen den itibaren başlayan ve yarımada'nın ortası, doğusu ile Gökçeada, Altınoluk çevrelerinde yaygın olan yeni volkanik aktiviteye ait lavlarda K/Ar yöntemi ile yapılan radyometrik yaş belirlemeleri sonucunda 28,2-23,6 my arasında değişen yaşlar saptandığını belirtmişlerdir. Biga yarımadasında izlenen Miyosen volkanizması ise geniş alanlar kaplar ve iki evrelidir. Yarımada'nın kuzeybatısında ve Bozcaada ile Gökçeada'da alt Miyosen'den itibaren başlamış felsik, ortaç lav, tuf, kül yığılımları, ignimbritler ve laharlar üretmişlerdir. Bu volkaniklerin radyometrik yaş tayinleri sonucunda 22,3-13,6 my yaşlı oldukları belirlenmiştir. Volkanizma Üst Miyosen'de yeni bir evre ile etkin olmuş ve siyah renkli trakiandezitler ve alkali olivinli bazaltlar geliştirmişlerdir. Radyometrik yaş verileri sonucunda 9 my yaşlar belirlenmiştir. Yazarlara göre, bölgede izlenen Eosen volkanizması, yitim zonu kökenli kalkalkalen bir yay volkanizması özelliğindedir. Üst Oligosen, Alt-Orta Miyosen volkanikleri ise kabuk kalınlaşması sonucu meydana gelen kalkalkalen, hibrit ve kabuk kökenli kıta içi volkanikleridir. En son dönemde Üst Miyosen'de ise manto kökenine yakın alkali olivin bazaltlar meydana gelmiştir.

KARACIK (1995), Biga yarımadasının batısı, Ezine-Ayvacık çevresindeki çalışmada bölgedeki kayaların saha ilişkilerini, petrografik ve petrolojik nitelikleri ile köken ve ortam sorunları üzerinde durmuştur. Yazar, Kestanbol granitinin; litolojik özellikleri, çevre kayalar ile ilişkileri, kökeni ve oluşum ortamı hakkında özgün sonuçlara varmıştır. Yazar çalışma alanında izlenen volkanik kayaların farklı

stratigrafik düzeylerde yer alan ve farklı gelişim mekanizmaları sonucunda oluştuğunu belirterek volkanik kayaları Güney (Balabanlı volkanikleri) ve Kuzey (Ayvacık volkanikleri) şeklinde iki gruba ayırmıştır. Yazar yapmış olduğu çalışma ile Biga yarımadasında yeni birimler tanımlamıştır.

OKAY vd. (1996), Kuzeybatı Anadolu'nun tektonik evrimi üzerine yaptıkları çalışmada metamorfik kayaların Karakaya kompleksinin temelini oluşturduğunu belirtmiş ve zayıf dereceli metamorfik karbonat istifin Geç Permian-Erken Triyas döneminde Gondwana'nın kenarında gelişmiş olduğunu, Biga yarımadasında Ezine çevresinde izlenen büyük peridotit kütesinin ise Intra-Pontit okyanusundan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu kütle zayıf dereceli metamorfik sleyt, silttaşı, kalsitürbidit ve karbonat istifi üstüne yerleşmiştir. Peridotitlerde $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ metodu ile yapılan izotopik yaş tayinlerinde ofiyolitin yerleşme yaşı 118 my Erken Kretase (Aptian) olarak belirlenmiştir.

OKAY ve SATIR (2000), Kuzeybatı Türkiye'de Geç Oligosen yaşlı ve Kaz dağı bölgesindeki metamorfik kompleksde gözlenen yaşıt plütonizma ve metamorfizmayı inceleyen yazarlar yapısal, petrolojik ve izotopik verilerin ışığında Ege Bölgesindeki açılmanın Helenik dalma-batma zonuna bağlı olarak geliştiğini ortaya koymuşlardır.

ŞENER ve GEVREK (2000), Çanakkale, Tuzla hidrotermal sistemindeki hidrotermal alterasyon minerallerinin dağılımlarını ve önemlerini inceleyen yazarlar, bölgede açılan iki adet derin sondaj kuyusunda 814-1020 metreler arasında aldıkları kırıntılı ve karot örneklerden yararlanarak yörede görülen hidrotermal minerallerin potasyum feldspat, albit, klorit, alunite, kaolinit, smektit, illit ve opak mineraller olduğunu belirtmişlerdir. Çalışılan alanda karşılaşılan silisleşme, smektit, illit, alunite ve opal zonların varlığından hareketle bu hidrotermal alterasyon mineral birliklerinin rezervuarda 150-220 °C sıcaklığa sahip jeotermal akışkana işaret ettiğini yazmışlardır. Çalışmada, hidrotermal minerallerin sahada gözlenen dağılımlarının, hidrotermal akışkanın sodyum, potasyum ve klorca zengin kimyasal kompozisyonu ile rezervuarda sıg seviyelerde bu akışkanın soğuk deniz suyu ile karışmasına bağlı olduğuna değinilmiştir.

OKAY, vd. (2001), Üst Kretase-Alt Eosen arası tortul kayıtlarından yararlanarak Batı Türkiye'de ofiyolit çıkışı (obduction), dalma-batma ve kıta-kıta çarpışma alanlarını araştırmışlardır. Tanımladıkları otuz sekiz adet stratigrafik kesitten bölgede ilk göze çarpan kaydın yay mağmatizması olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar ayrıca bol ve kesin biyostratigrafik verilerin Geç Kretase ve Palaosen'de Orta Kuzeybatı Türkiye'nin geçirmiş olduğu orojenik olaylar için levha tektoniği yoru

muna imkan sağladığını yazmışlardır.

3.2 Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanının da içinde bulunduğu Biga yarımadası Fırlı Tepe, Ahlat Oba, Kadirga Burnu, Babakale arasında kalan kesimde taban Permo Triyas yaşlı Karadağ Metamorfik Topluluğu ile başlar. Biga yarımadasında Rejyonel metamorfik topluluk olan bu istif tabandan tavana doğru sırasıyla Geyikli, Sakarya, Çamköy formasyonlarını içerir ve Tersiyer yaşlı Ayvacık ve Balabanlı volkanikleri ile örtülür. Kuzey ve güney grup diye ayrıtılan bu volkaniklerin üzerinde Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı çökel topluluk (Tavaklı formasyonu) kayalar bulunur. Yarımada'nın en üst birimlerini Kuvaterner yaşlı eski ve yeni Alüvyon çökelleri oluşturur. Biga yarımadasındaki litolojik birimlerin dokanak ilişkileri (Şekil 3.1) ile yarımada'daki yayılımları ile tektonik dokanaklar (Şekil 3.2) Karacık (1995)'tan uyarlanarak verilmiştir. Şekil 3.1 ile dokanak ilişkileri verilen birimlerin özelliklerine ait bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

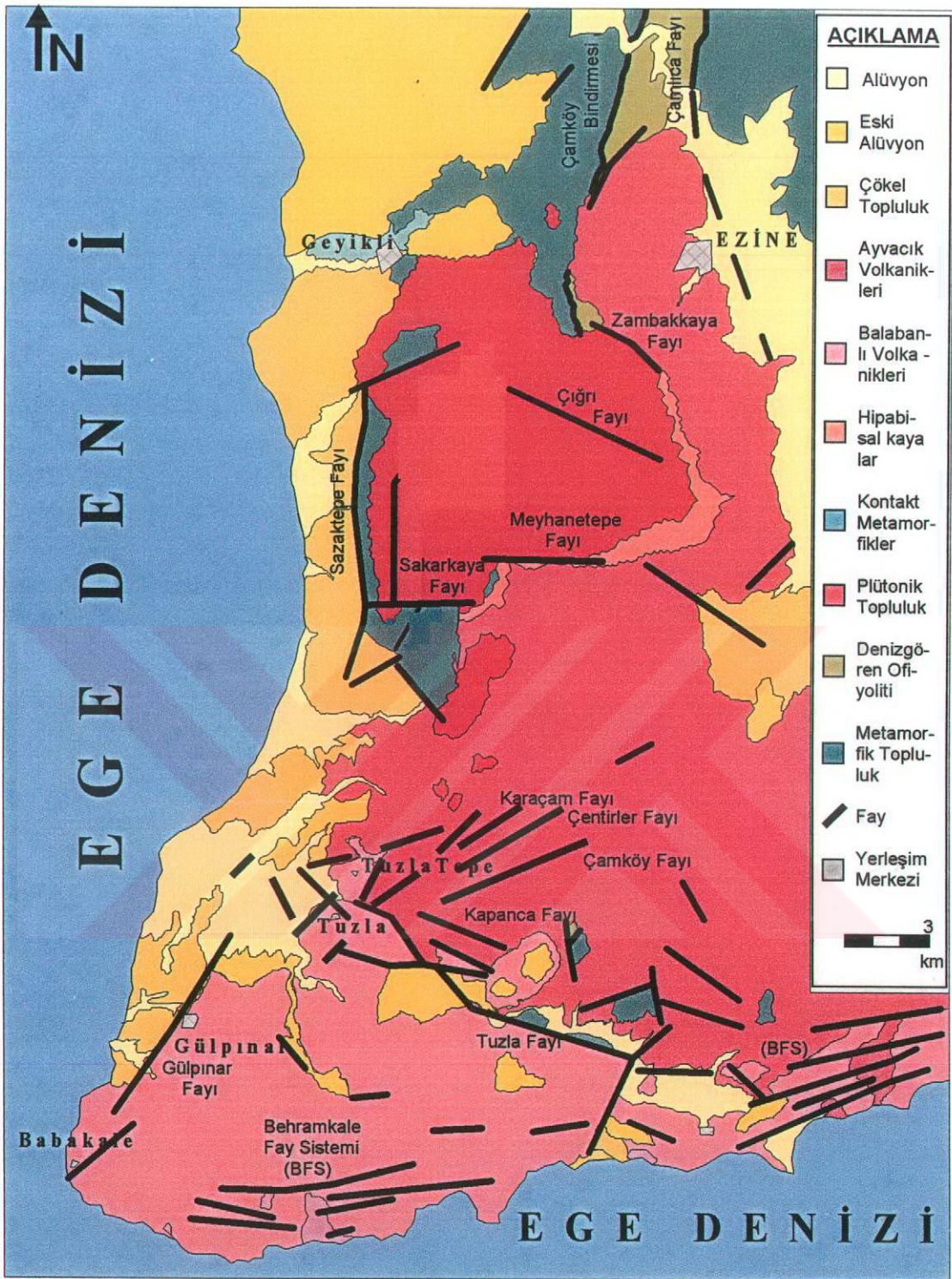
Geyikli Formasyonu (Pzkg); Çökel kökenli, yer yer andezit-latit dayklar ile kesilen, zayıf-orta dereceli yeşilşist fasiyesinde metamorfik kayalar topluluğudur. Karadağ metamorfiklerinin temelindeki görünür en alt birimdir. Birim, Kestanbol granitinin sokulumu nedeniyle kontak metamorfizmaya uğramıştır. Denizgören ofiyoliti ile tektonik dokanaklı olan birim Tuzla çayının aktığı kesimlerde tektonizma nedeniyle faylarla yükselmiş ve Ayvacık volkanikleri tarafından örtülmüştür.

Sakarkaya Formasyonu (Pzks); Gri, koyu gri laminalı kalkşist düzeyleri ile başlayan rekristalize kireçtaşı-mermerlerden oluşur. Orta-Üst Permiyen yaşlı ve yaklaşık 1500 m kalınlıklı birim bazı alanlarda iri taneli dolomitik seviyelidir (Karacık, 1995). Geyikli formasyonu ile arasındaki ilişki metamorfizma öncesi bir tortul geçişi temsil eder. Çamköy formasyonu ile üzerlenen birim Çamköy formasyonunun izlenmediği alanlarda Denizgören ofiyoliti ile 70°-80° eğimli tektonik dokanaklıdır. Birim ayrıca Ayvacık lavları tarafından diskordans ilişkili olarak örtülmüştür (Karacık, 1995).

Çamköy Formasyonu (PzMzkç); Çökel kökenlidir. Tabanı mermer olan birim metakumtaşı-silttaşı, sleyt, fillat ve metasitlerden oluşma zayıf derecede metamorfik kayalar topluluğudur. Birimin üst seviyelerinde metaflaş, kalkşist ve mikritik kireçtaşı düzeyleri bulunur. Bu seviyeler yer yer büyük bloklu olistrostromal kireçtaşı ve metabazit aralanmalıdır. Geç Permiyen-Erken Triyas olarak yaşlandırılan (Okay vd., 1990) birim Sakarkaya formasyonu üstünde uyumludur.

Üst Sistem	Sistem	Seri	Grup	Formasyon	Üye	Sembol	Katmanlık (m)	Litoloji	Açıklamalar
PALEOZOYİK	MESOZOYİK	Jura	Kretase	Aptian	Dinor	Qal	Qale	Alüvyon. Çakıltaşı, kum ve çamur	
								Eski alüvyon; kum matrisli iyi yuvarlanmış çakılı	
								Kırıntılı, karbonatlı, bej renkli, ince taneli, fosilli	
								Karasal kırıntılar (çakıltaşı ve blok), krem renkli, traverten düzeyli	
								Bazaltik lavlar. Siyah renkli	
								Riyolit-riyodasit, beyaz, gri-koyu gri renkli, akma laminasyonlu	
								Riyolit-riyodasit, ileri derece hidrotermal alterasyonlu. Kırılgan-dağılgan. Gri, açık yeşil, açık pembemsi renkli.	
								Kaynaklı ve kaynaklı pamis akıntıları, pembe renkli, bantlı	
								Kaynaklı ve kaynaklı pamis blok akıntısı, pembe-bordo renkli	
								Pamis tuf, gri-koyu gri renkli, yuvarlak köşeli kaya parçalı	
								Kaynaklı ve kaynaklı pamis, pembe-sarı renkli	
								Latit-andezit.	
								Açık yeşil-bordo matrisli.	
								Mükemmel akma foliasyonlu	
								İgnimbrit, kırıntılı ve lav ardalanmalı, bordo matrisli, basılmış	
								Çökel, piroklastik karma, sarı-açık yeşil renkli, ince taneli, iyi boylanmış	
								Latit-andezit, yeşil renkli akma foliasyonlu	
								İgnimbrit, kaynaklı-kaynaklı pamis ve blok akıntılı, pembe renkli	
								Volkanojenik kumtaşı-silttaşı ardalanmalı, bordo renkli, andezitik çakılı	
								Andezit, çok iyi akma foliasyonlu, gri-açık yeşil renkli	
								İgnimbrit, kaynaklı-kaynaklı bloklu pamis akıntısı, yeşil renkli	
								Volkanojenik kumtaşı-silttaşı-kilttaşı-tüfit, sarı renkli, ince katmanlı	
								Andezit - latit bileşimli lav akıntıları, yeşil renkli	
								Pamisli blok, kaynaklı pamis ve lav-breş akıntısı, krem renkli	
								Kaynaklı pamis, pembe renkli	
								Andezit, koyu gri-bordo renkli, gaz boşluklu	
								Volkanojenik kumtaşı, çakılı	
								Riyolitik ve dasitik lavlar. Sarı renkli, dağılgan	
								İgnimbrit, siyah, sarı pamis	
								Andezit-latit.	
								Açık gri - yeşil, bordo renkli	
								Andezit-latit bileşimli lav-lahar. Açık bordo - gri renkli	
								İnce taneli hipabisal kayalar, gri, mor ve açık yeşil renkli	
								Kontakt metamorfizma zonu	
								Milonit, şist, gnays	
								Kuvars damarlı aplogranit, iyi yapraklanmalı, açık pembe ince kristalli	
								Kuvars monzonit-granit	
								Krem-açık pembe renkli, iri kristalli	
								Ofiyolit topluluğu, siyah, yeşil renkli ileri derecede serpantinleşmiş	
								Yeşilsist fasiyesi-metabazit ara katkılı fliş	
								Kireçtaşı çakılı, foraminiferli	
								Yeşilsist fasiyesi-rekristalize kireçtaşı ve mermer.	
								Gri - siyah yer yer dolomit seviyeli	
								Yeşil şist fasiyesi-metapelitler; fillat, kalkışist, mikaşist vs.	
								Boz renkli, ince katmanlı, çok iyi yapraklanmalı, bol kıvrımlı	

Şekil 3.1 Biga yarımadasındaki litolojik birimlerin yayılım ilişkileri (Karacık, 1995'den yararlanılarak hazırlanmıştır).



Şekil 3.2 Biga yarımadasındaki litolojik birimler ile tektonik dokanıkları gösteren sadeleştirilmiş harita (Karacık, 1995'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

Birim tektonik dokanak ile Denizgören ofiyoliti tarafından üzerlenir. Permo Triyas yaşlı Karadağ Metamorfik Topluluğu üzerinde, Jura-Kretase yaşlı Ofiyolit istif olan Denizgören Ofiyoliti yer almaktadır (Karacık, 1995).

Denizgören Ofiyoliti (J-Krd); Peridotit kökenli serpantinleşmiş kayalar, katmanlı gabbro ve gabrodan oluşur. Jura-Kretase yaşlı birim, Karadağ metamorfiklerinin

değişik düzeyleri üzerinde tektonik dokanaklıdır. Tektonik dokanaklı olduğu birimlerle arasında lisfenit gelişmiştir (Karacık, 1995). Üst Oligosen yaşlı Kestanbol granitleri birimin üzerinde yer alır. Denizgören ofiyolitine ait birimlerde $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yöntemiyle yapılan yaş tayinleri sonucunda Hornblendelerde $117\pm1,5$ - $118\pm3,1$ my., plajioklaslarda $109,6\pm2,4$ my. yaşları elde edilmiştir (Okay vd., 1996). Bu verilerle ofiyolitin yaşının Erken Kretase (Aptian) olduğu belirlenmiştir.

Kestanbol Plütonu (To); Kuvarsmonzonit ve granitik bileşimli plüton morfolojik ve petrografik özellikleri bakımından birbirinden farklı kayalardan oluşur. Plütonik topluluğun en büyük kısmı olan Kestanbol plütonu, Ezine ilçesinin güneybatısında 13 km uzunluğunda 11 km genişliğinde yaklaşık 143 km^2 'lik, ayrı bir bölgede de 4 km^2 'lik bir alanı kaplar (Karacık, 1995). Plütonik topluluğa ait kayalar; Kestanbol graniti olarak isimlendirilen ana plüton, aplogranit ve makaslama zonu (kataklastik) granittir. Kestanbol plütonunun yaşı için Paleozoik'ten Miyosen'e kadar değişen bir aralık verilmiştir. Bürküt (1966) plütonun, Paleozoik yaşlı Kazdağ kristalin masifine ait metamorfik kompleksi keserek kontak metamorfizmaya uğrattığını ve Tersiyer yaşlı volkanik-subvolkanik kayaların tortul formasyonlar ile örtüldüğünü belirtmiştir. Fytikas vd. (1976) granitin yaşının radyometrik yöntemlerle $28\pm0,88$ my. olduğunu belirtmiştir. Bingöl vd. (1982) Kestanbol granitini Kapıdağ, Armutlu bölgesindeki granitik kütleler ile birlikte Kuzey Anadolu Fayı güneyinde izlenen granitik zon olarak ayırmıştır. Plütonun çevresindeki andezit bileşimli lavlara ait izotopik yaşlar 16,8 my. (Borsi vd. 1972) ve $15,90\pm0,40$ my.'dir (Yılmaz, 1994). Karacık (1995) birimin Permiyen, Permo-Triyas yaşlı metamorfik topluluk kayalarını keserek bunları kontak metamorfizmaya uğrattığını, topluluğa ait kayaların Ayvacık volkanik topluluğu tarafından örtüldüğünü belirtip granitin 28 milyon yılı da içeren ve devam eden bir plütonik aktivite sonucunda geliştiğini belirtmiştir.

Kontak Metamorfik Topluluk; Kestanbol plütonunun yerleşmesi ile Karadağ metamorfik topluluğu kayalarında kontakt metamorfik birimler oluşmuştur. Bu birimler Aladağ tepe çevresinde izlendiğinden "Aladağ Metamorfikleri" olarak adlandırılmıştır (Karacık, 1995). Başlıca iki kaya grubundan oluşan Aladağ metamorfiklerinin birinci grubu, granitin batı dokanağı boyunca aplogranit ile Geyikli formasyonuna ait şistler ve Sakarkaya formasyonuna ait rekristalize kireçtaşı-mermer sınırında gelişmiş piroksen hornfels fasiyesinde kontak metamorfik kayalar oluşturur. İkinci grup, Kestanbol granitinin Sakarkaya formasyonuna ait, rekristalize kireçtaşı-mermerler ile dokanağında gelişen cevherli skarn zonudur.

Hipabisal Topluluk-Poruklu Mağmatiti (Tp); Mikrogranit-mikromonzonit ve latit porfir dir. Kestanbol plütonunun doğu ve güneydoğu dokanağında, Kestanbol graniti

ile Kızıltepe formasyonuna ait riyolit-dasit bileşimli lavlar arasındaki iki kaya grubunun birbirine geçişli olduğu zonda bulunur. Kestanbol graniti ile dokanağı geçişli olan birimin Kızıltepe formasyonuna ait riyolitik lavlar ile olan dokanağında riyolitik lavlar Poruklu mağmatitini yer yer keser, yer yer örter (Karacık, 1995). Üst Oligosen yaşlı Kestanbol plütünü üzerinde Alt-Orta Miyosen yaşlı volkanik topluluk kayaları bulunur.

Volkanik Topluluk; Alt-Orta Miyosen yaşlı kayalar litolojik özelliklere dayanılarak birbirinden ayırtlanmıştır (Karacık, 1995). Genelde lav ve lahar akıntılarının yoğun olduğu piroklastik kuzey grup “Ayvacık volkanikleri” ile lav akıntılarının aralanmalı olduğu güney grup “Balabanlı volkanikleri” kayaları birbirinden batıdan doğuya uzanan Tuzla fayı ile ayrılmaktadır.

Kuzey Grup-Ayvacık Volkanik Topluluğu; Granitik kayalar ile aynı yörelerdedir. Ayvacık grubu volkanik topluluğunun ilk ürünleri, Kestanbol granitoidi çevresinde başlayıp güneye doğru uzanan, felsik lavlardan oluşma Kızıltepe formasyonudur. Birimi tüflerden oluşan Babadere formasyonu izlemiştir. Kestanbol graniti, Poruklu mağmatiti ve Kızıltepe formasyonuna ait lavların iç içe bulunduğu bölgede, volkanizma ortaç bileşimli ürünlerle devam etmiştir. Andezit-latit bileşimli lavlardan oluşan Dededağ formasyonu ve bunlarla ilişkili akma breşleri grubun son volkanik kayalarıdır. Topluluğun en üstünde Erecek kumtaşı ve üyeleri yer alır. Grup, bölgenin en yaygın izlenen volkaniklerini oluşturmaktadır (Karacık, 1995).

Güney Grup-Balabanlı Volkanik Topluluğu; Piroklastik birimler, lav akıntıları ve volkanosedimanter kırıntılı çökel düzeyler iç içedir. Piroklastik kayaların hemen tümü piroklastik akıntı ürünü olarak gelişmiş ignimbritlerdir. Bunların yanı sıra yayılımı ve kalınlığı az olan piroklastik yağış ve taşma ürünleri de yer yer yüzeylenmektedir.

Tuzla Riyoliti (Tbtz); İleri derecede hidrotermal alterasyona uğramış riyolit-riyodasit bileşimli volkanik domdur. Tuzla riyoliti çevresinde bulunan Babadere formasyonuna ait tüfler Ayvacık formasyonuna ait lavları, çökel kayaları ve Kepez ignimbritini kesmiş en genç lavdır (Karacık, 1995).

Riyolitik domun yerleşme sırasında batısındaki çökel kayalar ile güneyindeki ignimbritler deforme olmuş ve çevre kayalarda alterasyonun gelişimi kolaylaşmıştır. Tuzla tepe zirvesi ve üst kotlarında düşey foliasyonlu, Tuzla tepe yamaçlarında kendi parçalarından oluşma breşik akıntılıdır. Akış cephesinde gelişmiş oto breşlenme ile lav akıntısı lav içinde bulunan gaz kaçış kanallarını doldurmuştur.

Ortatepe Riyoliti (Tbo); Riyolit-riyodasit bileşimli felsik lavlardan oluşur. Koyunevi, Kepez ignimbriti ve Ayvacık formasyonu kayaları kesmiş ve olasılıkla Tuzla riyoliti ile ilişkili olarak gelişmiştir (Karacık, 1995).

Yeşilliman Bazaltı (Tbyş); Bazaltik bileşimli lavlardır. Ezine çevresinde genç çökeller ve Denizgören ofiyolitine ait birimler üstüne akmıştır. Bölgenin en genç volkanik ürünleri olarak bilinen Taştepe bazaltı olarak adlandırılmıştır (Ertürk, 1990). Bazaltlar için Ezine kuzeyinde; en düşük 3,85 my (Yılmaz, 1994) Behramkale köyü doğusunda; en yüksek $15,3 \pm 0,3$ my (Ercan vd, 1994) arasında değişen yaşlar belirlenmiştir. Volkanik topluluğun yaşı için ortalama 28,2-23,6 my öngörülmektedir (Karacık, 1995). Alt-Orta Miyosen yaşlı Volkanik topluluk üzerinde Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı çökel topluluk (Tavaklı formasyonu) kayaları bulunur.

Tavaklı Formasyonu (Tt); Bloklı iri taneli karasal kırıntılılar ve kırıntılı-karbonatlar'dan oluşur. Birimde yanıl ve düşey geçişli "Ilıca" ve "Gölpinar" üyeleri yer alır. Formasyon kendisinden önceki birimleri uyumlu ve uyumsuz olarak örtmektedir (Karacık, 1995).

İlıca üyesi, bloklı, iri taneli, karasal kaba kırıntılılardan oluşur. Düzensiz ve tabakasız istifin taneleri, granit, kireçtaşı ve metamorfik kayalar parçalarıdır.

Gölpinar üyesi, alttaki kırıntılılar üzerinde yanıl ve düşey geçişli duran kırıntılı ve karbonat istifidir. Birimde çakıltası, çamurtaşı, kıltaşı, marn ve kumtaşı aralanması egemendir. Hakim istiflenme çoğu zaman karbonatlı çamurtaşı, kıltaşı ve ince taneli kumtaşlarıdır. Bazı kesimlerde ise egemen litolojiyi oldukça altere bol pamisli yer yer vitrik bileşimli felsik tüfler oluşturur.

Biga yarımadasında Tavaklı çökel topluluk kayaları üzerinde Kuvaterner yaşlı eski ve yeni Alüvyon çökelleri bulunur (Karacık, 1995).

Zayıf Tutturulmuş Genç Çökeller; Eski Alüvyon (Qale); Bölgenin kuzeybatısında Geyikli köyü çevresinde yaygın olarak izlenen çökeller, doğu ve güneybatıda sınırlı, güneyde kalan alanlarda ise daha sık izlenir (Şekil 3.2). Çökeller; blok, çakıl, kum, silt ve kil olup tutturulmamış yer yer kötü tutturulmuş, kum matrikslidir. Birim içersinde yer alan irili-ufaklı değişik boyutlu çakıllar iyi yuvarlanmamış, köşeli-az köşelidir.

Kuvaterner Oluşukları (Qal); Bölgenin batısındaki sahilde, kuzeydoğusunda Ezine yerleşim alanı doğusunda ve Küçük Menderes çayı ile güneyinde ise Tuzla çayı çevresinde izlenir (Şekil 3.2). Çökeller volkanik malzemeden oluşma çakıltası, kum ve çamurlar ile temsil edilmektedir.

3. 3 İnceleme Alanının Jeolojisi

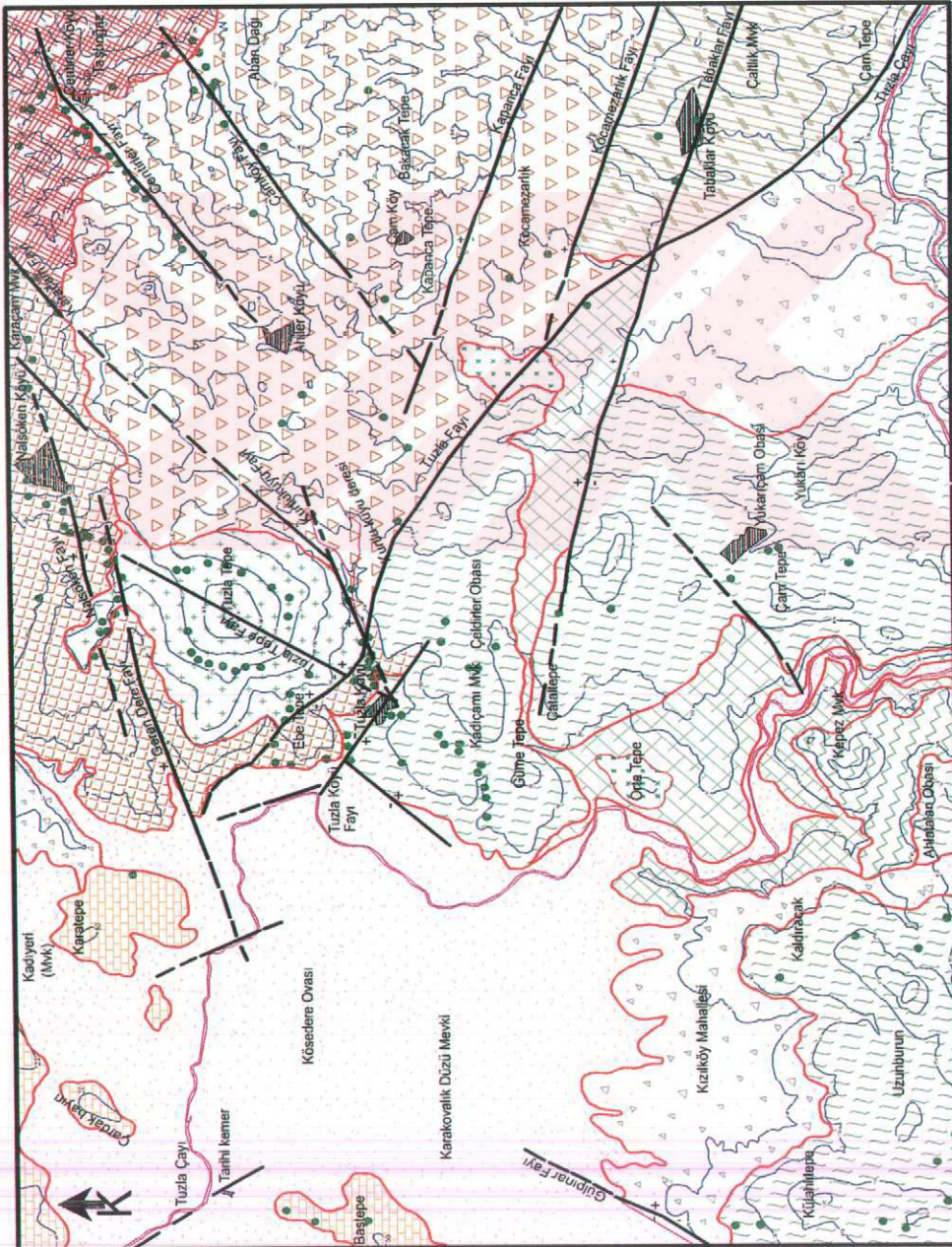
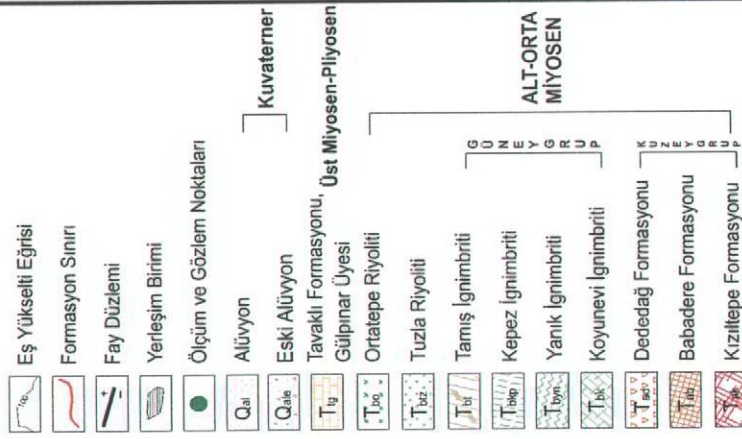
İnceleme alanı, Kösedere ovası, Uzunburun, Çamtepe ve Gentirler köyü arasında 70 km² lik arazidir. İnceleme alanının tabanını, çalışma sahasında gözlenmeyen Biga yarımadasının temelini oluşturan Paleozoyik yaşlı Karadağ metamorfik topluluğuna ait metamorfik şistler ve Permien yaşlı rekristalize kireçtaşları oluşturur (Şamilgil, 1983). Üst Oligosen yaşlı granitik bileşimli Kestanbol plütunu ile kesilmiş olan bu birimler, plütunun sokulumu nedeniyle kontakt metamorfizma etkisinde kalarak yeşil şist fasiyesinde ince katmanlı ve iyi yapraklanmalı metapelit, fillat, kalkşist, mikaşist ve benzeri metamorfikleri oluşturmuştur. İnceleme alanında gözlenen taban, temel birimler ile plütonik topluluk üzerinde yer alan Alt-Orta Miyosen yaşlı Ayvacık ve Balabanlı volkanik topluluklarına ait birimlerdir. İleri derecede hidrotermal alterasyonun gelişmiş olduğu, felsik volkanizmayla başlayıp tüflü seviyelerden sonra andezitik-latitik bileşimli ortaç ürünler ile bu ürünlere bağlı gelişmiş lav-lahar akıntılarından oluşan Ayvacık volkanik topluluğu, çalışma alanında tabandan tavana doğru Kızıltepe, Babadere ve Dededağ formasyonuna ait litolojik birimler ile gözlenir. Biga yarımadasında 10 ignimbrit akıntısı, 11 lav akıntısı ve 4 kırıntılı çökel düzeyi ile ayırtlanmış (Karacık, 1995) Balabanlı volkanik topluluğuna ait birimler, inceleme alanında ignimbrit akıntılarının gözlendiği Koyunevi, Yanık, Kepez ve Tamiş piroklastik akıntılarıdır. Biga yarımadasında Ayvacık ve Balabanlı volkanik topluluklarının ilişkisi, inceleme alanında da izlenen Tuzla fayı ile tektonik dokanaktır.

Çalışma sahasındaki en alt seviyeleri oluşturan bu volkanik birimler sırasıyla riyolit-riyodasit bileşimli Tuzla riyolitik domu ve bu domla ilişkili gelişmiş Orta tepe riyoliti ile üstlenmiştir. Bu dizilim Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı kırıntılı çökel ile uyumsuz olarak örtülmüştür.

Çalışma sahasındaki kırıntılı gelişimi ile çökelimi Kuvaterner süresince de devam etmiştir. Bu döneme ait birimleri eski alüvyon olarak adlandırılan zayıf tutturulmuş genç çökeller ile çökelimini günümüzde de sürdüren güncel alüvyon oluşturur. İnceleme alanında günümüzde de etkin olan jeotermal aktivite nedeniyle yukarıda verilen kayaç dizilimine ek olarak sıcak su kaynaklarının çıkış ağızları ve yakın çevresinde Kuvaterner yaşlı silis ve karbonat travertenleri de çökelmektedir (Şekil 3.3).

İnceleme alanında gözlenen birimlerin arazideki yayılımı (Şekil 3.4) ile bunların litolojik özellikleri aşağıda verilmiştir.

AÇIKLAMALAR



Şekil 3.4 İnceleme alanının jeolojik haritası.

Volkanik Topluluk; İnceleme alanında Alt-Orta Miyosen yaşlı lav akıntıları ile piroklastik birimlerden oluşmuş kayaçlar litolojik özelliklere dayanılarak Biga yarımadası genelinde kuzey grup “Ayvacık volkanikleri” ve güney grup “Balabanlı volkanikleri” şeklinde ikiye ayrılmışlardır (Karacık, 1995). Genelde lav ve lahar akıntılarının yoğun olduğu kuzey grup ile piroklastik lav akıntılarının ardalanmalı olduğu güney grup Biga yarımadasında, birbirinden inceleme alanı içersinde gelişmiş batı doğu doğrultulu Tuzla fayı ile ayrılmaktadır.

Kuzey Grup-Ayvacık Volkanik Topluluğu; Biga yarımadasının en geniş yayımlı volkanik topluluğudur. Kuzey-güney uzanımlı grup, plütonik topluluğu (Kestanbol granitoidi) doğu kesiminden başlayarak çevreler. (Şekil 3.2), inceleme alanın kuzeyi, kuzey doğusu, doğusu ve kısmen de güney doğusu ile güneyinde yayımlıdır. Önceki çalışmalarda “Ayvacık volkanikleri, Ezine volkanikleri ve genç volkanikler” olarak isimlendirilmiştir. Grubun inceleme alanında karşılaşılan üyeleri sırasıyla, topluluktaki ilk ürün olan ve Kestanbol granitoidi çevresinde başlayıp güneye doğru uzanan felsik lavlardan oluşma Kızıltepe formasyonu, tüflerden oluşan Babadere formasyonu ve Andezit-latit bileşimli lavlardan oluşan Dededağ formasyonudur.

Kızıltepe Formasyonu (T_{ak}); Riyolitik ve dasitik çoğunlukla masif felsik lav akıntıları ve akma breşlerinden oluşur. İleri derecede ayrılmış volkanik kayaç topluluğudur. Şamilgil (1983), bölgedeki felsik volkanizmanın varlığını, Tuzla ve Kösedere köyleri arasında kalan tüm yaşlı birimleri kesip geçen genç domlar olarak belirtmiş ve başlıcalarının dasitik nitelikli Tuzla domu ile Kösedere bölgesinde bulunan Çatakkaya, Doğankaya ve Erikli tepe domları olduğunu ileri sürmüştür. Ancak, Karacık (1995) felsik volkanizmanın güney alanlarla sınırlı kalmayıp kuzeye doğru, Kestanbol granitinin doğu kenarı boyunca ve güneydoğuda Karbasdı-Taşboğaz köyleri çevresinde de yaygın olarak izlendiğini belirtmiştir. Birim metamorfik temel kayaları uyumsuz olarak örter ve Ayvacık ile Babadere formasyonu ve güneybatı alanlarda izlenen genç çökeller tarafından uyumsuz olarak örtülür. Birim farklı bileşim ve morfolojisi ile diğer volkanik kayalardan ayrılabilen, geniş mostra dağılımına sahip ayrı bir lav düzeyidir (Karacık, 1995).

Kestanbol plütonunun doğusundaki alanlarda çoğunlukla KD-GB, yer yer KB-GD doğrultusunda uzanan 30-50 m uzunlukta 2-5 m genişlikte felsik bileşimli daykılarla sıkça kesilmiştir. Kızıltepe volkanikleri ileri derecede hidrotermal alterasyon etkisinde kalarak killeşmiştir. Hidrotermal alterasyon sonucunda sarı, kırmızı, pas rengi sunan birim büyük oranda kil minerallerine dönüşmüş, bazı alanlarda ise ileri derecede silisleşerek tepelerin üst seviyelerinde demir oksit ve amorf silis külteleri

(silis şapka) oluşturmuştur. Karacık (1995), çalışma sahasının sınırları dışında Nalsöken köyü kuzeyinde altere felsik lavlar içinde jips düzeylerinin varlığını belirlemiştir. Biga yarımadası kuzeyinde metamorfik temel kayalarını uyumsuz olarak örten Kızıltepe volkanikleri, Kestanbol granitinin kenar zonunda izlenen Poruklu mağmatitine ait kayaçları yer yer kesmekte, yer yer örtmektedir (Karacık, 1995). Birimin, inceleme alanı içersinde Babadere formasyonu ile olan sınırı faylıdır. Karaçam mevkide izlendiği için bu çalışmada Karaçam fayı olarak isimlendirilen fay ile yükselip Ayvacık volkanik topluluğuna ait Babadere formasyonunu üstlemiştir. İnceleme alanında Dededağ formasyonu birimin üzerinde yer alır.

Karacık (1995); Ezine güneyindeki felsik lavların (Kızıltepe köyü dolayları) granit çevresinde çembersel sıralandığını ve Kızıltepe volkaniklerinin de Kestanbol plütönuna kökensel bağlı geliştiğini öne sürmüştür. Yüksek viskozitesi bu lavlar uzun mesafelerce akamamış ve plütönun çevresindeki domları oluşturmuştur. Bu domların Kestanbol plütönunun yerleşmesi sırasında, plütöna paralel konsantrik kırıkların içine yerleşmiş olma olasılıkları da yüksektir.

Dasit, riyolit ve riyodasitler (Şekil 3.5); beyaz, gri, koyu gri, açık yeşil, pembemsi olup felsitik-felsitik porfirik, vitrofirik dokuludur. Genelde felsitik olan hamur çoğunlukla kriptomikrokristalen felsik ve camsıdır. Birimdeki kayaçlarının başlıca mineralleri, oligoklas ve andezin bileşimli plajioklas, kuvars, alkali feldspat (sanidin), biyotit, hornblend ve klinopiroksen, tali mineralleri ise sfen ve opak dır. Kuvars, plajioklas, sanidin, biyotit gibi minerallerin feno kristaller şeklinde bulunduğu kayaç bazen kriptokristalen dokuludur. Serizit, klorit, kalsit, epidot ve kil mineralleri alterasyon ile gelişmiş ikincil minerallerdir. Bu grup içinde; matrikste bulunan feldspatlar, gelişen alterasyon nedeniyle kil minerallerine dönüşmüş ve birimde demir oksit lekelenmeleri ile birlikte silisleşme de gelişmiştir. Karacık (1995) birime ait kayaçların petrografik özelliklerini aşağıdaki gibi tanımlamıştır;

Dasit : Plajioklas (oligoklas-andezin) (% 45-60), kuvars (% 30-45), biyotit, hornblend, sfen ± opak mineraller.

Riyolit-riyodasit : Plajioklas (oligoklas-andezin) (% 30-35), kuvars (% 30-35), alkali feldspat (sanidin) (% 30-35), biotit (% 5) ± klinopiroksen ± hornblend ± opak mineraller.

Plajioklas : Grubun en yaygın fenokristalini oluşturan plajioklas fenokristalleri; subhedral-öhedral, basit ve kompleks ikizli olup yer yer merkezinde alterasyonun gelişmiş olduğu zonlanma yapılıdır. Sönme açısı yöntemi ile yapılan belirlemelerde polisentetik ikizli plajioklas fenokristallerinde oligoklas-andezin bileşimindedir.



Şekil 3.5 Kızıltepe volkaniklerine ait lav seviyeleri.

Alkali Feldspat : Riyolit ve riyodasitlerde subhedral, karlsbad ikizli fenokristaller ve anhedral, ikizsiz, ileri derecede ayrılmış kristaller şeklinde olan alkali feldspat kristallerinin çoğu serizitleşmiş ve karbonatlaşmış, yer yer epidota dönüşmüştür. Kenarları çoğunlukla kırıklı ve çatlaklı olan kuvars fenokristalleri iri subhedral-öhdral şekillidirler. Subhedral-anhedral mikro fenokristaller şeklinde de izlenen kuvarsların bir kısmında ise matriks mikro kriptokristalendir.

Biyotit : Kenarları opaklaşmış orta taneli subhedral-anhedral kristal şekilli biyotitler mikro fenokristalli ve mikrolit boyularında tümüyle opaklaşmış olarak da bulunmaktadır. Serizitleşme, kloritleşme yaygındır.

Birimde; öhdral kristalli piroksen ve amfibol tümü ile ayrışıp kloritleşmiştir. Sfen, öhdral-subhedral, açık kahve renkli, tali mineral olarak yer almakta, opak mineraller ise matriks içinde çok ufak taneler şeklinde bulunmaktadır.

Babadere Formasyonu (T_{ab}); Kristalli, litik ve pamis bileşimli açık gri, açık yeşil, beyaz ve bordo renkli tüflerden oluşma piroklastik yağış ürünüdür. Birimde, kaya kırıntıları ve vitrik bileşenler de bulunmaktadır. Kristal tüfler içinde kuvars, feldspat,

biyotit kristalleri gözle seçilir. Sınırlı yayımlı vitrik tüfler koyu sarı-sarı, bordo, gri renkli ve amorf cam görünüldür (Karacık, 1995). İri ve düzensiz pamislerden oluşma tüfler, beyaz renkli ve yer yer kaynaklıdır. Nalsöken köyü doğusunda, volkanik malzemenin yerleşmesi sırasında sahip olduğu plastik özelliği nedeniyle kıvrımlanmış beyaz renkli bol pamisli tüfler, küçük litik taneli ve ince laminalanmalıdır (Şekil 3.6).

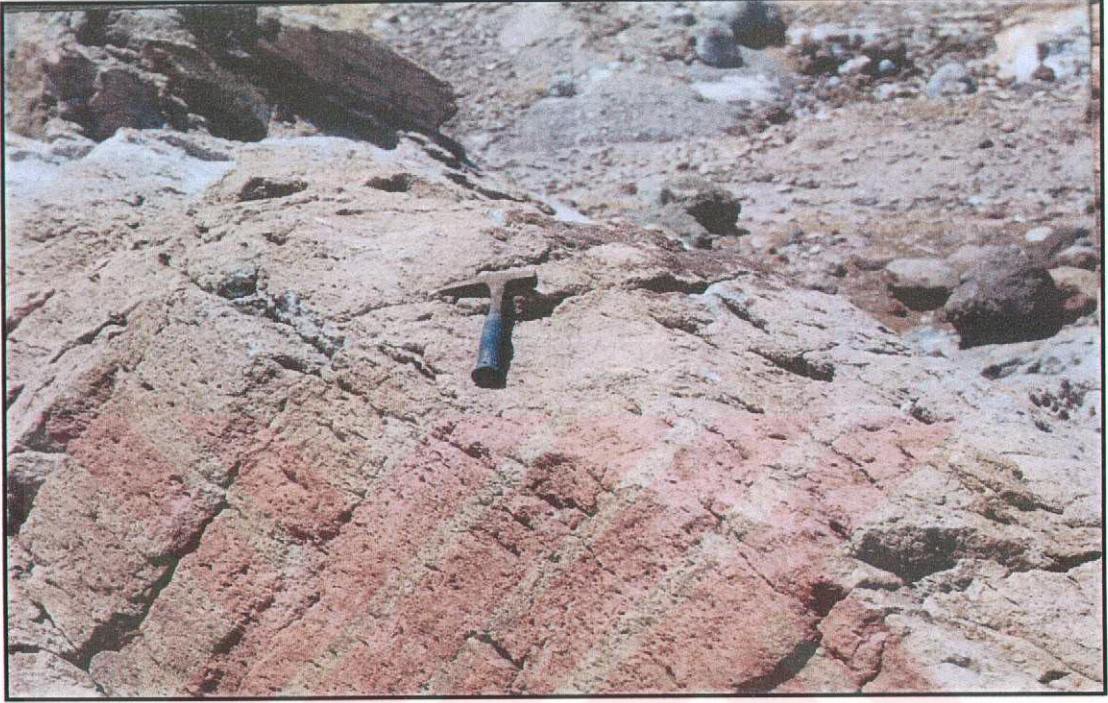


Şekil 3.6 Babadere tüflerinde gelişmiş plastik deformasyon ve laminalar.

Tuzla tepe kuzeyinde ve sıcak su kaynaklarının bulunduğu, Tuzla köyünün önceki yerleşim alanındaki pamis tüfler (Şekil 3.7) yer yer kaynaklıdır. Bu bölgede, kaynaklı pamis tüfler ile üstündeki kaynaklı tüfler geçişlidir. Yaklaşık 5-7 m kalınlığında izlenen kaynaklı zondaki kayalar; bol pamis, ufak kaya kırıntıları ve fiyelerden oluşmuştur.

Bunlar basılma ile pekişip kaynaklanma ile gelişmiş ötakitik doku özelliği kazanmıştır. Çalışma alanında çok sınırlı izlenen bu yapı Santorini, Askja, Iceland volkanik alanlarındaki gibi, yağış ürünü (pyroclastic fall) olarak gelişmiş tüflerde yaygındır (Suthren ve Furnes, 1980). Kaynaklı pamis tüfler, volkanik malzemenin çıkış merkezine yakın alanlara henüz sıcak iken yerleşip kompaksiyonu ile oluşurlar. Kaynaklı pamis tüfler, piroklastik akıntıyla gelişmiş tüflerden arazide sundukları ilişki ve geometrik şekilleri, makro dokusu ve kaynaklanmamış kesimleri

ile kolaylıkla ayırtlanır. Kızıltepe volkanikleri ile olan dokanak ilişkisinin Nalsöken köyü doğusu ve kuzeydoğusunda da izlendiği birim (Karacık, 1995); bu bölgelerde Kızıltepe volkaniklerine ait ileri derecede ayrılmış felsik lavları örter. İnceleme alanı içersinde ise Karaçam mevkiinde Karaçam fayı ile yükselmiş Kızıltepe volkaniklerince üstlenir. Dededağ formasyonu, Kepez ignimbriti ve Tuzla riyoliti de birim üzerinde yer alır.



Şekil 3.7 Babadere formasyonunda gelişmiş pamisler.

Büyük çoğunluğu kristalli olan Babadere formasyonuna ait tüfler az oranda vitritik özellik sergiler. Birime ait örneklerin Karacık (1995) tarafından tariflenen petrografik özellikleri aşağıda verilmiştir;

Kristal tüfler : Riyodasit-riyolit bileşimli kristal tüfler plajiolas, kuvars, biyotit kristalleri ve kayaç parçalarından oluşur. Kül, kristal parçaları ve cam matriksten oluşan tüfler vitroklastik dokuludur. Tüfü oluşturan bileşenlerin özellikleri şöyledir; Subhedral-anhedral ve kırıklı bir yüzey geometrisi sunan plajiolas kristallerinin çoğu basit, kompleks, periklin, girik ikizlenme ve zonlanma gösterir. Polisentetik ikizli subhedral plajiolasların sönme açıları, kırılma indisleri ve optik işaretlerle belirlenmiş bileşimi An_{38-40} (andezin) dir. Anhedral, köşeli kırılmış kristaller şeklinde yüzey şekilli alkali feldspatlar bol çatlaklı ve yaygın Karlsbad ikizlidir. Kuvarsın anhedral, köşeli, kırıklı, konkoidal çatlaklı bulunduğu birimde biyotit, subhedral-anhedral ve kırıklı yüzeyli olup kenar zonlarında ayrışma ve dönüşüm izlidir. Bünyesinde ana lav kütleleri dışında farklı tür kaynaklardan gelmiş yabancı kristal

parçası bulunmayan birimde tümü aynı kökenli lavlardan türemiş, genelde afanitik yer yer porfirik dokulu latit-andezit bileşimli kaya parçaları ise köşeli, az yuvarlanmış ve değişken boyutludur.

Vitrik tüfler : Babadere tufünde petrografik özellikler açısından iki farklı vitrik tuf ayırt edilmektedir. Kristal ve kaya kırıntısı içeriği % 5-20 oranında olan kriptokristalen ince kırıntılı-cam matriksli vitrik tüflerde; plajiolas, kuvars, biyotit kristalleri anhedral, köşeli, kırıklı, çatlaklı yüzey şekillidir. Çoğunlukla kriptokristalen kayaç parçaları yer yer porfirik boyutlu ufak lav parçalarından oluşmaktadır. Genelde camsı olan matriks içinde ikincil kristalizasyon ile ışınal gelişmiş sferolitler izlenmektedir. Az yuvarlak-köşeli, küçük boyutlu lav parçalarının oluşturduğu kaya parçası ile kristallerin çok az izlendiği, genelde basınç etkisinde kalmış bol miktarda pamisli, ince kırıntılı ve tümüyle camsı matriks içinde u, v, y şekilli cam parçaları ve zayıf derecede kaynaklanmanın geliştiği vitrik tüflerde ise; az miktarda izlenen andezin bileşimli plajiolas, kuvars, biyotit kristalleri tümü ile anhedral kırıklı yüzey şekillidir. Birimde basınç sonucu cam parçaları ve pamisler yer yer kaynaklanmıştır.

Babadere tufu inceleme alanının kuzey ve batısında Kızıltepe formasyonuna ait lavları uyumlu olarak örtmüş, güneydoğuda faylanma sonucu Kızıltepe formasyonuna ait volkanikler tarafından örtülüp Dededağ formasyonunca üzerlenip, Tuzla riolitli tarafından kesilmiştir. Birim inceleme alanının batısında ise genç çökeller tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür.

Dededağ Formasyonu (T_{ad}); Andezit, latit bileşimli lavlar ve bunlarla ilişkili akma breşlerinden oluşur (Şekil 3.8). Birimdeki porfirik dokulu, afanitik veya camsı hamurlu andezitler bordo, gri, eflatun, yeşil renklidir. Porfirik dokunun yaygın fenokristallerini, genellikle birkaç mm boyundaki plajiolas oluşturur. Genelde porfirik dokulu olan, yeşil ve gri renkli latit bileşimli lavlarda gelişmiş fenokristaller ise birkaç mm-1 cm boyutlu plajiolas ve sanidin mineralleridir (Karacık, 1995).

Genellikle masif ve tabakalı yapı sunan formasyona ait volkanikler Karadağ metamorfik topluluğu, Kızıltepe formasyonu, Babadere formasyonu ve Kestanbol plütonunu örter. Birim Tuzla fayı ile Balabanlı volkanik topluluğu kayaçlarıyla tektonik dokanaklıdır. Biga yarım adasında Ezine laharı ve Erecek kumtaşı ile üzerlenen birim, lav-lahar akıntıları ile yanıl ve düşey yönde geçişlidir. Bu kesimler yer yer ara düzeyler şeklinde Erecek kumtaşı üyesine ait kırıntılı seviyeler de içermektedir (Karacık, 1995). Başlıca piroksenli andezit, andezit ve latitlerin oluşturduğu Dededağ formasyonundaki volkaniklerin Karacık (1995) tarafından yapılan detaylı tanımlaması aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.8 Kurtlu kuyu vadisindeki andezit-latitler.

Andezin bileşimli plajioklas, alkali feldspat (sanidin), piroksen (ojit-diyopsit) ve biyotitten oluşan kayaç grubunda kuvars ve opak tali mineral olarak bulunur. Serizit, kalsit, klorit, epidot ve mikrokristalen kuvars, alterasyon ile gelişmiş ikincil minerallerdir. Biyotit ve piroksenin matriks içinde ufak kristaller şeklinde, yer yer de fenokristal olarak izlendiği birimde plajioklas ve alkali feldspat en yaygın izlenen fenokristalleri oluşturur. Dededağ formasyonu volkaniklerinde mikrolitik, mikrokristalen yer yer de kriptokristalen olan hamurun en yaygın izlenen dokusu, mikrokriptokristalen porfirik dokudur. Bununla birlikte; hyalopilitik, pilotaksitik, intersertal, trakitik doku ile glomeroporfiritik doku da izlenmiştir. Bu gruptaki kayaç türlerinin Karacık (1995) tarafından belirlenen ayrıntılı mineral toplulukları ve mineralojik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Piroksenli andezit : Plajioklas (andezin-labrador) + piroksen (diyopsit-ojit) + biyotit + alkali feldspat (sanidin) + opak mineraller + kuvars.

Andezit : Plajioklas (andezin) + biyotit + alkali feldspat (sanidin) + homblend + opak mineraller + kuvars.

Latit : Andezin + alkali feldspat (sanidin) + biyotit + piroksen + kuvars + opak mineraller

Plajioklas : Andezit grubunda volkanik camdan sonra en yaygın mineraldir. Fenokristal ve mikrokristal olarak % 70-90 oranında izlenen plajioklaslar; iri fenokristaller, mikro fenokristaller ve iğnemsî mikrolitler şeklindedir. Genellikle

öhedral-subhedral yer yer anhedral olan bu fenokristaller matriks tarafından korozyona uğratılmıştır. Tümü ikizli olan plajiolklas fenokristallerindeki ikizler polisentetik-basit ikiz, albit-kalsbad ikizi, albit-karlsbad-periklin ikizi gibi kompleks ikizlenme ve karlsbad girik ikizleri şeklinde gelişmiştir. Fenokristaller içinde dilinimlere paralel ufak biyotit, plajiolklas kapanımları yaygın olarak izlenir. Genellikle ritmik ve yaygın olmayan bir zonlanmanın olduğu plajiolklaslarda yer yer zonlanmaya paralel dizilen kapantılar schiller inklüzyon yapısı gösterir. Opak minerallerin oluşturduğu kapantılar genelde zonlanmanın dış çeperinde yoğunlaşmış, yer yer izlenen düzensiz cam kapantıları ise elek dokusu oluşturmıştır. Serizitleşme, kalsitleşme, killeşme ve epidotlaşmanın yaygın olduğu plajiolklasların anortit içerikleri andezin (An_{30-50}) bileşimlidir.

Alkali feldspat (sanidin) : Andezit grubu kayalarda plajiolklastan sonra en yaygın, latitlerde ise yaklaşık eşit miktarda izlenen sanidin; fenokristal olarak ve matriks içinde ufak kristaller şeklinde izlenir. Bazılarının içinde ufak biyotit kapantıları bulunan sanidin fenokristalleri, genelde öhedral yer yer subhedral ve karlsbad ikizli olup bazılarının içinde alterasyon gelişimiyle serizitleşme, killeşme ve epidotlaşma izlenmiştir. Matriks içinde izlenen ufak mineraller ise genelde subhedral-anhedral çoğunlukla ikizsizdir. Latit örnekleri içinde yer alan sanidin kristalleri ortalama 0,5-0,7 cm yer yer 1,5 cm büyüklüğündedir.

Klinopiroksen : Piroksenli andezitlerin en yaygın mafik mineralidir. Biyotit ile birlikte andezit örneklerinin tümünde izlenmiştir. Klinopiroksenler renksiz-soluk yeşil nadiren açık yeşildir ve pleokroizma gösterir. Genelde öhedral şekilli mikrofenokristaller yer yer de fenokristaller şeklindedir. İri öhedral şekilli fenokristallerin sönme açısı $40-48^\circ$ dir. Basit ikizlenmenin yaygın olduğu piroksenlerde polisentetik, girik, nadiren sektör ikizide gözlenir. Klinopiroksenler çift nikolde II. dizinin; sarı, kırmızı, mavi renkleri sergilemiştir. Klinopiroksenlerin brefrenjans değerleri 1,66-1,76 olarak belirlenmiştir.

Ortopiroksen : Subhedral-öhedral fenokristaller ve ufak kristaller şeklinde izlenmiş ve bir örnekte gözlenmiştir. Açık yeşil ve zayıf pleokroizmalı olan mineral çift nikolde I. dizinin parlak sarı, mavi, yeşil, kırmızı renklerini göstermiştir. Brefrenjans değerleri 1,66-1,75 olarak belirlenmiştir. Bu özellikleri ile ortopiroksenin enstatit bileşimli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Biyotit : İki grup kayalık içinde de yaklaşık % 5-10 oranındadır. Latit örneklerindeki tek mafik mineraldir. Biyotit kristallerinin kenar zonlarında gelişen opak mineraller, dilinim izleri boyunca da yaygın gözlenmiştir. Biyotit kristallerindeki mağmatik

değişimin değişik derecelerini gösteren bu tür oluşumda mağnetit granülleri ile “peppering” gelişmiş ve bazı alanlarda yaygınlaşıp, mineralin tümü opak mineraller ile dolmuştur. Peppering gelişimi, biyotit mineralini orijinal fenokristali “hayalet psedomorflara” dönüştürmüştür (Hatch ve Wells, 1972). Biyotit kristallerinde kloritleşme ve serizitleşme de yaygın olarak izlenmiştir.

Kuvars : Anhedral-subhedral, düzensiz kırıklı ve matriks içinde gelişi güzel dağılmıştır. Genelde tali mineral olarak bulunan kuvars kristalleri bazı örneklerde % 10'a varan oranlarda izlenmiştir. Kayacın ve bazı minerallerin içindeki boşluklarda ise bu boşlukları doldurmuş ikincil kuvars kristalleri bulunmaktadır.

Sfen : Ufak anhedral kristaller şekillidir. Genellikle latitlerde bulunur. Yer yer biyotitlerin dilinim izleri boyunca da gelişmiştir. Genelde piroksen minerallerinin çevresinde ve içinde, kapantı olarak izlenen korundum matriks içinde, bağımsız mineraller olarak da gelişmiştir. Öhedral prizmatik, renksiz, soluk mavimsi pembemsi ve çok zayıf pleokroik özellik sunan sfen minerallerinde renkleme azdır.

Matrikste, özellikle mafik mineraller çevresinde ve içinde genelde anhedral yer yer kare kesitli opak mineraller izlenir. Plajiolklas, piroksen ve alkali feldspatlar içinde yer alan apatit ve zirkon tali mineralleri, kapanım olarak bulunur. Genelde ufak anhedral taneler şeklinde izlenen epidot minerali alkali feldspat ve plajiolklas kristalleri içinde gelişmiş ikincil mineraldir. Epidot; bazı örneklerde ışınal kristal kümeleri şeklinde de gelişmiştir.

Dededağ volkaniklerinde piroksenli andezit içinde kenarları yuvarlatılmış ksenolitler, latit örneği içinde ise biyotit segregasyonu bulunmaktadır (Karacık, 1995).

Ksenolitler : Ofitik dokulu plajiolklas, klinopiroksen ve ortopiroksen minerallerinden oluşan gabro bileşimli ksenolitlerde, plajiolklas kristalleri albit, periklin ve kompleks ikizlidir. Polisentetik ikizli plajiolklas kristalleri 25-33° lik sönme açıları, kırılma indisleri ve optik işaretleri ile (An_{46-58}) andezin-labrador bileşimlidir. İçinde düzensiz şekillerde cam, apatit ve zirkon kapanımları bulunan ikizsiz zonlu plajiolklaslar da yaygındır. Piroksen kristalleri iki türde olup ojit ve enstatit bileşimlidir. Opaklaşmış subhedral biyotit kristalleri ise tali miktarlardadır. Ksenolitler içinde bulundukları lav ile keskin sınırlıdır ve yer yer lav tarafından korozyona uğratılmıştır.

Segregasyon : Subhedral-öhedral levhamsı biyotit kristallerinin kümelenmesi ile oluşmuş topluluk içinde ikincil olarak gelişmiş ufak kuvars kristalleri yaygındır.

Ayvacık volkanikleri; içinde yer yer izlenen felsik lav düzeylerinden derlenmiş örneklerin petrografik inceleme sonuçlarına göre dasit bileşim sergilerler. Dasit

bileşimli felsik lav düzeyleri; plajioklas (% 55-60), kuvars (% 15-20), K feldspat (% 5-10), biyotit (% 3-5), piroksen (% 3-5) minerallerinden oluşur. Vitrofirik porfirik dokulu bu lavlarda fenokristal oranı % 50-60 dır. Çok iyi gelişmiş bantlı akma yapılarının izlendiği cam matriks, fenokristaller çevresinde akma ile kıvrımlanmıştır. Kaya içindeki fenokristallerin bir kısmında kırılmalar izlenmiş ve bu özellik olasılıkla akma sırasında gelişmiş breşleşme ile ilişkilendirilmiştir (Karacık, 1995).

İnceleme alanının içersinde yer aldığı Biga yarımadası ile Kuzeybatı Anadolu'da gelişmiş volkanizma; Ercan vd. (1994) tarafından Oligosen, Miyosen ve Eosen volkanizması olarak 3 döneme ayrılmıştır. Literatürde "Genç volkanikler, Miyosen volkanikleri" olarak adlandırılan ikinci dönem volkanik kayaçları, Karacık (1995) tarafından ayırtlanmıştır. Yazar, Ayvacık volkanik topluluğu olarak adlandırdığı kayaçların 15,9±0,4-21,5 my yaşları arasında olduğunu belirtmiştir.

Güney Grup-Balabanlı Volkanik Topluluğu; Toplulukta piroklastik birimler, andezitik ve riolititik lav akıntıları ile volkanojenik kumtaşlarından oluşma kırıntılı çökel düzeyler iç içedir. Piroklastik kayaçların hemen tümü piroklastik akıntı ürünü olarak gelişmiş ignimbritlerdir. Bunların yanı sıra yayılımı ve kalınlığı az olan piroklastik yağış ve taşma ürünleri de yer yer yüzeylenir. Biga yarımadası içersinde birimde; Koyunevi, Pınarlı, Kalabak, Bektaş, Akkaya, Bergas, Kadırga, Yanık, Kepez, Tamış olmak üzere 10 farklı ignimbirit düzeyi, Babakale, Bademli, Halaza, Sürüce, Çiçeklik, Kuruoba, Bakacak, Behram, Tuzla, Ortatepe, Yeşilliman olmak üzere 11 farklı lav akıntı düzeyi ile Tepeli, Yumurcaktepe, Küçükçam, Kaşınkaya olmak üzere 4 farklı kırıntılı çökel düzeyi bulunur (Karacık, 1995). Birimdeki seviyelerin inceleme alanı içersinde gözlenenleri aşağıda tanıtılmıştır.

Koyunevi İgnimbriti (T_{bk}); Bademli andeziti-Babakale lav-lahar topluluğu üstünde yer alan yaklaşık 40 m kalınlıklı birim, Kepez ignimbriti tarafından uyumsuzlukla örtülür. Koyunevi ignimbriti taban, orta ve üst zon olmak üzere 3 ayrı seviye şeklindedir (Karacık, 1995). İlk seviye reçine parlaklığında, siyah obsidyen görünümlü matrikslidir. Taban, yer yer birbirinden farklı seviyeler sunar. Orta zon, genelde monoton pamis ve lav kaya parçalarından oluşmuş açık-koyu bordo renklidir. Çalışma alanı içinde gözlenen üst zon, Koyunevi ignimbritinin en yaygın seviyesidir. Bordo kiremit, koyu kahve renkli ve ileri derecede kaynaklı ötakstitik dokulu pamislerden oluşur. Genelde midye kabuğu kırıklı ve tümüyle camsı olan bu zonda volkanik kaya parçaları azdır. Alt zonları dayanımsız ve erozyon ile aşınmış olan bu zonun üst kesimleri dayanımlı ve düz sırtlar şeklindedir. Özellikle Tuzla çayı vadisi içinde izlenen üst zonun kalınlığı 20-30 m dir ve sütunsu soğuma çatlakları içerir. Koyunevi ignimbritinde, fiamelelerdeki uzamalar ve pamislerdeki basılmalar, lav

akıntısının yatay olduğuna işarettir (Karacık, 1995).

Yanık İgnimbriti (T_{byn}); Çoğunluğu pamis tüflerden oluşur. İçinde az miktarda lav parçaları bulunan birim Koyunevi ve Kepez ignimbritleri arasında izlenen piroklastik akıntı ürünüdür. Birim ilk kez Karacık (1995) tarafından ayrı bir seviye olarak ayırtlanmıştır. Genellikle alçak düzlükler ve vadilerde izlenen birim inceleme alanı kuzeyinde Ahlatalan obasında gözlenir. Gri-koyu gri renkli, 3-10 cm tane boyutlu bol pamisli, yuvarlak-köşeli kayaç parçalı birim, yer yer kristallidir. Tabakalı olmayan birim piroklastik yağış ürünü özellikleri sunar. Kayaç parçalarının bol bulunduğu kesimlerde iç yapı düzensizdir. Bu özelliği nedeniyle birim; iki piroklastik akıntı arasında gelişmiş kaynaklı bir pamis akıntısıdır (Karacık, 1995).

Kepez ignimbriti (T_{bkp}); Kaynaklı ve kaynaklı pamisli blok akıntılarında oluşur. İlk kez Karacık (1995) tarafından ayırtlanmıştır. Çalışma alanında Tuzla rioliti ile kesilmiş, çökel birimler ile örtülmüştür. Ayvacık volkanikleri ile tektonik dokanaklı olan birim, Tuzla çayı çevresinde Yanık ignimbriti üzerinde yer alır. Birimi diğer ignimbritlerden ayıran en önemli özelliği; kaynaklı ve kaynaklı seviyelerinin aralanmalı olması ve volkanik akıntı içerisinde lav düzeyleri ile ince düzeyli tüfler içermesidir (Karacık, 1995).

Genel özellikleri Karacık (1995) tarafından tariflenmiş piroklastik akıntı ürünü birim, Biga yarımadasında çok geniş yayımlıdır. Birim yarım adada, yayılım sunduğu alanlarda yersel bazı farklılıklar sunar. İnceleme alanında Kurtlu Kuyu Vadisi'nde ileri derece ayrışma ve/veya alterasyon ürünleri sunan birim, tabanında yanal devamlılığı bulunmayan ince bir taşma düzeyi ile başlar ve üste doğru ince pamis akıntısı, kaynaklı ve kaynaklı pamisli blok akıntısı seviyelerine geçer. Bu seviyelerde yer yer ince lav akıntı düzeyleri ile aralanan birim, kaynaklı seviyenin üzerindeki yeni kaynaklı pamis akıntısı ve bunun da üzerindeki kaynaklı pamis akıntısı ile son bulur. Taban taşma düzeyi, tuf matriks içinde dağılmış köşeli-yarı köşeli kayaç parçalarını içerir. Bol pamisli olan bu düzeyde, kaya parçalarını andezit-latit bileşimli lavlar oluşturmuştur. Bu düzey üzerinde bulunan beyaz renkli, yer yer litik elemanlı pamis tuf, Kepez ignimbritinin bütün alt dokanağı boyunca yaygın olarak izlenen en alt düzeyini oluşturmuştur. Taban seviye üzerindeki açık pembe, krem renkli kaynaklı pamis akıntı düzeyi; içinde küçük fiameler, cam, kristal ve küçük kayaç parçalarının bulunduğu basılmış pamisli seviye ile başlar ve üste doğru fiamelerin boylarının büyüdüğü, siyah renkli uzamış fiamelerin aralandığı, aralarında kayaç parçası ve pamislerin benekler şeklinde izlendiği bir oluşumla sonlanır. İkinci minerallerin gelişmiş olduğu bordo renkli, camsı, porfirik lav görünümü, homojen, siller düzeyleri içeren en üst zonda, kayaç parçası ve

fiameler azalmaktadır. Bu zonda sütunsal soğuma çatlıakları ise yaygın olarak izlenir. Sillar düzeyinin altındaki pembemsi bordo matriksli, fiameli, basılmış çeperleri kaynaklanmış açık pempe pamisler ile kristaller, Kepez ignimbritinin en yaygın izlendiğı kesimleridir.

Tamış ignimbriti (T_{bt}); Kaynaklı ve kaynaksız pamis akıntılarında oluşmuş birleşik bir akıntı ürünüdür. Birim ilk kez Karacık (1995) tarafından ayrı bir seviye olarak ayırtlanmıştır. İnceleme alanında Dededağ formasyonuna ait lavlar üzerinde izlenen birimin üstünde tutturulmamış genç çökeller bulunur. Biga yarım adasında yayılımı sınırlı olan birimin genel zellikleri Karacık (1995) tarafından tariflenmiştir. Tabanı çökel seviye ile başlayan birim, üste doğıru birleşik bir akıntı şeklindeki kaynaklı ve kaynaksız düzeylerin ardalandığı pamisli blok akıntısına geçer. Akıntı tabanında Ayvacık volkanik grubu Erecek kumtaşı üyesinin kırıntılı çökel düzeyi bulunmaktadır. Açık gri, beyaz kumtaşları ile yer yer izlenen çakıltaşlarından oluşan düzeyde, çakıltaşları çoğunlukla andezit-latit bileşimli kesimlerde genellikle iyi yuvarlanmış kanal dolguları şeklindedir. Sıkca pamis tf ve lav seviyelerinin de bulunduğı bu düzeyde lavlar siyah-bordo camsı, vesiküler dokulu ve camsı bileşimlidir.

İnceleme alanındaki piroklastik akıntı kayaaları bir bütün olarak değıerlendirildiğinde Karacık (1995) tarafından aşağıda verilen şekliyle 4 farklı gruba ayırtlanır;

- 1- Kaynaksız kristalli pamis tf
- 2- Az kaynaklı az basılmış pamis tf
- 3- Orta kaynaklı iyi basılmış pamis tf
- 4- Çok iyi kaynaklı çok iyi basılmış pamis tf tür.

Yazar; Biga yarımadası içersinde piroklastik akıntı olarak adlandırıp ayırtlamış olduğı birimler içinde, Koyunevi ve Kepez ignimbritlerinin; yarımada da genellemiş olduğı bu 4 farklı gruba ait özelliklerin tümünü içerdiğini de belirtmiştir.

Tuzla riyliti (T_{btz}); İleri derecede hidrotermal alterasyona uğramış riylit-riyodasit bileşimli birim Tuzla tepe çevresinde dom şeklinde morfolojik yapı sergiler. Yayılımı fazla geniş olmayan birim ilk kez Karacık (1995) tarafından farklı bir seviye olarak ayırtlanmıştır. Tuzla riyliti çevresindeki Ayvacık grubu, Babadere formasyonuna ait tüfler ile Dededağ formasyonuna ait andezit-latit bileşimli kayaları ve Balabanlı grubu, Kepez ignimbritini kesmiş en genç lavdır.

Gri, açık yeşil, açık pembemsi felsitik dokulu plajiolas, kuvars fenokristalli riylit lavlardan oluşan birim, bünyesinde dolaşan sıcak akışkan nedeniyle ileri derecede hidrotermal alterasyon etkisinde kalmıştır. Bu yüzden domun bazı kesimlerinde

lavların ilk özellikleri güçlükle ayırt edilir. Tektonik etki sonucu kırıklı yapı kazanan birimde, Tuzla Tepe yamaçlarında alterasyon nedeniyle kaolen zonları oluşmuştur. Tuzla Tepe'nin üst zonlarında artık sıvılar ile zenginleşmiş hidrotermal akışkan içindeki silislerin, kayaç bünyesine etkimesi ile oluşmuş sileksitik-amorf silis oluşumları, demir şapka şeklinde izlenen kayalık kesimleri oluşturmuştur. Amorf silis kütleler etkisi altında kaldığı tektonizma nedeniyle parçalı-kırıklı, breşleşmiş yapı kazanmıştır. Tuzla Tepe zirvesi ve yakın çevresinde, riolitik lavın ani olarak soğuduğu kesimlerde gelişmiş siyah-koyu kahve renkli obsidiyen düzeyleri, porfirik dokulu kristalen lavlar ile geçişlidir (Karacık, 1995). Riolitik dom yerleşme sırasında batısında yer alan çökel kayalar ile güneyinde bulunan ignimbritleri deforme etmiş ve çevre kayaçlarda alterasyonun gelişimini kolaylaştırmıştır. Tuzla Tepe zirvesi ve üst kotlarında düşey foliasyonlu olan riolitik kayaçlar, Tuzla Tepe yamaçlarında Tuzla, Tuzla Tepe ve Kurtlu Kuyu fayları nedeniyle breşik akıntılıdır. Lavın gelişimi sırasında, akış cephesindeki oto breşlenme ile lav akıntısı iç içedir. Lavın gaz kaçış kanallarında 3-10 cm boyutlu felsik lav breşleri de izlenmektedir (Karacık, 1995).

Ortatepe rioliti (T_{bo}): Riolit-riyodasit bileşimli felsik lavlardan oluşur. İlk kez Karacık (1995) tarafından adlandırılmış birim olasılıkla Tuzla rioliti ile ilişkili olarak gelişmiş ve Koyunevi, Kepez ignimbriti ile Ayvacık formasyonuna ait kayaları kesmiştir. Birim, Ortatepe ile Kızılcatepe'de dom şeklinde morfolojik yapı sunar. Beyaz, gri-koyu gri, camsı matriksli, mikrofenokristalen birim çoğunlukla bozunmamış taze yüzeyler ve mikro kıvrımlı akma laminasyonu sergiler (Karacık, 1995).

Petrografik özellikleri açısından benzer olan Tuzla ve Ortatepe riolitlerine ait örneklerde izlenen fenokristallerin hacim yüzdeleri Karacık (1995) tarafından; kuvars (% 15-25), plajiolklas (% 25-75), alkali feldspat (sanidin) (% 15-25), biyotit (% 5-7), hornblend (% 5-7) olarak belirlenmiştir. Kriptokristalen dokulu Tuzla riolitinde, yer yer devitrifiye olmuş matrikste kriptokristal toplulukları veya ışınal, lifsi kristal kümeleri şeklinde ikincil kuvars kristalleri gelişmiş iken Ortatepe riolitinde genelde renksiz, bazı kesimlerde ise demir oksit sıvıamaları nedeniyle kahve renkli camsı matriks gelişmiştir. Camsı matriks içinde bazı alanlarda akma kıvrımlarında izlendiği riolitlerde vitrofirik ve hyalopilitik dokular en yaygın izlenen dokularsa da yer yer hornblend ve biyotitin bir araya toplandığı kümülofirik dokular da izlenmektedir. Eş boyutlu ve genelde ufak kristaller şeklinde olan fenokristaller ile mikrolitlerin tümü akma yönünde dizilmiştir. Matriks-fenokristal oranlarına göre Tuzla riolitinde fenokristaller seyrek, Ortatepe riolitinde ise yoğundur.

Gülpınar üyesi (T_{1g}); Tavaklı formasyonunun iri taneli kaba kırıntılılardan oluşan llica üyesi üzerinde yanal ve düşey geçişli, kırıntılı ve karbonat istifidir. Birimde çamurtaşı, kiltası, marn ve kumtaşı ardalanması gözlenir. Genellikle karbonatlı çamurtaşı, kiltası ve ince taneli kumtaşlarından oluşan birimin bazı kesimlerinde aşırı altere, açık renkli bol pamisli, yer yer vitrik bileşenli felsik tüfler de izlenir. Birimin tabanı 1-2 m kalınlıklı çakıltaşı ile ardalanmış kiltası, marn ve kumtaşı ile başlar. Birimde üste doğru çakıltaşı düzeyleri azalıp kaybolmakta, karbonat oranı ise artmaktadır. Karbonatlı kumtaşı, silttaşı ve marn seviyelerinin üzerinde boşluklu kireçtaşı seviyesi bulunur. En üst kesimi oluşturan bu kireçtaşları, gri-bej, beyaz-krem renkli, kırılğan ve pürüzlü kırılma yüzeyli, ince kalsit damarlıdır. Tabaka kalınlığı az olan kireçtaşları, Mactra, Ostrea, Ostrakod ve Pecten fosillerini içerir (Karacık, 1995). Birimdeki karbonatlı seviyelerde bol fosil bulunması, benzeri fosillerin bölgenin geniş bir alanında yayılım sunması, topluluğunun Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı olabileceğine işarettir. Şamilgil (1966) ve Kaya (1982) nın yapmış oldukları çalışmalarla elde edilen fosil topluluğu bilgileri, bölgenin Geç Miyosen ve Erken Pliyosen döneminde yarı kurak ve sığ denizel karakterde olduğu, karasal ortamdan denizel ortama geçişler gösterdiğine işarettir. Kaya (1982) nın karasal çökeller içinde bulunduğu Hipporion fosilleri ile denizel karakterli fosilleri içeren düzeylerin sunmuş olduğu ardalanma da bu teoriyi destekler niteliktedir (Karacık, 1995).

Biga yarımadasında Tavaklı çökel topluluk kayaçları üzerine Kuvaterner yaşlı eski ve yeni Alüvyon çökelleri yer almaktadır.

Zayıf Tutturulmuş Genç Çökeller; Eski Alüvyon (Qale); Bölgenin kuzeybatısında Geyikli köyü çevresinde yaygın olarak izlenen çökeller, doğu ve güneybatıda sınırlı, güneyde kalan alanlarda ise daha sık izlenmektedir (Şekil 3.2). Genel olarak yayılım sunduğu alanlarda yayvan düzlükleri oluşturan bu genç çökeller, tutturulmamış yer yer kötü tutturulmuş, kum matrikslidir. Birim içersinde yer alan irili-ufaklı değişik boyutlu çakıllar iyi yuvarlanmamış, köşeli-az köşelidir. İnceleme alanında, yakın çevredeki birimlerin malzemeleriyle oluşmuş çökeller blok, çakıl, iri kum, ince kum, silt ve kilden oluşmuştur ve zayıf çimentoludur. Birim, inceleme alanının kuzeybatısı, güneybatısı ve güneydoğusunda gözlenir (Şekil 3.4).

Kuvaterner Oluşukları (Qal); Biga yarım adasında alüvyonlar; bölgenin batısındaki sahilde, kuzeydoğusunda Küçük Menderes çayı ile güneybatısında Tuzla çayı çevresinde ve güneyinde izlenir (Şekil 3.2). İnceleme alanında alüvyon oluşukları Tuzla çayı çevresinde Karakovalık düzü mevkiinde izlenmektedir (Şekil 3.4). Tuzla çayı ve buna bağlanan tali kolların işlevleri ile gelişmiş çökeller volkanik

malzemeden oluşma çakıltası, kum ve çamurlardır. Bu çayların menderes yaptığı yerlerde güncel kum barları gelişmiş ve halen de gelişmektedir.

3.4 Yapısal Jeoloji ve Jeolojik Evrim

Yapısal jeoloji ve jeolojik evrim başlığı ile hazırlanan bu bölümde, çalışma alanındaki yapısal unsurların açıklanıp, bölge ile ilişkisinin kurulabilmesi için, Biga yarım adasını da etkilemiş Ege bölgesindeki Tortoniyen (Üst Miyosen)-Ponsiye (Pliosen) döneminden önce ve sonra gelişmiş tektonik yapılar, bölgesel tektonik, inceleme alanında etkili olmuş tektonik yapılar ise inceleme alanının tektonik özelliği alt başlıkları ile incelenmiştir. İnceleme alanının içersinde bulunduğu Biga yarımadası Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından Sakarya kıtası tektonik birliği içinde gösterilmiştir.

3.4.1-Bölgesel tektonik

Biga yarımadasının batısındaki yapılar, paleotektonik ve neotektonik yapılar olarak iki grupta toplanabilir. Paleotektonik yapıların en önemlileri, Denizgören ofiyolit bindirmesi, Çamköy bindirmesi ve iç çekirdeğini Geyikli formasyonunun oluşturduğu büyük ölçekli Geyikli antiklinalidir (Karacık, 1995). K-G doğrultulu ve KD dalımlı Geyikli antiklinali, bölgenin temelini oluşturan Karadağ metamorfik topluluğunun antiklinal çekirdeğidir. Kıvrımın kanatlarını sırasıyla, rekristalize kireçtaşı ve mermerlerden oluşma Sakarkaya formasyonu ile metaflaş karakterdeki Çamköy formasyonu oluşturur. Geyikli antiklinali tektonik evrim sürecinde batı yönünde itilerek asimetrik kıvrım özelliği kazanmıştır. Denizgören ofiyoliti kıvrımın doğu kanadı üzerine tektonizma ile yerleşmişken, Tavaklı formasyonu kıvrımın batı kanadı üzerine açısız diskordans olarak yerleşmiştir (Karacık, 1995). Kıvrımın batı kanadındaki ilişki, Geyikli antiklinalinin kıvrımlanma yaşının Üst Miyosen yaşlı Tavaklı formasyonu öncesi olduğunu göstermektedir. Çamköy bindirmesi Kuzeybatı ve Batı Anadolu'da Mesozoyik tektonik evrimi içinde açılıp daha sonra suture zone oluşturarak kapanmış bir havzada oluşmuştur. Bindirme düzleminin eğimi güney kesimlerde 70-80° kuzey kesimlerde 25-30° arasındadır. Denizgören ofiyoliti, Çamköy bindirmesi boyunca Karadağ metamorfik topluluğu üzerine yerleşmiştir (Karacık, 1995). Okay vd. (1990) tarafından adlandırılmış Çamköy bindirmesinin ofiyolit tabanına ait radyometrik yaş tayini Alt Kretase olarak belirtilmiştir.

Neotektonik dönemde gelişmiş tektonik yapılar; türleri ve yaşları benzer olan fakat büyüklükleri farklılıklar sunan faylardır. Biga yarımadasının batısı ile güneyinde yer alan sahil çizgisine paralel gelişip metamorfik kayaları, Kestanebol plütonunu,

volkanik kayaları, çökel kayaları kesen bu faylar; başlıca K-G ve D-B gidişli olmak üzere iki doğrultu boyunca yoğunlaşmıştır (Mützenberg, 1990; Karacık, 1995).

Şengör vd (1984), Ege bölgesinde Tortoniyen-Ponsiyen döneminden sonra gelişmiş yapıları neotektonik yapılar olarak sınıflandırmışlardır. Yazarlara göre Batı Anadolu'da izlenen neotektonik yapılar; KB gidişli yapılar, güneybatıda Helen hendeğine paralel yapılar ve Batı Anadolu'nun da yer aldığı orta ve doğu kısımlarda gözlenen kabaca D-B gidişli yapılar olmak üzere başlıca üç grupta toplanmaktadır. Sakarya kıtası, Ege'de, Tortoniyen-Ponsiyen aralığında başlayan K-G gerilme sistemi ile kalınlaşmış, alt kesimleri kısmi ergimeye uğramış ve gerilen kabuk kırılğan üst kesimlerinde horst ve graben sistemlerini geliştirmiştir (Yılmaz, 1990). Arpat ve Şaroğlu (1972) D-B gidişli grabenlerin normal faylarla sınırlandığını, McKenzie (1978) Batı Anadolu'da yer alan grabenlerin rejyonel ölçekte eski tektonik unsurların kontrolü altında geliştiğini, Şengör (1980) D-B uzanan grabenleri sınırlayan fayların eğimlerinin derine doğru hızla azalan listrik normal fay olması gerektiğini belirtmiştir. Siyako vd. (1989), Biga ve Gelibolu yarım adalarında Erken Miyosen'de, Kuzey Anadolu Fayı'nın faaliyeti ile gelişmiş fayların KD-GB gidişli sağ yanal atımlı faylar olduğunu, bu tektonik rejimin günümüzde de devam ettiğini belirtmişlerdir. Bu aktiviteye bağlı olarak Oligosen sonunda güney Trakya, Biga ve Gelibolu yarım adalarının bulunduğu kesim yükselerek aşınmış ve Erken-Orta Miyosen'de yoğun bir kalkalkalen volkanizma ile yeni bir tektonik rejim başlamıştır.

Biga yarımadası genelinde neotektonik dönemde gelişmiş ve sırasıyla metamorfik kayalar, Kestanbol plütunu, volkanik kayalar ile çökel kayaları kesmiş olan ana faylar (Şekil 3.2) Karacık (1995) tan yararlanılarak kısaca tanıtılmıştır.

3.4.1.1 Metamorfik kayaları kesen ve sınırlayan faylar

Yarımadada metamorfik kayalar Ezine ilçesinden geçen Çamlıca fayı ile kesilmişlerdir. Bu fay ile Denizgören ofiyoliti düşmüş ve Geyikli formasyonu ile aynı seviyeye gelmiştir. Yüzeylendiği kesimlerin bazısında normal, bazısında ters fay özelliği sunan Çamlıca fayının fay düzlemi K-G doğrultusuna yakın olup eğimi 70-80° arasında değişir.

Denizgören ofiyolit bindirmesi sonrası gelişmiş olan Çamlıca fayı ile Bayramiç grabeni Ezine yakınında ani olarak kesilmiştir (Karacık, 1995).

Bölgede K-KD doğrultulu gelişmiş lineasyonlar, metamorfik kayalardaki düzlemsel ve çizgisel doğrultulara, paleozoyik birimlerdeki tektonik sınırlara ve sahil kesimindeki normal fayların yönelimlerine de uyumludur (Mützenberg, 1997).

3.4.1.2 Kestanbol plütonunu kesen ve sınırlayan faylar

Yaklaşık uzunluğu 2,5 km, düşey atımı 100 m olan Zambakkaya normal fayı ile Kestanbol graniti yükselip Kızıltepe formasyonuna ait lavlar ile aynı düzeye gelmiştir. Fayın yükselen bloğunda bulunan Kestanbol graniti, yüksekliği 250-300 m arasında değişen Zambakkaya, Kızkalesi gibi çizgisel gidişli tepeleri oluştururken, düşen blokta yer alan ileri derece altere felsik lavlar, topografyadaki düzlük kesimleri oluşturmuştur (Karacık, 1995). Kestanbol granitinde Zambakkaya fayı ile aynı doğrultuda olan 6 km uzunluklu Çığırı fayı, kuzey ile güney blok arasında belirgin bir kot farkı oluşturmuştur. Fayın güney bloğunda bulunan Çığırdağ (529 m), Kocadağ (478 m) gibi tepeler Kestanbol granitinin en yüksek alanlarını oluştururken fayın kuzey bloğu 250-300 m arasında değişen yükseltilerle yayvan bir morfolojiye sahiptir.

Biga yarımadasında sınırları geçişli izlenen Kestanbol graniti ile Poruklu mağmatiti, yaklaşık 4 km uzunluklu, D-B doğrultulu ve düşey atımlı Meyhanetepe fayı ile yan yana gelmiştir. Meyhanetepe fayı batısında yaklaşık 4 km uzunluklu D-B uzanımlı Sakarkaya fayı ile Sakarkaya formasyonu yükselip Kestanbol granitiyle yan yana gelmiştir.

Kestanbol granitinin batısında K-G uzanımlı düşey fay olan Alemşah fayı ile Kestanbol granitinin derin kesimleri yükselip bugünkü sahil çizgisini denetlemiştir. Kestanbol granitinin yerleşmesi ve örtü birimlerinin aşınmasından sonraki bir dönemde gelişmiş Alemşah fayı, granitler ezilip migmatitik kayalar oluşmuştur (Karacık, 1995).

3.4.1.3 Volkanik kayaları kesen ve sınırlayan faylar

Ayvacık volkanik topluluğu ile Balabanlı volkanik topluluğunu yan yana getiren Tuzla fayı ile Tuzla çayı vadisinde, Karadağ metamorfik topluluğuna ait mikaşistler de (Geyikli formasyonu) yükselip Balabanlı volkanikleri ile aynı seviyeye gelmiştir. Yörükler fayı ile kesilen Tuzla fayı, Tuzla çayı ile birlikte 2 km atılıp, batısındaki alanlar yükselmiştir. Tuzla fayı boyunca Tavaklı formasyonu ile Behram latit-andeziti de yan yana gelmiştir. Yarım adanın güneyinde sahile paralel gelişmiş Behramkale normal fay sistemi, Edremit grabeninin açılmasını denetlemiştir (Karacık, 1995). Sahile paralel uzanan bu sistem, çoğunlukla doğrultuları birbirine paralel ve uzunlukları 5-10 km olan listrik fay niteliğindedir. Bu faylar boyunca karaya eğimli litolojik birimler, denize basamaklar şeklinde alçalmıştır. Küçükkuşu-Güre fayının devamı konumundaki Behramkale fay sistemi Balabanlı volkanik topluluğuna ait hemen tüm birimleri keser (Karacık, 1995).

3.4.1.4 Çökel kayaları kesen ve sınırlayan faylar

Ege denizi sahil çizgisine paralel uzanımlı, yaklaşık 12 km uzunluklu Sazaktepe fayı ile Karadağ metamorfik topluluğu kayaçları yükselip Tavaklı formasyonu Ilıca üyesi çökel kayaçları ile yan yana gelmiştir. Tavaklı formasyonu çökel kayaçları ile Balabanlı volkanik topluluğu piroklastikleri yaklaşık KD-GB doğrultusunda uzanımlı Gülpınar fayı ile yan yana gelmiştir. Düşey atımlı ve yaklaşık 9 km uzunluğundaki fay kuzeyde Tuzla ovası alüvyonları tarafından örtülür. Sazaktepe ve Gülpınar fayları boyunca Kestanbol, Akçakeçili ve Tuzla sıcak su kaynakları yerleşmiştir.

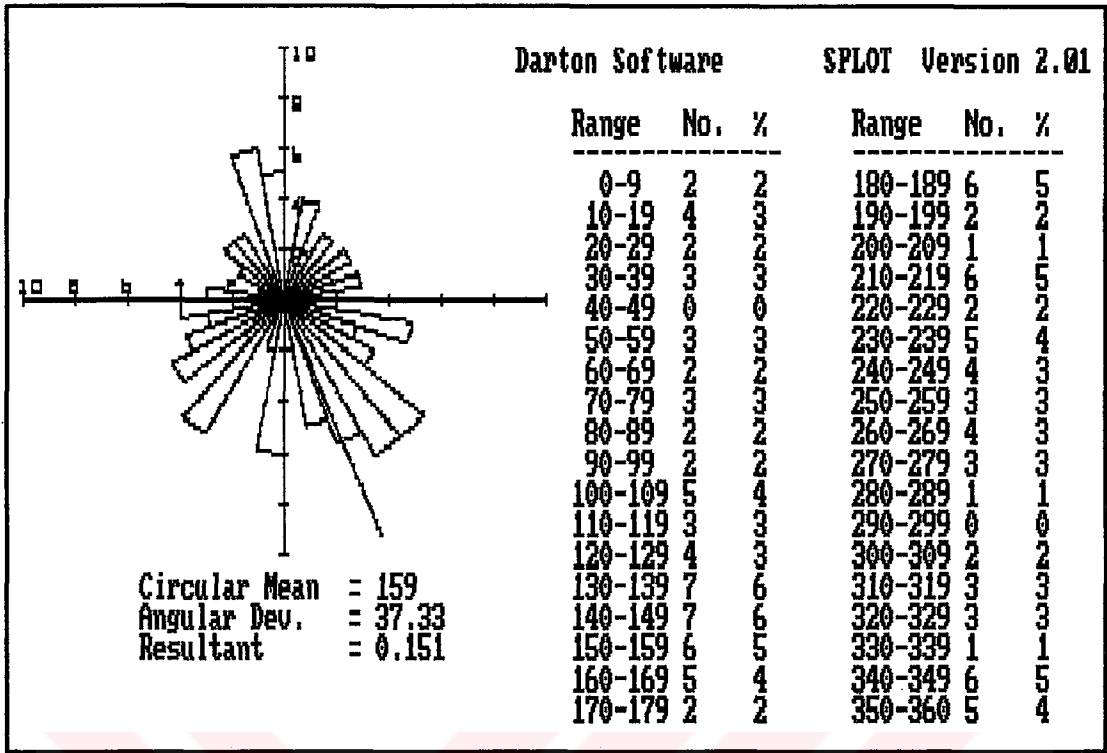
Biga yarım adasının tektonik yapısı; Doğu-Batı, Kuzeybatı-Güneydoğu ve Kuzeydoğu -Güneybatı yönlü kuvvetlerle şekillenmiştir. Bu yönlü kuvvetlerin etkisi ile oluşan Kuzeydoğu-Güneybatı, Kuzeybatı-Güneydoğu ve Doğu-Batı doğrultulu fayların denetiminde, kayaçlarda çeşitli yönlerde süreksizlik düzlemleri gelişmiştir. Ana fay sistemleri ve bu sistemler denetiminde gelişmiş süreksizlik düzlemleri boyunca dolaşım yapan jeotermal akışkanlar, Biga yarım adasının sıcak su potansiyelini oluşturmuştur. Dolaşımdaki sıcak akışkan ile kayaçlar arasında gerçekleşen reaksiyonlar sonucunda bölgede hidrotermal alterasyon için gerekli zemin oluşmuştur.

3.4.2 İnceleme alanının yapısal özellikleri

Ayvalık-İ16-d3 başlıklı 1:25.000 ölçekli topografik haritada Kösedere ovası, Uzunburun, Çamtepe ve Gentirler köyü arasında kalan 70 km² lik araziye içeren inceleme alanının yapısal unsurlar eski yapısal doğrultular ile Tuzla domunun etkisiyle gelişmiştir. Tuzla Tepe ve çevresindeki faylar ile bu fayların yakınlarındaki çatlaklar, jeotermal akışkanın düşey ve yatay hareket yeteneğini kolaylaştırarak arazideki etkin ayrışma ve alterasyona da zemin hazırlamıştır. İnceleme alanının yapısal özelliklerinin belirlenmesi için 180 lokasyonda 750 adet süreksizlik ölçümü yapılarak ve veriler değerlendirilmiştir.

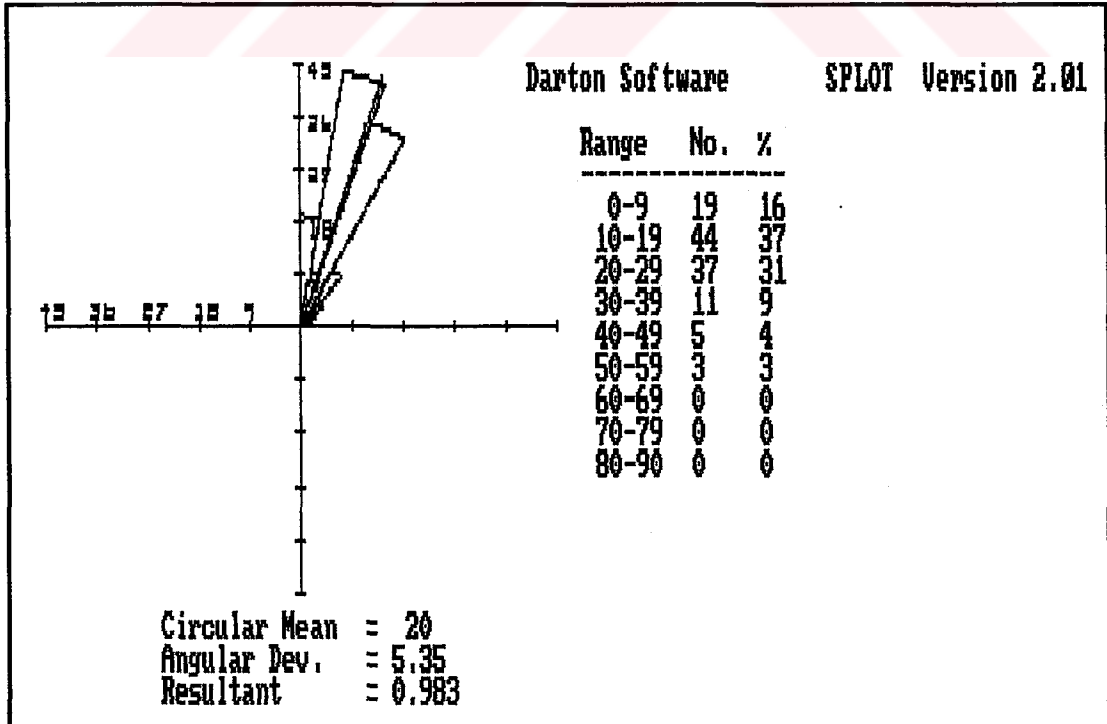
3.4.2.1 Tabakalar

İnceleme alanında Tortul kayaçlar ile Tuzla Tepe civarındaki tüfler tabakalıdır. Bunun dışında volkanik lavın bir kısmı da yüzeyde akıp katılaşırken tabakalı yapı kazanmıştır. Tabaka düzlemleri ile akma yönünde tabakalanmış lav akıntılarından alınan 119 adet ölçümle yapılan değerlendirmede, tabaka doğrultularının kutup noktaları % 9 yoğunlukla K10-19B, K30-39B ila K40-49B, % 8 yoğunlukla K30-39D, % 7 yoğunlukla K-9D ila K50-59D, % 6 yoğunlukla K70-79D ila K-9B ila K20-29B, % 5 yoğunlukla K10-19D, K60-69D, K80-89D, K50-59B, K70-79B ila K80-89B, % 3 yoğunlukla K20-29D ve K60-69B, % 2 yoğunlukla K40-49D aralığındadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 İnceleme alanında ölçülen tabakalar ile akma yönünde katılmış volkanik kayaların doğrultu aralığı.

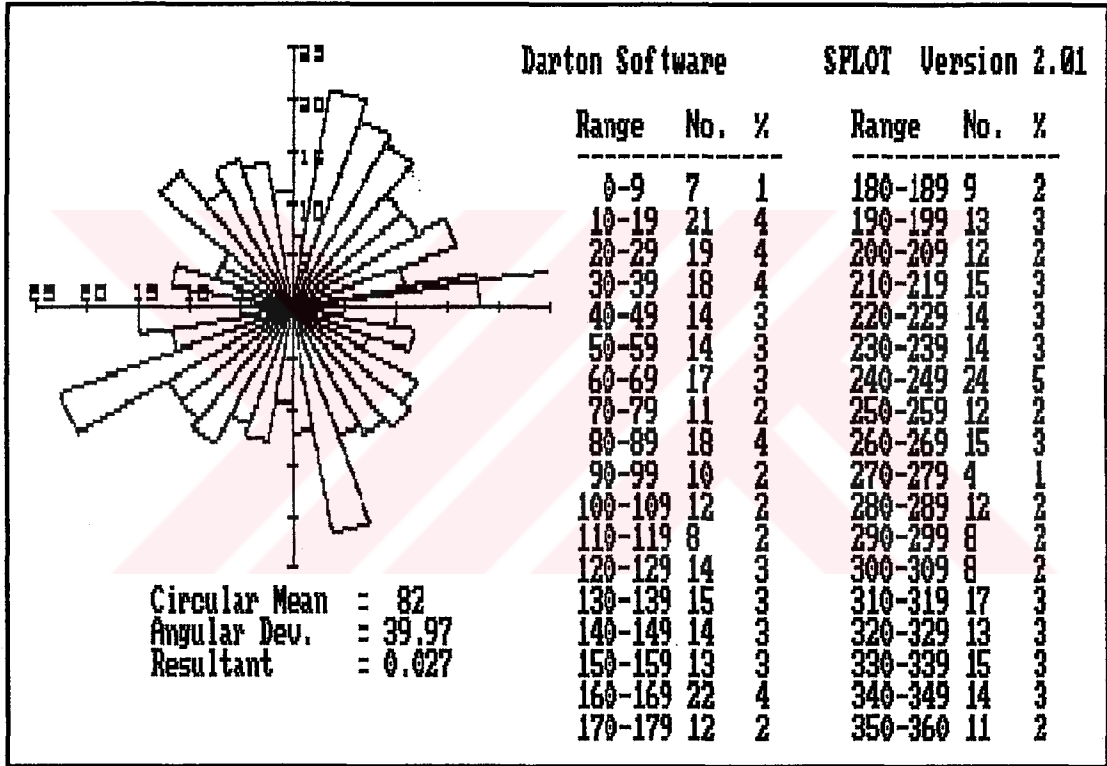
Tabaka eğimleri (Şekil 3.10) % 37 yoğunlukla 10-19 derece arasındadır. Bunu sırasıyla % 31 yoğunlukla 20-29, % 16 yoğunlukla 0-9, % 9 yoğunlukla 30-39, % 4 yoğunlukla 40-49 ve % 3 yoğunlukla 50-59 derecelik eğimler izler.



Şekil 3.10 İnceleme alanında ölçülen tabakalar ile akma yönünde katılmış volkanik kayaların eğim aralığı.

3.4.2.2 Çatlaklar

İnceleme alanında volkanik ve tortul birimlerden alınan 489 adet çatlak ölçümleri sonucunda çatlak doğrultuların kutup noktaları (Şekil 3.11) % 8 yoğunlukla K60-69D, % 7 yoğunlukla K10-19D, K30-39D, K80-89D ila K10-19B, % 6 yoğunlukla K20-29D, K40-49D, K50-59D, K20-29B, K30-39B ila K-40-49B, % 5 yoğunlukla K50-59B, % 4 yoğunlukla K70-79D, K-9B, K60-69B ila K70-79B, % 3 yoğunlukla K-9D ve K80-89B aralığındadır. Çatlakların eğimleri 10 ile 90 derece arasında değişmektedir. Eğimler % 22 yoğunlukla 80-90, % 19 yoğunlukla 70-79, % 17 yoğunlukla 60-69, % 15 yoğunlukla 50-59 ve % 10 yoğunlukla 40-49 dereceler arasındadır.

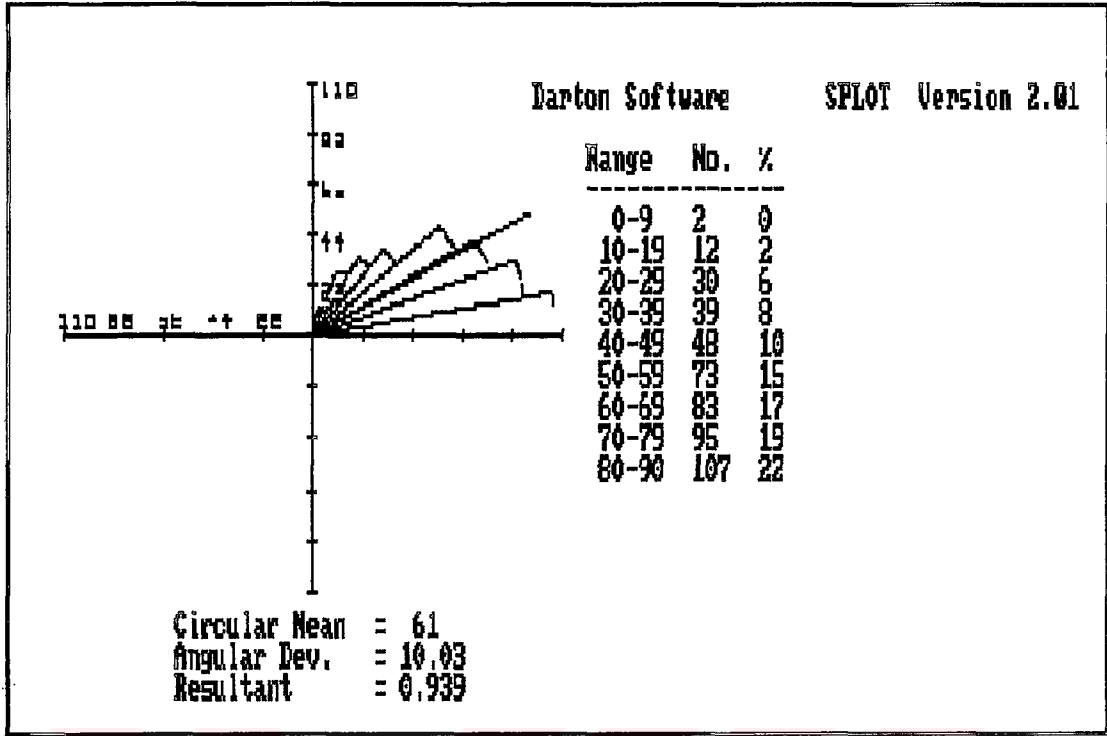


Şekil 3.11 İnceleme alanındaki çatlakların doğrultu aralığı.

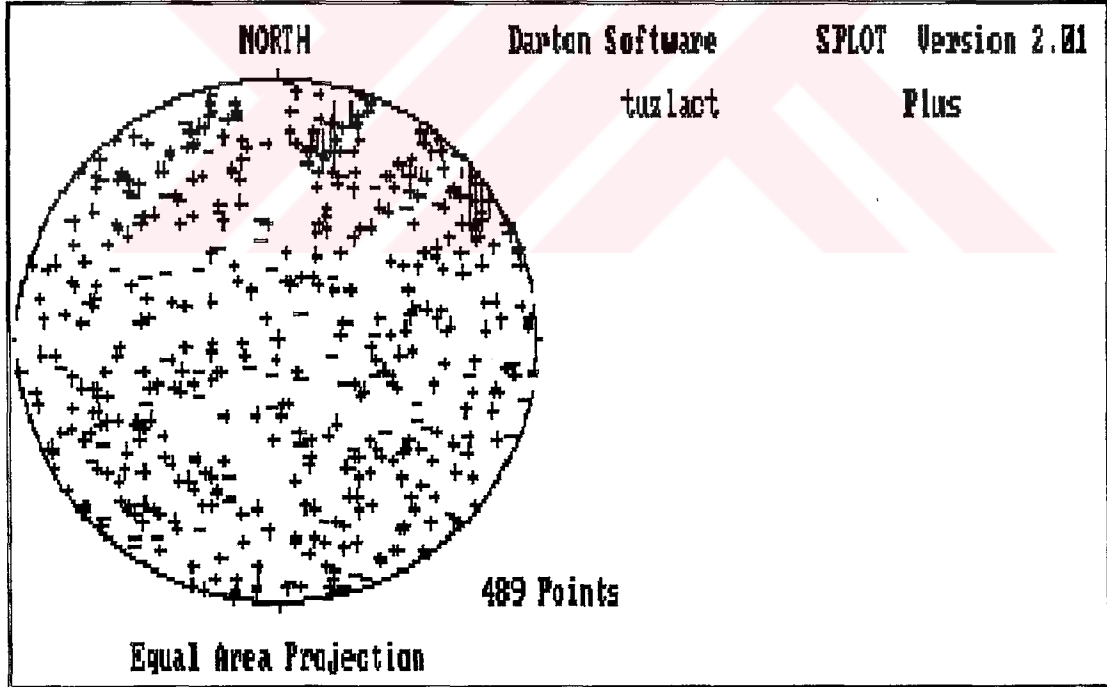
Bunları % 8 yoğunlukla 30-39 derece ile % 6 yoğunlukla 20-29 dereceler arasındaki eğimler izler. Arazi genelinde 10-19 derecelik çatlak eğimlerinin yoğunluğu ise % 2 dir (Şekil 3.12).

Çatlak ölçümleri ile yapılan kontur diyagramında süreksizliklerin başlıca K60-70D, 70-80GD ila K70-80B, 60-70GB ila K20-30B, 70-80GB ila K40-50B, 65-85GB yönelimlerinde yoğunlaştıkları belirlenmiştir (Şekil 3.13).

İnceleme alanında tortul kayalar ve tabakalı yapı gösteren tüfler ile yüzeyde akarken tabakalı yapı kazanmış volkanik lavda boyuna, enine ve verevine çatlaklar ölçülmüştür.



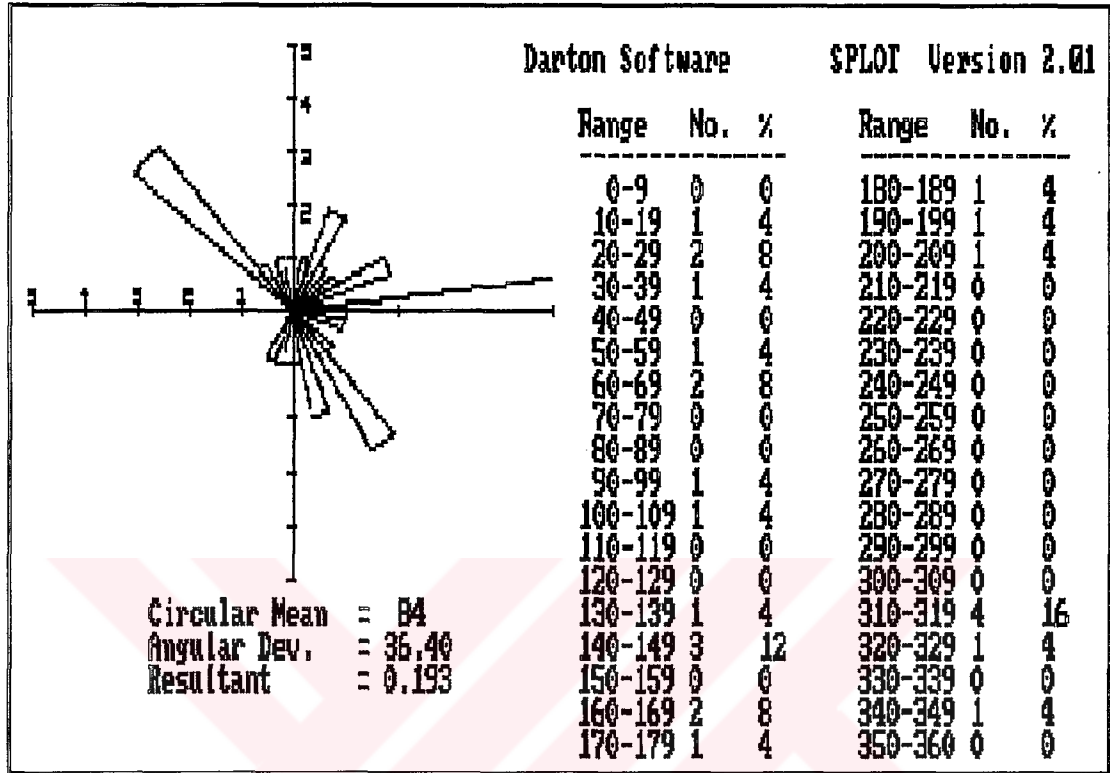
Şekil 3.12 İnceleme alanındaki çatlakların eğim aralığı.



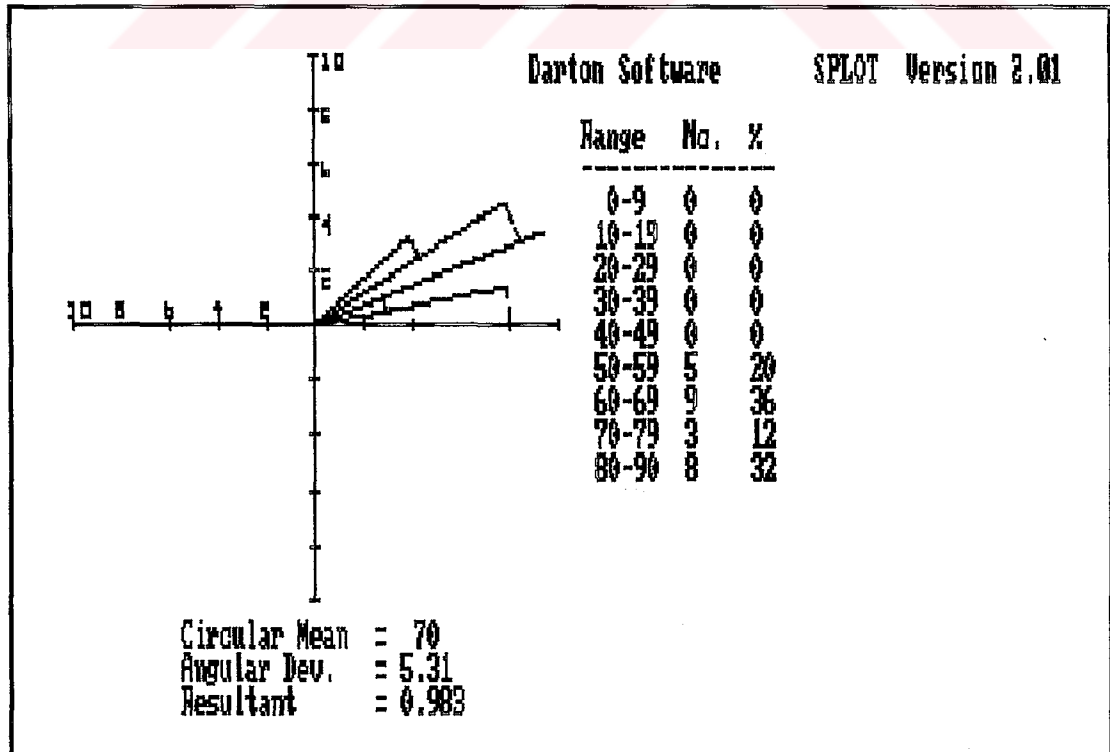
Şekil 3.13 İnceleme alanındaki çatlakların kontur diyagramı.

Ölçülen çatlak geometrisinde; boyuna çatlak doğrultularının kutup noktaları % 20 yoğunlukla K40-49B, % 16 yoğunlukla K30-39B, % 12 yoğunlukla K20-29D ile K10-19B, % 8 yoğunlukla K10-19D ile K60-69D, % 4 yoğunlukla K-9D, K30-39D, K50-59D, K-9B, K70-79B, K80-89B aralığıdır. Boyuna çatlak doğrultularının kutup noktaları K20-29B, K50-69B, K40-49D ile K70-89D aralığında gelişim

sunmamaktadır (Şekil 3.14). Boyuna çatlakların eğimleri % 36 yoğunlukla 60-69, % 32 yoğunlukla 80-90, % 20 yoğunlukla 50-59 ve % 12 yoğunlukla 70-79 dereceler arasındadır (Şekil 3.15).

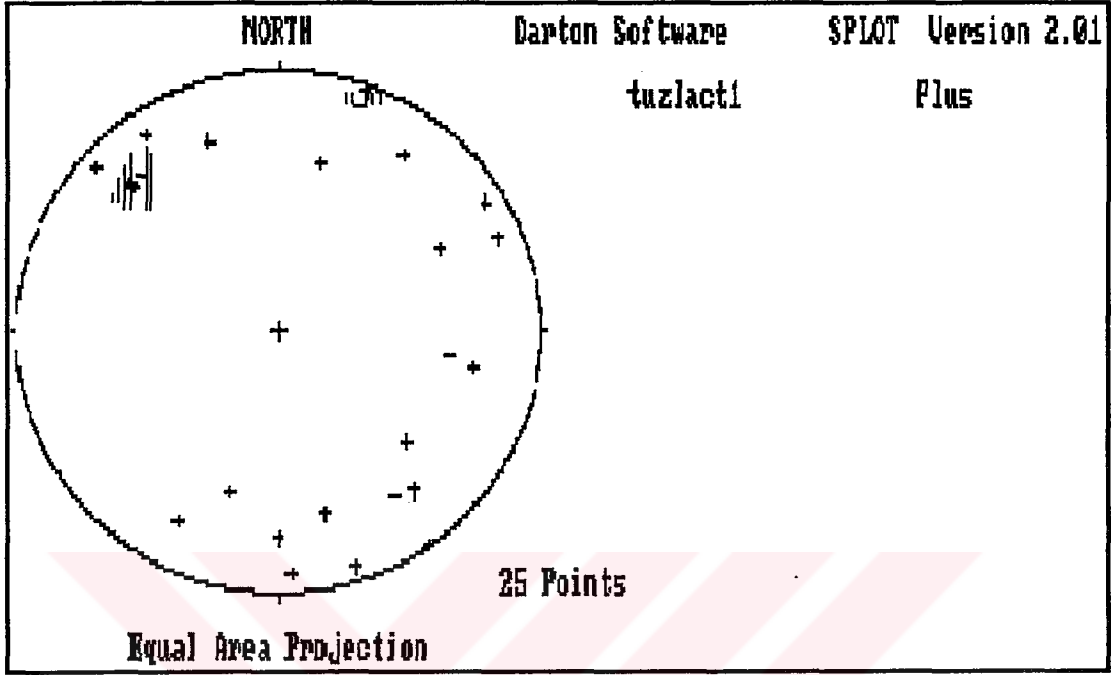


Şekil 3.14 İnceleme alanındaki boyuna çatlakların doğrultu aralığı.



Şekil 3.15 İnceleme alanındaki boyuna çatlakların eğim aralığı.

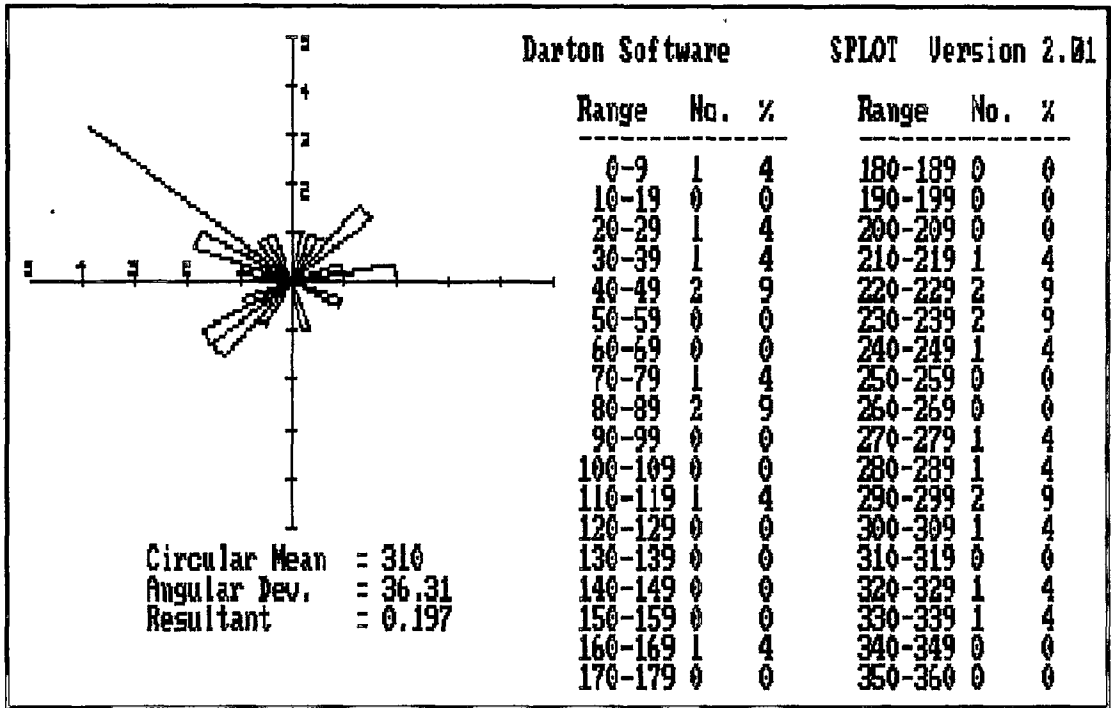
Boyuna çatlak ölçümleri ile yapılan kontur diyagramında süreksizliklerin başlıca K60-70B, 80-89GB ve K40-50D, 60-70GD yönelimlerinde yoğunlaştıkları belirlenmiştir (Şekil 3.16).



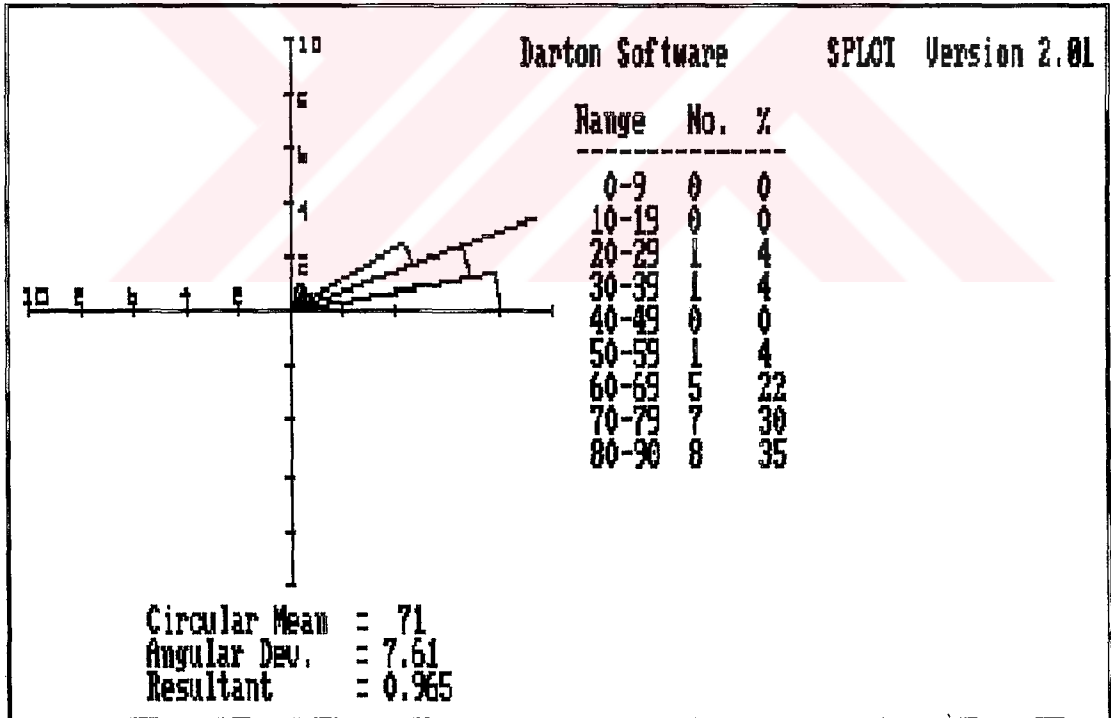
Şekil 3.16 İnceleme alanındaki boyuna çatlakların kontur diyagramı.

Enine çatlak doğrultularının kutup noktaları % 27 yoğunlukla K40-59D, % 13 yoğunlukla K60-69B, % 12 yoğunlukla K20-39D ila K10-39B, % 9 yoğunlukla K80-89D, % 8 yoğunlukla K60-79D ila K70-89B, % 4 yoğunlukla K50-59B ila K-9D aralığındadır. K10-19D, K-9B, K40-49B aralığında gelişim sunmamaktadır (Şekil 3.17). Enine çatlakların eğimleri % 35 yoğunlukla 80-90, % 30 yoğunlukla 70-79, % 22 yoğunlukla 60-69 ve % 4 yoğunlukla 50-59, 30-39 ve 20-29 dereceler arasındadır. (Şekil 3.18). Enine çatlak ölçümleri ile yapılan kontur diyagramında süreksizlikler başlıca K5-15D, 60-70GD ve K40-50B, 55-65GB yönelimlerinde yoğunlaşmıştır (Şekil 3.19).

Verevine çatlak doğrultularının kutup noktaları % 10 yoğunlukla K20-29B, K30-39D, K40-49D ila K60-69D, % 8 yoğunlukla K50-59B, K60-89B, K10-19D ila K80-89D, % 6 yoğunlukla K50-59D ila K10-19B, % 4 yoğunlukla K-9D, K20-29D ila K30-49B, % 2 yoğunlukla K70-79D aralığındadır. K-9B aralığında gelişim sunmamaktadır (Şekil 3.20). Verev çatlakların eğimleri % 33 yoğunlukla 80-90, % 27 yoğunlukla 70-79, % 18 yoğunlukla 50-59, % 10 yoğunlukla 60-69, 30-49, % 2 yoğunlukla da 20-29 dereceler arasındadır (Şekil 3.21). Verev çatlak ölçümleri ile yapılan kontur diyagramında süreksizliklerin başlıca K45-55B, 70-89GB ila K20-40B, 70-80GB ila K60-70D, 30-80GD yönelimlerinde yoğunlaşmıştır (Şekil 3.22).

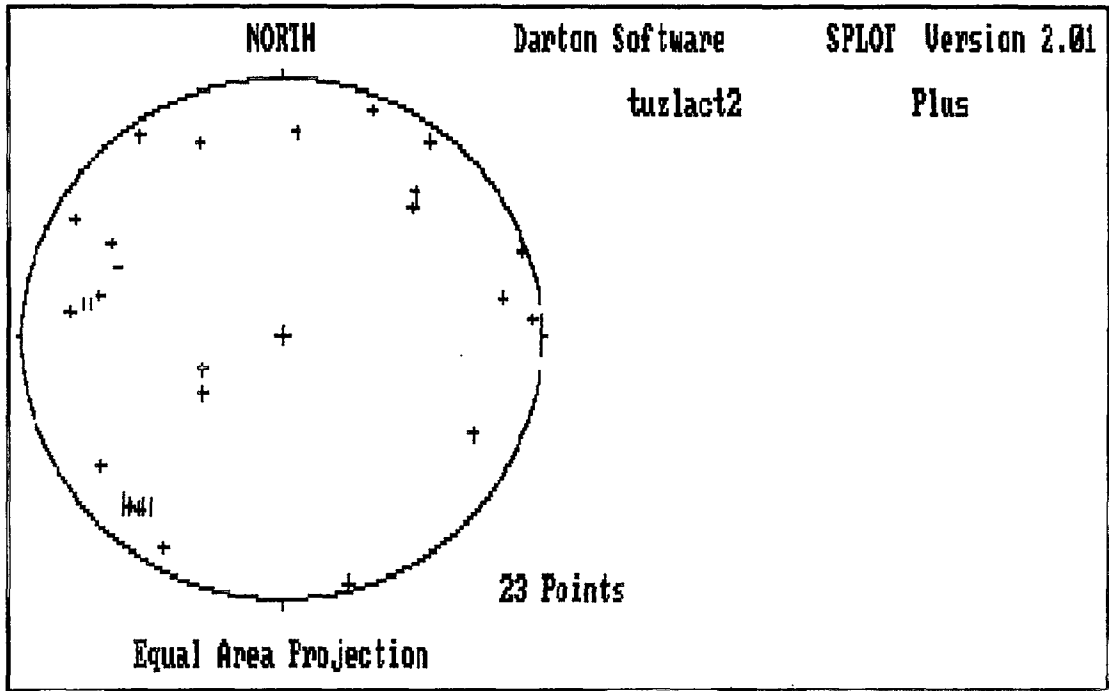


Şekil 3.17 İnceleme alanındaki enine çatlakların doğrultu aralığı.

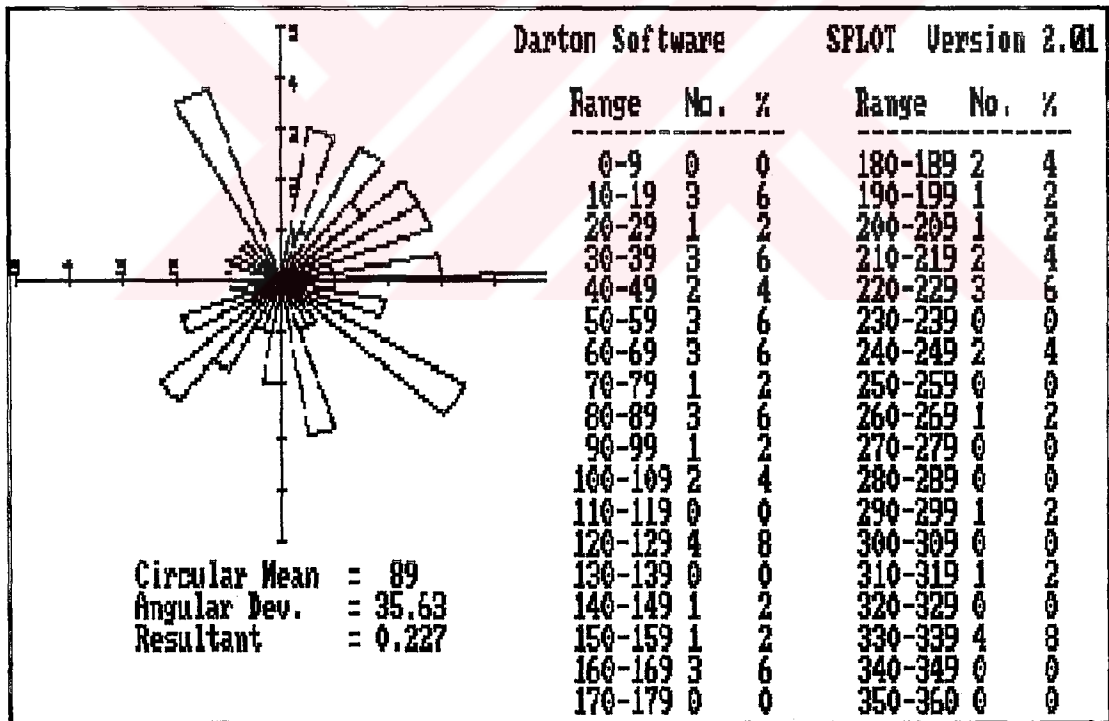


Şekil 3.18 İnceleme alanındaki enine çatlakların eğim aralığı.

Ölçülen süreksizliklere ait stereo net değerlendirmesinde; inceleme alanında tabakalar başlıca KD-GB, çatlaklar ise KB-GD aralığında gelişmiştir. Boyuna ve vevine çatlaklar başlıca KD-GB, enine çatlaklar ise KB-GD aralığında gelişmiştir. Kontur diyagram değerlendirmesinde çatlaklar başlıca K60-70D, 70-80GD ile K70-80B, 60-70GB ile K20-30B, 70-80GB ile K40-50B, 65-85GB yönelimlerindedir.



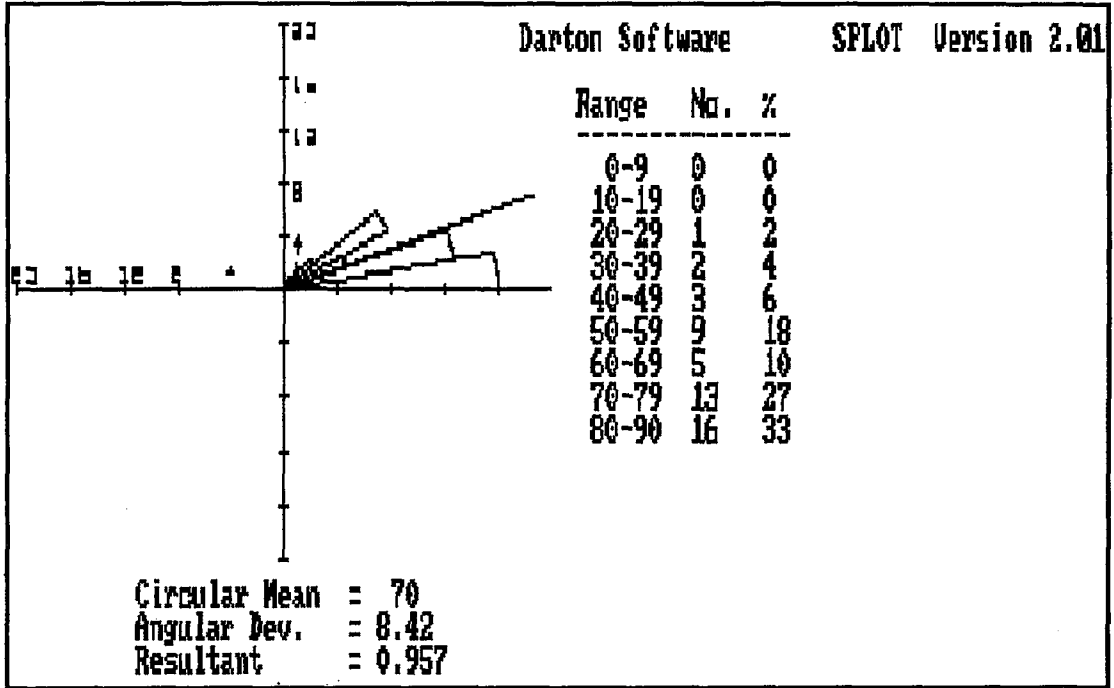
Şekil 3.19 İnceleme alanındaki enine çatlakların kontur diyagramı.



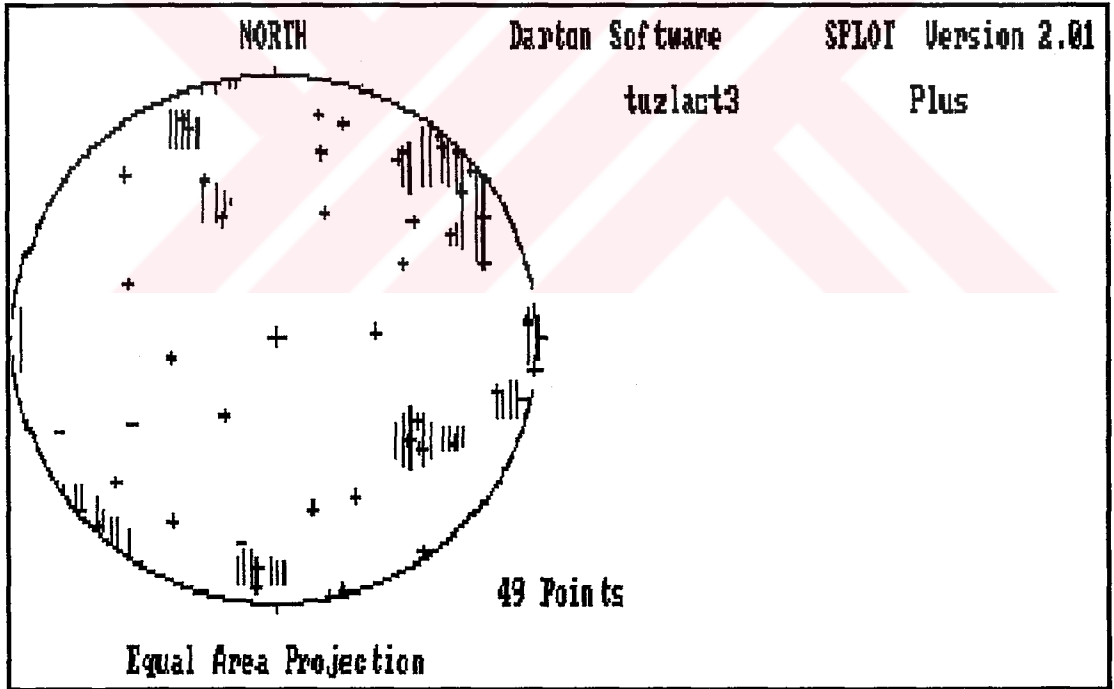
Şekil 3.20 İnceleme alanındaki verev çatlakların doğrultu aralığı.

3.4.2.3 Faylar

İnceleme alanı yer aldığı Biga yarımadasında etkili olmuş D-B, KD-GB ve KB-GD yönelimli fay sistemlerinin etkisinde kalmıştır. Bölgede Miyosen sonundaki tektonik evrelerle gelişmiş bu fay sistemlerinden, çalışma sahasında etkinliği birinci derecede önemli olanı, bölgesel nitelikteki KB-GD gidişli Tuzla fayıdır. Tuzla fayı, in-



Şekil 3.21 İnceleme alanındaki verev çatlakların eğim aralığı.



Şekil 3.22 İnceleme alanındaki verev çatlakların kontur diyagramı.

celeme alanında Tuzla Tepe eteklerinden Biga yarımadasının güney kesiminde bulunan inceleme alanı dışındaki Behramkale köyüne kadar yaklaşık 15 km uzunluğundadır. Biga yarımadasının kuzey ve güney grubu kayaçlarını oluşturan Ayvacık ve Balabanlı volkanik topluluğu kayaçları, Tuzla fayı ile yan yana gelmiş ve bazı kesimlerde ileri derecede ezilip kırılarak kataklastik yapı kazanmıştır. Yer yer eski ve güncel alüvyonlarla örtülmüş olan Tuzla fayı ile bu faya KD-GB

doğrultusunda açılı gelişen faylar, inceleme alanındaki hidrotermal aktivite ile ayrışma ve alterasyon gelişiminde etkili olmuşlardır.

Tuzla Tepe etekleri ile Kurtlu Kuyu Vadisi'nde KB-GD ve KD-GB doğrultularında paralel fay sistemleri de bulunmaktadır. Bu faylar; Tuzla Tepe, Ebe Tepe, Kurtlu Kuyu deresi ile Nalsöken köyünün çevresindedir. Arazi çalışmasında, 1:25.000 ölçekli jeoloji haritasına yerleştirilemeyen faylarda gözlenmiştir. İnceleme sahasında haritalanan tüm fayların eğimleri 50^0 ve düşeye yakındır. Ebe Tepe'nin kuzeybatısından başlayarak Tuzla Köyü içinden geçen K20-65B doğrultulu Tuzla fayı ile Kurtlu Kuyu Vadisi'nden Tuzla Tepe zirvesine uzanan yaklaşık K35-45D doğrultulu Tuzla Tepe fayının kesişim noktasında, asıl sıcak su kaynağı çıkmaktadır. Arazide bu iki düşeye yakın eğimli fay sistemine paralel olarak gelişmiş ve haritaya çizilememiş fay ve kırıklar kayaçların bu kesimlerdeki ayrışma ve alterasyonunda etkili olmuşlardır. Sahada sıcak suyun diğer boşalım noktaları da yine bu fay sistemlerinin denetiminde gelişmiştir.

Yüzeysel ayrışma ile alterasyon olaylarının ve silisifiye zonların gelişimde, Tuzla fayı ve Tuzla fayına paralel uzanımlı Tuzla Köyü fayı ile Tuzla fayına açılı gelişmiş KD-GB uzanımlı Tuzla Tepe, Kurtlu Kuyu, Karaçam, Centirler, Çam Köy faylarıyla, bu fayların kesmiş olduğu kayaçlardaki süreksizlikler içinde dolaşan sıcak akışkanlar (hidrotermal aktivite) birinci derecede etkili olmuştur. Çalışma sahasında Kestanbol-Tuzla karayolu doğusunda, Ebe Tepe'nin eteklerinde Kösedere ovası başlangıç kesimlerinde gözlenen sıcak buhar çıkışları, silis sinterleri ve az silisli karbonatlı travertenler; bu kesimlerde halen genç bir tektonizmanın sürdüğünü kanıtlamaktadır.

Çalışma sahasının güney batı kesimlerinde Balabanlı ignimbitleri içinde izlenen Gülpınar Fayı, arazinin kuzeyinde Geren dere vadisinde yer alan Geren dere fayı ile bu faya kuzeyde paralel olan Nalsöken fayı KD-GB doğrultulu diğer önemli faylardır. Bu fayların yakınlarında da hidrotermal alterasyon ve silisleşme zonları gelişmiştir. Tuzla fayı dışında KB-GD doğrultulu diğer faylar Kapanca tepe fayı, Kocamezarlık fayı, Tabaklar fayı ile Tuzla köyü faylarıdır.

3.4.3 İnceleme Alanının Jeolojik Evrimi

Sakarya kıtası içerisinde yer alan Biga Yarım adasının güney batısındaki inceleme alanı, bölge genelinde etkili olmuş tektonik rejimler sonucu bugünkü yapısal özelliğini kazanmıştır. Bölgede Paleozoyik yaşlı metamorfik temel kayaçlar daha eski, Oligosen-Miyosen yaşlı mağmatik kayaçlar daha genç bir tektonik rejim ile gelişmiştir. Miyosen ve Pliyosen yaşlı volkanik-çökel kayaçlar Batı Anadolu'nun

tektonik yapısının oluşumundan sonra gelişmiş ortak örtü birimleridir (Karacık, 1995). Oligosen-Miyosen dönemindeki mağmatik faaliyeti (Kestanbol graniti) izleyen hipabisal kayaç gelişimi (Poruklu mağmatiti) sonrasında yeni volkanik faaliyetten, çalışma alanında Tuzla fayı ile yan yana gelen ve Biga yarımadasında geniş yayılımı olan Ayvacık volkanikleri (kuzey grup) ile Balabanlı volkanikleri (güney grup) oluşmuştur.

Lav, tüf, lahar akıntısı ve yer yer gelişmiş volkanotortul birimlerle başlayan kuzey grubun ilk ürünleri, felsik lavlar ile aynı bileşimli tüflerdir (Kızıltepe formasyonu). Genel olarak riyolit-riyodasit bileşimli domlar şeklinde gelişmiş felsik lavları piroklastik tüfler (Babadere formasyonu) izlemiş ve ardından ortamda andezit-latit bileşimli (Dededağ formasyonu) ortaç volkanik ürünler egemen olmaya başlamıştır. İnceleme alanı dışında ise ortaç bileşim yer yer lahar akıntıları (Ezine laharı) ve kırıntılı çökel düzeylerle (Erecek kumtaşı üyesi) ardalanmıştır (Karacık, 1995). Sınırları inceleme alanı içerisinde başlayan ve içinde yer yer kırıntılı çökel seviyelerinde izlendiği güney topluluk daha çok asit-ortaç bileşimli piroklastik akıntı ürünü olarak gelişmiş ignimbritler ile bunlarla ardalanmış lavlardan oluşmuştur (Balabanlı volkanik topluluğu). Bölgede Miyosen boyunca gelişmiş fay sistemleri ile Ege denizi çökmüş (Kaya 1981), Ege bölgesinde KD doğrultulu grabenler açılmış ve eş zamanlı volkaniklerden oluşmuş tortullar grabenlerin içine çökelmiştir. Miyosen yaşlı bu çökeller kaba klastikler ve gölsel tortullardır (Yalçın, 1989).

4. TUZLA JEOTERMAL ALANININ AYRIŞMA-ALTERASYON ÖZELLİKLERİ

4.1 Ayrışma ve Alterasyon Olayları

Kayaçlara doğada ilkel konumları ile rastlamak hemen hemen imkansızdır. Kayaçların bulundukları ortamlarda çevre şartları ile sürekli teması, yüzey veya yüzeyin altında değişken derinliklerde ana kaya özelliklerini kaybetmelerine neden olur. Kayaçların fiziksel ve kimyasal etkilerle birincil özelliklerinin değişmesi sonucunda ayrışma olayları gelişir. Kayacın oluşum koşulları, bileşimi, petrografisi, süreksizliklerin konumu, ortam şartları gibi pek çok etmenin etkili olduğu ayrışma olayının önemli bir özelliği, gelişimini çok yavaş sürdürebilmesidir. Kayaçlarda genellikle iyon ayrılması, su veya karbondioksit eklenmesi ve yükseltgenme şeklinde gelişen ayrışma tepkimeleri basit anlamda; su, hava ve kayacın bulunulan ortamda, ortam koşullarına bağlı olarak dengeye ulaşma olayıdır.

Ayrışma olaylarında kayaç bünyesindeki elementler, genel olarak; periyodik tablodaki sırasıyla IA, IIA, IIIA şeklinde ortamdan uzaklaşırlar. Periyodik tabloda IIIA grubundan sonraki elementlerin ortamdan uzaklaşmaları ise son derece azdır. Bu elementlerin pratik olarak ortamdan uzaklaşmadıkları kabul edilebileceğinden; kayaçlardaki ayrışma-alterasyon gelişiminde baskın elementlerin kimyasal dağılım yüzdesinin, alüminyumun kimyasal dağılım yüzdesi ile karşılaştırılması ayrışma ve alterasyon olayının doğasını anlamak açısından önemlidir. Kayaçlarda mafik mineraller (olivin, piroksen, amfibol, biotit) felsik minerallere (Ca-Na plajiyoklas, Na-Ca plajiyoklas, K*-feldispat, muskovit, kuvars) göre daha kolay ve çabuk ayrışmaya uğrarlar. Ayrışma sonucu kayaçlarda magnezyum, demir, kalsiyum, sodyum, potasyum serbest kalırken, demir oksitlenerek sıvılarla çözülmeyen ferrik okside dönüşüp ortamdan taşınır. K*-feldispatın plajiyoklaslara göre daha geç ayrıştığı ortamda Na-plajiyoklaslar, Ca-plajiyoklaslara göre daha geç ayrışmaktadır. Kayaçta kationların serbest kalması sonucu silikat minerallerinin içindeki silis ve alüminyum serbestleşmekte ve bu elementlerin çok küçük miktarları çözünerek taşınmaktadır. Geri kalan silis ve alüminyumun önemli bir kısmı ise kil minerallerinin oluşmasına imkan vermektedir. Kayaçların fiziksel ve kimyasal etkilerle birincil özelliklerinin değişmesiyle, ortaya yeni bir bileşik veya bileşiklerin çıkması sonucunda kayaçta alterasyon olayları gelişir. Kayaçların kimyasal olarak değişimlerinde; süreksizlikler

ile süreksizliklerin denetiminde, kayaç içinde dolaşan sıcak sular etkin rol oynarlar. Kayaç içindeki bu çevrimde, sıcak sıvı ve gaz fazları kimyasal ve mineralojik olarak farklı bileşikler ortaya çıkarırlar. Hidrotermal alterasyon olarak da adlandırılan bu süreç; akışkanın (sıvı, gaz) sıcaklığı, bileşimi, debisi, basıncı, ilişkide bulunduğu kayacın kimyası, mineralojisi, petrografisi, süreksizliği, porozitesi, permeabilitesi ve benzerleri gibi farklı parametrelere bağlıdır. Tüm bu etmenler kısmen birlikte kısmen de bağımsız olarak zamanla çok farklı ve karmaşık alterasyona neden olmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde konu edilen ayrışma ve alterasyon terimleri, kayacın mineralojik ve petrografik özellikleri çerçevesinde ele alınmıştır. Bu anlamda ayrışma ve alterasyon, kayaçtaki kimyasal dengenin bozulması sonucunda ortaya çıkan değişimler için kullanılmıştır. Çalışmada vurgulanan ayrışma olayları ile mühendislik jeolojisi genel yaklaşımı içerisinde ele alınan olaylara değinilmemiştir. Dolayısıyla kayacın fiziksel ve kimyasal etkilerle bozunmasının mühendislik amaçlı sınıflama derecesini belirten kayaç bozunumuna dayalı çalışma yapılmamıştır. Çalışmanın izleyen bölümlerinde ayrışma ve alterasyon sonucu kayacın sergilediği maddesel (bünyesel) özellikler, kayaç değişimi olarak isimlendirilmiştir.

4.2 Tuzla Jeotermal Alanında Ayrışma ve Alterasyon

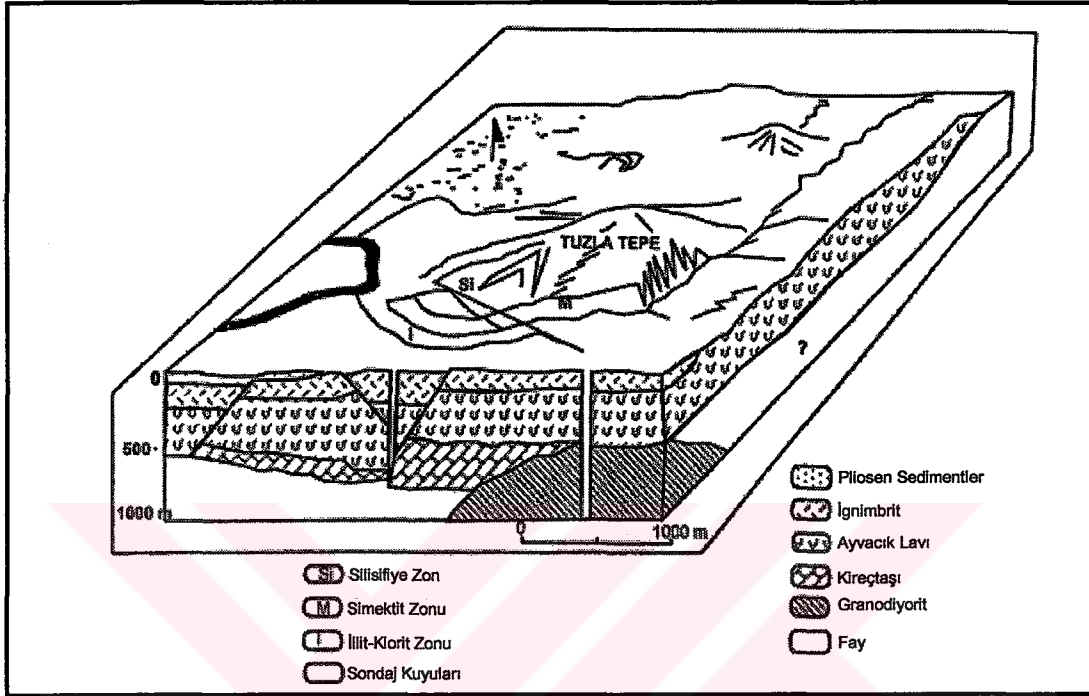
4.2.1 Önceki çalışmalar

Yeni teknolojilerin gelişmesiyle jeotermal enerjinin kullanım alanları sürekli olarak artmaktadır. Yüksek bir jeotermal potansiyele sahip ülkemizde de jeotermal sahalar ayrıntılı incelenmektedir. Tuzla jeotermal alanı, 173 °C sıcaklık ile bu sahaların başlıcaları arasındadır. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda olası rezervuar alanları ile enerji kapasiteleri yanında ayrışma ve alterasyon olayları da incelenmiştir.

İnceleme alanında, günümüze kadar ayrışma ve alterasyon amaçlı yapılmış en kapsamlı çalışma Gevrek ve Şener (1985) ile Şener ve Gevrek (2000) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda Biga yarımadasında Kestanbol, Tuzla, Berger, Ahmetler obası arasında kalan alanda kil mineralojisi ağırlıklı çalışılmış ve Tuzla jeotermal alanındaki olası alterasyon zonları ayırtlanmıştır (Şekil 4.1). Yazarlar belirledikleri zonların özelliklerini aşağıdaki şekilde belirtmişlerdir:

1. Silisifiye zon : Tuzla Tepe domu çevresinde gelişmiştir, % 65-95 silis zenginliği içerir.
2. Simektit zonu : Tuzla Tepenin güneydoğusunda Ayvacık lavları ve ignimbritler içinde gelişmiştir. Simektit ve simektit-illit karışık katmanlı killeri içerir.

3. İllitik zon : Tuzla Tepe yakınlarında simektit zonun altında illit, kaolinit, halit ve kuvars birlikteliği sunar.
4. Alunit zon : Ayvacık lavlarının sülfatça zengin hidrotermal çözeltiler etkisinde kalması sonucu gelişmiştir. Alunit, kristobalit, halit ve albit birlikteliği gösterir.

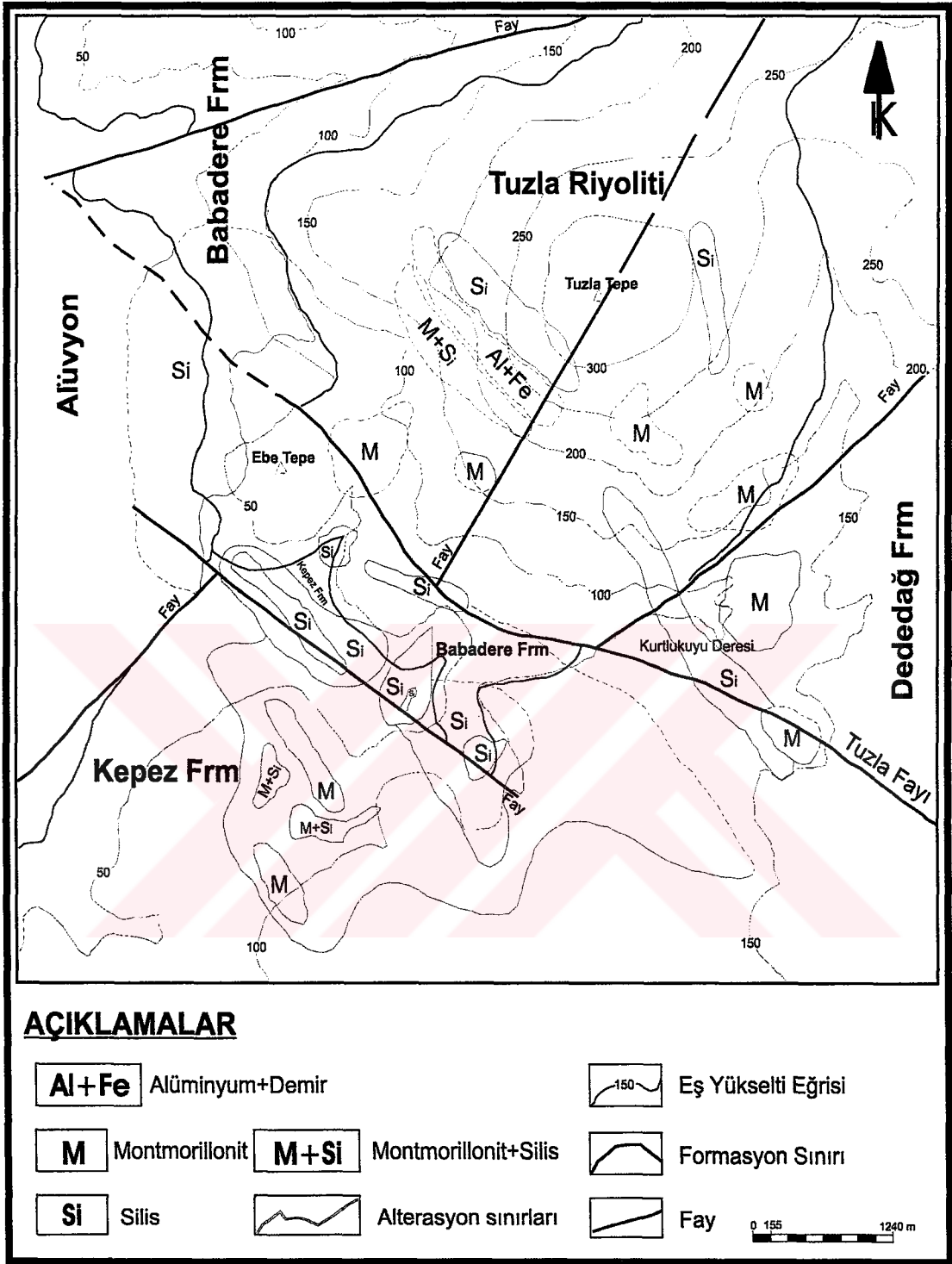


Şekil 4.1 Tuzla jeotermal sisteminde hidrotermal alterasyon zonları (Şener ve Gevrek 2000).

4.2.2 Tuzla jeotermal alanı kayaçlarının kimyasal özellikleri

İnceleme alanındaki ayrışma ve alterasyon olayları, daha belirgin olarak Tuzla fayı ile ilişkili olan Kurtlu Kuyu Vadisi'nin yamaçlarında mevcut sıcak su kaynakları sonucunda gelişmiştir. Bu bölge ile birlikte Tuzla ve Ebe Tepe dolaylarında üst kotları da kapsayacak şekilde çalışılmış ve ayrışma olayları ile alterasyon ürünleri haritalanmıştır (Şekil 4.2).

Belirtilen çalışmalar için ayrıntılı kayaç örneklemesinin yapıldığı çalışma sahasında, geniş yayımlı olan volkanik kayaçlar özellikle sıcak su kaynaklarının akmakta olduğu Kurtlu Kuyu Vadisi içinde detaylıca çalışılmış ve daha ayrıntılı örnekleme yapılmıştır. Alınan örneklerin makro ve mikro incelemeleri sonucunda çalışma alanını yansıtabilecek şekilde GB ve KD sınırından birer, Kurtlu Kuyu Vadisi ile Tuzla ve Ebe Tepe'den 17 tane olmak üzere toplam 19 adet kayaç örneği kimyasal analize tabi tutulmuştur. Örnekler Kanada ACME ve İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya laboratuvarlarında baskın element içerikleri açısından incelenmiş ve değerler aşağıda Tablo 4.1 de verilmiştir.



Şekil 4.2 Tuzla jeotermal sahasında gelişmiş hidrotermal alterasyon zonları.

Tablo 4.1 e göre çoğun Kurtlu Kuyu Vadisi'nde olmak üzere, inceleme alanının GB'sı, Kurtlu Kuyu Vadisi ve inceleme alanının KD'sundan geçen bir hat boyunca izlenen volkanik kayalarındaki bileşiklerin baskın elementler açısından % değişim aralıkları SiO_2 için % 57,39-70,08; Al_2O_3 için % 13,72-20,30; Fe_2O_3 için % 0,61-7,57; MgO için % 0,12-1,92; CaO için % 0,13-5,88; Na_2O için % 0,16-5,58 ve K_2O için % 0,43-9,76 değerleri arasında değişmektedir.

Tablo 4.1 Tuzla jeotermal alanındaki volkanik kayaların baskın element değerleri.

Örnek	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)
1	64,70	17,40	1,21	0,20	0,64	3,75	8,5
8	66,96	20,30	0,61	0,33	0,25	0,24	0,43
70	67,75	16,56	2,23	1,26	0,13	0,16	3,45
132	58,26	18,26	5,23	1,92	5,88	3,66	3,08
146	63,84	16,59	3,97	0,83	0,56	1,98	4,74
147	68,18	15,71	2,93	0,62	2,68	3,08	3,45
149	63,49	16,18	3,33	0,68	0,34	1,59	5,36
152	66,84	16,04	3,19	0,46	0,66	2,82	5,32
153	68,15	14,83	1,72	0,47	0,81	1,31	4,58
154	70,08	15,9	1,11	0,37	0,46	2,18	5,12
156	69,10	15,62	2,12	0,12	0,59	3,48	6,49
157	63,51	17,97	1,94	0,31	0,64	3,31	9,76
158	65,23	15,61	2,57	1,11	1,12	0,83	1,83
159	57,39	14,55	2,97	0,70	2,25	5,58	4,05
160	63,46	13,72	7,57	1,04	0,69	1,73	3,91
178	62,70	15,97	2,25	0,17	0,92	1,25	0,73

4.2.3 Tuzla jeotermal alanı kayaçlarının ayrışma ve alterasyon gelişimleri

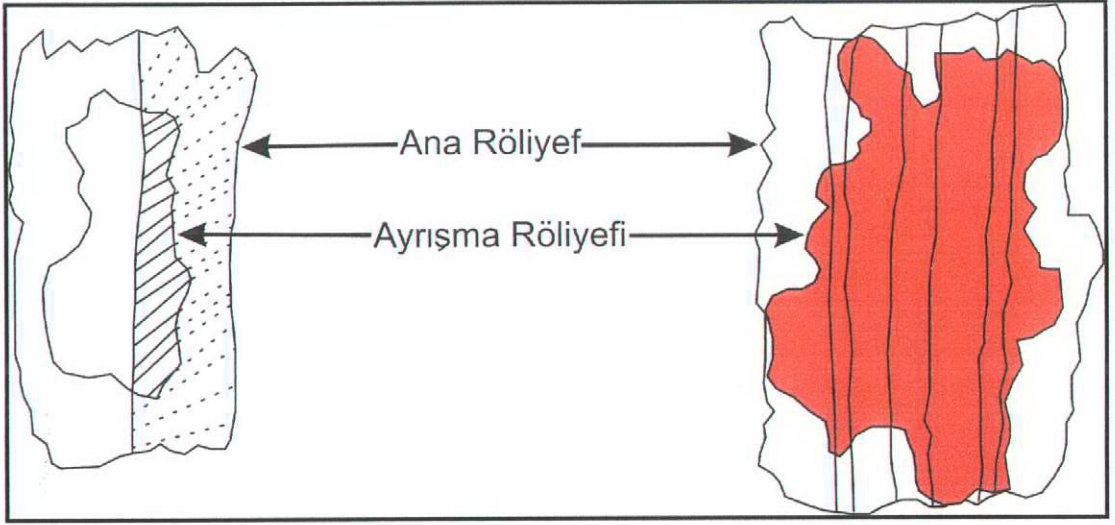
İnceleme alanında özellikle Tuzla Tepe civarı ve Kurtlu Kuyu Vadisi boyunca kayaçlar birincil olarak meteorik ve sıcak çözeltiler etkisiyle, kuzeydoğu-güneybatı ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultularında gelişmiş süreksizlik sistemleri ile ayrışma hatları sergileyecek düzeyde değişime uğramışlardır. İnceleme alanının özellikle bu kesimlerinde KB-GD doğrultusunda hakim gelişmiş ayrışma olayları söz konusudur. Ancak, daha düşük oranda olmakla birlikte; KD-GB baskın olmak üzere D-B ve K-G doğrultularında gelişen ayrışma olayları da söz konusudur. Bu gelişimler özellikle, tektonik hatlar ve yakın çevresindeki kayaçlarda gelişmiş ikincil süreksizlikler ile paralellik gösterir. Bu durum, kayaç bünyesinde önceden başlamış ayrışma ve alterasyon olaylarının etkisinin daha da hızlanmasına neden olmuştur. Bu çerçevede kayaç, birincil ayrışma-alterasyon olayları gelişiminin yanı sıra ikincil ayrışma-alterasyon gelişimlerinin etkisinde de kalmıştır. Mevcut tektonik hatlar ve süreksizlikler içinde, dolaşımdaki sıcak suların özellikle Tuzla Tepe dolaylarında ve Kurtlu Kuyu Vadisi'nde ikincil silis ve karbonat getirimlerine neden olması da bu ilişki nedeniyledir. Ebe Tepe doğusu ve kuzeydoğusunda demirli, kısmen de boksitik özellikler veren alterasyon ürünleri ve kükürt çökelimleri de olasılıkla bu nedendir. Ebe Tepe yamacında açılmış yol yarmalarında gördüğümüz illitik zonlar da bu ayrıntıyı vermesi açısından önemlidir. Kısaca belirtilen bu ilişkiler Tuzla jeotermal alanı içersinde gözlenen alterasyon olaylarının ayrışma denetiminde geliştiğinin önemli verileridir. Diğer bir deyişle; gelişen ve devam eden ayrışma olayları alterasyonun yaygın varlığının ana sonucudur. Kurtlu kuyu deresi vadisi ile vadinin

her iki yamacındaki değişik kotlarda gerçekleşen ve halen devam etmekte olan sıcak su boşalımları da bu düşünceyi desteklenmektedir. Bu boşalımlarda belirlenen yüksek silis ve tuz getirimleri ayrışma ve alterasyon ilişkisinin günümüzde de devam ettiğine kanıttır. Sıcak çözelti kaynaklarının özellikle üst kotlarında gelişmiş kaolenleşmeler; kayaç bünyesinde ikincil veya daha sonraki evrelerde oluşmuş süreksizliklerin etkisi altında ilerleyen çözeltilerin, kayaç bünyesindeki alterasyonun ileri aşamalarını göstermesi açısından önemlidir. Ayrışma-alterasyon gelişiminin belirlenmiş tüm bu sürekli ilişkileri; inceleme alanındaki kayaçların çok geniş litolojik farklılıkları yüzünden, lokal farklılıkları da sergilemektedir. Çalışma sahasında farklı petrografik özelliklerdeki kayaçlarda, tektonik hatların da etkisi ile alterasyon olayları yerel olarak çok sık aralanmalar sergilemektedir. Bunun sonucunda da arazi genelinde benzer fakat lokal olarak çok sık tekrarlanan ayrışma zon ve kümecikleri ortaya çıkmaktadır. İnceleme alanında haritalanan alterasyon zonlarındaki çeşitlilik ve tekrarlanmalar (Şekil 4.2), belirtilen ana nedenin de bir sonucudur. Diğer bir deyişle; inceleme alanımızın yaygın süreksizlik zonları farklı litolojilerin varlığı altında yaygın ve zengin bir alterasyon haritası ortaya çıkarmıştır. Çalışma alanının GB'sı, Kurtlu Kuyu Vadisi ve KD'sunu içeren bir hat boyunca seçilmiş kayaç numuneleri üzerinde gerçekleştirilen ve sonuçları Tablo 4.1 ile sunulan, inceleme alanındaki kayaçların baskın elementler açısından % değişim değerleri de yukarıda ortaya konulan ve tektonizma altında gelişen aşamalı bir ayrışma-alterasyon varlığı altında mümkün olabilir.

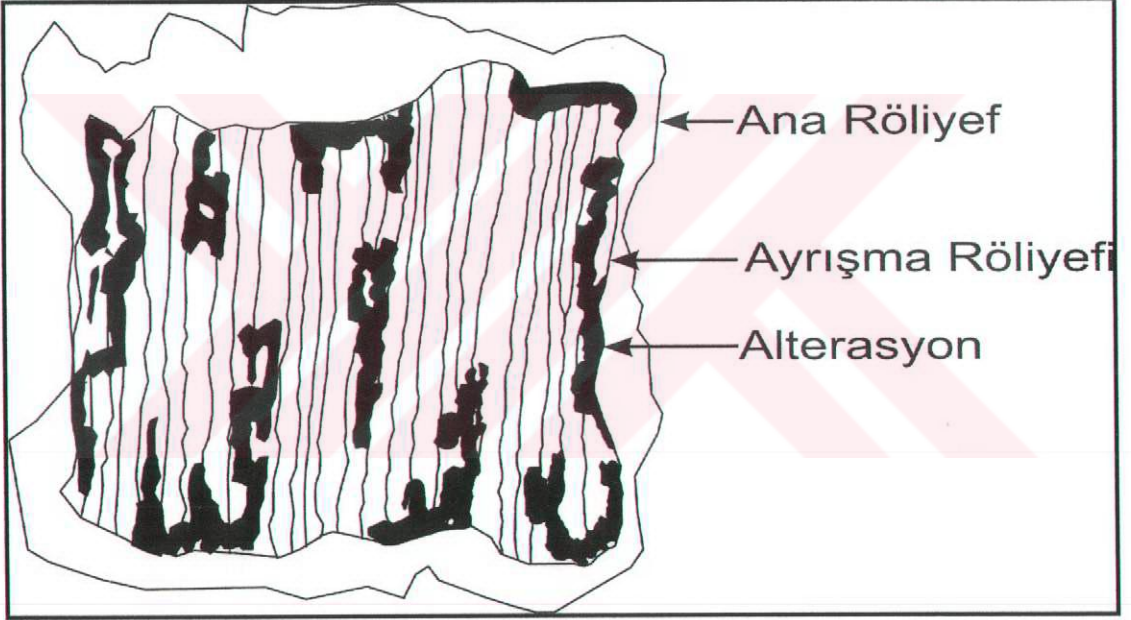
4.2.4 Tuzla jeotermal alanı kayaçlarının ayrışma ve alterasyon gelişimlerinin petrografik incelemesi

İnceleme alanında kayaçların baskın element % değişimlerindeki (Tablo 4.1) geniş aralıklarının gelişiminde etkili olduğu düşünülen; çok evreli ayrışma-alterasyon oluşumlarını destekler petrografik bulgular yaygındır.

İnceleme alanındaki gerek ayrışma türü, gerek ayrışma yüzdesi gerekse ayrışma hızı ve aşamalarının farklılığını işaret eden mikroskobik bulgular aşağıda örneklenmiştir (Şekil 4.3 ve 4.4). Polarizan mikroskop çalışmalarında, özellikle çok çeşitli röliyefler ve ikincil mineralleşmelerin varlığı Şekil 4.3 ile gösterildiği gibi gözlemlenmiştir. Bu incelemelerde ayrıca Şekil 4.3 ile gösterildiği gibi, gerek kıvrımlanma gerekse kırılanma aşamalarından geçmiş minerallerin çevrelerinde ve dilinimlerinde gelişen ayrışma ve alterasyon olayları da belirlenmiştir. Bulgular; çalışma alanında en az iki farklı tektonik evre ürünü ayrışma-alterasyon olaylarının varlığını göstermiştir.

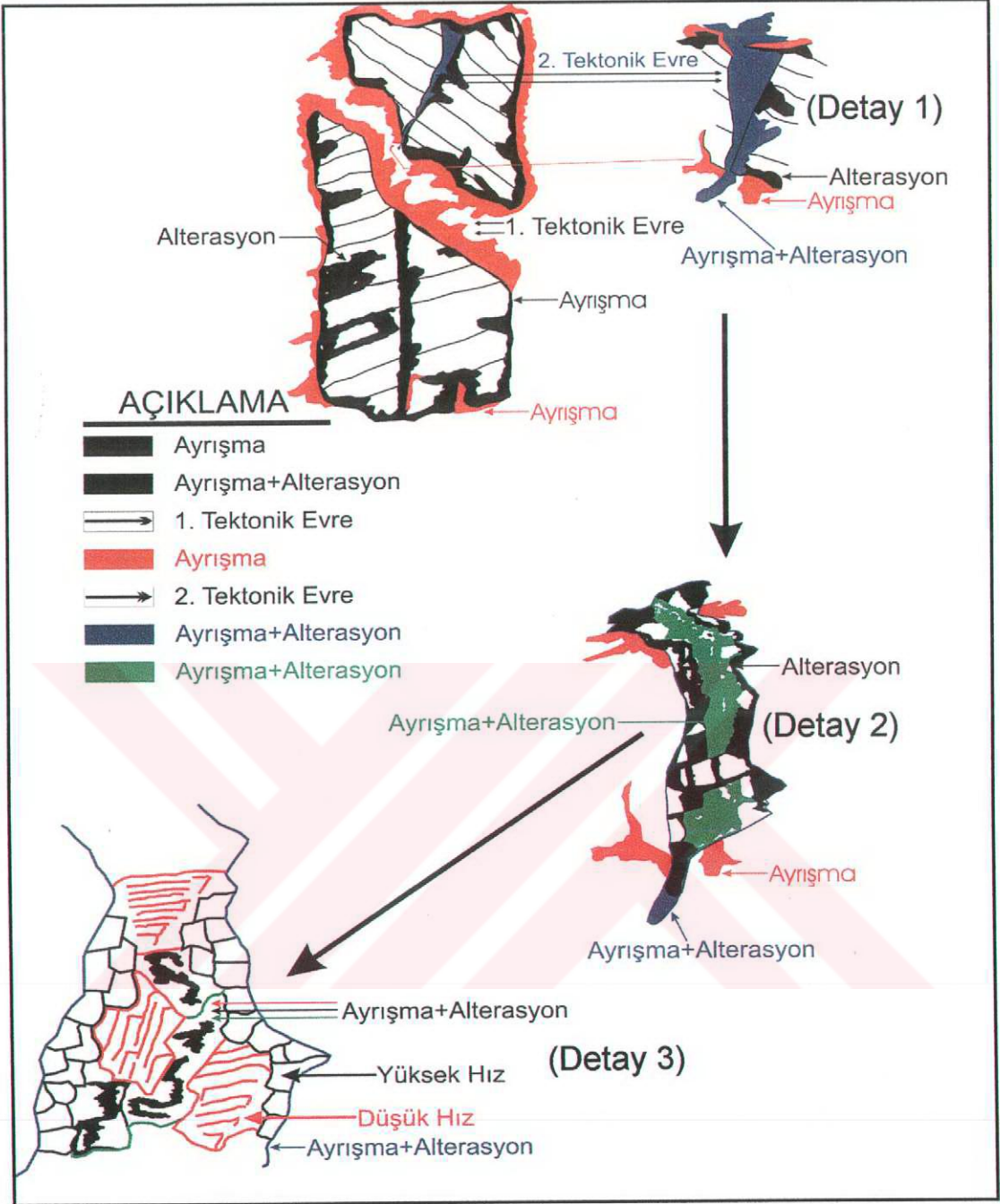


Şekil 4.3 Minerallerde ayrışma-alterasyon olayları ile ana röliyefte gelişen ayrışma-alterasyon röliyefi.



Şekil 4.4 Mineral dilinimi ve dolayında gelişen ayrışma-alterasyon.

Petrografik çalışmalar sonucunda; normal bir ayrışma gelişimi olarak yorumlanacak, ana röliyefin homojen bozunumu (Şekil 4.3-4.4); kayaçlar içerisinde % 25 oranına ulaşabilen bir değerde belirlenmiştir. Birincil ayrışma olarak ta belirtilebilecek bu gelişimin yanında, tektonik deformasyonlar sonunda ikincil bir ayrışma gelişimi gözlenmiştir. Bu evrede ayrışma ve alterasyona uğrama olanağı bulan, ayrışmış ve $\pm$ alterasyona uğramış minerallerin toplam oranı ise; inceleme alanında oluşmuş ayrışma-alterasyon gelişiminin % 75'ine ulaşabilen bir değerde belirlenmiştir. İnceleme alanında; birincil ayrışma olarak isimlendirilen ayrışma olaylarının başlaması ve sonrası tektonik etki ile gelişimini ayrışma ve alterasyon olayları birlikteliği şeklinde sürdüren oluşumun doğası aşağıda Şekil 4.5 ile verilmiştir.



Şekil 4.5 İnceleme alanındaki kayalarda gelişen ayrışma-alterasyon.

Şekil 4.5 de açıklandığı gibi inceleme alanındaki kayalarda gelişen birincil ayrışma olaylarını, minerallerin dilinim yüzeylerinde ve ayrıca içerdikleri kırık yüzeylerinde gelişmiş ayrışma-alterasyon olayları izlemiştir. Ortamda etkili olmuş tektonizma sonucu minerallerdeki birinci tektonik evre çevresinde ayrışma olayları gelişmiştir. Birinci tektonik evre ile gelişen bu ayrışma olayları yanında, kayaç bünyesinde yer yer alterasyon olaylarının gelişimi de mikroskop çalışmalarında gözlenmiştir. Bölgede etkili olmuş ikinci tektonik evre ile kayaç bünyesinde yeni kırılanmalar gelişmiştir. Minerallerde gözlenen bu ikincil kırılanmaların içlerinde ve çevresinde;

İnceleme alanında dolaşım yapan sıcak suların etkisi daha kolay olmuş, bunun sonucu kayaç bünyesinde yeni bir ayrışma ve alterasyon gelişimi oluşmuştur. İnceleme alanında; birincil, birinci ve ikinci tektonik etki ile oluşmuş ayrışma ve alterasyon gelişimlerinin belirlenmiş oransal değerleri Tablo 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.2 Tuzla jeotermal sahasındaki ayrışma olaylarında doğal etmenler ve tektonizmanın payı.

Ayrışma-Alterasyon Gelişimi	Ayrışma-Alterasyon Oranı (%)
Birincil	25
Birinci Tektonik Evresel	60
İkinci Tektonik Evresel	15

İnceleme alanında doğal etmenlerin etkisiyle gelişmiş birincil ayrışma devamında, birinci tektonik evrenin etkisinde gelişen ana ayrışma, kayaçlarda gözlenen tüm ayrışma ve alterasyon gelişiminin % 60 ına yakın bir oranda belirlenmiştir. İnceleme alanındaki ana tektonik evre olan, birinci tektonik evre devamında gelişen ikinci tektonizmanın etkisi ile ana tektonik evre sonrasında oluşan ayrışma ve alterasyon olayları, kayaç bünyesinde dolaşım yapan sıcak suların kayaç malzemeye daha kolay etkiyebilmesi nedeniyle daha da gelişmiştir. İnceleme alanında ikinci tektonik evre sonrası kayaç bünyesinde oluşmuş yeni kırık düzlemleri içerisinde ve çevresinde, ayrışma ve alterasyon birinci derecede sıcak akışkanın kontrolünde gelişmiştir. Bu ayrışma ve alterasyonun gelişimi, inceleme alanındaki en düşük ayrışma ve alterasyon oranıdır (Şekil 4.5, detay 1-2-3). İnceleme alanında gözlenen ayrışma ve alterasyon gelişiminin mikroskop incelemelerinde belirlenmiş oransal değerlendirmesi Tablo 4.3 de verilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda; inceleme alanındaki kayaçların bünyesinde yer alan minerallerin, % 20 ile % 80 oranında değişen önemli bir ölçüde ayrışma etkisinde kaldıkları belirlenmiştir. İnce kesit değerlendirmelerinde, ayrışmanın hızı açısından yapılan incelemelerde (Şekil 4.5, detay 3) ise Tablo 4.4 te verildiği gibi genellikle hızlı bir ayrışmanın gelişmiş olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.3 Tuzla jeotermal sahasında incelenen ince kesitlerde belirlenmiş kayaç yüzdesi-ayrışma oranı ilişkisi.

Gözlenen Kayaç Yüzdesi (%)	15	35	45	5
Ayrışma Oranı (%)	0-20	20-40	40-60	60-80

Tablo 4.4 Tuzla jeotermal sahasında incelenen ince kesitlerde belirlenmiş ayrışma hızı-ayrışma oranı ilişkisi.

Ayrışma Hızı	Ayrışma Oranı (%)
Düşük	35-40
Yüksek	60-65

İnceleme alanındaki ayrışma ve alterasyon olaylarının, petrografik incelemeler ve değerlendirmesi sonucunda; düşük bir hızda süren birincil ayrışma ve alterasyon gelişiminin, ana bir tektonik evre çerçevesinde gelişerek devam ettiği, hızlandığı ve daha çabuk bir şekilde kayaç içersinde ikincil ayrışma ve alterasyon olaylarına neden olduğu belirtilebilir. Ancak bu ana evrenin ardından inceleme alanında etkili olmuş ikincil tektonizma nedeniyle, özellikle kıvrımlar veren daha zayıf üçüncü bir alterasyon aşamasının geliştiği ince kesitlerde belirlenen diğer bir bulgudur. Bu ikinci tektonik evre sonrasında, kayaçlardaki ortalama ayrışma ve alterasyon oranı daha da artarak % 75 e kadar yükselmiştir. Sonuçta kayaçlardaki en yoğun ayrışma ve alterasyon oranı ikinci tektonik evre sonucunda gerçekleşmiştir. Buradan hareketle inceleme alanındaki ayrışma ve alterasyonun gerek hızlı, gerek yavaş, gerek doğal, gerekse tektonik etkilerin etkisiyle ağırlıklı olarak çok aşamalı bir şekilde geliştiği kanısına varılmıştır. Polarizan mikroskop çalışmalarında, Tablo 4.5 te görüldüğü gibi ayrışma ve alterasyon olaylarının gelişimi açısından yapılan değerlendirmelerde (Şekil 4.5) incelenen minerallerin % 70 inde çok aşamalı ayrışma-alterasyon verisi gözlenmiştir.

Tablo 4.5 Tuzla jeotermal sahasında incelenen ince kesitlerde belirlenmiş ayrışma ve alterasyon aşamaları ilişkisi.

Ayrışma Aşaması	Ayrışma Oranı (%)
Tek Aşamalı	30
Çok Aşamalı	70

İnce kesit çalışmalarında, inceleme alanı kayaçlarındaki ayrışma ve alterasyon olayları mineral bazında da incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda minerallerde gelişmiş ayrışma ve alterasyon oranları Tablo 4.6 da verilmiştir.

Tablo 4.6 Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların minerallerinde ölçülen ayrışma - alterasyon oranları.

Birim	Ayrışma (%)						Alterasyon (%)					
	Plajioliklas	Feldspat	Ortoz	Biotit	Piroksen	Amfibol	Plajioliklas	Feldspat	Ortoz	Biotit	Piroksen	Amfibol
Tuzla Ryl	10-60	40-60	15	10-80	30-35	-	0-20	5-20	<5	<5-45	10-15	-
Tamış	5-60	20-25	-	10-40	10-15	-	0-10	5-10	-	<5-20	<5	-
Kepez	30	20	15-20	10-15	35-45	-	15	10	<5-15	<5-5	45-55	-
Dededağ	10-95	10-85	10-15	10-90	45-60	40	<5-70	<5-50	<5	<5-45	10-20	20
Babadere	20-65	55-65	-	5-45	30-35	-	5-35	40	-	0-25	10-15	-
Kızıltepe	15-40	75-80	-	20-75	-	45	<5-10	50-60	-	<5-45	-	30

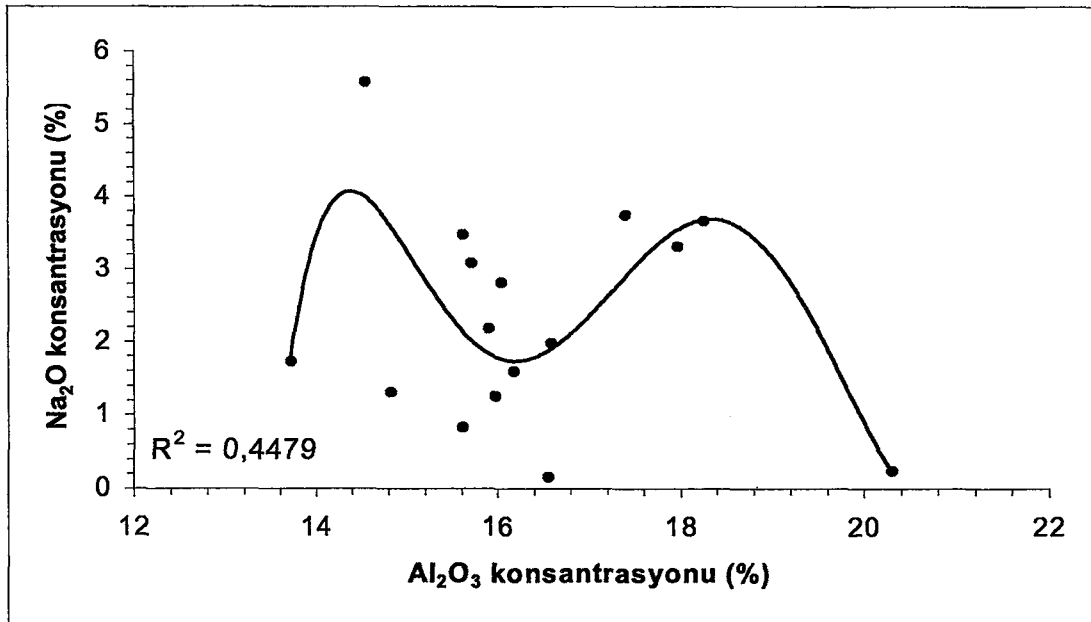
4.2.5 Tuzla jeotermal alanı kayaçlarının ayrışma ve alterasyon gelişimlerinin jeokimyasal incelemesi

Kayaçlarda; ayrışma ve alterasyon olaylarının gelişiminde kayaç bünyesindeki elementlerin göreceli olarak hareketliliği dikkate alınarak değerlendirmede bulunulur. Kayaç bünyesindeki mevcut elementler içersinde ayrışma ve alterasyon

gelişimine baz alınan ana element alüminyumdur. Bu çerçevede; kayalarda ayrışma ve alterasyon gelişimi sonrası, bünyelerindeki alüminyum konsantrasyonu diğer elementlere ve taze kayaca göre her zaman daha zenginleşmiş olur. Bu özellik her hangi bir çalışma sahasında gelişmiş olan ayrışma ve alterasyonun anlaşılmasında önemli bir ipucudur. Benzer şekilde silisyumun ortamda gelişen ayrışma ve alterasyona karşı davranışı da olayların yorumlanmasına gidilirken göz önünde bulundurulacak ikinci önemli ipucudur. Bu nedenlerden dolayı, baskın element düzey değişimlerinin Al_2O_3 ve SiO_2 değişimlerine karşı incelenmesi ve karşılaştırılması alterasyon ve ayrışma ilişkilerinin incelenmesinde son derece önemlidir. Bunun yanında; kayalarda gelişen ayrışma ve alterasyon olaylarında ana parametre özelliğinde olan Al_2O_3 ve SiO_2 düzeylerinin, birbirleri ile olan ilişkisinin incelenmesi de, kayaç bünyesinde gelişmiş ayrışma ve alterasyon olaylarının gelişiminin açıklanmasında ayrıca önemlidir.

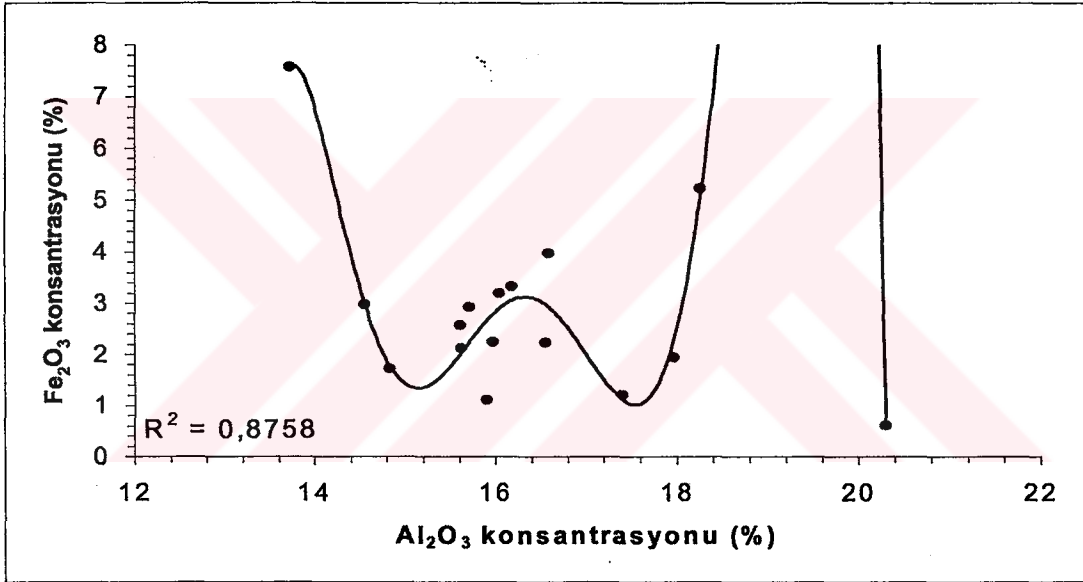
İnceleme alanındaki kayalardan alınan örneklerden seçilmiş olanların baskın element konsantrasyonlarının, Al_2O_3 ve SiO_2 konsantrasyonları ile, Al_2O_3 konsantrasyonlarının SiO_2 konsantrasyonları ile olan ilişkileri aşağıda ilgili şekiller ve açıklamalar ile verilmiştir.

İnceleme alanındaki kayaların içerdikleri baskın element konsantrasyonlarının birbirleri ile olan ilişkilerinden, Şekil 4.6 ile verilen Al_2O_3 - Na_2O konsantrasyon dağılımları incelendiğinde; kayaların % 45 lik bir korelasyon katsayısı ile etkisi zaman içinde artan ve azalan evreli bir değişim geçirdiği görülmektedir.



Şekil 4.6 Tuzla jeotermal sahasındaki kayaların Al_2O_3 ve Na_2O içeriklerinin karşılaştırılması.

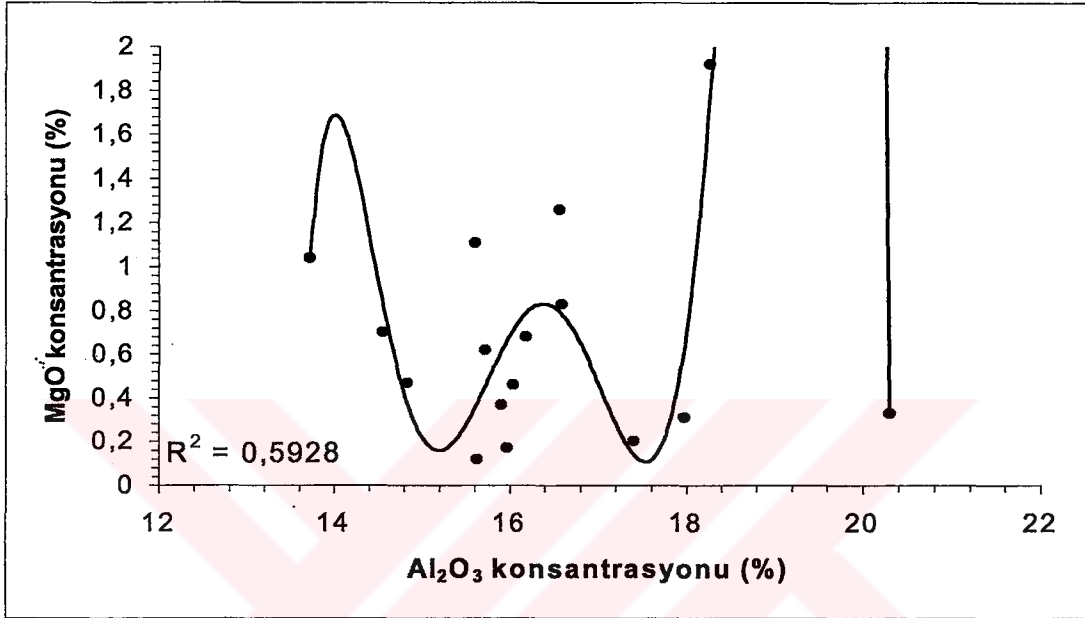
Diğer bir deyişle; bu tür bir değişim paterni, ayrışma-alterasyon ilişkilerinde lineer olmayan gelişimin tipik bir ifadesidir. Bu durum aynı zamanda, söz konusu lineer alterasyon gelişiminin göstergesi olan sodyum gibi hareketli bir element karşısında bağıl olarak sürekli artan bir alüminyum zenginliği ve bunun sonucu olan yüksek negatif korelasyonun bu diyagramda görülmemesi anlamına gelmektedir. Bu ise inceleme alanında gelişmiş olan ayrışma-alterasyon ilişkilerinin aydınlatılmasında önemli bir tespittir. İnceleme alanındaki kayaçların içerdikleri baskın element konsantrasyonları arasındaki benzer yaklaşımlar; % 88 lik bir korelasyon katsayısı ile Al_2O_3 - Fe_2O_3 arasında (Şekil 4.7), % 59 luk bir korelasyon katsayısı ile Al_2O_3 - MgO arasında (Şekil 4.8), % 75 lik bir korelasyon katsayısı ile Al_2O_3 - CaO arasında (Şekil 4.9), % 64 lik korelasyon katsayısı ile Al_2O_3 - K_2O arasında (Şekil 4.10) görülmektedir.



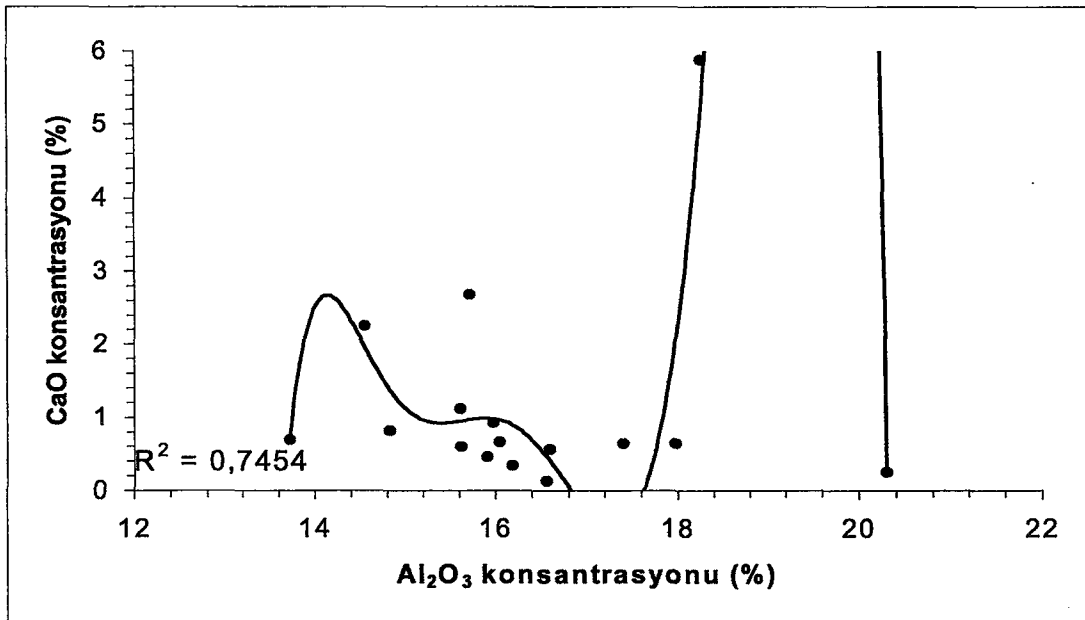
Şekil 4.7 Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içeriklerinin karşılaştırılması.

Bütün bu sonuçlar alterasyonun ve onun gelişiminden sorumlu olan ayrışma olaylarının farklı aşamalar şeklinde geliştiğini ortaya koyan önemli bulgulardır. Bu bulgulara ek olarak Al_2O_3 ve SiO_2 düzeylerinin birbirlerine göre değişimleri incelendiğinde; kayaçların bu açıdan % 3 lük bir korelasyon sergiledikleri ve bu ilişkinin etkisinin zaman içerisinde artma ve azalma gösteren çok evreli ve lineer olmayan bir özellik ile karşımıza çıktığı görülmektedir (Şekil 4.11). Bu durum, önceki bulgularımızı destekler biçimde, inceleme alanında oluşmuş ayrışma-alterasyon gelişiminin evreli bir yapıya sahip olduğunun önemli belirticidir. Bu yapı içerisinde alüminyumun ve silisin birlikte artışları; kayaçlarda gelişen ayrışma ve alterasyon sonucu bünyedeki artan alüminyumun süreksizlikler nedeniyle kayaç içerisinde

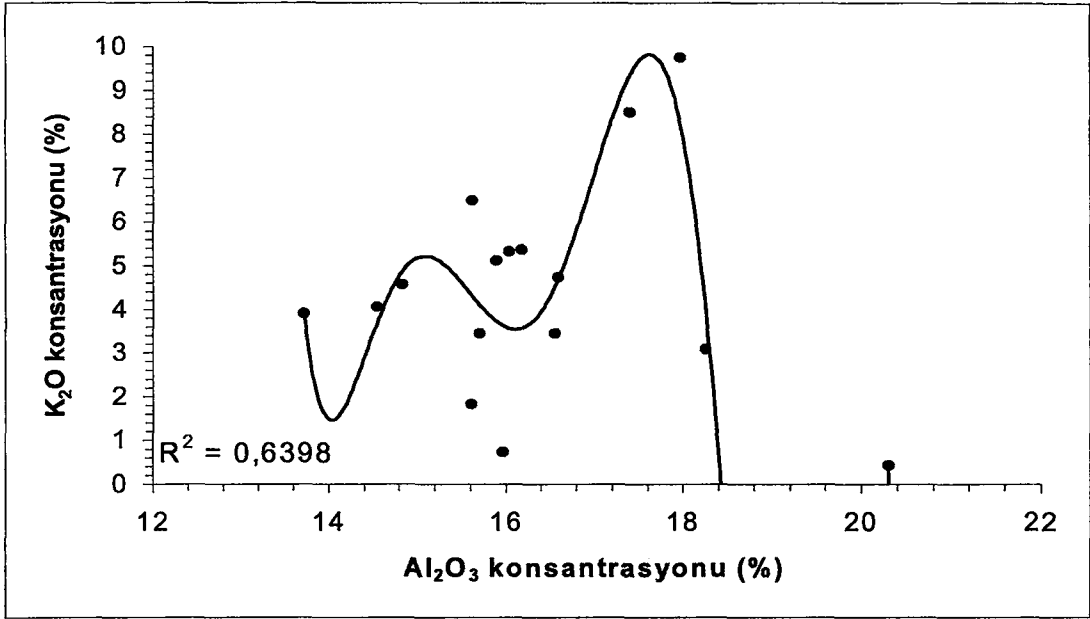
dolaşan sıcak akışkanların yüksek silis taşımaları olasılığı ile açıklanabilir. Başka bir deyişle; kayaç normal ayrışma-alterasyon gelişimi çerçevesinde bağlı olarak alüminyum içeriğini yükseltirken, mevcut zayıflık zonlarını kullanan akışkan fazın ortama getirdiği, çöktüğü veya kristalleştirdiği silisyum fazlası nedeniyle de ayrıca zenginleşmiştir. Bu durum Şekil 4.11 ile verilen diyagramda karşımıza pozitif korelasyon olarak çıkar.



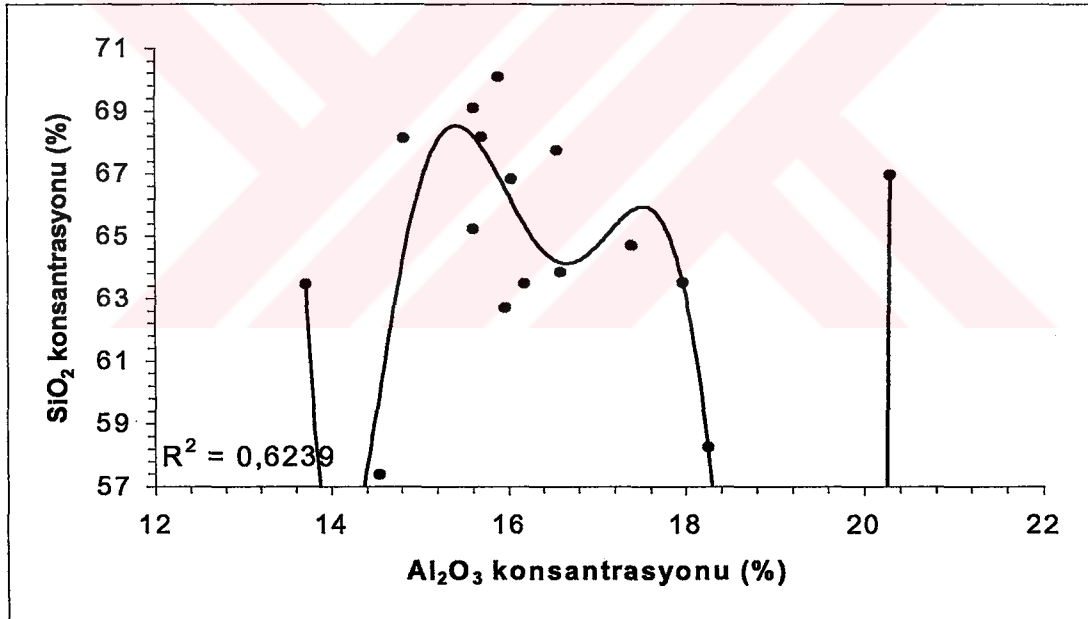
Şekil 4.8 Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların Al₂O₃ ve MgO içeriklerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.9 Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların Al₂O₃ ve CaO içeriklerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.10 Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların Al₂O₃-K₂O içeriklerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.11 Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların Al₂O₃-SiO₂ içeriklerinin karşılaştırılması.

Aynı diyagram üzerindeki negatif korelasyon ise ya ayrışma devam ederken ortama geçen çözeltilerdeki düşük silis içeriği ya da bu aşamada, ayrışma etkisinin azalmasının bir fonksiyonudur. Ancak unutulmaması gerekir ki inceleme alanındaki silisyumca zengin çözeltilerin varlığı ve bu nedenle gözlenen yüksek silisyum konsantrasyonları, ayrışma olayının doğası gereği ortamda artan yüksek alüminyum varlığı ile birlikte her zaman izlenmeyebilir. Diğer bir deyişle; düşük ayrışma ve dolayısıyla düşük alterasyon etkisinde kalmış dar alanlarda silisyumca

zengin çözeltilerin ortaya çıkarttığı silis parajenezleriyle karşılaşmakta mümkündür (Şekil 4.2).

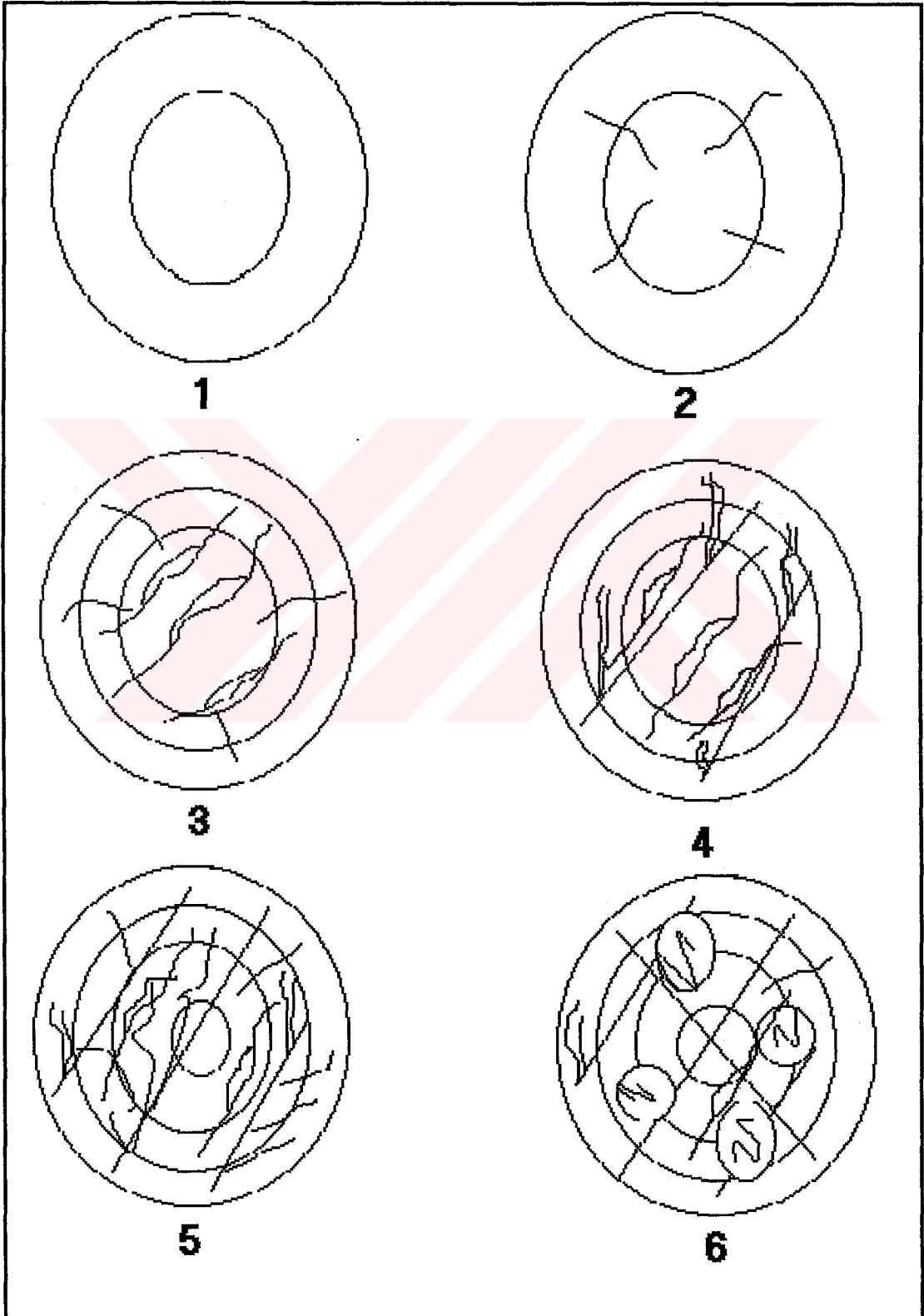
İnceleme alanındaki hemen hemen taze kayaç sayılacak özelliklere sahip volkaniklerde gözlenen silisyum damarcıkları da esasen bu hedefe bağlanabilir. Yine ayrıca belirtmek gerekir ki silisçe zengin çözeltilerin dolaşım hızı da önemlidir ve bu, süreksizliklerin özelliklerine bağlı olarak farklı derecelerde silisyum konsantrasyonlarına neden olabilir. Tüm bu diyagramlar, gözlemler ve sonuçlar ışığında; arazimiz genelinde ayrışma-alterasyon gelişimlerinin sadece atmosferik koşulların denetiminde kalmayıp, etkisi zaman içerisinde değişen, artan veya azalan bir termal akışkan varlığında geliştiği ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.11). İnceleme alanındaki iki örnekte bulunan yüksek alüminyum konsantrasyonuna karşılık düşük silis içerikleri ise bu lokasyonlarda sıcak akışkan dolaşımının çok az veya çok hızlı olması ile mümkün olabilir.

İnceleme alanında baskın element kimyasının ortaya çıkardığı ana belirlemelerimize ek olarak vurgulanması gereken diğer bir özellik ise; sodyum, potasyum, demir ve magnezyumdan farklı olarak kalsiyumun, alüminyum karşısındaki davranışdır. Bu durum Şekil 4.9 dan da görülebildiği gibi alüminyum zenginleşmesi yani ortamda ilerleyen ayrışma karşısında kalsiyumun bağlı olarak zenginleşmesi gereken noktalarda dahi azalma eğilimi vermesidir. Bu eğilim; kalsiyumun yüksek anyonik afinite karakteri nedeniyle inceleme alanında yerel ve olasılıkla kısmi çökelimlere ve yeniden çözeltiye geçme şeklindeki bir davranışı olarak yorumlanabilir.

Tüm bu bilgiler ışığında Tuzla jeotermal alanında süre gelmiş ayrışma ve alterasyon gelişimi için aşağıda verilmiş olan çok evreli bir model düşünülmektedir (Şekil 4.12). Şekil 4.12 ile öne sürülen modelde, Tuzla jeotermal alanında etkili olmuş ayrışma ve alterasyon gelişiminin aşağıda belirtilen aşamalarda geliştiği kanısına varılmıştır.

1. Arazi genelinde atmosferik koşullar veya tektonizmaya bağlı süregelen ilksel (primer) bir ayrışım azdır.
2. Ortamda tektonik hareketlilik çerçevesinde süreksizlikler gelişmeye başlamıştır.
3. Bölgedeki tektonik aktivite ile oluşan ana faylanmalar ve bu çerçevede oluşan bölgesel ve yerel çatlak sistemleri kayaç bünyesinde sıcak akışkan dolaşımı için uygun ortam yaratmış, ana ayrışma ve birincil hidrotermal alterasyon gelişmiştir.
4. İnceleme alanındaki ana tektonizmaya bağlı olarak genelde dik ve büyük aç

lı gelişen küçük veya büyük boyutlu süreksizlikler ayrışma ve alterasyonun nedeni olan termal çökeltiler ile meteorik suların karışımına uygun ortam hazırlamış ve böylece kayalarda ikinci ayrışma-alterasyon gelişimini başlatmıştır.



Şekil 4.12 : Tuzla jeotermal sahasındaki kayalarda ayrışma-alterasyon modeli

5. Bu aşamada etkisini devam ettiren ana termal getirim ile mevcut kalıntı çözümler gerek ana tektonizmanın ilk evresindeki süreksizlikler çerçevesinde gerekse tektonizma sonrası gelişen yeni süreksizlikler çerçevesinde etkili olarak kayalarda ayrışma olaylarının yeni safhalarını oluşturmuş ve mevcut alterasyonları geliştirmişlerdir.
6. Tüm bu evreler sonucu süreksizlikler denetiminde gerek yerel gerekse aralanmalı gelişmiş ayrışma ve alterasyon olayları arazi genelinde yaygınlaşmıştır. Bu çerçevede arazideki alterasyonlar iç içe gelişmiş ve etkisi değişken bir karakterde karşımıza çıkmıştır. Söz konusu değişken ve gelişen karakter günümüzde de devam etmektedir.



5. TUZLA JEOTERMAL ALANININ MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

5.1 Giriş

İnceleme alanında gerçekleştirilen mühendislik jeolojisi çalışması ile kayaçların süreksizlikleri ve fizikomekanik özellikleri araştırılmıştır. Volkanik birimlerden alınan kayaç örneklerinin fiziksel ve mekanik deneyleri, İTÜ Maden Fakültesi Uygulamalı Jeoloji Kaya Mekaniği ve İndeks Özellikleri laboratuvarlarında yapılmıştır.

Bu bölümde, inceleme alanında mostra veren kayaçların ölçülen süreksizlik özellikleri değerlendirilmiş ve kayaçlar yapısal özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Kayaçların saha genelinde etkili olmuş ayrışma ve alterasyon karşısında sundukları bünyesel farklılıklar, fiziksel ve mekanik parametrelerindeki değişimler ile araştırılmıştır. Bu amaçla; Çanakkale ili Ayvacık ilçesi Kösedere ovası, Uzunburun, Çamtepe ve Centirler köyü arasında 70 km² lik alanda 220'den fazla lokasyonda (Şekil 3.4) çatlak düzlemlerinin aralık ve açıklıkları ölçülmüş, metredeki çatlak sayıları ile ortalama çatlak sıklığı sayıları belirlenmiştir. Bu lokasyonlardan alınan yönlü kayaç örnekleri üzerinde ilgili deneyler; TS 699 (1982) ile TS 2030 (1975) ve ASTM D 5731-95 (1995) standartlarına göre İTÜ Maden Fakültesi Uygulamalı Jeoloji Kaya Mekaniği ve İndeks Özellikleri laboratuvarlarında yapılmıştır. Kayaçların arazide ölçülen süreksizlik özellikleri ile deneyler sonucunda elde edilen fiziksel ve mekanik değerlerin arazi genelindeki dağılımları, eş dağılım haritaları yapılarak belirlenmiştir. Kayaçların süreksizlik ve fizikomekanik özelliklerine ait eş dağılım haritaları ile bu özellikler; jeoloji, tektonizma, ayrışma ve alterasyon açısından yorumlanmıştır.

5.2 Kayaçların Yapısal Özelliklerine Göre Sınıflandırılmaları

Kayaçların gerek oluşumları gerekse oluşum sonrası etkisi altında kaldıkları tektonik kuvvetlere bağlı kazanmış oldukları yapısal özellikleri; mühendislik amaçlı girişimlerde, kayaçların sınıflandırılmasında yaygın kullanılır. Bu sınıflamalarda kayaçlarda gelişmiş birincil (primer) ve ikincil (sekonder) süreksizliklere ait; tabaka kalınlığı, çatlak ara uzaklığı, çatlak açıklığı, çatlak pürüzlülüğü gibi geometrik ve morfolojik unsurlar dikkate alınmaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışmada; inceleme alanındaki kayaçlar, aşağıda verilen özellikleri dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

5.2.1 Tabaka kalınlıklarına göre sınıflandırma

Kayaçların tabaka kalınlığı; değişik amaçlı yer mühendislik tasarımlarında yaygın olarak kullanılır. Birimlerin bulunduğu ortamdaki evriminin anlaşılmasında da tabaka kalınlıklarının rolü önemlidir. Kayaçların tabaka kalınlıkları ile bünyelerinde gelişmiş çatlak özellikleri arasında genellikle lineer bir ilişki vardır. Bu ilişki kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde de etkili olmaktadır. Aynı materyalden oluşmuş ince veya kalın tabakalı veya masif kayaların dayanımları ve deformasyon modülleri de farklı olabilmektedir. Masif kayalar bulundukları ortamda davranış yönünden daha izotrop bir özellik sunarken, ince tabakalı ortamın anizotropisi artar (Wittke; 1990). Mühendislik amaçlı çalışmalarda kayaçlar, jeolojik yapıları ve süreksizlik özelliklerine göre; masif kayaçlar, kalın tabakalı kayaçlar, tabakalı kayaçlar, laminalı kayaçlar, fissürlü kayaçlar, mikro fissürlü kayaçlar, çatlaklı-kırıklık kayaçlar, faylı kayaçlar, şiştiyetli-foliasyonlu kayaçlar, kıvrımlı kayaçlar gibi gruplandırılarak sınıflandırılır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan DEERE (1963) tarafından önerilmiş tabaka kalınlıklarına bağlı sınıflama aşağıda Tablo 5.1 de verilmiştir.

Tablo 5.1 Kayaçların tabaka kalınlığına göre sınıflandırılması.

KAYAÇ TANIMI	TABAKA KALINLIĞI (cm)
Çok kalın tabakalı	> 300
Kalın tabakalı	300 - 100
Orta tabakalı	100 - 30
İnce tabakalı	30 - 5
Çok ince tabakalı	< 5
Laminalı (tortul)	-
İnce Laminalı (tortul)	-

İnceleme alanındaki kayaçlar aynı volkanik aktivitenin farklı zamanlarda gelişmiş ürünleridir. Volkanik aktivitenin yer yüzeyine ulaşmasından sonra devam eden lav akıntısı ile birimlerin petrografik ve fiziksel özelliklerindeki farklılıklar oluşmuştur. Volkanik akışkanın viskozitesi ve aktıkları topoğrafik yüzeylerin özellikleri, inceleme alanındaki çeşitli tabaka kalınlıklarının gelişmesine olanak vermiştir. İnceleme alanında kuzey grup olarak isimlendirilmiş Ayvacık grubu ve güney grup olarak isimlendirilmiş Balabanlı grubu volkanik kayaçları ile Tuzla ve Orta Tepe riyolitik kayaçlarında tabaka kalınlıkları ölçülmüştür. Volkanik lav akıntısı sırasında akma yönünde katılaşp tabakalaşmış bu düzeylere ait kalınlıklar bir kaç on santim ile bir kaç metre arasındadır. Tüflerde, yer yer tabaka düzlemlerine paralel bazen ise kıvrımlı, ince laminalı seviyeler de gözlenir. Birimler bu özellikleri ile DEERE (1963) sınıflamasında, ince ve kalın tabakalı kayaçlar olarak değerlendirilebilir.

5.2.2 Çatlak sıklığına göre sınıflandırma

Kayaçalarda; aynı süreksizlik takımına ait çatlaklar arasındaki dik uzaklık (d_i), süreksizlik yada çatlak aralığı olarak tanımlanır. Derinlik kayacında gelişen S, Q, L çatlakları, tortul kayaçta gelişen Ç_{t1} , Ç_{t2} , Ç_{t3} çatlakları, metamorfik kayaçta gelişen şiştiyet çatlaklarına ait herhangi bir çatlak takımındaki paralel çatlak yüzeyleri arasındaki uzaklık x ile y cm arasında değişiyorsa, bu değişim;

$$d_i = x \leftrightarrow y \text{ veya } d_{i_x}^y \text{ şeklinde yazılır.}$$

Kayaçalarda 3 tür çatlak takımının bulunması durumunda; çatlak takımlarının her biri için yukarıdaki ifade ayrı ayrı yazılarak bu 3 çatlak takımına ait genel ilişki;

$$d_{1_{\min}}^{\max} x d_{2_{\min}}^{\max} x d_{3_{\min}}^{\max} \quad (5.1)$$

(5.1) eşitliği ile tanımlanır. Bu tanımlama aynı zamanda kayaçalarda gelişmiş birim kaya elemanlarının en küçük ve en büyük boyutlarını da verir. Dolayısıyla, kayaçalarda gelişmiş birinci süreksizlik takımı arasındaki dik uzaklık $d_1; x \leftrightarrow y$, ikinci süreksizlik takımı arasındaki dik uzaklık $d_2; z \leftrightarrow t$ ve üçüncü süreksizlik takımı arasındaki dik uzaklık $d_3; e \leftrightarrow b$ ise kayaç ortama ait genel ilişki;

$$d_1 = x \leftrightarrow y; d_2 = z \leftrightarrow t; d_3 = e \leftrightarrow b \text{ veya } d_{1_x}^y x d_{2_z}^t x d_{3_e}^b$$

şeklinde yazılır. Bu durumda kayaçtaki çatlak aralık değerleriyle belirtilen birim kaya elemanlarının en büyük hacimleri $y.t.b [L]^3$, en küçük hacimleri ise $x.z.e [L]^3$ olacaktır. Çatlak ara uzaklıkları ile tanımlanan kayaçta, birim uzunluğa düşen aynı çatlak takımına ait çatlak izi sayısı, çatlaklılık veya çatlak sıklığı olarak tariflenir ve k_i ile gösterilir (Şekil 5.1). Çatlak sıklığı da çatlak aralığı gibi süreksizlik düzlemlerine dik doğrultuda alınan ölçümlerle belirlenir. Bir kayaçta k_i ile temsil edilen çatlaklılık veya çatlak izi sayısını belirleyebilmek için;

$$k_i = \frac{J_{ni}}{L} \quad (5.2)$$

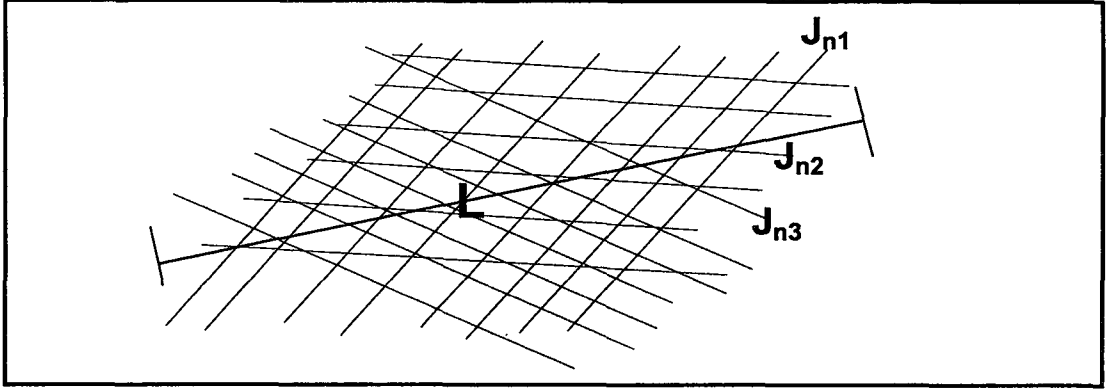
bağıntısı yazılabilir. Bağıntıda;

J_i : Aynı süreksizlik takımına ait çatlak izi sayısı,

L : Bu çatlak izi sayısının sayıldığı uzunluk tur.

Dolayısıyla çatlaklılık veya çatlak sıklığı k_i ile çatlak aralığı d_i arasında;

$$k_i x d_i = L \quad (5.3a)$$



Şekil 5.1 Çatlaklı ortamda k_{stini} değerinin belirlenmesi.

Eşitlik (5.3a) dan;

$$k_i = \frac{L}{d_i} \quad (5.3b)$$

(5.3b) ile verilen ilişki elde edilir. Bu durumda 1 metrelik birim uzunluk için kayaçtaki çatlaklılık veya çatlak sıklığı;

$$k_i = \frac{100}{d_i} \quad (5.4)$$

olacaktır.

Kayaçta çatlakların aralık, sıklık ve uzunlukları bu çatlakların ait oldukları takımın uzanımına dik durumdaki bir düzlem içinde ölçülmesi gereken büyüklüklerdir. Bu ölçüm düzlemlerine $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_i$ denilirse, ölçüm yapılan noktada;

$$\pi_1 \perp J_{n1}$$

$$\pi_2 \perp J_{n2}$$

.

.

.

.

.

$$\pi_i \perp J_{ni}$$

olması gerekir.

Ancak uygulamada kayanın ortalama çatlaklılığını belirlemek amacıyla; daha genel bir çatlaklılık (k_{stini}) değeri kullanılır. Burada; kayaçlarda geçen (veya seçilen) herhangi bir doğrultu boyunca karşılaşılan değişik çatlak takımlarına ait çatlak izleri (J_{ni}) sayılmakta (Şekil 5.1) ve bu değer birim uzunluk için kullanılmaktadır. Kayaçta ortalama çatlak sıklığı k_{stini} değerini belirleyebilmek için;

$$k_{stini} = \bar{k} = \frac{J_{n1} + J_{n2} + + J_{ni}}{L} \quad (5.5)$$

bağıntısı kullanılır.

Uygulamada kayaçta gelişmiş ortalama çatlak sıklığı değerini belirlemek için mostra yüzeyinde seçilmiş 1 metrelik bir uzunlukta geçilen tüm çatlaklara ait çatlak izi sayısı sayıldığından, kayacın ortalama çatlak sıklığı;

$$k_{stini} = \bar{k} = J_{n1} + J_{n2} + + J_{ni} \quad (5.6)$$

olacaktır.

Kayaçlarda çatlakların oluşturduğu süreksizlik yüzeyleri nedeniyle, kayacın her zaman tümüyle birbirinden ayrılmış birim kaya elemanlarından oluşması gerekmez. Kayaçlarda böylesi bir durum; ortamda aynı doğrultuda boydan boya gelişmiş çatlak izlerinin görülmemesi ile sonuçlanır. Çatlak izlerinin gözlenmediği aralıklarda ya kaya malzemesinin kendisi ya da süreksizliği dolduran ve malzeme köprüsü olarak isimlendirilen bir dolgu maddesi bulunmaktadır. Bu şekildeki bir kayaç, kırıklı fakat tek cisim ortamı şeklinde değerlendirilir. Kayaçta, çatlak izi arasında gözlenen bu materyaller; kayanın gerilmeler karşısındaki davranışını, fiziksel özelliklerini, bünyesindeki sıvıların hareketini yakından denetlemektedir. Bu denetim; kayacın etkisi altında kalacağı ayrışma ve alterasyonun gelişiminde de rol oynayacaktır. Bu malzeme aynı zamanda kayanın kesme direnci üzerinde de etkili olmakta ve kayanın kesme direncini malzeme köprülerinin kesme direnci ile süreksizlik yüzeylerinin kayma direnci belirlemektedir. Kayanın doku direncine doğrudan etkiyen bu kırılanma özelliği çizgisel, düzlemsel ve hacimsel ayrılma derecesi (Şekil 5.2) ile sayısal olarak tanımlanmaya çalışılır. Buna göre çizgisel ayrılma derecesi (κ) bir süreksizlik izinin doğrultusu boyunca açık çatlak izi uzunlukları toplamının ölçüm mesafesine oranı şeklinde tanımlanır ve;

$$\kappa = \frac{\sum J_i}{L} \quad (5.7)$$

(5.7) ile verilen şekilde ifade edilir. Eşitlikte;

J_i : Çatlak izi uzunlukları toplamı,

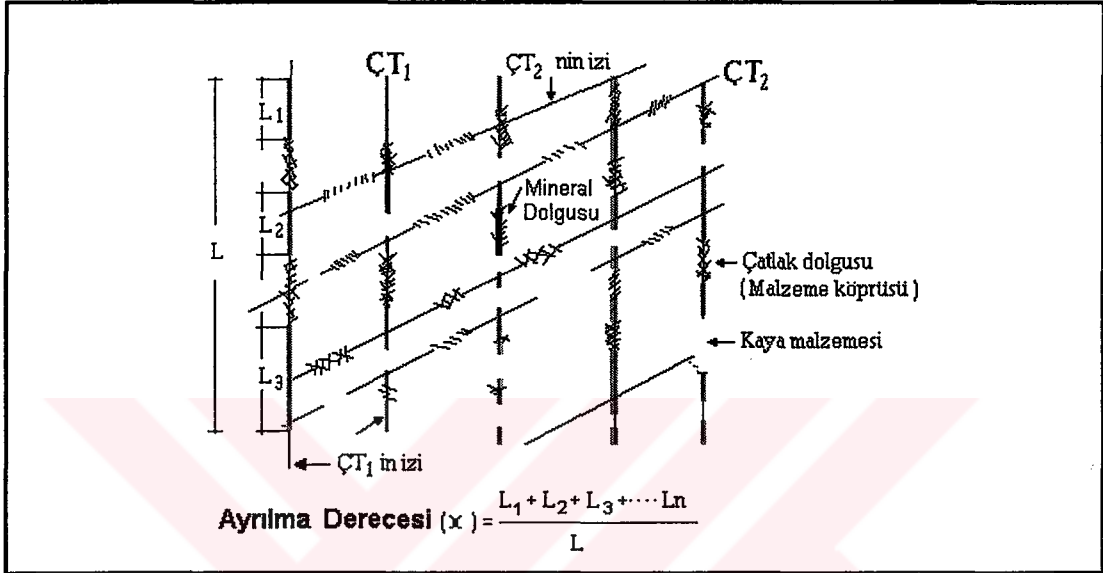
L : Ölçülen çatlak izinin toplam uzunluğu dur.

Uygulamada kayaçların ayrılma derecesini belirleyebilmek için ortalama ayrılma derecesi (κ_{ort}) değeri kullanılır. Ortalama ayrılma derecesi; değişik süreksizlik takımı

içeren kayanın süreksizliklerine ait ayrılma dereceleri toplamının ortalamasıdır ve;

$$\kappa_{\text{ort}} = \bar{\kappa} = \frac{\kappa_1 + \kappa_2 + \dots + \kappa_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \kappa_i}{n} \quad (5.8)$$

bağıntısı ile verilir.



Şekil 5.2 Çatlaklı ortamda çizgisel ayrılma derecesi.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan Deere (1963) tarafından önerilmiş çatlak ara uzaklığına bağlı sınıflama aşağıda Tablo 5.2 ile verilmiştir.

Tablo 5.2 Kayaçların çatlak ara uzaklığına göre sınıflandırılması (Deere, 1963).

KAYAÇ TANIMI	ÇATLAK ARA UZAKLIĞI (cm)
Çok seyrek çatlaklı (katı)	> 300
Seyrek çatlaklı (masif)	300 - 100
Orta çatlaklı (bloklı)	100 - 30
Sık çatlaklı (çatlaklı)	30 - 5
Çok sık çatlaklı (kırılmış ve ezilmiş)	<5
Aşırı sık çatlaklı	-

İnceleme alanında farklı litolojilere ait kayaçların çatlak ara uzaklık ölçümleri kullanılarak, kayaçların çatlak sıklık (1 metredeki süreksizlik sayısı) değerleri belirlenmiştir. İnceleme alanında farklı formasyonlardaki kayaçların çatlak sıklığı değerleri ile ortalama çatlak sıklığı değerleri ve bu değerlerden hareketle, çatlak ara uzaklığına göre tanımlanmış Deere (1963) sınıflamasındaki yerleri Tablo 5.3 ile verilmiştir. İnceleme alanında kuzey ve güney grup volkanik kayaçları ile çökel kayaçlar, Deere (1963) sınıflamasında seyrek-çok sık çatlaklı kayacı yansıtır.

Tablo 5.3 Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların çatlak sıklığı.

Formasyon	k_i (1/m)	k_{stini} (1/m)	Tanımlama
Tavaklı	20-35	25	Çok sık çatlaklı
Tuzla	2-200	11-110	Orta-aşırı sık çatlaklı
Tamış	7-12	10	Sık çatlaklı
Kepez	0,5-60	1-27	Seyrek-çok sık çatlaklı
Dededağ	0,5-100	5-68	Seyrek-çok sık çatlaklı
Babadere	1-100	1-60	Orta-çok sık çatlaklı
Kızıltepe	0,6-100	2-60	Seyrek-çok sık çatlaklı

İnceleme alanındaki volkanik kayaçların çatlak sıklığı, homojen dağılım sunmazlar. Bu durum; volkanik materyalin topografya yüzeyince eğim aşağı akarken, viskozitesi, sıcaklığı, bileşimi, topografya eğimi ve akış doğrultusunda karşılaşılan engeller sonucu birimde katılma sırasında oluşan birincil çatlaklanmalar ve bölgede etkili olmuş tektonik aktiviteye bağlı gelişecek yeni kırılanmalar sırasında litolojiye bağımlı kazanılmış lokal süreksizlik yoğunlaşmaları ile açıklanabilir.

İnceleme alanında çok küçük yayılımı olan tortul birimde, homojen ve çok sık aralıklı çatlak dağılımı gelişmiştir. Bu çatlaklanma; büyük olasılıkla kompaksiyonunu henüz tam anlamıyla tamamlamamış birimde, mevcut çökel kalınlığının etkisi ve tektonizmanın bölgedeki aktivitesi sonucu gelişmiştir. Bölgedeki tektonik aktivitenin etkisi dışında, birim içersinde gelişmiş tabaka kalınlıklarının değişimine bağlı gelişebilecek farklı davranışlar nedeniyle de birimin kırılanma etkisinde kalması olağandır. Birimi etkilemiş tüm bu özellikler, kayaçta genellikle eş boyutlu küçük birim kaya elemanlarının gelişmesine neden olmuştur.

Çalışma sahasının büyük bir kesiminde yayılımı olan volkanik birimlerde akma yönünde tabakalaşmış kesimler de belirlenmiş minimum çatlak aralık ölçümlerine dayalı birim kaya elemanlarında oluşabilecek en küçük hacim $1 \times 4 \times 10 \text{ cm}^3$ tür. Volkanik birimlerde akma yönünde tabakalaşmış kesimler de belirlenmiş maksimum çatlak aralıkları ölçümlerine dayalı birim kaya elemanlarında oluşabilecek en büyük hacim ise $5 \times 50 \times 200 \text{ cm}^3$ olacaktır. Volkanik kayaçların ortalama çatlak yoğunluğu, metrede 1 ile 70 arasında değişmektedir.

İnceleme alanı kayaçlarında maksimum çatlak sıklığı ölçümlerinin çalışma sahası genelindeki dağılımları Şekil 5.3 ile verilmiştir. Kayaçlarda maksimum çatlak sıklığı dağılımları; volkanik birimlerde, bölgede etkili olmuş tektonizma ile çok yakın ilişkilidir. Kayaçlar tektonik hatlar boyunca etkisi altında kaldığı gerilmeler sonucu kırılarak bu kesimlerde maksimum çatlaklılık kazanmıştır. İnceleme alanında fay zonlarının olmadığı kesimlerde, kayaçta çatlaklanma azalmakta ve daha geniş alanlarda benzerlik sunmaktadır.

Kuzey grup volkanik kayaçlarında maksimum çatlak sıklıkları Tuzla fayına açılı gelişen KD-GB gidişli fayların yöneliminde yoğunlaşmaktadır. Kurtlu Kuyu deresinin iç kesimlerindeki çatlak yoğunlaşması KB-GD yönelimli Tuzla fayı ile Tuzla Tepe'ye uzanan KD-GB yönelimli Tuzla Tepe fayı ve bu fayın doğusunda Tuzla riyolitik domunu sınırlayan KD-GB yönelimli Kurtlu Kuyu fayının etkisi ile gelişmiş olmalıdır. İnceleme alanının kuzey doğu kesimlerinde Centirler köyü çevresindeki çatlak yoğunlaşması, Centirler köyünün kuzey batısında ve güney doğusunda gözlenen KD-GB yönelimli Centirler fayı ile Çam köy faylarının etkisi ile mümkün olabilir. İnceleme alanının güneydoğusunda; Tabaklar köyünün kuzeyinde, Çam köyün güneyinde, Koca mezarlık mevki çevresindeki çatlak yoğunlaşması, Çam köyün kuzey doğusu ile Centirler köyünün güney doğusundaki KD-GB yönelimli Çam köy fayı ve Koca mezarlık mevki-Tabaklar köyü arasında KB-GD yönelimli Kapanca Tepe, Koca Mezarlık, Tabaklar fayları ile Tabaklar köyü güneyi ile kuzey batısında KB-GD yönelimli Tuzla fayının mekanik etkisi ile gelişmiş olmalıdır.

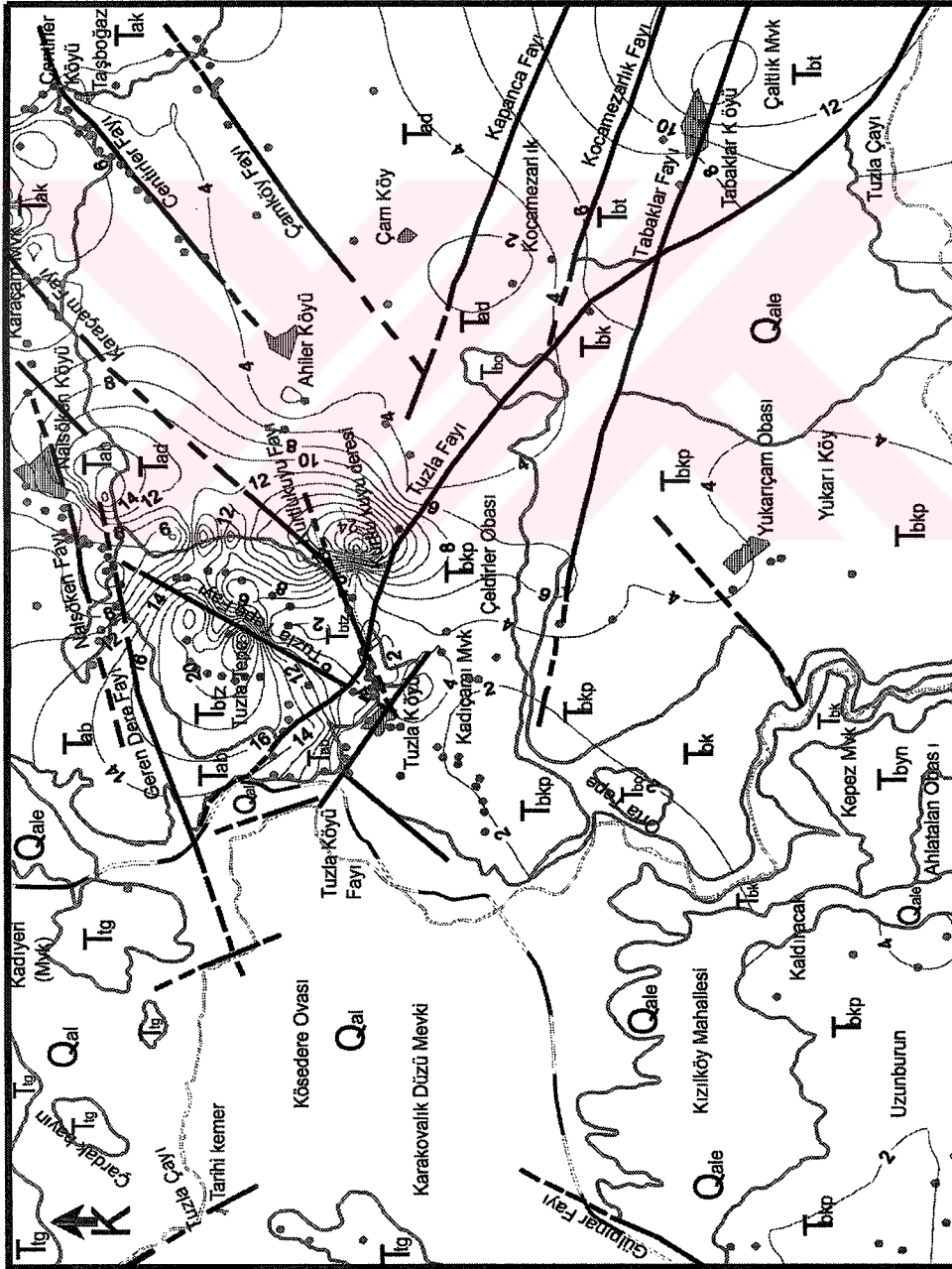
İnceleme alanı kayaçlarının Şekil 5.4 ile verilen minimum çatlak sıklığı dağılımları da benzer ilişkiler içermektedir. Minimum çatlak sıklığı dağılımı, maksimum çatlak sıklığı dağılımına göre daha homojen yayılımlıdır. Tuzla Tepe ve Kurtlu Kuyu Vadisi çevresinde maksimum çatlak sıklığı ile minimum çatlak sıklığı dağılımları benzer ilişkiler gösterir. Bu durum; Tuzla fayı, Tuzla Tepe fayı ve Kurtlu kuyu fayının etkisinin bir sonucudur. İnceleme alanının kuzey doğusunda Karaçam mevkiinde de kayaçların minimum çatlak sıklıkları yoğunlaşma sunmaktadır. İnceleme alanının kuzey doğusu Centirler köyü, doğusu Çamköy ve güney doğusu Tabaklar köyü çevresinde minimum çatlak sıklıkları daha homojen dağılmaktadır. Bu ise, arazinin bu kesimlerinde çatlak aralıklarının, fayların etkisinde benzer gelişmiş olduğunu göstermektedir.

İnceleme alanı kayaçlarının Şekil 5.5 ile verilen ortalama çatlak sıklığı dağılımları, Şekil 5.4 ile verilen minimum çatlak sıklığı dağılımları ile benzerlik göstermektedir. Kayaçların maksimum, minimum, ortalama çatlak sıklığı dağılımları; inceleme alanının güney batısındaki kayaçların çatlaklanma özelliği açısından homojen davranış sergilediğini, kayaçların başlıca KD-GB gidişli faylar ile Tuzla fayı etkisinde kırıklandığını, kırılanma etkisinin Tuzla köyü çevresinde Tuzla fayı, Tuzla Tepe fayı ve Kurtlu kuyu fayı kontrolünde yoğun geliştiğini göstermiştir. Kuzeydoğudaki KD - GB gidişli Karaçam, Centirler, Çam köy fayları etkisinde benzer aralıklı çatlaklar gelişmiştir. Tuzla köyü çevresindeki çatlak yoğunluğu aynı zamanda inceleme alanının bu kesimlerinde yaygın gelişmiş ayrışma-alterasyon olaylarının ve Kurtlu Kuyu Vadisi'ndeki sıcak su kaynaklarının da, doğal bir sonucudur.

AÇIKLAMALAR

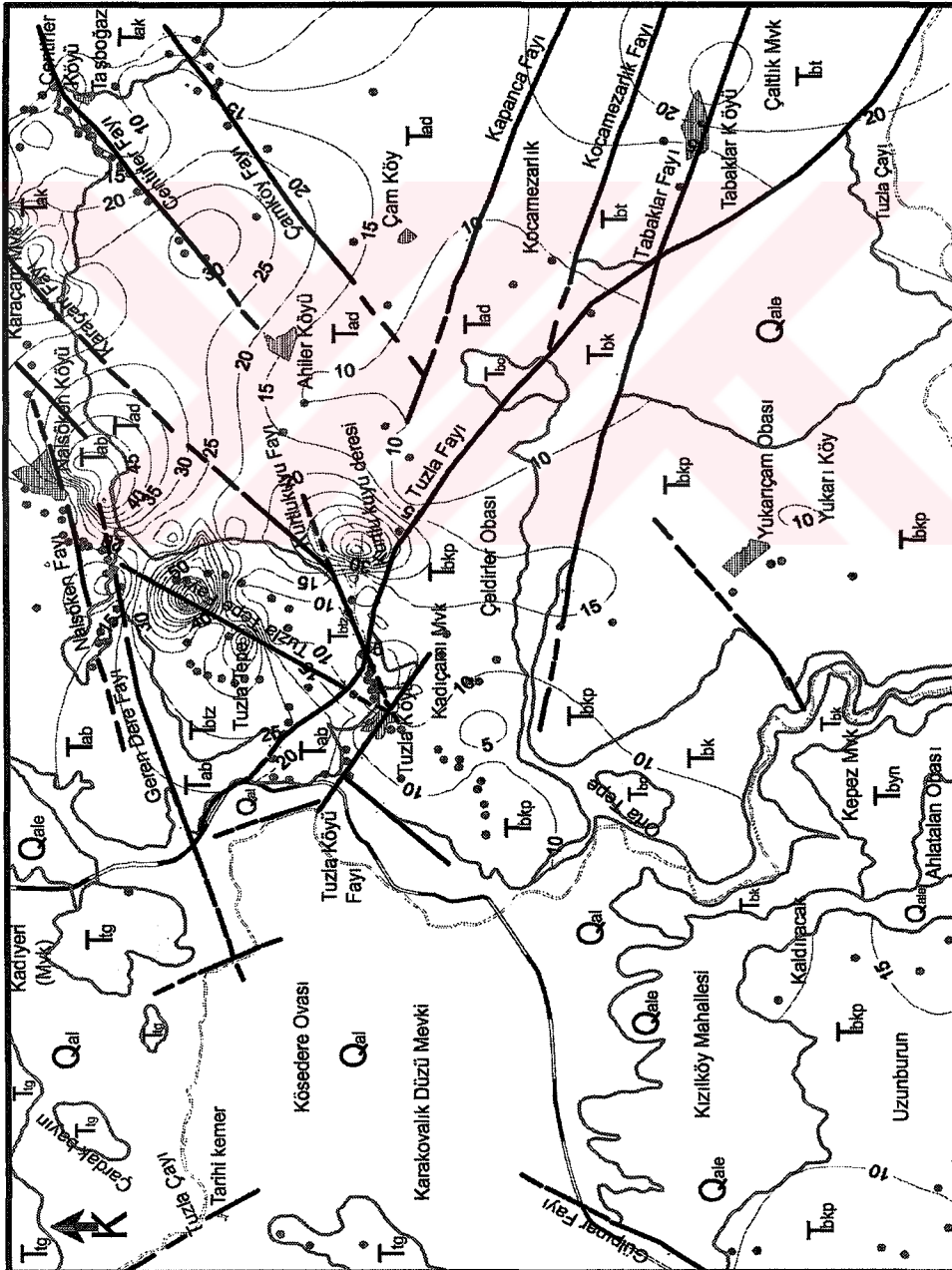
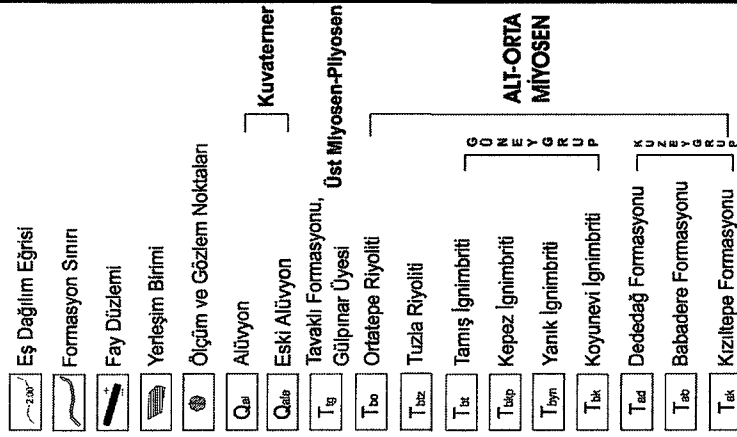
	Eş Dağılım Eğrisi
	Formasyon Sınırı
	Fay Düzlemi
	Yerleşim Birimi
	Ölçüm ve Gözlem Noktaları
	Alüvyon
	Eski Alüvyon
	Tavaklı Formasyonu
	Gülpınar Üyesi
	Oratepe Rhyoliti
	Tuzla Rhyoliti
	Tamiş İgnimbriti
	Kepez İgnimbriti
	Yanık İgnimbriti
	Koyunevi İgnimbriti
	Dededağ Formasyonu
	Babadere Formasyonu
	Kızıltepe Formasyonu

0 250 750 1750 m



Şekil 5.4 İnceleme alanının minimum çatlak sıklığı dağılımı.

AÇIKLAMALAR



Şekil 5.5 İnceleme alanının ortalama çatlak sıklığı dağılımı.

5.2.3 Çatlak açıklığına göre sınıflandırma

Çatlak açıklığı, kayaçtaki çatlığın iki duvarı arasındaki dik uzaklıktır. Kayaçların oluşumları sırasında ve oluşum sonrası etkisi altında kaldıkları jeolojik olaylar sonucu bünyelerinde gelişen çatlaklar; kalsit, kuvars, kil, orijinal kayaca ait kayaç kırıntısı gibi parçalardan oluşan bir malzeme ile tamamen dolmuş ise dolgulu, kısmen dolmuş ise yarı dolgulu, her hangi bir malzeme ile dolmamış ise dolgunsuz çatlaklar olarak isimlendirilir. Kayaçların kesme dayanımı ve hidrolik konduktivitesi üzerinde etkili olan çatlak açıklıkları, çatlak duvarları arasına yerleşen dolgu kalınlıkları ölçülerek de belirlenebilir. ISRM (1981) ile verilen kayaçlarda gelişmiş çatlak açıklıklarına göre sınıflama Tablo 5.4 de verilmiştir.

Tablo 5.4 Kayaçların çatlak açıklığına göre sınıflandırılması (ISRM, 1981).

KAYAÇ TANIMI		ÇATLAK AÇIKLIĞI
“Kapalı” Özellikler	Çok sıkı	<0,10 mm
	Sıkı	0,10-0,25 mm
	Kısmen açık	0,25-0,50 mm
“Fissür” Özellikler	Açık	0,50-2,50 mm
	Kısmen geniş	2,50-10,00 mm
	Geniş	>10,00 mm
“Açık” Özellikler	Çok geniş	1-10 cm
	Son derece geniş	10-100 cm
	Mağaramsı	> 1 m

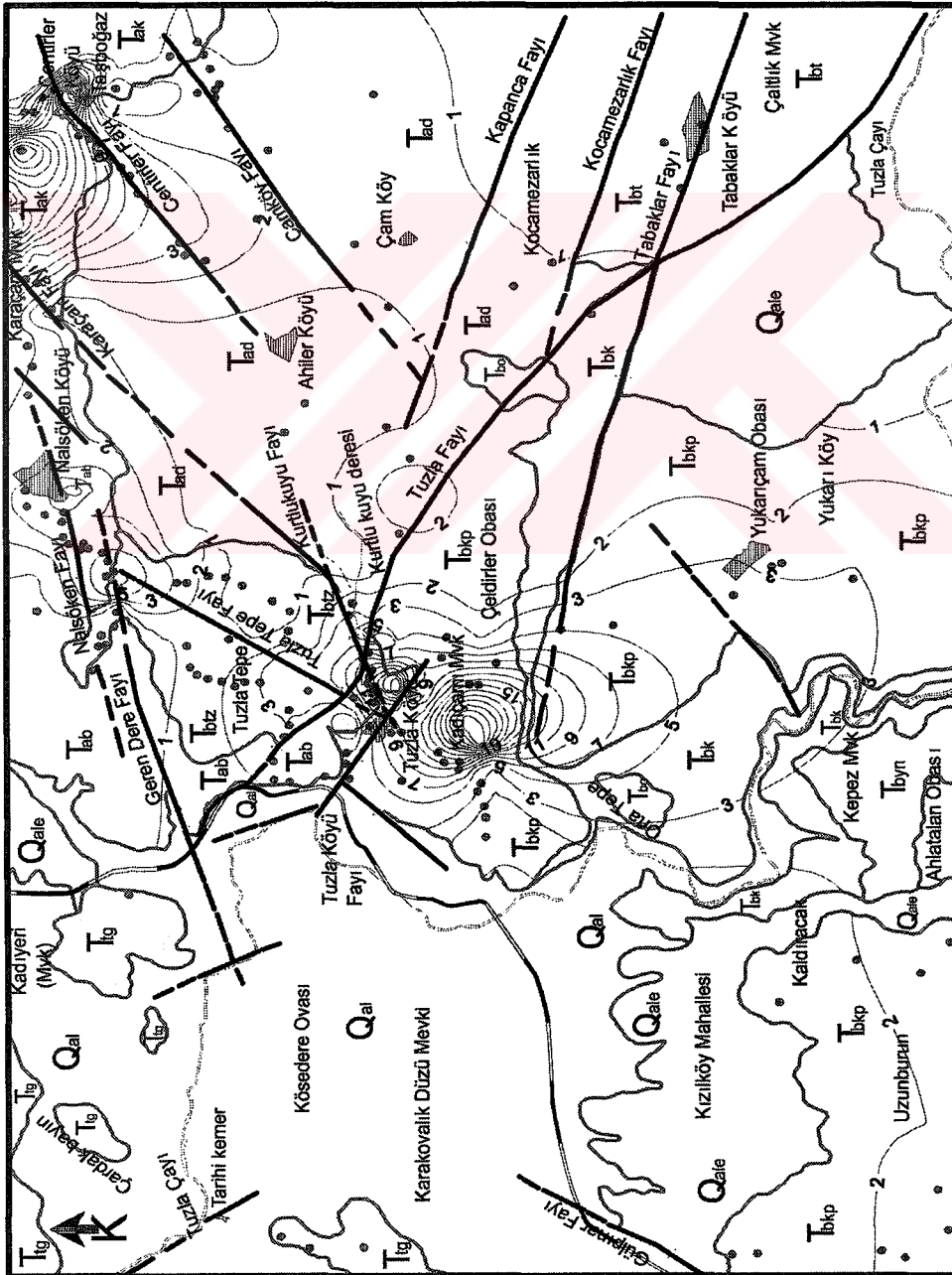
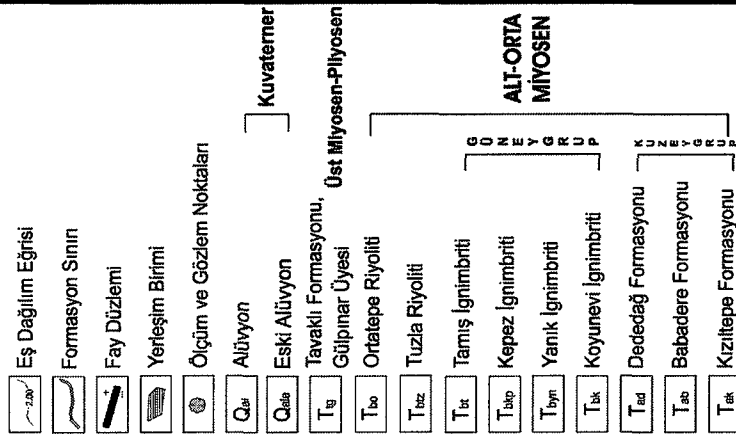
İnceleme alanındaki kayaçların çatlak açıklıkları ile ISRM (1981) sınıflamasındaki yerleri Tablo 5.5 de verilmiştir. Tablo 5.5 ten, inceleme alanındaki tortul kayacın sıkı-kısmen açık çatlaklar içerdiği, volkanik kayaçların ise sıkı-çok geniş çatlak açıklığına sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 5.5 Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların çatlak açıklığı.

Formasyon	Çatlak Açıklığı		Tanımlama
	Minimum (mm)	Maksimum (mm)	
Tavaklı	0,1	0,3	Sıkı-kısmen açık
Tuzla	0,1	5	Sıkı-açık
Tamış	0,1	0,1	Sıkı
Kepez	0,1	3	Sıkı-kısmen geniş
Dededağ	0,1	50	Sıkı-çok geniş
Babadere	0,1	10	Sıkı-kısmen geniş
Kızıltepe	0,1	30	Sıkı-çok geniş

Şekil 5.6 ile verilen kayaçların çatlak yüzeyleri arasındaki maksimum açıklık dağılımları, başlıca iki bölgede büyük değişim göstermektedir. Değişimin izlendiği bölgelerden birincisi, Tuzla Tepe etekleri ve Kurtlu Kuyu Vadisi ile güneyindeki Köprübaşı, Güme Tepe, Kadıçamı Mevkii, Çeldirler Obası çevresidir.

AÇIKLAMALAR



Şekil 5.6 İnceleme alanının maksimum çatlak açıklığı dağılımı.

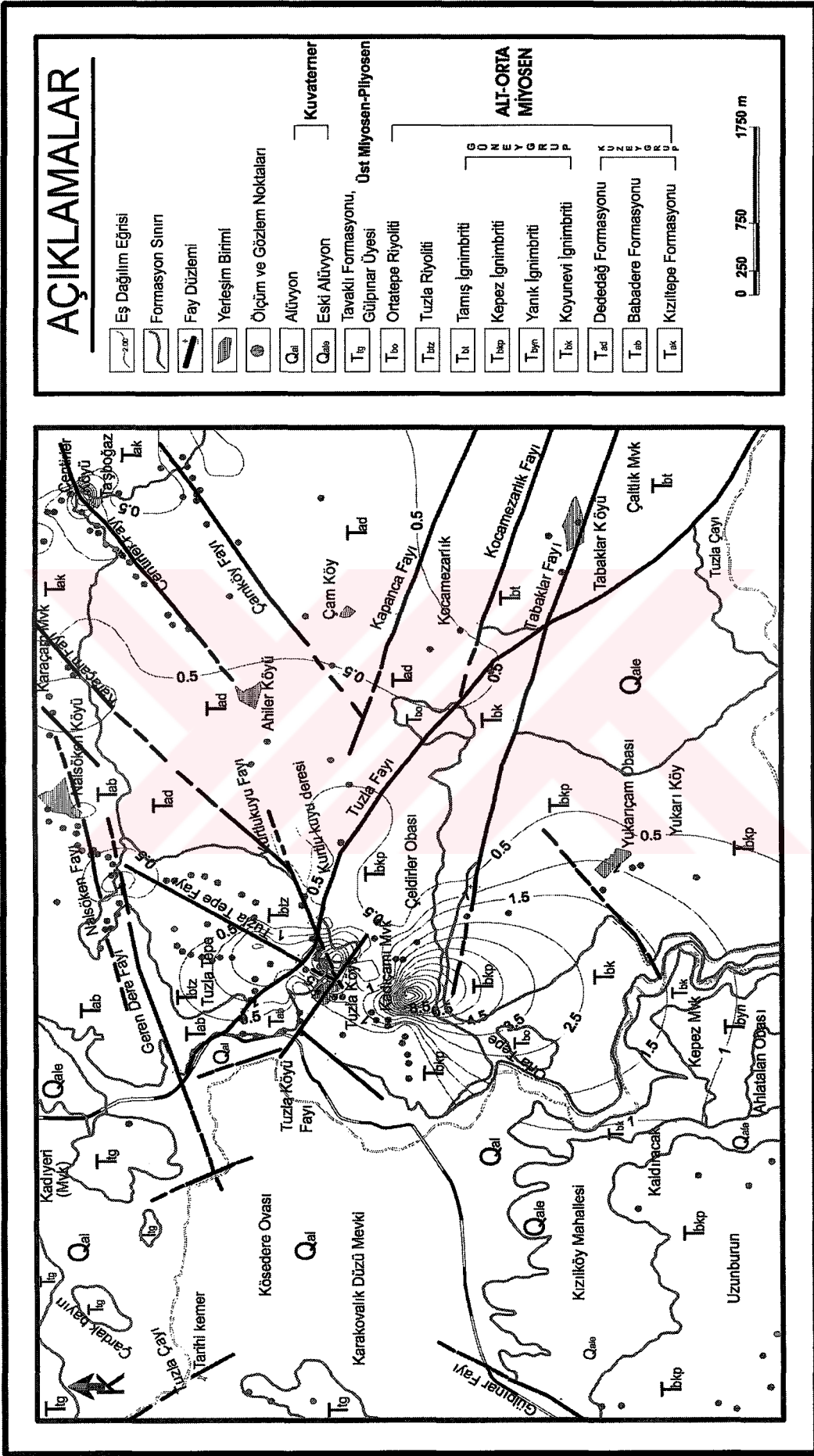
Değişimin izlendiği bölgelerden ikincisi, Karaçam Mevki ve Centirler köyü arasında kalan kesimlerdir. İnceleme alanının bu bölgeleri, birbirine paralel faylar arasında kalmaktadır. Bu faylar; Tuzla fayı ile güneyinde bu faya paralel Tuzla köyü ve Tabaklar fayları, Karaçam fayı ve güneydoğusunda bu faya paralel Centirler ile Çam köy faylarıdır. İnceleme alanındaki kayaçların maksimum çatlak açıklığı değerleri, Tuzla Tepe'nin kuzeyinde Tuzla Tepe'yi KD-GB doğrultusunda kesen bir hat boyunca da değişim sunmaktadır. Maksimum çatlak açıklık değerlerinin bu kesimlerdeki değişimi; jeolojik birimdeki farklılık, kayaçtaki ayrışma±alterasyon gelişimi sonucu silisçe zenginleşmesi ve Tuzla Tepe'yi kat eden Tuzla Tepe fayı ile bu faya açılı gelişmiş kuzey batısındaki Geren dere, kuzey doğusundaki Nalsöken faylarının etkisi sonucu oluşmuş olmalıdır.

İnceleme alanında maksimum çatlak açıklık değerlerinin dağılımı fay geometrileri ile ilişkilidir. Birbirine paralel gelişen fay sistemleri arasında, kinematik serbestliğe sahip kayaçların maksimum çatlak açıklık değerleri çok kısa mesafelerde fazlaca değişirken, bir birine açılı gelişen fayların arasındaki kayaçlar, fayların kesişim alanlarına yakın kesimlerde daha az, bu kesimlerden uzaklaşılan bölgelerde ise daha büyük çatlak açıklığı değerlerine sahiptirler.

Tektonik hatların birbirine paralel olduğu Tuzla Tepe etekleri, Kurtlu Kuyu Vadisi ve güneyindeki Köprübaşı, Güme Tepe, Kadıçamı Mevkii, Çeldirler Obası çevresi ile Karaçam Mevkii ve Centirler köyü arasındaki kesimlerde, maksimum çatlak açıklığı dağılımları birbirine benzerdir ve çok sık aralıklarla değişir. Tektonik hatların Nalsöken fayı ile Geren dere fayında olduğu gibi birbirine açılı geliştiği kesimlerde, maksimum çatlak açıklığı dağılımı fayların kesişim bölgesinden uzaklaştıkça daha geniş aralıkla değişir. İnceleme alanının yukarıda verilen bölgeleri dışındaki kesimlerinde maksimum çatlak açıklık değerlerinin değişimi daha homojen bir davranış sergilemektedir. Bu kesimlerdeki maksimum çatlak açıklıklarının homojen dağılımı, bölgedeki tektonik aktivitenin kayaçlardaki etkisinin de bir göstergesidir.

İnceleme alanı kayaçlarının Şekil 5.7 ile verilen minimum çatlak açıklığı dağılımları da benzer ilişkiler sumaktadır. Çatlak açıklıklarına ait minimum ve maksimum değerler bölgede etkili olmuş tektonik aktivitenin etkisini ve fay düzlemlerinin geometrisi ile olan ilişkisini yansıtmaları bakımından anlamlıdır.

İnceleme alanında kayaçların Şekil 5.3 - 5.7 ile verilen çatlak özelliklerine ait dağılımlar ile bu dağılımların başlıca KD-GB yöneliminde sundukları çizgisellik, kayaçlardaki süreksizliklerin birinci derecede KD-GB yönelimli tektonik hatların etkisinde gelişmiş olduğunu da göstermektedir.



Şekil 5.7 İnceleme alanının minimum çatlak açıklığı dağılımı.

5.3 Kayaçların Fiziksel Özellikleri

Kayaçların davranış, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerinde önemli ölçüde etkili olan; özgül ağırlık, birim hacim ağırlık, porozite, boşluk oranı, su emme, geçirimsizlik, sertlik, elastik dalga hızını iletme ve benzeri fiziksel özellikleri; kayaçların ayrışma derecesinin tanımlanıp sınıflandırılmasında da kullanılan sayısal büyüklüklerdir. İnceleme alanında, ortam şartları ve süreksizlikler kontrolünde kayaçlarda gelişen ayrışma±alterasyon sonucu fiziksel özelliklerdeki değişimler araştırılmıştır. Kayaç örneklerin yoğunluk (dane birim hacim ağırlık), kuru ve doymuş birim hacim ağırlık, porozite, ağırlıkça su emme değerlerinin saha genelindeki dağılımları belirlenmiş ve örneklerin alınmış olduğu lokasyondaki süreksizlik özellikleri ile ilişkilendirilmesiyle açıklanmaya çalışılmıştır.

5.3.1 İnceleme alanında kayaçların fiziksel özellikleri

Çanakkale ili Ayvacık ilçesi Kösedere ovası, Uzunburun, Çamtepe ve Centirler köyü arasında 70 -km² lik bir alanda 220'den fazla lokasyondan (Şekil 3.4) alınan kayaç örneklerden, arazi gözlemleri sonucu seçilenlerde, kayaçların fiziksel özelliklerini belirlemek için TS 699 (1982) standardına göre deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda, inceleme alanında kayaçların arazi genelinde sergiledikleri fiziksel özellik dağılımları haritalanmıştır. Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların fiziksel özelliklerine ait minimum ve maksimum değerler Tablo 5.6 da verilmiştir.

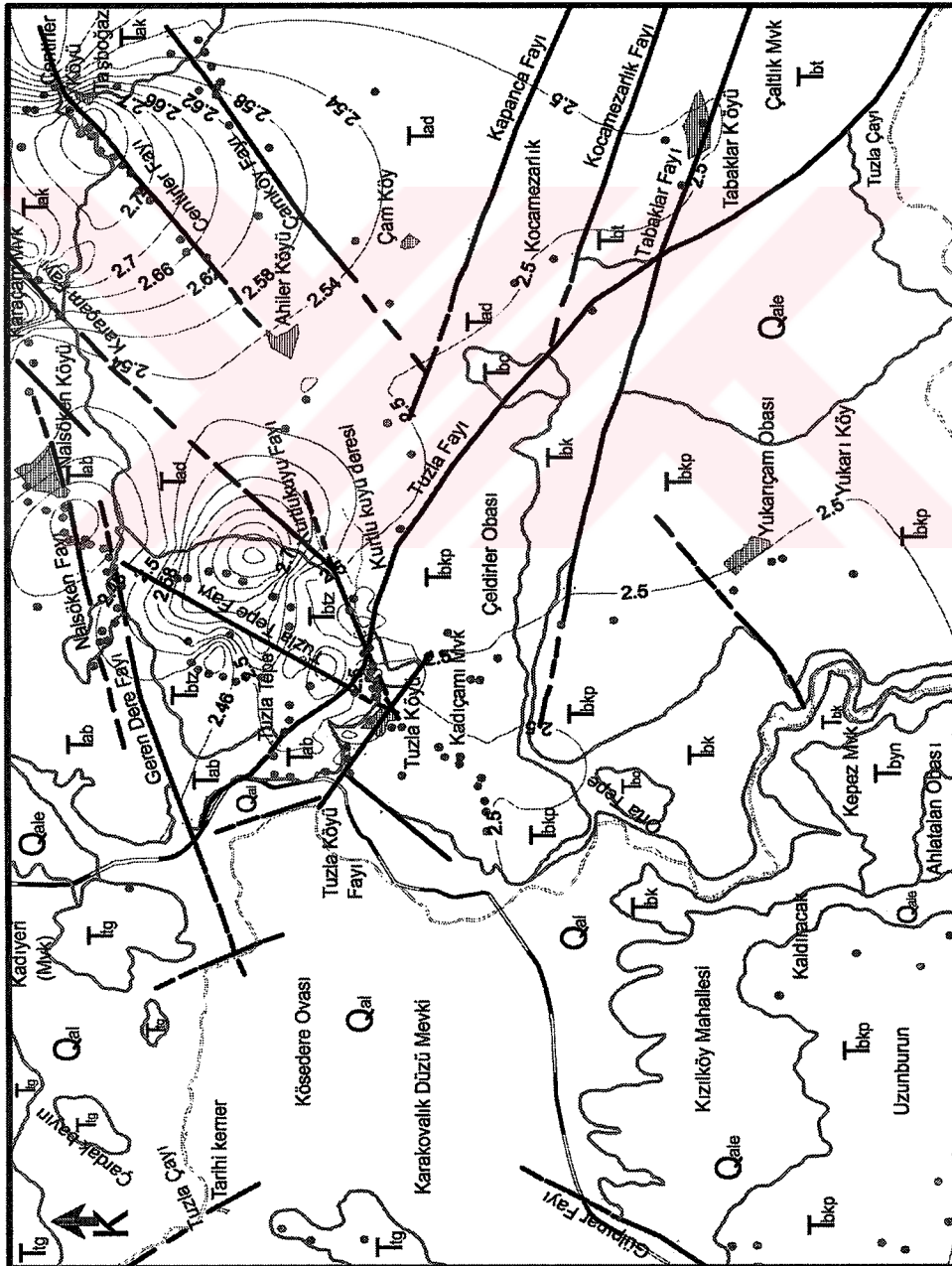
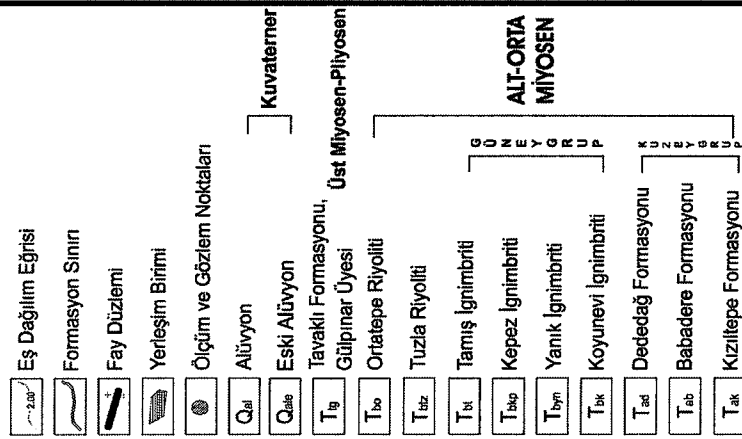
Tablo 5.6 Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların fiziksel özellik değerleri.

Formasyon	ρ (g/cm ³)	γ_k (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	n (%)	S _a (%)
Tavaklı	2,50	1,60	1,65	4,58	2,86
Tuzla	2,42-2,84	1,50-1,99	1,51-2,19	0,63-39,45	0,42-23,69
Tamış	2,50	1,71-1,75	1,76-1,88	5,47-13,69	3,20-7,84
Kepez	2,36-2,54	1,42-2,26	1,64-2,84	4,36-64,81	2,56-33,88
Dededağ	2,39-2,50	1,33-1,82	1,38-1,95	0,41-26,49	0,25-15,71
Babadere	2,34-2,86	1,44-2,25	1,6-2,31	0,41-26,38	0,25-15,08
Kızıltepe	2,34-2,86	1,47-1,69	1,63-1,87	4,77-29,20	2,93-19,85

5.3.1.1 İnceleme alanında kayaçların birim hacim ağırlık dağılımları

İnceleme alanı kayaçlarında TS 699 (1982) standardına göre yapılmış deneyler ile belirlenmiş yoğunluk değerlerinin dağılımı Şekil 5.8 ile verilmiştir. Tuzla fayı ile yan yana gelen Ayvacık ve Balabanlı volkanik birimlerinin yoğunluk değerlerindeki dağılımlar farklılık sergilemektedir. Ayvacık volkanik grubu kayaçlarından; riolititik ve dasitik, çoğunlukla masif felsik lav akıntıları ve akma breşlerinden oluşan Kızıltepe formasyonu ile kristal, litik ve pamis bileşimli tüflerden oluşma piroklastik yağış ürünü Babadere formasyonundaki benzer değer aralık ve değişimleri, fayların

AÇIKLAMALAR



Şekil 5.8 İnceleme alanının yoğunluk dağılımı.

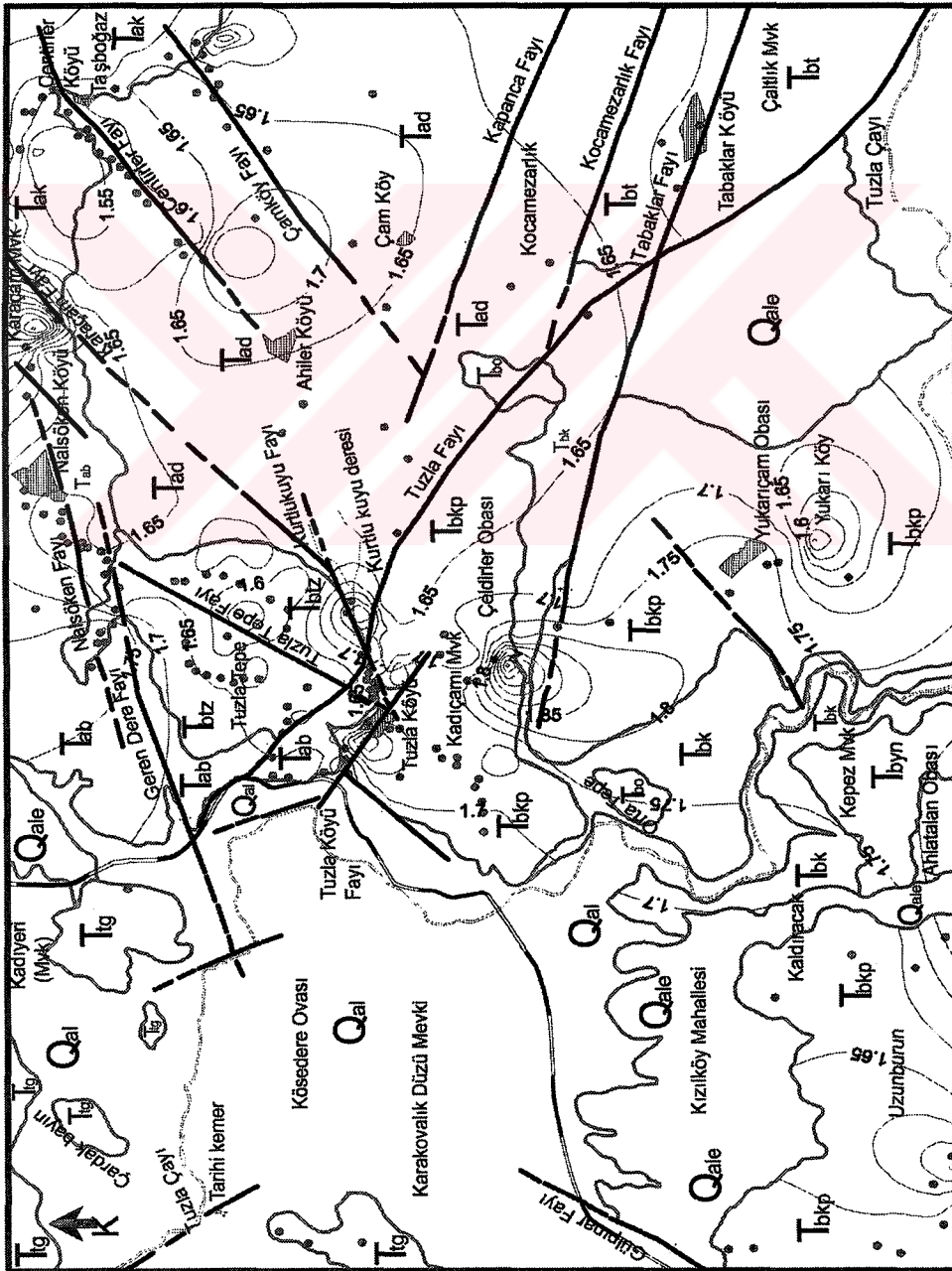
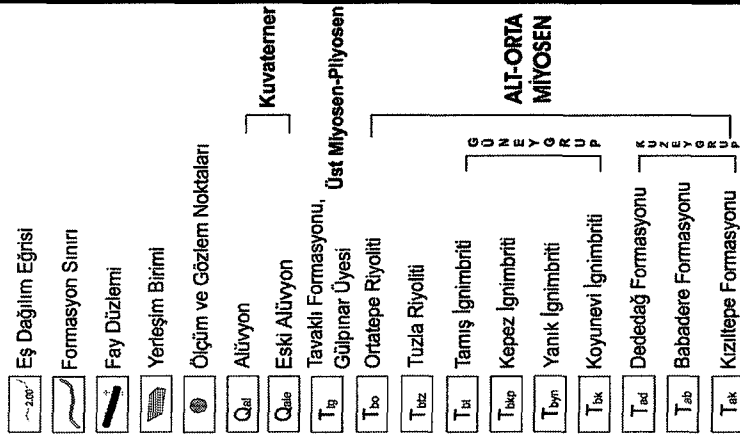
geometrileri ile uyuşmaktadır. Ayvacık volkanik grubunda andezit ve latit bileşimli lavlardan oluşma Dededağ formasyonunun yoğunluk dağılımı daha geniş aralıklarla değişim sunar. Piroklastik akıntı ürünü ignimbritler, lav akıntıları, volkanosedimanter düzeylerden oluşan Balabanlı volkanik topluluğu kayaçları (Kepez, Tamiş) homojen yoğunluk dağılımına sahiptirler. Bu homojenlik ignimbritlerdeki vitrik bileşenler ile ilişkili olmalıdır. Kepez formasyonu ignimbritlerinin, Kurtlu Kuyu Vadisi yakınlarında mostra veren kesimlerinin yoğunluk değerleri değişim sunmaktadır. Ignimbritlerin yoğunluk değerlerinin bu kesimlerdeki değişimleri, sıcak su boşalmaları ve Tuzla köyü fayının etkisiyle kayaçtaki ayrışma ve alterasyonla ilişkili olmalıdır. Dededağ, Kepez ve Tamiş formasyonundaki kayaçların yoğunluk değerlerindeki dağılımların tektonik hatların etkisinden uzak kesimlerde daha homojen olması, ayrışma ve alterasyon ile kayaçlarda oluşan değişimin tektonik hatlarla ilişkisinin de bir sonucudur. İnceleme alanında Tuzla fayı üzerinde bulunan Ayvacık volkanik grubu kayaçları ile Tuzla riyolitik kayaçlarının yoğunluk değerleri dağılımlarının KD-GB yönelimli faylar boyunca sunduğu anomaliler ile bu anomalilerin KD-GB gidişli çizgiselliği, Tuzla jeotermal sahasında sıcak akışkanın KD-GB yönelimli tektonik hatlar boyunca yaygın dolaşım yaptığı ve bu dolaşımında kayaçlardaki ayrışma ve alterasyon sonucu değişimine neden olduğunu düşündürmektedir.

İnceleme alanındaki kayaçların kuru birim hacim ağırlığı dağılımı Şekil 5.9, doymuş birim hacim ağırlık dağılımı Şekil 5.10 ile verilmiştir.

Kayaçların kuru ve doymuş birim hacim ağırlık dağılımları birbirlerine benzer özellik sunarlar. Şekil 5.9 ve 5.10 ile verilen dağılım haritalarında da, Ayvacık volkanik grubu Kızıltepe ve Babadere formasyonundaki kayaçların her iki fiziksel özelliği, yoğunluk dağılımına benzer şekilde KD-GB gidişli fayların kontrolünde değişim göstermektedir.

İnceleme alanındaki kayaçlarda irdelenen tüm bu özellikler, Ayvacık volkanik grubu Dededağ formasyonundaki kayaçlar ile Balabanlı volkanik grubu kayaçlarında daha homojen dağılım aralığı sunmaktadırlar. Fakat Balabanlı grubu Kepez formasyonu kayaçlarının minimum ve maksimum çatlak açıklığı dağılımları, Kadiçanı mevki - Yukarı köy arasındaki kesimde kuzey-güney yöneliminde çizgisellik oluşturarak daha sık aralıklarla değişir. Ignimbritlerin bu alanlardaki yoğun değişimi, tektonik etkiler nedeniyle kayacın çevresinde gelişmiş KB-GD gidişli fay düzlemlerinin kayaçta oluşturduğu çatlak özellikleri (bkz. Şekil 5.6, 5.7) nedeniyle, atmosferik koşulların kontrolünde gelişmiş ayrışma ve alterasyon olayları sonucu olabileceği gibi, yüzey çalışmaları ile izi belirlenememiş yeni bir KB-GD gidişli fayın direkt etkisi ile de oluşabilir.

AÇIKLAMALAR



Şekil 5.9 İnceleme alanının kuru birim hacim ağırlığı dağılımı.

5.3.1.2 İnceleme alanında kayaçların porozite, ağırlıkça su emme dağılımları

İnceleme alanındaki kayaçların porozite değerlerinin dağılımı Şekil 5.11, ağırlıkça su emme değerlerinin dağılımı Şekil 5.12 ile verilmiştir. İnceleme alanındaki kayaçların Şekil 5.11 ve 5.12 ile verilen porozite ile ağırlıkça su emme özelliklerinin dağılım haritaları; Ayvacık volkanik grubu Kızıltepe, Babadere ve Dededağ formasyonu kayaçları ile Balabanlı volkanik grubu kayaçlarının kendi içinde benzer birbirleri ile karşılaştırıldığında ise değişim dağılımlarının farklı özellik sergilediğini göstermektedir. Güney grup kayaçlarına göre kuzey grup kayaçlarında porozite ve ağırlıkça su emme değerlerinin dağılımı, inceleme alanının bu kesimlerindeki KD-GB yönelimli faylar ile yakın ilişkili olmalıdır. Özellikle bu faylar boyunca hareket etmiş sıcak akışkan kontrolünde gelişmesi mümkün ayrışma ve alterasyon olaylarının kayaçların porozite, boşluk oranı ve ağırlıkça su emme değerleri üzerinde direkt etkili olması kuvvetli bir olasılıktır. İnceleme alanında dağılımları araştırılan porozite ve ağırlıkça su emme değerlerinin güney grup kayaçlarından Kepez formasyonunda, Kadiçanı mevki-Yukarı köy arasında kalan kesimde bulunduğu çizgisellik de, çalışma sahasının bu kesimlerinde atmosfer koşullarının kontrolünde gelişmiş ayrışma ve alterasyon olayları sonucu mümkün olabileceği gibi, yüzey çalışmaları ile izi belirlenememiş yeni bir KB-GD gidişli fay düzleminin direkt etkisi ile de oluşabilir.

Kayaçların mekanik özelliği, geçirgenliği (permeabilite), sızma problemleri, su hareketleri, temellerdeki oturmaların hesaplanması gibi bir çok özelliği üzerinde önemli rol oynayan porozite değerleri Moos-Quervain (1948) tarafından önerilen şekilde sınıflandırılır. Moos-Quervain (1948) sınıflaması aşağıda Tablo 5.7 de verilmiştir.

Tablo 5.7 Kayaçların poroziteye göre sınıflandırılması (Moos-Quervain, 1948).

Porozite (%)	Kaya Sınıfı
<1	Çok kompakt
1 - 2,5	Az boşluklu
2,5 - 5	Orta boşluklu
5 - 10	Oldukça boşluklu
10 - 20	Çok boşluklu
>20	Çok fazla boşluklu

İnceleme alanındaki kayaçların porozite değerlerine göre Moos-Quervain (1948) sınıflamasındaki kaya sınıfları Tablo 5.8 ile verilmiştir. Sınıflamada, tortul kayaçların oldukça boşluklu sınıfında olmasına rağmen volkanik kayaçlar aynı formasyon içersinde çok kompaktan çok fazla boşluklu sınıfına kadar değişen geniş bir aralık sunmaktadır.

Tablo 5.8 Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların porozite değerlerine göre sınıflandırılması.

Formasyon	Kaya Sınıfı
Tavaklı	Oldukça boşluklu
Tuzla	Çok kompakt-Çok fazla boşluklu
Tamış	Oldukça boşluklu-Çok boşluklu
Kepez	Orta boşluklu-Çok fazla boşluklu
Dededağ	Çok kompakt-Çok fazla boşluklu
Babadere	Çok kompakt-Çok fazla boşluklu
Kızıltepe	Orta boşluklu-Çok fazla boşluklu

5.4 Kayaçların Direnç Özellikleri

Kayaçlar çeşitli kuvvetlerin etkisinde kırılmaya, ezilmeye, kaymaya dayanım gösterirler. Kayaçların bu dayanım yeterliliği onların direnç özellikleridir. Direnç özellikleri; kayaçları oluşturan dane ve minerallerin iç yapılarına, oluşum şartlarına, dizilişlerine bağlı olduğu kadar kayaçların etkisi altında kaldıkları gerilme koşulları, deformasyonlar, ayrışma ve alterasyon gelişimi, zaman ve benzeri gibi faktörlerle de yakından ilişkilidir. Kayaçların gerilme-deformasyon ilişkileri ile davranış şekli litolojik, yapısal ve dokusal özellikleriyle ilişkilidir. Dolayısıyla kayaçların direnç ve elastik özellikleri mühendislik uygulamalarında kullanılan sınıflama parametreleridir. İnceleme alanında kayaçların ayrışma ve alterasyonla değişimi, alınan örneklerin basınç dirençlerinin araştırılması ve süreksizlik özellikleri ile ilişkilendirilmesiyle de açıklanmıştır.

5.4.1 İnceleme alanında kayaçların tek eksenli basınç direnci özellikleri

Çanakkale ili Ayvacık ilçesi Kösedere ovası, Uzunburun, Çamtepe ve Centirler köyü arasında 70 km² lik alanda 220'den fazla lokasyondan (Şekil 3.4) alınan kayaç örneklerden, mümkün olanlar (Şekil 5.13) üzerinde TS 2030 (1975) standardına göre tek eksenli basınç direnci deneyleri yapılmıştır. Elde edilen veriler ile inceleme alanındaki kayaçların direnç özelliği dağılımları belirlenmeye çalışılmıştır.

Kayaçların dokusu, kristallenme ve çimentolanma derecesi, kenetlenme derecesi, porozitesi, su emme kapasitesi (doymunluk derecesi), izotropi ve homojenliği, süreksizlik özellikleri, ayrışma ve alterasyon gelişimi gibi özelliklerinin etkili olduğu tek eksenli basınç direnci değerleri dikkate alınarak çeşitli sınıflamalar yapılmıştır. Bu sınıflamalar içersinde yaygın olarak kullanılanı Deere ve Miller (1966) tarafından önerilen sınıflamadır. Kayaçların tek eksenli basınç direnci değerleri dikkate alınarak Deere ve Miller (1966) tarafından önerilen sınıflama Tablo 5.9 da verilmiştir.

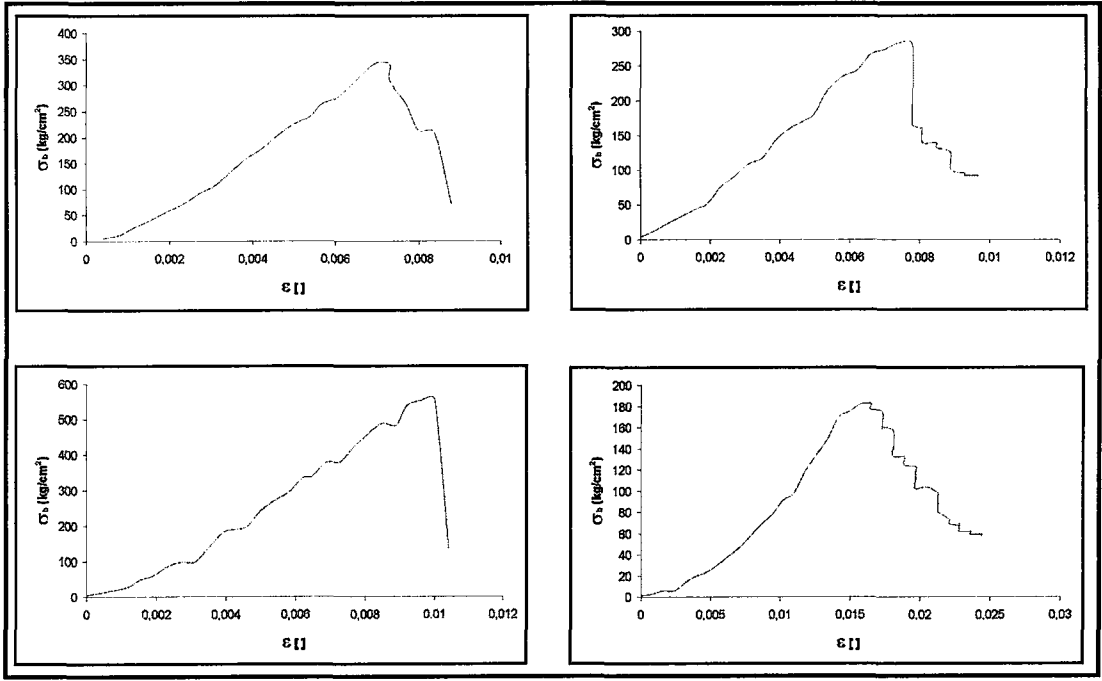


Şekil 5.13 Tek Eksenli Basınç Direnci Deneyi için İnceleme alanındaki kayalardan alınmış karot örnekleri ve kırılma gelişimi.

Tablo 5.9 Kayaların tek eksenli basınç direncine göre sınıflandırılması (Deere ve Miller, 1966).

Kayaç Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm ²)
Çok yüksek dirençli	> 2000
Yüksek dirençli	2000 – 1000
Orta dirençli	1000 – 500
Düşük dirençli	500 – 250
Çok düşük dirençli	< 250

İnceleme alanındaki kayaların tek eksenli basınç direnci deney eğrileri (Şekil 5.14) ile kayaların tanjant elastisite modülü, minimum ve maksimum elastisite modülü değerleri belirlenmiştir. Tablo 5.10 ile verilmiştir. İnceleme alanındaki kayaların Deere ve Miler (1966) sınıflamasına göre yapılan değerlendirmesinde; tortul birim çok düşük dirençli, Ayvacık volkanik grubu kayaları çok düşük-orta dirençli, Balabanlı volkanik grubu kayaları çok düşük-düşük dirençli, Tuzla riolitik domu düşük dirençli kayaç sınıfındadır.



Şekil 5.14 İnceleme alanının tek eksenli basınç direnci deneyi gerilme-deformasyon grafiklerinden seçilmiş örnekler.

Tablo 5.10 Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların tek eksenli basınç direnci değerleri ve elastik özellikleri.

Formasyon	σ_b (kg/cm ²)	E_{tanjant} (kg/cm ²)	$E_{\text{min}}-E_{\text{max}}$ (kg/cm ²)
Tavaklı	24,450*	-	-
Tuzla	255,000-421,025*	-	-
Tamış	89,770	$1,277 \times 10^4$	$4,721 \times 10^3 - 1,554 \times 10^4$
Kepez	58,000-310,730	$5,757 \times 10^3 - 3,432 \times 10^4$	$1,255 \times 10^3 - 4,299 \times 10^4$
Dededağ	127,054-488,882	$1,766 \times 10^4 - 5,432 \times 10^4$	$2,575 \times 10^3 - 1,878 \times 10^5$
Babadere	165,723-556,552	$3,288 \times 10^4 - 6,323 \times 10^4$	$6,208 \times 10^3 - 6,905 \times 10^4$
Kızıltepe	162,961-575,886	$6,437 \times 10^3 - 5,588 \times 10^4$	$2,302 \times 10^3 - 6,819 \times 10^4$

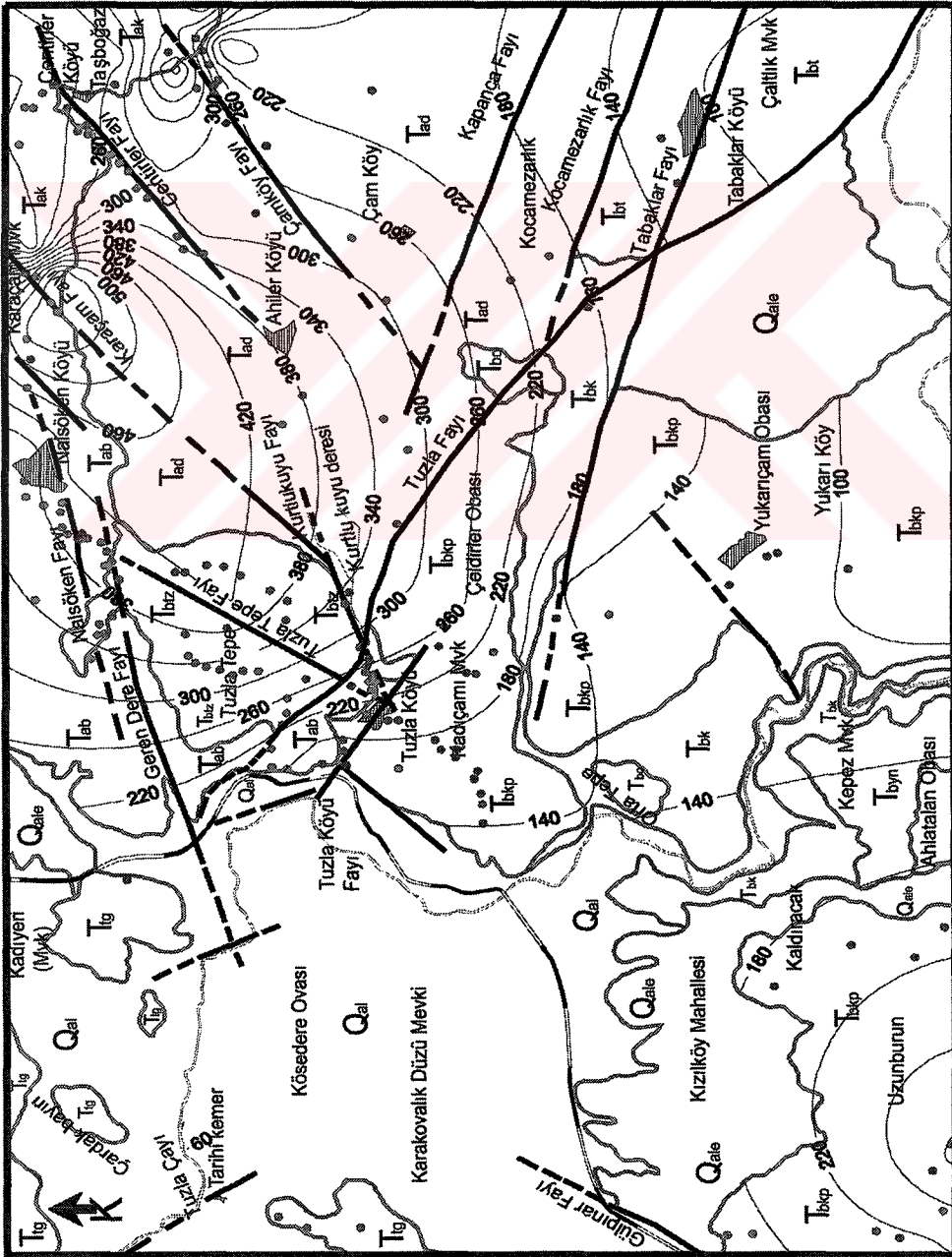
* Nokta yük değerlerinden elde edilmiş tek eksenli basınç direnci değerleri

İnceleme alanındaki kayaçların tek eksenli basınç direnci dağılımı Şekil 5.15 ile verilmiştir. Kayaçların tek eksenli basınç direnci dağılımları; tektonizma, çatlak sıklığı, ayrışma ve alterasyon gelişimi ile yakından ilişkilidir. Kayaçların tek eksenli basınç direnci değerleri, Kepez ignimbriti ile Dededağ formasyonunda daha geniş bir alanda değişim sunar. Bu formasyonlardaki direnç değişimlerinin sık aralıklar ile değişmemesi ile bu değişimlerin KB-GD gidişli Kapanca Tepe ve Tuzla Köyü faylarının yakınlarındaki benzerliği, inceleme alanının bu kesimlerinde kayacın direnç özelliklerinin, kayaç bileşimi ile süreksizliklerin kontrolünde geliştiğini göstermektedir. İnceleme alanında Tamış ignimbritinde de kayacın tek eksenli basınç direnci özelliği ile süreksizlik ve kayaç bileşimi arasında benzer bir ilişki bulunmaktadır. Kayaç KB-GD gidişli Tabaklar fayının etkisi ile kazanmış olduğu süreksizlik özellikleri ve bileşimi kontrolünde direnç sergilemektedir.

AÇIKLAMALAR

	Eş Dağılım Eğrisi
	Formasyon Sınırı
	Fay Düzlemi
	Yerleşim Birimi
	Ölçüm ve Gözlem Noktaları
	Alüvyon
	Eski Alüvyon
	Tavakli Formasyonu, Üst Miyosen-Pliyosen
	Gülpınar Üyesi
	Ortatepe Riyoliti
	Tuzla Riyoliti
	Tamiş İgnimbriti
	Kepez İgnimbriti
	Yanık İgnimbriti
	Koyunevi İgnimbriti
	Dededag Formasyonu
	Babadere Formasyonu
	Kızıltepe Formasyonu

0 250 750 1750 m



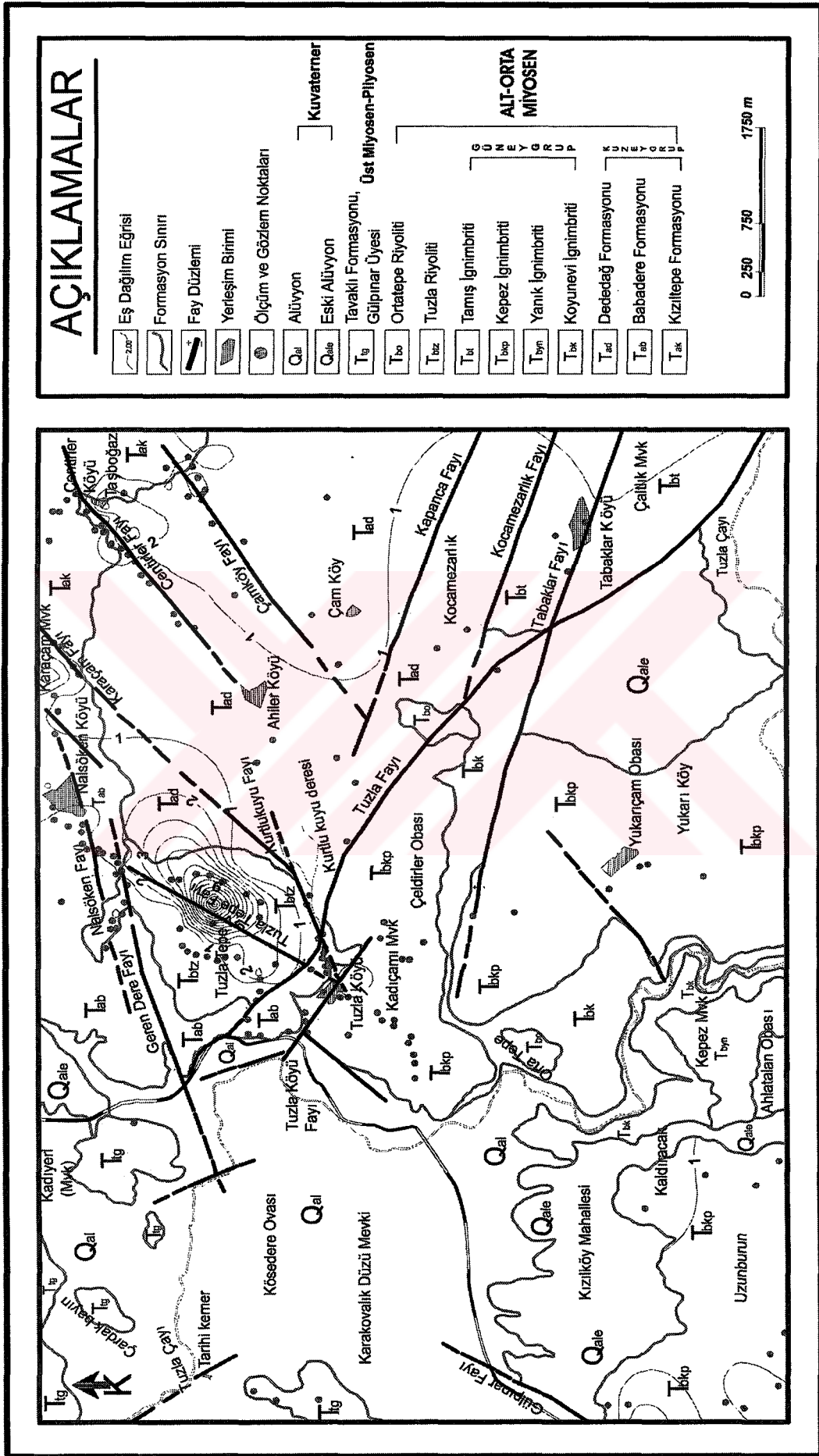
Şekil 5.15 İnceleme alanının tek eksenli basınç direnci dağılımı.

İnceleme alanında KD-GB gidişli Karaçam mevkii, Centirler ve Çam köy faylarının yakınındaki kayacın tek eksenli basınç direnci özellikleri çok kısa mesafelerde değişim göstermektedir. Kayaçtaki bu değişim çok büyük bir olasılıkla bu faylar ile dolaşım yapmış (veya yapmakta olan) sıcak akışkanın kayaç malzemesi (bünyesi) üzerindeki etkisinin bir sonucudur. Ayrışma ve alterasyon olaylarının yoğun olarak geliştiği Kurtlu Kuyu Vadisi ile her iki yamacındaki volkanik kayaçlar direnç özellikleri olarak çok küçük mesafelerde büyük değişimler sunmaktadır. Arazide ayrışma ve alterasyon gelişimi ile kayaç çoğunlukla pekişmiş yer yer ise yerli yerinde zayıflayıp dağılmış ve zemin özelliği kazanmıştır. Kayacın zemin özelliği kazandığı kesimlerden alınan örneklerden karot numuneler hazırlanamamıştır. Bu bölgenin çevresindeki kayaçlarda yapılan tek eksenli basınç deneyleri ile vadi içinde ve her iki yamacındaki kayaçlara yaklaşım yapılmaya çalışılmıştır. Deney sonuçları ile çizilen ve Şekil 5.15 ile verilen direnç özellikleri dağılım haritasında, Kurtlu Kuyu Vadisi ve yamaçlarında kayaçların çok düşük dirençli kayaç sınıfında yer aldıkları anlaşılmaktadır. İnceleme alanındaki kayaçların tek eksenli basınç direnci değerlerinin

5.4.2 İnceleme alanında kayaçların nokta yük direnci özellikleri

Kayaçların direnç özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan deney yöntemlerinden birisidir. Deney, kayaca noktasal yük uygulanması durumunda bünyesinde oluşacak direnci belirlemeyi amaçlar. Deney sırasında, kayaca etkiyen noktasal gerilme ile yükleme düzlemine dik doğrultuda çekme gerilmesi oluşur. Deney sonucunda, oluşan çekme gerilmesi etkisinde kayaç bünyesinin tepkimesi belirlenmiş olur. Çanakkale ili Ayvacık ilçesi Kösedere ovası, Uzunburun, Çamtepe ve Centirler köyü arasında 70 km² lik alanda 220'den fazla lokasyondan (Şekil 3.4) alınan kayaç örneklerinden mümkün olanlar üzerinde ASTM D 5731-95 (1995) standardına göre nokta yük direnci deneyleri yapılmıştır. İnceleme alanındaki kayaçların nokta yük direnci özelliklerinin dağılımı Şekil 5.16 ile verilmiştir. Kayaçların nokta yük direnci özelliklerindeki değişim de KD-GB yöneliminde çizgisellik sunmaktadır. Bu çizgisellik, Tuzla jeotermal sahsındaki kayaçların ayrışma ve alterasyon sonucu değişiminde KD-GB yönelimli yapısal unsurların etkisini de göstermektedir.

Tuzla Tepe ve yakın çevresinde kayaçların nokta yük direnci değerlerinin çok sık aralıklar ile değişimi, bu kesimlerde kayaç bünyesinde etkili olmuş sıcak akışkanın KD-GB yönelimli Tuzla tepe fayını kullanarak dolaşım yapmış olabileceğini gösterir. Benzer ilişki Karaçam mevkii ile Centirler köyü yakınlarında da mevcuttur. KD-GB yönelimli Tuzla tepe, Karaçam ve Centirler fayı ile dolaşım yapan sıcak akışkan, kayaç bünyesindeki süreksizlikler ile kayacın değişimine neden olmuştur.



Şekil 5.16 İnceleme alanının nokta yük direnci dağılımı.

Ayvacık grubu volkanik kayalarından Dededağ formasyonu ile Balabanlı grubu volkanik kayaları nokta yük direnci dağılımında benzerlikler sunar. Biga yarım adasının bu iki volkanik grubuna ait kayaların nokta yük direnci dağılımlarındaki benzerlik, Tuzla jeotermal sahasında dolaşımda bulunan sıcak akışkanın etkisinin bu kesimlere ulaşmadığı veya buralarda etkin olmadığı şeklinde yorumlanmaktadır.

Kayaçların Şekil 5.3 - 5.7 ile verilen çatlak özelliklerinin dağılımları, Şekil 5.8 - 5.12 ile verilen fiziksel özelliklerinin dağılımları, Şekil 5.14 ve 5.15 ile verilen mekanik özelliklerinin dağılımları birlikte değerlendirildiğinde, Tuzla jeotermal alanı kayaçlarının başlıca Tuzla fayının kuzeyinde yer alan KD-GB yönelimli faylar boyunca dolaşım yapmış sıcak akışkan nedeniyle ayrışma ve alterasyondan etkilendiği sonucuna varılmıştır.



6. KAYAÇLARIN MADDESEL (BÜNYESEL) ÖZELLİKLERİNİN SAYISALLAŞTIRILMASI

6.1 Giriş

Çanakkale ili Ayvacık ilçesi Kösedere ovası, Uzunburun, Çamtepe ve Centirler köyü arasında 70 km² lik alandaki arazi çalışmasında, kayaçların maddesel (bünyesel) özellikleri görüntü işleme programları kullanılarak sayısallaştırılmıştır.

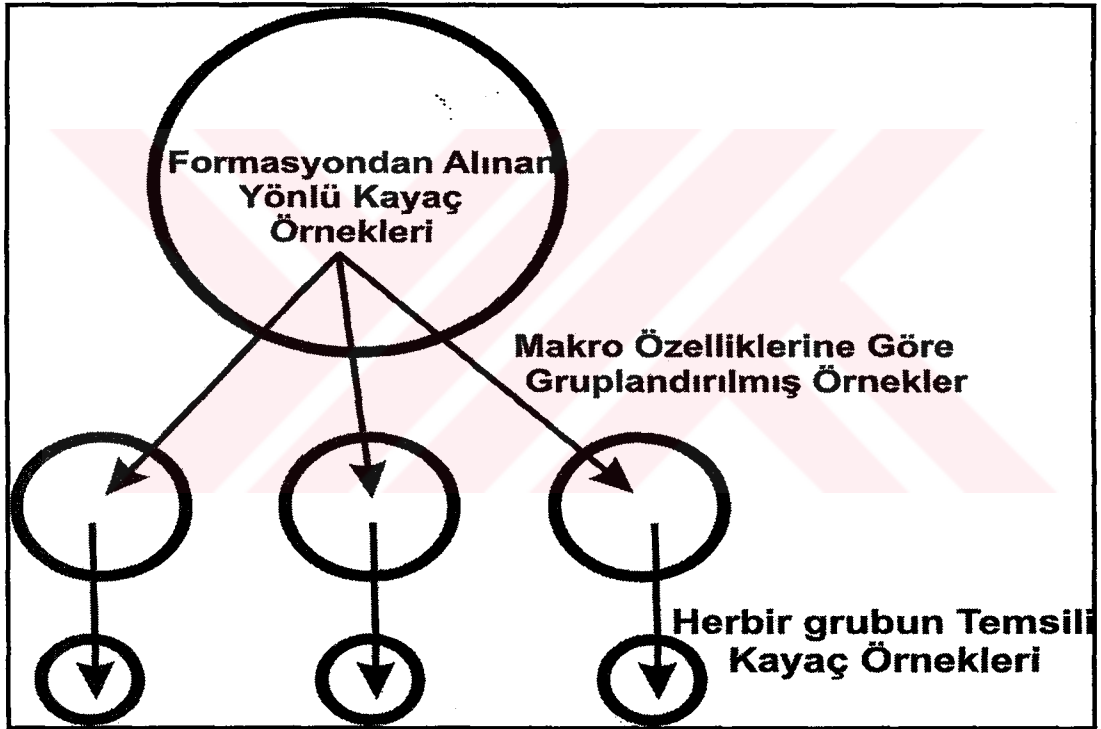
Sayısal görüntü işleme veya daha genel şekliyle görüntü analiz programları, bilgisayar ortamına aktarılmış görüntülerin bilgisayarda işlenerek yorumlanmasıdır. Görüntü analiz yazılımlarının en önemli avantajı ışık kaynağından gelen ışığın şiddetinden bağımsız olmalarıdır. Bilgisayarda siyah-beyaz formattaki görüntünün değerlendirilmesinde, yazılımlar işlenecek yüzeye ait üçüncü boyutu, iki boyutlu resim düzleminde oluşan siyah ile beyaz arasındaki tonlamalardan hareketle belirler. Siyah ve beyaz arasında değişen her bir gri ton bilgisayar tarafından yorumlanır ve sonuçta görüntüye ait bir sayısal değer elde edilir. Sayısallaştırma işleminde parlaklık değerleri 1 bayt ile belirtilir. 1 bayt 8 bit'ten oluştuğu için ayırt edilebilen parlaklık seviye sayısı 2^8 yani $2^8 = 256$ dır. Bu skala içerisinde; siyahın sayısal değeri 0, beyazın sayısal değeri ise 255 dir. Bu iki değer arasındaki sayılar, beyaz ile siyah arasındaki gri renklerin tonlama değerleridir (Bozkurtoğlu, 1996).

Genel anlamıyla iki boyutlu sinyal kaydı olan görüntü, görüntü analiz programı yazılımlarında, iki boyutlu vektör dizisi veya her elemanı vektör olan ve piksellerden oluşan bir matrikstir. Bilgisayarda ham bir görüntü alt alanlara bölündüğünde, oluşacak en küçük alan 1 piksel boyutunda olur. Görüntüye ait alt alanların sayısal değerleri belirlendikten sonra bu görüntü değerlerinin ortalaması, ana kümenin (görüntü dosyasının) sayısal görüntü değerini verir. Dolayısıyla bir görüntü dosyası matriksinde her eleman, karşılık geldiği noktanın yansıma değerinin sayısal ifadesini içerir. Bu durumda görüntüye ait parlaklık değeri, matriks elemanlarının sayısal görüntü değerlerinin ortalaması olur.

İnceleme alanında kayaçların maddesel (bünyesel) özelliklerinin birbirleriyle ilişkilendirilmesinde görüntü analiz yöntemi kullanılmıştır. Görüntü analiz yöntemiyle elde edilecek sayıların birbirleri ile ilişkisinin kurulabilmesi için araziden yönlü kayaç örnekler alınmıştır. Bu amaçla örnekler alındıktan sonra mostra üzerine tekrar

konulmuş ve coğrafik kuzey örnek üzerine izdüşürülerek işaretlenmiştir. İTÜ Maden Fakültesi Taş Kesme ve İnce Kesit Hazırlama Atölyesinde, yönlü kayaç örneklerden yönlü ince kesitler hazırlanmıştır. Böylece kayaç örnekler üzerindeki coğrafik kuzey yönü dikkate alınarak hazırlanmış her bir ince kesitin coğrafik kuzey yönü, aynı yönelimde olmuştur. Lamelde coğrafik kuzey yönü çizili olan ince kesitlerin aynı şartlar altında polarizan mikroskobu ile alınan görüntüleri, bilgisayar ortamına aktarılmış ve her bir görüntü dosyasının ilgili yazılımla sayısal görüntü değerleri elde edilmiştir.

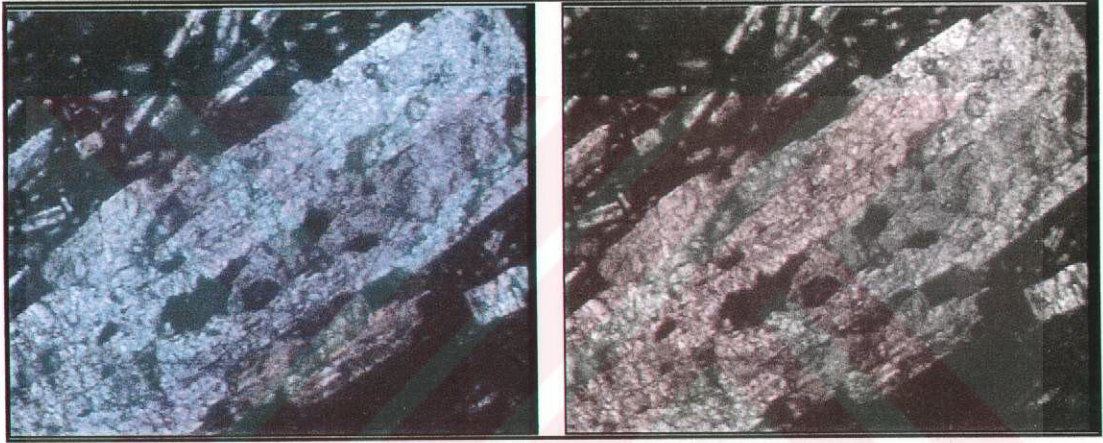
Kayaçların maddesel (bünyesel) özelliklerinin sayısallaştırılmasında, kayaç örnekler laboratuarda yüzey ayrışma özelliklerine göre her bir formasyon için gruplandırılmış ve bu grupları temsil edecek örnekleme gidilmiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Kayaçların maddesel özelliklerinin sayısallaştırılması için örnekleme aşaması

Seçilen temsili örneklerden yönlü ince kesitler hazırlanmıştır. Bu ince kesitler, kayacın alındığı koordinattaki maddesel (bünyesel) özelliğini temsil etmektedir. Kayacın maddesel özelliğinin sayısallaştırılmasında ilkin polarizan mikroskop görüntülerinin bilgisayar ekranında izlenmesi sağlanmıştır. Bunun için polarizan mikroskopta okülere monte edilen kameranın çıkışı bilgisayarda görüntü izleme (video capture) kartına bağlanmıştır. İnce kesit görüntülerinin bilgisayara aktarılmasında, 360° ile bölümlendirilmiş polarizan mikroskop tablasındaki skalanın sıfır değeri, sürekli sabit tutulmuştur. İnce kesitler, lamel üzerine çizilmiş olan coğrafik kuzeyi çizgisinin, tabla üzerindeki objektif ve oküler merkezinden geçen

doğrultuya paralel kalmasına dikkat edilerek, yatay düzlemde (tabla) x ve y eksenlerine paralel hareket ettirilmiştir. Mikroskop tablasında aynı şekilde hareket ettirilen her ince kesitin bilgisayar ekranındaki görüntüleri, 4X büyütme objektif ile izlenmiştir. İnce kesitlerde, kayacın maddesel (bünyesel) özelliğinin değiştiği her bir görüntü alanı bilgisayar ekranında belirlenip, bilgisayara renkli dosya formatında kaydedilmiştir. Bilgisayar ekranında 405504 piksel ile eş alanlar şeklinde izlenen ince kesitlerin taranmış renkli görüntüleri, kayacın arazide $P_i(x_i, y_i)$ koordinatındaki maddesel (bünyesel) özelliğine ait alt görüntü dosyalarıdır. Alt görüntü dosyalarının sayısı kayacın maddesel özelliklerindeki değişime bağlı olarak her bir ince kesit için değişik sayılardadır. Bilgisayara kaydedilen ince kesitlerin renkli alt görüntü dosyaları, görüntü işleme özelliği bulunan ilgili program yazılımlarında siyah beyaz renk formatına çevrilmiştir (Şekil 6.2).

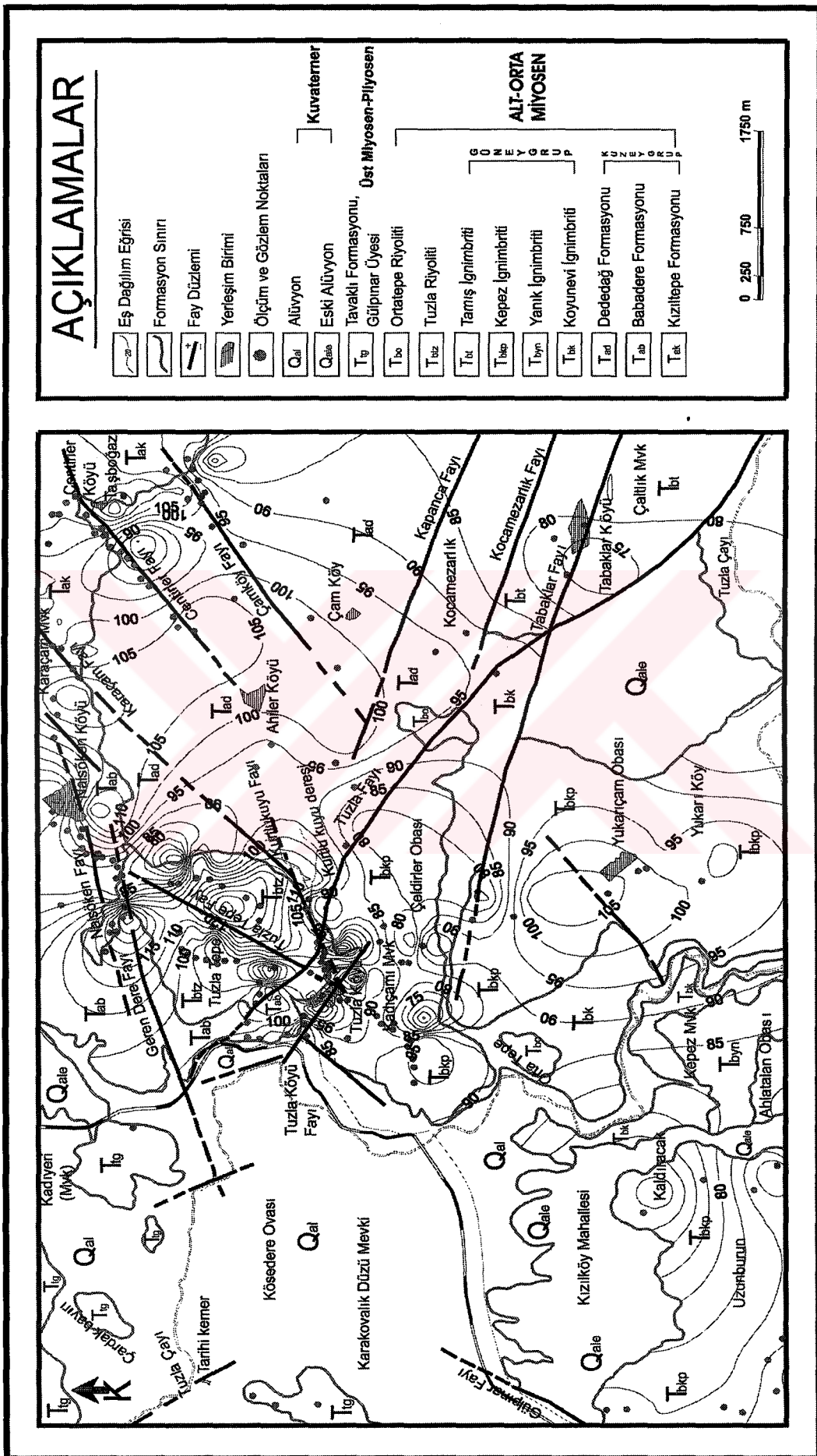


Şekil 6.2 Maddesel (bünyesel) özelliğe ait sayıların (SGD) okunmasında ince kesit görüntüsünün (405504 piksel) siyah beyaz formatına dönüştürülmesi.

Siyah beyaz formattaki tüm görüntü dosyalarının sayısal görüntü değeri Photoshop programının 6.0 sürümü ile belirlenmiştir. Her ince kesitten taranan alt görüntü dosyalarının sayısal değerlerinin geometrik ortalaması alınmış ve bu değer kayacın ait olduğu $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında, maddesel (bünyesine) özelliğinin sayısal değeri olarak kabul edilmiştir. Bu değer aynı zamanda kayaçların oluşumundan bu güne etkilendiği tüm olayların da sayısal ifadesidir.

6.2 İnceleme Alanında Kayaçların Maddesel Özellik Dağılımı

Kayaçların $P_i(x_i, y_i)$ koordinatlarında, maddesel (bünyesi) özelliklerine ait sayısal değerlerinin dağılımı Şekil 6.3 ile verilmiştir. Kayaçların maddesel özelliklerin dağılımı; detayları Bölüm 5'te verilen, Şekil 5.3 - 5.7 ile açıklanan çatlak özelliklerinin, Şekil 5.8 - 5.12 ile verilen fiziksel özelliklerin, Şekil 5.15 ve 5.16 ile verilen mekanik özelliklerin dağılımı ile benzerlik gösterir.



Şekil 6.3 ile verilen kayaçların maddesel özelliklerinin sayısal dağılımı da kayaç değişiminin KD-GB yöneliminde baskın geliştiğini, KB-GD doğrultusunda değişimin daha az olduğunu kanıtlamaktadır. Kayaçların maddesel (bünyesel) özelliklerinin KD-GB ve KB-GD doğrultularındaki değişimleri aynı zamanda arazi genelindeki etkin fay zonlarının da geliştiği yönelimlerdir.

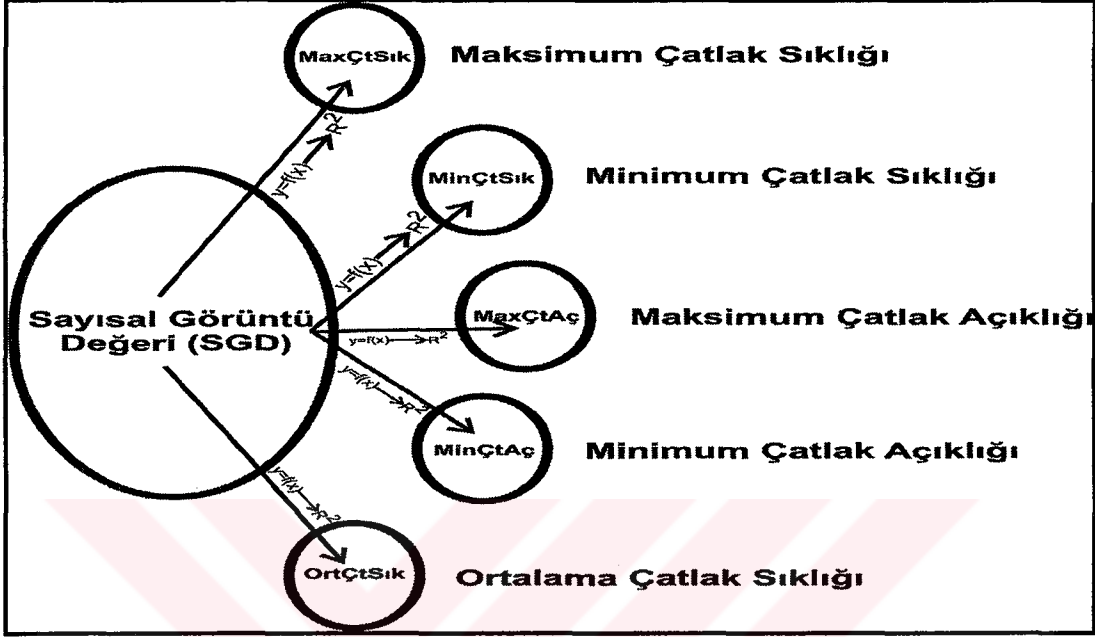
Maddesel özelliklerin (özellikle Ayvacık grubu Kızıltepe ve Babadere formasyonu kayaçlarındaki değişim dağılımı) arazi genelindeki yönelimlerinin fay sistemleri ile uyuşması, Tuzla jeotermal sistemindeki sıcak akışkanın dolaşım yolunun birincil olarak KD-GB yönelimli fay sistemleri ile olduğunun da bir kanıtıdır.

Ayvacık grubu Dededağ formasyonu volkanik kayaçları ile Balabanlı grubu volkanik kayaçlarındaki maddesel özelliklerin benzer dağılım aralığı, bu kayaçlarda ayrışma ve alterasyon ile kayaç değişiminin daha az olduğunu göstermektedir. Bu ise aynı zamanda, Tuzla jeotermal sistemindeki sıcak akışkanın arazinin bu kesimlerinde dolaşımının olmadığı veya sınırlı olduğunu da kanıtlamaktadır.

6.3 İnceleme Alanında Kayaçların Maddesel-Çatlak Özellikleri İlişkisi

İnceleme alanındaki kayaç örneklerin alındığı $P_i(x_i, y_i)$ koordinatlarındaki süreksizlik özellikleri ile maddesel özellikleri arasında kurulacak ilişki, kayaçların değişiminde etkili olmuş süreksizlik özelliğinin belirlemesini sağlayacaktır. Kayaçtaki birincil ve ikincil süreksizliklerin oluşumunda, kayacın bünyesinin davranışı önemlidir. Diğer bir ifadeyle kayaçta gelişen süreksizliklerin aralık, açıklık ve sıklıkları, kayacın bünyesinin (maddesinin) kontrolünde gelişir. Kayacın oluşumundan günümüze değişimine etkiyen parametreler ise kayacın süreksizlikleri kontrolünde bünyesinde (maddesine) etkindirler. Bu durum, kayacın bünyesi (maddesel özelliği) ile süreksizlik özellikleri arasında bire bir ilişkiyi gösterir. Dolayısıyla kayacın süreksizlik özelliklerinden olan maksimum ve minimum çatlak sıklığı, maksimum ve minimum çatlak açıklığı ile ortalama çatlak sıklıkları arazide her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında ölçülerek belirlenebilir. Kayacın maddesel özellikleri ise bu ölçüm noktalarından yönlü kayaç örneklerinin alınıp yönlü ince kesitlerin hazırlanması ve görüntü analizi yapılmasıyla belirlenebilir. Bu iki sayısal değer birbirleri ile bire bir ilişkili olduğundan her sayısal büyüklüğün oluşturacağı küme birbiri ile bire bir eş küme olur (Şekil 6.4). Bu durumda, kayacın maddesel özelliklerine ait sayısal değerler ile süreksizlik özelliklerine ait sayısal değerler arasındaki ilişki bir fonksiyon ile ifade edilebilir. İki veri kümesi arasındaki ilişkiyi gösteren fonksiyonun korelasyon katsayısı ise aynı zamanda iki kümenin ortak elemanı olur. Benzer şekilde elde edilecek korelasyon katsayıları ile belirlenen ortak elemanlar, araştırılan formasyon için kayaç bünyesi

(maddesi) ile süreksizlik özelliği arasındaki uygunluğu verecektir. Böylece kümelerin ortak elemanları onların davranışını yansıtmış olacaktır. Ortak elemanların birbirleri ile karşılaştırılması ise incelenen formasyonda, kayacın değişiminde etkili olmuş süreksizlik özelliğini gösterecektir.



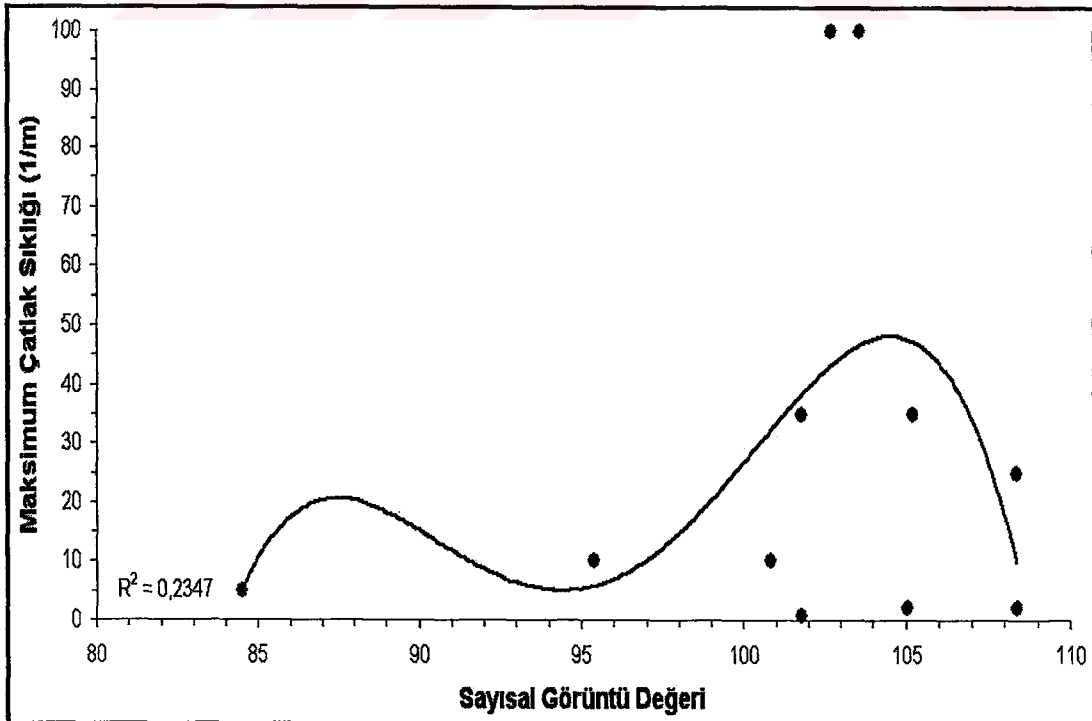
Şekil 6.4 Kayaçlarda maddesel ve süreksizlik özellikleri arasındaki ilişki.

Şekil 6.4 de gösterilen ilişkide sayısal görüntü değer kümesi ana küme olup kayacın oluşumundan bu güne geçirmiş olduğu tüm olaylar sonucu bünye veya maddesel özelliğinin sayısal değerlerini içerir. Şekil 6.4 de süreksizlik özelliklerine ait kümeler ise ana küme ile bire bir ilişkili olan kümelerdir. İnceleme alanında, kayaçların bünyesel özelliklerini içeren ana veri kümeleri ile çatlak özelliklerini içeren veri kümeleri arasında doğrusal ilişki bulunmamaktadır. Ana veri kümesi ile ilişkili kümeler arasında araştırılan fonksiyonel ilişkiler, her iki veri kümesi arasındaki ilişkiyi içeren en anlamlı fonksiyonun polinom fonksiyon olduğunu göstermiştir. Veri kümelerini temsil eden fonksiyonların polinom fonksiyonlar olması ise ana kümenin elemanları ile diğer kümelerden herhangi birinin elemanlarının minimum ve maksimum değeri arasında kalan fonksiyon derecesinin, diğer kümelerin verileri arasında da aranmasını gerektirir. Diğer bir deyişle; herhangi bir formasyonun ana veri kümesi ile çatlak özelliklerine ait kümelerinden birisinin elemanlarının minimum ve maksimum değerleri arasında tanımlanacak polinom fonksiyonun derecesi, hem bu formasyonun ana veri kümesi ile çatlak özelliklerine ait diğer kümelerin elemanları arasında hem de diğer formasyonlara ait ana veri kümesi ile çatlak özellikleri kümelerinin elemanları arasında araştırılır. Veri kümeleri arasında bu şekilde geçirilen fonksiyonların korelasyon katsayıları ana veri kümesi ile bire bir

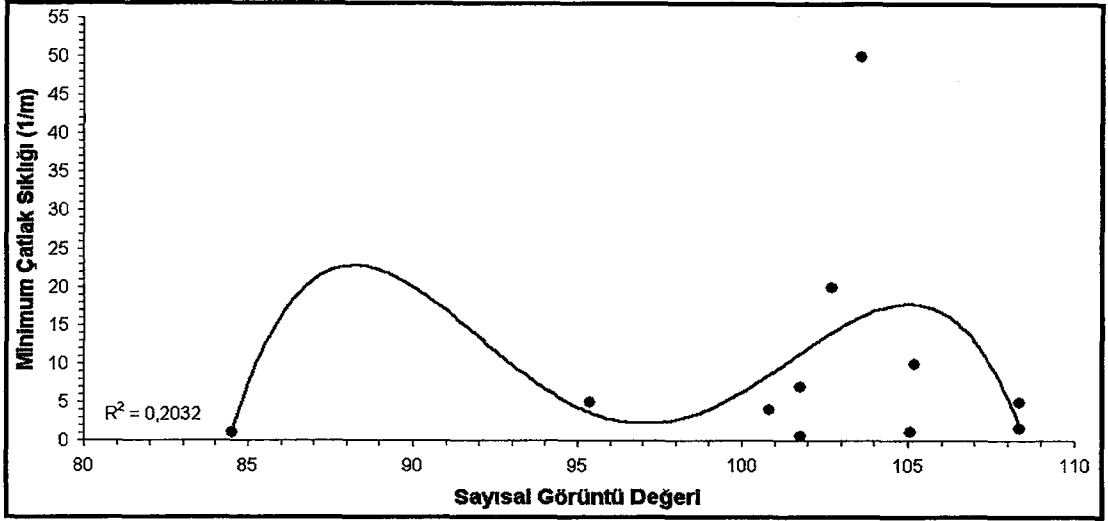
eşleşen veri kümesi elemanları arasındaki uygunluğu göstereceğinden kayacın bünyesindeki değişimde birinci derecede etkili olmuş çatlak özelliği belirlenir.

İnceleme alanında kayaç değişiminde birinci derecede etkili olmuş süreksizlik özelliği; Ayvacık grubu volkanik kayaçlarından Kızıltepe, Babadere ve Dededağ formasyonlarında, Balabanlı grubu volkanik kayaçlarından Kepez formasyonunda ve volkanik dom olan Tuzla riolitinde araştırılmıştır. Araştırmalar, ana veri kümesi ile çatlak özelliğine ait bazı veri kümesi elemanlarının minimum ile maksimum değerleri arasından 6. dereceden polinom fonksiyonun geçebildiğini göstermiştir. Fakat 6. dereceden polinom fonksiyon, ana küme ile çatlak özelliklerine ait diğer kümelerin elemanları arasında tanımlandığında, fonksiyonların dönüm noktaları veri kümelerinin değerlerini oldukça aşmıştır. Bu durumda veri kümesi elemanlarının çoğunun minimum ve maksimum değerleri arasından geçen polinom fonksiyon (4. derece) dikkate alınarak değerlendirme yapılmış fakat 6. dereceden polinom fonksiyon ile bulunan regresyon katsayıları da ayrıca verilmiştir. Regresyon katsayıları incelendiğinde, veri kümeleri arasında tariflenen her iki dereceden fonksiyon ile yapılacak değerlendirmede, kayacın değişiminde birinci derecede etkili süreksizlik özelliğinin belirlenmesinde benzer sonuç elde edilmiştir.

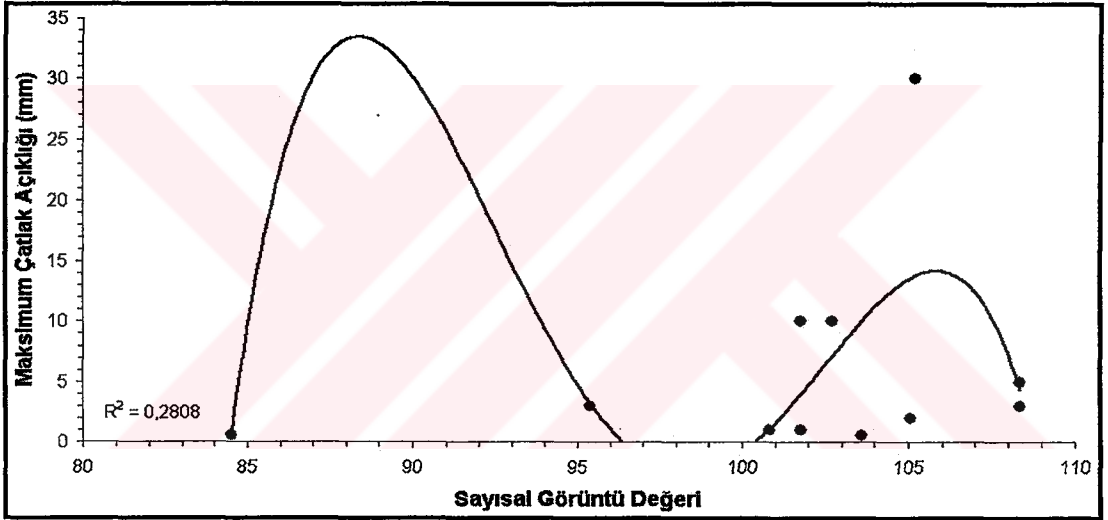
Ayvacık grubu kayaçlarından; riolitik ve dasitik çoğunlukla masif felsik lav akıntıları ve akma breşlerinden oluşan Kızıltepe formasyonunda, maddesel özellikler ile süreksizlikler arasındaki grafiksel ilişkiler Şekil 6.5 - 6.9 ile verilmiştir.



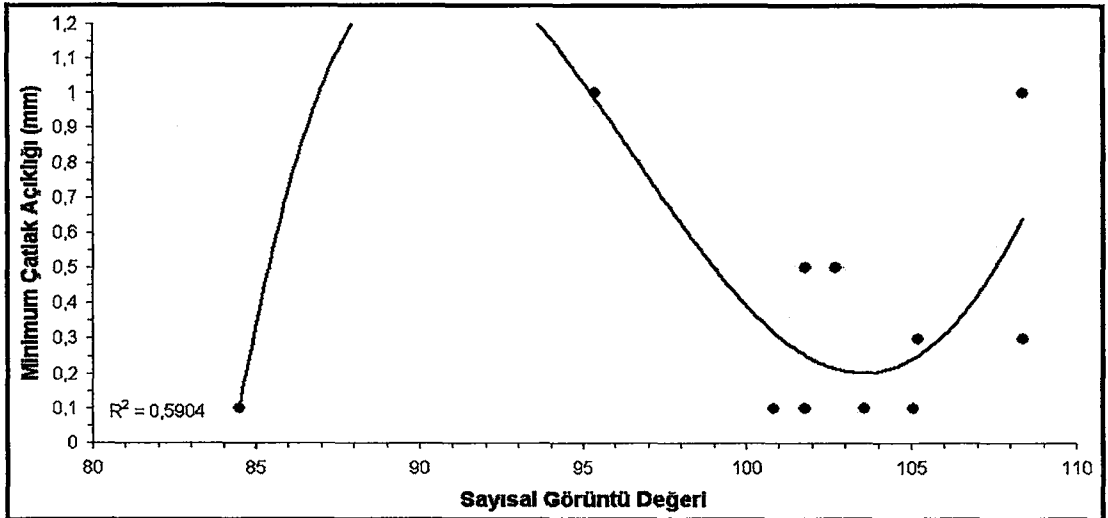
Şekil 6.5 Ayvacık Grubu Kızıltepe Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.



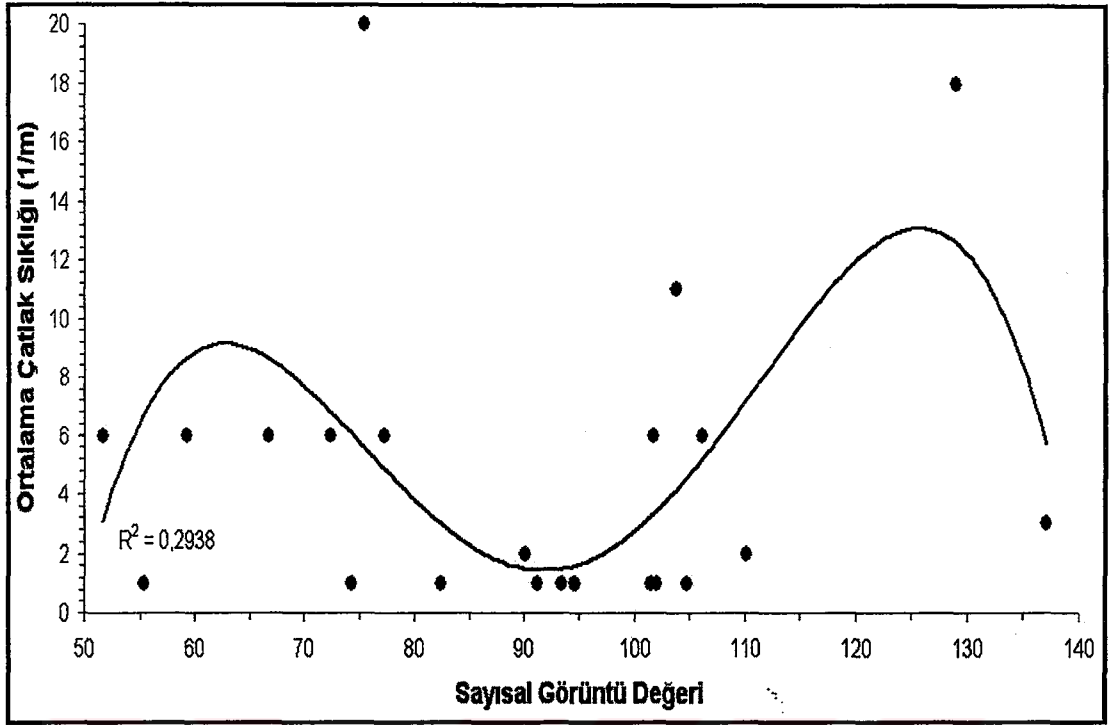
Şekil 6.6 Ayvacık Grubu Kızıltepe Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.



Şekil 6.7 Ayvacık Grubu Kızıltepe Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.

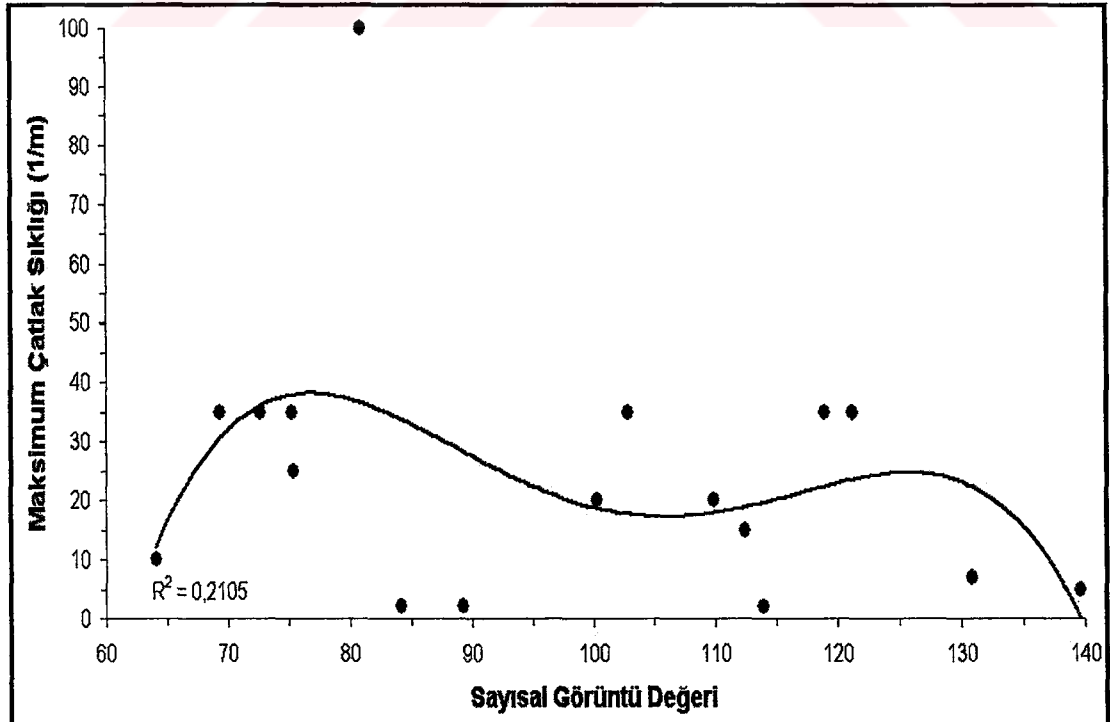


Şekil 6.8 Ayvacık Grubu Kızıltepe Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.

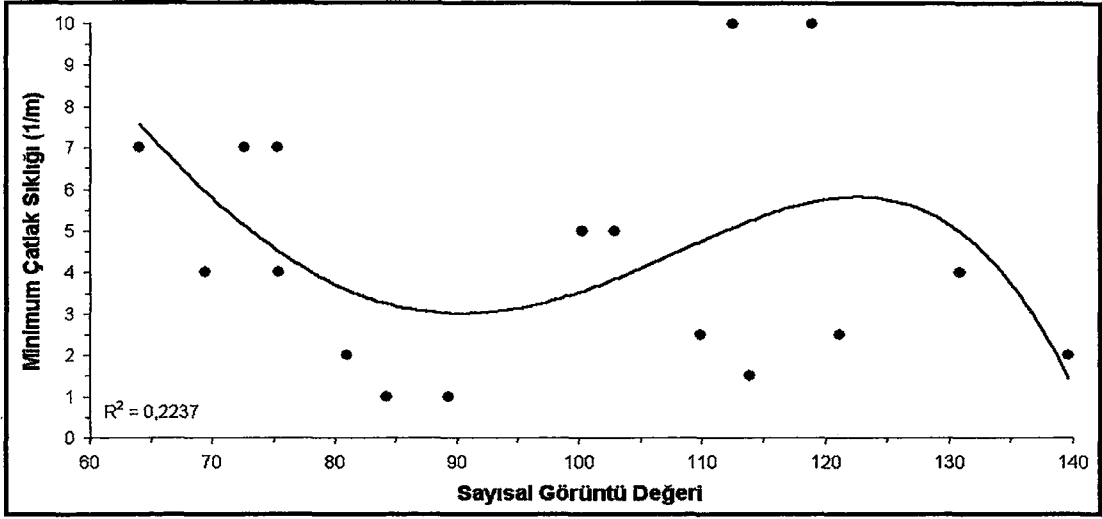


Şekil 6.9 Ayvacık Grubu Kızıltepe Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile ortalama çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.

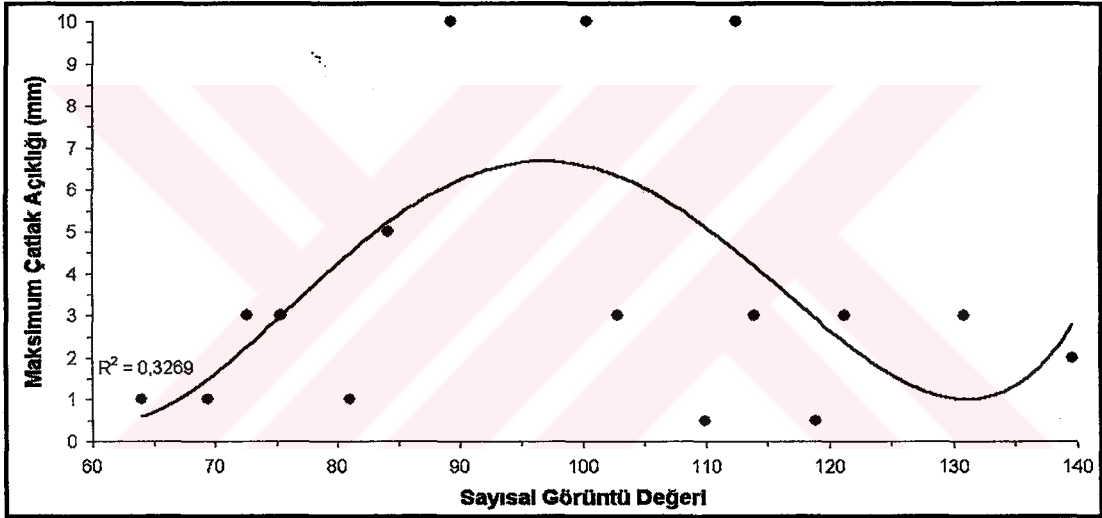
Ayvacık grubu kayalarından; kristalli, litik ve pamis bileşimli tüflerden oluşan kaya kırıntılı ve vitrik bileşenli piroklastik yağış ürünü Babadere formasyonunda, maddesel özellikler ile süreksizlikler arasındaki grafiksel ilişkiler Şekil 6.10 - 6.14 ile verilmiştir.



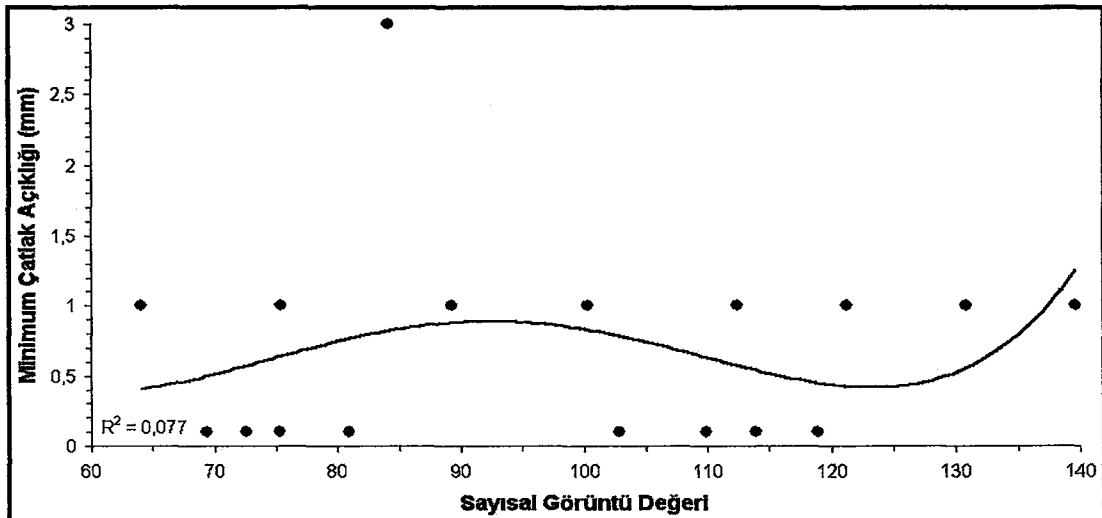
Şekil 6.10 Ayvacık Grubu Babadere Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.



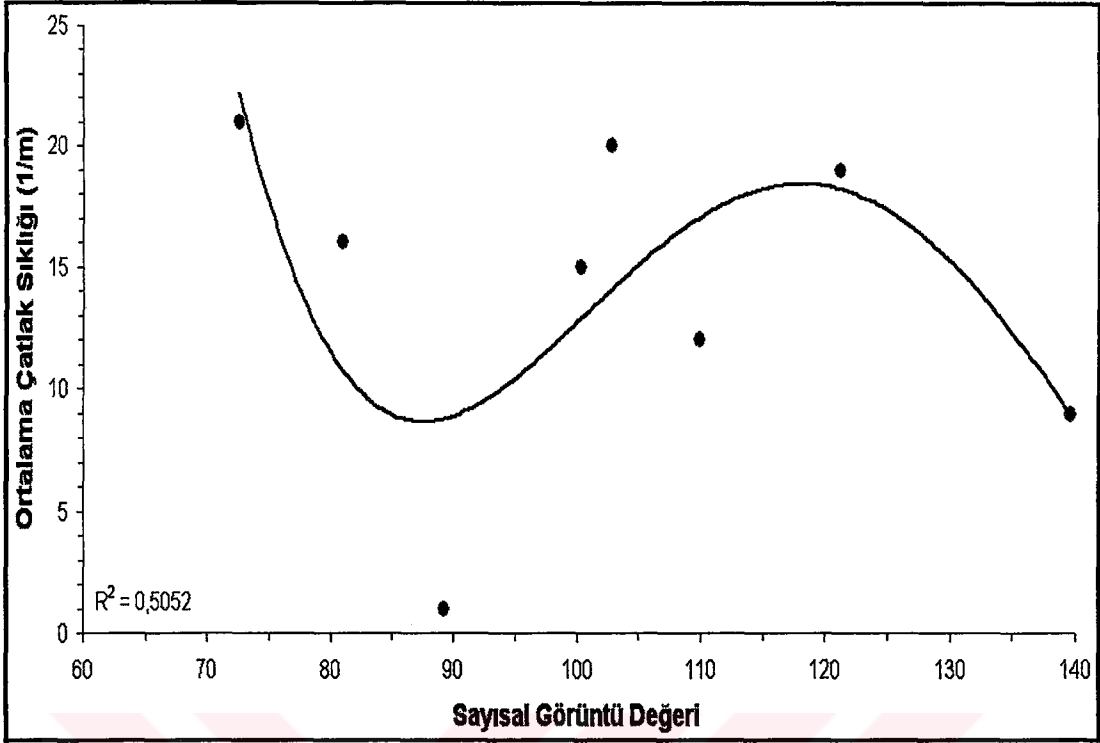
Şekil 6.11 Ayvacık Grubu Babadere Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.



Şekil 6.12 Ayvacık Grubu Babadere Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.

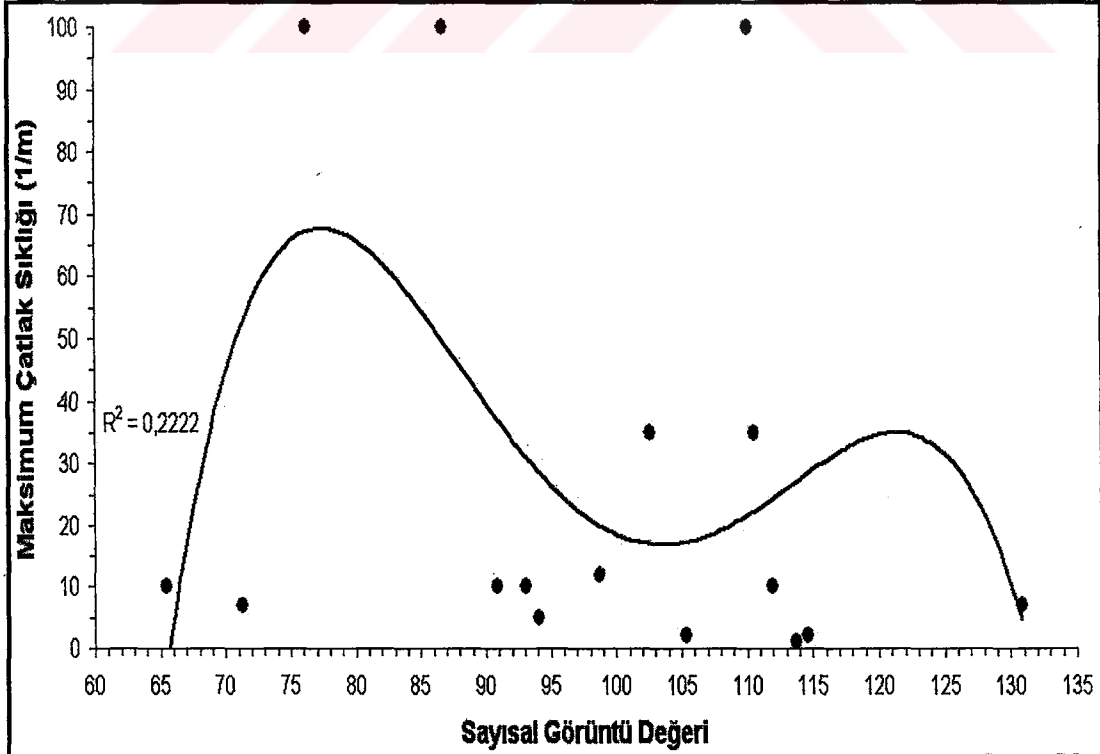


Şekil 6.13 Ayvacık Grubu Babadere Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.

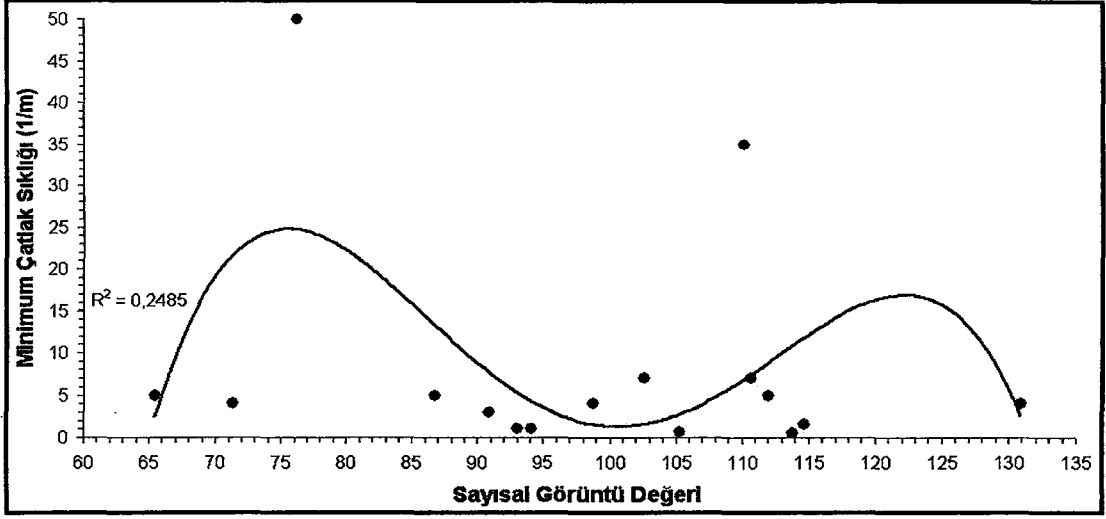


Şekil 6.14 Ayvacık Grubu Babadere Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile ortalama çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.

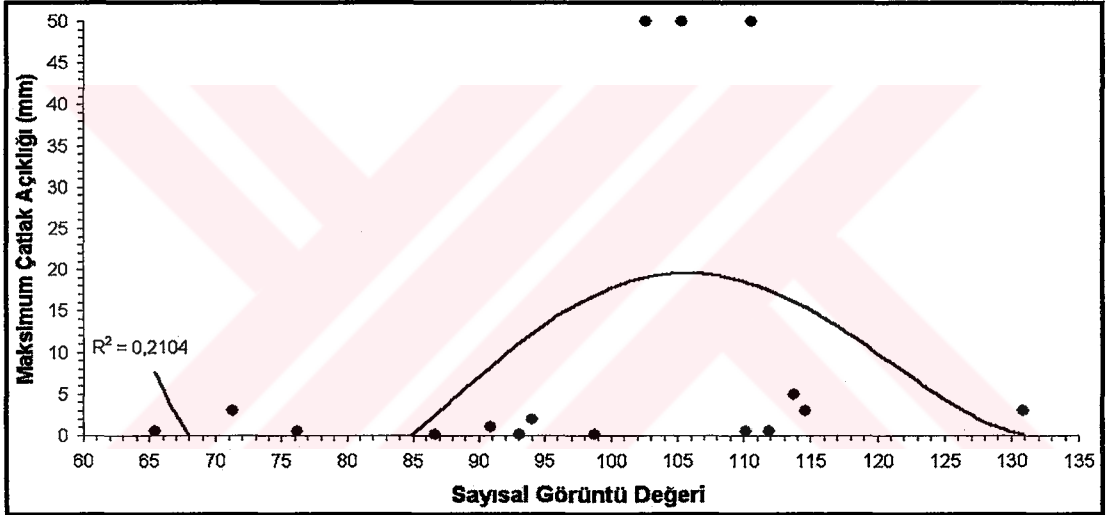
Ayvacık grubu kayalarından; andezit, latit bileşimli lavlar ve bunlarla ilişkili akma breşlerinden oluşan Dededağ formasyonunda, maddesel özellikler ile süreksizlikler arasındaki grafiksel ilişkiler Şekil 6.15 - 6.19 ile verilmiştir.



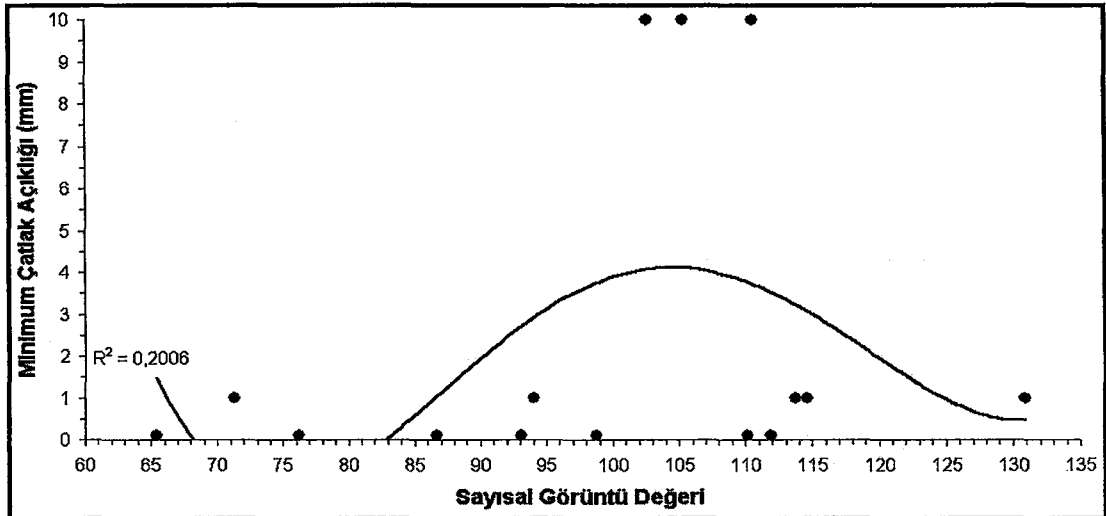
Şekil 6.15 Ayvacık Grubu Dededağ Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.



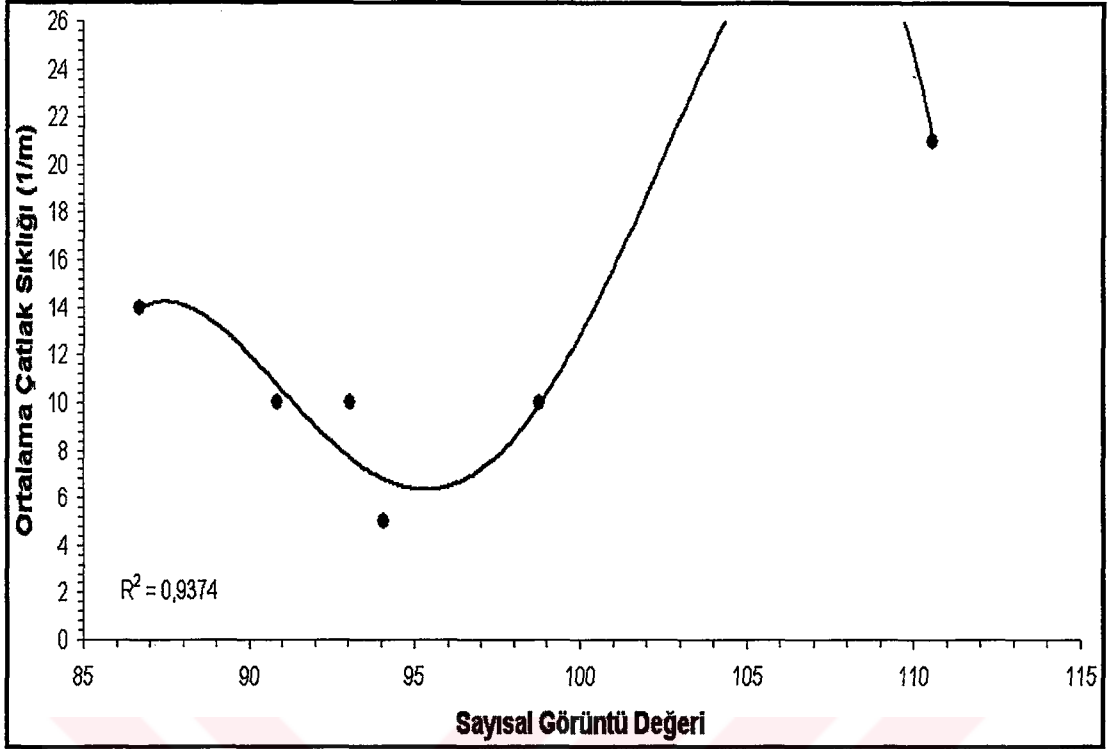
Şekil 6.16 Ayvacık Grubu Dededağ Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.



Şekil 6.17 Ayvacık Grubu Dededağ Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.

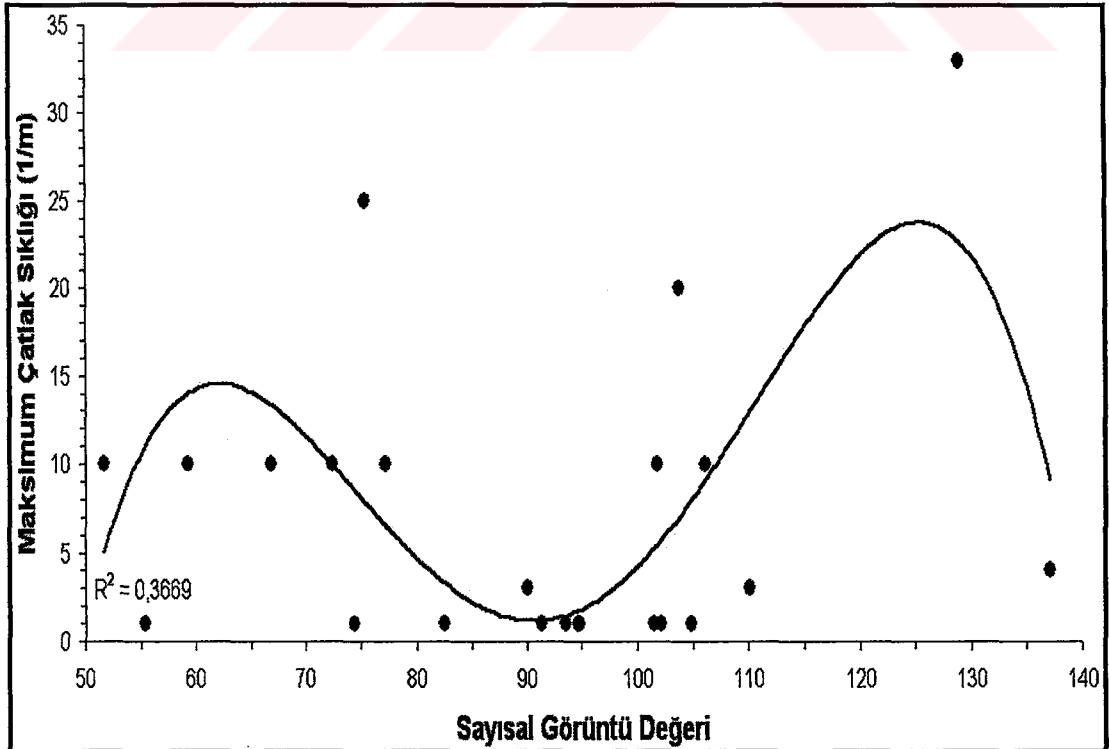


Şekil 6.18 Ayvacık Grubu Dededağ Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.

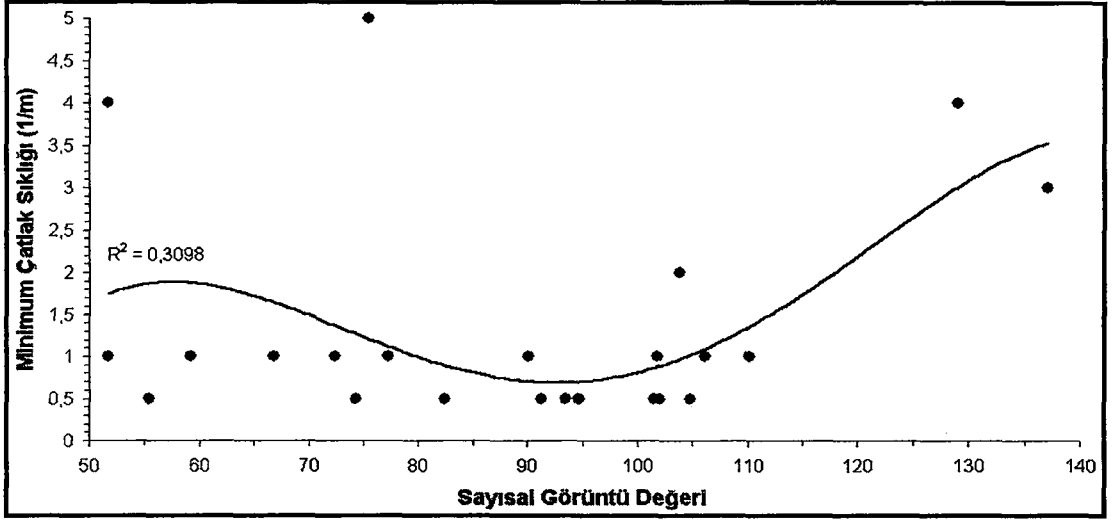


Şekil 6.19 Ayvacık Grubu Dededağ Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile ortalama çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.

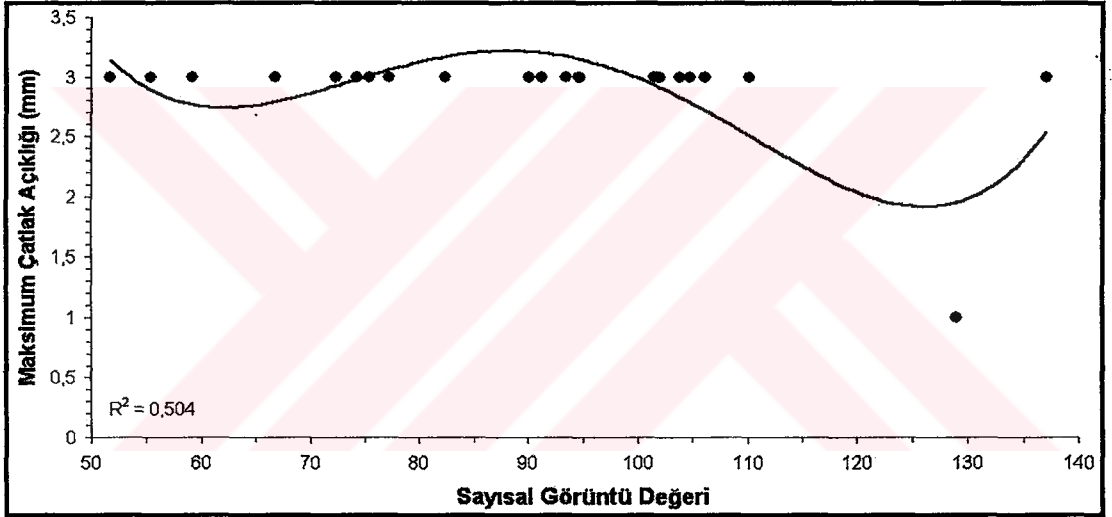
Balabanlı grubu kayalarından; kaynaklı ve kaynaklız pamis akıntılarında oluşan Kepez ignimbritinde, maddesel özellikler ile süreksizlikler arasındaki grafiksel ilişkiler Şekil 6.20 - 6.24 ile verilmiştir.



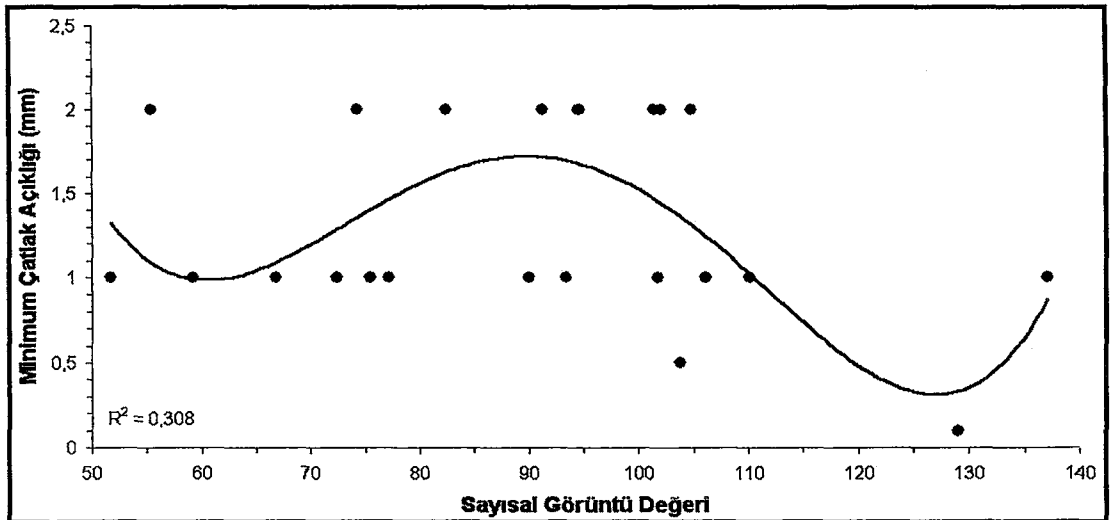
Şekil 6.20 Balabanlı Grubu Kepez Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.



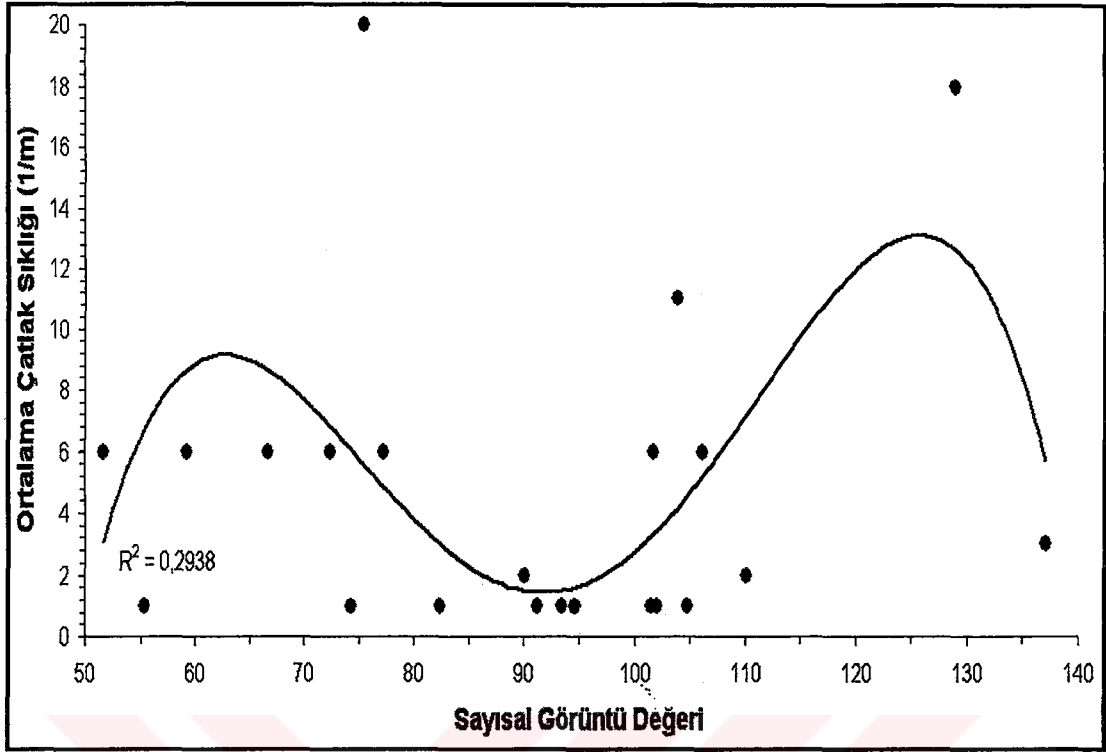
Şekil 6.21 Balabanlı Grubu Kepez Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.



Şekil 6.22 Balabanlı Grubu Kepez Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.

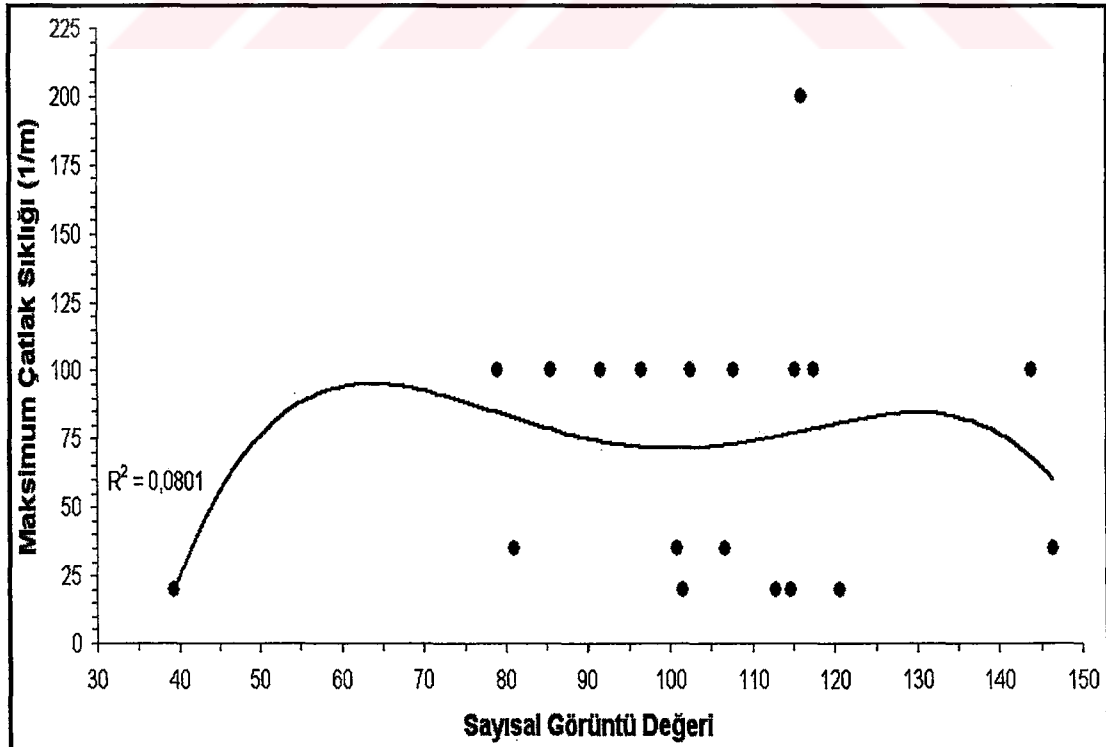


Şekil 6.23 Balabanlı Grubu Kepez Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.

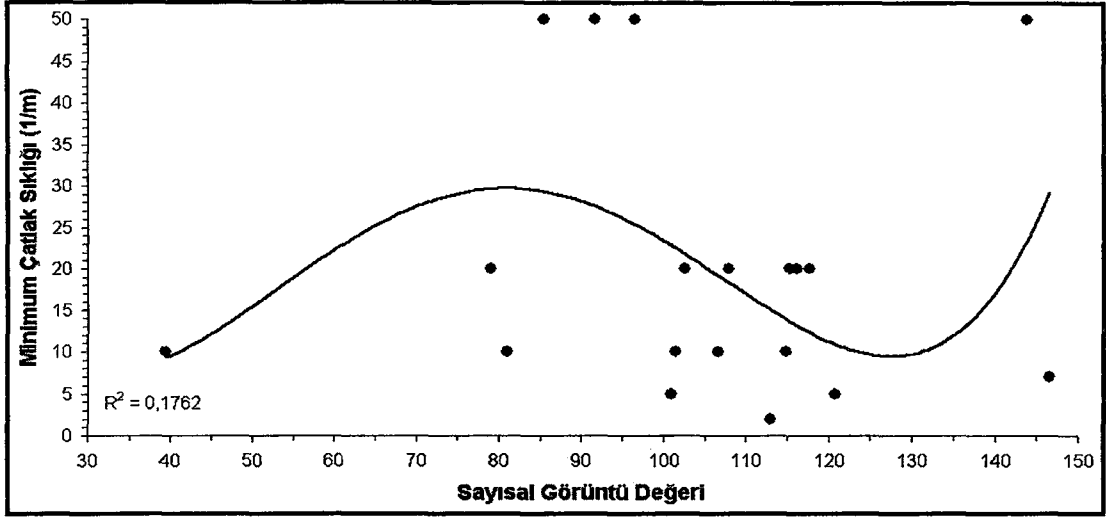


Şekil 6.24 Balabanlı Grubu Kepez Formasyonunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile ortalama çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.

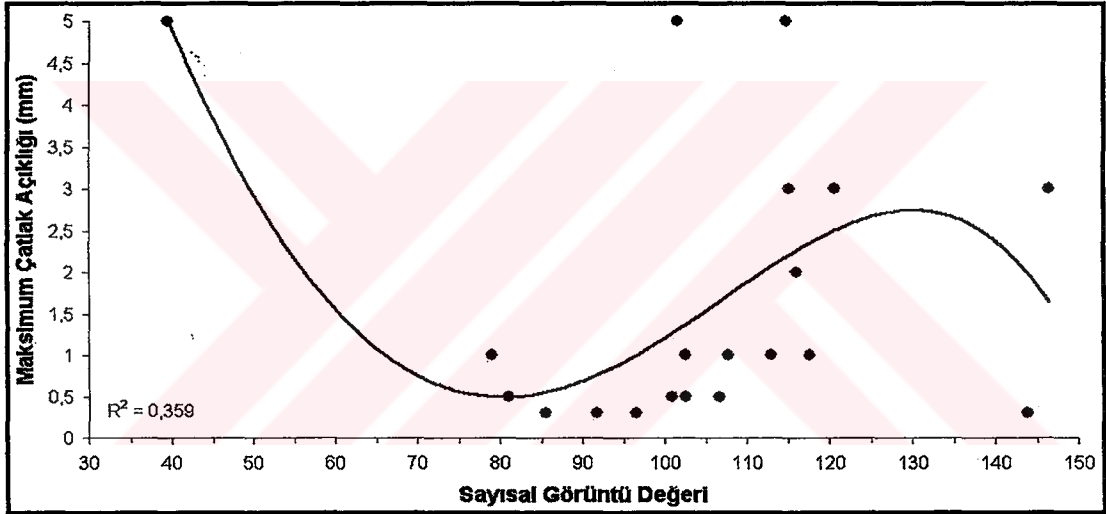
İnceleme alanında riolit-riyodasit bileşimli dom olan Tuzla riolitik kayaçlarında, maddesel özellikler ile süreksizlikler arasındaki grafiksel ilişkiler Şekil 6.25 - 6.29 ile verilmiştir.



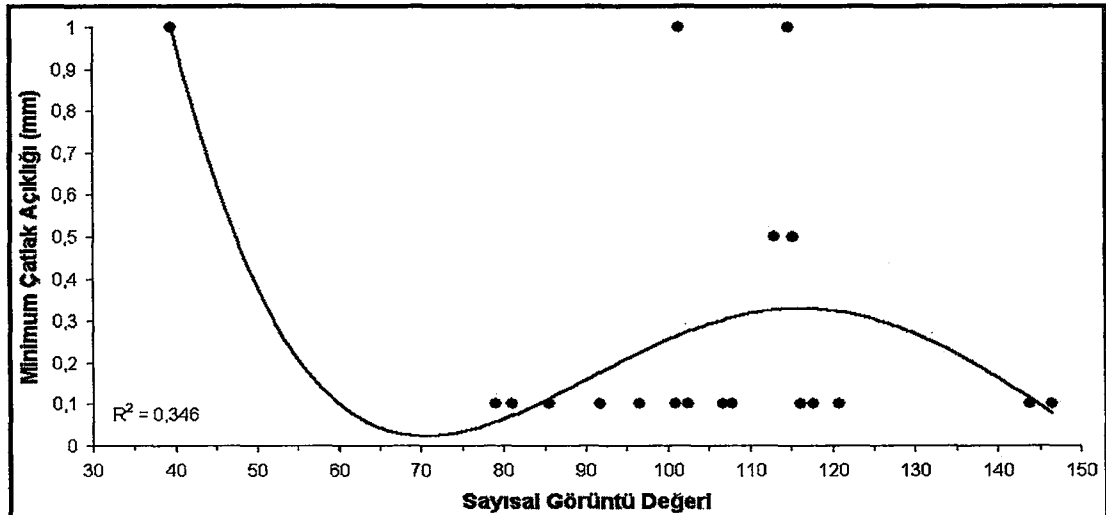
Şekil 6.25 Tuzla Riolitik Domunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.



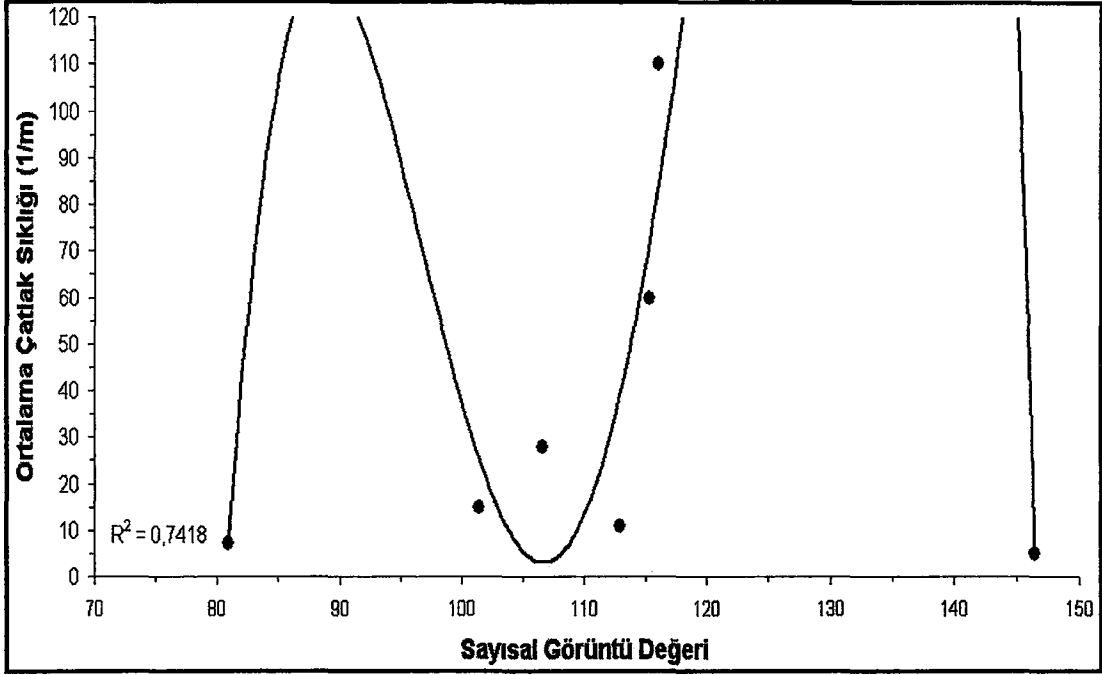
Şekil 6.26 Tuzla Riyolitik Domunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.



Şekil 6.27 Tuzla Riyolitik Domunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile maksimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.



Şekil 6.28 Tuzla Riyolitik Domunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile minimum çatlak açıklıkları arasındaki ilişki.



Şekil 6.29 Tuzla Riyoitik Domunda maddesel özelliklerin sayısal görüntü değerleri ile ortalama çatlak sıklıkları arasındaki ilişki.

Tuzla jeotermal alanındaki kayaçların maddesel (bünyesel) özelliklerine ait sayısal görüntü değerleri ile süreksizlik özellikleri arasında araştırılan 4. dereceden polinom fonksiyonların korelasyon katsayıları Tablo 6.1a da verilmiştir. Aynı veri kümeleri arasında 6. derece polinom fonksiyonlar ile belirlenen korelasyon katsayıları da Tablo 6.1b de verilmiştir.

Tablo 6.1a Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların maddesel ve süreksizlik özelliklerine göre 4. derece polinom fonksiyonlar ile belirlenen korelasyon katsayıları.

Formasyon	Korelasyon Katsayısı (R^2)				
	Maksimum Çatlak Sıklığı (1/m)	Minimum Çatlak Sıklığı (1/m)	Maksimum Çatlak Açıklığı (mm)	Minimum Çatlak Açıklığı (mm)	Ortalama Çatlak Sıklığı (1/m)
Tuzla	0,0801	0,1762	0,359	0,346	0,7418
Kepez	0,3669	0,3098	0,504	0,308	0,2938
Dededağ	0,2222	0,2485	0,2104	0,2006	0,9374
Babadere	0,2105	0,2237	0,3269	0,077	0,5052
Kızıltepe	0,2347	0,2032	0,2808	0,5904	0,9494

Tablo 6.1b Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların maddesel ve süreksizlik özelliklerine göre 6. derece polinom fonksiyonlar ile belirlenen korelasyon katsayıları.

Formasyon	Korelasyon Katsayısı (R^2)				
	Maksimum Çatlak Sıklığı (1/m)	Minimum Çatlak Sıklığı (1/m)	Maksimum Çatlak Açıklığı (mm)	Minimum Çatlak Açıklığı (mm)	Ortalama Çatlak Sıklığı (1/m)
Tuzla	0,1125	0,6354	0,4413	0,3619	1
Kepez	0,5255	0,4618	0,9806	0,3751	0,4372
Dededağ	0,7047	0,5754	0,5382	0,5139	1
Babadere	0,2416	0,3039	0,3869	0,3956	0,9796
Kızıltepe	0,7748	0,8727	0,5039	0,6831	1

İnceleme alanında kayaçların maddesel özellikleri ile süreksizlik özellikleri arasında araştırılan ilişkiler ile Tuzla jeotermal sahasındaki kayaçların ayrışma ve alterasyon ile bünyelerindeki değişimlerde birinci derecede etkili olmuş çatlak özelliği belirlenmiştir. Tuzla fayının kuzeyinde bulunan Ayvacık grubu kayaçları ve Tuzla riyolitik domunda, kayaç değişiminin birinci derecede ortalama çatlak sıklığı kontrolünde, Tuzla fayının güneyinde bulunan Balabanlı volkanik kayaçlarından inceleme alanında yayılımı en fazla olan Kepez formasyonunda maksimum çatlak açıklığı kontrolünde gelişmiş olabileceği saptanmıştır.

6.4 Noktasal ve Alansal (Genel) Kayaç Değişim Değeri

Kayaçların oluşumlarından günümüze etkisi altında kaldıkları ayrışma ve alterasyon ile değişimlerinin tanımlanması ve sınıflandırılması için pek çok araştırmacı farklı yöntemler önerip sınıflamalar vermişlerdir. Sınıflamalarda, kayaçların fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerinin, kayacın oluşumundan sonra ki değişiminin belirtimi olan indeks özellikleri, mekanik ve elastik özellikleri, kimyasal özellikleri sıkça kullanılmıştır. Kayaçların ayrışma ve alterasyon sonucunda değişimlerini laboratuvar deneyleri ile araştırıp sınıflayan bazı çalışmalar aşağıda Tablo 6.2 de verilmiştir.

Tablo 6.2 Bilinen laboratuvar ve arazi deneylerine dayalı kayaç değişim indeksi tanımlamaları (Şener, C., Hulusi, K., 1999).

Araştırılan Özellik	İndeks	Derece sınırı	Öneren
Standart fiziksel ve mekanik deneyler	Çabuk su emme (I_{QAT})	I-V	Hamrol (1961), Dearman ve İrfan (1978), Uriel ve Dapena (1978), Lee (1987).
	Ağırlıkça su emme	I-V	Güleç (1973), Lee (1987), Kılıç (1995).
	Kuru birim hacim ağırlık	I-VI	Uriel ve Dapena (1978), İrfan ve Dearman (1978), Dearman ve İrfan (1978), İrfan (1996).
	Porozite	I-VI	Onodera vd (1974), İrfan ve Dearman (1978), Lee (1987), Tuğrul (1995).
	Efektif porozite	I-V	İrfan ve Dearman (1978), Onodera vd (1974).
	Ultrasonik dalga hızı	I-V	İllev (1967), Dearman ve İrfan (1978), Lee (1987), Zhao vd (1993), Kılıç (1995).
	Schmidt çekici geri tepme sayısı	I-V	Dearman ve İrfan (1978), Lee (1987), Zhao vd (1993), GCO (1994).
	Tek eksenli basınç direnci	I-V	Dearman ve İrfan (1978), Zhao vd (1993), Lee (1987), Tuğrul (1995), Kılıç (1995).

Kayaçların ayrışma ve alterasyon sonucu değişimleri, fiziksel özelliklerinin değişimine de yansır. Çanakkale ili Ayvacık ilçesi Kösedere ovası, Uzunburun, Çamtepe ve Centirler köyü arasında 70 km² lik alanda yapılan çalışmanın bu

kısımında; kayaçların fiziksel deneyler ile bulunacak özelliklerinden olan dane birim hacim ağırlık değeri kullanılarak, kayacın her $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında, noktasal kayaç değişim değeri (KDD_n) ile bu değerlerden hareketle, noktasal kayaç değişim oranı (KDO_n) belirlenmiştir. Ayrıca hem fiziksel deneyler hem de kayaçların maddesel (bünyesel) özelliklerine ait sayısal görüntü değerleri (SGD) kullanılarak kayaç değişimi formasyon genelinde alansal değerlendirilmiştir. Noktasal ve alansal kayaç değişimini belirlemek için kullanılan inceleme alanı kayaçlarının fiziksel değerleri Tablo 6.3 de verilmiştir.

Tablo 6.3 Noktasal-alansal kayaç değişiminde kullanılan fiziksel özellik ve değerleri.

Formasyon	γ_s (g/cm ³)	γ_k (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	n (%)	e (%)	S_a (%)
Tavaklı	2,50	1,60	1,65	4,58	4,81	2,86
Tuzla	2,42-2,84	1,50-1,99	1,51-2,19	0,63-39,45	0,64-65,83	0,42-23,69
Tamış	2,50	1,71-1,75	1,76-1,88	5,47-13,69	5,79-15,87	3,20-7,84
Kepez	2,36-2,54	1,42-2,26	1,64-2,84	4,36-64,81	4,56-185,37	2,56-33,88
Dededağ	2,39-2,50	1,33-1,82	1,38-1,95	0,41-26,49	0,41-36,07	0,25-15,71
Babadere	2,34-2,86	1,44-2,25	1,6-2,31	0,41-26,38	0,41-35,88	0,25-15,08
Kızıltepe	2,34-2,86	1,47-1,69	1,63-1,87	4,77-29,20	5,03-41,25	2,93-19,85

Çalışma sahasında kayaçların Tuzla jeotermal sistemindeki sıcak akışkandan etkilendiği Bölüm 4, Bölüm 5 ve Bölüm 6.2 ile belirtilmişti. Kayaçlar oluşumundan günümüze çeşitli etkilerle değişime uğrarlar. Kayaçlardaki bu değişimler aynı zamanda onların araştırılacak özelliklerine de yansır. Dolayısıyla bu değişimlerden biri veya bir kaçının arasında kurulacak ilişkiler, kayacın değişimi hakkında fikir verebilir. Kayaçların bünyelerindeki değişimden etkilenen özelliklerden birisi de fiziksel özellikleridir. Birbiri ile ilişkili olan bu özelliklerden kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, porozite ve boşluk oranı değerleri arasında aşağıda verilen formüsel ilişkiler vardır.

$$\gamma_k = (1 - n)\gamma_s \quad (6.1)$$

$$\gamma_k = \frac{\gamma_s}{1 + e} \quad (6.2)$$

Burada;

γ_k = Kayacın kuru birim hacim ağırlığı (g/cm³),

γ_s = Kayacın dane birim hacim ağırlığı (g/cm³),

n = Kayacın porozitesi (%),

e = Kayacın boşluk oranı (%) dir.

Bu eşitlikler kullanılarak kayacın bilinen iki değerinden, üçüncü değeri hesaplanır. Dolayısıyla, fiziksel deneyler ile bulunacak kuru birim hacim ağırlık, porozite veya boşluk oranı değerleri ile kayacın dane birim hacim ağırlık değeri de belirlenebilir. Dane birim hacim ağırlık, laboratuarda piknometre ile belirlenmektedir. Böylece, farklı iki şekilde hesaplanacak dane birim hacim değerleri arasındaki benzerlik veya farklılıklar kayacın değişimin göstergesi olacaktır. Çalışmada kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, porozite ve boşluk oranı değerleri ile hesaplanmış dane birim hacim ağırlık değerleri, formüsel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(f)}$), piknometre kullanılarak belirlenmiş dane birim hacim ağırlık değerleri ise deneysel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(d)}$) olarak isimlendirilmiştir. Kayaçların $P_i(x_i, y_i)$ koordinatlarında, formüsel ve deneysel dane birim hacim ağırlık değerleri ile hesaplanmış değişimi, noktasal kayaç değişimi olarak (KDD_n) isimlendirilmiştir. Kayaçların noktasal değişiminin hesaplanması için aşağıdaki bağıntılar önerilmiştir.

1. Deneysel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(d)}$) > Formüsel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(f)}$) ise;

$$KDD_n = \frac{\gamma_{s(f)}}{\gamma_{s(d)}} \quad (6.3)$$

2. Deneysel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(d)}$) < Formüsel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(f)}$) ise;

$$KDD_n = \left| 1 + \left[1 - \frac{\gamma_{s(f)}}{\gamma_{s(d)}} \right] \right| \quad (6.4)$$

Noktasal kayaç değişim değeri (KDD_n), eşitlik (6.3) ve (6.4) ile verilen tanımlamada 0 ile 1 arasında sayısal değerler alır. Noktasal kayaç değişim değeri (KDD_n) nin sifıra yaklaşan değerleri; kayacın bulunduğu $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında aşırı derecede değişime uğramış olduğunu, bire yaklaşan değerleri ise kayacın bulunduğu $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında değişiminin az veya çok az olduğunu göstermektedir. Kayaçların bulunduğu $P_i(x_i, y_i)$ koordinatlarındaki noktasal kayaç değişim (KDD_n) değerleri ile kayaç değişiminin yüzde değeri de hesaplanabilir. Kayacın noktasal kayaç değişim oranı (KDO_n) olarak isimlendirilen $P_i(x_i, y_i)$ koordinatındaki değişim oranı için aşağıdaki eşitlik önerilmiştir.

$$KDO_n = \left[\frac{1 - KDD_n}{1 - (1 - KDD_n)} \right] \times 100 \quad (6.5)$$

Eşitlikte; paydaki terimle, kayacın bünyesinde değişimle giden kısım, noktasal kayaç değişim değeri demek olan paydadaki terimle, kayacın bünyesinde değişim sonrası kalan kısım verilmektedir. Kayaçların yüzde noktasal değişiminde, %100 e yaklaşan değerler kayaç değişiminin çok fazla olduğu koordinatları, %0 a yaklaşan değerler kayacın orijinal durumuna yakın olduğu koordinatları belirtecektir. Kayacın değişimin yüzde değerini belirlemek için önerilen (6.5) eşitliğinde; kayacın noktasal değişim değeri (KDD_n) nin 0.5 olması durumunda, kayaç değişimi %100 olmaktadır.

İnceleme alanında kayaçların dane birim hacim ağırlık değerleri kullanılarak (6.3) ve (6.4) eşitlikleri ile hesaplanmış noktasal kayaç değişiminin dağılımı Şekil 6.30 ile verilmiştir. Şekil 6.30 da kayaçların değişim değerleri ile tektonik hatların ilişkisi görülmektedir. Çeldirler obası ile Yukarıçam obası arasında kayaç değişiminin dağılımlarındaki çizgisellik, izi arazi çalışması ile belirlenememiş bir tektonik hattın işareti olabilir.

İnceleme alanında kayaçların (6.5) eşitliği ile hesaplanmış değişim yüzdelерinin dağılımı Şekil 6.31 ile verilmiştir.

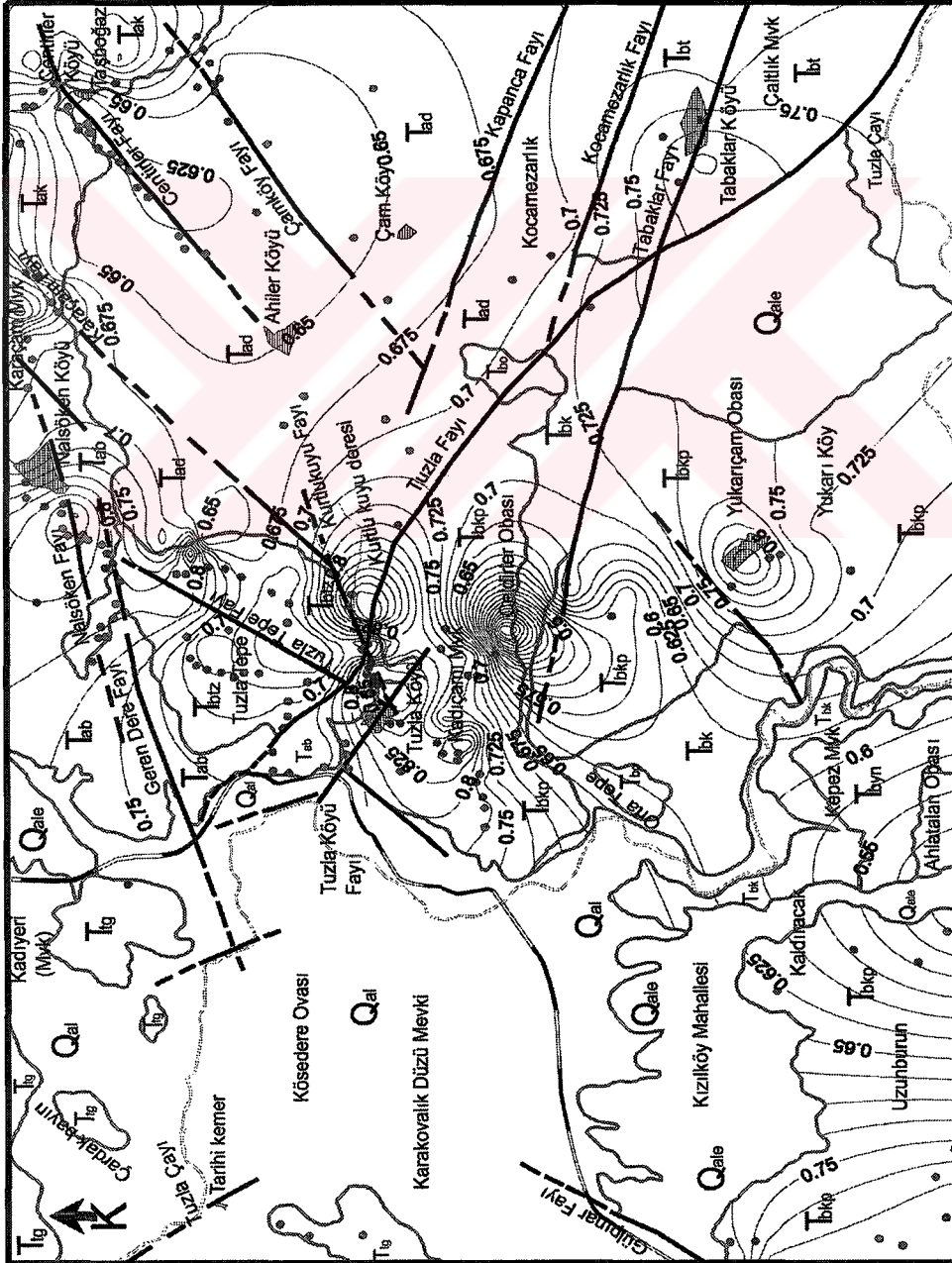
Kayaçların Şekil 6.30 da verilen noktasal değişim değeri dağılım haritası ile Şekil 6.31 de verilen değişimlerin yüzde dağılım haritası birlikte değerlendirildiğinde, Tuzla jeotermal sahası kayaçlarının ayrışma ve alterasyonla değişiminin, tektonik hatlar ile yakın ilişkili olduğu belirlenmiştir. Kayaçlar, KD-GB yönelimli Tuzla tepe, Karaçam, Centirler, Çam köy fayları boyunca çok kısa mesafelerde değişimler sunmaktadır. KB-GD gidişli fay sistemleri boyunca ise kayaçlar sık aralıklarla değişim göstermezler. Fakat KB-GD gidişli Tuzla fayının gözlendiği, sıcak su kaynaklarının bulunduğu Kurtlu Kuyu Vadisi'nde ayrışma ve alterasyon nedeniyle KB-GD yöneliminde de sık aralıklarla kayaç değişimi gelişmiştir. Şekil 6.31 de, Çeldirler obası ile Yukarıçam obası arasında kayaçların değişiminin yüzde dağılımlarındaki çizgisellik, izi arazi çalışması ile belirlenememiş bir tektonik hattın işareti olabilir.

Kayaçların $P_i(x_i, y_i)$ koordinatlarındaki noktasal değişim değerleri ile bu değerlerin yüzde ifadesi, bir arazide kayaç değişim dağılımını belirlemek için yeterli olacaksa da o arazide sınırları bulunan formasyonların veya aynı formasyon içindeki farklı hedef bölgelerin birbirleri ile sayısal olarak karşılaştırılmasında yetersiz kalacaktır. Kayaç değişiminin noktasal ölçektense alansal ölçekte sayısal ifade edilebilmesi değişik amaçlı uygulamalarda karar mekanizmalarının oluşturulmasında ve hedef bölge seçiminde kolaylık sağlayacaktır. Çalışmada kayaçların alansal değişimini belirlemek için $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında kayacın bünyesine (maddesine) ait sayısal değerler ile değişimden etkilenmiş olan fiziksel özellikler birlikte değerlendirilmiştir.

AÇIKLAMALAR

	Eş Dağılım Eğrisi
	Formasyon Sınırı
	Fay Düzlemi
	Yerleşim Birimi
	Ölçüm ve Gözlem Noktaları
	Alüvyon
	Eski Alüvyon
	Tavaklı Formasyonu, Gülpınar Üyesi
	Oratepe Riyoliti
	Tuzla Riyoliti
	Tamiş İgnimbriti
	Kepez İgnimbriti
	Yanık İgnimbriti
	Koyunevi İgnimbriti
	Dededağ Formasyonu
	Babadere Formasyonu
	Kızıltepe Formasyonu

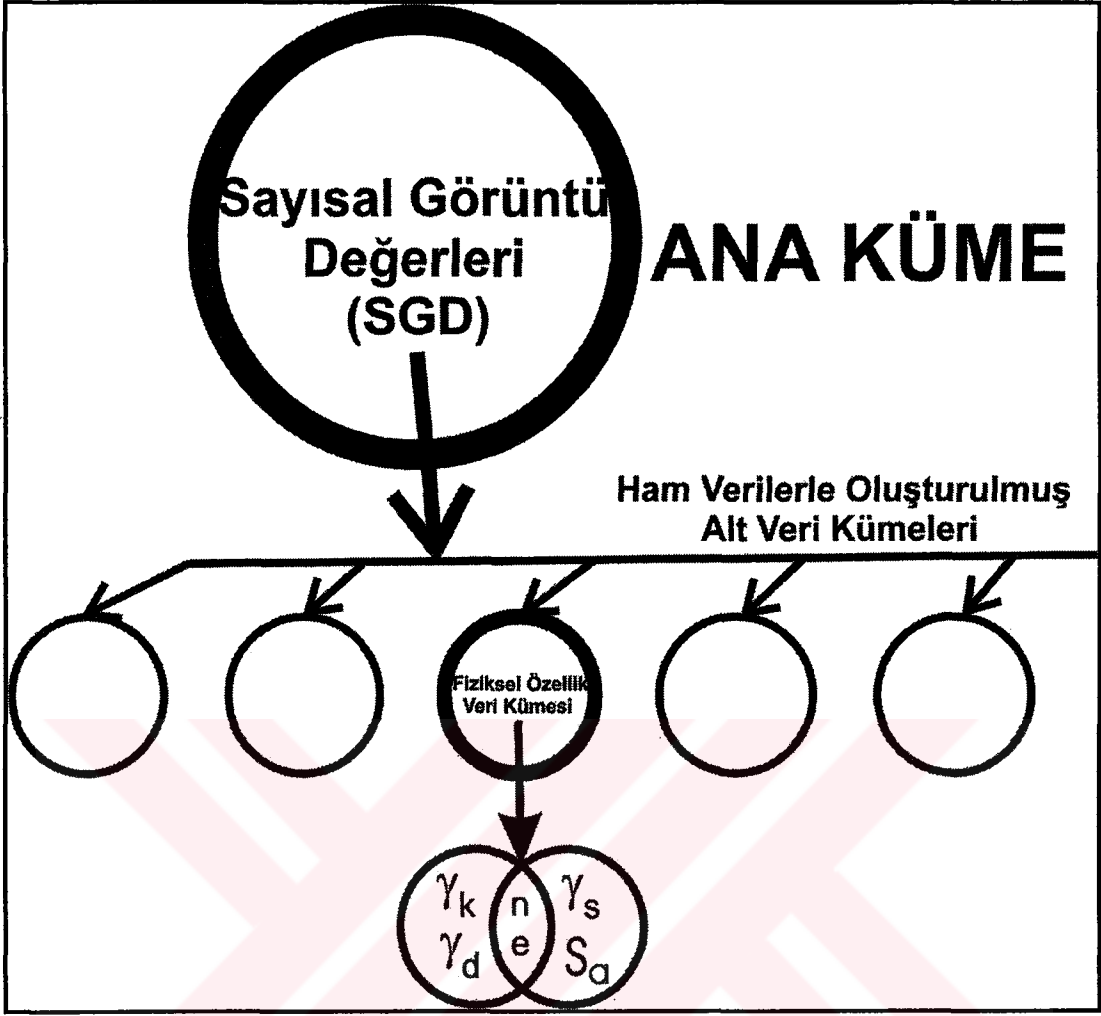
0 250 750 1750 m



Şekil 6.30 İnceleme alanının noktasal kayaç değişim değeri dağılımı.

Dolayısıyla, Kayaçlardaki değişimden etkilenen özelliklerden biri olan fiziksel özelliklerinin (γ_k , γ_d , n , e , S_a , γ_s) sayısal değerleri ile maddesel özelliklerinin sayısal değerleri birlikte değerlendirilerek kayacın alansal (formasyon, fasiyes, litoloji) değişimi belirlenmiştir. Kayaç değişimi alansal ölçekte incelendiğinde, kayaçların $P_i(x_i, y_i)$ koordinatlarındaki sayısal görüntü değerleri (SGD), formasyonun ana veri kümesidir. Bu veri kümesinin kayaç değişiminden etkilenen bir özelliği ile ilişkilendirilmesi, ana veri kümesinin davranışını yansıtır. Diğer bir değişle, ana veri kümesinin değişimden etkilenen bir özellik ile ilişkisinin sayısal ifadesi, incelenen alandaki kayaçların genel (alansal) değişiminin sayısal ifadesi olur. Kayaçların maddesel özelliklerine ait sayısal değer (SGD), onların oluşumlarından bu güne geçirmiş olduğu olaylar sonucu bünyesel (maddesel) özelliklerinin sayısal ifadesidir ve fiziksel özelliklere ait değerleri de içerir. Dolayısıyla fiziksel özelliklere ait veri kümesi aslında ana veri kümesinin içersindedir ve onun alt kümelerinden birisidir. Bu durumda, ana veri kümesinin elemanlarının sayısal değerleri fiziksel özelliklerin sayısal değerlerini de içerdiğinden, ana veri kümesi ile fiziksel özellik kümeleri arasında araştırılacak bire bir ilişkilerle yapılacak değerlendirme hatalı olacaktır. Bu hata, ana veri kümesi elemanlarından, alt veri kümesi elemanlarının etkisinin giderilmesi ile giderilir. Bu amaçla, ana veri kümesinin elemanları olan maddesel özelliğe ait her bir sayısal değer (sayısal görüntü değerleri, SGD), içerdiği fiziksel özelliklere ait her bir sayısal değere bölünmüştür. Böylece alansal kayaç değişimi için oluşturulan ana veri kümesinin elemanlarından, kayaç değişimi için incelenecek kayaç özelliğinden kaynaklanan etkinin giderildiği alt veri kümesinin yeni şekline ulaşılır. Bu alt veri kümesi, kayaç değişimi için incelenecek özelliğin alt veri kümesidir ve ana veri kümesinin ham değerlerini içerir. Alansal kayaç değişimine fiziksel özellikler ile yaklaşım yapılacaksa, oluşturulan yeni veri kümesi, ana veri kümesinin (SGD) fiziksel özelliklerine ait ham verilerini içeren alt kümeleri olur. Fiziksel özelliklerin her biri de, kayacın fiziksel özelliklerinin alt kümeleridir ve birbirleri ile kesişen kümelerdir (Şekil 6.32).

Kayacın fiziksel özellikleri ve sayısal görüntü değerlerinin ilişkilendirilmesi ile oluşturulan, ana kümenin fiziksel özelliğine ait ham veri kümesinin davranışı, ana veri kümesinin davranışını, bu ise kayacın alansal değişiminin davranışını tanımlayacaktır. Dolayısıyla, fiziksel özelliğe ait ham veri kümesini karakterize edecek uygun fonksiyonun regrasyon (uygunluk) katsayısı, ana kümenin uygunluk katsayısı olacaktır. Fakat fiziksel özelliklerin doğal ortam birim prizması içerisinde birbirleri ile kesişen kümeler (Şekil 6.32) oluşturması, öncelikle fiziksel özelliklere ait ham veri kümeleri arasında ikili ilişkilerin araştırılmasını gerektirir.



Şekil 6.32 Alansal kayaç değişiminin belirlenmesinde veri kümesi ilişkisi.

Araştırılan ilişkiyi tanımlayacak uygun fonksiyonun regresyon katsayısı, bu iki fiziksel özellik arasındaki değişimi yansıtır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta; araştırılan bu ikili ilişkilerde, elemanlar kesişen kümelere ait olduğundan hem iki kümenin ortak elemanını hem de her bir kümenin ortak olmayan elemanını içerir. Bu yüzden, bu iki ham veri kümesi arasındaki ilişki için iki farklı uygun fonksiyon tanımlaması gerekir. Bu fonksiyonlardan birisi kümelerin kesişen elemanlarını, diğeri ise ortak olmayan elemanını tanımlar. Benzer şekilde, fiziksel özelliklere ait her bir ikili veri kümesi için tanımlanacak uygun fonksiyonların regresyon katsayıları arasında kurulacak ilişki, kayacın değişimden etkilenmiş olan fiziksel özellik kümesini tanımlayacaktır. Bu da ana veri kümesinin davranışını tanımlayacağından, alansal kayaç değişimi belirlenmiş olacaktır. Alansal kayaç değişiminin belirlenmesi sonucu hedef bölgeler sıfır ile bir arasında değişen tek bir sayı ile ifade edilecek ve birbirleriyle sayısal olarak ta karşılaştırılacaktır. Çalışmada; veri kümelerini en uygun temsil eden fonksiyonlar, polinom fonksiyonlar olmuştur. Kayaçların alansal (genel) değişimi (KDD_g) ni belirlemek için aşağıda verilen adımlar izlenir.

1. Kayacın $P(x_i, y_i)$ koordinatındaki sayısal görüntü değerleri (SGD) fiziksel ($\gamma_k, \gamma_d, n, e, S_a, \gamma_s$) değerlerine bölünür ($SGD/\gamma_k, SGD/\gamma_d, SGD/n, SGD/e, SGD/S_a, SGD/\gamma_s$) ve görüntü değerleri (SGD) ile oluşan ana veri kümesinin fiziksel özelliklerine ait ham verilerden oluşma alt veri kümeleri oluşturulur.

2. Fiziksel özelliklere ait ham verilerden oluşan alt veri kümeleri arasındaki ikili ilişkiler ($SGD/\gamma_k-SGD/\gamma_d, SGD/\gamma_k-SGD/n, SGD/\gamma_k-SGD/e, SGD/\gamma_k-SGD/S_a, SGD/\gamma_k-SGD/\gamma_s, SGD/\gamma_d-SGD/n, SGD/\gamma_d-SGD/e, SGD/\gamma_d-SGD/S_a, SGD/\gamma_d-SGD/\gamma_s, SGD/n-SGD/e, SGD/n-SGD/S_a, SGD/n-SGD/\gamma_s, SGD/e-SGD/S_a, SGD/e-SGD/\gamma_s, SGD/S_a-SGD/\gamma_s$) uygun fonksiyonlar ile tanımlanır.

3. Ham veri kümeleri birbirleri ile kesişen kümeler olduğundan, iki kümenin kesişen ve kesişmeyen elemanlarını temsil edecek iki ayrı fonksiyon tanımlanır. Bunun için; ilişkilendirilen herhangi iki kümedeki elemanların maksimum ve minimum değerleri arasından geçen en yüksek dereceden fonksiyon diğer kümeler arasında araştırılır. Tanımlanacak ikinci fonksiyon ise ilgili veri kümesinin en küçük ve en büyük elemanları arasından geçen uygun fonksiyondur. Böylece iki fonksiyon ile tanımlanan kesişen iki veri kümesinin elemanları arasındaki en büyük korelasyon katsayısı (R_m^2) ile uygun korelasyon katsayısı (R_u^2) belirlenir.

4. Belirlenen korelasyon katsayısı değerlerinin ortalaması formasyon genelindeki eğilimi yansıtacaktır. Fakat, kesişen veri kümelerinin uygun ve en büyük kuvvetten eğilim çizgileri ile ifade edilmesi, formasyon genelinde kayaç değişim değeri KDD_g nin tanımlanabilmesi için ilkin bu iki korelasyon değerinin birbiri ile ilişkilendirilmesini gerektirir. Kayaç değişim katsayısı (KDK) olarak tanımlanmış bu ilişki:

$$KDK = \sqrt[n]{\frac{R_{u_1}^2}{R_{m_1}^2} \times \frac{R_{u_2}^2}{R_{m_2}^2} \times \dots \times \frac{R_{u_n}^2}{R_{m_n}^2}} \quad (6.6)$$

(6.6) eşitliği ile hesaplanır.

5. İkili veri kümelerinin en küçük ve en büyük sayısal değerleri arasından geçen uygun fonksiyonun korelasyon katsayısı değerleri (R_u^2) o iki kümenin birbiri ile uygunluğunu gösteren ortak elemanıdır. Dolayısıyla kümelerin ortak elemanları arasındaki korelasyonların ilişkisi KI;

$$KI = \sqrt[n]{R_1^2 \times R_2^2 \times R_3^2 \times \dots \times R_n^2} \quad (6.7)$$

(6.7) eşitliği ile hesaplanır. (6.6) ve (6.7) eşitlikleri ile hesaplanan kayaç değişim kat

sayısı (KDK) ve korelasyonların ilişkisi (Kİ) değerlerinden hareketle alansal (genel) kayaç değişim değeri KDD_g ;

$$KDD_g = KDK \times Kİ \quad (6.8)$$

(6.8) eşitliği ile hesaplanır. Kayaçların alansal değişimini belirlemek için yapılacak hesaplamalar da KDD_g nin bire yaklaşan değerleri alansal kayaç değişiminin fazla olmadığını ve kayaçların oluşum koşullarını koruduğunu, sıfıra yaklaşan değerleri ise alansal kayaç değişiminin aşırı olup, kayaçların oluşum koşullarını korumadığını gösterecektir.

Yukarıda verilen tanımlamalar ile, inceleme alanındaki kayaçların alansal değişimi formasyon genelinde araştırılmış ve sonuçlar Tablo 6.4 de verilmiştir.

Tablo 6.4 Tuzla jeotermal sahasındaki jeolojik birimlerin kayaç değişim değerleri.

İlişkilendirilen Büyüklikler	Korelasyon Değeri		KDK	Kİ	KDD_g	Formasyon
	R_u^2	R_m^2				
$SGD/\gamma_k - SGD/\gamma_d$	0,7751	0,9723	0,3297	0,0988	0,0309	K I Z I L T E P E
$SGD/\gamma_k - SGD/n$	0,2805	0,7997				
$SGD/\gamma_k - SGD/e$	0,2875	0,8028				
$SGD/\gamma_k - SGD/S_a$	0,2757	0,7815				
$SGD/\gamma_k - SGD/\gamma_s$	0,3342	0,9815				
$SGD/\gamma_d - SGD/n$	0,3549	0,7460				
$SGD/\gamma_d - SGD/e$	0,3560	0,7445				
$SGD/\gamma_d - SGD/S_a$	0,3433	0,7555				
$SGD/\gamma_d - SGD/\gamma_s$	0,2698	0,2811				
$SGD/n - SGD/e$	1	1				
$SGD/n - SGD/S_a$	0,9999	0,9999				
$SGD/n - SGD/\gamma_s$	0,0653	0,1123				
$SGD/e - SGD/S_a$	0,9999	0,9999				
$SGD/e - SGD/\gamma_s$	0,0688	0,1074				
$SGD/S_a - SGD/\gamma_s$	0,0648	0,1186				
$SGD/\gamma_k - SGD/\gamma_d$	0,9878	0,9878				B A B A
$SGD/\gamma_k - SGD/n$	0,4925	0,9644				
$SGD/\gamma_k - SGD/e$	0,4919	0,9647				
$SGD/\gamma_k - SGD/S_a$	0,4890	0,9642				
$SGD/\gamma_k - SGD/\gamma_s$	0,9662	1,0341				
$SGD/\gamma_d - SGD/n$	0,9295	0,9295				
$SGD/\gamma_d - SGD/e$	0,9314	0,9314				

$SGD/\gamma_d - SGD/S_a$	0,9335	0,9335	0,5184	0,5201	0,2696	D E R E
$SGD/\gamma_d - SGD/\gamma_s$	0,9579	0,9999				
$SGD/n - SGD/e$	1	1,0205				
$SGD/n - SGD/S_a$	0,9996	1,0515				
$SGD/n - SGD/\gamma_s$	0,4437	0,9942				
$SGD/e - SGD/S_a$	0,9994	1,3141				
$SGD/e - SGD/\gamma_s$	0,4392	0,9864				
$SGD/S_a - SGD/\gamma_s$	0,4358	1,0016				
$SGD/\gamma_k - SGD/\gamma_d$	0,9757	0,9781	0,5819	0,5629	0,3276	D E D E D A Ġ
$SGD/\gamma_k - SGD/n$	0,9505	0,9584				
$SGD/\gamma_k - SGD/e$	0,9510	0,9587				
$SGD/\gamma_k - SGD/S_a$	0,9525	0,9603				
$SGD/\gamma_k - SGD/\gamma_s$	0,9782	1				
$SGD/\gamma_d - SGD/n$	0,9481	0,9528				
$SGD/\gamma_d - SGD/e$	0,9484	0,9531				
$SGD/\gamma_d - SGD/S_a$	0,9503	0,9951				
$SGD/\gamma_d - SGD/\gamma_s$	0,9082	1				
$SGD/n - SGD/e$	1	1				
$SGD/n - SGD/S_a$	1	1				
$SGD/n - SGD/\gamma_s$	0,2859	1				
$SGD/e - SGD/S_a$	1	1				
$SGD/e - SGD/\gamma_s$	0,2686	1				
$SGD/S_a - SGD/\gamma_s$	0,2745	1				
$SGD/\gamma_k - SGD/\gamma_d$	0,9229	0,9229	0,8863	0,2990	0,2650	K E P E Z
$SGD/\gamma_k - SGD/n$	0,3095	0,3472				
$SGD/\gamma_k - SGD/e$	0,3025	0,3405				
$SGD/\gamma_k - SGD/S_a$	0,3024	0,3416				
$SGD/\gamma_k - SGD/\gamma_s$	0,8564	0,8564				
$SGD/\gamma_d - SGD/n$	0,3609	0,3609				
$SGD/\gamma_d - SGD/e$	0,3372	0,3372				
$SGD/\gamma_d - SGD/S_a$	0,3862	0,3862				
$SGD/\gamma_d - SGD/\gamma_s$	0,5443	0,8093				
$SGD/n - SGD/e$	0,9992	0,9992				
$SGD/n - SGD/S_a$	0,9975	0,9975				
$SGD/n - SGD/\gamma_s$	0,6101	0,6101				
$SGD/e - SGD/S_a$	0,9953	0,9953				
$SGD/e - SGD/\gamma_s$	0,5300	0,6179				
$SGD/S_a - SGD/\gamma_s$	0,6366	0,6366				

$SGD/\gamma_k - SGD/\gamma_d$	0,9699	0,9699	0,5633	0,3494	0,1968	T U Z L A
$SGD/\gamma_k - SGD/n$	0,6736	0,6736				
$SGD/\gamma_k - SGD/e$	0,6695	0,6695				
$SGD/\gamma_k - SGD/S_a$	0,6450	0,6450				
$SGD/\gamma_k - SGD/\gamma_s$	0,9366	0,9895				
$SGD/\gamma_d - SGD/n$	0,6743	0,7120				
$SGD/\gamma_d - SGD/e$	0,6702	0,7080				
$SGD/\gamma_d - SGD/S_a$	0,6504	0,6881				
$SGD/\gamma_d - SGD/\gamma_s$	0,9432	0,9432				
$SGD/n - SGD/e$	1	1				
$SGD/n - SGD/S_a$	0,9999	1				
$SGD/n - SGD/\gamma_s$	0,1678	0,7026				
$SGD/e - SGD/S_a$	0,9999	0,9999				
$SGD/e - SGD/\gamma_s$	0,1711	0,6643				
$SGD/S_a - SGD/\gamma_s$	0,1786	0,6527				

İnceleme alanındaki formasyonların genel kayaç değişim değerleri (KDD_g) nin belirlenmesi ile formasyonlardaki kayaçların ayrışma ve alterasyon sonucu her bir $P_i(x_i, y_i)$ noktasında farklı olan değişimleri anlamlı tek bir sayı ile ifade edilmiştir. Kayaçların alansal değişiminin belirlenmesi, incelenen alanların (bu çalışmada formasyonların) birbirleri ile ilişkilendirilip sıralamayı belirlemeyi kolaylaştırır. Alanlar arasında gerçekleştirilecek değişik amaçlara yönelik benzer uygulamalar ile elde edilecek sıralamalar da araştırılan veya hedeflenen amaca yönelik mühendislik uygulamalarında karar mekanizmalarının oluşturulmasını kolaylaştırabilir.

İnceleme alanında kayaçlar oluşumundan günümüze etkisi altında kaldıkları değişik olay ve etmenler nedeniyle değişik derecelerde değişime uğramışlardır. (6.3), (6.4) ve (6.5) eşitlikleri ile hesaplanan değerler ile çizilecek kayaç değişiminin noktasal yayılımları (Şekil 6.29 ve 6.30) kayaçların formasyon ve arazi genelinde her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatlarında değişimini verecek fakat formasyon genelinde değişim hakkında sayısal bir sonuca götürmeyecektir. İnceleme alanındaki kayaçların formasyon genelindeki değişimlerinin Tablo 6.3 ile verilen değerleri incelendiğinde; arazi genelindeki değişim derecesinin çoktan aza doğru; Kızıltepe formasyonu, Tuzla formasyonu, Kepez formasyonu, Babadere formasyonu ve Dededağ formasyonu şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Genel kayaç değişim değeri sonuçlarında, Kepez formasyonu ile Babadere formasyonunun ise birbirine yakın oranda değişim geçirmiş olduğu da anlaşılmıştır.

7. SONUÇLAR

Çanakkale ili Ayvacık ilçesi Tuzla jeotermal alanında Kösedere ovası, Cendirler, Çam Tepe, Uzunburun arasında 70 km² lik arazide yapılan çalışmada, inceleme alanının jeolojik haritası çıkarılıp tektonik hatlar belirlenmiştir. Arazi çalışmasında kayaçların mühendislik özellikleri tanımlanmıştır. Arazideki gözlem ve ölçümler, kayaç örneklerin kimyasal analizleri, fiziksel ve mekanik deney verileri yorumlanıp, inceleme alanının ayrışma ve alterasyon gelişimi açıklanmıştır. Kayaç bünyesindeki değişimlerin süreksizliklerle ilişkisi ortaya konulmuştur. Kayaçlardan alınan yönlü numunelerden yönlü ince kesitler hazırlanıp, polarizan mikroskop görüntüleri bilgisayar ortamında sayısallaştırılmıştır. Bu sayısal değerler, kayaçların maddesel (bünyesel) özelliklerinin sayısal görüntü değerleri (SGD) olarak tanımlanmıştır. Kayaçların bünyesinin (maddesel özelliklerinin) sayısal ifadesi olan sayısal görüntü değerleri ile kayaçlardaki süreksizliklerinin mühendislik özellikleri ilişkilendirilerek, kayaçların ayrışma ve alterasyonla değişiminde birincil etkili olan süreksizlik özelliği belirlenmiştir. Kayaç değişimi fiziksel ve mekanik deneylerle de denetlenmiş, fiziksel özelliklerden dane birim hacim ağırlığı değerleri ile kayaçların noktasal değişim derecesi ve noktasal yüzde kayaç değişim oranları tariflenmiştir. Ayrıca hem fiziksel hem de maddesel (bünyesel) özelliklerinin sayısal görüntü değerleri (SGD) ile kayaçların alansal değişimleri formasyon genelinde tanımlanmıştır.

İnceleme alanı başlıca D-B olmak üzere KB-GD ve KD-GB gerilmelerle kırılanmış ve tüm yönlerde çatlak sistemleri gelişmiştir. Süreksizliklerin hakim yönelimleri tabakalarda KD-GB, çatlaklarda KB-GD dir. Boyuna ve verevine çatlaklar KD-GB, enine çatlaklar KB-GD aralığında gelişmiştir. Kontur diyagram değerlendirmesinde çatlaklar başlıca K60-70D, 70-80GD ila K70-80B, 60-70GB ila K20-30B, 70-80GB ila K40-50B, 65-85GB yönelimlerinde yoğunlaşmıştır. İnceleme alanında özellikle Tuzla Tepe civarı ve Kurtlu Kuyu Vadisi boyunca kayaçlar, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda daha belirgin olmak üzere, kuzeybatı-güneydoğu ve daha az oranda doğu-batı doğrultusundaki süreksizlik sistemlerini kullanarak, birincil olarak meteorik ve dolaşımdaki sıcak çözeltiler etkisi ile ayrışma hatları sergileyecek düzeyde değişime uğramıştır. Kayaçlar inceleme alanının bu kesimlerinde, birincil ayrışma - alterasyon olayları gelişiminin yanı sıra ikincil ayrışma-alterasyon gelişimlerinin etkisinde de kalmıştır. Kurtlu Kuyu Vadisi'nin her iki yamacında değişik kotlardaki

sıcak su boşalımında belirlenen yüksek silis ve tuz getirimleri, ayrışma ve alterasyon ilişkisinin günümüzde de devam ettiğini göstermektedir. Sıcak su kaynaklarının özellikle üst kotlarındaki kaolenleşmeler; kayaç bünyesinde ikincil veya sonraki evrelerde oluşmuş süreksizliklerin etkisi altında ilerleyen çözeltilerin, kayaç değişimindeki ileri aşamalarını gösterir. Kayaçların petrografik incelemeleri, normal ayrışma gelişimi olan ana röliyeğin homojen bozunumunun % 25 oranında olduğunu göstermiştir. Birincil ayrışma olarak belirlenen bu gelişimin devamında, birinci tektonik evre etkisinde ana ayrışma gelişmiştir. Bu ayrışma, kayaçlardaki tüm ayrışma-alterasyon gelişiminin % 60'ıdır. Birinci tektonik evre devamında gelişen ikinci tektonizmanın etkisi ile ana tektonik evre sonrasında da ayrışma ve alterasyon gelişmiştir. İkinci tektonik evre ile kayaç bünyesinde dolaşım yapan sıcak suların kayaç malzemeye daha kolay etkiyebilmesi ayrışma ve alterasyon olaylarını daha da geliştirmiştir. İnceleme alanında ikinci tektonik evre sonrasında, kayaç bünyesinde (dolayısıyla minerallerde) oluşmuş yeni kırık düzlemleri içerisinde ve çevresinde çoğunlukla sıcak akışkanın kontrolünde gelişmiş ayrışma ve alterasyon olaylarının gelişimi % 15 olarak belirlenmiştir. Petrografik incelemeler sonucunda inceleme alanında düşük hızda devam eden birincil ayrışma ve alterasyonun ana bir tektonik evre çerçevesinde gelişerek devam ettiği, hızlandığı ve daha etkinleşip kayaç içerisinde ikincil ayrışma ve alterasyona neden olduğu anlaşılmıştır. Ancak bu ana evrenin ardından inceleme alanında etkili olmuş ikincil tektonizma nedeniyle, özellikle kıvrımlar veren daha zayıf üçüncü bir alterasyon aşamasının geliştiği de ince kesit incelemelerinde belirlenmiştir. Sonuçta, ikinci tektonik evre sonrasında kayaçlardaki ortalama ayrışma ve alterasyon oranı % 75 olmuştur. Buradan hareketle, inceleme alanındaki ayrışma ve alterasyonun gerek hızlı (% 60-65), gerek yavaş (% 30-35), gerek doğal, gerekse tektonik etkilerle ağırlıklı olarak çok aşamalı geliştiği anlaşılmıştır. İnce kesitlerde incelenen minerallerin % 70'inde çok aşamalı, % 30'unda ise tek aşamalı ayrışma-alterasyon verisi gözlenmiştir. Kayaçlardan alınmış örneklerin kimyasal analiz sonuçları da ayrışma-alterasyon gelişiminin sadece atmosferik koşulların denetiminde kalmayıp, etkisi zaman içerisinde değişen bir termal akışkan varlığında geliştiğini göstermiştir.

Çalışmada, kayaçların gerek oluşumları gerekse oluşum sonrası etkisinde kaldıkları tektonik kuvvetlere bağlı kazanmış oldukları yapısal özellikleri mühendislik amaçlı kayaç sınıflandırılmalarıyla araştırılmıştır. Bu araştırmalarda kayaçlardaki tabaka kalınlığı, çatlak ara uzaklığı, çatlak açıklığı özellikleri dikkate alınmıştır. İnceleme alanında kayaçlar, aynı volkanik aktivitenin farklı zamanlarda gelişmiş ürünleridir. Birimlerdeki farklı tabaka kalınlıklarının gelişmesinde, lav akıntısının viskozitesi,

petrografik ve fiziksel özelliklerindeki farklılıkları ile aktıkları topoğrafik yüzeylerin özellikleri etkili olmuştur. Ayvacık ve Balabanlı grubu volkanik kayalarında lavın akma yönünde katılaşıp tabakalanmış düzeye ait kalınlıklar; bir kaç on santim ile bir kaç metre arasındadır. Birimler bu özellikleri ile Deere 1963 sınıflamasında, ince ve kalın tabakalı kayalar olarak değerlendirilmiştir. Kayaların çatlak sıklığı, gerek kuzey ve güney grubu oluşturan volkanik kayalarda gerekse çökel birimde seyrek - çok sık çatlaklı kayaç aralığındadır. Volkanik birimlerde minimum ve maksimum çatlak aralığı ölçümleri, birim kaya elemanlarında oluşabilecek en küçük hacmin $1 \times 4 \times 10 \text{ cm}^3$ ve en büyük hacmin $5 \times 50 \times 200 \text{ cm}^3$ olacağını göstermiştir. Volkanik kayaların ortalama çatlak yoğunluğu ise metrede 1 ile 70 arasında değişmektedir. Kayaların maksimum, minimum ve ortalama çatlak sıklığı dağılımları; kayaların çalışma sahasının güney batısında çatlaklanma özelliği açısından homojen davranış sergilediğini, KD-GB gidişli faylar ve Tuzla fayı etkisinde kalarak kırıldığını göstermiştir. Kırılma etkisi; Tuzla köyü çevresinde Tuzla fayı, Tuzla Tepeyi kesen KD-GB yönelimli Tuzla Tepe fayı, Tuzla Tepeyi sınırlayan Kurtlu kuyu fayı kontrolünde yoğun gelişirken çalışma sahasının kuzey doğusunda KD-GB gidişli Karaçam, Centirler, Çam köy faylarının etkisinde gelişmiştir. Bu ilişki aynı zamanda inceleme alanının bu kesimlerindeki ayrışma-alterasyon olaylarının ve Kurtlu Kuyu Vadisi'ndeki sıcak su kaynaklarının da, doğal bir sonucudur. İnceleme alanında kayaların çatlak açıklık özellikleri tortul birimde sıkı-kısmen, volkanik birimlerde sıkı-çok geniş özelliktedir. Çatlak yüzeyleri arasında maksimum açıklık dağılımı, başlıca iki bölgede büyük değişim gösterir. Değişimin izlendiği bölgelerden birincisi; Tuzla Tepe etekleri ve Kurtlu Kuyu Vadisi ile güneyindeki Köprübaşı, Güme Tepe, Kadiçanı Mevkii, Çeldirler Obası çevresinde, ikincisi Karaçam Mevki ve Centirler köyü arasındadır. İnceleme alanının belirlenen bu kesimleri birbirine paralel fay düzlemleri arasında kalır. Kayaların maksimum çatlak açıklık dağılımı, Tuzla Tepenin üst kotlarında değişimi fazla olmayan bir yoğunlaşma sunar. Bu gelişimin nedenlerinden birisi, jeolojik birimdeki farklılıktır. Ayrışma ve alterasyon sonucu kayaç ortamın silisçe zenginleşmesi de bu gelişime neden olmuştur. Bunların yanında Tuzla Tepeyi kat eden Tuzla Tepe fayı ile bu faya açılı gelişmiş kuzey batısındaki Geren dere fayının etkisi de diğer bir nedendir. Birbirine paralel fay sistemleri arasında kinematik serbestliğe sahip kayaların maksimum çatlak açıklık değerleri çok kısa mesafelerde fazlaca değişirken, bir birine açılı gelişen fayların arasındaki kayalar, fayların kesişim alanlarına yakın kesimlerde daha az, bu kesimlerden uzaklaşılan bölgelerde ise daha büyük çatlak açıklık değerlerine sahiptirler. İnceleme alanının yukarıda verilen bölgeleri dışındaki kesimlerinde çatlak açıklık dağılımı daha homojen davranış sergiler.

Kayaçların davranış, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerinde önemli ölçüde etkili olan özgül ağırlık, birim hacim ağırlık, porozite, boşluk oranı, su emme, geçirimsizlik, sertlik, elastik dalga hızını iletme ve benzeri fiziksel özellikleri, kayacın mühendislik amaçlı ayrışma derecesinin tanımlanıp sınıflandırılmasında da kullanılan sayısal büyüklüklerdir. Biga yarımadasında, inceleme alanında Tuzla fayı ile yan yana gelen Ayvacık ve Balabanlı volkanik birimleri, yoğunluk dağılımında farklı davranış sergilerler. Ayvacık volkanik grubu kayaçlarından, riyalitik ve dasitik, çoğunlukla masif felsik lav akıntıları ve akma breşlerinden oluşan Kızıltepe formasyonu ile kristal, litik ve pamis bileşimli tüflerden oluşma piroklastik yağış ürünü Babadere formasyonu kayaçlarının yoğunluğu benzer değerlerdedir. Bu birimlerde yoğunluk değişimleri, fayların yönelimleri ile uyumaktadır. Ayvacık volkanik grubunda andezit ve latit bileşimli lavlardan oluşma Dededağ formasyonu ile piroklastik akıntı ürünü olarak gelişmiş ignimbitler, lav akıntıları ve volkanosedimanter düzeylerden oluşma Balabanlı volkanik topluluğu kayaçları (Kepez, Tamış) yoğunluk açısından birbirlerine benzerlik sunar. Tortul ve volkanik birimlerdeki yoğunluk değerlerinin dağılımı fayların etkisinden uzak kesimlerde daha homojendir. İnceleme sahasında kayaçların yoğunluk değerlerinin KD-GB gidişli tektonik hatlar boyunca yaygın değişimi, bu hatlar boyunca dolaşım yapmış sıcak akışkanın kayaçlardaki etkisi ile ilişkilidir. Kayaçların kuru ve doymuş birim ağırlık dağılımları birbirlerine benzerdir. Kuru ve doymuş birim hacim ağırlık dağılımları Ayvacık volkanik grubu Kızıltepe ve Babadere formasyonlarında, yoğunluk dağılımına benzer şekilde KD-GB gidişli fayların kontrolünde değişim sunar. Ayvacık grubu Dededağ formasyonundaki kayaçlar ile Balabanlı volkanik grubu kayaçlarında bu dağılımlar daha homojendir. Kayaçların porozite ve ağırlıkça su emme özelliklerindeki dağılımları; Ayvacık volkanik grubu Kızıltepe, Babadere ve Dededağ formasyonu kayaçları ile Balabanlı volkanik grubu kayaçlarında kendi içinde benzer, birbirleri ile karşılaştırıldığında ise farklıdır. Güney grup kayaçlarına göre kuzey grup kayaçlarının porozite ve ağırlıkça su emme özelliklerinin dağılımı da KD-GB gidişli fay sistemleri ile yakın ilişkilidir. Özellikle bu faylar boyunca hareket etmiş sıcak akışkan kontrolünde gelişmesi mümkün ayrışma ve alterasyon olaylarının kayaçların porozite ve ağırlıkça su emme değerleri üzerinde direkt etkili olması kuvvetli bir olasılıktır.

İnceleme alanında kayaçlar mekanik özellikleri açısından, Deere ve Miller (1966) tarafından önerilen kayaçların tek eksenli basınç değerlerine dayalı sınıflaması ile değerlendirilmiştir. Bu sınıflamada tortul birim çok düşük dirençli, Ayvacık volkanik grubu kayaçları çok düşük-orta dirençli, Balabanlı volkanik grubu kayaçları çok düşük-düşük dirençli, Tuzla riyalitik domu orta dirençli kayaç sınıfında yer alır.

Kayaçların tek eksenli basınç direnç dağılımları tektonizma, çatlak sıklığı, ayrışma ve alterasyon gelişimi ile yakından ilişkilidir. Tek eksenli basınç direnci değerleri Kepez ignimbriti ile Dededağ formasyonunda daha geniş bir alanda değişim sunar. Bu formasyonlarda tek eksenli basınç direnci dağılımının sık aralıklar ile değişmemesi ve değişimlerin KB-GD gidişli Kapanca Tepe ve Tuzla Köyü faylarının yakınlarındaki benzerliği, bu kesimlerde kayacın direnç özelliklerinin kayaç bileşimi ile süreksizliklerin kontrolünde geliştiğini gösterir. Tamiş ignimbritinde kayaçların tek eksenli basınç direnci değerlerinin dağılımı, KB-GD gidişli Tavaklar fayının etkisini göstermektedir. İnceleme alanında KD-GB gidişli Karaçam mevki, Centirler ve Çam Köy faylarının yakın çevresindeki kayacın tek eksenli basınç direnci özellikleri çok kısa mesafelerde değişim göstermektedir. Kayaçlardaki bu değişim çok büyük bir olasılıkla bu faylar ile dolaşım yapmış (veya yapmakta olan) sıcak akışkanın kayaç malzemesi üzerindeki etkisinin sonucudur. Babadere ve Kızıltepe formasyonlarına ait tek eksenli basınç direnci değerlerindeki orta direnç değer aralıkları ile fay düzlemlerinin uyuşması; dolaşım yapmış ve/veya yapmakta olan sıcak akışkanın kayaç bünyesine kazandırdığı artı dayanımın göstergesidir. Kayaçlara uygulanan noktasal yüklemeler sonucu kayaç bünyesinde oluşan çekme gerilmelerine karşılık sergiledikleri dayanım özelliklerinin arazi genelindeki dağılımları da, ayrışma ve alterasyonun ile kayaç davranışının benzer sonuçlarını vermiştir. Tuzla Tepe ve yakın çevresindeki kayaçların nokta yük direnci değerlerinde belirlenen çok sık aralıklarla değişimler ve dağılımın gösterdiği çizgisellik, Tuzla Tepe ve çevresinde Tuzla Tepe fayı ve süreksizlik kontrolünde dolaşım yapmış sıcak akışkanın kayaçların bünyesinde oluşturduğu değişimlerin kuvvetli bir kanıtıdır. Kayaçların nokta yük direnci dağılımlarının Karaçam mevki ve Centirler köyünden KD-GB yöneliminde sergilediği değişim aralığı da KD-GB gidişli faylar ile yakından ilişkilidir. İnceleme alanında Ayvacık grubu volkanik kayaçlarından olan Dededağ formasyonu ile Balabanlı grubu volkanik kayaçları, nokta yük direnci özellikleri açısından benzerlikler sergilemekte ve arazi genelinde yayılım gösterdikleri geniş bir kesimde homojenlik sunmaktadır. Biga yarımadasının bu iki farklı tür volkanik kayaç grubuna ait kayaçların nokta yük direnci dağılımlarındaki benzerlik, Tuzla jeotermal sahasında dolaşımda bulunan sıcak akışkan etkisinin bu kesimlere ulaşmadığı ve/veya buralarda etkin olmadığı şeklinde yorumlanmıştır.

İnceleme alanındaki kayaçların oluşumundan günümüze geçirmiş olduğu tüm etkileri gösteren sayısal değerler, kayaçlardan hazırlanan yönlü ince kesitlerin görüntü analiz yöntemi ile değerlendirilmesi ile elde edilmiştir. Elde edilen sayısal değerlerin (sayısal görüntü değeri, SGD) arazi genelindeki yayılımları da çatlak

özellikleri dağılımı, fiziksel özellik dağılımları ve mekanik özellik dağılımları ile benzerlik göstermektedir. Sayısal görüntü değerlerinin dağılımı da kayaçların maddesel (bünyesel) özelliklerinin birinci derecede KD-GB, ikinci derecede KB-GD gidişli sistem etkisinde kaldığını göstermiştir. Maddesel (bünyesel) özelliklerin özellikle Ayvacık grubu Kızıltepe ve Babadere formasyonuna ait kayaçlardaki dağılımının fay sistemleri ile uyuşması, Tuzla jeotermal sisteminde etkili olan sıcak akışkanın dolaşım yolunun da birinci derecede KD-GB yönelimli fay sistemleri ile olduğunu gösterir. Ayvacık grubu Dededağ formasyonu volkanik kayaçları ile Balabanlı grubu volkanik kayaçlarının maddesel özelliklerindeki benzer dağılım, bu iki farklı tür volkanik kayaçların bileşimlerindeki farklılığın fazlaca değişken olmadığı ve Tuzla jeotermal sahasında sıcak akışkanın, arazinin bu kesimlerinde dolaşımının olmadığı veya sınırlı olduğunu gösterir. Kayaçların maddesel özelliklerinin sayısal ifadesi olan sayısal görüntü değerleri (SGD) ile çatlakların mühendislik özellikleri arasında araştırılan ilişkiler; Tuzla jeotermal alanında kayaçların ayrışma ve alterasyon ile bünyelerindeki değişimin; Ayvacık grubu kayaçları ve Tuzla riyolitik domunda birinci derecede ortalama çatlak sıklığı kontrolünde, Balabanlı volkanik kayaçları içersinde yayılımının en fazla gözlemlendiği Kepez formasyonunda ise maksimum çatlak açıklığı kontrolünde gelişmiş olabileceğini göstermiştir.

Çalışmada fiziksel özelliklerden dane birim hacim ağırlığı kullanılarak, kayaçların noktasal değişim değeri ile yüzde noktasal değişim oranı tanımlanmıştır. Fiziksel özellikler (γ_k , γ_d , n , e , S_a , γ_s) ile kayacın maddesel özelliklerine ait sayısal görüntü değerleri (SGD) kullanılarak, alansal kayaç değişimi de sayısal ifade edilmiştir. Kayaçların $P_i(x_i, y_i)$ koordinatındaki teorik (formüsel) ve deneysel dane birim hacim ağırlık değerleri kullanılarak, noktasal değişim değeri (KDD_n);

1. Deneysel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(d)}$) > Formüsel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(f)}$) ise;

$$KDD_n = \frac{\gamma_{s(f)}}{\gamma_{s(d)}} \quad (7.1)$$

2. Deneysel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(d)}$) < Formüsel dane birim hacim değeri ($\gamma_{s(f)}$) ise;

$$KDD_n = \left| 1 + \left[1 - \frac{\gamma_{s(f)}}{\gamma_{s(d)}} \right] \right| \quad (7.2)$$

eşitlikleri ile verilmiştir. Kayacın $P_i(x_i, y_i)$ koordinatındaki noktasal kayaç değişim değerleri kullanılarak bulunduğu koordinattaki yüzde noktasal kayaç değişim oranı (KDO_n);

$$KDO_n = \left[\frac{1 - KDD_n}{1 - (1 - KDD_n)} \right] \times 100 \quad (7.3)$$

eşitliği ile verilmiştir. İnceleme alanında kayaçlarda hesaplanmış noktasal değişim değerleri ile yüzde noktasal değişim değeri oranlarının dağılımları da, kayaç değişimin tektonik hatlar ile olan ilişkisini göstermiştir.

Noktasal olarak her bir $P_i(x_i, y_i)$ koordinatında hesaplanabilen kayaç değişim değerleri, kayaçların alansal değişiminin belirlenmesinde yetersiz kalır. Alansal kayaç değişiminin tek bir sayı ile ifade edilip hedef bölgelerin birbiri ile ilişkilendirilmesi için aşağıda verilen aşamaların izlenmesi önerilmiştir.

1. Her bir fiziksel ($\gamma_k, \gamma_d, n, e, S_a, \gamma_s$) büyüklüğün kayaç bünyesindeki etkisini elemek için, $P_i(x_i, y_i)$ koordinatlarında belirlenmiş sayısal görüntü değerleri (SGD) aynı koordinatta deneylerle elde edilen kayaçların fiziksel değerlerinin her birine bölünerek ($SGD/\gamma_k, SGD/\gamma_d, SGD/n, SGD/e, SGD/S_a, SGD/\gamma_s$) fiziksel özelliklere ait yeni sayısal ham veri kümeleri oluşturulur.

2. Elde edilen $P_i(x_i, y_i)$ koordinatlarına ait yeni sayısal büyüklüklerin birbirleri ile olan ikili ($SGD/\gamma_k - SGD/\gamma_d, SGD/\gamma_k - SGD/n, SGD/\gamma_k - SGD/e, SGD/\gamma_k - SGD/S_a, SGD/\gamma_k - SGD/\gamma_s, SGD/\gamma_d - SGD/n, SGD/\gamma_d - SGD/e, SGD/\gamma_d - SGD/S_a, SGD/\gamma_d - SGD/\gamma_s, SGD/n - SGD/e, SGD/n - SGD/S_a, SGD/n - SGD/\gamma_s, SGD/e - SGD/S_a, SGD/e - SGD/\gamma_s, SGD/S_a - SGD/\gamma_s$) grafiksel ilişkileri araştırılır.

3. Veri kümelerinin elemanları arasında tariflenen en büyük ve uygun grafiksel ilişkilerin korelasyon değerleri (R_u^2 ve R_m^2) belirlenir.

4. Araştırılan grafiksel ilişkilerde korelasyon katsayılarının ortalaması, formasyon genelindeki eğilimi yansıtır. Veri kümelerinden uygun ve en büyük kuvvetten eğilim çizgisi geçtiğinden, öncelikle kayaç değişim katsayısı (KDK) tanımlanmıştır. Kayaç değişim katsayısı KDK;

$$KDK = \sqrt[n]{\frac{R_{u_1}^2}{R_{m_1}^2} \times \frac{R_{u_2}^2}{R_{m_2}^2} \times \dots \times \frac{R_{u_n}^2}{R_{m_n}^2}} \quad (7.4)$$

şeklinde verilen eşitlik ile belirlenir.

5. Veri kümelerinin en küçük ve en büyük sayısal değer arasından geçen uygun eğilim çizgisinin korelasyon değerleri (R_u^2) ilişkilendirilen iki kümenin birbiri ile uygunluğunu gösteren ortak elemanıdır. Dolayısıyla kümelerin ortak elemanları arasındaki korelasyonların ilişkisi de tanımlanmalıdır. Korelasyonlar ilişkisi KI;

$$KI = \sqrt[n]{R_1^2 \times R_2^2 \times R_3^2 \times \dots \times R_n^2} \quad (7.5)$$

şeklinde verilen eşitlik ile belirlenir.

Yapılan bu tanımlamalardan hareketle; alansal kayaç değişim değeri KDD_g ;

$$KDD_g = KDK \times KI \quad (7.6)$$

eşitliği ile hesaplanır.

İnceleme alanında alansal kayaç değişimi formasyon genelinde araştırılmıştır. Kayaçların formasyon genelindeki değişimlerinin derecesi çoktan aza doğru; Kızıltepe formasyonu, Tuzla formasyonu, Kepez formasyonu, Babadere formasyonu ve Dededağ formasyonu şeklinde sıralanmaktadır. Çalışmada "Genel Kayaç Değişim Değeri" olarak isimlendirilmiş alansal kayaç değişim sonuçlarından, Kepez formasyonu ile Babadere formasyonunun birbirine yakın oranda değişim geçirmiş oldukları da anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Ana Britannica., 1987. Çanakkale, 6, 312-313.
- Andaç, M., 1973. Biga yarımadasında Ezine siyenit masifi ile civarındaki kayaçların petrografisi ve bu kayaçlardan meydana gelen radyoaktif sahil plaser maden yatağının etüdü hakkında rapor.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1972. Doğu Anadolu fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler, *MTA Enstitüsü Dergisi*, 78, 44-50.
- ASTM D 5731-95, 1995. Standart test method for determination of the point load strength index of rock, *Annual book of ASTM standards*, 04.08.
- Birkle, P. and Satır, M., 1992. Petrology, geochemistry and geochronology of a quartz-monzonite intrusion (Kestanol-Granite) and their host rocks near Ezine, Biga peninsula, NW Anatolia, Turkey, *ISGB-92 Abstracts*, 44-45.
- Bingöl, E., 1976. Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi, *MTA Dergisi*, 86, 14-34.
- Bingöl, E., Delaloye, M. and Ataman, G., 1982. Granitic intrusion in Western Anatolia: A contribution to the geodynamic study of this area, *Ecog. Geol. Helv.*, 75/2, 437-446.
- Brinkman, R., 1971. Kuzeybatı Anadolu'daki genç Paleozoik ve eski Mesozoik, *MTA Dergisi*, 76, 61-75.
- Borsı, J., Ferrara, G., Innocenti, F. and Mazzuoli, R., 1972. Geochronology and petrology of recent volcanics in the Eastern Aegean Sea (West Anatolia and Lesvos Island). *Bull.*, 36, 473-496.
- Bozkurtoğlu, E., 1996. İTÜ kampüs alanındaki kayaçların yüzey pürüzlülüğünün görüntü analiz yöntemi ile araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bürküt, Y., 1966. Kuzeybatı Anadolu'da yer alan plütonların mukayeseli jenetik etüdü, *Doktora Tezi*, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.
- Ceryan, Ş. ve Kargı, H., 1999. Ayrıışmış kayaçların değerlendirilmesinde indeks özelliklerin kullanılması, 11. *Mühendislik Haftası Yerbilimleri Sempozyumu*, 21-31, Süleyman Demirel Üniv., Isparta.
- Dearman, W.R. and İrfan, T.Y., 1978. Assessment of the degree of weathering in granit using petrographic and physical index tests, *International Symposium on Deterioration and Protection of Stone Monuments*, Unesco, Paris.
- Delvigne, J.E., 1998, Atlas of micromorphology of mineral alteration and weathering, GAC, Canada.
- Deere, D.U., 1963. Technical description of rock cores for engineering purpose, *Rock Mech. and Eng. Geol.* 1, 16-22.
- Deere, D.U. and Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact rock, Air Force Weapons Lab. Tech. Report, **AFWL-TR-65-116**, Univ. of Illinois, Urbana.

- Diller, J.S., 1883. Notes on the geology of the Troad. *Quart. J., Geol. Soc.* **XXXIX**, 627-639.
- Ercan, T., 1979. Batı Anadolu Trakya Ege adalarındaki Senozoik volkanizması, *Jeo. Müh. Dergisi*, **9**, 23-46.
- Ercan, T., Günay, E. ve Türkecan, A., 1984. Edremit-Korucu yöresinin (Balıkesir) Tersiyer stratigrafisi, magmatik kayaçların petrolojisi ve kökensel yorumu, *TJK Bül.*, **27**, 21-30.
- Ercan, T., Türkecan, A., Akyürek, M., Günay, E., Çevikbaş, A., Ateş, M., Can, B., Erkan, M. ve Özkirişçi, C., 1984. Dikili-Bergama-Çandarlı (Batı Anadolu) yöresinin jeolojisi ve magmatik kayaçların petrolojisi, *Jeo. Müh. Der.*, **20**, s. 47-60.
- Ercan, T. ve Öztunalı, Ö., 1984., Magmatik kayaların Sr izotop oranı içeriklerinin kökensel yorumlamada kullanılışı; Batı Anadolu ve Ege adalarındaki volkanik kayaçlardan örnekler, *Jeol. Müh. Der.*, **19**, 23-32.
- Ercan, T. ve Türkecan, A., 1984. Batı Anadadolu-Ege adaları-Yunanistan ve Bulgaristan'daki plütonların gözden geçirilişi, *Ketin Sempozyumu*, 189-208.
- Ercan, T., Akyürek, B., Bodur, D., Özbayrak, İ.H., Taşçı, A. ve Yıldırım, T., 1994. Biga yarımadasındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri, *TJK Bildiri özeri*, **102**, 47.
- Erguvanlı, K., 1957. Outline of geology of Dardanelles, *Geological Magazine*, **94/1**, 47-53.
- Erol, O., 1992. Çanakkale yöresinin jeomorfolojik ve neotektonik evrimi. *TPJD Bülten*, **4/1**, 147-165.
- Ertürk, E., 1990. Petrology of the Cenezoic volcanics in the Biga peninsula, NW Turkey, *Int. Earth Sci. Cong. On Aegean Region*, 368-384.
- Fytikas, M., Giuliano, O., Innocenti, F., Marinelli, G. and Mazzuoli, R., 1976. Geochronological data on recent magmatism of the Aegean sea, *Tectonophysics*, **31**, T29-T34.
- Fytikas, M., Giuliani, O., Innocenti, F., Mannetti, F., Mazzuoli, R., Peccerillo, A. and Villari, L., 1979. Neogen volcanism of the Northern and central Aegean region. *Annal. Geol. Pays. Hell.* **30**, 106-29.
- Fytikas, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A. and Villari, L., 1984. Tertiary to Quaternary evaluation of volcanism in the Aegean region. In: Dixon, J. E. and Robertson, A.H.F. (Eds.), *The Geol. Evolution of the Eastern Mediterranean, Special publ.* **17**, pp. 687-700. Blackwell Sci. publ., London,
- GCO, **Guide to Rock and Soil Description.**, 1994. Geoguide 3, Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- Gevrek, A.İ. ve Şener, M., 1985. Çanakkale-Tuzla jeotermal sahasında gözlenen hidrotermal alterasyon zonlarının kil mineralleri ile belirlenmesi, *II. Ulusal Kil Semp. Bildirileri*, 77-92, Hacettepe Üniv., Beytepe-Ankara.
- Güleç, K., 1973. Afyon mermerlerinin mühendislik jeolojisi ve fizikomekanik özelliklerinin ayrışma ile ilişkisi, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Güleç, N.**, 1991. Crust-mantle interaction in western Turkey: implications from Sr and Nd isotope geochemistry of Tertiary and Quaternary volcanics, *Geol. Mag.*, **123**, 417-435.
- Gülen, L.**, 1990. Isotopic charecterization of Aegean magmatism and geodynamic evolution of the Aegean subduction, eds. M. Y. Savaşçın, and A. H. Eronat, *IESCA-Proceedings*, II, 143-166.
- Gözler, Z., Ergül, E., Akçören, F., Genç, Ş., Akat, U. ve Acar, Ş.**, 1984. Çanakkale Boğazı doğusu-Marmara Denizi güneyi-Bandırma-Balıkesir-Edremit ve Ege Denizi arasındaki alanın jeolojisi ve kompilasyonu, *MTA. Raporu*, **7430**.
- Hamrol, A.**, 1961. A quantitative classification of the weathering weatherability of rocks, *Proceedings of the fifth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, **2**, 771-774, Paris.
- Hatch, F.H. and Wells, M.K.**, 1972. Petrology of the igneous rocks, Thomas Murby Co., London.
- Illiev, I.G.**, 1967. An attempt to estimate the degree of weathering of intrusive rocks from their physicommechanical properties, *Proc. 1st Cong. Int. Soc. Rock Mech.*, 109-114, Lisbon.
- ISRM, Commission on Testing Methods.**, 1981. Rock characterization testing & monitoring, International Society for Rock Mechanics, ed. E. T. Brown, Pergemon Press.
- İrfan, T.Y. and Dearman, W.R.**, 1978. Engineering classificational and index properties of a weathered granite, *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.*, **32**, 67-80.
- İrfan, T.Y.**, 1996. Mineralogy, fabric properties and classification of weathered granites in Hong Kong, *Q, J, Eng. Geol.*, **29**, 5-35.
- İTÜ Maden Fakültesi.**, 1985. Çanakkale-Ezine Kestanbol dolayının hidrojeolojisi, sıcak suların tıbbi değerlendirilmesi ve kür yerleşim alanının mimari tasarımı hakkında rapor.
- Kalafatçioğlu, A.**, 1963. Ezine civarının ve Bozcaada'nın jeolojisi, kalker ve serpantinlerin yaşı, *MTA Dergisi*, **60**, 60-69.
- Karacık, Z.**, 1995. Ezine-Ayvacık (Çanakkale) dolayında genç volkanizma plütonizma ilişkileri, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaya, O.**, 1981. Miocene reference section for the coastal parts of West Anatolia, *Newsl. Stratigr.*, **10/3**, 164-191.
- Kaya, O.**, 1982. Gülpınar (Çanakkale) hipparionlarının odontolojik özellikleri, *TJK Bülteni*, **25**, 127-135.
- Kılıç, R.**, 1995. Geomechanical properties of the ophiolites (Çankırı Turkey) and alteration degree of diabase, *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.*, **51**, 63-69.
- Lee, S.G.**, 1987. Weathering and geotechnical characterization of Korean granites, *PhD Thesis*, Imperial College, Univ. of London.
- Mckenzie, D. P.**, 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: the Aegean sea and surrounding regions, *Geophys. Jour. Roy. Astron. Soc.*, **55**, 217-254.
- Mckenzie, D.P. and Yılmaz. Y.**, 1991. Deformation and volcanism in western Turkey and the Aegean. *Bull. Tech. Univ. İstanbul*.

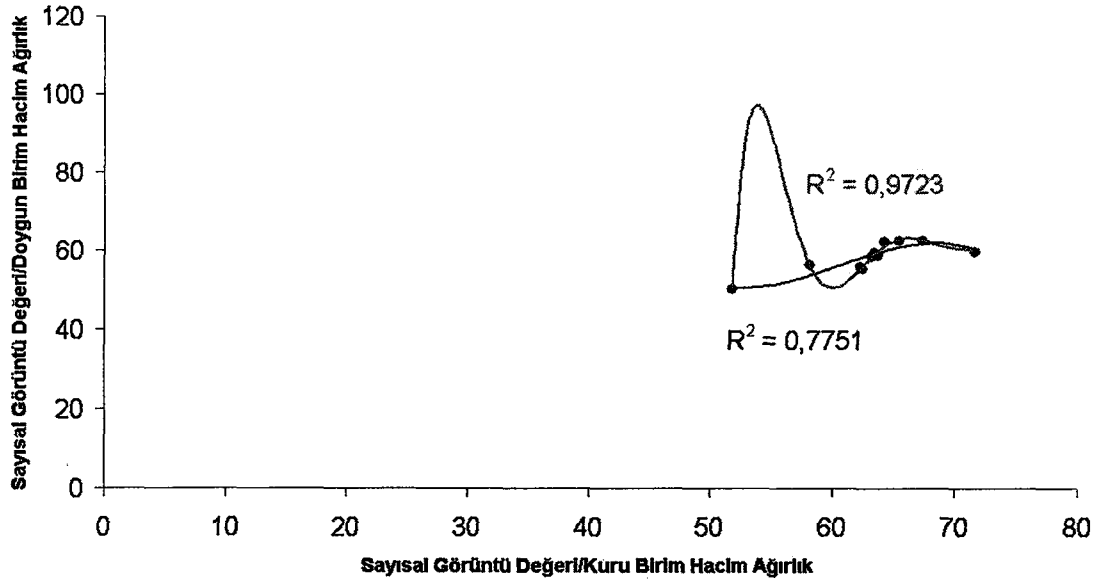
- Moos, A.V. and Quervain, F.De., 1948.** Technische Gesteinkunde, Verlag Birkhauser, Basel.
- Mutzenberg, S., 1990.** Westliche Biga Halbinisel (Çanakkale, Türkei): Beziehung zwischen Geologie, Tektonik und Entwicklung der Thermalquellen. *Dipl. Natw*, ETH.
- Mutzenberg, S., 1997.** Nature and origin of the thermal springs in the Tuzla area, Western Anatolia, Turkey, in *Active Tectonics of North Western Anatolia-The MARMARA Poly-Project*, pp.301-317, Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- Okay, İ.A., Sıyako, M. ve Bürkan, K.A., 1990.** Biga yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi, *TPJD Bülteni*, 1/3, 83-121.
- Okay, İ.A., Satır, M., Maluskı, H., Sıyako, M., Metzger, R. and Akyüz, S., 1996.** Paleo-and Neo-Tethyan events in Northwest Turkey, in *Geological and Geochronological constraints, in Tectonic of Asia*, pp. 420-441, Eds. A. Yin and M. Harrison, Cambridge University Press.
- Okay, İ.A. and Satır, M., 2000.** Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey, *Geological Magazine*, 135/5, 495-516.
- Okay, İ.A., Tansel, İ. and Tüysüz, O., 2001.** Obduction, subduction and collision as reflected in the Upper Cretaceous-Lower Eocene sedimentary record of western Turkey, *Geological Magazine*, 138/2, 117-142.
- Onodera, T.F., Yoshinaka, R. and Oda, M., 1974.** Weathering and its relation to mechanical properties of granite, *Proc. 3rd Cong. Int. Soc. Rock. Mech. Denver*, 2A, 71-78.
- Öngür, T., 1973.** Çanakkale-Tuzla yöresinin volkanolojisi ve jeotermal enerji olanakları, yayınlanmamış MTA raporu.
- Öngür, T., 1978.** Behram kalderası, Kuzeybatı Anadolu, T.J.K. 32 Bil. ve Teknik Kurultayı Bil. Özleri Kitabı.
- Peackelmann. W., 1938.** Neue Beitrage zur Kenntnis der Geologie, *Palaeontologie und Petr. der Umgegend von Konst. Abb. Preus. geol. L. anst. N.F.H.*, 186.
- Philippson, A., 1918.** Kleinasien Hdb. d. Reg. Geol., H. 22, Heidelberg.
- Pickett, E., Robertson, A.H.F., Sharp, I.R. and Dixon, J.E., 1993.** Seamount build-up and accretion processes in the Late Palaeozoic-Early Mesozoic Tethys of NW Turkey, *Terra Abst. EUG VII Strasbourg, France*.
- Savaşçın, M.Y., 1982.** Batı Anadolu Neojen magmatizmasının yapısal ve petrografik özellikleri, in: Batı Anadolu'nun genç tektoniği ve volkanizması paneli, *TJK Bül.* 22-38.
- Savaşçın, M.Y. and Güleç, N., 1990.** Relationship between magmatic and tectonic activities in western Turkey with examples from the coastal section, *IESCA-1990, Publ. 1*, Abstract.
- Seyitoğlu, G. and Scott, B., 1991.** Late Cenozoic crustal extension and basin formation in west Turkey, *Geol. Mag., Great Britain*, 128/2, 155-166.
- Seyitoğlu, G. and Scott, B., 1992.** Late Cenozoic volcanic evolution of the Northeastern Aegean region, *Journal of Volcanology and Geothermal Reserch*, 54, 157-176.

- Siyako, M., Bürkan, K.A. ve Okay, İ.A., 1989.** Biga ve Gelibolu yarımadalarının Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları, *TPJD Bült.*, **1/3**, 183-199.
- Suthren, R.J. and Furnes, H., 1980.** Origin of some bedded welded tuffs, *Bull. Volcanol.*, **43**, 61-71.
- Şamilgil, E., 1966.** Çanakkale'nin Tuzla ve Kestanbol sıcak su havzalarında jeotermal enerji araştırması yönünden hidrojeolojik etüdü. MTA Raporu, 4274.
- Şamilgil, E., 1983.** Çanakkale jeotermal alanları ve Tuzla sondajları, *Türkiye Jeoloji Kongresi Bült.*, **4**, 147-158.
- Şener, M. and Gevrek, A.İ., 2000.** Distribution and significance of hydrothermal alteration minerals in the Tuzla hydrothermal system, Çanakkale, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **96**, 215-228.
- Şengör, A. M. C., 1980.** Türkiye'nin Neotektoniğinin esasları, DSI Matbaası-Ankara, 40 p.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981.** Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, **75**, 181-241.
- Şengör, A.M.C., 1982.** Ege'nin Neotektonik evrimi yöneten etkenler, Batı Anadolu'nun genç tektoniği ve volkanizması paneli, TJK yayını, Ankara.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. and Sungurlu, O., 1984.** Tectonic evolution of the western termination of Paleo-Tethys, *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, **14**, pp. 117-152, London.
- TS-2030, 1975.** Kayaçların elastisite modülünün ve poisson oranının tek eksenli basma deneyi ile tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS-3389, 1980.** Jeoloji haritalarında ve kesitlerinde kullanılan simgeler-Magmatik kayaların gösterilmesi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS-699, 1982.** Tabii yapı taşları muayene ve deney metotları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS-4228, 1989.** Jeoloji haritalarında ve kesitlerinde kullanılan semboller-Metamorfik kayaların gösterilmesi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Tuğrul, A., 1995.** Niksar yöresindeki bazaltların mühendislik özelliklerine ayrışmanın etkileri, *Doktora Tezi*, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uriel, S. and Dapena, E., 1978.** Influence of weathering on the mechanical properties of granitic rocks, *Proc. 3rd Int. Congress, Int. Assoc. Eng. Geol.*, **III/1-10**, 91-104, Madrid.
- Wittke, W., 1990.** Rock Mechanics, Theory and Application with Case Histories, Springer-Verlag,
- Yalçın, H.T., 1989.** Çanakkale-Tuzla kaplıcası dolayının hidrojeolojisi ve kaynağın kökeninin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, Y., 1989.** An approach to the origin of young volcanic rocks of western Turkey. Tectonic evolution of the Tethyan region, ed: A.M.C. Şengör, Kluwer Academic Publ.
- Yılmaz, Y., 1990.** Comparisons of the young volcanic associations of the west and the east Anatolia under the compressional regime: a review. *Jour. Vol. and Geo.*, **44**, 69-87.

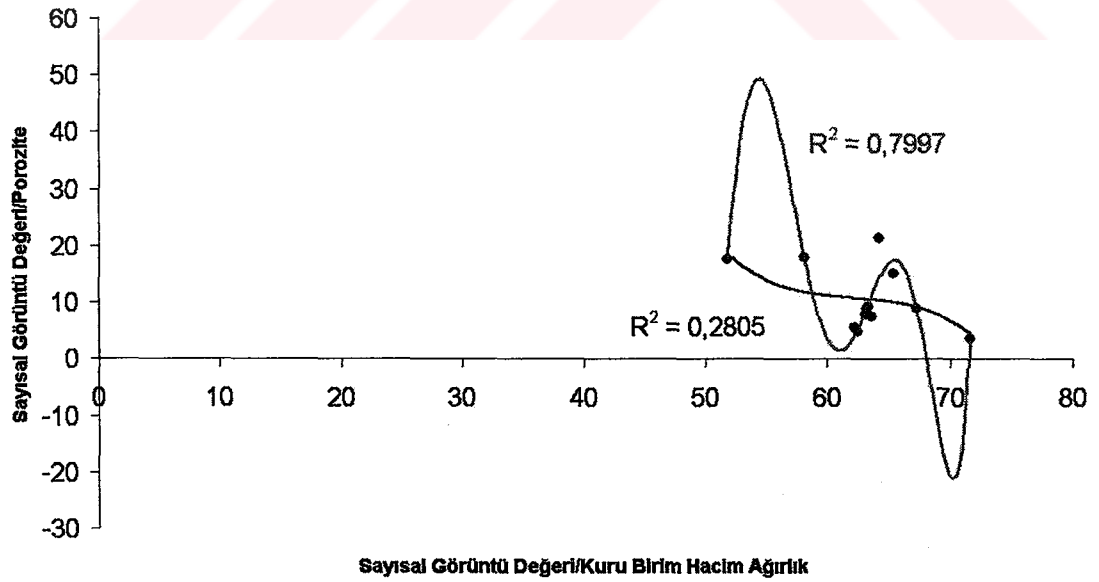
- Yılmaz, Y.**, 1993. New evidence and model on the evolution of the Southeast Anatolia orogen, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **105**, 251-271.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M. ve Yılmaz, K.**, 1994. Kuzeybatı Anadolu'da geç Kretase yaşlı kıta kenarının jeolojik evrimi, *Türkiye 10. Petrol Kongresi*, 37-55.
- Yılmaz, Y.**, 1997. Geology of Western Anatolia, in *Active Tectonics of Northwestern Anatolia-the Marmara Poly-Project*, pp. 31-53, Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- Zhao, J. and Broms., B.B.**, 1993. Mechanical and physical properties of weathered Bukit Timah granite of Singapore, in *Geotechnical Engineering of Hard Soils-Soft Rocks*, pp. 883-890, Ed. B. Anagnostopoulos, et all., Balkema, Rotterdam.



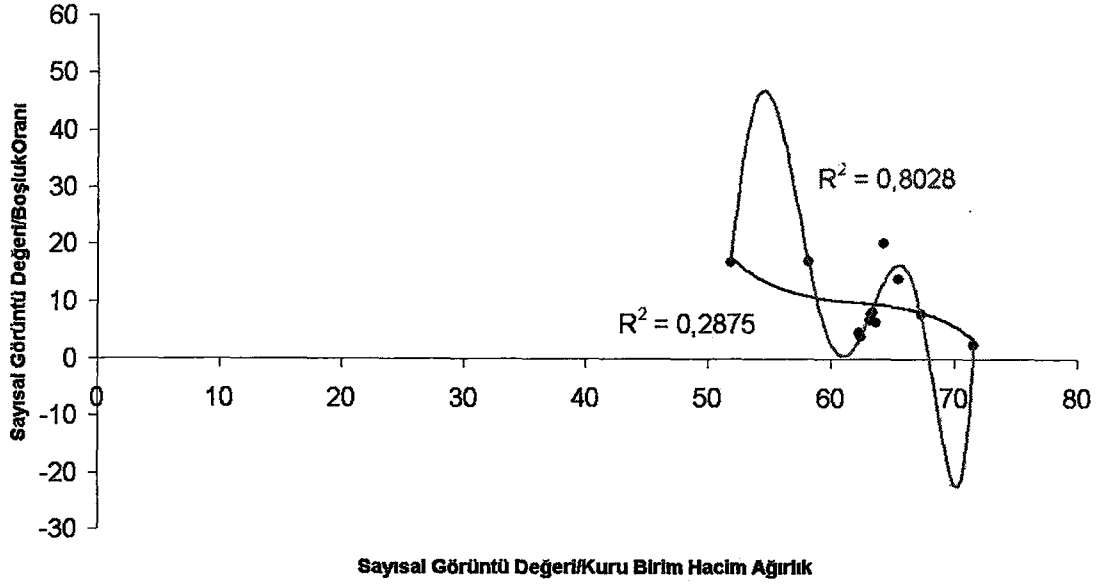




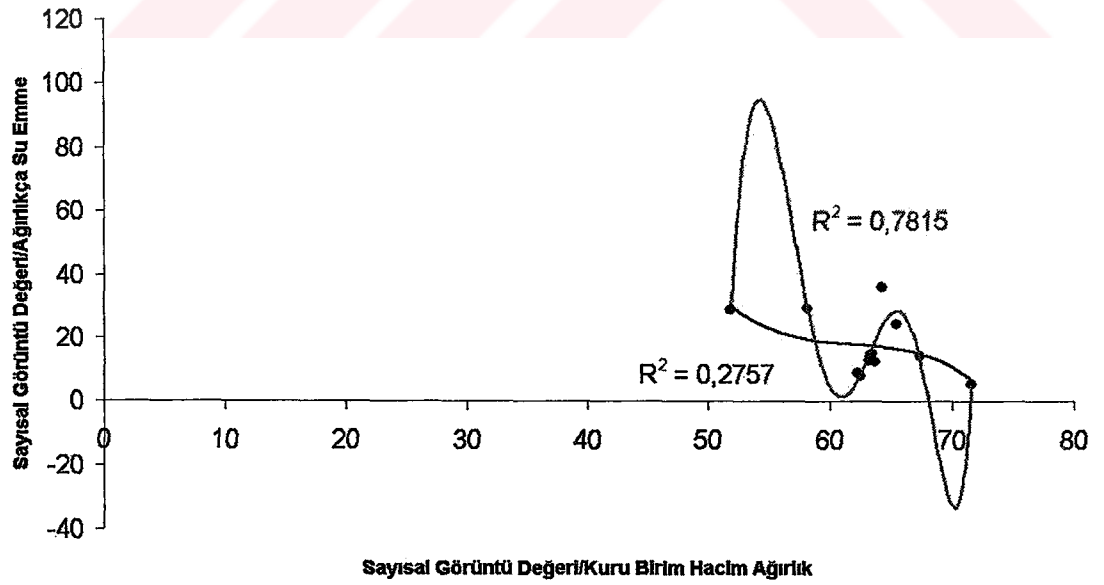
Şekil B.1. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



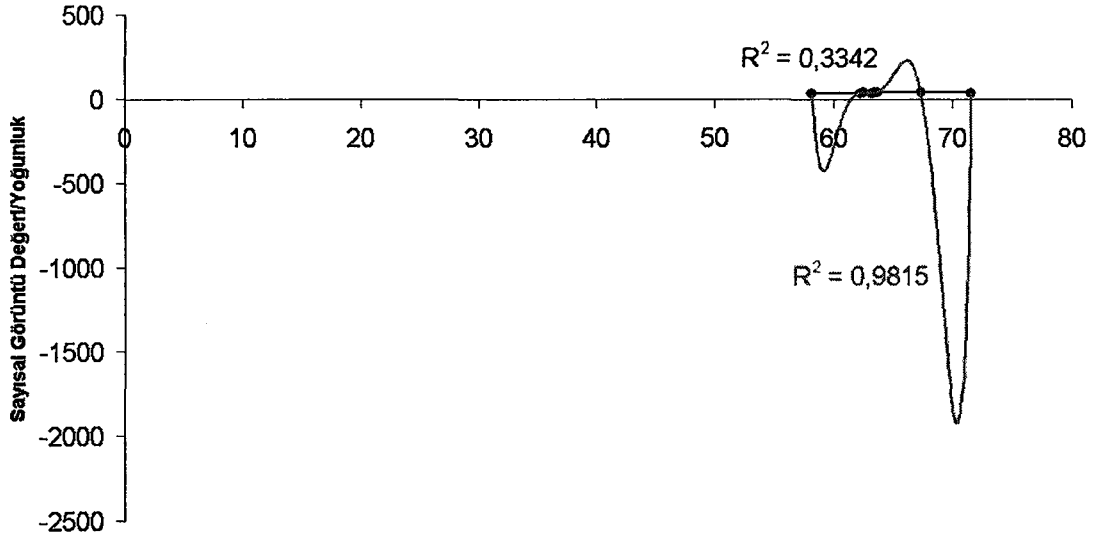
Şekil B.2. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



Şekil B.3. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.

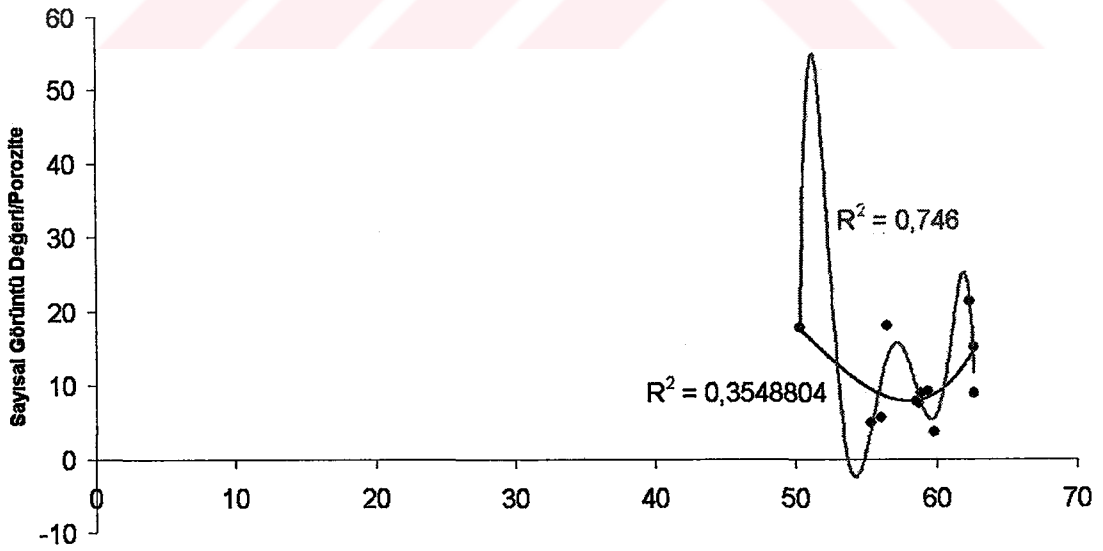


Şekil B.4. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



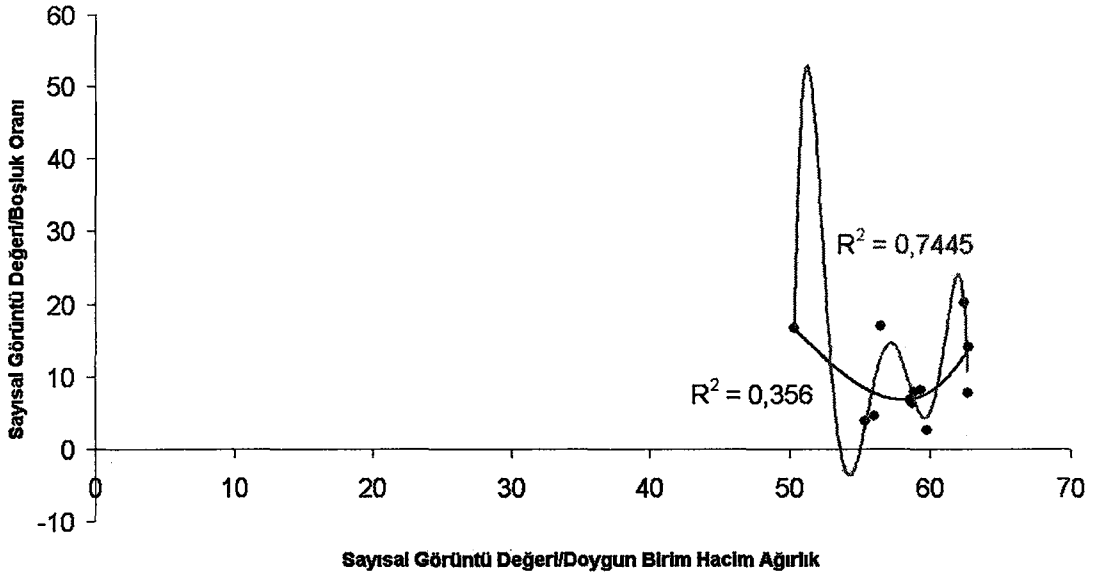
Sayısal Görüntü Değeri/Kuru Birim Hacim Ağırlık

Şekil B.5. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.

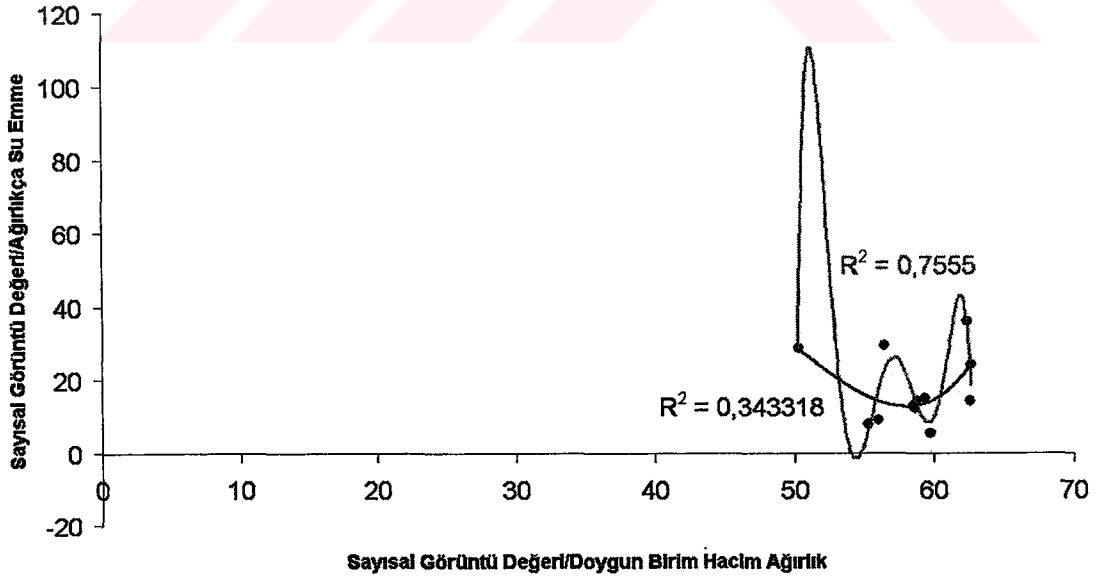


Sayısal Görüntü Değeri/Doygun Birim Hacim Ağırlık

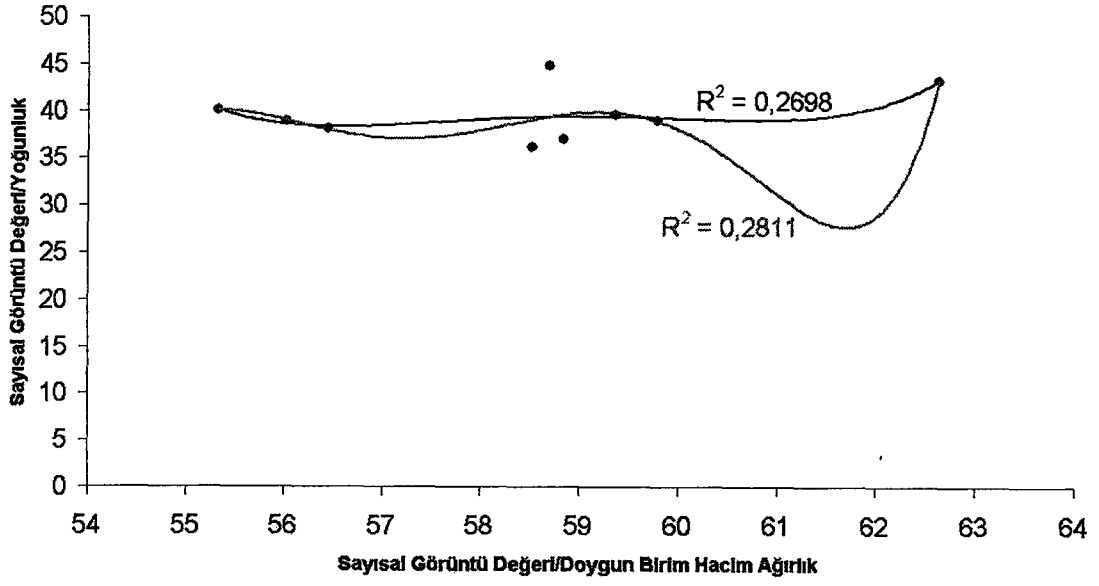
Şekil B.6. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



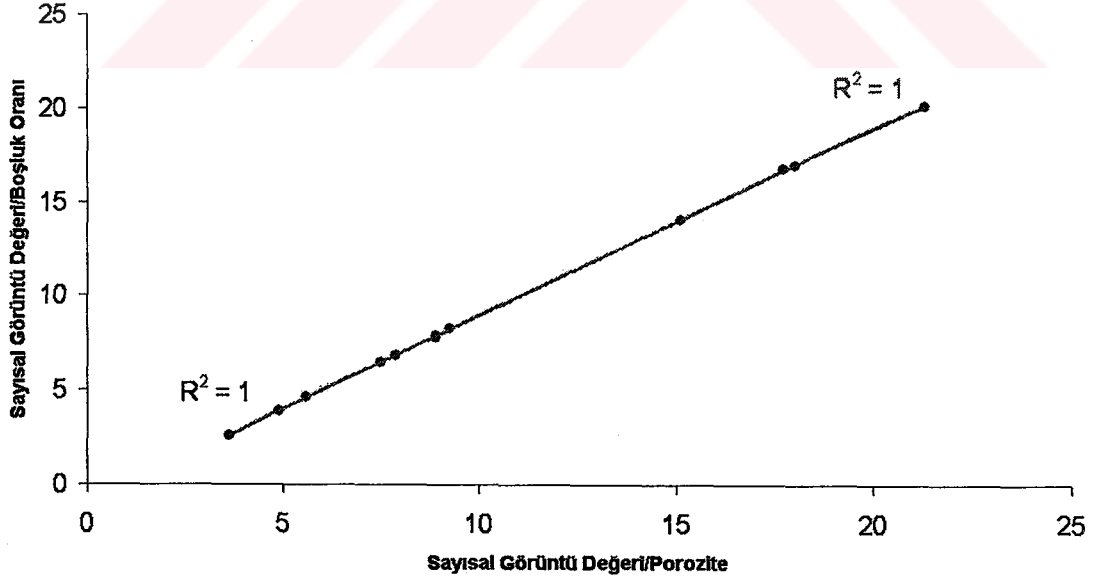
Şekil B.7. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



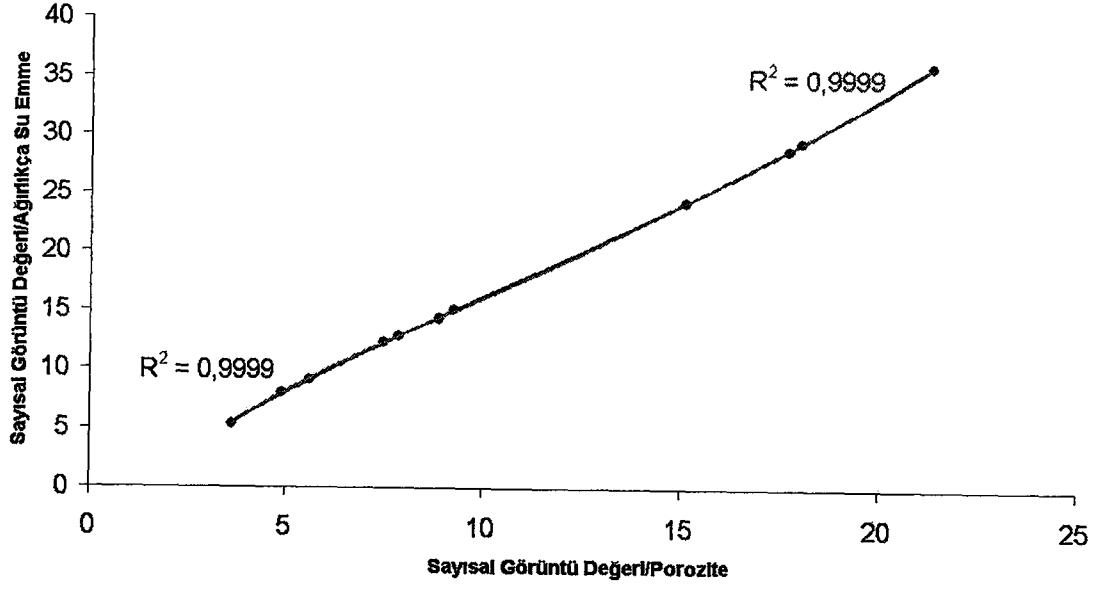
Şekil B.8. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



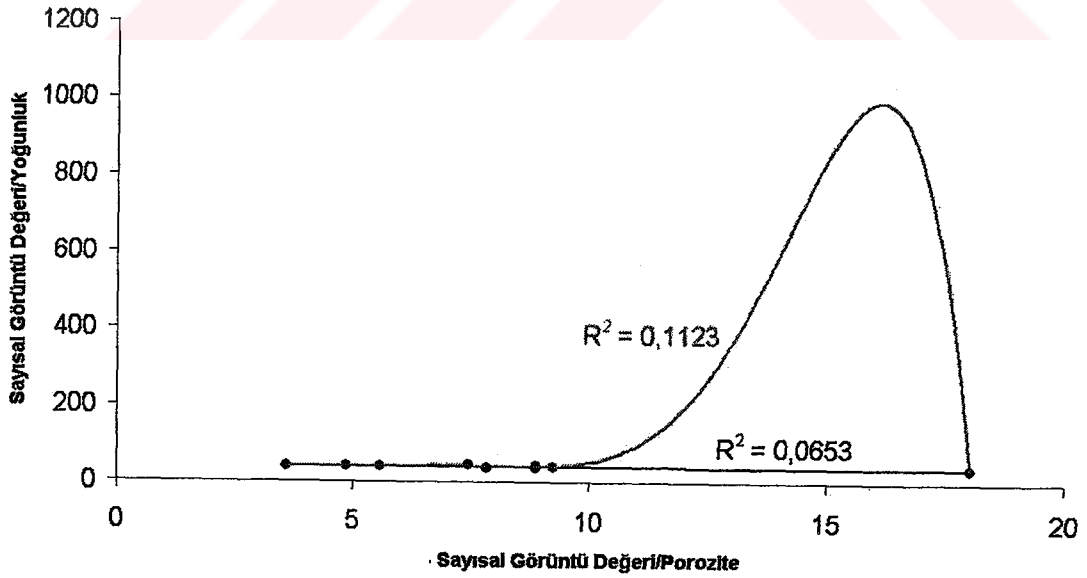
Şekil B.9. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



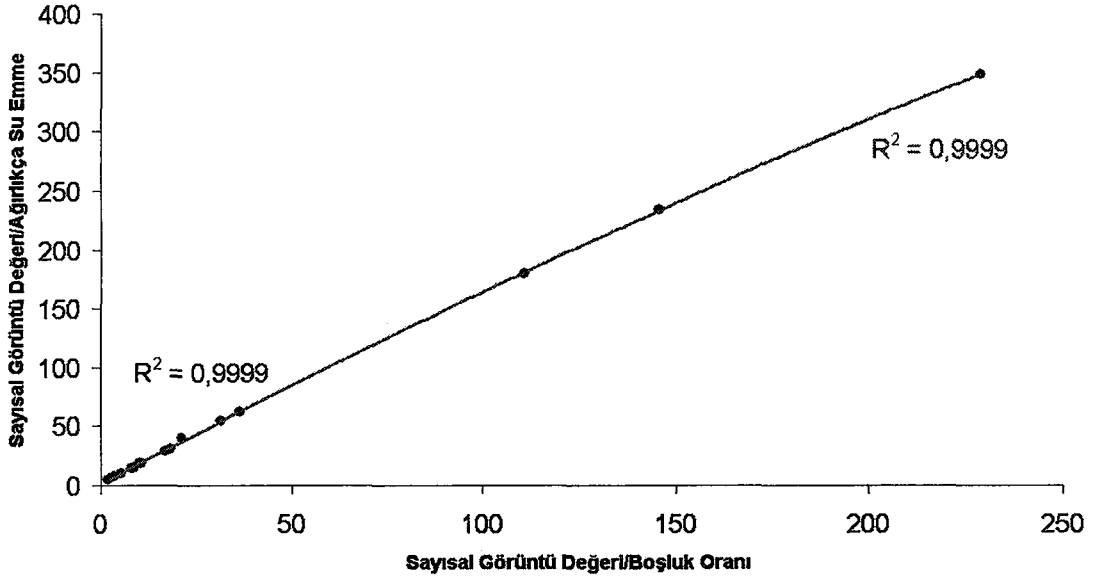
Şekil B.10. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



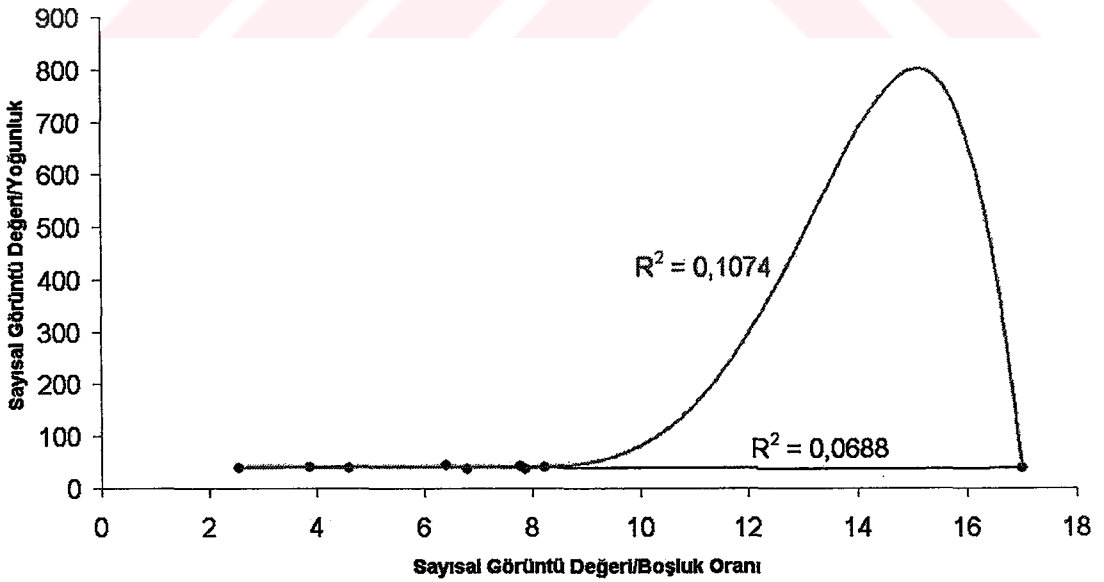
Şekil B.11. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



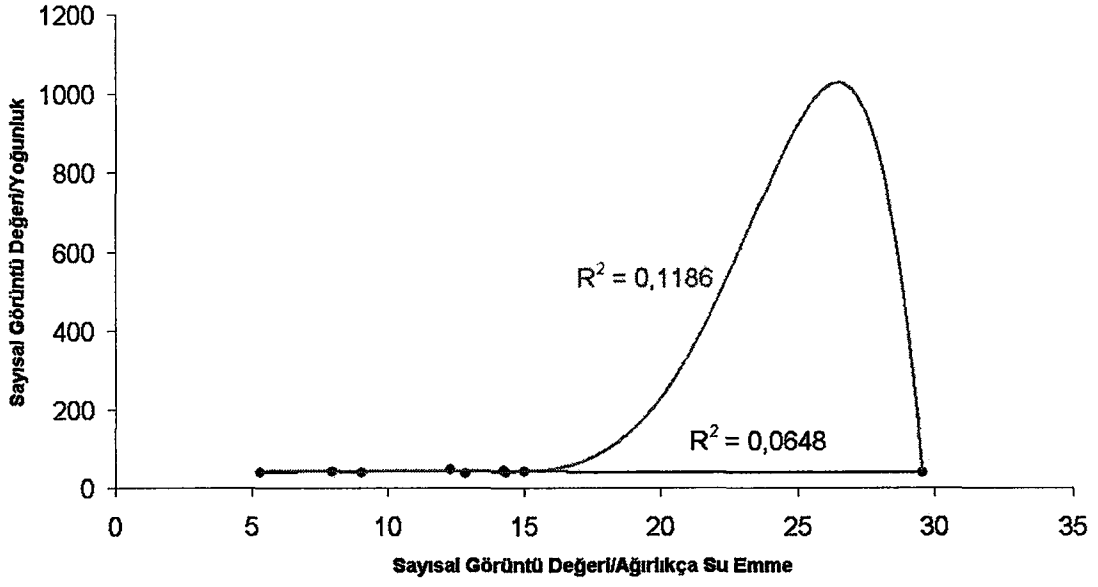
Şekil B.12. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



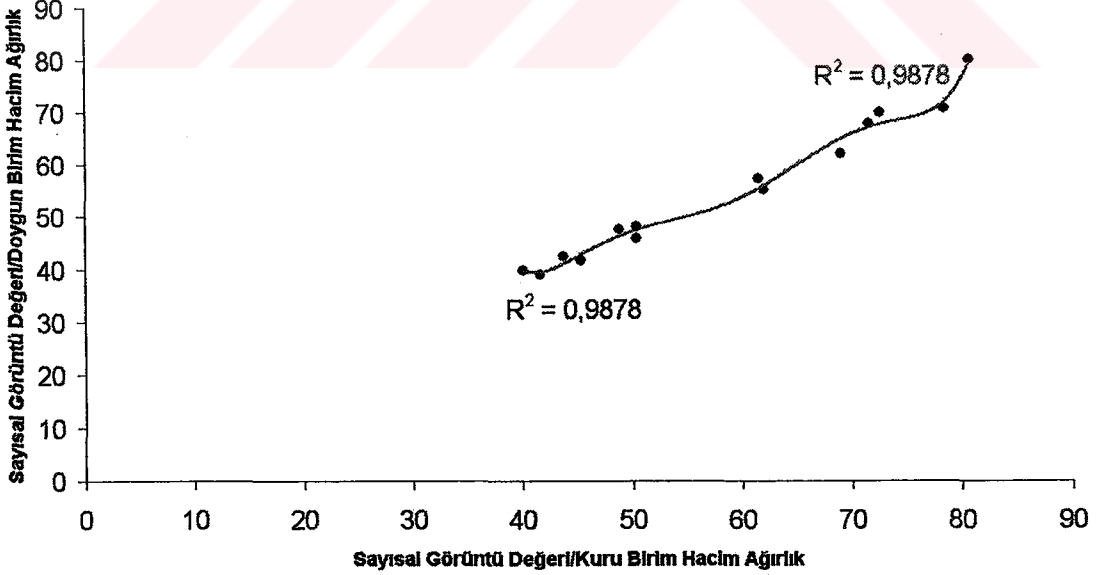
Şekil B.13. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



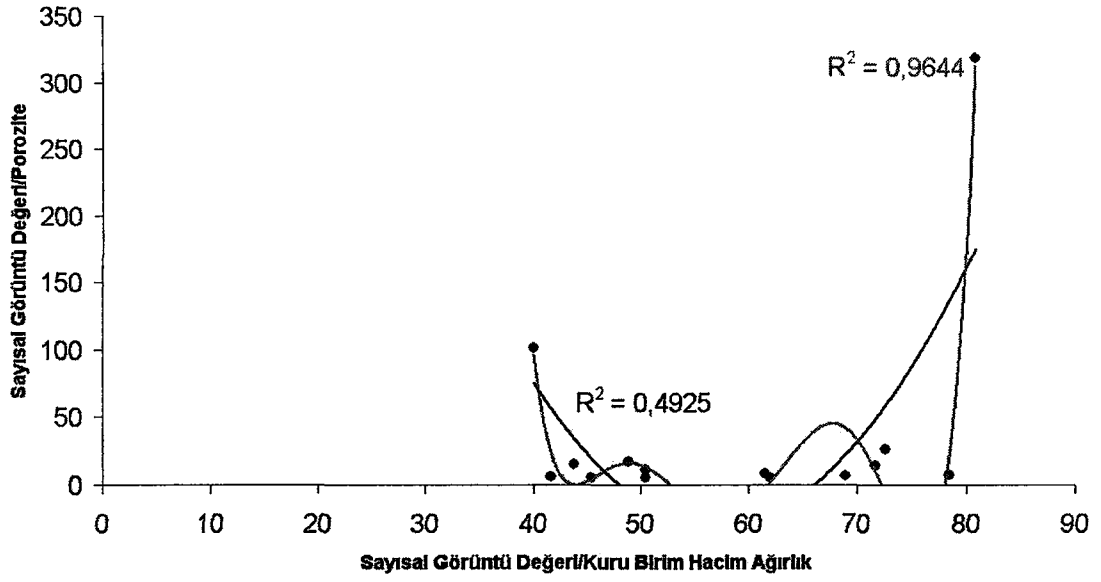
Şekil B.14. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



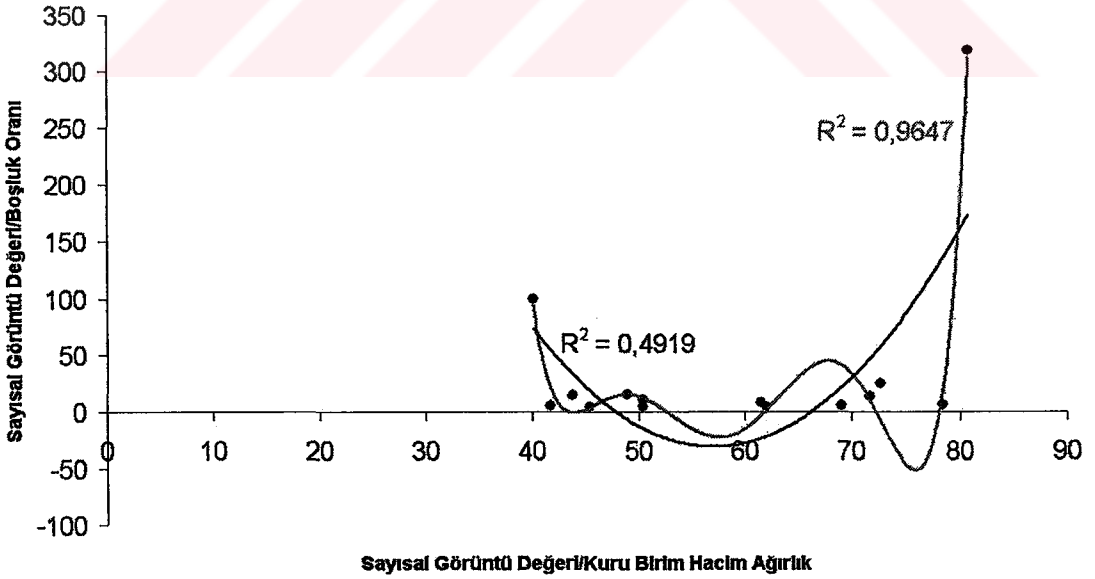
Şekil B.15. Kızıltepe formasyonu sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



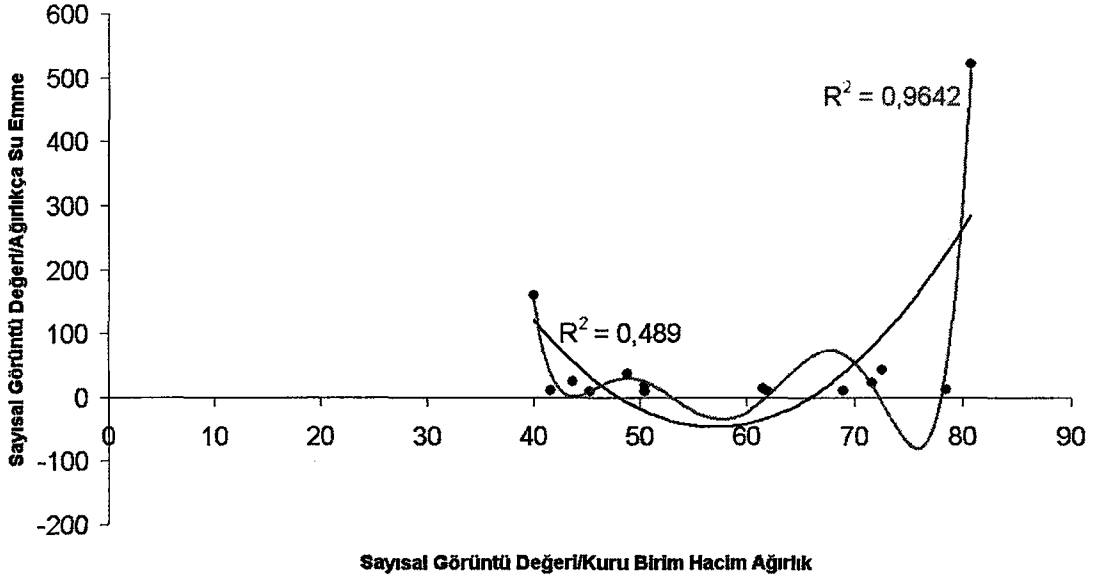
Şekil B.16. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



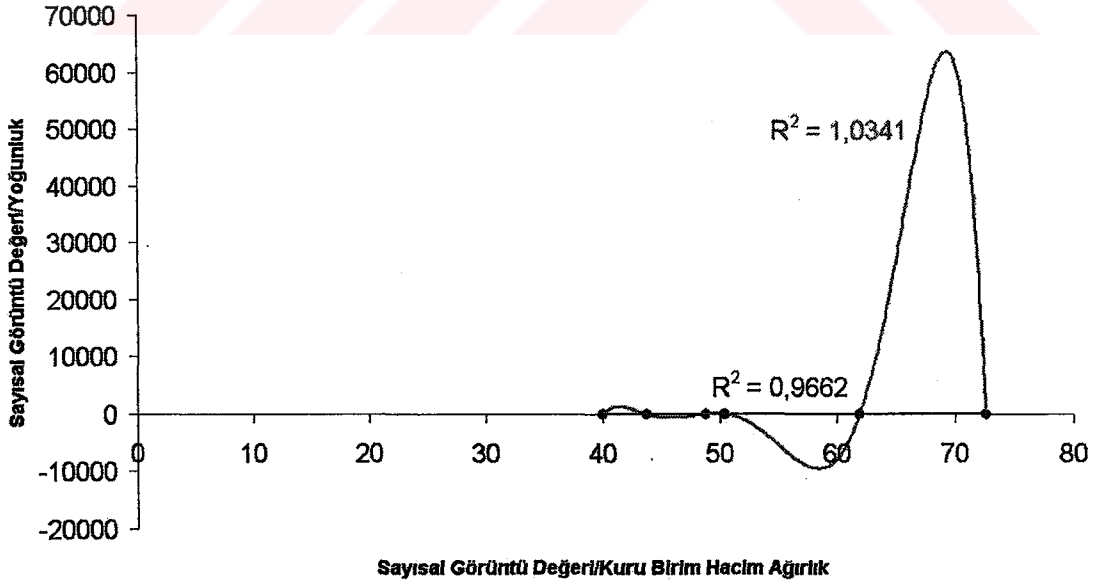
Şekil B.17. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



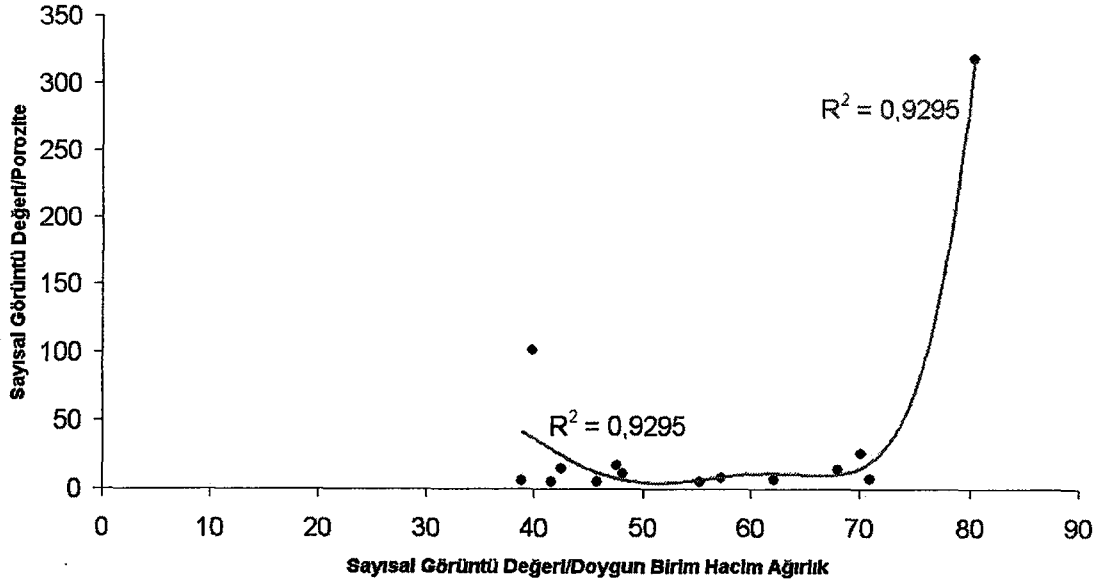
Şekil B.18. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



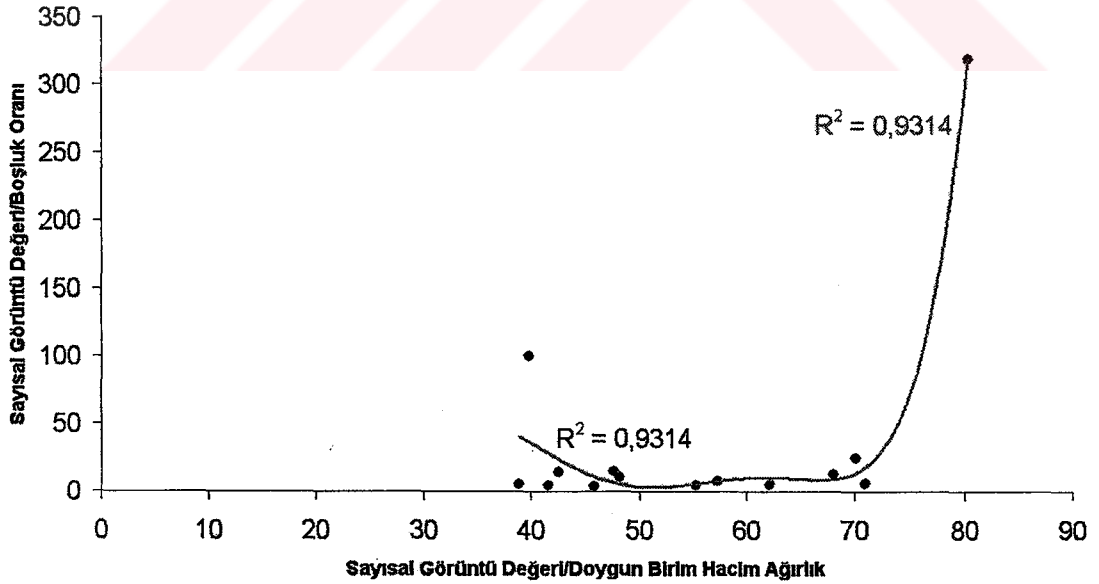
Şekil B.19. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



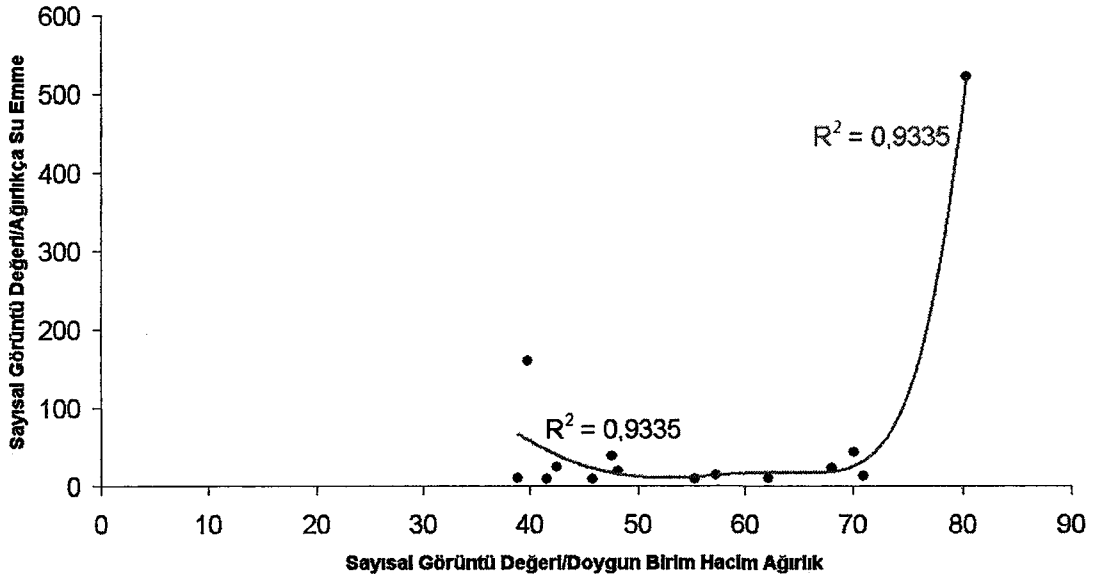
Şekil B.20. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



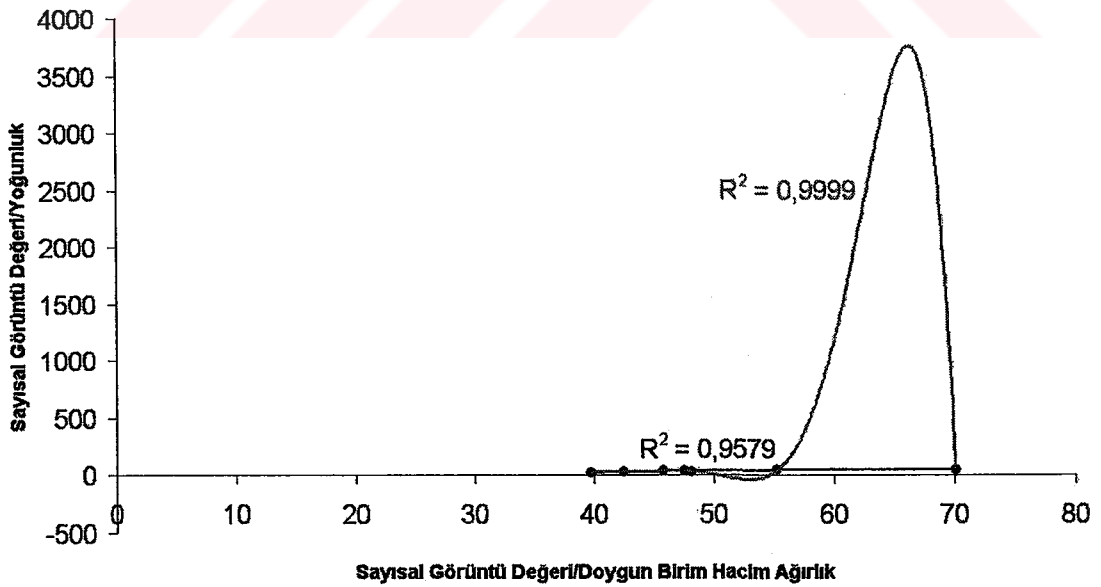
Şekil B.21. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



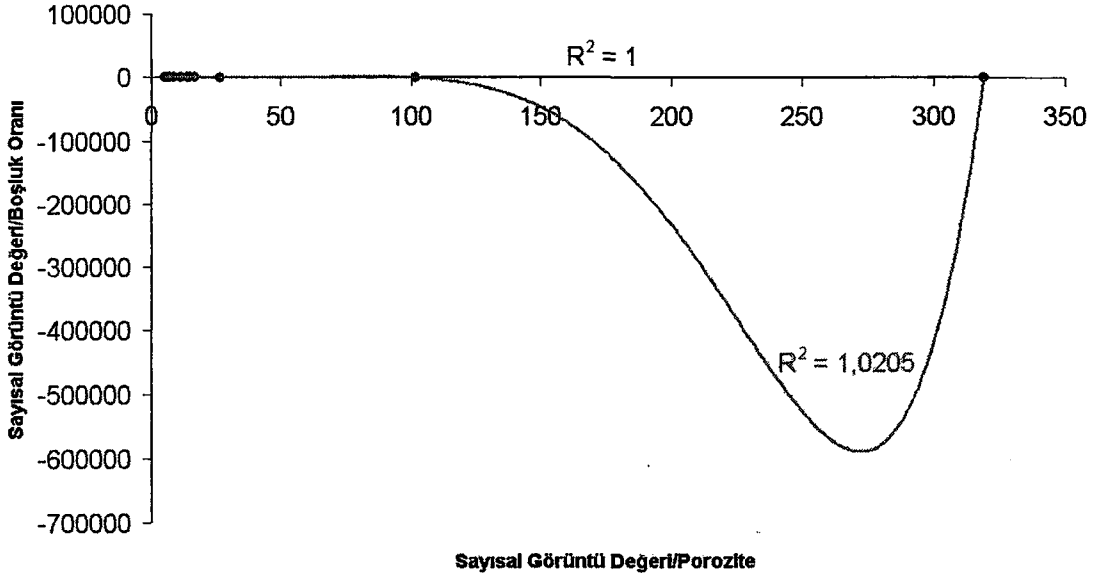
Şekil B.22. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



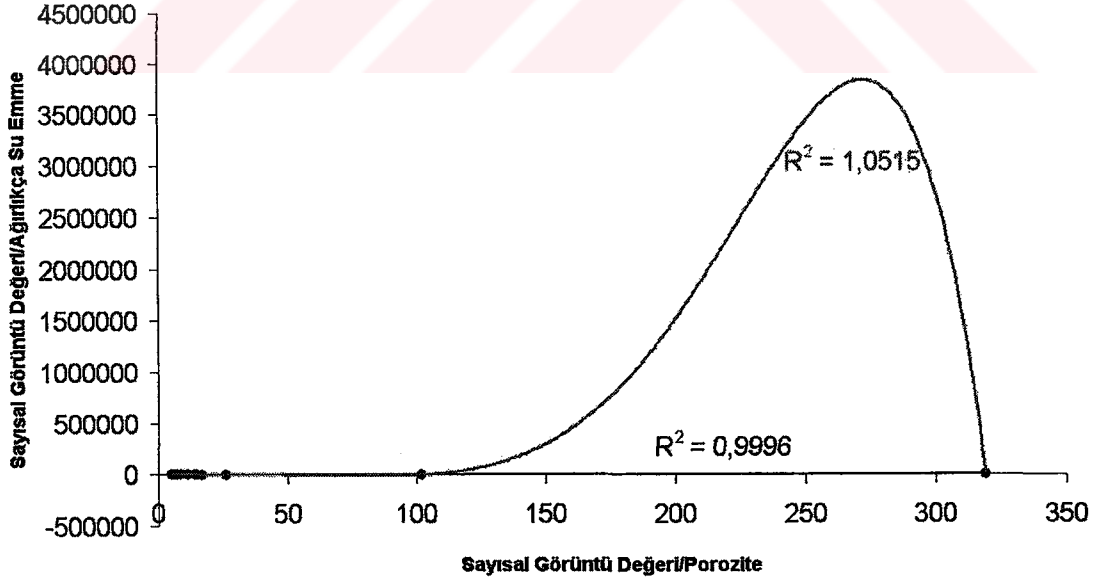
Şekil B.23. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/doymun birim hacim ağırlık değeri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değeri arasındaki korelasyon ilişkisi.



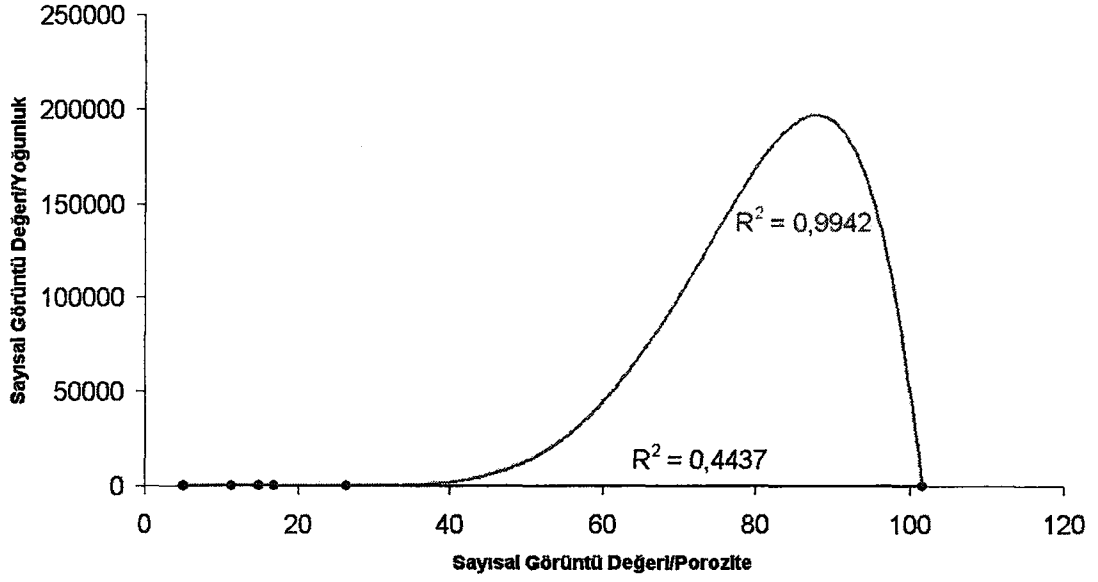
Şekil B.24. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/doymun birim hacim ağırlık değeri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değeri arasındaki korelasyon ilişkisi.



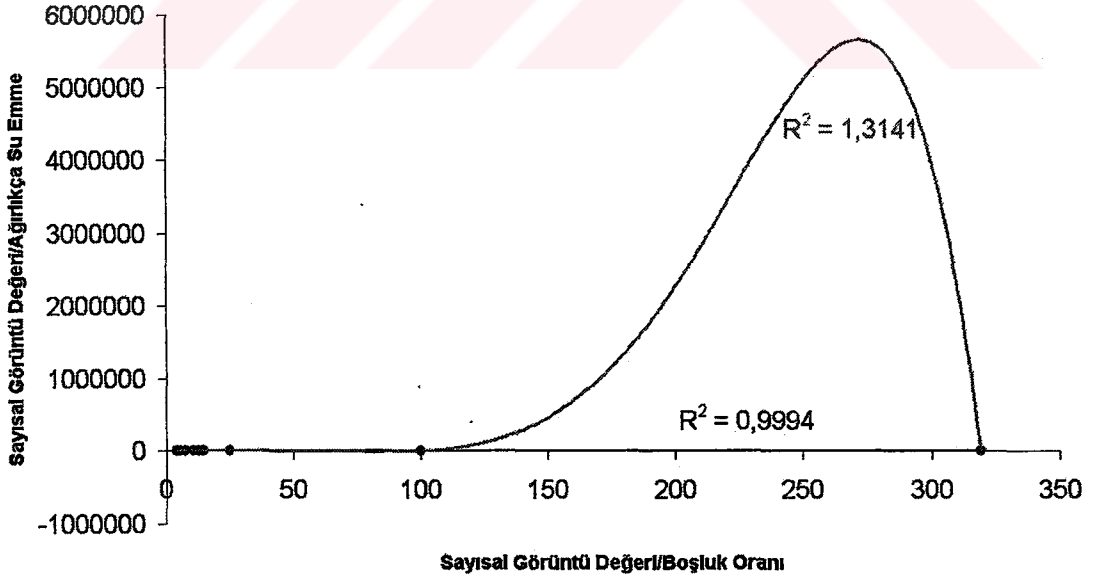
Şekil B.25. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



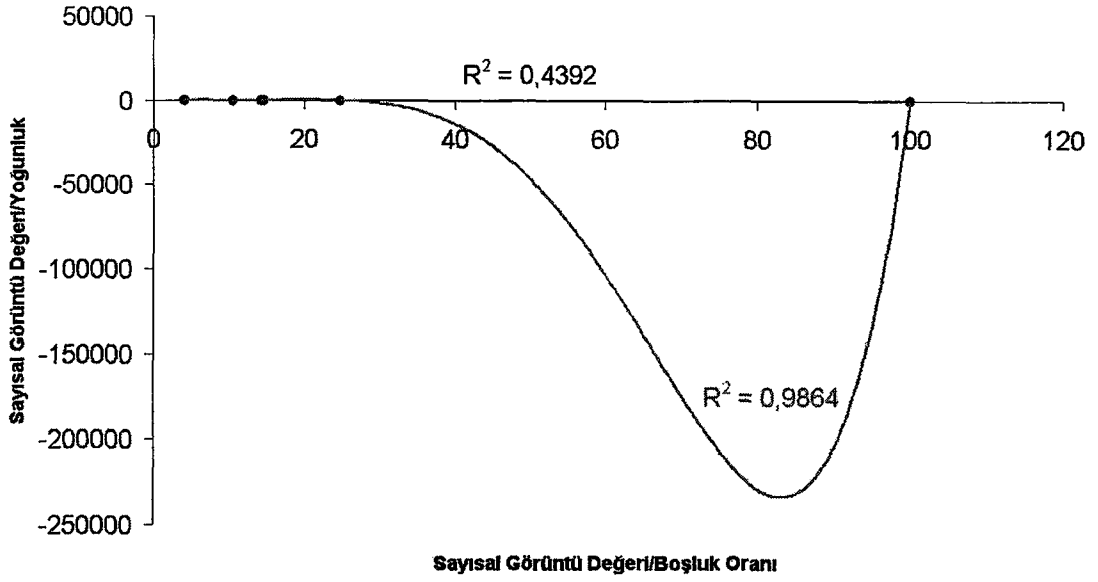
Şekil B.26. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



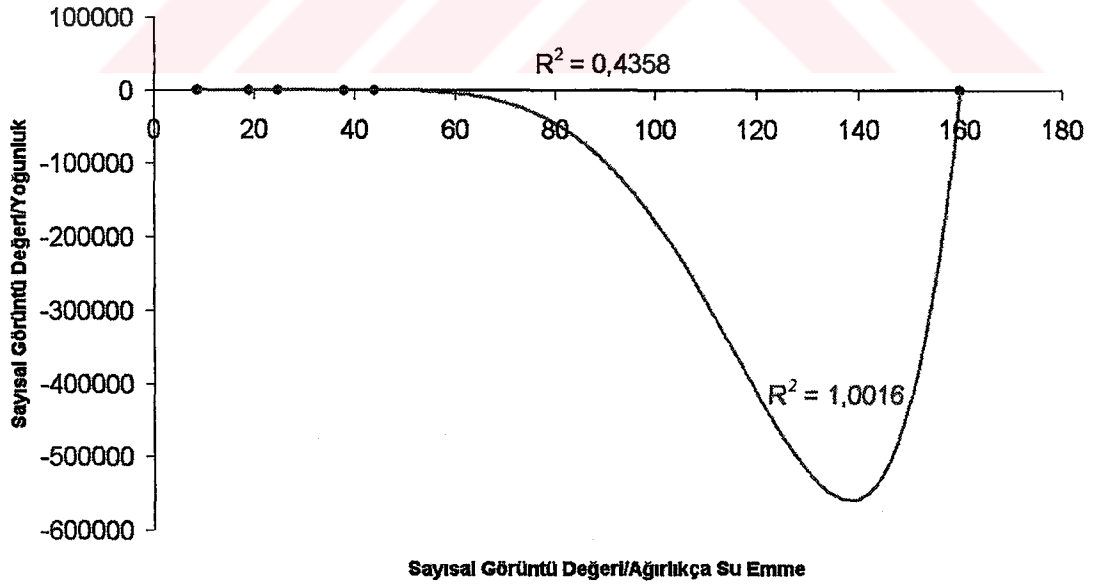
Şekil B.27. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



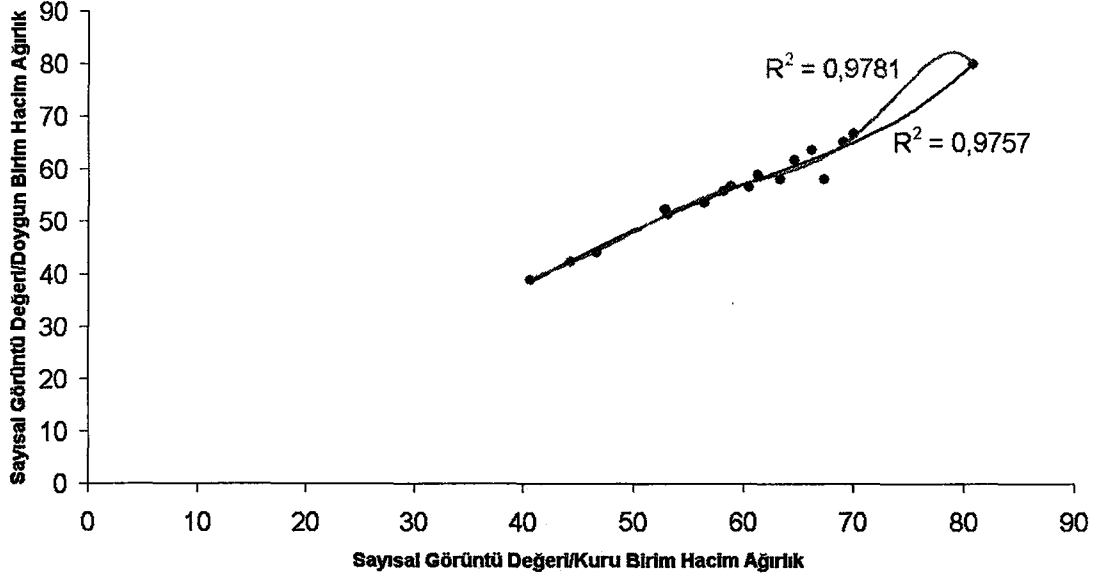
Şekil B.28. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



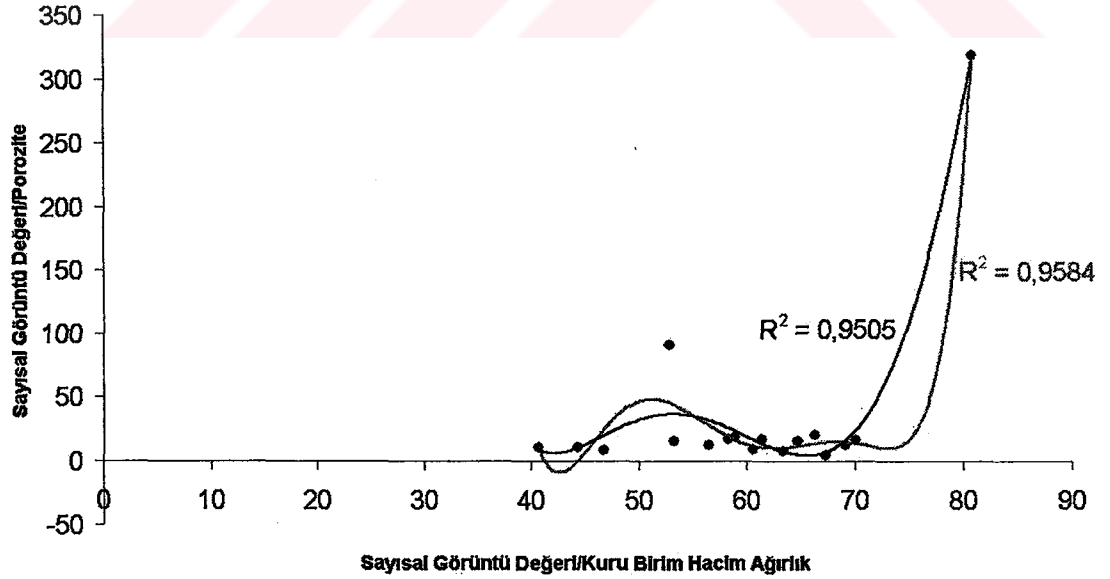
Şekil B.29. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



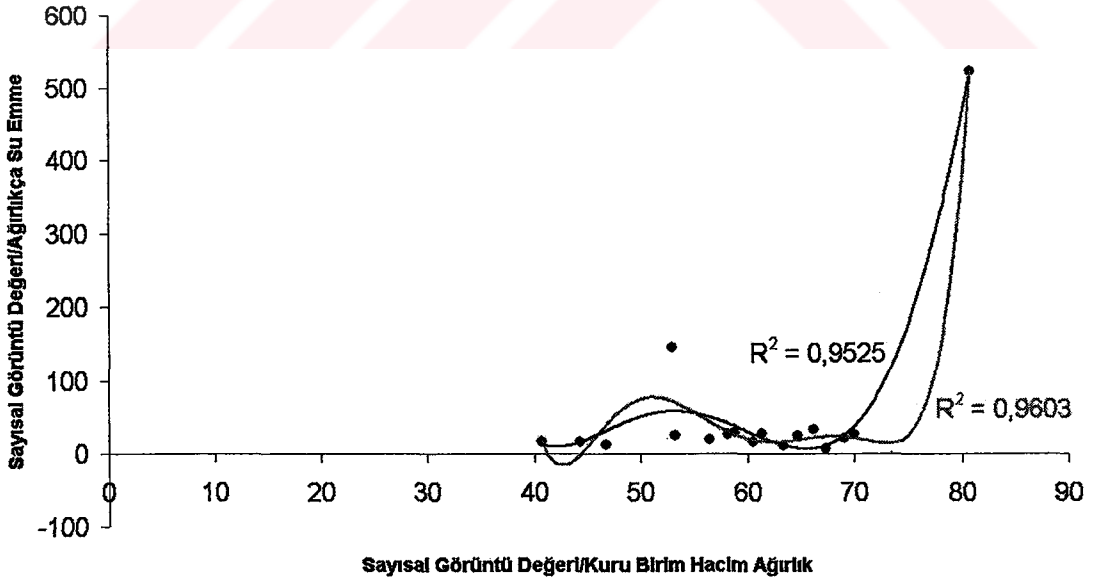
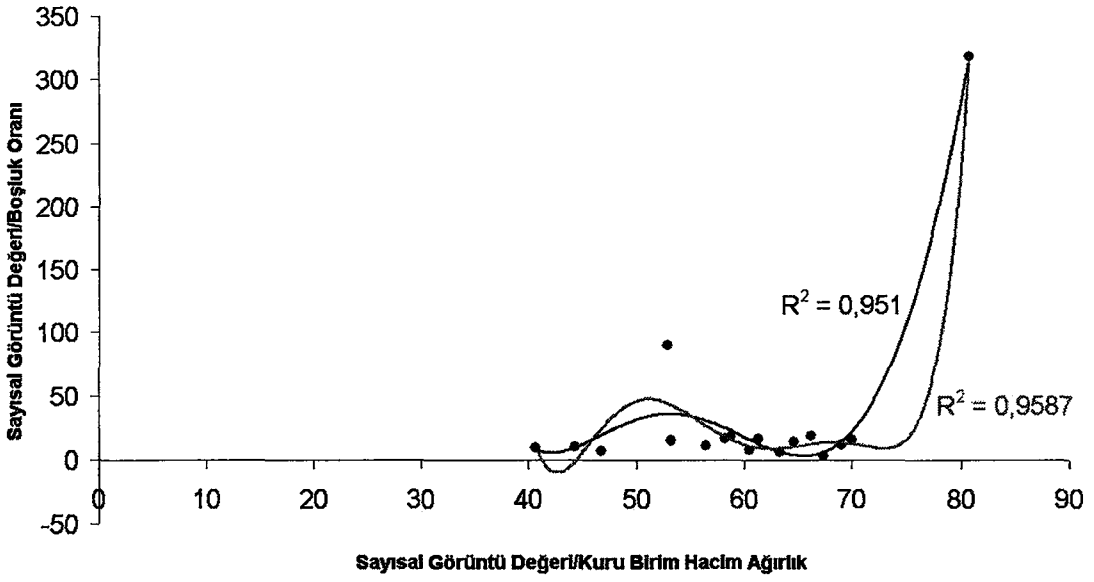
Şekil B.30. Babadere formasyonu sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.

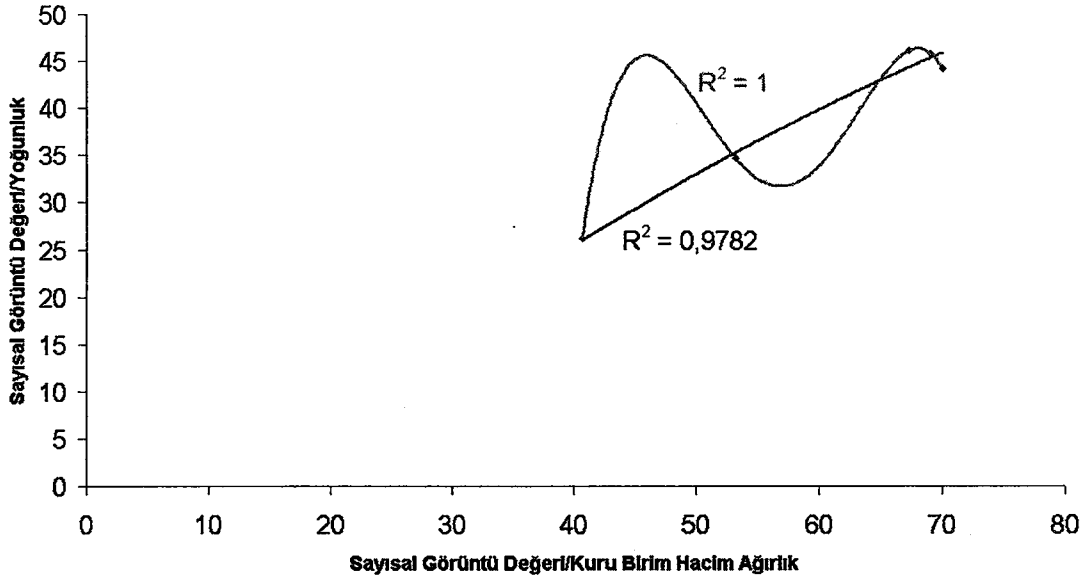


Şekil B.31. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.

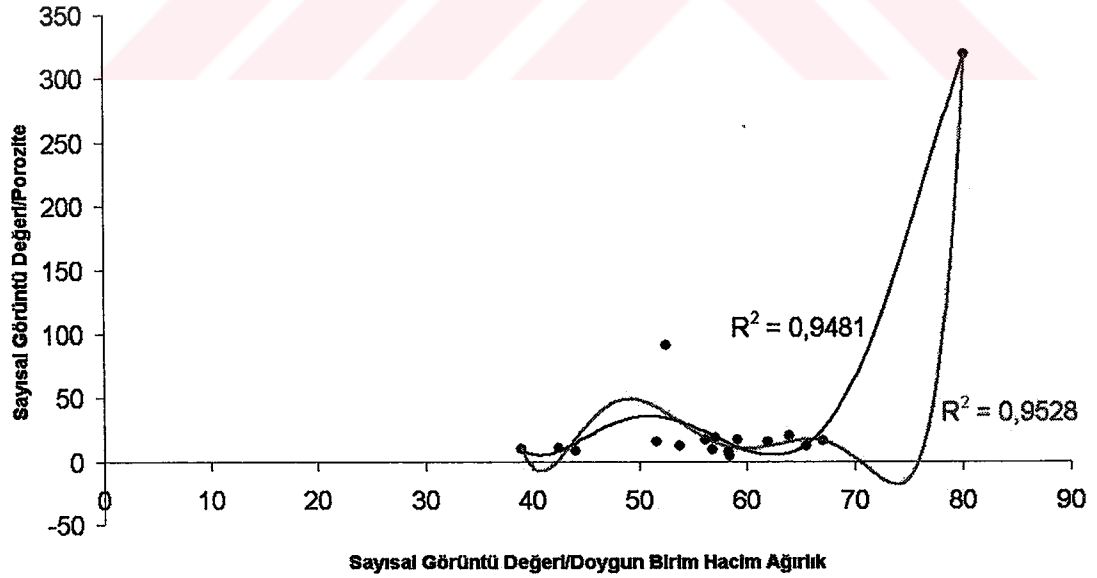


Şekil B.32. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.

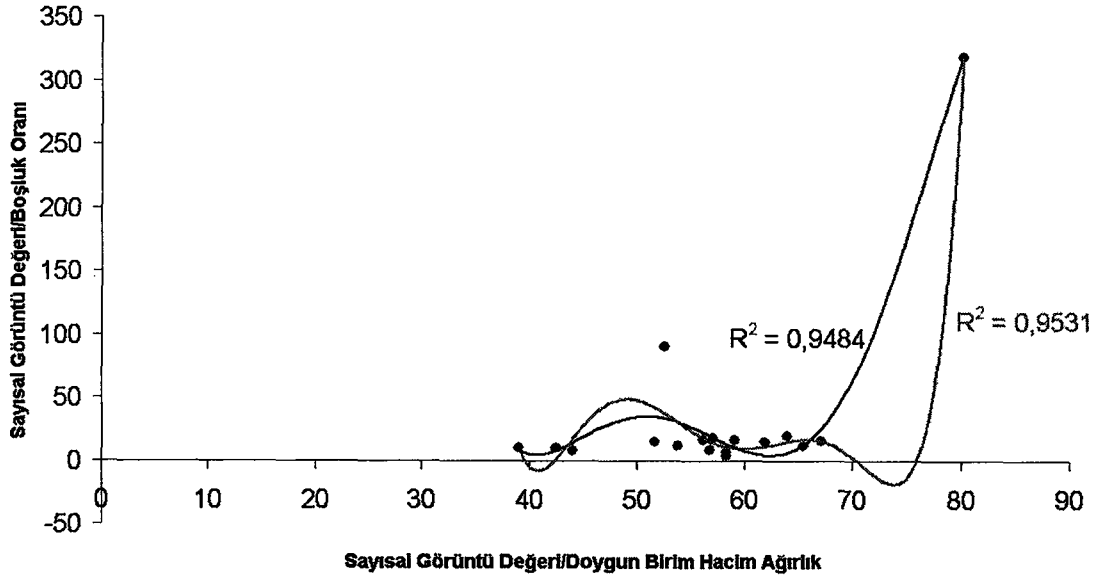




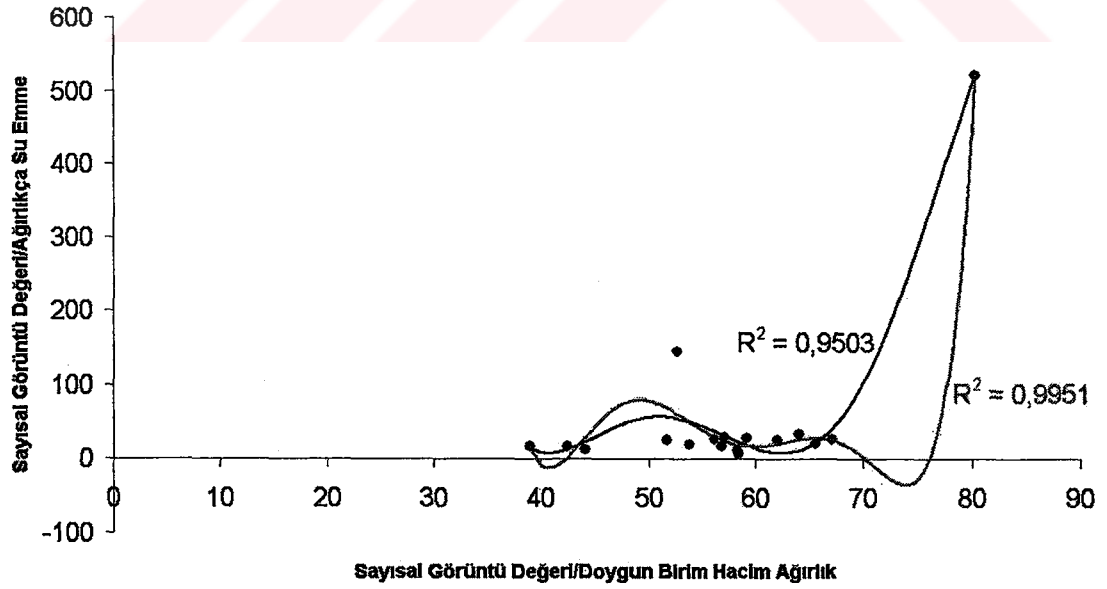
Şekil B.35. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



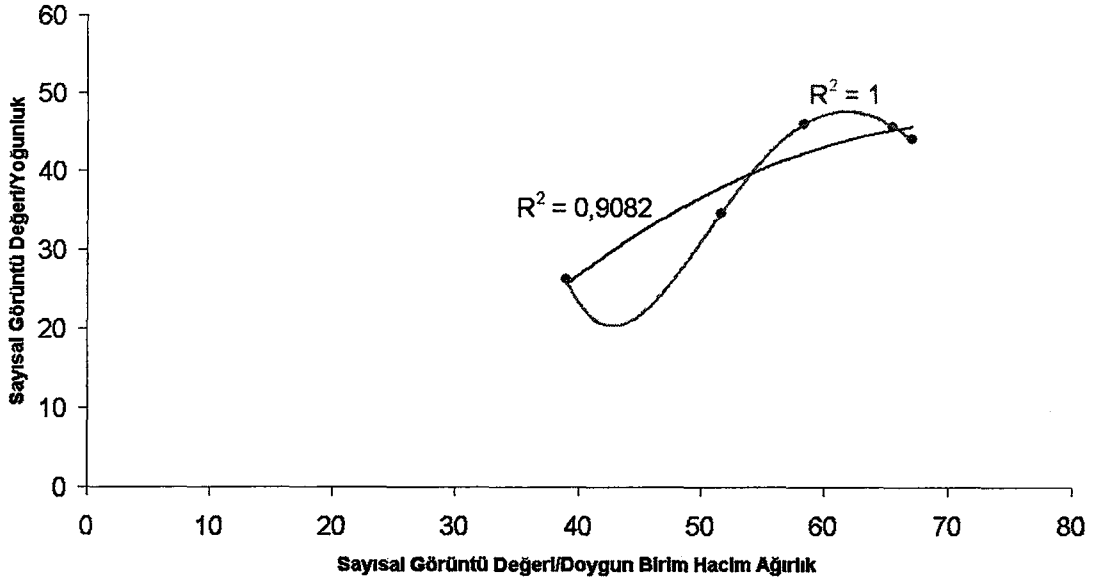
Şekil B.36. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



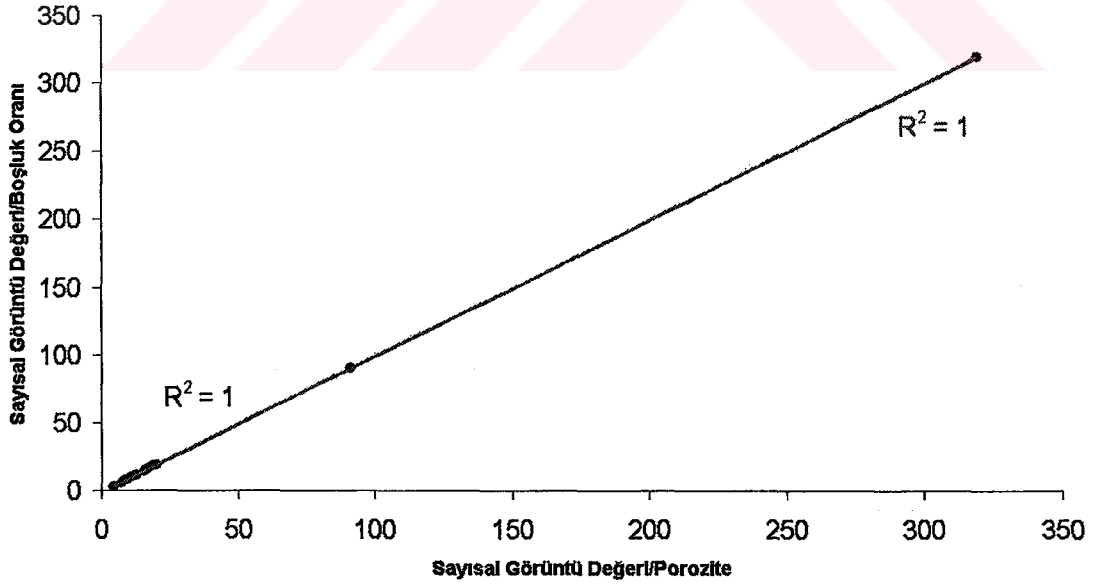
Şekil B.37. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



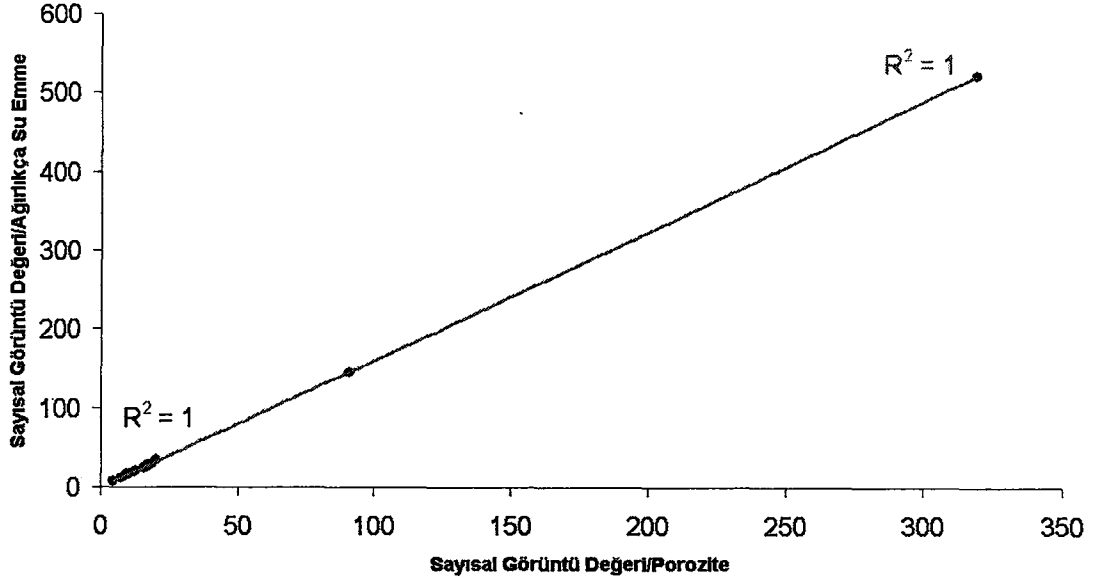
Şekil B.38. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



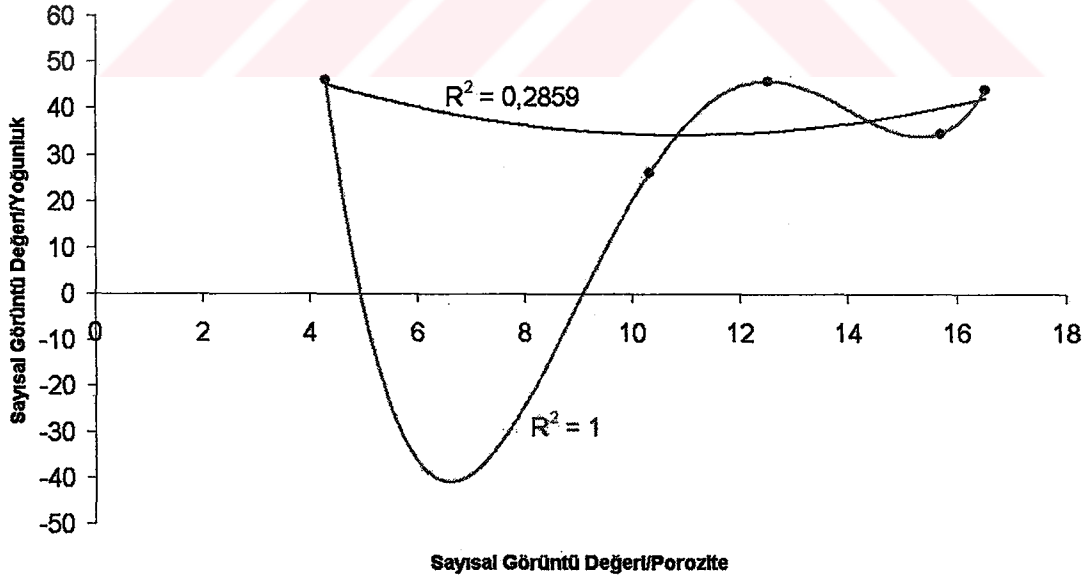
Şekil B.39. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



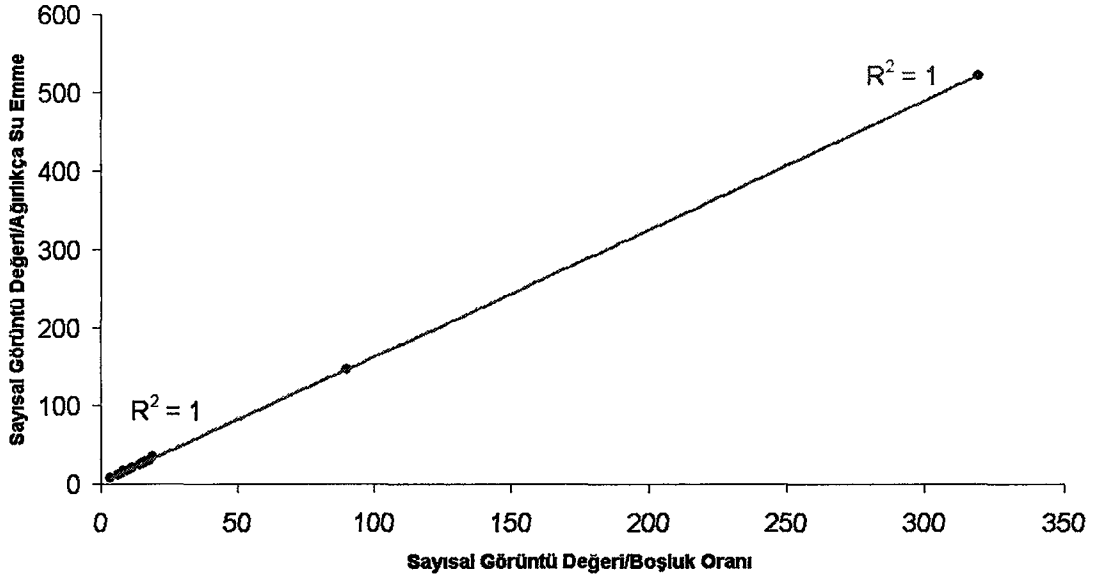
Şekil B.40. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



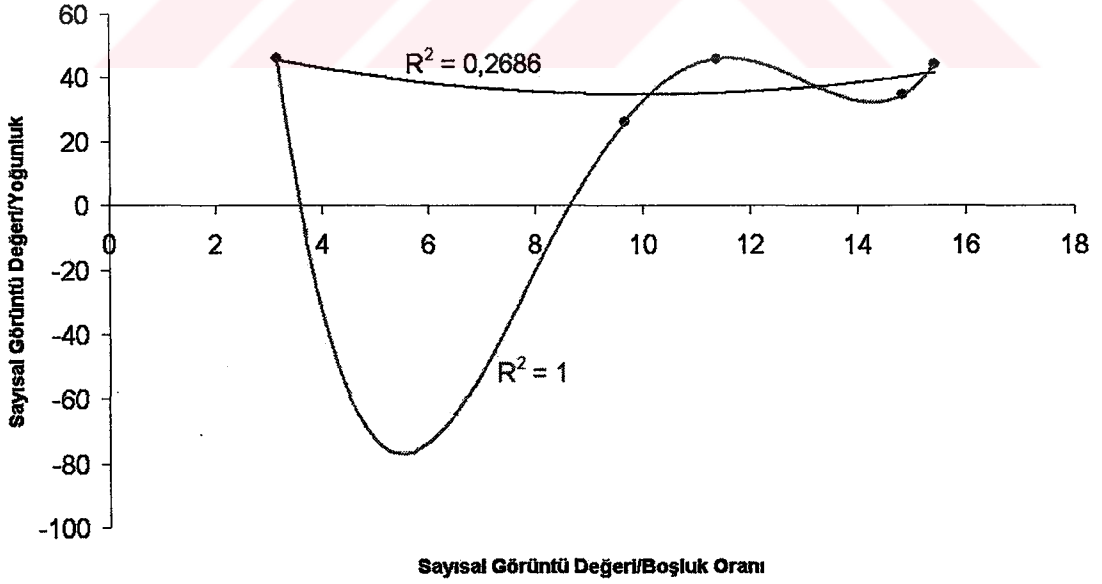
Şekil B.41. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



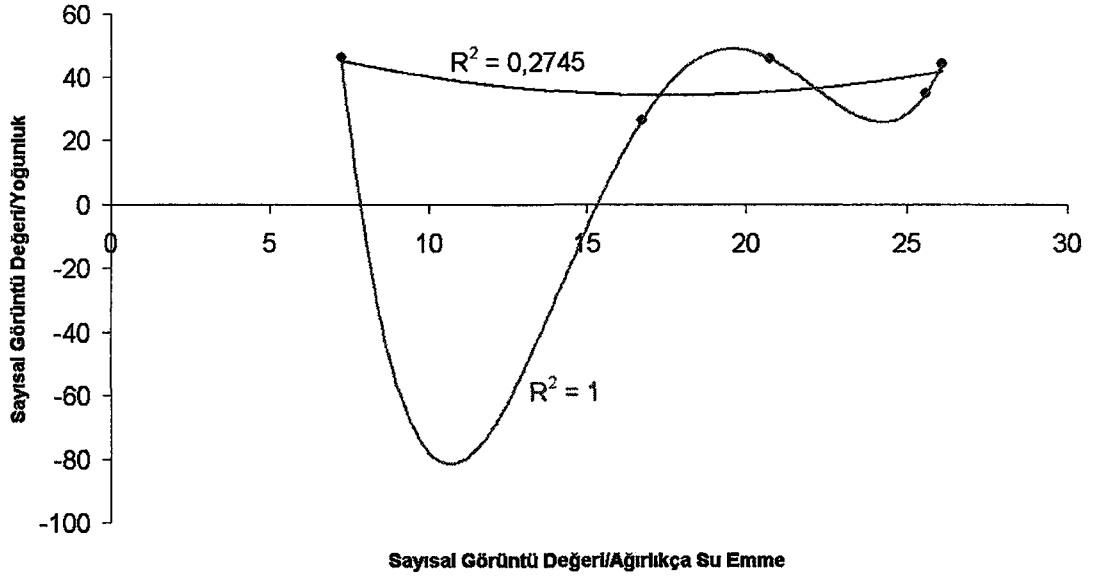
Şekil B.42. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



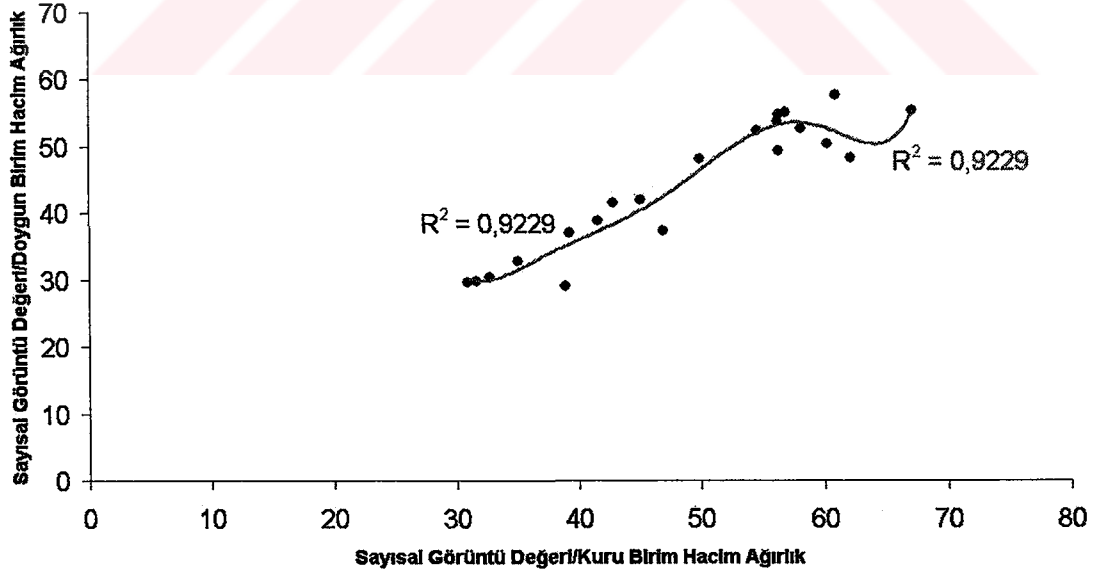
Şekil B.43. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



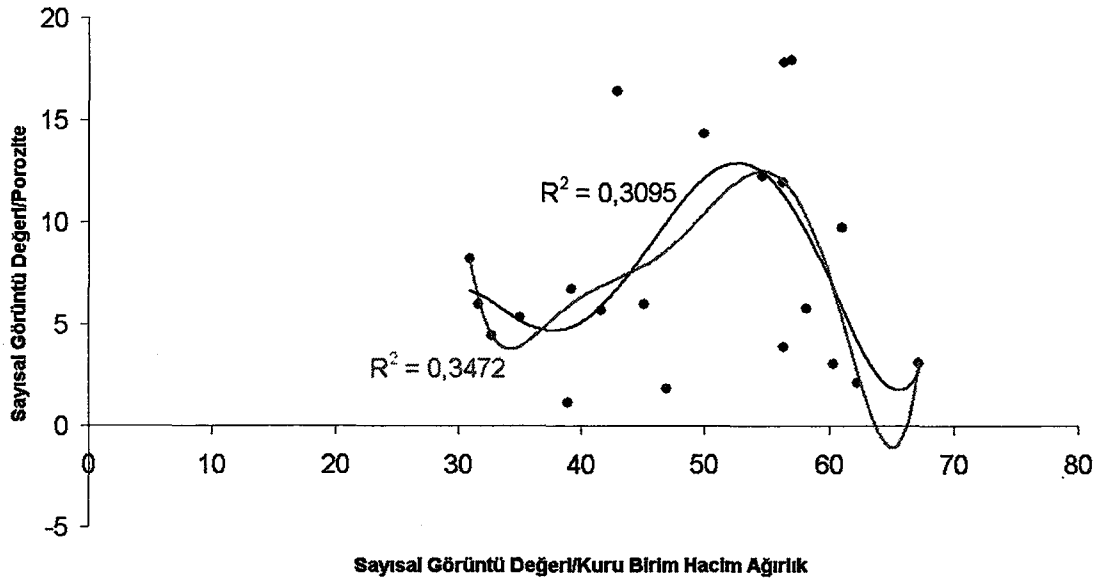
Şekil B.44. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



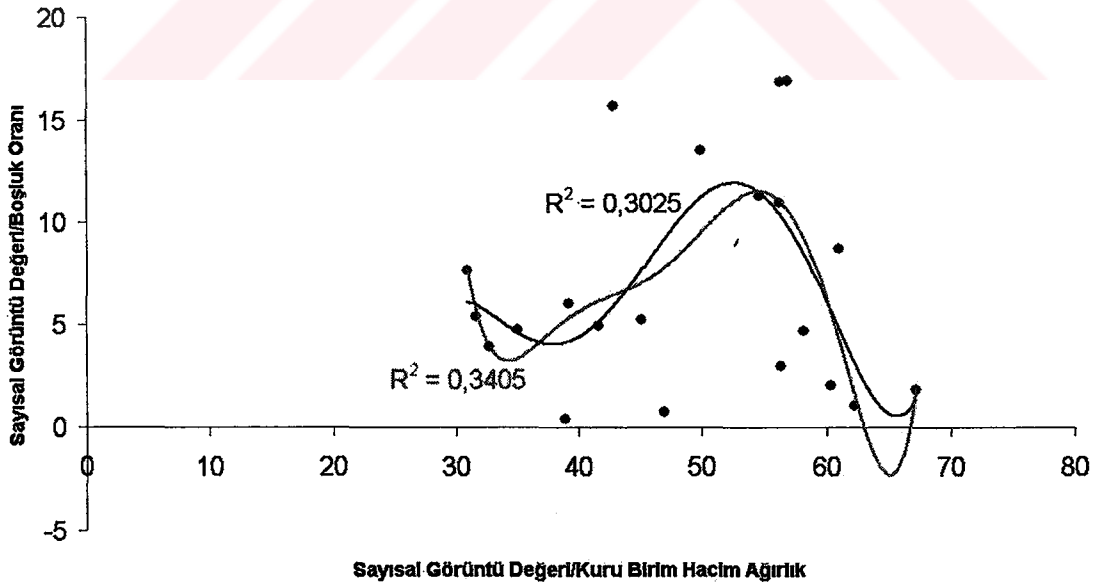
Şekil B.45. Dededağ formasyonu sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



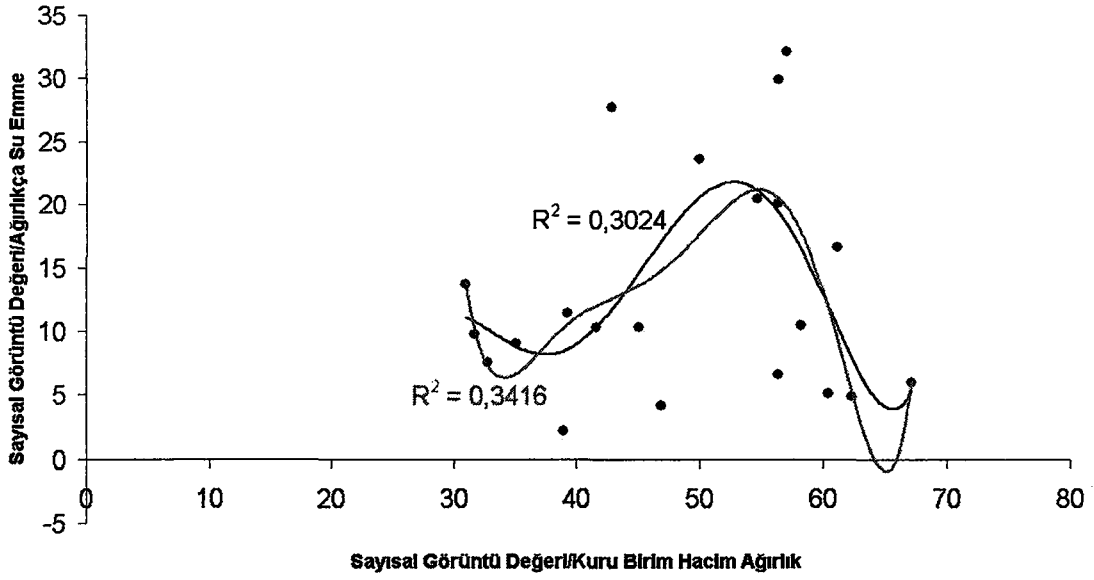
Şekil B.46. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



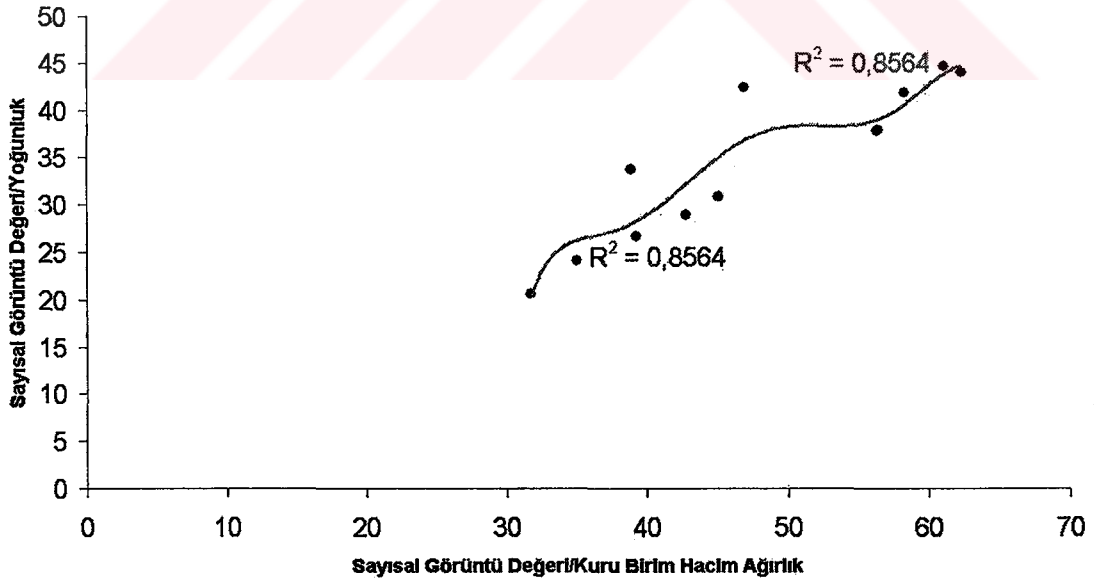
Şekil B.47. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



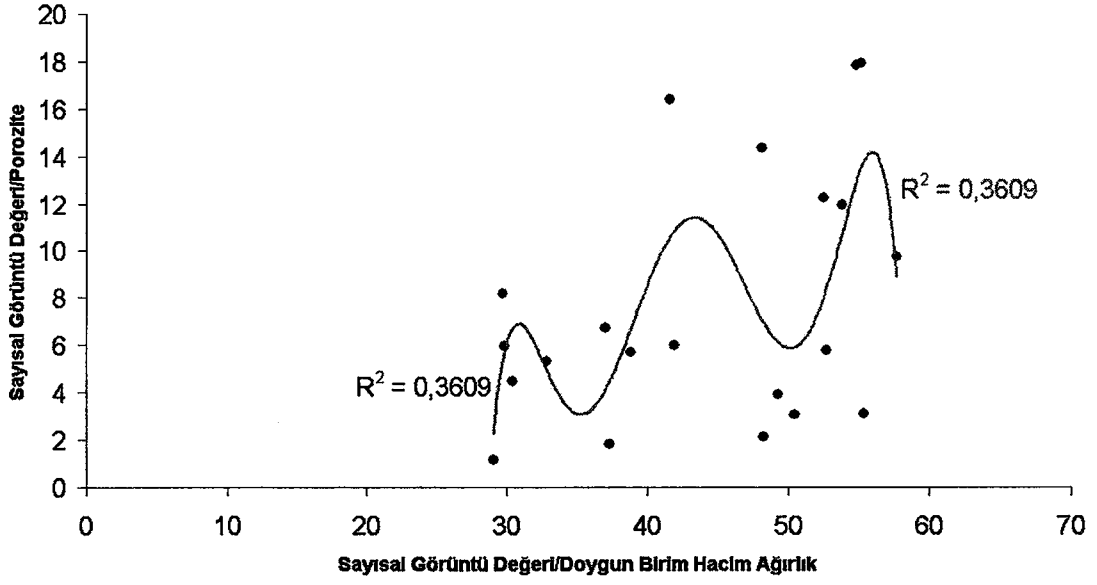
Şekil B.48. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



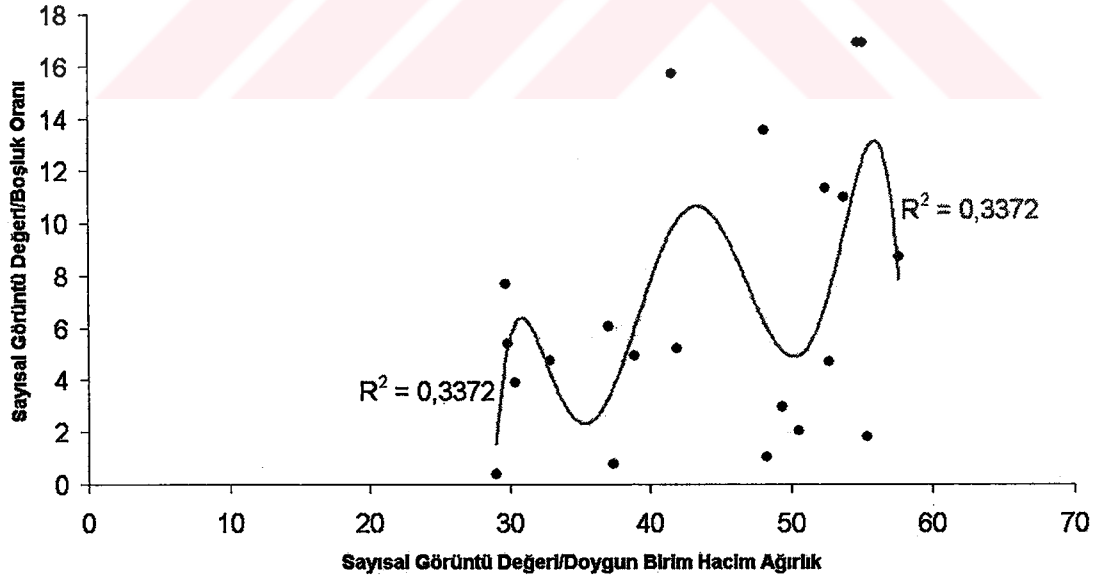
Şekil B.49. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



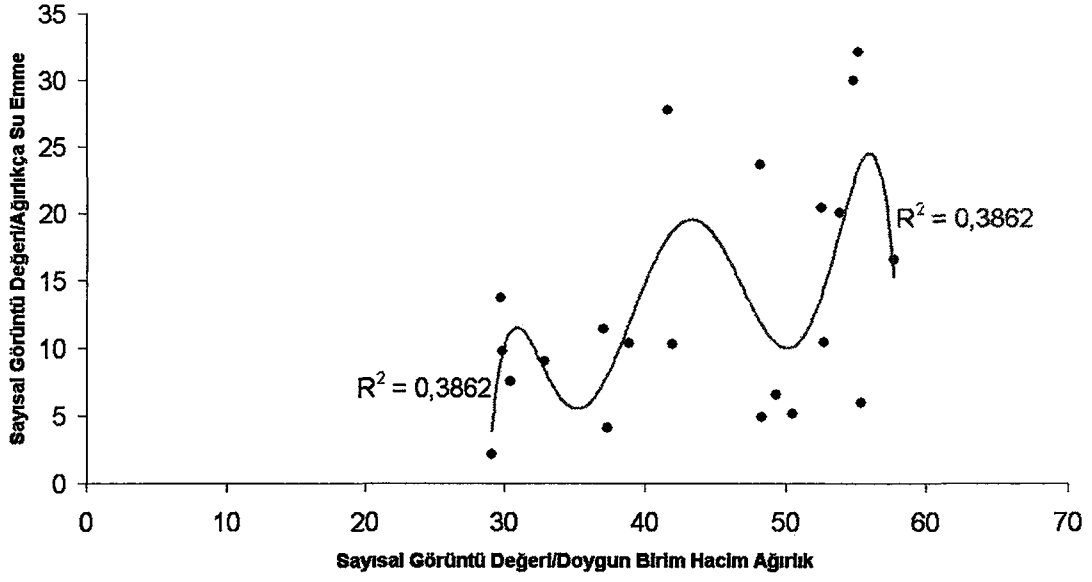
Şekil B.50. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



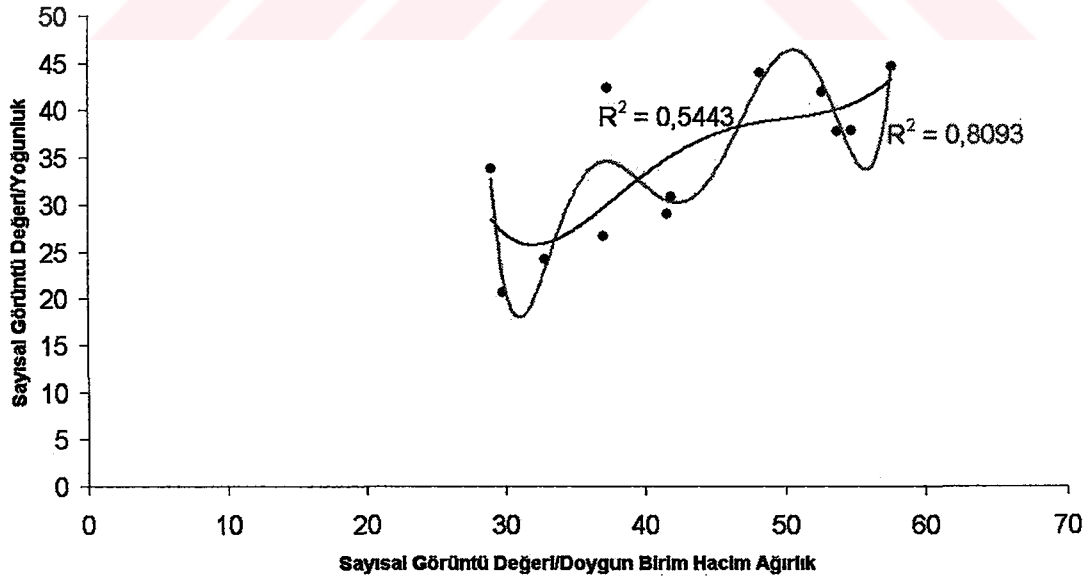
Şekil B.51. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



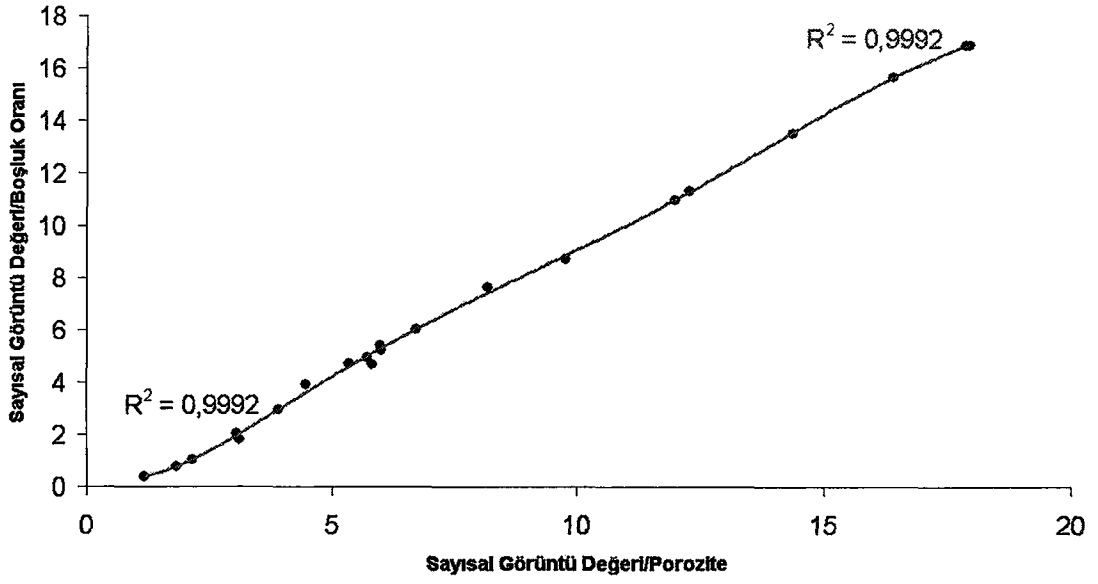
Şekil B.52. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



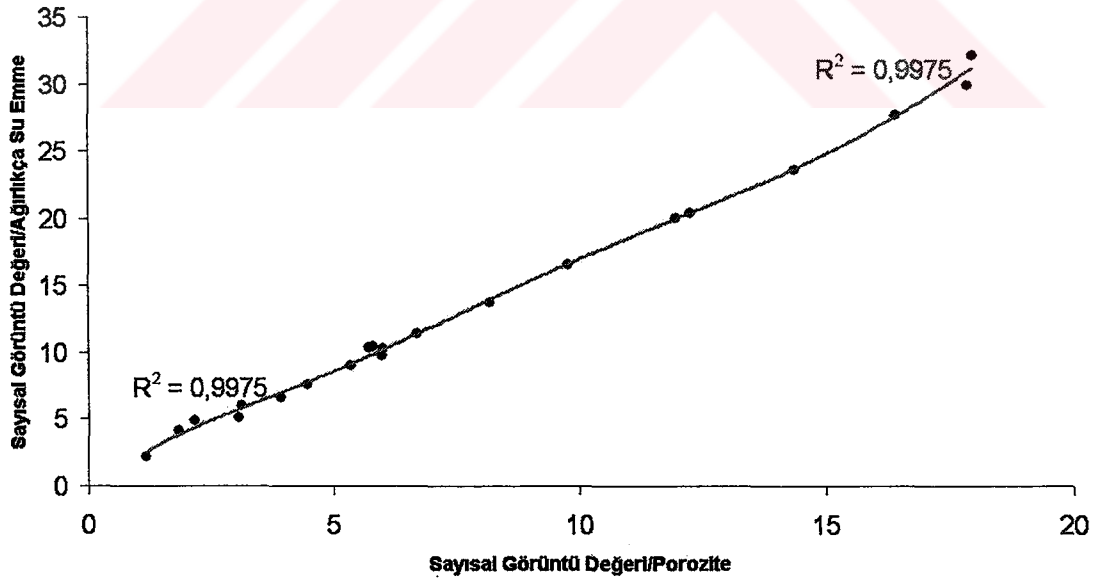
Şekil B.53. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



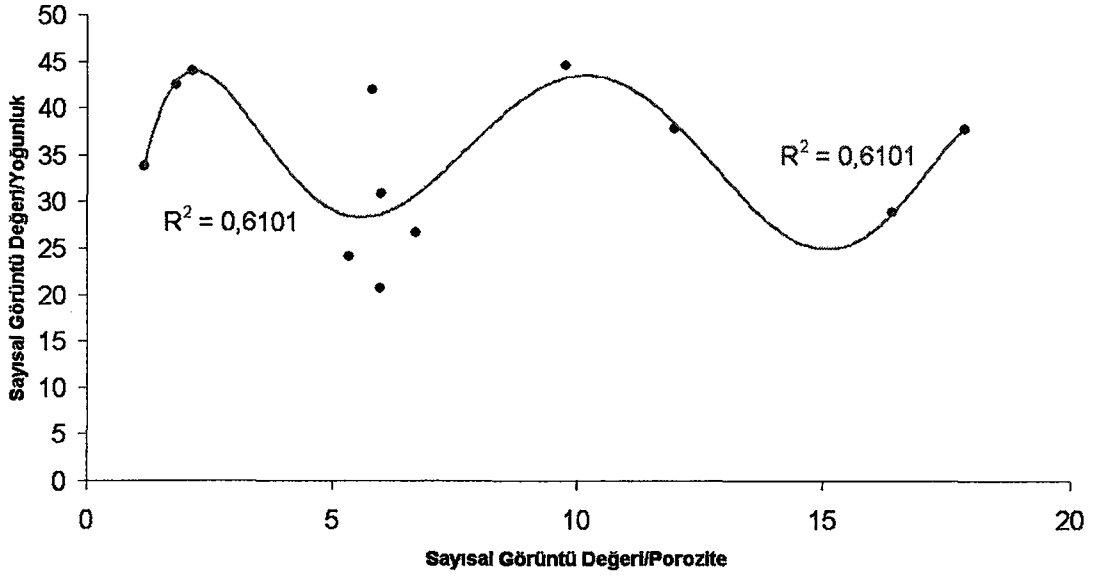
Şekil B.54. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



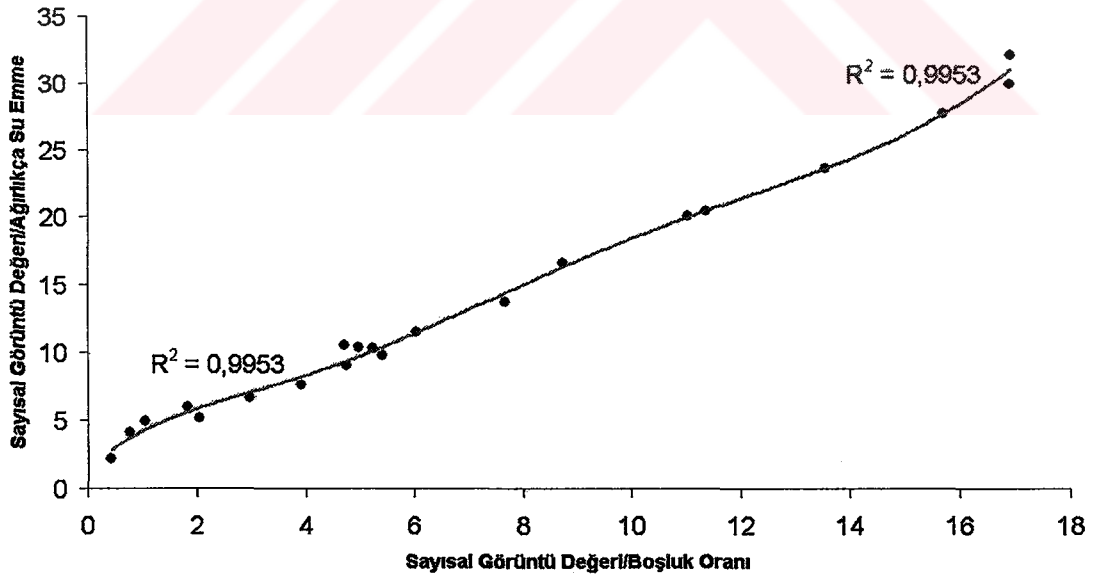
Şekil B.55. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



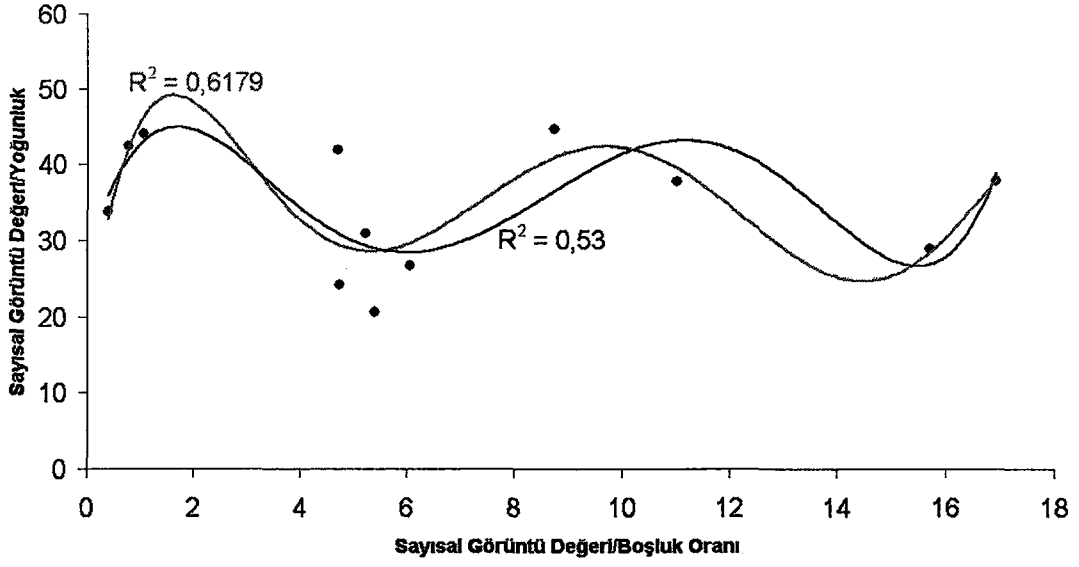
Şekil B.56. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



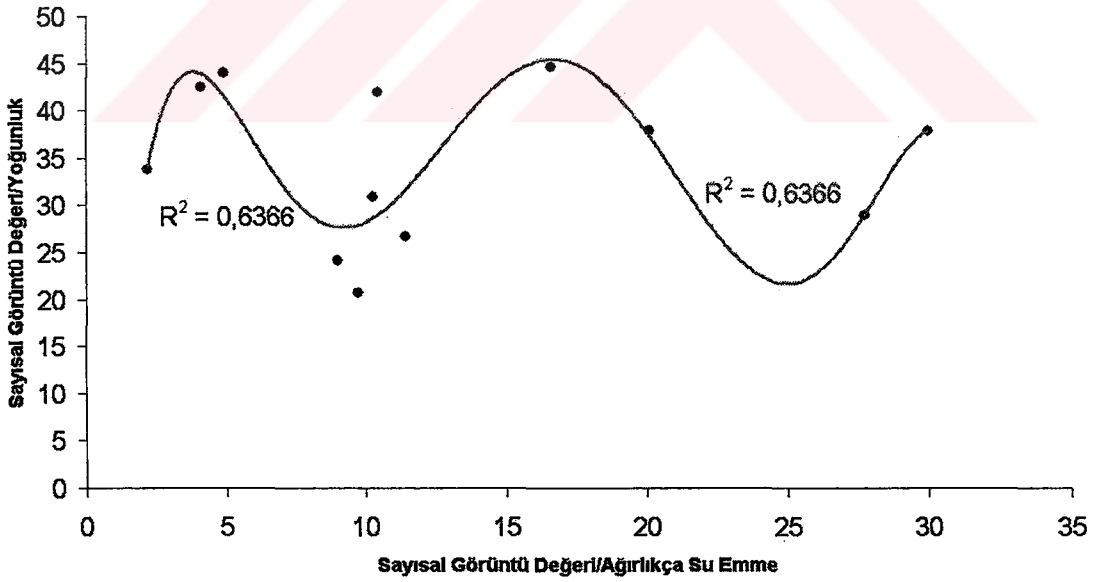
Şekil B.57. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



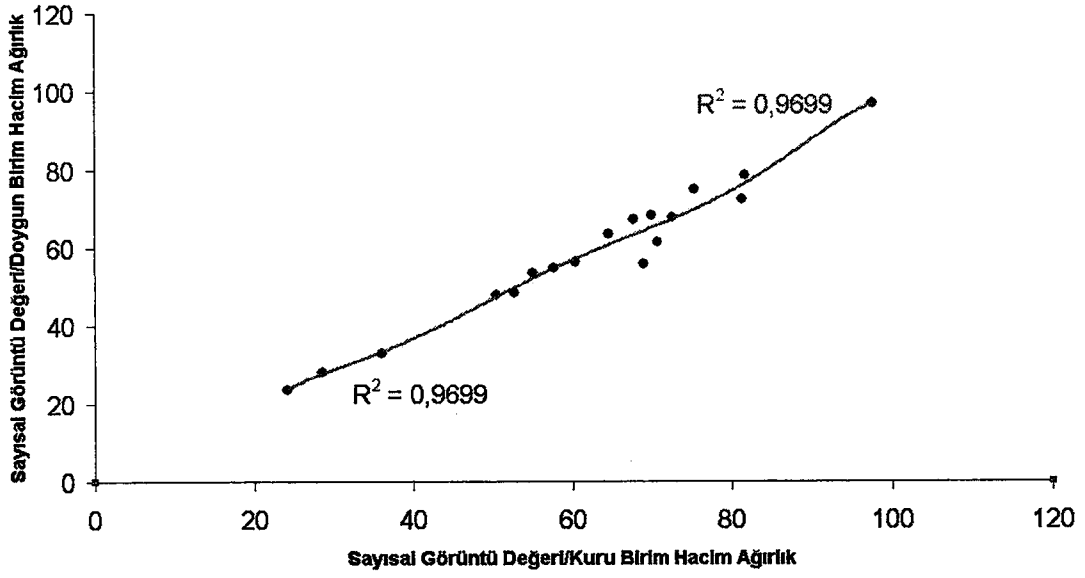
Şekil B.58. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



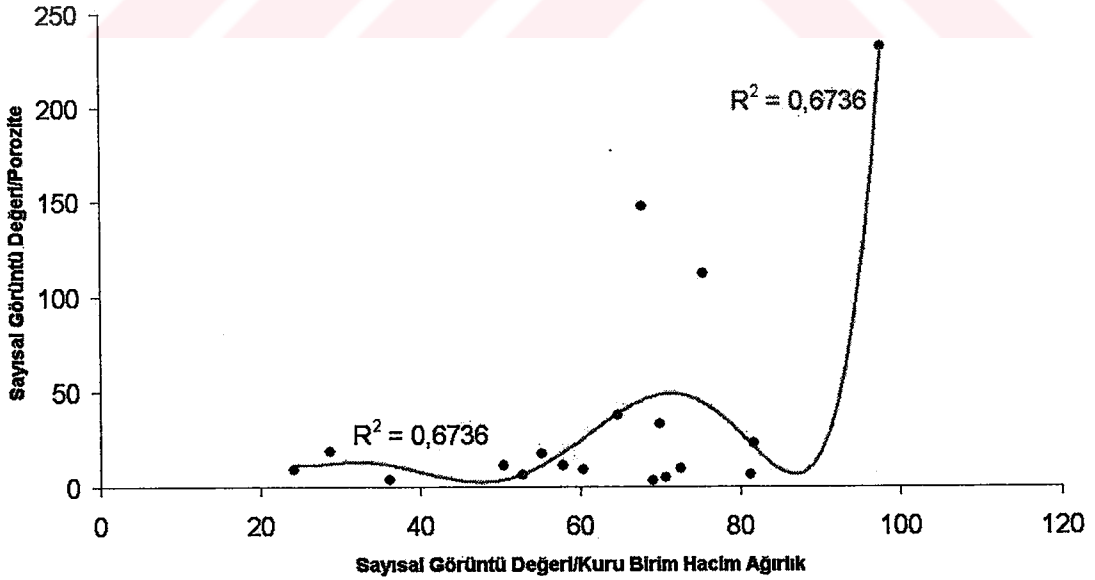
Şekil B.59. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



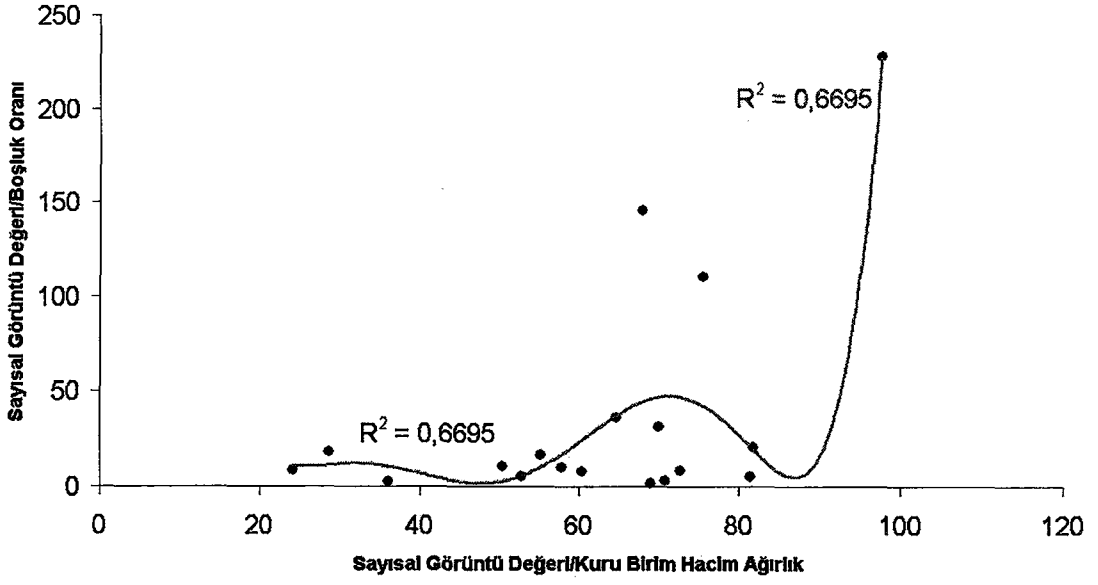
Şekil B.60. Kepez formasyonu sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



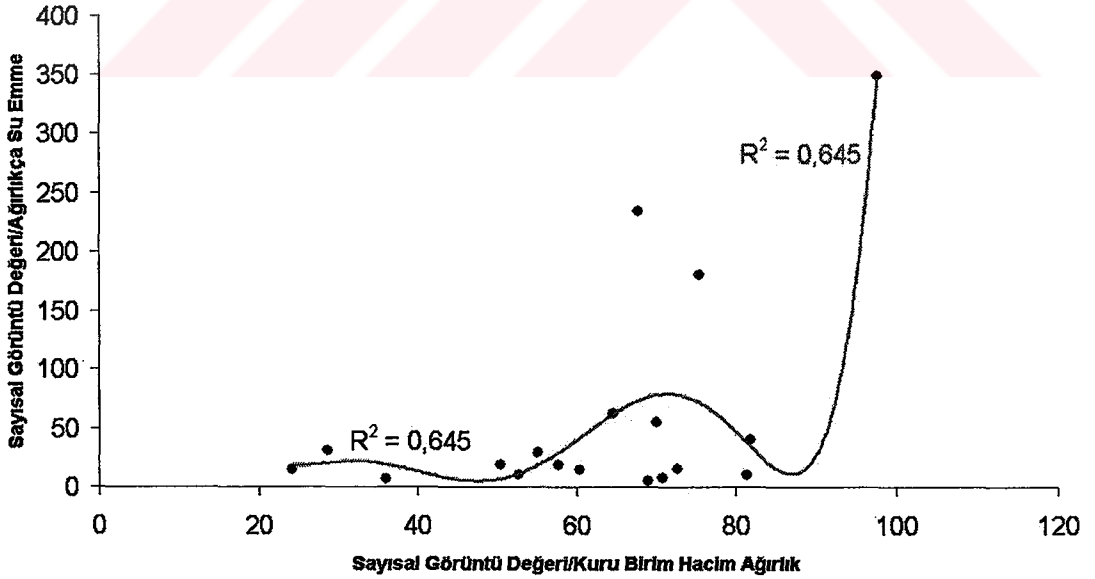
Şekil B.61. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



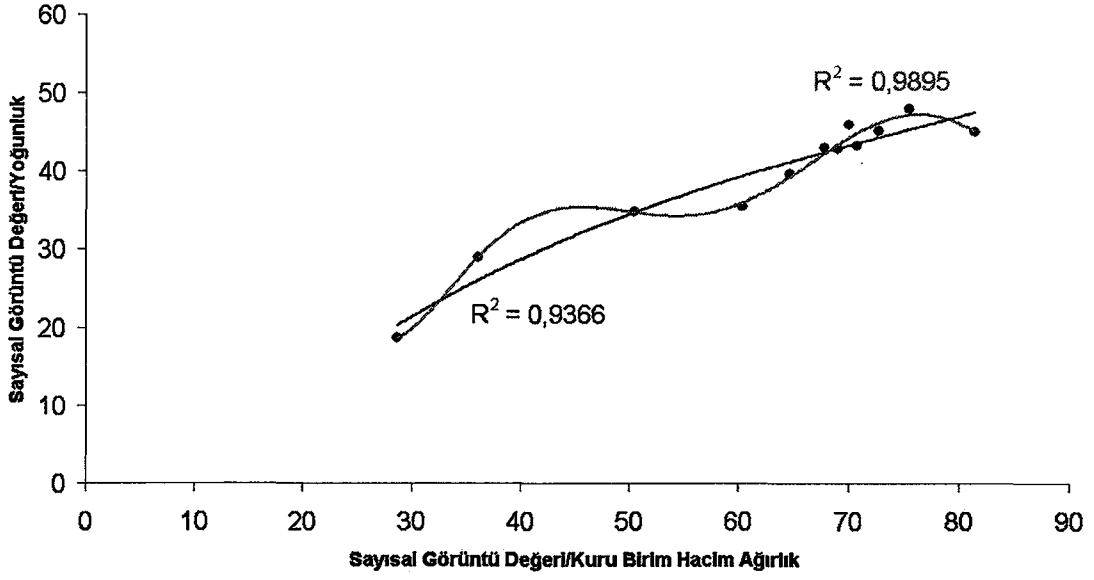
Şekil B.62. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



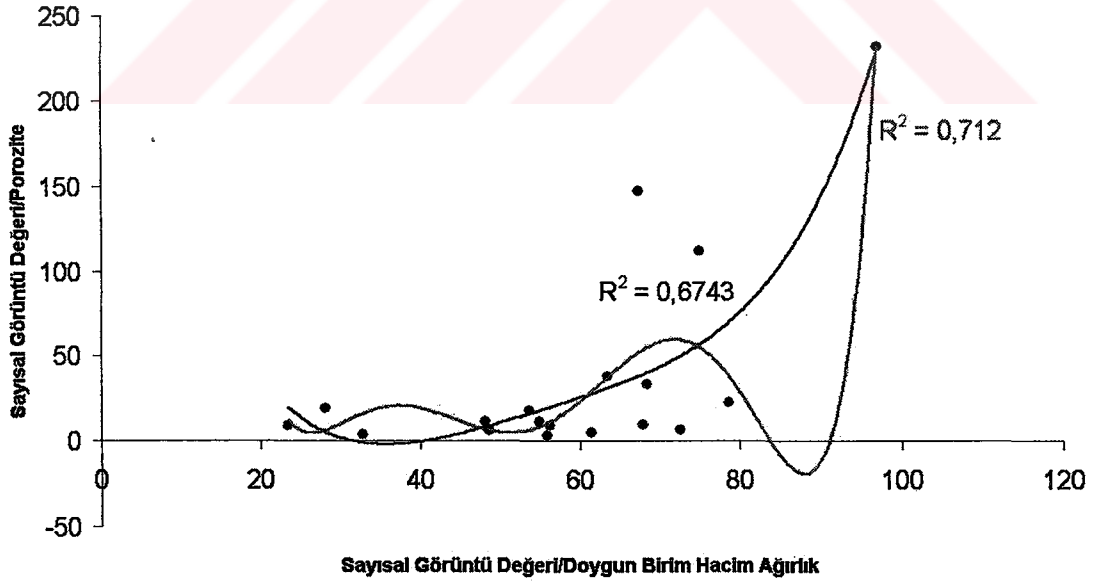
Şekil B.63. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



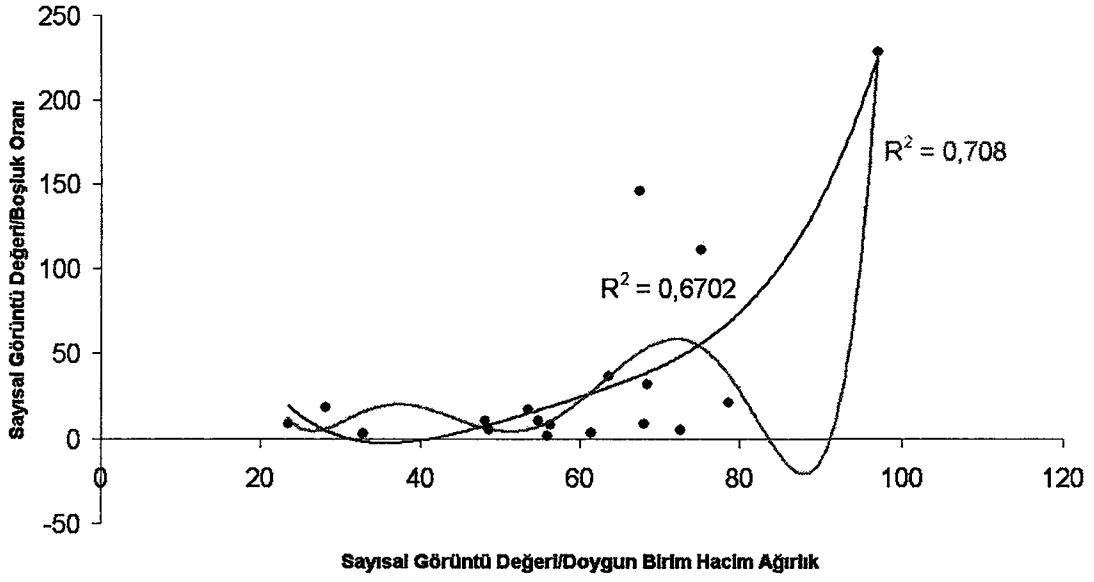
Şekil B.64. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



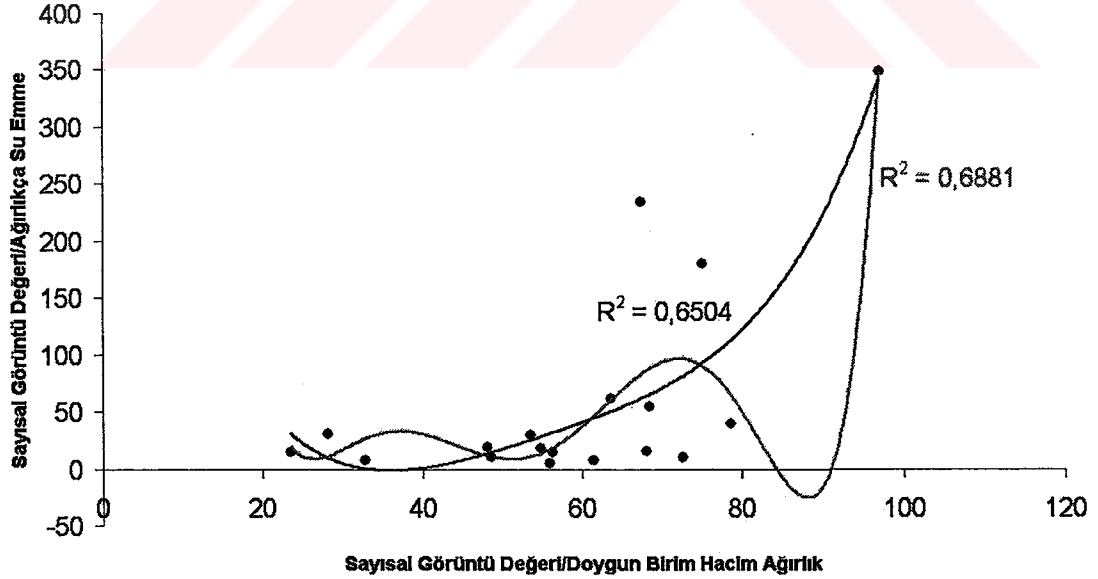
Şekil B.65. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/kuru birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



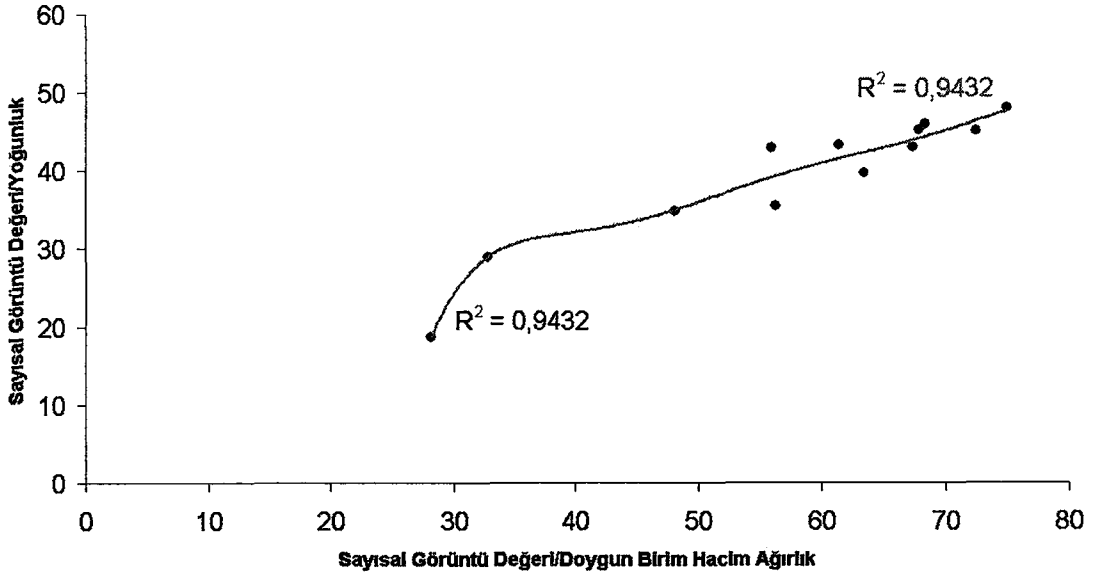
Şekil B.66. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/porozite değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



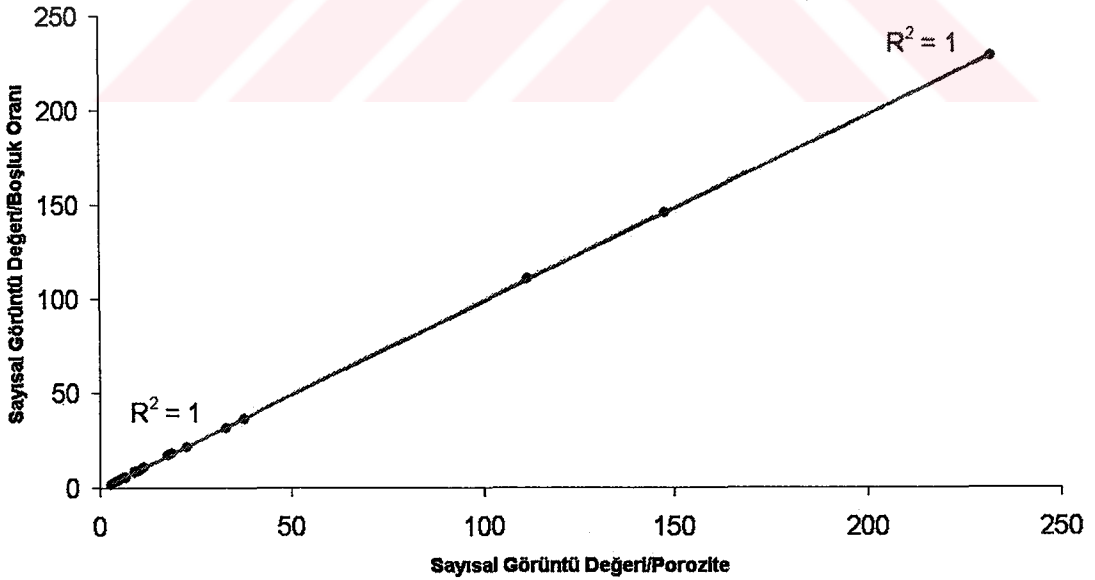
Şekil B.67. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



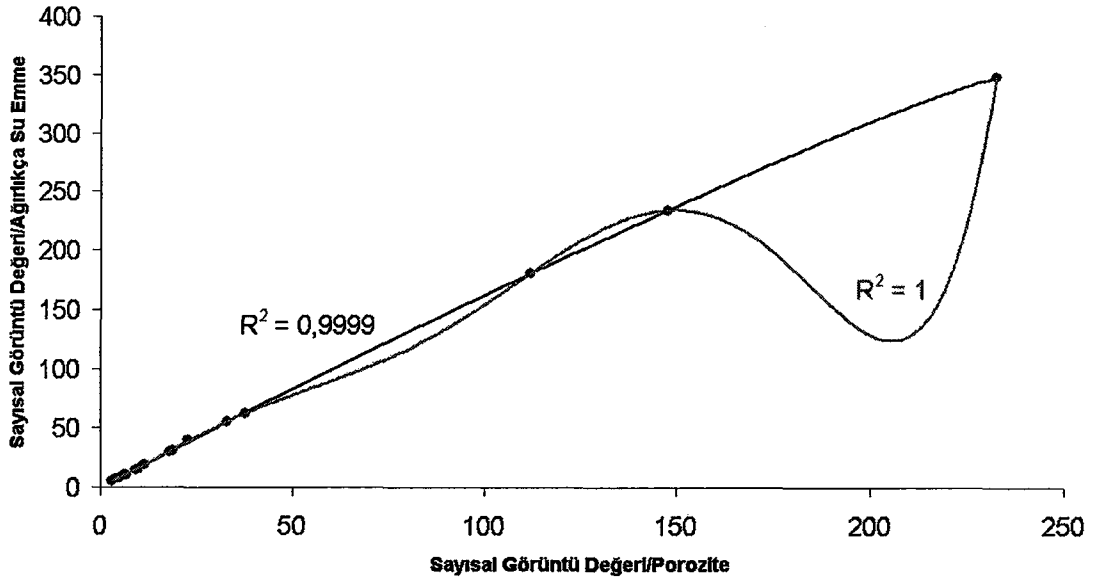
Şekil B.68. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



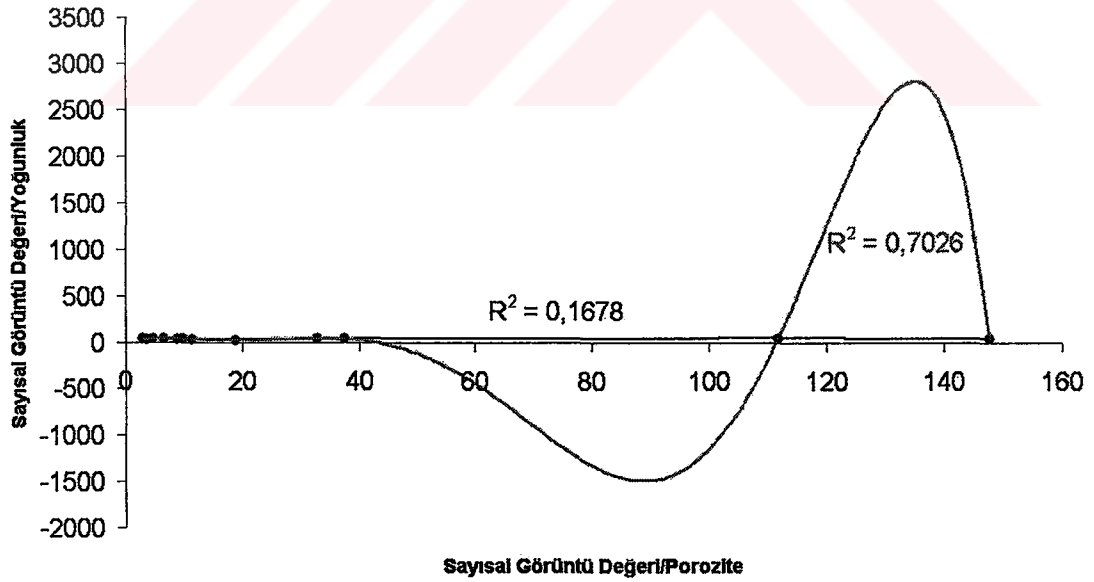
Şekil B.69. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/doygun birim hacim ağırlık değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



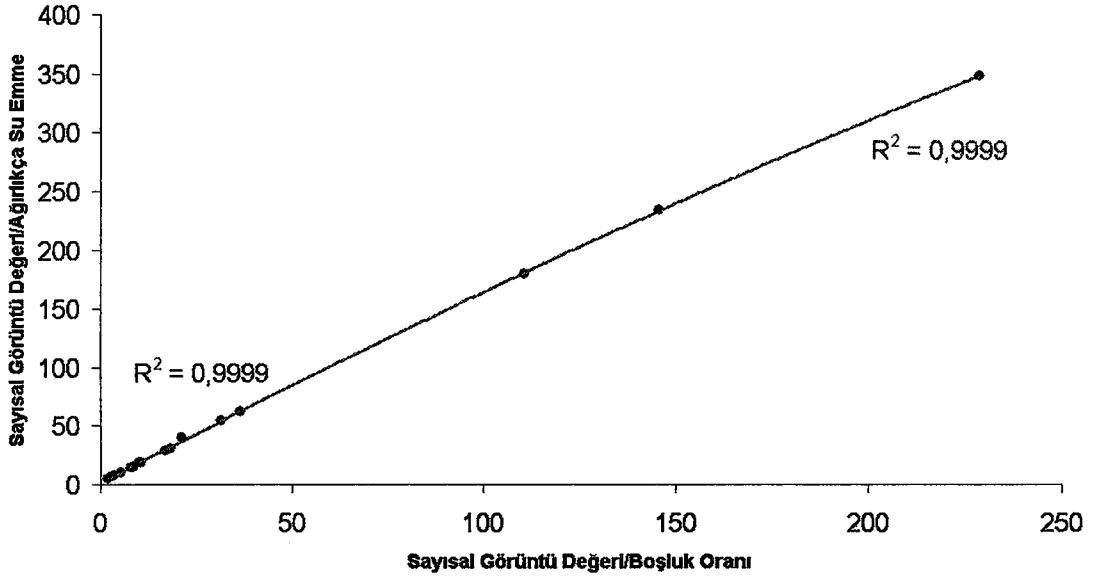
Şekil B.70. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



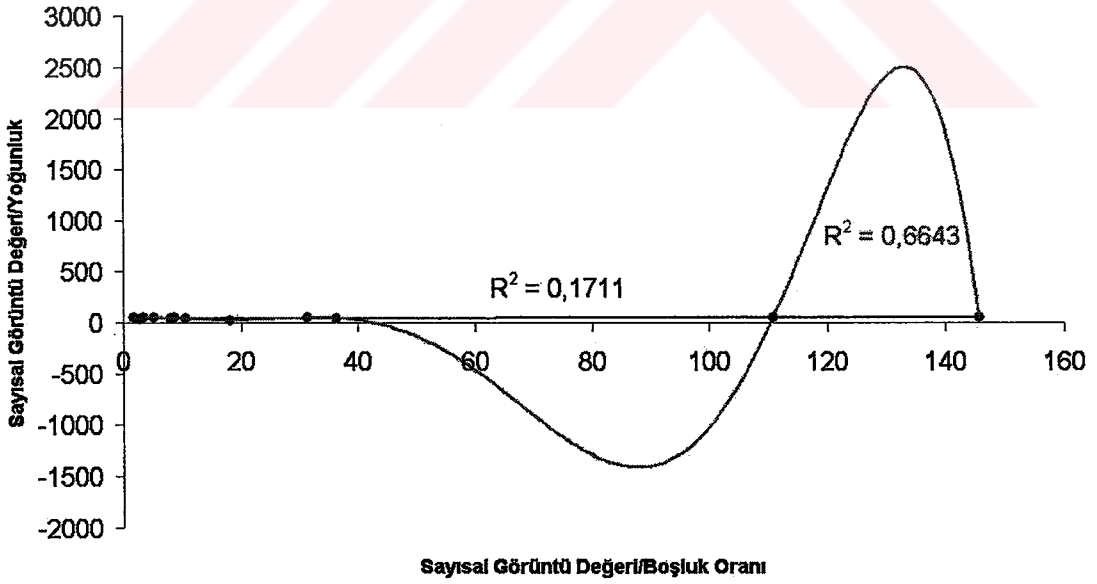
Şekil B.71. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



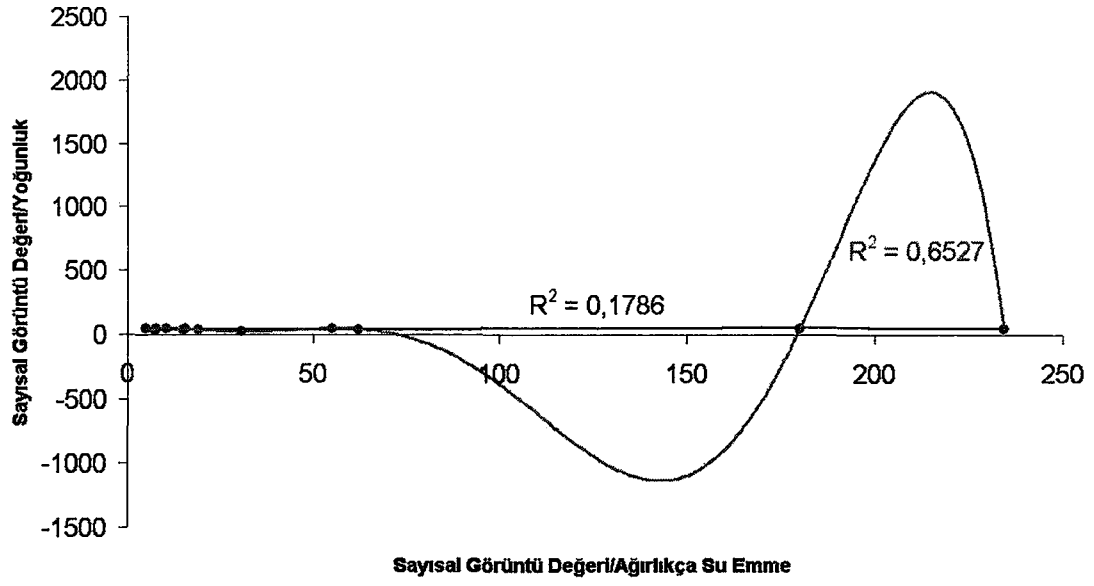
Şekil B.72. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/porozite değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



Şekil B.73. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



Şekil B.74. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/boşluk oranı değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.



Şekil B.75. Tuzla formasyonu sayısal görüntü değeri/ağırlıkça su emme değerleri ile sayısal görüntü değeri/yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon ilişkisi.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar 1970 yılında Diyarbakır Ofis semtinde doğmuştur. İlk öğrenimine Diyarbakır Mehmetçik İlkokulunda başlamış ve 1982 yılında “Pekiyi” derece ile mezun olmuştur. Orta öğrenimine Adapazarı’nda Mithat Paşa Ortaokulu’nda başlamış ve 1985 yılında Adapazarı Atatürk Lisesi orta kısmını “Pekiyi” derece ile bitirmiştir. Aynı okulda lise eğitimine başlayan yazar 1987 yılında İstanbul Kenan Evren Lisesinden “Pekiyi” derece ile mezun olmuştur. 1988-89 öğretim yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde lisans öğrenimine başlayan yazar, “Gemlik-Küçükkumka Civarının jeolojik İncelemesi” adlı tez çalışmasını tamamlayarak 1992 yılı Haziran döneminde derece ile mezun olmuş ve Jeoloji Mühendisi ünvanını almıştır. 1992-93 öğretim yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Mühendislik Jeolojisi programında yüksek lisans öğrenimine başlayan yazar, “İTÜ Kampüs Alanındaki Kayaçların Yüzey Pürüzlülüğünün Görüntü Analiz Yöntemi İle Araştırılması” adlı tez çalışmasını 1996 yılında “Pekiyi” derece ile tamamlayarak Jeoloji Yüksek Mühendisi ünvanını almıştır. İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı’nda 1995 yılında araştırma görevlisi olarak çalışmaya başlayan yazar, doktora öğrenimine 1996-97 öğretim yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Mühendislik Jeolojisi programında başlamıştır.