



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



[DOKTORA TEZİ]

[ORTA VE BATI ANADOLU'DA JEOMANYETİK ALAN
ŞİDDETİNİN NEOJEN-KUVATERNER BOYUNCA DEĞİŞİMİ]

[Nurcan KAYA]

[DANIŞMAN
Prof. Dr. Z. Mümtaz HİSARLI]

[Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı]

[Jeofizik Mühendisliği Programı]

[İSTANBUL-2020]

Bu çalışma, [28.05.2020] tarihinde aşağıdaki jüri tarafından [Jeofizik Mühendisliğı Anabilim Dalı, Jeofizik Mühendisliğı Programı]nda [Doktora tezi] olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

[Prof. Dr.] [Z. Mümtaz HİSARLI] (Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

[Prof. Dr.] [Mustafa Kemal TUNÇER]
[İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa]
[Mühendislik Fakültesi]

[Prof. Dr.] [M.Nuri DOLMAZ]
[Süleyman Demirel Üniversitesi]
[Mühendislik Fakültesi]

[Doç. Dr.] [Turgay İŞSEVEN]
[İstanbul Teknik Üniversitesi]
[Maden Fakültesi]

[Dr. Öğr. Üyesi] [Özlem MAKAROĞLU]
[İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa]
[Mühendislik Fakültesi]



[20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 25933 numaralı projesi ile desteklenmiştir.]

ÖNSÖZ

[Orta ve Batı Anadolu’da Jeomanyetik Alan Şiddetinin Neojen- Kuvaterner Boyunca Değişimi adlı tez çalışmamda desteğini ve yardımlarını esirgemeyen, deneyim ve bilgi birikiminden yararlandığım tez danışmanım Prof. Dr. Z. Mümtaz Hisarlı’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince bilgi birikimlerinden yararlandığım hocalarım Prof. Dr. Niyazi Baydemir, Prof. Dr. M. Naci Orbay, Prof. Dr. Mustafa Kemal Tunçer ve Prof. Dr. Nuri Dolmaz’a teşekkür ederim. Arazi çalışmam için desteğini esirgemeyen Doç. Dr. Turgay İşseven’e teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım ve tez çalışmam süresince özveriyle göstermiş olduğu destek ve katkıları için, çalışmam konusunda beni teşvik ettiği için ve bilgi birikiminden yararlanmamı sağladığı için Dr. Öğr. Üyesi Özlem Makaroğlu’na teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yardım ve desteğini hissettiğim çalışma arkadaşım ve dostum Dr. Öğr. Üyesi Melda Küçükdemirci’ye, can dostum Biyolog Neşe Savaş Birinci’ye teşekkür ederim. Bölüm sekreterimiz güleryüzlü ablam Nihal Kazu’ya tüm yardımları için teşekkür ederim. Ayrıca üniversitemiz ve bölümümüzdeki tüm çalışma arkadaşlarıma ve hocalarıma teşekkür ederim.

Varlıkları paha biçilmez olan ailem ve her zaman en büyük destekçilerim olan sevgili annem Güler Kaya ve sevgili babam Nuri Kaya’ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Her zaman tüm desteği ile yanımda olan kardeşim Yasemin Kaya Özcan’a ve eşi Koray Özcan’a sonsuz teşekkürler...

Bu tezi her daim kalbimde olan teyzem Şirin Cezayirli’yi anarak bana da teyzeliği tattıran mutluluğun adı yeğenim Defne Özcan’a ithaf ediyorum.

Mayıs 2020

[Nurcan KAYA]

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

[ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ.....	xv
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xvii
ÖZET	xviii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	8
2.1 YERMANYETİK ALANI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER.....	8
2.1.1 Yermanyetik Alanı	8
2.1.1.1 Esas Alan	8
2.1.1.2 Dış Kaynaklı Alan.....	11
2.1.1.3 Dış Kaynaklı Alan Değişiminlerinin İndüklediği Alan.....	11
2.1.1.4 Anomali Alan	12
2.1.1.5 Piezomanyetik Alan.....	13
2.1.2 Yermanyetik Alan Bileşenleri	13
2.1.3 Yer Merkezli Eksenel Dipol Moment (GAD)	15
2.1.4 Görünür Yermanyetik Kutup (VGP)	17
2.1.5 Görünür Dipol Moment (VDM).....	19
2.1.6 Dipol Alanın Uzun Süreli Değişimi	19
2.1.7 Yermanyetik Alanında Polarite Değişimi (Terslenme).....	20
2.2 KAYAÇLARDAKİ KALINTI MIKNATISLANMA ÇEŞİTLERİ	25
2.2.1 Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (IKM)	25
2.2.1.1 Kısmi Isıl Kalıntı Mıknatıslanma Kanunu (<i>pTRM</i>).....	26
2.2.2 Eş Isıl Kalıcı Mıknatıslanma (EIKM)	27
2.2.3 Viskoz Kalıcı Mıknatıslanma (VKM)	27
2.2.4 Kimyasal Kalıcı Mıknatıslanma (KKM)	28
2.2.5 Çökeltme İle Kalıcı Mıknatıslanma (ÇKM)	28
2.2.6 Anhisterik Kalıcı Mıknatıslanma (AKM)	28

2.2.7 Basınçla Kalıcı Mıknatıslanma (BKM).....	29
2.3 MUTLAK YAŞ TAYİNİ YÖNTEMLERİ.....	29
2.3.1.Radyometrik Yaşlandırma Yöntemleri.....	29
2.3.1.1. Potasyum /Argon (K/Ar) Yöntemi.....	29
2.3.1.2 Karbon-14 (C-14) Yöntemi.....	29
2.3.1.3 Uranyum Yöntemleri.....	30
2.3.1.4 Filyon İzleri Sayımı.....	30
2.3.2 Kozmojenik Yüzey Tarihlendirme.....	31
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	32
3.1 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE ÖRNEK YERLERİ.....	32
3.1.1 Orta Anadolu Bölgesi Volkanizması ve Örnek Yerleri.....	32
3.1.2 Batı Anadolu Bölgesi Volkanizması ve Örnek Yerleri.....	35
3.2 PALEOŞİDDET ÇALIŞMASI.....	39
3.2.1 Örneklerin Toplanması ve Laboratuvarında Ölçüme Hazırlanması.....	39
3.2.2 Paleosiddet Yöntemi.....	40
3.2.2.1 Geliştirilmiş Thellier Yöntemi.....	41
3.2.3 Çalışmada Kullanılan Standart Paleosiddet İstatistikleri.....	42
3.2.4 Çalışmada Uygulanan Geliştirilmiş Thellier Yöntemi ve Ölçü Protokolü.....	50
3.2.5 Verilerin Güvenilirliğini Belirlemede Kullanılan İstatistiksel Parametreler.....	53
3.3 PALEOMANYETİZMA YÖNTEMİ.....	54
3.3.1 Paleomanyetik Çalışmalar Kapsamında Temizleme Yöntemleri.....	54
3.3.1.1 Isı ile Temizleme Yöntemi.....	55
3.3.1.2 Alternatif Alan ile Temizleme Yöntemi.....	56
3.3.2 Mıknatıslanma Doğrultularının Belirlenmesi.....	57
3.3.2.1 Zijderveld Diyagramı.....	58
3.3.2.2 Stereonet Projeksiyon Ağı ve Normalize Şiddet Değişim Grafiği.....	58
3.3.3 Temel Bileşen Analizi (PCA) Yöntemi.....	61
3.3.4 Paleomanyetik Verilerin Fisher İstatistik Yöntemi ile İstatistiksel Analizi.....	62
3.3.5 Mıknatıslanmanın Yaşı.....	64
3.4 KAYA MANYETİZMASI ÇALIŞMALARI.....	64
3.4.1 Sıcaklık Süseptibilite Ölçümleri.....	64
3.4.2 Histerezis Ölçümleri.....	65
3.4.3 Eş-Isıl Kalıntı Mıknatıslanma Eğrileri (EIKM Eğrileri).....	67
3.4.4 EIKM Bileşeninin Üç Eksende Isısal Temizleme İşlemi.....	68

3.5 PALEOŞİDDET, PALEOMANYETİZMA VE KAYA MANYETİZMASI ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN CİHAZLAR.....	68
3.5.1 Spinner Manyetometresi.....	69
3.5.2 Isısal Temizleme Cihazı	69
3.5.3 Alternatif Alan Temizleme Cihazı	70
3.5.4 Manyetik Süseptibilite Ölçüm Cihazı	71
3.5.5 Ani Miknatıslandırıcı.....	72
3.5.6 Titreşimli Örnek Manyetometresi	72
4. BULGULAR.....	74
4.1 PALEOMANYETİZMA ÖLÇÜMLERİ	74
4.1.1 Karakteristik Kalıntı Miknatıslanma Bileşenlerinin Elde Edilmesi	74
4.1.2 Mevkilerin Ortalama Kalıntı Miknatıslanma Vektörlerinin Hesaplanması	79
4.2 KAYA MANYETİZMA ÇALIŞMALARI.....	85
4.2.1 Sıcaklık Süseptibilite Ölçümleri.....	85
4.2.2 Histerezis Ölçümleri.....	86
4.2.3 EIKM Ölçümleri ve Üç Eksende Temizleme İşlemleri Sonuçları	88
4.3 PALEOŞİDDET ÖLÇÜMLERİ	88
4.3.1 Holosen (0.01My-Günümüz)	90
4.3.1.1 Geliştirilmiş Thellier Ölçümleri ve Verilerin Güvenilirliği.....	90
4.3.1.2 Holosen Ölçüm Ortalamaları	96
4.3.2 Pleyistosen (2.58-0.01 My)	98
4.3.2.1 Geliştirilmiş Thellier Ölçümleri ve Verilerin Güvenilirliği.....	98
4.3.2.2 Pleyistosen Ölçüm Ortalamaları	110
4.3.3 Pliyosen (5.33-1.8 My).....	116
4.3.3.1 Geliştirilmiş Thellier Ölçümleri ve Verilerin Güvenilirliği.....	116
4.3.3.2 Pliyosen Ölçüm Ortalamaları.....	119
4.3.4 Miyosen (23.03.0-5.33 My).....	120
4.3.4.1 Geliştirilmiş Thellier Ölçümleri ve Verilerin Güvenilirliği.....	120
4.3.4.2 Miyosen Ölçüm Ortalamaları.....	126
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	128
5.1 VERİLERİN GÜVENİLİRLİĞİ.....	128
5.2 PALEOMANYETİK VERİLER VE MIKNATISLANMANIN YAŞI.....	130
5.3 TÜM PALEOŞİDDET SONUÇLARI.....	132
5.4 GÜNÜMÜZDEN 30 MY ÖNCEKİ YERMANYETİK ALANI.....	134
5.4.1 Holosende Yermanyetik Alanı	137

5.4.2 Üst Pleyistosen’de Yermanyetik Alanı	141
5.4.3 Orta-Kalabriyen Pleyistosen’de Yermanyetik Alanı.....	145
5.4.4 Gelasiyen Pleyistosen-Pliyosen-Miyosen-Oligosen’de Yermanyetik Alanı.....	149
5.5 SONUÇLAR	154
KAYNAKLAR.....	155
EKLER	166
EK 1: NK mevkilerinin pilot örneklere ait temizleme sonuçlarının Stereonet Projeksiyon, Zijderveld Diyagramı ve Normalize Şiddet Değişim Eğrisi üzerinde gösterimi.....	166
EK 1 (devam): NK mevkilerinin pilot örneklere ait temizleme sonuçlarının Stereonet Projeksiyon, Zijderveld Diyagramı ve Normalize Şiddet Değişim Eğrisi üzerinde gösterimi.	167
EK 1 (devam): NK mevkilerinin pilot örneklere ait temizleme sonuçlarının Stereonet Projeksiyon, Zijderveld Diyagramı ve Normalize Şiddet Değişim Eğrisi üzerinde gösterimi.	168
EK 2: NK Mevkilere ait EIKM Eğrisi ve Üç Eksenli Temizleme Eğrisi	169
EK 2 (devam): NK Mevkilere ait EIKM Eğrisi ve Üç Eksenli Temizleme Eğrisi.	170
EK 2 (devam): NK Mevkilere ait EIKM Eğrisi ve Üç Eksenli Temizleme Eğrisi.	171
EK 3: NK mevkilerine ait sıcaklık-süseptibilite eğrileri.	172
EK 3 (devam): NK mevkilerine ait sıcaklık-süseptibilite eğrileri.....	173
EK 4: Veri tabanındaki çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan önceki çalışmalara ait veriler.....	174
EK 4 (devam): Veri tabanındaki çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan önceki çalışmalara ait veriler.....	175
EK 4 (devam): Veri tabanındaki çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan önceki çalışmalara ait veriler.....	176
ÖZGEÇMİŞ	177

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

- Şekil 1.1:** a)Batı Anadolu Örnek Yerleri b) Orta Anadolu Örnek Yerleri. KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, EFZ: Erciyes Fay Zonu, FBFZ: Fethiye Burdur Fay Zonu, ÖDFY: Ölü Deniz Fay Zonu, A: Ağrı Dağı, Ac: Acıgöl, E: Erciyes Dağı, G: Girekol Tepe, H: Hasan Dağı, K: Kars Platosu, Kc: Karacadağ, Kp: Karapınar Volkanik Alanı, Ku: Kula Platosu, N: Nemrut Dağı, S: Süphan Dağı (Aydın ve diğ. 2005'ten değiştirilerek çizilmiştir).....6
- Şekil 2.1:** Manyetik kutuplar ve en uygun dipol ($I=$ Manyetik inklinasyon açısı).9
- Şekil 2.2:** Kendi kendini uyarın dinamo. (Elsasser, 1958; Butler, 1992). B:Başlangıçta varolduğu kabul edilen manyetik alanı göstermektedir.....10
- Şekil 2.3:** Yermanyetik alanının vektörel bileşenlerinin kartezyen koordinat sistemindeki gösterimi.....14
- Şekil 2.4:** IGRF 1995'e göre yermanyetik alanın dünya üzerindeki dağılımı. a) Şiddet (μT) b) İnklinasyon ($^{\circ}$).15
- Şekil 2.5:** Yer merkezli aksel dipol model. McElhinny (1973)'den düzenlenmiştir (Butler,1992).16
- Şekil 2.6:** Paleomanyetik inklinasyon açıları (içi boş daire) ile yer merkezli aksel dipol modeli.....17
- Şekil 2.7:** Paleomanyetik kutup pozisyonlarının hesaplanmasında kullanılan parametreler (Butler, 1992).18
- Şekil 2.8:** a) S (enlem: λ_s , boylam : ϕ_s) noktasında Görünür Dipol momenti (VDM) göstermektedir. P (mekkiye ait enlem: λ_p , boylam: ϕ_p), dipolün Görünür Yermanyetik Kutuba (VGP) karşılık gelen noktasıdır. b) S'de Görünür Aksel Dipol Moment (VADM) ve yermanyetik alan şiddeti (μT) gösterilmektedir (Tauxe 2005).19
- Şekil 2.9:** Dipol momentinin 1880-1990 yılları arasındaki değişimi (Varga ve diğ., 2007).20
- Şekil 2.10:** 0-12 My polarite değişimlerinin manyetostatigrafi üzerinde gösterimi (Cande ve Kent, 1995). C : kron, n: normal polarite r: ters polarite.....24
- Şekil 2.11:** Sıcaklık-Mıknatıslanma Şiddeti eğrisi ve kısmi ısıl kalıntı mıknatıslanma kanununun uygulanması (Sanver, 1992).27

Şekil 3.1: Orta Anadolu Bölgesi Neojen-Kuvaterner volkanik birimlerin dağılımı ve örnek yerleri (MTA, 2013'den değiştirilerek çizilmiştir).....	33
Şekil 3.2: Farklı mevkilere ait örnek yerlerine ait arazi görüntüleri.	35
Şekil 3.3: Batı Anadolu Bölgesi Neojen-Kuvaterner olarak ayırtlanmış volkanik birimlerin dağılımı ve örnek yerleri (MTA, 2013'den değiştirilerek çizilmiştir).	36
Şekil 3.4: Farklı mevkilere ait örnek yerlerine ait arazi görüntüleri.	37
Şekil 3.5: a) Portatif karot alma makinesi b) Pusula ve yönlendirme sehpası c) Taş kesme cihazı d) Alınan örnekler e) Ölçüme hazırlanan örnekler.	39
Şekil 3.6: Paleoşiddet tayinin temel prensibini gösteren grafik (Tauxe, 2010).	40
Şekil 3.7: Arai Grafiği.....	43
Şekil 3.8: Arai plot üzerinde pTRM _{kontrol} gösterimi.	47
Şekil 3.9: Arai plot üzerinde pTRM _{tail} kontrol gösterimi.....	48
Şekil 3.10: d(t) değerinin elde edilmesi (Leonhardt ve diğ. 2004b'den çizilmiştir).	49
Şekil 3.11: Arai Plot üzerinde ilave kontrol (AC) gösterimi.	50
Şekil 3.12: Geliştirilmiş Thellier yöntemi ayrıntılı açıklaması (Valet, 2007).....	50
Şekil 3.13: Çalışmada uygulanan ölçüm adımları ve tipi.	53
Şekil 3.14: Bir doğal kalıntı mıknatıslanma vektörünün temizlenme aşamaları (Butler, 2004).	55
Şekil 3.15: Alternatif alan temizleme işleminde sinüsoidal dalğanın zamanla değişimi (Collinson, 1983).....	57
Şekil 3.16: Mıknatıslanma doğrultusunun ve şiddetinin Zijderveld Diyagramı'nda gösterimi. a) Yatay yönedeki değişim b) Düşey yöndeki değişim c) Yatay ve düşey yöndeki değişim. İçi dolu yuvarlak işaretler yatay projeksiyondaki vektör izdüşümünü, içi boş yuvarlak işaretler düşey projeksiyondaki vektör izdüşümü göstermektedir. Yuvarlak işaret üzerindeki sayılar temizleme adımlarını belirtir (Butler, 1992).	58
Şekil 3.17: Stereonet Projeksiyon Ağı'nda bir örnek üzerinde eğim ve sapma açısının gösterimi (Butler, 2004).	59
Şekil 3.18: Pilot örneklere ait ısısal ve alternatif alan ile temizleme süresince mıknatıslanma doğrultularının Stereonet Projeksiyon Ağı'nda gösterimi a) Güvenilir birincil mıknatıslanmaya ait örnek b) Güvenilir olmayan birincil mıknatıslanmaya ait örnek (Sanver, 1992).	59
Şekil 3.19: a) Aynı mevkiden toplanan örneklerin doğal kalıntı mıknatıslanma doğrultularının Stereonet Projeksiyon Ağı'nda gösterimi b) Isısal/alternatif alan	

temizleme işleminden sonra mıknatıslanma doğrultularının Wulff Diyagramı'nda gösterimi (Sanver, 1992).	60
Şekil 3.20: Temizleme işlemleri sırasında Normalize Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafiği. a) Isısal temizleme işlemi sırasında çeşitli kayaçlarda karşılaşılan mıknatıslanma şiddetlerinin değişimi b) Alternatif alan uygulanarak yapılan çeşitli kayaçlarda karşılaşılan mıknatıslanma şiddetlerinin değişimi (Sanver, 1992).	61
Şekil 3.21: Volkanoklastik bir kayaca ait sıcaklık- süseptibilite ölçümü. Kırmızı çizgi ısınma eğrisini, mavi çizgi soğuma eğrisini göstermektedir.	65
Şekil 3.22: Histerezis çevrim eğrisi ve parametreleri (Lowrie, 2007).	66
Şekil 3.23: a) Day diyagramı, (Day ve diğ., 1977) b) Histerezis parametreleri ve tane yapısı ilişkisi (Thompson ve Oldfield, 1986). (TD=Tek Domen, YTD=Yalancı Tek Domen, ÇD=Çoklu Domen, SPM=Süperparamanyetik.	67
Şekil 3.24: Manyetit ve Hematit mineralleri için Normalize Mıknatıslanma Şiddeti Eğrisi (Butler, 1992).	67
Şekil 3.25: Doygun eş ısıal mıknatıslanma bileşenin üç yönde (x, y, z) farklı alan uygulandıktan sonra ısısal temizleme yöntemiyle temizlenmesi sonucunda oluşan eğri (M _x =Düşük alan sıcaklık bileşeni, M _y =Orta alan sıcaklık bileşeni, M _z =Yüksek alan sıcaklık bileşeni).	68
Şekil 3.26: Agico JR-6A Spinner manyetometresi.	69
Şekil 3.27: a) MMTD80 ısısal temizleme fırını b) Fırın ölçüm programlamanın yapıldığı ön panelin yakından görüntüsü.	70
Şekil 3.28: Agico LDA-3A Alternatif Alan Temizleme Sistemi.	71
Şekil 3.29: Manyetik süseptibilite-sıcaklık ölçümleri için kullanılan Bartington MS2 Sistemi.	72
Şekil 3.30: Molspin şirketine ait ani mıknatıslandırıcı.	72
Şekil 3.31: MicroMag Manyetometresi.	73
Şekil 4.1: NK19-1A mevkisine ait alternatif alan temizleme sonuçlarının a) Normalize Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafiği b) Zijderveld Diyagramı c) Stereonet Projeksiyon üzerinde gösterimi.	75
Şekil 4.2: NK3-4B mevkisine ait ısı temizleme sonuçlarının a) Zijderveld Diyagramı b) Normalize Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafiği c) Stereonet Projeksiyon üzerinde gösterimi.	76
Şekil 4.3: NK18-3B mevkisine ait alternatif alan temizleme sonuçlarının a) Normalize Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafiği b) Zijderveld Diyagramı c) Stereonet Projeksiyon üzerinde gösterimi.	77

Şekil 4.4: NK 33-1A mevkisine ait alternatif alan temizleme sonuçlarının a) Normalize Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafiği b) Zijderveld Diyagramı c) Stereonet Projeksiyon üzerinde gösterimi.	78
Şekil 4.5: NK 7 mevkisine ait alternatif alan temizleme sonuçlarının a) Zijderveld Diyagramı b) Normalize Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafiği c) Stereonet Projeksiyon üzerinde gösterimi.	79
Şekil 4.6: Mıknatıslanma vektörlerinin değerlendirmesine ilişkin örnek.	80
Şekil 4.7: Holosen yaşlı mevkilere ait ortalamalar ve istatistiksel parametreler.	81
Şekil 4.8: Üst Pleyistosen yaşlı mevkilere ait ortalamalar ve istatistiksel parametreler.	81
Şekil 4.9: Orta ve Kalabriyen Pleyistosen yaşlı mevkilere ait ortalamalar ve istatistiksel parametreler.	82
Şekil 4.10: Gelasiyen Pleyistosen yaşlı mevkilere ait ortalamalar ve istatistiksel parametreler.	82
Şekil 4.11: Pliyosen yaşlı mevkilere ait ortalamalar ve istatistiksel parametreler.	83
Şekil 4.12: Miyosen yaşlı mevkilere ait ortalamalar ve istatistiksel parametreler.	83
Şekil 4.13: Örneklerin sıcaklık- süseptibilite eğrileri (Kırmızı ve mavi çizgiler sırasıyla ısınma ve soğuma esnasındaki süseptibilite değişimlerini göstermektedir).	85
Şekil 4.14: Histerezis ölçüm sonuçlarını temsil eden örnekler.	86
Şekil 4.15: Day Plot (TD: Tek Domen, YTD: Yalancı Tek Domen, ÇD: Çoklu Domen).	87
Şekil 4.16: NK4.3A nolu örneğe ait; a) EIKM eğrisi b) Üç eksenli temizleme eğrisi. M_x =Düşük alan bileşeni (0.12 T), M_y =Orta alan bileşeni (0.40 T), M_z =Yüksek alan bileşeni (1T).	88
Şekil 4.17: Holosen yaşlı örneklerle ait Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan pTRM'leri, kırmızı kareler ilave kontrol ile pTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol $d(AC)$ 'yi göstermektedir. Sol sütun; kriterleri geçen, sağ sütun; kriterleri geçemeyen temsili örneklerle ait Aria grafikleridir.	92
Şekil 4.18: Holosen yaşlı örneklerden elde edilen a) Paleoşiddet b) VDM c) Ortalama paleoşiddet d) Ortalama VDM sonuçları.	96
Şekil 4.19: Üst Pleyistosen yaşlı örneklerden elde edilen Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan pTRM'leri, içi boş üçgenler pTRM kontrol ölçülerini $d(CK)$ 'yi kırmızı kareler ilave kontrol ile pTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol $d(AC)$ 'yi göstermektedir). Sol sütun; kriterleri geçen, sağ sütun; kriterleri geçemeyen bazı örneklerle ait Aria grafikleridir.	100

Şekil 4.20: Orta-Kalabriyen Pleyistosen yaşlı örneklerden elde edilen Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan PTRM'leri, kırmızı kareler ilave kontrol ile PTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol $d(AC)$ 'yi göstermektedir).....	103
Şekil 4.21: Gelasiyen Pleyistosen Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan PTRM'leri, kırmızı kareler ilave kontrol ile PTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol $d(AC)$ 'yi göstermektedir). Sol sütun; kriterleri geçen sağ sütun; kriterleri geçemeyen bazı örneklerle ait Aria grafikleridir.	108
Şekil 4.22: Üst Pleyistosen 'de elde edilen) Paleşiddet b) VDM c) Ortalama paleşiddet d) Ortalama VDM sonuçları.....	110
Şekil 4.23: Orta-Kalabriyen Pleyistosen 'de elde edilen) Paleşiddet b) VDM c) Ortalama paleşiddet d) Ortalama VDM sonuçları.....	113
Şekil 4.24: Gelasiyen Pleyistosen'de elde edilen) Paleşiddet b) VDM c) Ortalama paleşiddet d) Ortalama VDM sonuçları.....	115
Şekil 4.25: Pliyosen Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan PTRM'leri, içi boş üçgenler PTRM kontrol ölçülerini $d(CK)$ 'yı kırmızı kareler ilave kontrol ile PTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol $d(AC)$ 'yi göstermektedir).	117
Şekil 4.26: Pliyosen'de elde edilen) Paleşiddet b) VDM c) Ortalama paleşiddet d) Ortalama VDM sonuçları.....	119
Şekil 4.27: Miyosen Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan PTRM'leri, içi boş üçgenler PTRM kontrol ölçülerini $d(CK)$ 'yı kırmızı kareler ilave kontrol ile PTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol $d(AC)$ 'yi göstermektedir). Solsütun; kriterleri geçen, sağ sütun; kriterleri geçemeyen bazı örneklerle ait Aria grafikleridir.....	122
Şekil 4.28: Miyosen'de elde edilen a) Paleşiddet b) VDM c) Ortalama paleşiddet d) Ortalama VDM sonuçları.....	126
Şekil 5.1: Holosen-Miyosen yaş aralığındaki coğrafik koordinatlardaki ortalama paleomanyetizma sonuçları (Siyah daire günümüzdeki D ve I değerlerini vermekte, x işareti ortalama D ve I değerlerini göstermektedir. Kırmızı içi dolu daireler; normal polarite, içi boş daireler ters polariteleri göstermektedir).....	131
Şekil 5.2: Çalışma sonucunda elde edilen ortalama paleşiddet ve VDM değerlerinin zamanla değişimi. Kesikli çizgi günümüz değerlerini göstermektedir.	133
Şekil 5.3: Çalışma kapsamında elde edilen VDM değerlerinin, tüm Dünyadaki ve çalışma alanı ile aynı enlemde elde edilmiş olan VDM değerleri ile karşılaştırılması.....	135
Şekil 5.4: Bu çalışmadan elde edilen ve çalışma alanı ile aynı enlemde daha önceden elde edilmiş olan (Borokpint, 2015) paleşiddet, VDM, İnklinasyon, Deklinasyon, VGP Lat. Sonuçları.	136

Şekil 5.5: Holosen dönemi VDM sonuçları (Tüm dünya verileri ve aynı enlemdeki veriler Borokpint veri tabanından alınmıştır).	139
Şekil 5.6: Holosen dönemi paleoşiddet ve paleomanyetizma sonuçları a) Tüm dünyadaki VDM b) Aynı enlemdeki Paleoşiddet c) Aynı enlemdeki İnklinasyon d) Aynı enlemdeki Deklinasyon e) VGP (Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri tabanından alınmıştır).	140
Şekil 5.7: Üst Pleyistosen yaşlı VDM sonuçları. Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri setinden alınmıştır.....	143
Şekil 5.8: Aynı enlemdeki Üst Pleyistosen dönemindeki çalışma sonuçları a) VDM b) Paleoşiddet c)İnklinasyon d) Deklinasyon e) VGP (Pembe alanlar Brunhes içindeki manyetik sapmaları göstermektedir. Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri setinden alınmıştır).	144
Şekil 5.9: Orta-Kalabriyen Pleyistosen yaşlı VDM sonuçları. Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri setinden alınmıştır.	147
Şekil 5.10: Çalışma alanıyla aynı enlemdeki Orta Kalabriyen Pleyistosen yaşlı çalışma sonuçları a) VDM ,Siyah renk; T^+ yöntemi, turuncu renk T^- yöntemini göstermektedir. b) Paleoşiddet c) İnklinasyon Açısı d) Deklinasyon Açısı e) VGP (Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri setinden alınmıştır. Mavi çizgiler Matuyama, Brunhes döneminde elde edilen ortalama inklinasyon ve deklinasyonu göstermektedir. Pembe alanlar Matuyama dönemindeki polarite değişikliklerini göstermektedir).	148
Şekil 5.11: Gelasyen Pleyistosen-Pliyosen-Miyosen-Oligosen yaşlı VDM sonuçları. Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri setinden alınmıştır.	152
Şekil 5.12: Pleyistosen, Pliyosen, Miyosen, Oligosen.dönemlerinden elde edilen a) Paleoşiddet b) İnklinasyon Açısı d) Deklinasyon Açısı e) VGP (Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri setinden alınmıştır. Çalışma ile aynı enlemden kullanılan yöntemler Mavi renk Z, turuncu renk T^- , siyah renk T^+ olarak gösterilmiştir).	153

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: 0-30 My arası normal polarite aralıkları (Cande ve Kent 1995).	22
Tablo 3.1: Orta Anadolu Bölgesinde alınan örneklerin koordinat ve yaş bilgileri. Yaş verileri referansları: (1) Platzman ve diğ.,1998, (2) Doğan, 2011, (3) Aydar ve diğ., 2013, (4) Mues-Schumacher ve Schumacher, 1996.....	34
Tablo 3.2: Nevşehir’den alınan örneğe ait K/Ar yaş tayini.	35
Tablo 3.3: Uşak (Eşme)’den alınan örneklere ait K/Ar yaş tayini.	37
Tablo 3.4: Batı Anadolu Bölgesinden alınan örneklerin koordinat ve yaş bilgileri.	38
Tablo 3.5: Bir örneğe ait uygulanan işlemler (Leonhardt ve diğ., 2004a).....	52
Tablo 3.6: Paleşiddet sonuçlarının sınıflandırılmasında kullanılan kriterler.....	54
Tablo 4.1: Paleomanyetizma sonuçları.N/n: çalışılan örnek sayısı/değerlendirilen örnek sayısı, k: prezisyon parametresi, A ₉₅ : emniyet çemberi, VGP lat.: Yermanyetik Kutup latitud, VGP long.: Yermanyetik Kutup longitud, Dp/dm: Güvenlik çemberi.	84
Tablo 4.2: Histerezis ölçüm sonuçlarından elde edilen parametreler.	87
Tablo 4.3: Holosen yaşlı örneklerden elde edilen paleşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözleendiği adımların sayısı, f: DKM nın bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açılal sapma, Alfa: Doğrultu Kriteri , S: Sınıf , d(t [*]): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekraralama demanyetizasyon adımıında şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark).....	94
Tablo 4.4: Holosen yaşlı örneklerden elde edilen ortalama Paleşiddet ve VDM değerleri (S.S: Standart Sapma, *: ortalamaya alınmamış değerleri göstermektedir).....	97
Tablo 4.5: Üst Pleyistosen yaşlı örneklerden elde edilen paleşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözleendiği adımların sayısı, f: DKM nın bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açılal sapma, Alfa: Doğrultu kriteri, S: Sınıf, d(CK): rölatif kontrol hatası, d(pal): kontrol farklarının toplamı, DRAT: maksimum mutlak fark d(t [*]): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekraralama demanyetizasyon adımıında şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark).....	101

- Tablo 4.6:** Orta-Kalbriyen Pleyistosen yaşlı örneklerden elde edilen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözleendiği adımların sayısı, f: DKM'nın bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açısal sapma, Alfa: Doğrultu Kriteri, S: Sınıf, d(CK): rölatif kontrol hatası, d(pal): kontrol farklarının toplamı, DRAT: maksimum mutlak fark d(t^{*}): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlama demanyetizasyon adımımda şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark). 105
- Tabo 4.7:** Gelasiyen Pleyistosen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözleendiği adımların sayısı, f: DKM'nın bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açısal sapma, Alfa: Doğrultu kriteri, S: Sınıf, d(CK): rölatif kontrol hatası, d(pal): kontrol farklarının toplamı, DRAT: maksimum mutlak fark d(t^{*}): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlama demanyetizasyon adımımda şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark). 109
- Tablo 4.8:** Üst Pleyistosen Paleoşiddet ve VDM ortalama sonuçları (S.S: Standart Sapma, *:ortalamaya alınmamış değerleri göstermektedir). 111
- Tablo 4.9:** Orta-Kalabriyen Pleyistosen Paleoşiddet ve VDM ortalama sonuçları (S.S : Standart Sapma, *: ortalamaya alınmamış değerleri göstermektedir). 113
- Tablo 4.10:** Gelasiyen Pleyistosen Paleoşiddet ve VDM ortalama sonuçları (S.S : Standart Sapma, *: ortalamaya alınmamış değerlerigöstermektedir). 115
- Tablo 4.11:** Pliyosen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözleendiği adımların sayısı, f: DKM'nın bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açısal sapma, Alfa: Doğrultu kriteri, S: Sınıf, d(CK): rölatif kontrol hatası, d(pal): kontrol farklarının toplamı, DRAT: maksimum mutlak fark d(t^{*}): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlama demanyetizasyon adımımda şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark). 118
- Tablo 4.12:** Pliyosen Paleoşiddet ve VDM ortalama sonuçları (S.S : Standart Sapma). 120
- Tablo 4.13:** Miyosen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözleendiği adımların sayısı, f: DKM'nın bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açısal sapma, Alfa: Doğrultu kriteri, S: Sınıf, d(CK): rölatif kontrol hatası, d(pal): kontrol farklarının toplamı, DRAT: maksimum mutlak fark d(t^{*}): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlama demanyetizasyon adımımda şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark). 124
- Tablo 4.14:** Miyosen Paleoşiddet ve VDM ortalama sonuçları (S.S : Standart Sapma). 127

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler

Açıklama

μT	: Mikrotesla
$^{\circ}$: Derece
δ	: Delta
b	: Seçilen en iyi doğrunun eğimi
σb	: Standart hata
β	: Standart hata/ seçilen en iyi doğrunun eğimi
λ	: Paleoenlem
q	: Kalite sınıfı

Kısaltmalar

Açıklama

My	: Milyon yıl
By	: Bin yıl
Yy	: Yüzyıl
VDM	: Görünür Dipol Moment
VADM	: Görünür Eksenel Dipol Moment
VGP	: Görünür Yermanyetik Kutup
D	: Deklinasyon (Sapma açısı)
I	: İnklinasyon (Eğim açısı)
MAD	: Maksimum Açısal Sapma
Oe	: Örsted
LGM	: Maksimum son buzul çağı
IAGA	: Uluslararası Jeomanyetizma ve Aeronomi Derneği
NRM-DIKM	: Doğal Isıl Kalıntı Miknatıslanma]

ÖZET

[ORTA VE BATI ANADOLU'DA YERMANİYETİK ALAN ŞİDDETİNİN NEOJEN-KUVATERNER BOYUNCA DEĞİŞİMİ]

[DOKTORA TEZİ]

[Nurcan KAYA]

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

[Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı]

[Danışman : Prof. Dr. Z.Mümtaz HİSARLI]

[Yermanyetik alanı Dünya'yı güneşten gelen parçacıklara karşı koruyan bir kalkan görevi görmektedir. Bu nedenle, yermanyetik alanında meydana gelebilecek değişimlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Gelecekte meydana gelebilecek değişimleri tahmin edebilmek için geçmiş kayıtların detaylı ve yüksek çözünürlükte elde edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, yermanyetik alanının kaynağı, dinamiği ve davranışları hakkında bilgi sağlamak için de manyetik alanın geçmişte nasıl davrandığını belirlemek önemlidir. Vektörel bir büyüklük olan yermanyetik alanının geçmiş dönemlerdeki yönü ve doğrultusu paleomanyetizma, şiddeti ise paleoşiddet yöntemleri ile belirlenebilmektedir.

Bu tez çalışmasında, Orta ve Batı Anadolu'da Neojen-Kuvaterner dönemine ait yermanyetik alanın paleoşiddet değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, çalışma bölgesindeki yaşları 0.0009 My ve 16 My arasında değişen Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik alanlarda bulunan 34 adet mevkiden toplam 233 adet örneğin paleoşiddet ölçümleri yapılmıştır. Tüm örneklerle Geliştirilmiş Thellier yöntemi uygulanarak paleoşiddet değerleri elde edilmiştir. Kısmi ısıtılma kazandırma işlemleri (pTRM), örneklerin adım adım ısıtılması ve sabit 35µT bir alanda soğutulması ile gerçekleştirilmiştir. Verilerin güvenilirliğini test etmek için gerçekleştirilen kaya manyetizması çalışmaları ile örneklerin

mıknatıslanmadan sorumlu mineralin cinsleri, alterasyon miktarları ve domen yapıları belirlenmiştir.

Paleomanyetik analizler sonucunda, Neojen-Kuvaterner yaşlı 29 mevkiye ait ortalama deklinasyon açısı 178.9° , inklinasyon açısı -52.3° , α_{95} 6.9 ve k 16.1 olarak bulunmuştur. Günümüze ait aynı enlemdeki deklinasyon ve inklinasyon açısı ile karşılaştırıldığında, Miyosen'den bugüne bölgede tektonik bir hareket olmadığı saptanmıştır. Ayrıca yapılan terslenme testi ile de mıknatıslanmanın yaşının orijinal olduğu tespit edilmiştir.

Paleomanyetizma ve paleoşiddet analizleri ile her bir mevki için Görünür Dipol Moment (VDM) ve paleoşiddet değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Holosen, Pleyistosen, Pliyosen ve Miyosen olmak üzere dört farklı jeolojik dönem altında yorumlanmıştır. Tüm sonuçlar aynı zaman aralıklarında veri tabanındaki (Borokpint) tüm verilerle ve aynı enlemde çalışılmış verilerle ile karşılaştırılmıştır.

Holosen'de, 900 ile 2600 yıl yaş aralığında çalışılan 6 mevkiye ait örneklerden elde edilen ortalama paleoşiddet değerleri $47.22 \mu\text{T}$ ile $71.98 \mu\text{T}$ arasında ve ortalama VDM değerleri $7.5 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ ile $12 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ arasında bulunmuştur. Genel olarak elde edilen bu paleoşiddet ve VDM değerlerinin bazıları günümüze yakın (günümüz VDM değeri $8 \times 10^{22} \text{ Am}^2$, paleoşiddet değeri ise $47 \mu\text{T}$) ve bazılarının da yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca Borokpint veri tabanında aynı yaş aralığındaki verilerle birlikte değerlendirdiğimizde 3000 yıl önce manyetik alan şiddetinden sapmaların olmadığı ve manyetik alan şiddetinin günümüze yakın olduğu tespit edilmiştir.

Pleyistosen dönemi, Üst Pleyistosen, Orta-Kalabriyen Pleyistosen, Gelasiyen Pleyistosen olarak 3 dönemde incelenmiştir. 13.1 By yaşındaki **Üst Pleyistosen dönemindeki** örneklerden $24.18 \mu\text{T}$ gibi günümüze göre düşük paleoşiddet ve $4.13 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ gibi günümüze göre düşük VDM değeri, elde edilmiştir. Bu düşük değerler Hilina Pali (14-22 By) ya da Iberian Margin (13 By) manyetik alan sapmaları ile örtüşmektedir. Ayrıca, 11.7 By önce meydana gelen son buzul çağı (LGM) ve Younger Drays döneminin geçişi ile ilişkili olduğu da düşünülmektedir. Kesin sonuca varabilmek için veri sayısının artırılması gerekliliği ortaya konmuştur. **Orta-Kalabriyen Pleyistosen döneminde**, 670 By yaşlı örneklerden günümüze göre daha düşük paleoşiddet ($12.25 \mu\text{T}$), düşük VDM ($2.49 \times 10^{22} \text{ Am}^2$) ve ters polarite değerleri ($I = -45.1$) elde edilmiştir. 710 By yaşındaki örneklerden ise 670 By yaşındaki örneklere göre daha yüksek paleoşiddet ($51.34 \mu\text{T}$), daha yüksek VDM ($10.19 \times 10^{22} \text{ Am}^2$) ve normal polarite değerleri ($I = 47.7$) elde edilmiştir. Elde edilen verilerle, bu zaman aralığında manyetik alan şiddetinden sapmaların varlığı tespit edilmiştir. Literatürde bu yaşa karşılık gelen terslenme Delta sapması olarak isimlendirilmiştir. Bu tez çalışmadan elde edilen sonuçlarla bir kez daha Delta sapması doğrulanmıştır. Aynı jeolojik dönemde, 1.1 My yaşlı örneklerden elde edilen paleoşiddet ($32.8 \mu\text{T}$) ve VDM değerinin ($6.94 \times 10^{22} \text{ Am}^2$) Borokpint veri tabanı ile uyumlu olduğu bulunmuştur. Bu örnekten elde edilen -41.4° inklinasyon açısı manyetostratigrafide Matuyama ters polaritedeki dönemin genel karakteriyle de uyumludur. **Orta-Kalabriyen Pleyistosen'de** Brunhes dönemine ait 200 By dan küçük ve 710 By yaşındaki örneklerden sırasıyla 352.1° ve 351.7° denklinasyon açıları elde edilmiştir. Veri tabanında bu yaş grubu için sapma açısı ise günümüzdeki değerine yakın 355° olarak verilmiştir. Yine **Orta-Kalabriyen Pleyistosen** içinde Matuyama dönemine ait 1.1 My ve 1.48 My yaşlı örneklerden elde edilen deklinasyon açılarının sırasıyla 170.2° ve 213.8° olması ve veri tabanından elde edilen deklinasyon açılarının 180° civarlarında sıralanmış olması polarite değişikliğini göstermektedir. **Gelasiyen Pleyistosen'e** ait 1.84 My yaşlı mevkiye ait

örneklerden günümüzden düşük paleoşiddet (24.97 μT) ve VDM değeri ($4.6 \times 10^{22} \text{ Am}^2$) saptanmıştır. 2.15 ve 2.57 My yaşlı mevkiye ait örneklerden ise günümüzden yüksek paleoşiddet (65.51 μT , 79.61 μT) ve VDM değeri ($14.86 \times 10^{22} \text{ Am}^2$, $14.54 \times 10^{22} \text{ Am}^2$) saptanmıştır. Bu dönemden elde edilen sonuçların, az sayıda bulunan önceki çalışmalarla uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Pliyosen dönemindeki 4.7 My yaşlı mevkiye ait örneklerden elde edilen düşük VDM, düşük paleoşiddet (VDM: $4.38 \times 10^{22} \text{ Am}^2$, paleoşiddet: 20.98 μT) ve normal polarite değeri ($I=42.9^\circ$), ters polariteli Gilbert dönemi içindeki bir manyetik alandan sapmaya işaret ettiği sonucuna varılmıştır. Bu da manyetostatigrafide C3n.2n kronuna denk gelen Nunivak terslenmesini desteklemektedir. Aynı dönem içerisinde 4.43 My yaşlı bir başka mevkiye ait örneklerden elde edilen benzer sonuçlar (VDM: $4.61 \times 10^{22} \text{ Am}^2$, paleoşiddet: 25.18 μT) yine Nunivak terslenmesinin bu zaman aralığında da devam ettiğini düşündürmektedir. Ancak bu verinin mutlak yaş standart hatasının yüksek olması bu sonucu tartışmaya açık bırakmıştır.

5.98 My ve 14.3 My yaşlı **Miyosen dönemine** ait iki mevkiden sırasıyla günümüzden yüksek olan $10.17 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ ve $9.68 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ VDM değerleri ve 8.37 My, 16.42 My, 16.48 My yaşlı üç mevkiden ise sırasıyla günümüzden düşük olan $\sim 3.30 \times 10^{22}$, 4.0×10^{22} , $3.70 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ VDM değerleri hesaplanmıştır. 8.37 My, 16.42 My yaşlarındaki mevkilere ait örneklerden elde edilen negatif inklinasyon açıları bu dönemde meydana gelen manyetik alandan sapmalar ile uyumludur. Ancak 5.98 My yaşındaki mevkiye ait örneklerden elde edilen negatif inklinasyon açısı ($I: -42.6$) Gilbert ters polarite dönemi ile ilişkilendirilmiş ve manyetik alanda bir sapmanın olmadığı sonucuna varılmıştır. 14.3 My yaşlı mevkiye ait örneklerden elde edilen pozitif inklinasyon açısı ($I: 33.5$) normal polariteli C5ADn kronuna karşılık geldiği saptanmıştır. 16.44 My ve 16.48 My yaşlı mevkilere ait örneklerden elde edilen pozitif inklinasyon açısı (22.9° , 27.2°) ve düşük paleoşiddet değeri (34.34 μT , 15.59 μT) ters polaritede olan dönem içinde meydana gelen manyetik alandan sapmayla açıklanmıştır. 5.98-16.48 My arasında elde edilen güvenilir paleoşiddet sonuçları ile, veri sayısının çok az olduğu Miyosen dönemi veri tabanına önemli bir katkı koyulmuştur. Elde edilen sonuçlar az sayıda olan diğer verilerle de uyumlu bulunmuştur.

Bu tez çalışması ile ilk defa Orta-Batı Anadolu'da bulunan **Neojen-Kuvaterner dönemine** ait paleoşiddet verileri yüksek hassasiyet ve güvenilirlikte ortaya konmuştur. Dünyadaki veriler incelendiğinde, özellikle, 14-26 My aralığında bir veri boşluğu göze çarpmaktadır. Bu çalışma kapsamında elde edilen yeni ve güvenilir veriler ile bu zaman aralığındaki veri boşluğu doldurulmuştur. Tez çalışması ile elde edilen mutlak yaş verilerine sahip güvenilir paleoşiddet verilerinin, literatüre oldukça önemli katkılar sunacağı ve gelecekte Türkiye'deki paleoşiddet çalışmalarına, öncül bir çalışma olarak, hız vereceği açıktır. |

Mayıs 2020, [201] sayfa.

Anahtar kelimeler: [Paleoşiddet, Görünür Dipol Moment, Görünür Eksenel Dipol Moment, Paleomanyetizma, Yermanyetik Alanı, Orta Anadolu, Batı Anadolu, Neojen, Kuvaterner, Manyetik Alan Terslenmeleri, Kron.]

SUMMARY

[THE VARIATION OF GEOMAGNETIC FIELD INTENSITY IN CENTRAL AND WESTERN ANATOLIA DURING NEOGENE-QUATERNARY]

[Ph.D. THESIS]

[Nurcan KAYA]

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

[Department of Geophysical Engineering]

Supervisor : [Prof. Dr.] [Z.Mümtaz HİSARLI]

[Earth's magnetic field acts as a shield that protects the Earth against particles that arrives from the sun. Therefore, it is very important to determine the variations in the geomagnetic field. To estimate these variations, which may occur in the future, high resolutional records in the past should be obtained in detail. Further, to provide information about the origin, dynamics, and behavior of the geomagnetic field, it is also important to observe how it behaves in the past. The observations related to the polarity and direction of the geomagnetic field, can be determined by paleomagnetism and its intensity by paleointensity studies.

In this thesis, it is aimed to determine the paleointensity variations of the geomagnetic field during the Neogene-Quaternary period in Central and Western Anatolia. For this purpose, a total of 233 samples were taken from 34 sites in the Neogene-Quaternary volcanic areas, of which age ranges between 0.0009 Ma and 16 Ma. Paleointensity values were obtained by applying the (Enhanced Thellier method) on all samples. Partial thermal remanent magnetization processes (pTRM) were carried out by heating the samples step by step and cooling them in a bias 35 μ T field. By rock magnetism studies, which are carried out to test

the reliability of the data, magnetic minerals responsible for magnetization, alteration amounts and magnetic domain structures were determined.

As a result of paleomagnetic analysis, the mean declination of the Neogene-Quaternary aged 29 locations is found as 178.9° and the inclination as -52.3° , α_{95} 6.9 and k 16.1. Compared to the inclination and declination expected from a geocentric axial dipole (GAD) for the study area, it has been determined that there is no tectonic movement in the region since Miocene. In addition, with the reversal test, the age of the magnetization was found as to be original.

Virtual Dipol Moment (VDM) and paleointensity values were calculated for each site by paleomagnetism and paleointensity analysis and the results were interpreted under four different geological periods as Holocene, Pliocene, Pleistocene and Miocene. All results were compared with global database (Borokpint) at the same time intervals and latitude.

During **Holocene**, the average paleointensity and mean VDM values obtained from the samples from 6 sites between 900 and 2600 years were found between $47.22 \mu\text{T}$ and $71.98 \mu\text{T}$ and between $7.5 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ and $12 \times 10^{22} \text{ Am}^2$, respectively. Some of these paleointensity and VDM values are close to present paleointensity values with $47 \mu\text{T}$ and axial dipol moment with $8 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ and some of them are higher. In addition, when we evaluate the data in the Borokpint database with the same age range, it was determined that there were no excursions in the geomagnetic field intensity 3000 years ago and the magnetic field intensity was close to the value of present day.

Pleistocene period was studied in three periods as Upper Pleistocene, Middle-Calabrian Pleistocene and Gelacian Pleistocene. It was obtained low paleointensity value of $24.18 \mu\text{T}$ and low VDM values of $4.13 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ for the upper Pleistocene period, which are lower than today values. These low values coincide with Hilina Pali ($\sim 14\text{-}22 \text{ Ka}$) or Iberian Margin ($\sim 13 \text{ Ka}$) geomagnetic field excursions. It is also thought to be related to the Last ice age (LGM) that occurred 11.7 Ka ago and the transition of the Younger Drays period. In order to reach a definitive conclusion, more amount of data is needed. In the **Middle-Calabrian Pleistocene** period, low paleo intensity ($12.25 \mu\text{T}$), low VDM ($2.49 \times 10^{22} \text{ Am}^2$) and inverse polarity values (-45.1°) were obtained from the samples with the age of 670 Ka . Compared to the samples of 770 ka , higher paleointensity ($51.34 \mu\text{T}$), higher VDM ($10.19 \times 10^{22} \text{ Am}^2$) and normal polarity values (47.7°) were obtained from 710 ka age samples. With the data obtained, the presence of excursions in the geomagnetic field intensity in this time interval was determined. In literature, the excursion corresponding to this age is called Delta excursion. Delta excursion was confirmed once again with the results obtained from this thesis study. In the same geological period, paleointensity ($32.8 \mu\text{T}$) and VDM value ($6.94 \times 10^{22} \text{ Am}^2$) obtained from 1.1 Ma aged samples were found to be compatible with the Borokpint database. The angle of -41.4° inclination obtained from this sample is also compatible with the general characteristics of the period in reverse polarity Matuyama in magnetostratigraphy. 352.1° and 351.7° declination angles were obtained in the **Middle-Calabrian Pleistocene** samples less than 200 ka and 710 ka years respectively, belonging to the Brunhes period. The declination angle for this age group in the database is given as 355° close to its current value. Also, in the **Middle-Calabrian Pleistocene**, the declination angles obtained from the Matuyama period of 1.1 Ma and 1.48 Ma samples are 170.2° and 213.8° respectively, and the declination obtained from the database are listed around 180° indicate the polarity reversal. From the samples of 1.84 Ma in **Gelacian Pleistocene**, lower paleointensity ($24.97 \mu\text{T}$) and VDM value ($4.6 \times 10^{22} \text{ Am}^2$) has been determined. From the samples taken from the sites with the age of 2.15 and

2.57 Ma , high intensity (65.51 μT , 79.61 μT) and VDM value ($14.86 \times 10^{22} \text{ Am}^2$, $14.54 \times 10^{22} \text{ Am}^2$) has been determined. It is observed that the results obtained from this period are in good agreement with previous studies.

Low VDM, low paleointensity (VDM: $4.38 \times 10^{22} \text{ Am}^2$, paleointensity: 20.98 μT) and normal polarity value ($I = 42.9^\circ$) obtained from the samples taken from the site of 4.7 Ma aged in the **Pliocene period** indicate the reversals from a geomagnetic field within the Gilbert period with reverse polarity. This supports Nunivak reversal, which corresponds to the C3n.2n chron in magnetostratigraphy. Similar results obtained from samples from another site of 4.43 Ma age in the same period (VDM: $4.61 \times 10^{22} \text{ Am}^2$, paleointensity: 25.18 μT) also suggest that the Nunivak reversal continues in this time interval. However, the high absolute age standard error of this data left this result open to discussion.

$10.17 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ and $9.68 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ VDM values (higher than present value) were calculated for the two locations of 5.98 Ma and 14.3 Ma for the **Miocene period** and 3.30×10^{22} , 4.0×10^{22} , $3.70 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ VDM values (lower than present value), were calculated for the ages of 8.37 Ma, 16.42 Ma, 16.48 Ma of three locations. Negative inclination directions obtained from samples with the age of 8.37 Ma, 16.42 Ma are compatible with the reversals from the geomagnetic field in this period. However, the negative inclination (-42.6°) obtained from the samples of the 5.98 Ma was associated with the Gilbert reverse polarity period and it was concluded that there was no reversal in the geomagnetic field. Positive inclination (33.5°) obtained from 14.3 Ma old samples was found to correspond to the C5ADn chron with normal polarity. The positive inclinations (22.9° , 27.2°) and low paleointensity values (34.34 μT , 15.59 μT) obtained from the samples of 16.44 Ma and 16.48 Ma age were explained by the deviation in the geomagnetic field occurring during the period of reverse polarity. With the reliable paleointensity results obtained between 5.98-16.48 Ma, a significant contribution was made to the **Miocene period** database, where the number of data is scarcity. The results obtained were also compatible with data in the literature, which are few.

In this thesis, for the first time, paleointensity data over the **Neogene-Quaternary period** in Central-Western Anatolia were revealed with high sensitivity and reliability. When the data in the literature are examined, data gap in the 14-26 Ma range is especially noticeable. With the new and reliable data obtained within the scope of this study, the data gap in this time frame has been filled. The results obtained in this thesis to be expecting to provide a very important contribution to the literature and would shed light as a preliminary study for three future paleointensity studies. |

May 2020, [201] pages.

Keywords: |Paleointensity, Virtual Dipole Moment (VDM), Virtual Axial Dipole Moment (VADM), Earth's magnetic field, Paleomagnetism, Western Anatolia, Central Anatolia, Neogene, Quaternary, Reverse Polarity, Excursion, Chron. |

1. GİRİŞ

[Yermanyetik Alanı; şiddet, doğrultu ve yöne sahip vektörel bir büyüklüktür ve yerkürenin jeolojik zamanlar boyunca kaydedilen tek fiziksel özelliğidir (Tarling, 1971). Yerkürenin manyetik alanındaki değişimlerin belirlenmesi; uzun yıllardan beri, bilim insanlarının önemli araştırma konularından biridir. 15. Yy'da manyetik alanın kökeninin belirlenmesi üzerine başlayan çalışmalar (Gilbert, 1600; Gauss, 1835) günümüzde manyetik alanın uzun süreli değişimlerinin belirlenmesi ve dinamiğinin anlaşılması üzerine devam etmektedir (Bloxham, ve Gubbins, 1985; McFadden ve Merrill, 1995; Kono ve Roberts, 2002). Yapılan çalışmalarda, yermanyetik alanının 100 yıl ve 100 milyon yıl arasında değişen karakteristik değişimlere sahip olduğunu göstermektedir.

Yapılan birçok çalışma manyetik alandaki değişimlerin insan sağlığı (psikoloji, kalp krizi, kanserojen) üzerine de etkisinin olduğunu göstermektedir (Baker, 1989; Kay, 1994; Otsuka ve diğ., 1999; Halberg, 2000; Kamide, 2001; Berg ve diğ., 2006; Palmer ve diğ., 2006). Son yıllarda yapılan çalışmalar manyetik alandaki değişimlerin iklim değişimlerinde de etkili bir faktör olabileceğini düşündürmektedir (Solanki, 2002; Courtillot ve diğ., 2008; Bard ve Delaygue, 2008).

Yermanyetik alanı Dünya'yı kozmik ışıklardan koruyan bir kalkan görevi görmektedir. Yermanyetik alan şiddetinde meydana gelen değişimler bu kalkanın zayıflamasına neden olmaktadır. Yermanyetik alanın şiddetinin düşük olduğu bu dönemlerde, düşük enerjili kozmik ışıklar Dünya'nın atmosferine ulaşabilmekte ve ^{14}C ve ^{10}Be gibi kozmojenik izotop üretiminde değişimlere neden olabilmektedir (Cauquoin ve diğ., 2014). Bu nedenle, atmosferdeki CO_2 yoğunluğu ile eş zamanlı değişimler gösteren manyetik şiddet değişimlerinin ve kayıtlarının belirlenmesi atmosferdeki CO_2 salınımının ve geçmiş iklim değişimlerinin araştırılması için oldukça kritik ve önemlidir.

Yeryüzünde bir noktada ölçülen yermanyetik alanı; esas yermanyetik alan, dış kaynaklı alan, dış kaynaklı alan değişiminin indüklediği alan, anomali alan ve piezomanyetik alan içerir. Esas yermanyetik alanın yaklaşık %95 ana kısmını dipol alan oluşturur ve bu dipol alanın şiddeti, doğrultusu ve yönü zaman içinde değişir. Dipol momentinin büyüklüğü ilk kez 1835 yılında Gauss tarafından küresel harmonik analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Son yıllarda

yapılan çalışmalar dipol momentinin 1835'den günümüze % 5 azaldığını göstermektedir (Leaton ve Malin, 1967; Vestine, 1967; Langel, 1987). Farklı zamanlar için hesaplanan Gauss katsayıları, 1550 ve 1990 yılları arasında dipol momentinin büyüklüğünde yüzyıl başına % 3.2'lik azalma gözlemlenmiş, son 80 yılda ise azalmanın oranı % 5.8 olmuştur. Azalmanın oranı aynı şekilde devam ederse 2000 yıl sonra dipol momentinin şiddeti sıfıra varacaktır (Barton, 1989). Dipol alanın doğrultusu yani dipol ekseninin konumu da değişim göstermektedir. 16. Yy'da dipol ekseninin dönme ekseninden 3° saptığı bulunmuştur. 16. ve 19. Yy arasında yavaş yavaş artmış son 200 yıldır 10°-12° civarında sabit kalmıştır. Son 400 yıldır kuzey yermanyetik kutbun azimut açısı kararlı bir şekilde batıya kaymıştır. Bu kaymanın hızı 19. Yy'dan bu yana 0.044-0.1 derece/yıl'dır (Fraser-Smith, 1987; Barton, 1989). Chulliat ve diğ. (2015)'in yayınladığı 2015-2020 yılları için Dünya Manyetik Model' de son 5 yılda tahminden daha hızlı bir şekilde batıya kaydığını belirtmişlerdir.

Yermanyetik alanın kutupları yerdeğiştirmekte yani polarite terslenmesi geçirmektedir. Bu polaritenin değişimi sırasında yermanyetik alanın nasıl davrandığı tam olarak bilinmemekte ancak bazı veriler bu esnada dipol alanının şiddetinin azaldığını, dipol alanının dipol şeklini tam olmasa da koruduğunu ve manyetik kutupların ekvator bölgelerine kadar geldiğini göstermiştir.

Dipol alanındaki bu dinamik değişimlerin belirlenmesi ve oluşum nedenlerinin araştırılması Dünya'nın manyetik alanının gelecekte nasıl davranacağı konusunda bilgi edinmemize olanak tanır. Jeolojik dönemdeki bu jeomanyetik bilgiler, dipol alanın kaynağını açıklayan, jeodinomonun işleyişini anlamamızda da temel bilgiler sağlamaktadır (Hide, 1967; Courtillot ve Besse, 1987; Gubbins, 1994; Glatzmaier ve Roberts, 1995; Heller ve diğ., 2002).

Özellikle yermanyetik alanının doğrultusunu ve yönünü araştıran *paleomanyetizma* yerbilimlerinde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Yermanyetik alan şiddetinin tayini de *mutlak paleoşiddet çalışmaları* adı altında literatürde son yıllarda gittikçe artan çalışmalar arasında yer almaktadır (Leonhardt ve diğ., 2004a,b; Tauxe, 2006; Paterson ve diğ., 2014).

Paleoşiddet tayini konusunda ilk çalışma, 1938 yılında Königsberger tarafından volkanik kayalar üzerinde uygulanmıştır. Königsberger volkanik bir kayanın oluşurken kazandığı *doğal ısıl kalıntı mıknatıslanma* şiddetinin (NRM=DIKM) bu mıknatıslanmaya neden olan yermanyetik alan şiddeti ile orantılı olduğunu tespit etmiş ve mutlak paleoşiddet için gerekli

en önemli bilgiyi elde etmiştir. Bu bilgiyle ilk olarak “Thellier” volkanik kayaların yanısıra arkeolojik materyal kullanarak paleoşiddet ölçümlerini uygulamıştır (Thellier ve Thellier, 1959). Daha sonra Van zij ve diğ. (1962), Momose (1963), Nagata ve diğ. (1963), Kono ve Nagata (1966), Simith (1967), Coe (1967a) ve Shaw (1974) gibi araştırmacılar yine volkanik kayalar üzerinde uyguladıkları paleoşiddet tayini ile ilgili ilk çalışmaları gerçekleştirmişlerdir.

İlk Paleoşiddet veri tabanı olan Paleomanyetizma ve Kaya Manyetizması Uluslararası Jeomanyetizma Derneği Çalışma Grupları ve Aeronomy (IAGA); Tanaka ve Kono (1994) tarafından volkanik kayalar ve pişmiş malzemeden elde edilen sonuçlarla oluşturulmuştur. Daha sonra Mc Elhinny ve Lock (1996)'da yeni güncelleme eklemişlerdir. 1995 yılında veri tabanını güncelleme sorumluluğu M.Perrin'e geçmiş, bundan sonra verilerin kolay seçilebileceği ülke kıta adlarının olduğu, paleoşiddet yönteminden hangisinin uygulandığı ve kayaların yaş tayin yöntemlerinin ne olduğunu belirten bölümler dahil edilmiştir. 1996'da Rusya'dan V. Shcherbakov'un da katkılarıyla veri tabanı 92 referanstan 1340 veri içermiştir (Perrin ve Shcherbakov 1997). Daha sonra Perrin ve Schnep (1998)'de 0-5 My yaş aralığında 115 referanstan 1692 veri olarak güncelleme gerçekleştirmiştir. IAGA veri tabanında 2003 versiyonunda 215 referanstan toplam 3128 veri bulunmaktadır (Perrin ve Schnep 2004).

Son 12 yılda, farklı araştırmacılar farklı ülkelerde bir dizi yeni araştırma yapmışlardır. Bu nedenle, ortak kullanım için, Valera Shcherbakov ve Natalia Sycheva, Mireille Perrin'e IAGA tarafından Paleointensity Veritabanını güncelleme görevini verildi. Güncellenen sürüm Dünya Paleointensity Veritabanı olarak adlandırıldı (Borokpint). Buna göre 2015 yılı itibariyle Borokpint 336 referanstan 4523 veri içermektedir.

Veri tabanında mutlak paleoşiddet belirlemek amacıyla volkanik kayalar üzerine uygulanan 17 yöntem bulunmaktadır (Perin ve Schnep, 2004). Araştırmacılar tarafından kullanılan bu yöntemler gerçekte orijinal Thellier tekniğinin geliştirilmiş-değiştirilmiş şekilleridir. Bütün bu teknikler Thellier'in *toplamsal ısı kalıntı mıknatıslanma kanunu*'na dayanmaktadır. Toplamsal ısı kalıntı mıknatıslanma kanununa göre herhangi bir sıcaklık aralığında kazanılan veya kaybedilen ısı kalıntı mıknatıslanmalar birbirlerinden bağımsızdır.

Van Zijl ve diğ (1962), paleoşiddet belirlemede veri tabanında Z olarak tanımlanan yöntemde kayaçlarda bulunan ikincil kalıntı mıknatıslanmaların temizlenmesi temel alınarak paleoşiddet tayini gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Paleoşiddet çalışmaları ile manyetik alanın polarite geçiş sırasında düştüğünü söylemişlerdir.

Microwave (Mpp) paleoşiddet tayini veri tabanında çok yaygın olmamakla birlikte Holosen yaşlı volkanik kayaçlara ya da arkeolojik materyale uygulanan yöntemdir. Walton ve diğ.'nin (1993) aslında Thellier yönteminin bir çeşidi olarak sunduğu bu yöntemde yüksek frekanslı mikrodalgalar doğrudan manyetik minerali ısı ile uyarmak için kullanılmaktadır. Bunun anlamı karakteristik mıknatıslanma bileşenini ve şiddetini elde etmek için tek ısıtma adımı kullanılmaktadır. Yöntemle ilgili detaylı çalışmayı Hill ve Shaw (1999)'da lavlar üzerinde yapmıştır. Yöntemin avantajı sürekli ısıtma adımlarının neden olduğu mineral yapısındaki değişikliğin minimize edilmesidir. Dezavantajı ise çok yüksek sıcaklıkta ölçü alınması gerektirmesidir. Mpp yöntemi data setinde Holosen yaşlı verilerin sadece %2 sinde kullanılmıştır.

Veri tabanında en çok bulunan metodlar Geliştirilmiş Thellier ve Shaw metodlarıdır. Thellier Yöntemi, uygulanan manyetik alan ile kazanılmış alan arasındaki doğrusal ilişkiye dayanmaktadır. Bu doğrusal ilişkinin dünyanın manyetik alanı gibi küçük alanlar için geçerli olduğu kanıtlanmıştır (Day ve diğ., 1977; Shcherbakov ve diğ., 1993). Orjinal Thellier yönteminde birçok ısıtma adımı bulunmaktadır. Birden fazla yüksek sıcaklıklardaki ısıtma adımlarında, mıknatıslanmadan sorumlu minerallerin koersif kuvveti, domen yapısından kaynaklı olarak kimyasal değişime uğrayabilmektedirler. Bu da güvenilir sonuçlara ulaşmada sıkıntılara neden olmaktadır. Veri tabanında Thellier Yöntemi başlığı altında güvenilir sonuç elde etmek için birçok araştırmacı bir takım ek kontroller ve farklı uygulamalar kullanılarak paleoşiddet tayini elde etmişlerdir. Bunlar; pTRM kontrolü içermeyen (T^-) (Thellier ve Thellier, 1959; Coe, 1967) ; pTRM kontrolü içeren (T^+) (Prevot ve diğ., 1985); Valet'e göre düzeltilen (T_v); Thellier ve Van Zijl (TZ); Shaw ve Thellier (ST); Shaw ve Thellier'ın PTRM kontrolü içerdiği (ST^+) yöntem olarak adlandırılırlar. Veri tabanında en yaygın en güvenilir yöntem PTRM kontrolünü içeren ve içermeyen geliştirilmiş Thellier yöntemi'dir.

Thellier yönteminden sonra veri tabanındaki en yaygın kullanılan Shaw yönteminde (Shaw, 1974; Yamamoto ve diğ., 2003) Doğal Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (NRM=DIKM) ve Isıl Kalıntı Mıknatıslanmanın (IKM) demanyetizasyonu için alternatif alan kullanılması,

sıcaklığın tek adımda olması nedeniyle laboratuvar etkilerinin ortadan kaldırılması ve ölçüm süresinin azaltılması konusunda avantaj sağlamaktadır. Ancak yine de bu yöntemde uyumluluk testleri güvenilir sonuca ulaşmada tam olarak kesin değildir.

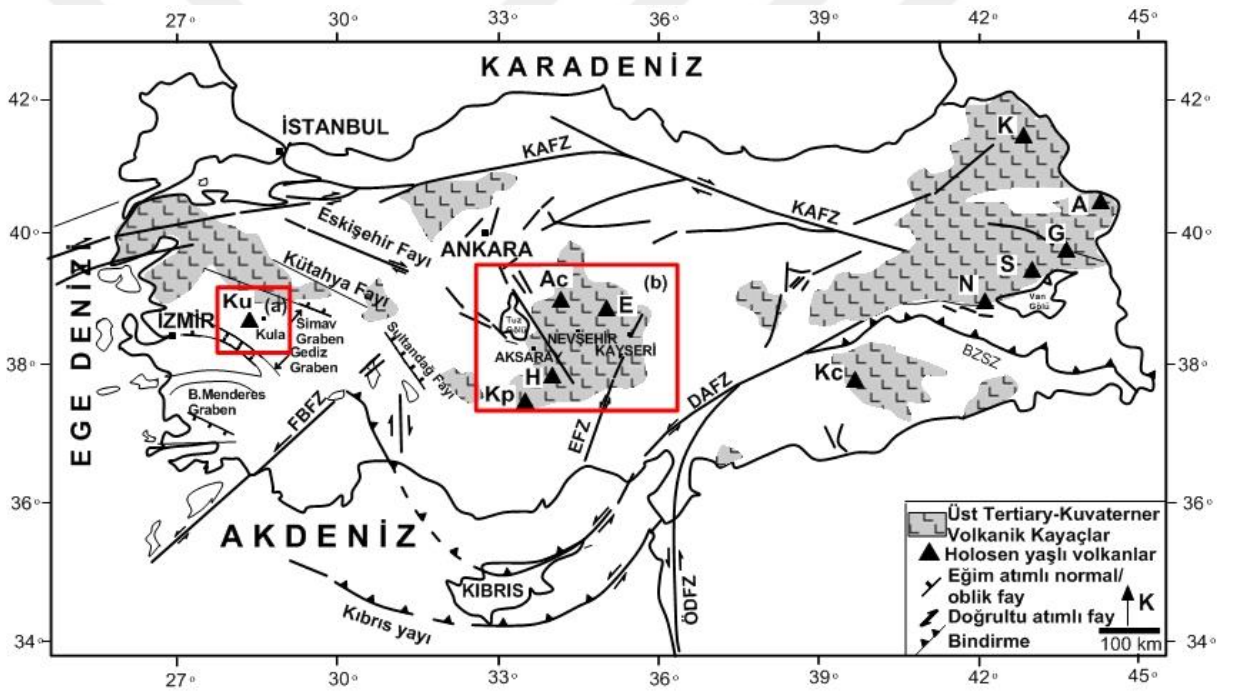
Son yıllarda geliştirilen özellikle arkeolojik materyale uygulanan çok-örnek (multi-specimen) yönteminde (Dekkers ve Böhnelt, 2006; Hoffman ve diğ., 1989) paleoşiddet çalışmalarında yer alan ısıtma adımlarının sayısının azaltılması ile hem laboratuvardaki ölçüm süresi azaltılmış hem de yüksek sıcaklıktaki mineral yapılarındaki alterasyonun neden olacağı hatalar en aza indirilmiştir.

Kayaçların karakteristik kalıntı mıknatısmalarından sorumlu manyetik minerallerin domen yapılarının, paleoşiddet çalışmalarında veri güvenilirlik kriterlerini değiştirecek etkileri mevcuttur. Paleoşiddet tayininde kullanılan Thellier yönteminin yasına en uygun kayaçlar tek domen yapısında kayaçlardır. Ancak doğada bu kayaçlara rastlamamız çok zordur. Bu nedenle özellikle paleoşiddet tayininde yalancı tek domen ve çoklu domen davranış gösteren kayaçlar için ek kontrol yöntemleri uygulanarak güvenilir sonuçlara ulaşılması önemsenmiştir (Leonhardt ve diğ., 2004b).

Paleoşiddet ölçümlerinde kayaçtaki mıknatıslanmadan sorumlu mineralin manyetik özelliğine bağlı olarak güvenilir sonuca ulaşmak için yapılan çalışmalar ve belirlenen kriterler farklılık göstermektedir. Kısaca paleoşiddet çalışmalarında güvenilir sonuca ulaşmak için kriter seçiminde fikir birliği bulunmamaktadır. Thellier yönteminin fiziksel parametreleri ile elde edilen sonuçların kontrolü ve güvenilirliği için son yıllarda paleoşiddet çalışmalarındaki gelişmelerin gözden geçirilmesine yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Dunlop; 2011). Paterson ve diğ. (2014) 'Standart Paleoşiddet Tanımlamaların'da tüm paleoşiddet ölçümlerinde kullanılan istatistikleri belirtmiştir. Paterson ve diğ., (2014)'de güvenilir sonuca ulaşabilmek için paleoşiddet yönteminde kullanılan çeşitli çalışmalar için güvenilirlik kriterlerini belirtmiş yeni düzeltmeler ortaya koymuşlardır.

Türkiye'nin önemli bir kesimi Miyosen'den başlayarak tarihsel zamanlara kadar süregelen bir şiddetli volkanizma döneminden geçmiştir. Günümüzden 66 My öncesine kadar uzanan Senozoyik zamanı boyunca meydana gelen volkanik faaliyetlerle Türkiye'nin yaklaşık %16'sı volkanik ürünlerle örtülmüştür. Özellikle Neojen ve Kuvaterner dönemlerinde, karasal ortamdaki volkanik etkiler artmış ve büyük volkan yapıları oluşmuştur (Türkecan, 2015).

Türkiye’de Üst Triyas-Kuvaterner volkanizmanın ürünleri Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Bu volkanik ürünler Batı, Orta ve Doğu Anadolu olmak üzere üç bölgede yoğunlaşmıştır. Bu bölgeler birbirini az çok izleyen tektonik dönemden geçmektedirler. Bu tektonik evrim okyanus ortamlarının yok olmasına yol açan yaklaşma, yakınlasmaya bağlı olarak çarpışma, çarpışmaya bağlı olarak sıkışma-kısalıp kalınlaşma, sıkışmanın yerini genişleme rejimine bırakması, gerilmeli rejimden havza açılma dönemine geçiş gibi aşalamalardan geçmiştir. Batı Anadolu bu tektonizma evrelerinden tümünü geçirmiştir. Orta Anadolu’da ise sıkışma rejiminin yerini genişleme rejimine bırakmıştır. Doğu Anadolu’nun ise maksimum kalınlaşma döneminden geçmiş olmasına rağmen henüz sıkışma rejimi içinde olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 1.1: a) Batı Anadolu Örnek Yerleri b) Orta Anadolu Örnek Yerleri. KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, EFZ: Erciyes Fay Zonu, FBfZ: Fethiye Burdur Fay Zonu, ÖDFY: Ölü Deniz Fay Zonu, A: Ağrı Dağı, Ac: Acıgöl, E: Erciyes Dağı, G: Girekol Tepe, H: Hasan Dağı, K: Kars Platosu, Kc: Karacadağ, Kp: Karapınar Volkanik Alanı, Ku: Kula Platosu, N: Nemrut Dağı, S: Süphan Dağı (Aydın ve diğ. 2005’ten değiştirilerek çizilmiştir).

Tez çalışması kapsamında; Orta ve Batı Anadolu’da Neojen-Kuvaterner jeolojik yaş aralığında volkanik kayaçlar örneklenerek Geliştirilmiş Thellier yöntemi ile paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen paleoşiddet değerlerinden VDM değerleri hesaplanarak ve sonuçların ortalamaları alınarak, dipol momentin son 30 My içerisindeki davranışları hakkında bilgi elde etmek amaçlanmıştır. Ayrıca hem normal hem ters polaritede,

hem de polarite geçişlerinde yermanyetik alan Şiddetindeki değişim izlenmiştir. Borokpint mutlak paleoşiddet veri tabanı incelendiğinde paleoşiddet tayinine yönelik bir çok çalışma mevcuttur. Ancak bazı yaş aralıklarında veri eksikliği gözlemlenmiş ve Türkiye'den az sayıda çalışma olduğu tespit edilmiştir (Baydemir, 1993; Sayın ve Orbay 2003; Ertepinar ve diğ., 2012). Çalışma ile bu veri boşluğunun da doldurulması amaçlanmıştır. |



2. GENEL KISIMLAR

2.1 YERMANYETİK ALANI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

2.1.1 Yermanyetik Alanı

Yermanyetik alanı dünyayı güneş rüzgarına (elektron, proton ve alfa parçacıklarından oluşan plazma dalgalarına) karşı kalkan görevi üstlenerek korumaktadır. Manyetik alan büyüklüğü, doğrultusu ve yönü olan vektörel bir büyüklüktür. Yeryüzünde bir noktada ölçülen yermanyetik alanı; *esas yermanyetik alan, dış kaynaklı alan, dış kaynaklı alan değişimin indüklediği alan, anomali alan ve piezomanyetik alanı* içerir.

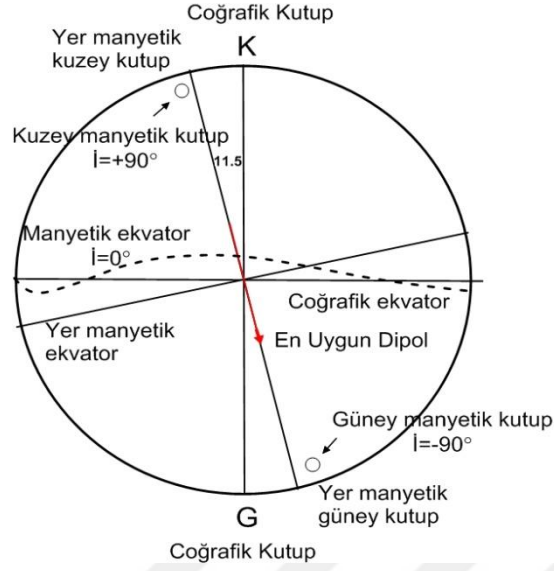
2.1.1.1 Esas Alan

Yerkürenin manyetik alanını karakterize eden alan *esas yermanyetik alanıdır*. Çünkü diğer manyetik alanları doğuran manyetik momentlerin büyüklüğü esas yermanyetik alanı doğuran manyetik momentlerin büyüklüğü yanında küçük kalmaktadır. Esas yermanyetik alanın kaynağı ise sıvı dış çekirdek ile çekirdek manto sınırındadır. Bu alan özellikleri birbirinden farklı dipol alan ve dipol olmayan alan olarak adlandırılan iki alanın toplamından oluşmaktadır.

Dipol Alan

Esas yermanyetik alanın yaklaşık %95 ana parçasını dipol alan oluşturur. Kaynağı Yerkürenin sıvı dış çekirdeğidir. Dipol alanın en önemli özelliği tıpkı çubuk mıknatista olduğu gibi iki kutba ve düzgün alan çizgilerine sahip olmasıdır.

Dipol alanın kutupları yerkürede kuzey manyetik ve güney manyetik kutuplar olarak yer alırlar ve *yermanyetik kutuplar* olarak adlandırılırlar. Kutup noktaları yeryüzünde karşılıklı olarak yer alırlar. Kutupların oluşturdukları dipol eksen coğrafi kutupların oluşturdukları eksen ile günümüzde 11.5°'lik açı yapmaktadır (Şekil 2.1).

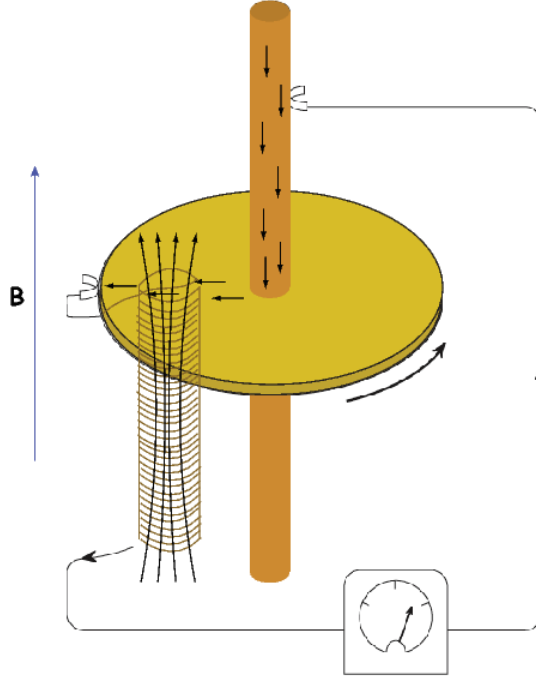


Şekil 2.1: Manyetik kutuplar ve en uygun dipol (I =Manyetik inklinasyon açısı).

Dipola benzeyen yermanyetik alanının kaynağının nerede olduğuna dair farklı teorilere ileri sürülmüştür. Silikat topluğundan oluşan mantoda ve Curie sıcaklığını aşan derinliklerde manyetik alan kaynağının olmadığı bilinmektedir. Bu iki gerçek düzgün mıknatıslanmış yer modelini elimine eder. Bununla beraber dış çekirdek baskın olarak demir topluluğundan oluşur ve manyetik alan üretebilir. Yermanyetik alanı zamanla sabit olmadığından günümüzde giderek şiddeti zayıflamakta ve batıya doğru kaymaktadır. Bu değişkenlik çekirdeğin düzgün olarak mıknatıslanması veya yerin merkezde bir dipolun varlığı olasılıklarını devre dışı bırakır. Geriye bir tek yermanyetik alanının üretimi için en akla yakın model olarak dış çekirdekteki elektrik akım sistemi kalmaktadır (Fowler, 2004).

Hem dipol alan hem de dipol olmayan alanların oluşması *Manyetohidrodinamik* teoriyle açıklanır. Bu teoride dış çekirdekteki sıcaklık, viskozite ve elektriksel iletkenliği parametreleri manyetik alanın oluşmasını sağlamaktadır. Sıvı olan dış çekirdek demir ve yüzde birkaç oranında nikel ile daha az yoğun metalik olmayan sülfür ve oksijen gibi hafif elementlerden oluşur. Dış çekirdekteki sıcaklık 3000°C 'yi geçmemektedir. Demir iletkenliği artan sıcaklığı artan sıcaklığa karşın azalmasına rağmen çekirdekteki demirin iyi bir elektriksel iletkenlik gösterdiği tahmin edilmektedir. Dış çekirdek sıvı olduğu için kolayca hareket etme yeteneğine sahiptir. Çekirdek içindeki sıvı malzemeler yine çekirdekte bulunan radyoaktif maddelerin yaydığı ısı nedeniyle termal dolaşım hareketi yaparlar. Bu özelliklerden dolayı dış çekirdekte elektrik akım sistemleri mevcuttur. Fizikten de bilindiği gibi bütün manyetik alanlar elektrik

akımlarından meydana gelirler. Dış çekirdeğin iyi bir iletken olmasına karşın elektrik akım sistemleri iletken direnci kayıplarından dolayı sürekli enerji kaybederler. Kaybolan elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüşür ve çekirdekdeki sıcaklığın dengelenmesine yardımcı olur. Elektromanyetik bağıntılar çekirdekdeki akım sistemlerine uygulandığında 10^4 yıl sonra sıfır olması gerektirdiği sonuca götürür. Ancak paleomanyetik veriler yermanyetik alanın en az 10^9 yıldan beri var olduğunu göstermektedir. Bunun için ya akım sistemleri devamlılık göstermekte ya da akım sistemleri yeniden doğmaktadır. İşte sıvı çekirdekte bu devamlılığı sağlayan yermanyetik alanın oluşmasına yani manyetik alan içinde dönen bir iletkenin elektrik akımı üretmesine neden olan düzeneğe *dinamo* denir. Yeriçinde kendi elektrik akımını ve manyetik alanını meydana getirmek için kendi kendini uyan bir dinamo olduğunu ilk olarak Elsasser (Elsasser, 1946a) ve Bullard (Bullard, 1949) öne sürmüşlerdir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Kendi kendini uyanan dinamo. (Elsasser, 1958; Butler, 1992). B:Başlangıçta var olduğu kabul edilen manyetik alanı göstermektedir.

Dipol Olmayan Alan

Esas alandan dipol alanın çıkarılmasıyla elde edilir. Dipol olmayan alanın sıvı dış çekirdekdeki malzemenin dolaşım hareketinin düzensiz olan parçalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Düzensiz hareketlerin de çekirdek-manto sınırındaki engebeli yüzeylerden

kaynakladığı varsayılmaktadır. Çekirdek-manto sınırındaki engebeler ile malzeme akışı arasındaki etkileşim tam olarak bilinmemektedir. Ancak manto yüzeyindeki çıkıntıların malzeme akışında girdaplar meydana getirdiği kabul edilmektedir. Bu girdap hareketleri küçük birer dinamo gibi davranıp dipol olmayan alanları meydana getirdikleri öne sürülmektedir.

2.1.1.2 Dış Kaynaklı Alan

Güneş rüzgarları güneşten yayılan başlıca elektron, proton ve helyum çekirdeği gibi elektrik yüklü partikül akımlarından oluşur ve Yerküre'den yaklaşık 15 km yer yarıçapı kadar uzakta yukarı atmosfere büyük bir hızla çarparlar. Çarpışmadan sonra güneş rüzgarlarının büyük bir kısmı kıvrılarak yerkürenin etrafından uzaya akarlar. Yukarı atmosfere giren partiküller ise Yerküre'den yaklaşık 2-4 yer yarıçapı uzaklıkta yermanyetik alanın akı çizgileri tarafından tutulurlar ve Van Allen radyasyon kuşaklarını oluştururlar. Güneş rüzgarları ile yermanyetik alanın karşılıklı etkileşime girdiği bölgeye manyetosfer denir. Manyetosfer gibi atmosferde manyetosferi geçen ışınlar karşı Yerküre'yi koruyucu bir kalkan görevi görür ve güneş ışınlarının çok kısa dalga boylu olanlarının çoğu yeryüzüne ulaşamaz. Enerji taşıyan y ve x ışınları ile ultraviyole ışınlar, atmosferdeki nitrojen ve oksijen moleküllerinin iyonize olmasına neden olurlar ve Yeryüzünden yaklaşık 50 ile 1500 km yükseklikte meydana gelen bu iyonize bölge iyonosfer olarak adlandırılır.

Lorentz yasasına göre, yermanyetik alanın meydana getirdiği elektrik alan etkisiyle hareket eden iyonosferdeki iyonize moleküllerin elektronları güçlü, yatay ve halka şeklinde elektrik akımları meydana getirirler. Bu elektrik akımları da yeryüzünde ölçülen dış kaynaklı alanların kaynağını oluşturur.

2.1.1.3 Dış Kaynaklı Alan Değişiminlerinin İndüklediği Alan

Yermanyetik alanının dış kaynaklı değişimleri, elektrik bakımından iletken olan yerküre içinde indüklem elektrik akımlarını doğurur. Elektrik akımları da yerküre üzerinde ölçülen manyetik alan değeri üzerine yüklenen manyetik alan oluşturur. Bu alan dış kaynaklı alan değişiminin indüklediği alan olarak adlandırılır. Yerkürenin yanal ve derinliğe göre elektriksel iletkenliği konusunda çalışmalara yardımcı olmaktadır.

2.1.1.4 Anomali Alan

Anomali alanın nedeni yeraltındaki mıknatıslanmaya sahip kayaç kütleleridir. Bu kayaç kütlelerindeki mıknatıslanmanın kökeni sahip oldukları manyetik mineralin atomik yapısından kaynaklanmaktadır. Yeraltında bulunan bir demir parçası, pişmiş topraktan yapılmış testi, tuğla gibi arkeolojik malzemeden kaynaklanan çok küçük veya cevher kütlelerinden kaynaklanan büyük anomali alanları olabileceği gibi, kabuktaki jeolojik yapılardan kaynaklanan ülke veya kıtasal ölçekte çok büyük manyetik anomali alanları da olabilir. Anomaliler buldukları yermanyetik alandan küçük veya büyük olmalarına göre negatif veya pozitif anomaliler olarak adlandırılırlar.

Kayaçlar sahip oldukları mıknatıslanmalarını indüklem ve kalıntı mıknatıslanma olarak iki şekilde gösterirler. İndüklem mıknatıslanmada; mıknatıslanma özelliği olan yani manyetik mineral içeren kayaç kütleleri yermanyetik alanı altında alan şiddeti ile orantılı mıknatıslanma kazanırlar. Oran katsayısına mıknatıslanma katsayısı adı verilir. Mıknatıslanma doğrultusu alan doğrultusuna paraleldir. Alan doğrultusu değiştikçe mıknatıslanma doğrultusu değişir. Kayaçlar kalıntı mıknatıslanmalarını yermanyetik alanın etkisiyle kayaç oluşurken ve oluşuktan sonra çeşitli mekanizmalarla kazanırlar. Bu mıknatıslanmanın doğrultusu günümüz yermanyetik alan doğrultusunda olmayabilir ve kayaç içindeki mıknatıslanmayı, bozucu bir etki olmadığı sürece, koruyabilir. Kayaç içindeki toplam mıknatıslanma hem indüklem mıknatıslanmanın hem de kalıntı mıknatıslanmanın vektörel toplamıdır. Kalıntı mıknatıslanmanın indüklem mıknatıslanmaya oranı Königsberger oranı olarak adlandırılır. Bu oran 1' den büyük ve 1'den küçük değerler alabilir (Nagata,1961). Volkanik kayaçlar, özellikle okyanus sırtlarında magmadan çıkan ve su altında çabuk soğuyan okyanusal bazaltlar yüksek Königsberger oranına sahiptir ve bu tür kayaçlarda indüklem mıknatıslanma ihmal edilebilir. Kayaçların içinde bulunan kaba taneli manyetik mineraller çok domenli yapıya sahiptirler. Dışarıdan uygulanan bir manyetik alan domen duvarlarını hareket ettirip domen alanının büyümesine neden olabildiğinden bu tür kayaçlar yüksek mıknatıslanmaya sahiptirler ve yermanyetik alanında güçlü bir indüklem mıknatıslanma kazanırlar. Düşük Königsberger oranına sahip bu mıknatıslanma yermanyetik alanına paraleldir. Bu durum manyetik anomaliyi değerlendirmek için yapılan model çalışmalarında kullanılmaktadır.

2.1.1.5 Piezomanyetik Alan

Piezomanyetik alan yer kabuğunu oluşturan kayaçların maruz kaldıkları basınç ve gerilme nedeni ile mıknatıslanmalarındaki değişiklik sonucu oluşur ve yerkürede ölçülen yermanyetik alan değerine eklenir. Tektonomanyetik ve Sismomanyetik etki olarak tanımlanmaktadır.

2.1.2 Yermanyetik Alan Bileşenleri

Yeryüzünde herhangi bir noktada ölçülen yermanyetik alan kendisini oluşturan alanların vektörel toplamıdır (F). Yeryüzünde bir noktadaki yermanyetik alan vektörünü saptamak için başlangıç noktası söz konusu nokta olan kartezyen koordinat sistemi seçilir. Bu koordinat sisteminde F ile gösterilen yermanyetik alan vektörü bileşenlerine (X , Y , Z) ayrıldığında coğrafik kuzey X -eksenini, coğrafik doğu Y -eksenini, düşeyde Z eksenini gösterecek şekilde yerleştirilir (Şekil 2.3).

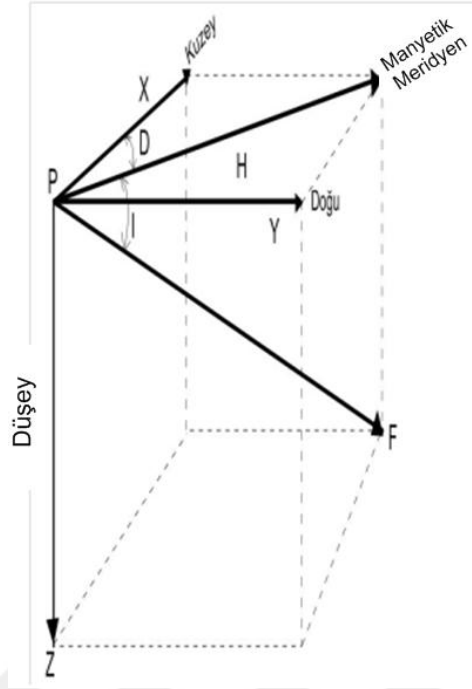
X; F vektörünün kuzey-güney bileşeni (kuzeye yönelmişse +, güneye yönelmişse – işaretli),

Z; F vektörünün düşey bileşeni (yeriçine doğru +; yerin dışına doğru – işaretli),

H; F vektörünün yatay bileşeni (+ işaretli) olarak gösterilir.

D; Deklinasyon (Manyetik Sapma) açısı olup F vektörünün yatay bileşeninin coğrafik kuzeyle yaptığı açıdır ve kuzeyden doğuya doğru + işaretlidir. 0° ila 360° arasında değişir.

I; İnklinasyon (Manyetik eğim) açısı olup F vektörünün yeryüzü ile diğer bir deyişle H vektörü ile yaptığı açıdır. -90° ile $+90^\circ$ arasında değişir.



Şekil 2.3: Yermanyetik alanının vektörel bileşenlerinin kartezyen koordinat sistemindeki gösterimi.

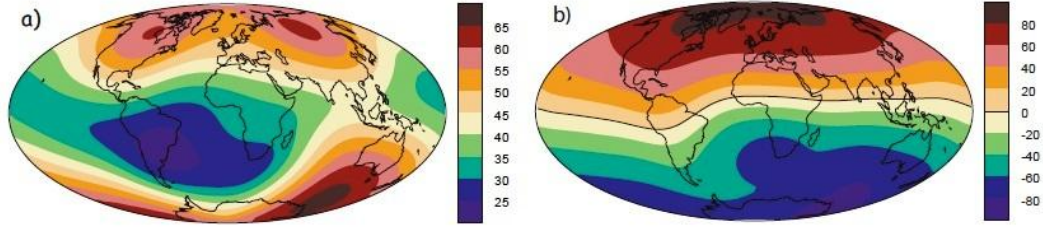
Yermanyetik alan bileşenlerinin her birinin yeryüzünde farklı dağılımları ve enlemlere göre değişimleri vardır. Bir noktada yermanyetik alan vektörü saptanmak istendiğinde o noktadaki **X**, **Y**, **Z** veya **Z**, **H**, **D**'nin ölçülmesi yeterlidir. Bu ölçülen değerlerden aşağıdaki bağıntılar kullanılarak izomanyetik haritalar oluşturulur.

$$H=F.\cos I, Z=F.\sin I, \tan I= Z/H \quad (2.1)$$

$$X=H.\cos D, Y=H.\sin D, \tan D=Y/X \quad (2.2)$$

$$F^2=H^2+Z^2 = X^2+Y^2+Z^2 \quad (2.3)$$

İzomanyetik haritalar incelendiğinde kuzey ve güney manyetik kutup yöresinde yermanyetik alan şiddetinin $60 \mu\text{T}$ (0.6 Oe); olduğu görülür. Manyetik ekvatorda $30 \mu\text{T}$ (0.3 Oe) civarındadır. Yermanyetik alanının şiddeti ekvatordan kutuplara doğru artmaktadır (Şekil 2.4.a). Yermanyetik alanın inklinasyon açısının dünya üzerindeki değişimi Şekil 2.4.b'de gösterilmektedir.

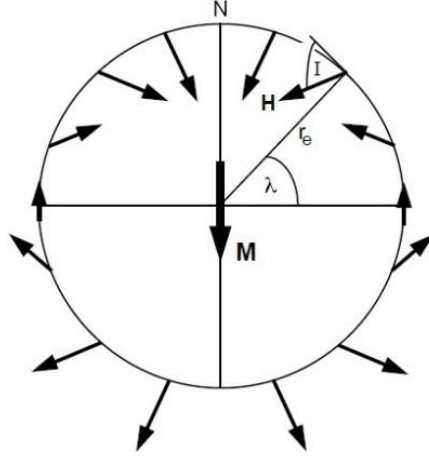


Şekil 2.4: IGRF 1995'e göre yermanyetik alanın dünya üzerindeki dağılımı. a) Şiddet (μT)
b) İnklinasyon ($^{\circ}$).

2.1.3 Yer Merkezli Eksenel Dipol Moment (GAD)

Dünyanın manyetik alanını tanımlamak için en yaygın kullanılan yöntem, matematiksel bir analiz olan küresel harmonik analizdir. Küresel harmonik analiz Fourier analizinin genelleştirilmiş bir şeklidir ve yerküre üzerinde tanımlanan herhangi bir fonksiyonun analitik gösterimidir. Manyetik alanın küresel harmonik analizini ilk kez 1839'da Gauss yapmıştır. Yermanyetik alanının küresel harmonik analizinden elde edilen Gauss katsayılarının ilk üçünün değerleri diğerlerinden oldukça büyüktür. Dolayısıyla ilk üçünün dipol moment değerleri diğer terimlerin ifade ettikleri dipol moment değerlerinden büyük olacaktır. Bu üç yer merkezli dipolün vektörel toplamı yerkürenin yer merkezli dipol momentini verir. Yer merkezli dipolün bileşenlerinden yerkürenin dönme eksenine çakışık kabul edilen m_z dipolü en büyük değere sahiptir ve Yer Merkezli Eksenel Dipol (GAD) olarak adlandırılır. x eksenine çakışık kabul edilen m_x ve y eksenine çakışık kabul edilen m_y dipolleri ekvator düzlemi üzerinde yer almaktadır. Ekvatorial dipol olarak adlandırılırlar.

Paleomanyetik kutup pozisyonlarının hesaplanması için kullanılan yer merkezli eksenel dipol modelinde kayaçların jeolojik zaman süresince konumlarını bulmak amaçlanmıştır. Manyetik kutup pozisyonu ile coğrafik kutup pozisyonunun çakışık kabul edilmesiyle coğrafik enlemlerle manyetik enlemlerin eşitlenmesine olanak tanır. Böylece, paleomanyetik çalışmalardan elde edilen inklinasyon açıları kullanılarak paleoenlem değerleri hesaplanabilir. Yer merkezli eksenel dipol modelinde (Şekil 2.5) deklinasyon açıları yerkürenin her yerinde sıfır olarak kabul gördüğünden paleomanyetik çalışmalar sonucu elde edilen deklinasyon açıları da rotasyon miktarı ile ilişkilendirilebilmektedir.



Şekil 2.5: Yer merkezli eksenel dipol model. McElhinny (1973)'den düzenlenmiştir (Butler,1992).

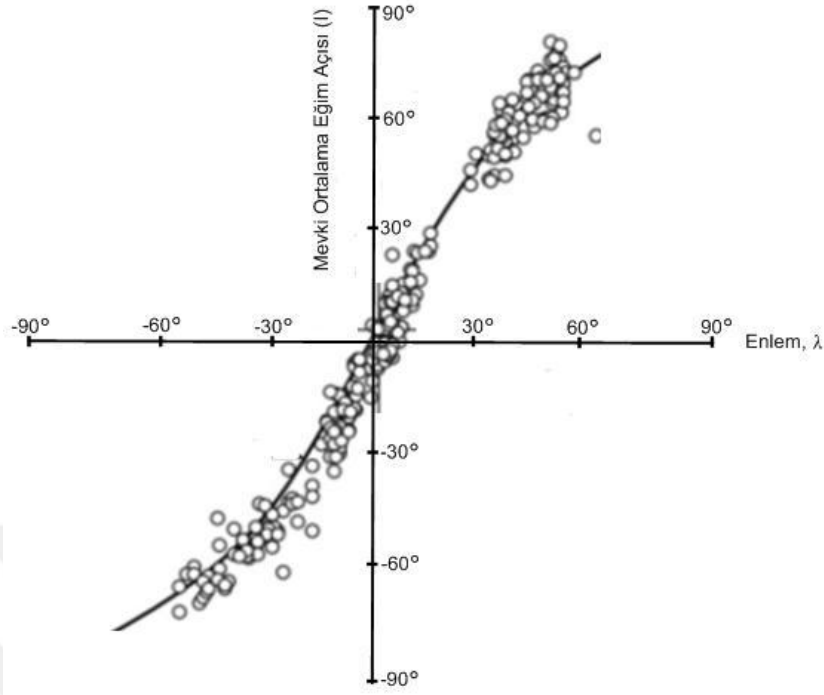
$$H = \frac{M \cos \lambda}{r_e^3} \quad Z = \frac{2M \sin \lambda}{r_e^3} \quad F = \frac{M}{r_e^3} \sqrt{1 + 3 \sin^2 \lambda} \quad (2.4)$$

Şekil 2.5 ve bağıntı 2.4' de M ; yer merkezli eksen dipolün dipol moment, λ ; yer manyetik enlem açısı, r_e ; yerin ortalama yarıçapı; F ; yer manyetik alanın toplam bileşeni, I ; İnklinasyon açısı olarak ifade edilir. Yer merkezli eksenel dipol modeline göre paleomanyetik inklinasyon açısı değeri ile paleoenlem arasındaki ilişki 2.5 ve 2.6 bağıntılarıyla hesaplanabilmektedir.

$$\tan I = \frac{Z}{H} \quad (2.5)$$

$$\tan I = 2 \tan \lambda \quad (2.6)$$

Şekil 2.6'da dünyanın farklı enlemlerinden elde edilen son 5 My yaştaki kayaçların paleomanyetik inklinasyon açıları ile yerin dipol alanından hesaplanan inklinasyon açılarının bir karşılaştırılması gösterilmiştir. Buna göre son 5 My yaş içerisindeki kayaçların paleomanyetik çalışmalarından elde edilen inklinasyon açıları değerlerinin elde edildikleri enlemlere göre olan dağılımları, dipol alanı inklinasyon açılarının enlemlere göre olan dağılımları ile büyük bir yaklaşımla örtüşmekte olduğu görülür.



Şekil 2.6: Paleomanyetik inklınasyon açıları (içi boş daire) ile yer merkezli aksel dipol modeli teorik inklınasyon açılarının (sürekli eğri) karşılaştırılması (Lowrie, 2007).

2.1.4 Görünür Yermanyetik Kutup (VGP)

Paleomanyetizma çalışmaları yermanyetik kutbun değişip değişmediği veya yermanyetik kutba göre belirli bir kabuk parçasının değişip değişmediği ile ilgilenir. Ancak belirli bir yerde gözlemlediğimiz alan vektörünün o yerdeki yönüdür. Gözlemlediğimiz yönü eşdeğer yermanyetik kutba dönüştürmek, yönün sadece dünya üzerindeki pozisyona olan bağımlılığını ortadan kaldırmak için verilen enlem ve boylamda gözlenen manyetik alan yönünde bir yermerkezli dipol hayal ediyoruz. VGP bu hayali dipolün yermanyetik kutba karşılık gelen noktasıdır. Paleomanyetik çalışmalarda elde edilen verilerin değerlendirilmesi sırasında paleomanyetik kutup pozisyonlarının hesaplanması önemlidir (Şekil 2.7).

Küre yüzü üzerinde koordinatları bilinen $s(\lambda_s, \phi_s)$ noktasından toplanmış olan kayaçların ortalama mıknatıslanma doğrultuları deklinasyon ve inklınasyon bilirse bu alanı doğuran dipolün ekseninin küre yüzünü deldiği noktalar yani paleomanyetik kutup pozisyonu $P(\lambda_p, \phi_p)$ bulunabilir.

Şekil 2.7’de S noktasından toplanan kayalardan bulunan ortalama mıknatıslanma doğrultusunu inklınasyon açısı I_0 ise 2.7 bağıntısından yararlanarak S noktasının P ye göre ko-latitudü p açısı bulunabilir.

$$p = \arctg(2 \cdot \cotg I_0) \quad (2.7)$$

Paleomanyetik kutbun λ_p ile gösterilen enlemi için ise 2.8 bağıntısı kullanılır.

$$\lambda_p = \arcsin(\sin \lambda \cos p + \cos \lambda \sin p \sin D) \quad (2.8)$$

λ_p açıları $-90^\circ < \lambda' < 90^\circ$ dir.

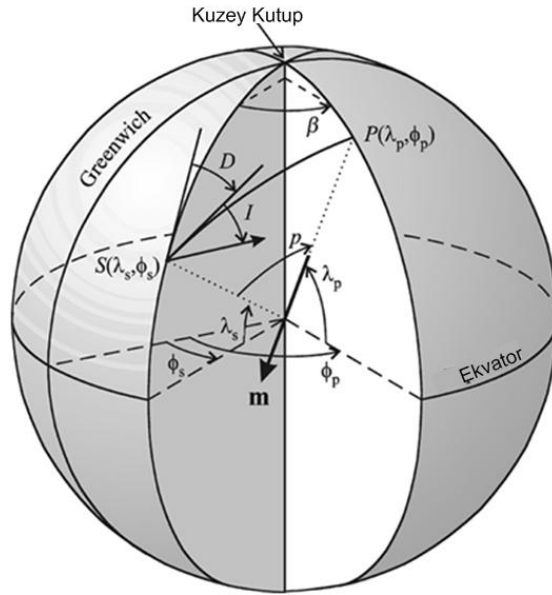
Şekil 2.7’de görülen β açısı için 2.9 bağıntısı kullanılır. β açıları 0° ile $\pm 90^\circ$ arasındadır.

$$\beta = \arcsin(\phi_p - \phi_s) = \arcsin\left(\sin p \frac{\sin D}{\cos \lambda_p}\right) \quad (2.9)$$

Paleomanyetik kutbun Greenwich boylamına göre olan boylam açısı ϕ_p ’yi hesaplamak için 2.10 ve 2.11 bağıntılarından yararlanır.

$$\cos p \geq \sin \lambda_s \sin \lambda_p \quad \text{ise} \quad \phi_p = \phi_s + \beta \quad (2.10)$$

$$\cos p < \sin \lambda_s \sin \lambda_p \quad \text{ise} \quad \phi_p = \phi_s + 180 - \beta \quad (2.11)$$



Şekil 2.7: Paleomanyetik kutup pozisyonlarının hesaplanmasında kullanılan parametreler (Butler, 1992).

2.1.5 Görünür Dipol Moment (VDM)

Yerkürenin manyetik alan şiddeti yerküre üzerindeki inklinasyon açısına göre değişir. Paleoşiddet değerlerini belirli bir inklinasyonda yer merkezli dipol cinsinden ifade etmek için VGP de olduğu gibi yine dipol momenti hayal edilir (Şekil 2.8.a). VDM olarak adlandırılan bu büyüklüğü hesaplamak için 2.12 bağıntısı kullanılır. Birimi Am^2 'dir. Görünür Eksenel Dipol Moment (VADM) ise manyetik ko-latitüd yerine mevki ko-latitüd kullanılarak elde edilen büyüklüktür (Şekil 2.8.b).

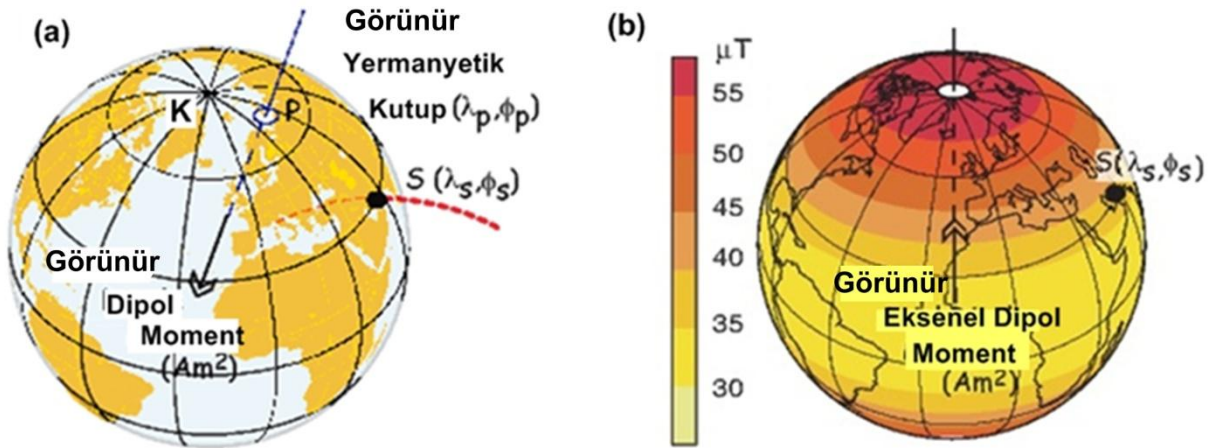
$$\text{VDM} = 4\pi/\mu_0 a^3 F (1 + 3 \sin^2 \lambda)^{-1/2} \quad (2.12)$$

“a” yerkürenin yarıçapı,

“ λ ” ise yermanyetik enlem açısıdır.

Yermanyetik enlem açısı $\text{tg } I = 2 \text{ tg } \lambda$ bağıntısından elde edilir.

2.12 bağıntısındaki μ_0 ise manyetik geçirgenlik katsayısıdır ve değeri $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ 'dir.

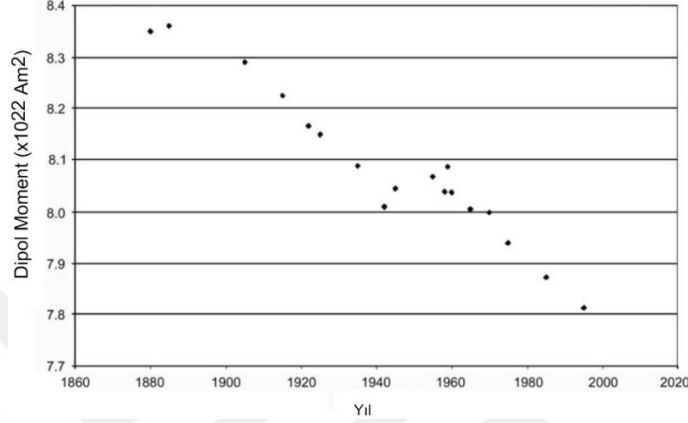


Şekil 2.8: a) S (enlem: λ_s , boylam : ϕ_s) noktasında Görünür Dipol momenti (VDM) göstermektedir. P (mevkiye ait enlem: λ_p , boylam: ϕ_p), dipolün Görünür Yermanyetik Kutuba (VGP) karşılık gelen noktasıdır. b) S’de Görünür Eksenel Dipol Moment (VADM) ve yermanyetik alan şiddeti (μT) gösterilmektedir (Tauxe 2005).

2.1.6 Dipol Alanın Uzun Süreli Değişimi

Dipol alanın şiddeti, doğrultusu ve yönü zaman içinde sabit değildir. 1835 yılında Gauss tarafından yapılan küresel harmonik analizden beri dipol momentin büyüklüğü % 5 azalmıştır (Leaton ve Malin, 1967; Vestine, 1967; Langel, 1987). Farklı zamanlar için hesaplanan Gauss

katsayıları, 1550 ve 1990 yılları arasında dipol momentinin büyüklüğünde yüzyıl başına % 3.2'lik azalma olduğunu göstermektedir ve bu azalma oranı %5.8 olmuştur. Azalmanın oranı aynı şekilde devam ederse 2000 yıl sonra dipol momentinin şiddeti sıfıra varacaktır (Barton, 1989). 1880-1990 yılları arasındaki dipol momentindeki değişim Şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.9: Dipol momentinin 1880-1990 yılları arasındaki değişimi (Varga ve diğ., 2007).

Dipol alanın doğrultusu yani dipol ekseninin konumu da uzun süreli değişim göstermektedir. 16. Yy'da dipol ekseninin dönme ekseninden 3° saptığı bulunmuştur. 16. ve 19. Yy arasında yavaş yavaş artmış son iki yüz yıldır 10° - 12° civarında sabit kalmıştır. Son dört yüz yıldır kuzey yermanyetik kutbun azimut açısı kararlı bir şekilde batıya kaymıştır. Bu kaymanın hızı 19.Yy'dan bu yana 0.044-0.1 derece/yıl'dır (Fraser-Smith, 1987; Barton,1989). Chulliat, A., ve diğ. (2015)'in yayınladığı 2015-2020 yılları için Dünya Manyetik Model' de son 5 yılda tahminden daha hızlı bir şekilde batıya kaydığını belirtmişlerdir.

2.1.7 Yermanyetik Alanında Polarite Değişimi (Terslenme)

Yermanyetik alan vektörü kuzey yarım kürede yer kürenin içine (inklinasyon açısı : I pozitif), güney yarım kürede ise yer dışına (inklinasyon açısı: I negatif) doğrudur. Yermanyetik alanının günümüzdeki bu konumuna normal polarite denir. Yermanyetik alanının bu konumunu 180° değiştirmesi *yermanyetik alanın terslenmesi* olarak adlandırılır ve günümüzün zıttı olan bu konuma ters polarite denir.

Yermanyetik alanın terslenmesinin mekanizması şu şekildedir. Katı çekirdek mantoya göre batıdan doğuya doğru hareket eder. Sıvı dış çekirdek ise katı iç çekirdeğe göre doğudan batıya doğru hareket eder. Bu farklı dönme hareketi doğudan batıya sıvı dış çekirdeğin dış kısmında bir elektrik akımının oluşmasına neden olur. Bu doğu batı akımlar manyetik alan oluşturur.

Uzun zaman içinde özellikle katı çekirdekte şekil değişikliği gerçekleşir. Katı çekirdek, Kuzey-Güney ekseninde ve ekvatorial eksen arasında gerilerek gerilme salınımı yapar. Ekvatorial ekseninde gerildiğinde katı çekirdek mantodan daha yavaş döner. Bu sıvı çekirdeğin akış yönünü ve indüklenen akımı tersine çevirir. Sonuç olarak Yermanyetik alanın terslenmesi meydana gelir (Niazi, 2018). Bu sıvı çekirdeğin yatay akışını dengeli ve zıt bir derece ile dengeler ve sonra indüklenen elektrik akımı ve manyetik alanı yaratır. Gözlemler katı çekirdek ekseninin Sibirya üzerinde eğildiğini ve bu da kutup boyunca uyarılan manyetik kutupta gözlenen eşit ve ters eğilime neden olduğunu göstermektedir.

Yermanyetik alanının bir konumdan zıt polarite konumuna geçiş aşamasına polarite geçişi denir. Polarite geçişlerinin paleomanyetik kayıtları, radyometrik olarak tarihlendirilmiş ve ard arda sıralanmış lavlardan veya depolanma oranları bilinen derin deniz sedimanlarından elde edilmiştir. Polarite değişim sırasında yermanyetik alanın nasıl davrandığı tam olarak bilinmemekte ancak bazı veriler bu esnada dipol alanının şiddetinin azaldığını, dipol alanının dipol şeklini tam olmasa da koruduğunu ve manyetik kutupların ekvator bölgelerine kadar geldiğini göstermiştir.

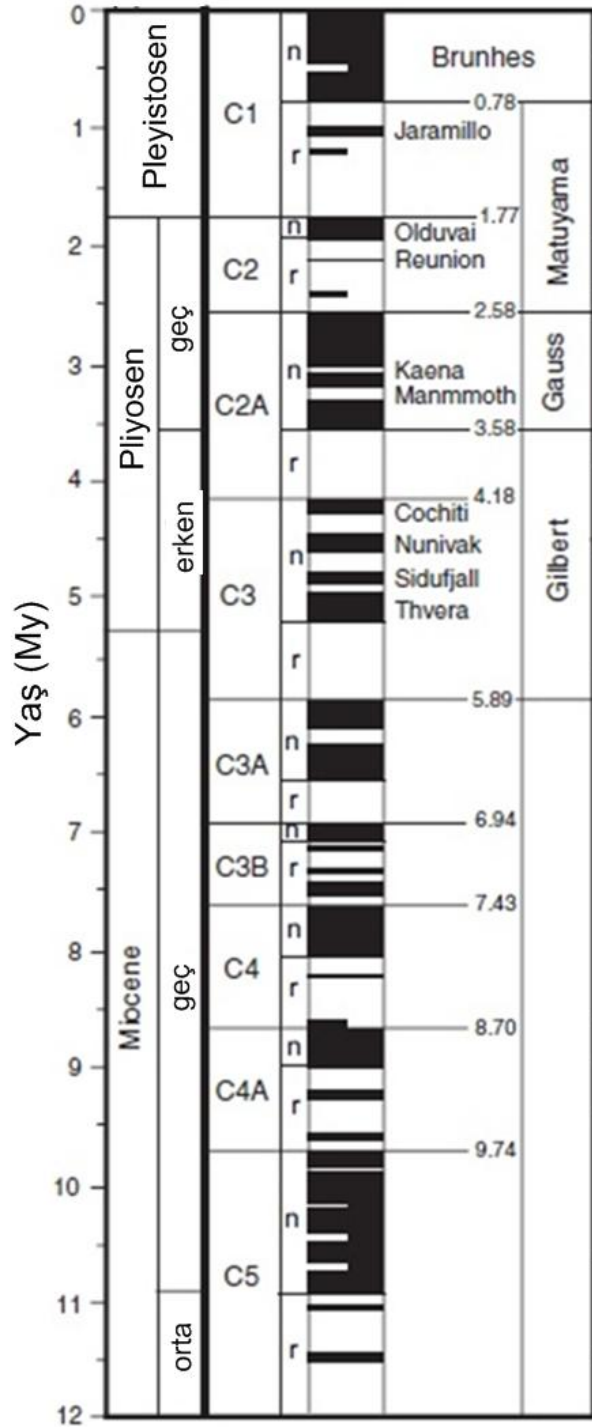
Yermanyetik alanın normal veya ters polaritede kalma süresi 50 By ile 1-2 My arasında değişir. Bu polarite dönemlerine kutup devirleri de denir. Bu devirlerin içinde zaman zaman zaman olay (event) adı verilen 20-50 By gibi kısa süren polarite değişimleri de vardır. Dünyanın farklı yörelerinden toplanan genç yaştaki volkanik kayaların yaşları saptandıktan sonra, yaşlarına ait sahip oldukları polariteleri elde edilmiştir. Manyetik stratigrafi olarak adlandırılan bu durum belli zaman aralıklarına göre isimlendirilmiştir. Tablo 2.1'de 0-30 My arasında Cande ve Kent (1995)'ten alınan veriler polarite kronları ve bilinen dönemleri göstermektedir. Kronları adlandırmak için anomaliler boyunca dönemlerde artan sayılar ve harfler kullanılmıştır. Örneğin Cn1n; normal polarite dönemini C1r.1n; Ters polarite dönemi içinde normal polariteyi göstermektedir. Şekil 2.10'da ise son 12 My'daki polarite değişimlerini manyetostratigrafi (yermanyetik polarite zaman skalası) üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 2.1: 0-30 My arası normal polarite aralıkları (Cande ve Kent 1995).

Normal Polarite Aralıkları (My)	Polarite (Kron)	Dönem altkron	Normal Polarite Aralıkları (My)	Polarite (Kron)	Dönem Alt-kron
0.000-0.780	C1n	Brunhes-Matuyama	11.052-11.099	C5r.1n	
0.990-1.070	C1r.1n	Jaramillo	11.476-11.531	C5r.2n	
1.770-1.950	C2n	Cob mountain	11.935-12.078	C5An.1n	
2.140-2.150	C2r.1n	Olduvai	12.184-12.401	C5An.2n	
2.581-3.040	C2An.1n	Reunion	12.678-12.708	C5Ar.1n	
3.110-3.220	C2An.2n	Kaena	12.775-12.819	C5Ar.2n	
3.330-3.580	C2An.3n	Mammoth	12.991-13.139	C5AAn	
4.180-4.290	C3n.1n	Cochiti	13.302-13.510	C5ABn	
4.480-4.620	C3n.2n	Nunivak	13.703-14.076	C5ACn	
4.800-4.890	C3n.3n	Sidufjall	14.178-14.612	C5ADn	
4.980-5.230	C3n.4n	Thvera	14.800-14.888	C5Bn.1n	
5.894-6.137	C3An.1n		15.034-15.155	C5Bn.2n	
6.269-6.567	C3An.2n		16.014-16.293	C5Cn.1n	
6.935-7.091	C3Bn		16.327-16.488	C5Cn.2n	
7.135-7.170	C3Br.1n		16.556-16.726	C5Cn.3n	
7.341-7.375	C3Br.2n		17.277-17.615	C5Dn	
7.432-7.562	C4n.1n		18.281-18.781	C5En	
7.650-8.072	C4n.2n		19.048-20.131	C6n	
8.225-8.257	C4r.1n		20.518-20.725	C6An.1n	
8.699-9.025	C4An		20.996-21.320	C6An.2n	
9.230-9.308	C4Ar.1n		21.768-21.859	C6AAn	
9.580-9.642	C4Ar.2n		22.151-22.248	C6AAr.1n	
9.740-9.880	C5n.1n		22.459-22.493	C6AAr.2n	
9.920-10.949	C5n.2n		22.588-22.750	C6Bn.1n	

Tablo 2.1 (devam): 0-30 My arası normal polarite aralıkları (Cande ve Kent 1995).

Normal Polarite Aralıkları (My)	Polarite (Chron)	Dönem (Altkron)	Normal Polarite Aralıkları (My)	Polarite (Chron)	Dönem (Altkron)
22.804-23.069	C6Bn.2n		25.823-25.951	C8n.1n	
23.353-23.535	C6Cn.1n		25.992-26.554	C8n.2n	
23.677-23.800	C6Cn.2n		27.027-27.972	C9n	
23.999-24.118	C6Cn.3n		28.283-28.512	C10n.1n	
24.730-24.781	C7n.1n		28.578-28.745	C10n.2n	
24.835-25.183	C7n.2n		29.401-29.662	C11n.1n	
25.496-25.648	C7An		29.765-30.098	C11n.2n	



Şekil 2.10: 0-12 My polarite değişimlerinin manyetostratigrafi üzerinde gösterimi (Cande ve Kent, 1995). C : kron, n: normal polarite r: ters polarite.

Zaman zaman normal veya ters polarite devirleri esnasında manyetik kutup yerin dönme ekseninden (coğrafi kutuptan) büyük ölçüde uzaklaşarak ekvator bölgelerine iner fakat polarite değişimi olmadan tekrar ilk yerine döner. Bu esnada VADM değeri yaklaşık 4×10^{22} Am² den az olmaktadır (Guyoda ve Valet 1999). 10 bin yıldan az süren bu olay manyetik alan azalmalarındaki ani sapmalar olarak tanımlanmaktadır. Brunhes normal polarite döneminde gerçekleşen bu ani sapmalar: Hilina Pali sapması (14–22 By; TeanBy ve diğ., 2002), Mono Lake sapması (27.3–35.5 By; Laj ve diğ., 2014), Laschamp sapması (40.7–41.9 By; Laj ve diğ., 2014), Post Blake sapması (91–106 By; Singer ve diğ., 2014) Jamaika olayı (179-190 By; Valet ve Meynadier, 1993), Biwa 2 olayı (yaklaşık 290 By; Kawai ve diğ., 1972), Biwa 3, Calabrian Ridge 2, Big Lost, Emperior ve Delta sapması (400 By, 520 By, 540 By, 670 By; Guyodo ve Valet 1999) olarak adlandırılmışlardır. Matuyama ters polarite döneminde Jaramillo, Cobb Mountain, Olduvai, Reunion normal polarite dönemleri, Gauss normal polarite döneminde Kaena, Mammoth ters polarite dönemleri, Gilbert ters polarite döneminde ise Cochiti, Nunivak, Sidufjall, Thvera normal polarite dönemleri bulunmaktadır (Şekil 2.10).

2.2 KAYAÇLARDAKİ KALINTI MIKNATISLANMA ÇEŞİTLERİ

Kayaçların sahip oldukları kalıntı mıknatıslanmanın incelenmesi ile jeolojik devirlerdeki manyetik alanın davranışları ile ilgili bilgiler elde etmek mümkündür. Kayaçlar sahip oldukları kalıntı mıknatıslanmalarını farklı yollardan kazanabilmektedirler. Kayaçlardaki mıknatıslanma çeşitleri ısı kalıntı mıknatıslanma, eşsıcaklık ısı kalıntı mıknatıslanma, viskoz kalıntı mıknatıslanma, kimyasal kalıntı mıknatıslanma, çökelme ile kalıcı mıknatıslanma, anhisterik kalıntı mıknatıslanma, basınçla kalıntı mıknatıslanma şeklindedir. Paleoşiddet çalışmalarında mıknatıslanmalarını ısı kalıntı mıknatıslanma yoluyla kazanmış kayaçlar tercih edilir. Mıknatıslanma şiddetleri de indüklem mıknatıslanma şiddetinden daha büyüktür. Genel olarak doğal kalıntı mıknatıslanma (NRM-DKM) şiddeti ile indüklem mıknatıslanma arasındaki oran Königsberger oranı olarak bilir. Volkanik kayaçlarda bu oran 2-10 arasındadır. Bazı bazaltik kayaçlar için 100'ü aştığı görülür.

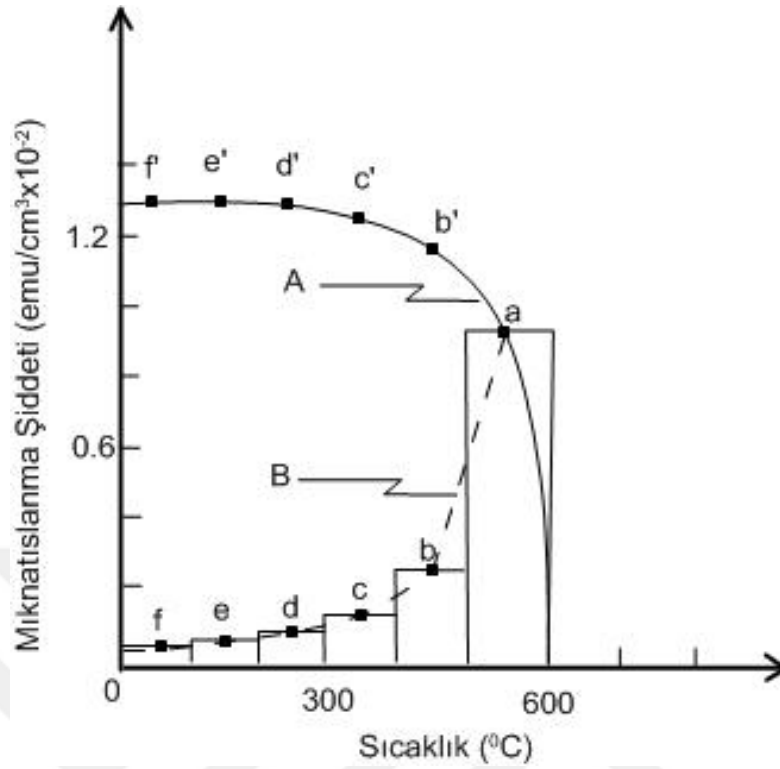
2.2.1 Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (IKM)

Kayaçların yermanyetik alanı içinde Curie ya da Neel sıcaklığının üstündeki sıcaklıktan itibaren soğurken kazandığı mıknatıslanmasıya IKM denir. IKM'nin doğrultusu soğuma anında mevcut olan alanın doğrultusudur.

Zayıf manyetik alan içinde elde edilen İKM şiddet bakımından eş-ısı kalıntı mıknatıslanma (EİKM) ve indüklem mıknatıslanmadan büyüktür. Volkanik kayalarda yapılan çalışmalar İKM/DKM oranının bire çok yakın olduğunu göstermektedir. Kayaca uygulanan sıcaklık arttıkça İKM artar ve doyumluğa ulaşır. İKM'nin kazanıldığı bu sıcaklık ya Curie sıcaklığı ya da Curie sıcaklığının biraz altındadır. Bu sıcaklığa İKM'nin kritik sıcaklığı denir (Nagata, 1961). İKM'nin uygulanan alanla orantılı olduğu bilinir (Roquet, 1954). İKM kimyasal kalıntı mıknatıslanma dışında diğer mıknatıslanmalara göre daha duraylıdır. İKM'nin alternatif alana ve ısıya karşı EİKM'ye göre daha büyük bir dayanıklılığı vardır (Nagata, 1961, Roquet, 1954). Toplam İKM ile iç direnme kuvveti arasında genel olarak lineer bir bağlantı vardır (Nagata, 1961). İKM konusunda bilmemiz gereken bir kanun kısmi ısı kalıntı mıknatıslanma kanunu adı altında kullanılır.

2.2.1.1 Kısmi Isıl Kalıntı Mıknatıslanma Kanunu ($pTRM$)

Bir kayacı Curie sıcaklığının üstündeki sıcaklıklara kadar ısıtıp yönü bilinen bir alan içinde soğurken, çeşitli sıcaklıklarda mıknatıslanma şiddetlerini ölçtüğümüzde Şekil 2.11'deki A eğrisini elde ederiz. Aynı kayacı Curie sıcaklığının üstündeki sıcaklığa kadar ısıtıp, kayaç 600 °C 'den 500 °C' ye doğru soğurken ona yine bir önceki aşamada uyguladığımız dış alanı uygulayıp sonra 500° C'den oda sıcaklığına kadar dış alanın olmadığı bir ortamda soğutup kayacın böylece kazandığı mıknatıslanma şiddetini ölçtüğümüzde Şekil 2.11'deki a değerini elde ederiz. İkinci olarak aynı kayacı tekrar Curie üstündeki sıcaklığa kadar ısıtıp önce 500°C kadar dış alanın bulunmadığı bir ortamda soğutalım, sonra kayaç 500°C ile 400°C'ye kadar soğurken dış alan uygulayalım tekrar 400°C'den oda sıcaklığına kadar dış alanın olmadığı alanda soğutup mıknatıslanma şiddetini ölçtüğümüzde Şekil 2.11'deki b değerini elde ederiz. Deneye devam ettiğimizde benzer şekilde Şekil 2.11'deki c, d, e, f değerlerini buluruz. Görülecektir ki kayacın 100°C 'lik çeşitli aralıklarda kazandığı mıknatıslanmaların şiddeti aynı değildir birbirinden bağımsızdır. Öte yandan a+b nin toplamı yapılırsa bunun Şekil 2.11'deki A eğrisi üzerinde b' değerine a+b+c nin ise A eğrisi üzerinde c' değerine karşılık geldiği görülür. Özetle kayacın kazandığı **toplam ısıl kalıcı mıknatıslanma eğrisi** olan Şekil 2.11'deki A eğrisinin çeşitli sıcaklık aralıklarında kazandığı mıknatıslanmanın toplamı olduğu sonucuna ulaşılır. Kullanılan sıcaklık aralıkları küçültülürse Şekil 2.11'deki B eğrisi elde edilir. B eğrisine bu nedenle **kısmi ısıl kalıcı mıknatıslanma eğrisi** denir (Sanver, 1992).



Şekil 2.11: Sıcaklık-Mıknatıslanma Şiddeti eğrisi ve kısmi ısıl kalıntı mıknatıslanma kanununun uygulanması (Sanver, 1992).

2.2.2 Eş Isıl Kalıcı Mıknatıslanma (EIKM)

Oda sıcaklığında, kalıcı mıknatıslanması olmayan kayaca aşama aşama manyetik alan uygulandığında kayacın mıknatıslanma olduğu tespit edilir. Belli bir dış manyetik alandan sonra ölçülen kayacın mıknatıslanma şiddetinin artmadığı görülür. Bu halde kayaca doymuş halde EIKM kazandı denir.

Kayaçların EIKM yolu ile kazandıkları kalıcı mıknatıslanma paleomanyetik amaçlı çalışmalar için ikincil mıknatıslanmadır ve karakteristik kalıntı mıknatıslanmayı elde etmek için kayacın bu mıknatıslanmanın temizlenmesi gerekir. Doğada yıldırım isabet eden kayaçlar EIKM kazanmış olabilirler.

2.2.3 Viskoz Kalıcı Mıknatıslanma (VKM)

Kalıcı mıknatıslanma özelliğine sahip kayacın dış alan içinde zamana bağlı olarak kazandığı mıknatıslanmadır. VKM 'nin paleomanyetik çalışmalarda önemli yeri vardır. Bunun nedeni kayaçlar oluşumlarından laboratuvarlarda ölçüldüğü ana kadar yermanyetik alanı içinde bulunmaktadırlar. Yermanyetik alanı ortalama 0.5 Örsted şiddetinde zayıf bir alandır. Ancak

zaman parametresi dikkat edilecek olursa yermanyetik alanın kutuplarının kabaca her 500 bin yılda yön değiştirmesi VKM'nin tespitinde önemli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, ikincil bir mıknatıslanma olan VKM'nin karakteristik kalıntı mıknatıslanmayı bulmak için temizlenmesi gerekir (Sanver, 1992).

2.2.4 Kimyasal Kalıcı Mıknatıslanma (KKM)

İçlerindeki demiroksit minerallerini kimyasal çökeltme işlemine borçlu kayaçların kazandıkları doğal mıknatıslanma Kimyasal Kalıcı Mıknatıslanmadır. KKM'ye magmatik kayaçlarda özellikle volkanik kayaçlarda oldukça sık rastlanmaktadır. Bu tür kayaçlardaki KKM kayacın önceden kazandığı İKM'yi ortadan kaldıracak yönde gelişmektedir dolayısıyla volkanik kayaçlarda bulunmasını istemediğimiz mıknatıslanma çeşididir. KKM kazanmış volkanik kayacın kalıcı mıknatıslığı kararsızdır. Volkanik kayaçların kalıcı mıknatıslığından sorumlu mineral titanyumlumanyetitlerdir. Kararsız kalıcı mıknatıslanmaya sahip volkanik kayaçlar içinde X ışınları analiz ve kimyasal analizler sonucunda titanyumlumaghemitlerin olduğu saptanmıştır. Maghemitler manyetitin oksitlenmiş bir çeşididir. Sonuç olarak volkanik kayacın oksitlenmesi kısaca KKM ile volkanik kayaçlarda kararsız mıknatıslanma gerçekleşir. Bu paleomanyetik çalışmalarda istenmeyen durumdur (Sanver,1992).

2.2.5 Çökeltme İle Kalıcı Mıknatıslanma (ÇKM)

Daha çok Holosen ve Pleyistosen yaşlı genç sedimanlarda karşılaşılan doğal kalıcı mıknatıslanma kazanma yoludur. Bu tip kalıntı mıknatıslanma sedimantasyon sırasında ferromanyetik taneciklerin yermanyetik alanı doğrultusunda yönelerek çökmesinden ileri gelir. Paleomanyetik çalışmalarla Yermanyetik alanının çok yakın jeolojik geçmişteki davranışlarını saptamada önemli rol oynamaktadır (Sanver,1992).

2.2.6 Anhisterik Kalıcı Mıknatıslanma (AKM)

Kayaç ya da manyetik minerallere şiddeti giderek sıfıra doğru azalan bir alternatif manyetik alan ile sabit şiddet ve yöne sahip bir dış alanın birlikte etki etmesi sonucu kazanılan kalıcı mıknatıslanma türüne Anhisterik Kalıcı Mıknatıslanma denir. Doğada yıldırım isabet eden kayaçlarda görülür. AKM paleomanyetizma yönünden istenmeyen bir mıknatıslanmadır (Sanver,1992).

2.2.7 Basınçla Kalıcı Mıknatıslanma (BKM)

Jeolojik zamanlar boyunca dinamik hareketler geçirmiş veya günümüzde geçirmekte olan bölgelerde kayaçların kalıntı mıknatıslanmaları sözkonusu tektonik olayları meydana getiren kuvvetlerle basınçla değişir. Doğal kalıntı mıknatıslanmadaki bu değişme miktarı BKM olarak adlandırılır (Sanver, 1992).

2.3 MUTLAK YAŞ TAYİNİ YÖNTEMLERİ

2.3.1. Radyometrik Yaşlandırma Yöntemleri

Radyometrik Yaşlandırma Yöntemi; Radyoaktif izotopların bozunma sürecini kullanılarak yapılan mutlak yaş tayini yöntemlerindedir. Radyoaktif parçalanma yoluyla (Karbon-14, Potasyum/Argon, Uranyum yöntemleri, Fisyon İzleri Sayımı), Radyasyon Etkisi ve Enerji Birimi olmak üzere ikiye ayrılır. Günümüzde en güvenilir ve en çok kullanılan yaş tayini yöntemleri Karbon-14 ve Potasyum/Argon yöntemleridir.

2.3.1.1. Potasyum /Argon (K/Ar) Yöntemi

Kayalarda genellikle eser miktarda doğal radyoaktif K^{40} ile bozunmuş yan ürün Ar^{40} bulunur. Bu yöntemle en genç 100000 yıl yaşındaki kayaçların yaşları bulunabilmektedir. Potasyumun bir izotopu olan K^{40} doğal potasyumun % 0.0118'ini meydana getirmektedir ve K^{40} 'ın parçalanması iki şekilde gerçekleşir. Birincisi K^{40} atomunun çekirdeği çevresindeki en iç elektronlardan birini kendi içine çekerek Ar^{40} atomunun çekirdeğini oluşturmaktır. Bu olay sonucu atomun enerji dengesi gama ve x ışını saçılımı ile olmaktadır. İkinci parçalanmada ise K^{40} atomunun Beta partikülü saçarak sonuçta Ca^{40} atomunun çekirdeğini oluşturmasıdır. Günümüzde Ca^{40} atomları normal Ca atomlarından ayırt edilmediği için yaş tayininde kullanılmamaktadır. Bu nedenle yöntemin adı K/Ar yöntemi olarak geçmektedir.

2.3.1.2 Karbon-14 (C-14) Yöntemi

Atmosferdeki karbondioksit moleküllerinde bulunan karbon (C) atomları C-12, C-13, C-14 şeklinde olup bunlardan yalnız C-14 radyoaktif özellik göstermektedir. C-14 izotopu atmosferin 1500 m den daha yüksekliklerde kozmik ışınların Azot-14 (N-14) atomlarında neden olduğu nötron-proton reaksiyonları ile oluşturulmaktadır. Oluşan C-14 atmosferdeki hava dolanımları yoluyla atmosfere karışır ve bitkilerin hayvanların bünyesine katılır. Yaşamlarını sürdürdükleri sürece canlılar içindeki C-14 atomlarının sayısı diğer karbon

atomlarına göre hemen hemen sabit kalır çünkü içlerindeki C-14 atomları sürekli bir şekilde takviye edilmektedir. Bitki ve hayvanların yaşamları sona erdiğinde C-14 takviyesi sona ermekte ve geçen zamanla C-14 atomlarının parçalanmaları sonucu giderek azalmaktadırlar. C-14 radyoaktif madde olarak parçalanır ve yarı ömrü 5730 yıldır. C-14 parçalanınca N-14 atomu oluşmakta ve Beta partikülleri yayılmaktadır. Ölçümler sırasında örneğin yayınladığı Beta partiküllerinin sayısını bilirse örnek içindeki radyoaktif C-14 atomunun yaşını bulabiliriz. Yaşlı örneklerde C-14 atomu gençlere göre daha az olacağından yayınladığı Beta partiküllerinin sayısında daha az olacaktır. Bu yöntemle yaş tayini yapılırken laboratuvar olanaklarına göre geliştirilmiş standart örneklerden yararlanır (Sanver, 1977). Bu yöntem ile 50000 yıldan günümüze kadar olan yaş aralığında yaşlandırma yapılabilir.

2.3.1.3 Uranyum Yöntemleri

Mutlak yaş tayini yöntemlerinde ilk uygulanan yöntemdir. Yöntemin esasını Uranyum (U) izotopu U-238, U-235 ve Toryum (T) izotopu T-232 olan üç izotopun parçalanması teşkil etmektedir. U-238'in parçalanması sonucu Kurşun (Pb) izotopu olan Pb-206, U-235'in parçalanması sonucu Pb-207, T-232'in parçalanması sonucu Pb-208 izotopları meydana gelmektedir. Bunların parçalanması sırasında birçok aşama geçilmektedir. Uranyum yönteminde aynı kayaca ait üçü de birbirinden bağımsız üç ayrı mutlak yaş elde edilmektedir. Saptanan her üç yaşın birbirini tutması gerekir. Bu da yöntemin güvenilirliği açısından üstünlüğünü gözler önüne sermektedir (Sanver,1977).

2.3.1.4 Fisyon İzleri Sayımı

Mağmatik kayacda bulunan U ²³⁸ atomları parçalandıkları zaman büyük kütleli parçacıklar oluşturmaktadırlar. Bu partiküller yeterince büyük ve enerjik ise mineralin atom şebekesindeki diğer atomlara çarparak mineral içinde ilerler ve arkasında silindirik boşluk bir "iz" bırakır. İzlerin optik mikroskoplarda gözlenmesi için kayaca hidroflorik asit sürülmektedir. Yapılan incelemeler mineral içindeki iz sayısının kayacın mutlak yaşı ile orantılı olduğunu ortaya koymuştur. Bu yöntemde örnek içindeki Uranyum atomlarının homojen şekilde dağıldığı ve sayılan izlerin başlıca kaynağının U-238 atomlarının parçalanması sonucu oluşan partiküllerin olduğu kabul edilmiştir (Sanver,1977).

2.3.2 Kozmojenik Yüzey Tarihlendirme

Evrende meydana gelen süpernova patlamaları ve güneşin radyoaktif ışınımları ile kozmojenik izotopları oluşturan kozmik ışın parçacıkları meydana gelir. Bu parçacıklar yüksek hız ve enerjiye sahiptirler ve dünyamıza her yönden çarparlar (Dunai, 2010). Parçacıklar önce atmosferik elementlerle reaksiyona girerler. Sonra yeryüzüne kadar ulaşır kayaç yüzeyinde litosferik elementlerle etkileşerek kayaçların ilk 2-3 metrelik kısımlarında yeni izotoplar oluştururlar. Bunlara kozmojenik izotoplar denir (Dunai, 2010). ^{10}Be , ^{14}C , ^{26}Al , ^{36}Cl , ^{41}Ca , ^3He , ^{21}Ne vb. kozmojenik izotopların kayaç içindeki oluşma hızı bilinirse (Schimmelpfennig ve diğ., 2011; Marrero, 2012) kozmojenik izotop değişimi ölçüldüğünde bu kayaçların yaşları belirlenebilir. Buzul çökelleri, alüvyal yelpazeler, nehir taraçaları, volkanik yüzeyler, fay aynaları yöntemin uygulandığı yer şekilleridir (Sarıkaya ve Çiner, 2015). |

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE ÖRNEK YERLERİ

Günümüzden 66 milyon yıl öncesine kadar uzanan Senozoyik Zamanı boyunca meydana gelen volkanik faaliyetlerle Türkiye'nin yaklaşık %16 'sı volkanik birimlerle örtülmüştür. Özellikle Neojen ve Kuvaterner dönemlerinde, karasal ortamdaki volkanik etkiler artmış ve büyük volkan yapıları oluşmuştur. Türkiye'deki Holosen-Kuvaterner yaşlı volkanlar: Acıgöl (Kaldera), Ağrı Dağı (Stratovolkan), Erciyes Dağı (Stratovolkan), Hasan Dağı (Stratovolkan), Nemrut Dağı (Stratovolkan), Karacadağ (Kalkan Tipi), Süphan Dağı (Stratovolkan), Kars Platosu (Volkan Alanı), Kula Platosu (Volkanik Alan Cüruf Konisi), Girekol Tepe (Kalkan) Karapınar Volkanik Alanı (Volkanik Alan Cüruf Konisi) şeklinde sıralanabilir (Şekil 1.1).

Tez çalışması kapsamında; Orta ve Batı Anadolu'da Neojen-Kuvaterner jeolojik yaş aralığında Acıgöl, Erciyes Dağı, Hasan Dağı, Karapınar Volkanik Alanı ve Kula Platosu çevresindeki volkanik kayalar örneklenmiştir.

3.1.1 Orta Anadolu Bölgesi Volkanizması ve Örnek Yerleri

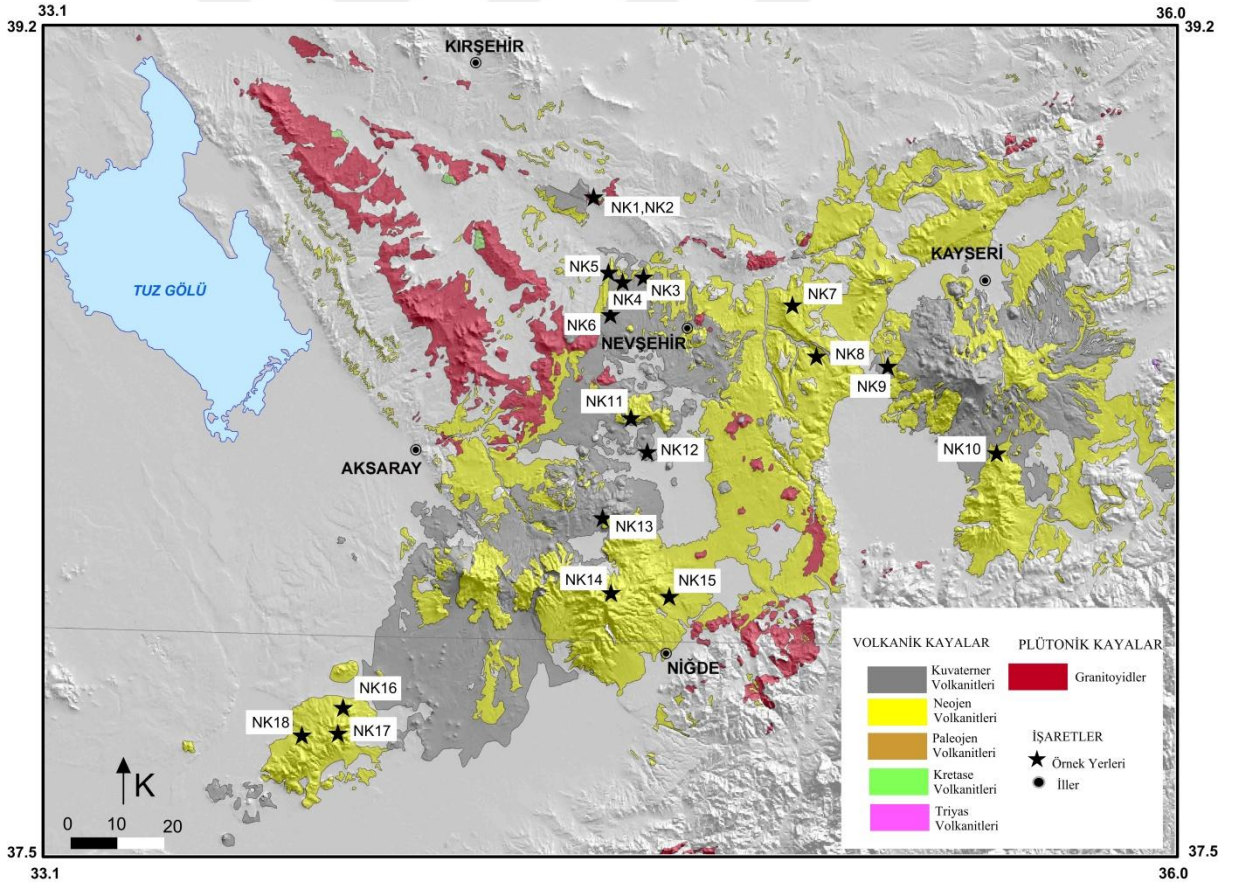
Orta Anadolu'daki Volkanizma Neojen-Kuvaterner döneminde Arap ve Avrasya plakaları arasındaki çarpışmaya bağlanmaktadır. Üst Miyosen-Kuvaterner sürecinde yoğun bir volkanik etkinliğe sahne olan Kapadokya bölgesi birimleri sıra volkanlar, volkanoklastik depozitler ile peribacaları adı verilen tüflerden oluşmaktadır (Beekman, 1966; Pasquare, 1968; Innocenti vd., 1975; Le Pennec vd., 1994; Toprak, 1998).

Orta Anadolu Bölgesine ait radyometrik yaş verisi 13.7 My ve 0.0019 My arasındadır (Innocenti ve diğ., 1975; Besang ve diğ., 1977; Bigazzi ve diğ., 1993; Platzman ve diğ., 1998; Doğan, 2011; Aydar ve diğ., 2013).

Konya ile Kayseri arasındaki bölgede oluşmuş Genç Tersiyer-Kuvaterner yaşlı volkanik faaliyetin ürünleri (lav kubbeleri, lav akıntıları, lav konileri, kraterler, volkanik tuf ve aglomeralar) GB-KD doğrultusunda uzanan bir kuşak oluşturur. Erenlerdağı-Alacadağ masifinde, Karadağ'da, Karapınar çevresinde, Hasandağ-Erciyesdağ volkan sahalarında ve Nevşehir dolaylarında yüzeyleler. Orta Anadolu'daki volkanik faaliyetlerin ürünleri olan lav ve tüfler genellikle kalkalin nitelikte andezit, dasit, riyodasitlerle alkalın nitelikte bazalt,

trakit, fanolitlerdir. Hasan Dağı ve Erciyes Dağı görkemli yüksek volkan konileri, Karapınar ve Nevşehir dolaylarında ufak çaplı kraterler maarlar ve geniş alanlara yayılmış serpilmiş tüfler, Göreme (Ürgüp) yöresinin peribacaları gibi oluşuklar Orta Anadolu'daki bu genç volkanik faaliyetin doğal anıt özelliğini taşırlar.

Neojen-Kuvaterner zaman aralığında paleoşiddet değişimini bulabilmek amacıyla yapılan arazi çalışmaları sonucunda Aksaray, Nevşehir, Kayseri, Niğde, Konya'dan 18 mevkiden yaşları 0.080-8.26 My arasında değişen yaklaşık 450 adet volkanik kayaç örneği toplanmıştır (Şekil 1.1.b, Şekil 3.1, Tablo 3.1). Bölgedeki volkanik kayalara ait yaş bilgileri Platzman ve diğ. 1998; Doğan, 2011; Aydar ve diğ. 2013; Mues-Schumacher ve Schumacher 1996'dan alınmış olup, örnek yerleri yaş tayinlerinin yapıldığı yerlerden seçilmiş ve paleoşiddet çalışmalarına uygun kayaçlar toplanmıştır (Şekil 3.2, Tablo 3.1).



Şekil 3.1: Orta Anadolu Bölgesi Neojen-Kuvaterner volkanik birimlerin dağılımı ve örnek yerleri (MTA, 2013'den değiştirilerek çizilmiştir).

Tablo 3.1: Orta Anadolu Bölgesinde alınan örneklerin koordinat ve yaş bilgileri. Yaş verileri referansları: (1) Platzman ve diğ.,1998, (2) Doğan, 2011, (3) Aydar ve diğ., 2013, (4) Mues-Schumacher ve Schumacher, 1996.

Mevki	Koordinat	Yaş(My)	Metot	Referans
NK1	38° 52.183'K/ 34° 27.432'D	1.28±0.038	Ar-Ar	(2)
NK2	38° 52.183'K/ 34° 27.432'D	1.28±0.038	Ar-Ar	(2)
NK3	38° 45.161'K/ 34° 36.637'D	0.08±0.03	K/Ar	(1)
NK4	38° 45.742'K/ 34° 32.637'D	0.096 ±0.013	Ar-Ar	(2)
NK5	38° 46.368'K/ 34° 30.575'D	1.98±0.040	Ar-Ar	(2)
NK6	38° 40.604'K/ 34° 30.488'D	0.71±0.03	K/Ar	Bu çalışma
NK7	38° 38.812'K/ 34° 58.252'D	8.26±0.16	Ar-Ar	(3)
NK8	38° 34.107'K/ 35° 4.359'D	1.1±0.1	K/Ar	(4)
NK9	38° 33.771'K/ 35° 11.741'D	1.84±0.47	K/Ar	(1)
NK10	38° 21.525'K/ 35° 29.005'D	2.16±0.58	K/Ar	(1)
NK11	38° 26.122'K/34° 35.108'D	2.15±0.93	K/Ar	(1)
NK12	38° 21.946'K/ 34° 38.741'D	<0.2	K/Ar	(1)
NK13	38° 13.241'K/ 34° 26.293'D	1.48±0.5	K/Ar	(1)
NK14	38° 5.194'K/ 34° 25.588'D	2.57±1.5	K/Ar	(1)
NK15	38° 2.379'K/ 34° 38.856'D	4.43±1.6	K/Ar	(1)
NK16	37° 51.015'K/ 33° 51.952'D	2.32±0.51	K/Ar	(1)
NK17	37° 48.098'K/ 33° 51.896'D	5.98±0.25	K/Ar	(1)
NK18	37° 47.590'K/ 33° 45.213'D	4.7±0.2	K/Ar	(1)

Yaş bilgisinin olmadığı NK6 numaralı örneğe Kanada'da bulunan ActLabs'ta K/Ar yaş analizi gerçekleştirilmiştir. MI-1201 IG mass-spectrometer kullanılarak tüm kayadan yaşlandırma yapılmıştır. Bozunma sabitleri olarak;

$\lambda_K=0.581*10^{-10}y^{-1}$, $\lambda_{\beta^-}=4.962*10^{-10}y^{-1}$, alınmış $^{40}K=0.01167$ (at.%) elde edilmiştir. Sonuç Tablo 3.2 'de verilmiştir.

Tablo 3.2: Nevşehir'den alınan örneğe ait K/Ar yaş tayini.

(Örnek No)	K, % $\pm \sigma$	^{40}Ar rad,(ng/g)	% ^{40}Ar air	(Yaş, My)	Hata oranı 2σ
NK6	1.99 \pm 0.02	0.0976 \pm 0.016	84.2	0.710	0.030

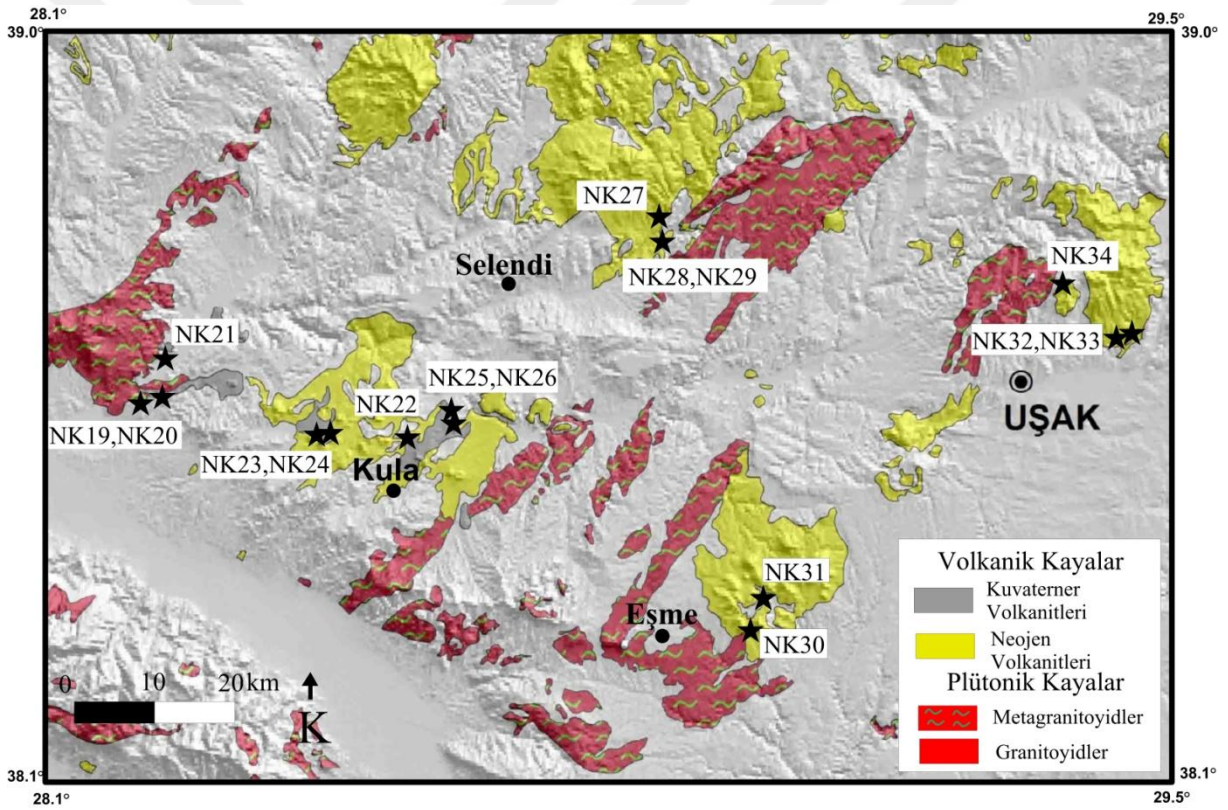
**Şekil 3.2:** Farklı mevkilere ait örnek yerlerine ait arazi görüntüleri.

3.1.2 Batı Anadolu Bölgesi Volkanizması ve Örnek Yerleri

Batı Anadolu'da görülen Senozoyik volkanik aktivite Geç Oligosen - Erken Miyosen yaşlı kalk-alkali ve şoşonitik karakterli riyolit ile bazaltik andezit arasında değişen bileşimlerdeki ürünlerdir. Orta Miyosen'in sonlarından Geç Miyosen'in ortalarına kadar Batı Anadolu'daki volkanik aktivitede kesiklik görülür (Yılmaz, 1989; Yılmaz ve diğ., 2001). İçbatı Anadolu'da Afyon ve Kırka çevresinde Erken Miyosenden başlayarak güneye doğru gençleşen ve asidik, ortaç ürünlerin baskın olduğu, alkali karakterleriyle öne çıkan bir volkanik aktivite söz konusudur (Savaşçın ve Oyman, 1998). Geç Miyosen-Erken Pliyosen'de etkin olan volkanizmanın ürünleri bazik bileşimde olup alkali özellikler taşır. Ayrıca ultrapotasik mafik lavların varlığı da görülmektedir. Alkali bazaltik volkanizma, Kuvaterner'de Kula yöresinde

gözlemlendiği üzere potasiktensodik karaktere doğru değişim göstermektedir (Ercan ve Öztunalı, 1982; Ercan, 1986; Güleç, 1991; Alıcı ve diğ., 2002). Kula volkanitleri Batı Anadolu'nun en genç volkanizmasıdır ve tamamen bazaltik lav akıntıları ve tefralarla temsil olunur.

Yapılan arazi çalışmaları sonucunda Batı Anadolu'dan Manisa (Kula, Selendi) ve Uşak illerinden toplamda 16 mevkiden yaşları 900-13100 yıl ve 8-16 My arasında değişen paleoşiddet çalışmalarına uygun volkanik kayalar toplanmıştır (Şekil 1.1.a, Şekil 3.3, Şekil 3.4). Bölgedeki volkanik kayalara ait yaş bilgileri Heineke ve diğ., 2016, Purvis ve diğ., 2005, Inconetti ve diğ., 2005, Karaoğlu ve diğ., 2010'dan alınmıştır. Örneklere ait koordinat bilgileri Tablo 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.3: Batı Anadolu Bölgesi Neojen-Kuvaterner olarak ayırtlanmış volkanik birimlerin dağılımı ve örnek yerleri (MTA, 2013'den değiştirilerek çizilmiştir).



Şekil 3.4: Farklı mevkilere ait örnek yerlerine ait arazi görüntüleri.

Örnek yerleri mevcut yaş tayinlerinin yapıldığı yerlerden seçilmiş ve yaş analizi olmayan yerlerden ayrıca el örnekleri alınmıştır. Yaş verisinin olmadığı NK30 ve NK31 nolu örnekler Kanada da bulunan ActLabs'ta K/Ar yaş analizi gerçekleştirilmiştir. NK31 numaralı örnekte tüm kayadan NK30 numaralı örnekte mineral ayrımı yapılarak ve MI-1201 IG mass-spectrometer kullanılarak yaşlandırma yapılmıştır.

Bozunma sabitleri olarak

$\lambda_K=0.581*10^{-10}y^{-1}$, $\lambda_\beta=4.962*10^{-10}y^{-1}$, alınmış $^{40}K=0.01167$ (at.%) elde edilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.3' de verilmiştir.

Tablo 3.3: Uşak (Eşme)'den alınan örnekler için K/Ar yaş tayini.

Örnek No	K, % $\pm \sigma$	^{40}Ar rad,(ng/g)	% ^{40}Ar air	Yaş, My	Hata oranı 2σ
NK30	7.28 \pm 0.08	7.22 \pm 0.02	9.7	14.3	0.30
NK31	0.98 \pm 0.015	0.0457 \pm 0.0009	86.4	0.670	0.035

Tablo 3.4: Batı Anadolu Bölgesinden alınan örneklerin koordinat ve yaş bilgileri.

(1): Heineke ve diğ., 2016 , (2): Purvis ve diğ., 2005, (3): Karaoğlu ve diğ., 2010,
 (4): Innocenti ve diğ., 2005.

Mevki	Koordinat	Yaş(My)	Metot	Referans
NK19	38° 35.248'K /28° 16.214'D	0.0024±0.0003	¹⁰ Be (kozmojenik)	(1)
NK20	38° 35.086'K/ 28° 16.243'D	0.0015±0.000	³ He (kozmojenik)	(1)
NK21	38° 36.600'K/ 28° 18.048'D	0.0025±0.0004	³ He (kozmojenik)	(1)
NK22	38° 34.966'K/ 28° 39.198'D	0.0009±0.0002	³ He (kozmojenik)	(1)
NK23	38° 34.258'K/ 28° 33.788'D	0.0026±0.0003	¹⁰ Be (kozmojenik)	(1)
NK24	38° 34.389'K/ 28° 32.652'D	0.0026±0.0003	¹⁰ Be (kozmojenik)	(1)
NK25	38° 35.258'K/ 28° 46.221'D	0.0131±0.0016	³ He (kozmojenik)	(1)
NK26	38° 37.487'K/ 28° 44.422'D	Yaş için örnek alındı		
NK27	38° 48.602'K/ 28° 57.616'D	16.42±0.99	Ar ⁴⁰ - Ar ³⁹	(2)
NK28	38° 48.033'K/ 28° 58.227'D	8.37±0.07	Ar ⁴⁰ - Ar ³⁹	(4)
NK29	38° 48.033'K/ 28° 58.227'D	8.37±0.07	Ar ⁴⁰ - Ar ³⁹	(4)
NK30	38° 25.563'K/ 29° 5.098'D	14.3±0.3	K/Ar	Bu çalışma
NK31	38° 26.306'K/ 29° 6.162'D	0.67±0.035	K/Ar	Bu çalışma
NK32	38° 43.293'K/ 29° 30.267'D	Yaş için örnek alındı.		
NK33	38° 43.967'K/ 29° 30.673'D	16.44±0.07	Ar ⁴⁰ - Ar ³⁹	(3)
NK34	38° 46.943'K/ 29° 26.276'D	16.48±0.33	Ar ⁴⁰ - Ar ³⁹	(3)

3.2 PALEOŞİDDET ÇALIŞMASI

3.2.1 Örneklerin Toplanması ve Laboratuvarda Ölçüme Hazırlanması

Paleoşiddet çalışmaları için uygun güvenilir mıknatıslanma verecek volkanik kayaç istiflerinin seçilmesi oldukça önemlidir. Bunun için örnek alınması düşünülen istiflerin jeolojisi, yaşı, alterasyon durumunun iyi bilinmesi gerekir. Bu yüzden literatür çalışması gerçekleştirilerek arazi noktaları belirlenmiştir. Yer tespiti yaptıktan sonra araziden portatif karot alma makinaları yardımıyla 10-12 cm boyunda silindirik yönlü örnekler alınmıştır (Şekil 3.5.a, Şekil 3.5.d). Silindirik örneğin kuzeyle yapmış olduğu dalma açısı ve yatayla yaptığı açı yönlendirme tablası kullanılarak ölçülmüştür. Örnek üzerine işaretlenen referans çizgisinin azimut açısı yönlendirme tablası üzerine yerleştirilen jeolog ve güneş pusulası yardımıyla saptanmıştır (Şekil 3.5.b). Bu yöntem ile arazi kapsamında her bir mevkinden ortalama 8 karot alınmış ve alınan örnekler laboratuvarda taş kesme cihazı (Şekil 3.5.c) ile ölçülecek standart (1x1 inç) boyuta getirilmiştir (Şekil 3.5.e).



Şekil 3.5: a) Portatif karot alma makinesi b) Pusula ve yönlendirme sehпасı c) Taş kesme cihazı d) Alınan örnekler e) Ölçüme hazırlanan örnekler.

3.2.2 Paleoşiddet Yöntemi

Volkanik bir kayanın oluşurken kazandığı M_{NRM} *doğal ısı kalıntı mıknatıslanma* (DIKM-NRM) şiddetinin, bu mıknatıslanmaya neden olan B yermanyetik alan şiddeti ile 3.1 bağıntısındaki gibi bir ilişki bulunmaktadır (Koenigsberger, 1938).

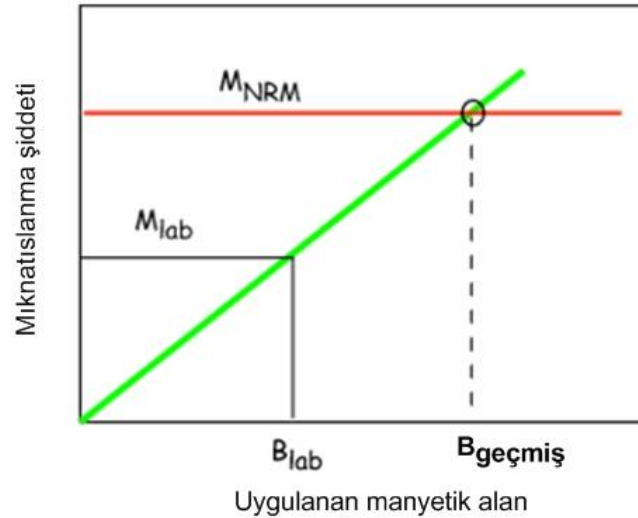
$$M_{NRM} = C_1 B \quad (3.1)$$

Bağıntıda geçen C_1 , kayanın manyetik özelliklerine bağlı bir orantı sabitidir. M_T ile B arasındaki bu ilişki, yermanyetik alanı gibi zayıf şiddetteki ($B = 10^{-4}$ T) alanlarda doğrusaldır. Diğer taraftan laboratuarda aynı kayaç örneğine *ısı kalıntı mıknatıslanma* (IKM-TRM) kazandırma işlemi sonucunda, örneğin kazandığı kalıntı mıknatıslanma şiddeti M_{Lab} ve uygulanan alan şiddeti B_{Lab} ise, bu iki büyüklük arasındaki ilişki, 3.2 bağıntısındaki gibi verilir.

$$M_{Lab} = C_2 B_{Lab} \quad (3.2)$$

Eğer laboratuardaki ısıtma işleminde kayanın manyetik özellikleri değişmemiş ise $C_1 = C_2$ dir. Buradan 3.3 bağıntısı elde edilerek kayanın oluştuğu zamandaki yermanyetik alanı $B_{geçmiş}$ yani paleoşiddet bulunabilir.

$$M_{NRM}/M_{Lab} = B_{geçmiş}/B_{Lab} \quad (3.3)$$



Şekil 3.6: Paleoşiddet tayinin temel prensibini gösteren grafik (Tauxe, 2010).

Bağıntıdaki paleoşiddet tayininin temel prensibi bu olmakla beraber uygulamada zorluklarla karşılaşmaktadır. Örneğin laboratuardaki ısıtma işleminden dolayı kayaçta kimyasal değişimler meydana gelir. Bu değişimler elde edilen sonuçların güvenilirliğini etkilemektedir. Bunun için bulunan sonuçlar iyi irdelenmeli sonucun güvenilirliği test edilmelidir.

Coe (1967a), çok genç volkaniklerde dahi çok az oranda paleoşiddet tayinine uygun kayaç örneğinin mevcut olduğunu göstermiştir. Yaşlı kayaçlarda istenmeyen diğer ikincil kalıntı mıknatıslanmaların da bulunması nedeniyle bu oran daha da düşüktür. Paleoşiddet tayininde başlıca iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi Geliştirilmiş Thellier Yöntemi diğeri ise Shaw Yöntemidir. Tez çalışması kapsamında Geliştirilmiş Thellier Yöntemi kullanılmıştır.

3.2.2.1 Geliştirilmiş Thellier Yöntemi

Paleoşiddet tayini için klasik yöntem Thellier tarafından pişmiş arkeolojik malzemelerle çalışmak için geliştirilmiştir. Fakat bu yöntem aynı zamanda IKM kazanan diğer malzemeler (kayaçlar) için de kullanılmıştır (Thellier ve Thellier, 1959). Çoğu araştırmacılar tarafından kullanılan yöntemler gerçekte orijinal tekniğin geliştirilmiş-değiştirilmiş şekilleridir. Bu geliştirilme-değiştirme işlemleri Coe (1967a, b), Smith (1967a), Levi (1975), Domen (1977) ve Kono (1978) tarafından tartışılmıştır. Bütün bu teknikler Thellier'in toplamsal ısı kalıntı mıknatıslanma kanununa dayanmaktadır. Herhangi bir sıcaklık aralığında (T_i, T_{i+1}) kazanılan veya kaybedilen IKM'ler birbirlerinden bağımsızdır. Başka bir deyişle toplam IKM, her bir sıcaklık aralığında kazanılan IKM'lerin toplamıdır.

Pratikte Thellier Yöntemi'ni uygulamanın birçok yolu vardır. En çok kullanılan yollardan biri Coe (1967a) tarafından önerilen kayaç örneği oda sıcaklığından T_i sıcaklığına kadar ısıtılır ve alansız ortamda soğutulduktan sonra kalan DIKM - NRM şiddeti ölçülür. Daha sonra örnek ikinci kez T_i sıcaklığına dek ısıtılır ve bilinen bir alanda soğutulduktan sonra kazanılan IKM ölçülür. Bu mıknatıslanma kısmi ısıl mıknatıslanmadır (pTRM). Bu işlemler yüksek sıcaklıklara (700°C) dek tekrarlanır. Her sıcaklık adımı için kaybedilen ve kazanılan IKM'lerin değerleri karşılıklı olarak grafiklenir. Elde edilen bu grafiğe Aria grafiği denir (Nagata ve diğ. 1963). İdeal durumda bu grafik bir doğru oluşturur.

Bir paleoşiddet çalışmasında ideal sonuç için aşağıdaki şartların gerçekleşmesi gerekir: (Tauxe, 2010).

- a) Doğal Isıl Kalıntı Miknatıslanma (DIKM) bozulmamış IKM olmalı,
- b) IKM, onu oluşturan H alanı ile doğrusal orantılı olmalı,
- c) IKM, Thellier'in toplamsal IKM kanununu sağlamalı,
- d) Kayaçtaki manyetik minerallerin fiziksel-kimyasal özellikleri ilk IKM'nin kazanıldığından bu yana değişmemeli. Başka bir deyişle C_i sabiti değişmemeli.

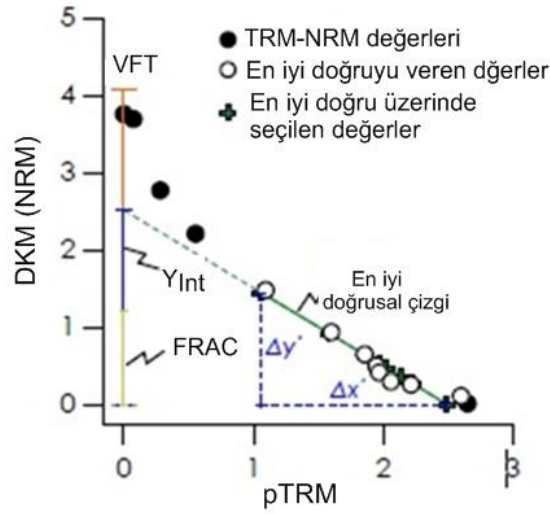
Grafikteki doğrudan olan sapmalar ideal olmayan Thellier davranışını gösterir ve bu da yukarıdaki şartlardan birinin yerine gelmediğine işaret eder. İdeal olmayan bu davranışa kayaçlarda sıklıkla rastlanıldığı için kayaçların sadece küçük bir yüzdesi paleoşiddet tayini için kullanılabilir. Arai grafiğinin eğimi laboratuvarda uygulanan alan ile çarpılarak paleoşiddet değeri saptanır. Sonuçların güvenilirliğini test etmek için istatistiksel parametrelerden ve ek ölçümler yapılarak elde edilen kriterlerden yararlanır.

3.2.3 Çalışmada Kullanılan Standart Paleoşiddet İstatistikleri

Jeomanyetik alanın davranışlarını anlamak için güvenilir paleoşiddet sonucu elde etmek 70 yıllık deneysel çalışmalara rağmen modern paleomanyetizmanın en zorlu yöntemlerden biri olmaya devam etmektedir. Paleoşiddet çalışmalarının sorunları aksaklıkları literatürde iyi bir şekilde belgelenmiştir. Bu sorunları aşmak için istatistik parametrelerine ihtiyaç duyulmakta ancak parametrelerin belli bir standarta oturtulamadığı farklı çalışmalardaki tutarsızlıklardan anlaşılmaktadır. Bunun için Standart Paleoşiddet Tanımları (SPV) Paterson ve diğ. (2014) tarafından ayrıntılı şekilde hem metinsel hem de matematiksel olarak açıklanmış, paleoşiddet verilerinin uygun ve güvenli nasıl analiz edilebileceğini sayısal olarak sunulmuştur. Tez çalışması kapsamında kullanılan standart paleoşiddet istatistikleri aşağıda verilmiştir.

1) Arai Plot İstatistikleri: (Lineer Kriterler)

Arai grafiği elde etmek için her sıcaklık adımında kaybedilen ve kazanılan IKM'lerin değerleri karşılıklı olarak grafiklenir. Şekil 3.7'de gösterilen Arai grafiği yardımıyla lineer kriterlerler belirlenir.



Şekil 3.7: Arai Grafiği.

N: Veri sayısı

Arai grafiği üzerinde seçilen doğru parçasındaki veri sayısını ifade eder.

b: Seçilen doğru parçasının eğimi

İlk olarak kayacın miknatıslanmasından sorumlu karakteristik kalıntı miknatıslanmanın olduğu en iyi doğru seçilir ve doğrunun eğimi (b) 3.4 bağıntısındaki en küçük kareler yönteminden yararlanılarak bulunur. Bağıntıda geçen parametreleri bulmak için 3.5, 3.6, 3.7 bağıntılarından yararlanılır.

$$b = \text{sign}\left\{\sum_{i=\text{ilk}}^{\text{son}}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})\right\} \left(\frac{\sum_{i=\text{ilk}}^{\text{son}}(y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=\text{ilk}}^{\text{son}}(x_i - \bar{x})^2}\right)^{1/2}, \quad (3.4)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{\text{son}} x_i}{n} \quad (3.5)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{\text{son}} y_i}{n} \quad (3.6)$$

$$n = \text{son} - \text{ilk} + 1 \quad (3.7)$$

Pratikte, seçilen doğrunun eğimini bulmak için 3.8 bağıntısı temel alınarak b (eğimi) 3.9 bağıntıyla elde edilebilir.

$$Y = a + bx \quad (3.8)$$

$$b = -\frac{NRM}{TRM} \quad (3.9)$$

Bulunan eğim laboratuarda uygulanan alan ile çarpılarak paleoşiddet elde edilir.

σ_b :b'nin standart hata oranı

Bulunan eğim açısının hata oranı 3.10 bağıntısıyla elde edilir. Bu oran göreceli veri saçılımı β 'nin elde edilmesinde kullanılır.

$$\sigma_b = \left(\frac{2 \sum_{i=ilk}^{son} (y_i - \bar{y})^2 - 2|b| \sum_{i=ilk}^{son} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-2) \sum_{i=ilk}^{son} (x_i - \bar{x})^2} \right)^{1/2} \quad (3.10)$$

β : Göreceli veri saçılımı

Seçilen doğru parçasındaki β değeri standart hatanın eğime bölünmesiyle 3.11 bağıntıyla elde edilir.

$$\beta = \frac{\sigma_b}{b} \quad (\text{Coe ve diğ. 1978}) \quad (3.11)$$

f: NRM'nin bölüntülük derecesi

Kalite faktörünün belirlenmesinde kullanılan seçilen doğrunun uzunluğunu verir.

$$f = \frac{\Delta y'}{Y_{int}} \quad (\text{Coe ve diğ. 1978}) \quad (3.12)$$

VFT: Vektör Farkların Toplamı

Bölüntülük derecesini elde etmek için kullanılan Vektör Farklılıklarının Toplamı 3.13 bağıntısıyla bulunur.

$$VFT = |NRM_{max}| + \sum_{i=1}^{n_{max}-1} |NRM_{i+1} - NRM_i| \quad (3.13)$$

NRM_i : i. adımda NRM vektörünün uzunluğudur.

Hesaplamalarda kullanılan diğer yardımcı parametreler 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19'da verilmiştir.

Y_{int} : Aria plot üzerinde seçilen en iyi eğrinin y ile kesiştiği yerdir.

X_{int} : Aria plot üzerinde seçilen en iyi eğrinin x ile kesiştiği yerdir.

$$Y_{int} = \bar{y} - b\bar{x} \quad (3.14)$$

$$X_{int} = -Y_{int}/b \quad (3.15)$$

$$x_i' = \frac{1}{2} \left(x_i + \frac{y_i - y_{int}}{b} \right) \quad (3.16)$$

$$y_i' = \frac{1}{2} (y_i + bx + y_{int}) \quad (3.17)$$

$$\Delta x' = \left| \{ \max\{x_i'\} - \min\{x_i'\} \}_{i=ilk, \dots, son} \right| \quad (3.18)$$

$$\Delta y' = \left| \{ \max\{y_i'\} - \min\{y_i'\} \}_{i=ilk, \dots, son} \right| \quad (3.19)$$

FRAC: Vektör farklarının toplamının hesaplanmasından elde edilen, Arai grafiği üstünde en iyi doğrunun belirlenmesi için kullanılan bölüntülük derecesini belirlemeye yardımcı parametredir (Shaar ve Tauxe, 2013). 3.20 bağıntısıyla hesaplanabildiği gibi VFT'den Y_{int} 'in çıkartılmasıyla da elde edilir.

$$FRAC = \sum_{i=ilk}^{son-1} \frac{|NRM_{i+1} - NRM_i|}{VFT} \quad (3.20)$$

g: Veri dağılımının ölçüsü

Kalite faktörünü belirlemede kullanılan g değeri 3.21 bağıntısıyla elde edilir.

$$g = 1 - \frac{\sum_{i=ilk}^{son-1} y'_{i-1} - y'_i}{\Delta y'^2} \quad (\text{Coe ve diğ. 1978}) \quad (3.21)$$

q : Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü

Verilerin kalite faktörü seçilen doğrunun uzunluğu ve dağılım ölçüsüyle doğru orantılıdır. Doğrunun uzunluğu ve veri dağılım ölçüsü arttıkça kalite faktörü artar.

$$q = \frac{|b|fg}{\sigma b} = \frac{fg}{\beta} \quad (\text{Coe ve diğ.1978}) \quad (3.22)$$

2) Yön (Doğrultu) İstatistikleri:

PCA analizi ile kalıntı mıknatıslanma vektörünün yönünden eğim ve sapma açısı hesaplanır. Paleošiddet çalışmaları için önemli yön istatistikleri MAD ve Alfa değerleri paleomanyetizma çalışmalarıyla hesaplanır.

MAD:

En büyük açı sapması paleomanyetik vektör yönünün sabitlenmiş MAD_{Anc} değeri paleošiddet çalışmalarında demanyetizasyon adımlarından elde edilir.

$$MAD = \arctan\left(\sqrt{\frac{\tau_2 + \tau_3}{\tau_1}}\right) \quad (3.23)$$

$\tau_3 < \tau_2 < \tau_1$ PCA matrisindeki özdeğerlerdir.

Alfa:

Yön istatistik parametrelerinden olan Alfa Paleomanyetizma çalışmalarıyla elde edilen emniyet çemberidir. Paleomanyetizma yönteminde daha ayrıntılı açıklanmıştır.

3) Kısmi Isıl Mıknatıslanma Kontrolü ($pTRM_{kontrol}$) İstatistikleri: (Alterasyon Kriterleri)

Paleošiddet çalışmalarında kayalar birçok ısıtma soğutma işlemlerine maruz bırakıldıklarından verilerin güvenilirliğini belirlemek için, karakteristik manyetik mineralin alterasyon derecesini belirlemek önemlidir. Bunun için ek işlemler uygulayarak belli kriterler belirlenmiştir.

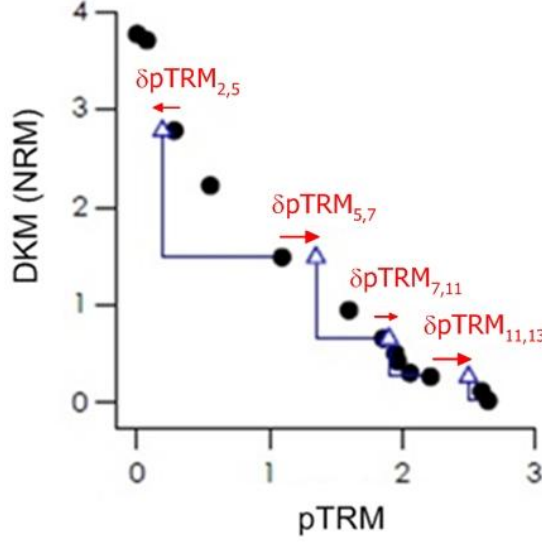
d(CK): Maksimum mutlak fark

3.24 bağıntısıyla hesaplanan $pTRM_{kontrol}$ lerin maksimum mutlak farkı d(CK) olarak verilmiştir.

$$\delta CK = \frac{\max\{|\delta PTRM_{(i,j)}|\} \quad (i \leq son \text{ ve } j \leq son)}{|X_{int}|} \times 100 \quad (3.24)$$

Mutlak farkın hesaplanmasında gerekli belli sıcaklık adımlarında tekrarlanan ısıl kalıntı mıknatıslanma $P_{trm_{kontrol}}$ 3.25 bağıntısıyla bulunur. Şekil 3.8'de mavi üçgenle gösterilen $pTRM_{kontrol}$ orjinal TRM 'den küçükse negatif büyükse pozitif değer alır.

$$\delta pTRM_{i,j} = pTRM_{kontrol_{i,j}} - TRM_i = pTRM_{kontrol_{i,j}} - x_i \quad (3.25)$$



Şekil 3.8: Arai plot üzerinde pTRM_{kontrol} gösterimi.

d(pal): Kümülatif alterasyon ölçümleri

İlk olarak her sıcaklık aralığında pTRM_{kontrol} 'ün sıcaklık adımlarındaki kümülatif toplamı hesaplanır (Valet ve diğ.,1996).

$$C_i = \sum_{l=1}^{l=i} \delta pTRM_{l,j}, \quad i=1, \dots, n_{\text{mak}} \quad (3.26)$$

$$\delta pTRM_{l,j} = TRM_l - pTRM_{kontrol_{l,j}} \quad (3.27)$$

TRM vektör kümülatif etki alterasyonuna göre düzeltilirse

$$TRM_{*1} = TRM_1 + C_i \quad i=1, \dots, n_{\text{mak}} \quad (3.28)$$

TRM değerlerinin düzeltme işlemleri Arai plot (x*) üstündeki TRM uzunluğuna göre yapılır eğim düzeltmesi de benzer şekilde Arai plot (b*) kullanılarak gerçekleştirilir. Buna göre

$$\delta pal = \left| \frac{b-b^*}{b} \right| \times 100 \quad (3.29)$$

bulunur.

DRAT: Kümülatif kontrol farklılıkları

Arai diagram üzerinde en iyi eğim kullanılarak maksimum sıcaklıkta elde edilen kısmi ısı kalıntı mıknatıslanma tarafından PTRM kontrolün kümülatif farklılıkları normalize edilerek 3.30 bağıntısındaki DRAT değeri bulunur (Tauxe ve Staudigel, 2004). Ortalama DRAT ise 3.31 bağıntısıyla seçilen en iyi eğrinin uzunluğu kullanılarak hesaplanır.

$$DRATS = \frac{|\sum_{i=1}^{son} \delta pTRM_{i,j}|}{x_{end}} \times 100 \quad (3.30)$$

$$Ort DRAT = \frac{1}{n_{pTRM}} \frac{|\sum_{i=1}^{son} \delta pTRM_{i,j}|}{L} \times 100 \quad (3.31)$$

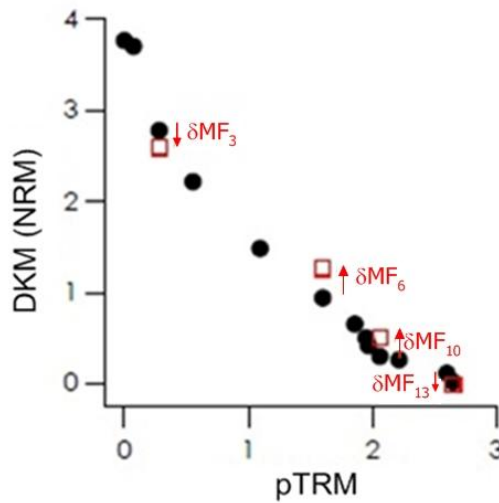
L=En iyi eğrinin uzunluğu

- 4) Kısmi Isıl Mıknatıslanma Tail Kontrolü İstatistikleri (pTRM_tail kontrol):
(Tekrarlanan temizleme adımları)

pTRM_tail kontrol: Bloklanma sıcaklık aralığında kontrol sıcaklık ile demanyetizasyon işlemi tekrarlanır. Bu kontrol 3.32 bağıntısı yardımıyla yapılır.

$$\delta tail_i = tail_kontrol_i - NRM_i = tail_kontrol_i - y_i \quad (3.32)$$

Şekil 3.9' de kırmızı kare ile gösterilen kontrol orjinal NRM'den küçükse negatif, büyükse pozitif olarak bulunur.



Şekil 3.9: Arai plot üzerinde pTRM_tail kontrol gösterimi.

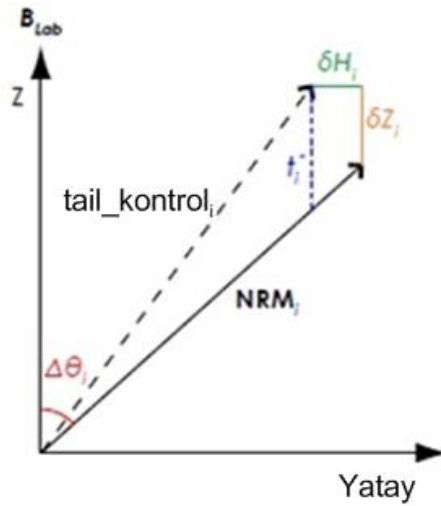
d(TR):

NRM'den normalize edilmiş (Arai plot üzerinde y eksenini ve en iyi eğrinin kesişimi) ve pTRM_tail kontrol tarafından üretilmiş maksimum mutlak farklılık (MF) 3.33 bağıntısındaki δTR ile hesaplanır.

$$\delta TR = \frac{\max\{|\delta tail_i|\}_i}{|Y_{int}|} \times 100 \quad (3.33)$$

d(t):

Açıya bağlı düzeltmeden sonra tailin derecesi δt koordinat sisteminden hesaplanır. Şekil 3.10'da ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.10: d(t) değerinin elde edilmesi (Leonhardt ve diğ. 2004b'den çizilmiştir).

5) İlave Kontrol İstatistikleri: (AC)

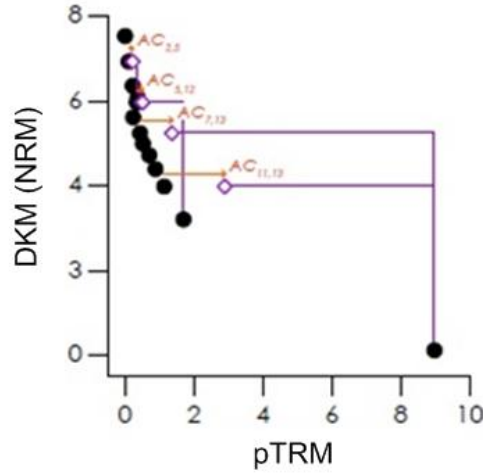
Theillier'in ilave edilebilir kanunun geçerliliğini test etmek için demanyetizasyon adımının tekrarlanması ilave kontrol olarak adlandırılır. Şekil 3.11'de Arai grafik üzerinde mor renk dörtgen şeklinde gösterilmiştir. Bu kontrolde 3.36 bağıntısı kullanılır.

$$pTRM^*(T_i, T_0) = pTRM(T_j, T_0) - pTRM(T_j, T_i) \quad (3.34)$$

* tahmini değer

$$AC_{i,j} = pTRM^*(T_i, T_j) - pTRM(T_i, T_0) \quad (3.35)$$

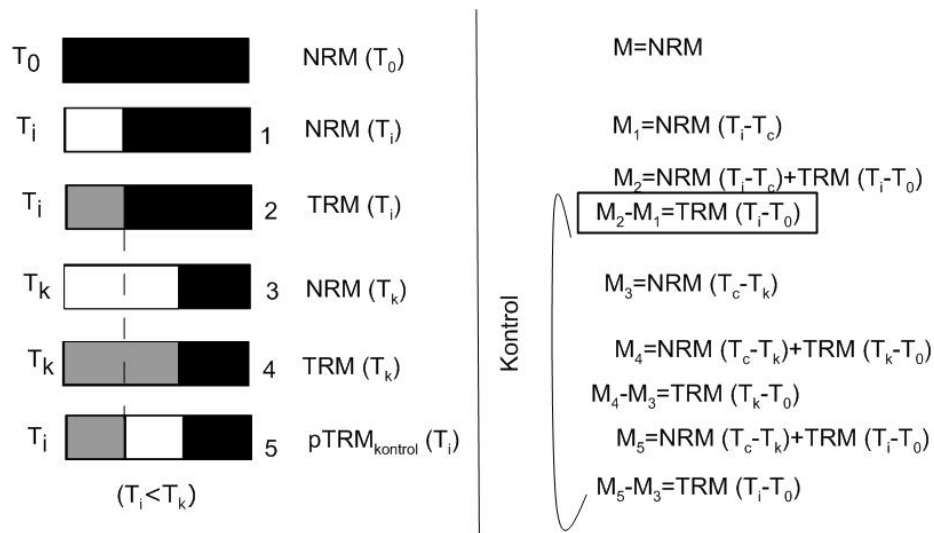
$$\delta AC = \frac{\max\{AC_{i,j}\}_{i \leq s_{\text{son}} \text{ ve } j \leq s_{\text{son}}}}{|X_{\text{int}}|} \quad (\text{Leonhardt ve diğ., 2004a}) \quad (3.36)$$



Şekil 3.11: Arai Plot üzerinde ilave kontrol (AC) gösterimi.

3.2.4 Çalışmada Uygulanan Geliştirilmiş Thellier Yöntemi ve Ölçü Protokolü

Tez çalışmasında ölçümler Leonhardt ve diğ (2004a)'nin Thellier Tool4 programında Coe protokolün, alan altında alterasyon kontrolün, PTRM tail kontrolün ve ilave kontrolün olduğu teknik kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan protokol Şekil 3.12 (Valet, 2007) ve Tablo 3.5'de (Leonhardt ve diğ.,2004a) verilmiştir. Tablo 3.5 'de bir örnek için uygulanan protokol sonucu elde edilen inklinasyon, deklinasyon ve şiddet değerleri de gösterilmiştir.



Şekil 3.12: Geliştirilmiş Thellier yöntemi ayrıntılı açıklaması (Valet, 2007).

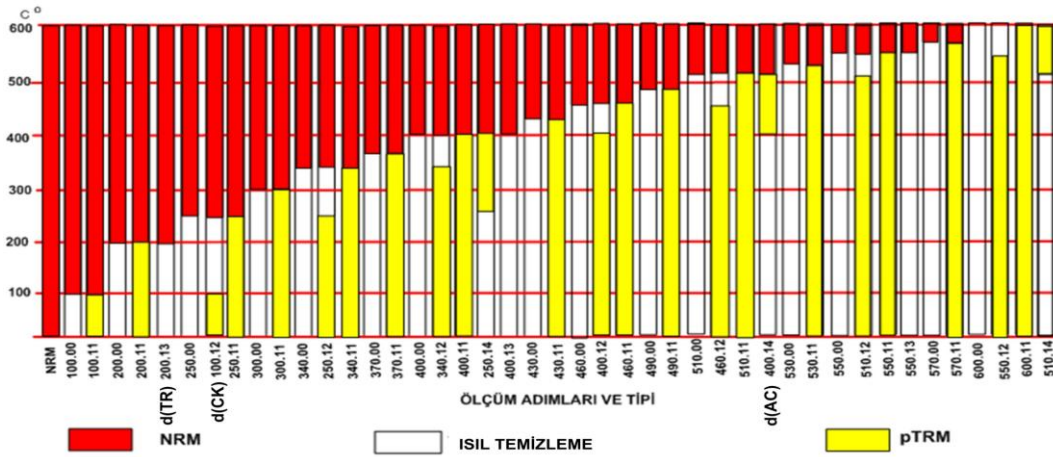
İlk olarak örneğin NRM (DIKM) ölçülür. Sonra kayaç örneği oda sıcaklığından Curie sıcaklığından düşük T_i sıcaklığına dek ısıtılır ve alansız ortamda soğutulduktan sonra kalan NRM (DIKM) şiddeti ölçülür (Şekil 3.12) (1) ve $M1 = NRM_{(T_i - T_c)}$ elde edilir. Bağlıtadaki T_c Curie sıcaklığını göstermektedir. Daha sonra örnek ikinci kez T_i sıcaklığına dek ısıtılır ve bilinen bir alanda (çalışmada $35 \mu T$ uygulandı) soğutulduktan sonra kazanılan IKM ölçülür (kısmi ısıl mıknatıslanma= $pTRM$) (Şekil 3.12) (2) ve $M2 = NRM_{(T_i - T_c)} + TRM_{(T_i - T_0)}$ elde edilir. Bir sonraki adımda sıcaklık kademeli olarak arttırılır. T_k sıcaklığına kadar örnek ısıtılıp alansız ortamda soğutulduktan sonra IKM ölçülür (Şekil 3.12) (3) ve $M3 = NRM_{(T_c - T_k)}$ elde edilir. Daha sonra aynı sıcaklıkta T_k bilinen alan altında soğutulur yeniden kısmi ısıl kalıntı mıknatıslanma kazandırılan örneğin şiddeti ölçülür (Şekil 3.12) (4). $pTRM_{kontrolü}$ (CK) için ise örnek ilk olarak ısıtıldığı T_i sıcaklığına kadar ısıtılıp bilinen alanda soğutulduktan sonra IKM şiddeti ölçülür (Şekil 3.12) (5) ve $M5 = NRM_{(T_c - T_k)} + TRM_{(T_i - T_0)}$ elde edilir. $M5 - M3 = M2 - M1$ 'in sağlandığı durumda verilerin güvenilirliği kontrol edilmiş olur. Bu işlemler yüksek sıcaklıklara ($600^\circ C$) dek tekrarlanır.

Örneklerin manyetik domen yapısından kaynaklı etkileri nedeniyle $pTRM$ -tail kontrolü (TR) geriye dönük belli sıcaklık adımlarında alansız ortamda tekrarlanan demanyetizasyon işlemleriyle test edilmektedir. Laboratuvaradaki işlemlerden kaynaklı manyetik mineroloji değişiklikleri için ise geriye dönük belirli sıcaklık adımlarda daha önce kısmi ısıl mıknatıslanma kazandırılmış ve PTRM kontrolü yapılmış sıcaklıklarda örneklere belli alan altında $pTRM$ ilave kontrol (AC) yapılarak mıknatıslanma kazandırılır ve IKM ölçülür.

Tüm bu ölçümler Leonhardt ve diğ. (2004a)' nin geliştirdiği Thellier Tool4 programında hesaplanmıştır. Programda MT4 tekniğini içeren tüm ölçümler yine programda belirlenen kriterlere göre (Tablo 3.6) A, B, C olarak ölçü sınıflandırılmıştır. A ve B sınıfında çıkan veriler güvenilir kabul edilmiştir. Ayrıca programda laboratuvardaki manyetik mineroloji değişimlerini en aza indirmek için kontrol düzeltmesi seçeneği ile PTRM kontrolü d(CK) kaldırılarak sadece ilave kontrolün kullanıldığı d(AC) sistemle yine belirlenen kriterlere göre A*, B*, C* olarak ölçü sınıflaması gerçekleştirilebilmektedir. Düzeltilmiş kontrolle de A* ve B* sınıfındaki veriler güvenilir kabul edilmiştir.

Tablo 3.5: Bir örneğe ait uygulanan işlemler (Leonhardt ve diğ., 2004a).

Örnek	Sıcaklık (°C)	M, (mA/m)	Deklınasyon (D°)	İnklinasyon (İ°)	Uygulanan İşlem
NK3.2D	0.00	2.181677	209.8	-15.8	Doğal Kalıntı Miknatıslanma (NRM)
NK3.2D	100.00	2.047433	211.9	-16.6	Isıl temizleme (00)
NK3.2D	100.11	2.006024	213.8	-17.8	Bilinen alanda pTRM kazandırma (11)
NK3.2D	200.00	2.015558	212.1	-14.7	Isıl temizleme (00)
NK3.2D	200.11	1.939413	213.5	-20.6	Bilinen alanda pTRM kazandırma (11)
NK3.2D	200.13	1.865738	213.7	-16.9	Tekrarlanan ısıl temizleme (13) TR
NK3.2D	250.00	1.828469	215.1	-16.2	Isıl temizleme (00)
NK3.2D	100.12	1.91818	213.2	-16.4	pTRM kontrolü (12)CK
NK3.2D	250.11	1.950473	214.7	-21.7	Bilinen alanda pTRM kazandırma (11)
NK3.2D	300.00	1.793548	216.4	-14.6	Isıl temizleme (00)
NK3.2D	300.11	1.780633	216.3	-26.2	
NK3.2D	340.00	1.522406	217.0	-14.8	
NK3.2D	250.12	1.484112	216.2	-24.3	
NK3.2D	340.11	1.551431	221.1	-35.8	
NK3.2D	370.00	1.250637	217.2	-16.1	
NK3.2D	370.11	1.512378	215.1	-41.5	
NK3.2D	400.00	1.182049	215.6	-16.4	
NK3.2D	340.12	1.282802	212.9	-40.6	
NK3.2D	400.11	1.413578	210.8	-47.1	
NK3.2D	250.14	1.255284	217.0	-41.3	Ek kontrol (14)AC
NK3.2D	400.13	1.07672	217.3	-18.2	
NK3.2D	430.00	1.004068	213.7	-17.7	
NK3.2D	430.11	1.369673	218.9	-46.2	
NK3.2D	460.00	0.9778165	216.9	-12.4	
NK3.2D	400.12	1.388434	218.2	-42.8	
NK3.2D	460.11	1.471707	217.1	-49.3	
NK3.2D	490.00	0.8480236	213.3	-10.7	
NK3.2D	490.11	1.325068	216.8	-49.9	
NK3.2D	510.00	0.7048823	216.4	-10.9	
NK3.2D	460.12	1.227297	218.5	-49.4	
NK3.2D	510.11	1.243201	222.0	-57.6	
NK3.2D	400.14	0.786571	217.4	-29.1	
NK3.2D	530.00	0.5867972	219.9	-11.5	
NK3.2D	530.11	1.190732	220.7	-65.4	
NK3.2D	550.00	0.4368855	218.0	-13.2	
NK3.2D	510.12	1.033499	216.8	-64.1	
NK3.2D	550.11	1.242231	218.3	-72.7	
NK3.2D	550.13	0.3462976	217.1	-13.9	
NK3.2D	570.00	0.195538	220.3	-14.0	
NK3.2D	570.11	1.695277	199.5	-87.8	
NK3.2D	600.00	0.0223198	235.6	-31.1	
NK3.2D	550.12	1.051303	296.1	-87.1	
NK3.2D	600.11	1.690303	218.7	-88.9	
NK3.2D	510.14	1.061226	221.8	-87.2	



Şekil 3.13: Çalışmada uygulanan ölçüm adımları ve tipi.

3.2.5 Verilerin Güvenilirliğini Belirlemede Kullanılan İstatistiksel Parametreler

İstatistiksel parametrelere bakılarak paleoşiddet değerlerinin kriterlere uyup uymadığı sınıflandırılır. Paleoşiddet sonuçlarının sınıflandırılmasında kullanılan kriterlere uyan veriler A ve B sınıfı, kriterlere uymayan veriler C sınıfı olarak nitelendirilmiştir. A ve B kalitesi ölçü örneğinin paleoşiddet açısından değerlendirilebilir olduğunu, C kalitesi ise ölçü örneğinin değerlendirme dışı kalacağını göstermektedir. Tablo 3.6' da verilen kriterler çalışmada kullanılacak Thellir Tool4 programıyla belirlenmiştir (Leonhardt ve diğ., 2004a). Bunun dışında kontrol düzeltilmesi yapılarak elde edilen A* ve B* sonuçları da değerlendirmeye alınmıştır. Kontrol düzeltilmesi yapılan örneklerin domen yapılarının yalancı tek domen olduğu göze alınarak alterasyon miktarları gözardı edilmiş, Rölatif kontrol hatası (d(CK)) ve Kontrol farklarının toplamı (d(pal)) dikkate alınmamış Rölatif AC hatası (d(AC)) ≤ 10 değeri dikkate alınarak sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 3.6: Paleşiddet sonuçlarının sınıflandırılmasında kullanılan kriterler.

A Sınıfı	B Sınıfı
Lineer Kriterleri	
N nokta sayısı ≥ 5	N nokta sayısı ≥ 5
Standart sapma ≥ 0.1	Standart sapma ≥ 0.15
DKM (f) ≥ 0.5 (bölüntülük derecesi)	DKM (f) ≥ 0.3 (bölüntülük derecesi)
Kalite faktörü (q) ≥ 5	Kalite faktörü (q) ≥ 0
Doğrultu Kriterleri	
MAD (Merkeze Yönlendirilmiş maksimum açısal sapma) ≤ 6	MAD (Merkeze Yönlendirilmiş maksimum açısal sapma) ≤ 15
Alfa ≤ 15	Alfa ≤ 15
Alterasyon kriterleri	
Rölatif kontrol hatası (d(CK)) ≤ 5	Rölatif kontrol hatası (d(CK)) ≤ 7
Kontrol farklarının toplamı (d(pal)) ≤ 5	Kontrol farklarının toplamı (d(pal)) ≤ 10
Tekrarlanan temizleme adımları	
pTRM nin normalize edilmiş tail kontrolü $d(t^*) \leq 3$	pTRM nin normalize edilmiş tail kontrolü $d(t^*) \leq 99$
Rölatif şiddet farklarının toplamı $d(TR) \leq 10$	Rölatif şiddet farklarının toplamı $d(TR) \leq 15$
Toplamsal Kontrol	
Rölatif AC hatası (d(AC)) ≤ 5 (pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark)	Rölatif AC hatası (d(AC)) ≤ 10 (pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark)

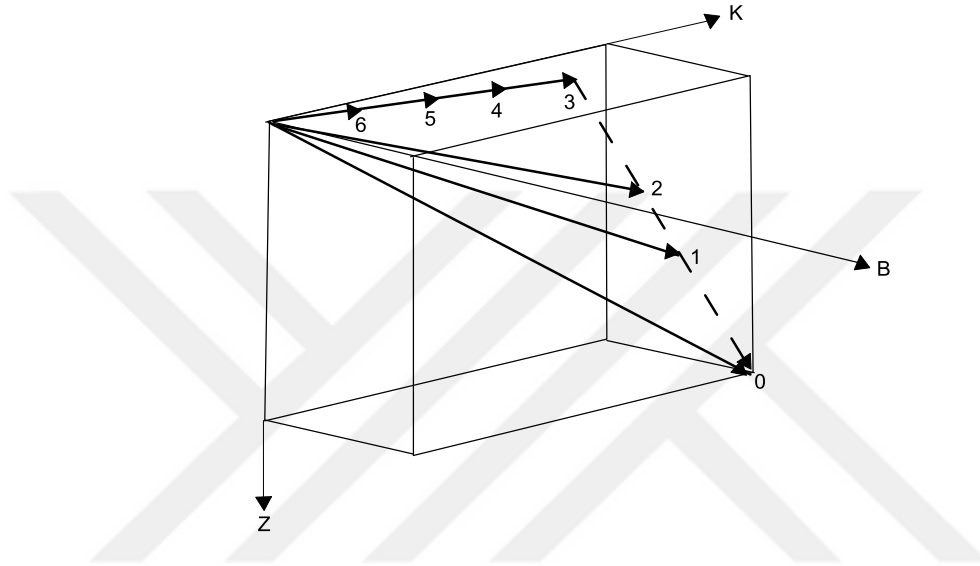
3.3 PALEOMANYETİZMA YÖNTEMİ

Paleomanyetizma yöntemi ile kayaçların oluştukları anda yermanyetik alan doğrultusunda ve yönünde kazandıkları mıknatıslanmanın inklinasyon, deklinasyon ve paleoenlem değerleri saptanabilmektedir. Bu yöntem kayaçların oluştukları jeolojik devirlerdeki geçmiş oldukları hareketin araştırılmasına olanak tanır.

3.3.1 Paleomanyetik Çalışmalar Kapsamında Temizleme Yöntemleri

Paleomanyetizma çalışmalarında kayaç içindeki duraylı karakteristik kalıntı mıknatıslanmayı belirlemek için kayacın günümüze gelinceye kadar kazandığı ikincil mıknatıslanma laboratuvarında uygulanan temizleme yöntemleri ile aşamalı olarak yok edilebilmektedir. Şekil 3.14'de bir doğal kalıntı mıknatıslanma vektörünün temizleme aşamaları gösterilmiştir. Buna göre doğal kalıntı mıknatıslanma vektörü 0 ile gösterilmiştir. Her bir temizleme adımından sonra sırayla numaralar verilmiştir. Buna göre (1) ve (2) nolu temizleme adımları sonucunda

elde edilen bileşke vektörler karşılaştırıldığında farklı doğrultuda ve şiddette olduğu görülmektedir. Bu aşamada halen daha ikincil mıknatıslanmanın varlığı söz konusudur. (3), (4), (5) ve (6) nolu temizleme adımları sonucunda bileşke vektörlerinin şiddetleri değişmekte ama doğrultuları aynı kalmaktadır. Bu doğal kalıntı mıknatıslanma vektörünün ikincil kalıntı mıknatıslanmasından tamamen temizlendiğini ve birincil kalıntı mıknatıslanmayı temsil eden vektörün varlığını göstermektedir.



Şekil 3.14: Bir doğal kalıntı mıknatıslanma vektörünün temizlenme aşamaları (Butler, 2004).

Kayaçların kazanmış oldukları ikincil mıknatıslanmalarından temizleme işlemleri kademeli olarak Isı ile Temizleme Yöntemi ve Alternatif Alan Temizleme Yöntemi uygulanarak gerçekleştirilir.

3.3.1.1 Isı ile Temizleme Yöntemi

Paleomanyetik çalışmalarda kayaçları sahip oldukları ikincil mıknatıslanmadan temizlemek için kullanılan yöntemdir. Genel olarak yöntemin uygulanması için yer manyetik alanının belirli bir yer içinde yok edilmesini sağlayan Helmholtz bobin sistemi ile sıcaklığı ayarlanabilen ve manyetik olmayan malzemeden yapılmış fırın kullanılır. Ya da μ metal kalkanla sarılmış fırın kullanılır.

Helmholtz bobin sistemi kuzey-güney, doğu-batı ve düşey yönlü olmak üzere üç bobin çiftinden meydana gelmiştir. Bobin çiftleri öyle düzenlenmiştir ki, yeter şiddette bir doğru akım geçirildiğinde her bobin çifti jeomanyetik alanının bobin eksenine doğrultusundaki

bileşeninin şiddetine eşit ama zıt yönde bir manyetik alan oluşturur. Böylelikle bobinin merkezini içine alan küçük bir hacimde jeomanyetik alan yok edilmiş olur.

İkincil mıknatıslanmasından temizleyeceğimiz örnekleri koyacağımız fırın yermanyetik alanın yok edildiği hacim içinde bulunmaktadır. Isısal temizleme işleminde ferromanyetik mineraller, Curie sıcaklığının altındaki bir sıcaklığa doğru aşama aşama ısıtılarak sıfır manyetik alanda oda sıcaklığına kadar soğutulmaktadır.

Kayaçların içerisindeki manyetik daneler, rölaksasyon zamanı olarak tanımlanan karakteristik zaman katsayılarına sahiptir (Neel, 1955). Bu rölaksasyon zamanının sonunda kayaç mıknatıslanmasını yitirmektedir. Neel, rölaksasyon zamanını 3.37 bağıntısı ile tanımlamaktadır.

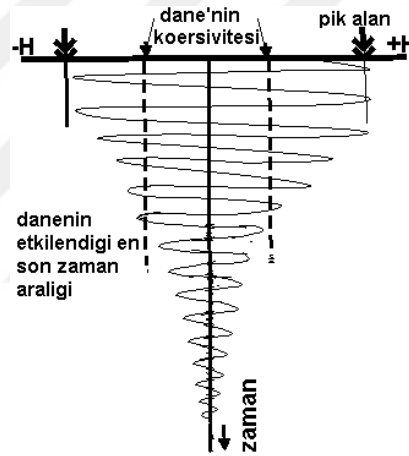
$$\tau = c. e^{-\left(\frac{VH_c J_s}{2kT}\right)} \quad (3.37)$$

Bağıntıda; τ : rölaksasyon zamanı, c : frekans faktörü, V : tek domenli dane hacmi, H_c : iç-direnme kuvveti (koersif kuvvet), J_s : doymuş mıknatıslanma şiddeti, k : boltzman sabiti, T : sıcaklık olarak gösterilir. c katsayısı ve rölaksasyon bağıntısında bilinen değerler yerine konularak V/T 'nin çeşitli değerleri için rölaksasyon zamanları hesaplanırsa V/T oranındaki çok küçük değişimlerin rölaksasyon zamanında çok büyük değişimler olduğu gözlenmektedir. V/T oranındaki bu özellik küçük daneciklerle ilgili kritik dane büyüklüğü ve Cruie sıcaklığına benzer biçimde etki eden bloking sıcaklığı gibi kavramların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kayaçlar doğada V/T oranı küçük danecikler tarafından ikincil mıknatıslanma kazanmaktadırlar. Isıl temizleme işlemi sırasında kayacı aşama aşama ısıtarak her aşama sonucunda kayaç içerisindeki belirli daneciklere ait V/T oranının küçülmesi ve dolayısıyla sahip oldukları mıknatıslanmalarını yitirmeleri sağlanmaktadır.

3.3.1.2 Alternatif Alan ile Temizleme Yöntemi

Kayaçların ikincil mıknatıslanmalarını alternatif manyetik alan kullanılarak temizleme yöntemidir. Kayaç içindeki mıknatıslanmadan sorumlu mineral tanecikler farklı kimyasal yapılarda ve farklı fiziksel boyutlardadır. Tanecikler kayaç içinde rasgele dağılmış, rasgele yönelmiş ve doğal yollardan biri ile birincil kalıcı mıknatıslanmalarını kazanmışlardır. Bu mıknatıslanmanın koersif kuvveti birbirinden farklıdır. Şiddeti sıfıra doğru azalan bir

manyetik alan altında kayaç içinde bulunan tanecikler arasında koersif kuvveti, uygulanan alternatif alanın ilk şiddetinden küçük olan tanecikler uygulanan dış alan içinde yeniden bir eş sıcaklık ısı kalıcı mıknatıslanma kazanacaklardır. Alternatif alan temizleme yöntemi sonucunda kayaçta hala birincil mıknatıslanmalarını koruyabilen tanecikler varsa bunlar en güvenilir birincil mıknatıslanmaya sahip tanecikler olacaktır. Bu yöntem uygulanırken alanın yok edildiği Helmholtz bobin sistemi kullanılır. Alternatif alanla temizleme yönteminde kullanılan alet iki kısımdan oluşur. Bunlar, şiddeti belirli bir akım şiddetinden başlayarak zamanla sıfıra doğru azalan alternatif akım oluşturan birinci kısmı ve alternatif manyetik alanla beslenen selonoid de ikinci kısmı oluşturur. Şiddeti değişen alternatif akım selonoide uygulandığında selonoid içinde ve selonoid eksenini doğrultusunda değişken bir manyetik alan oluşturur. Şekil 3.15’de oluşan manyetik alan gösterilmiştir.



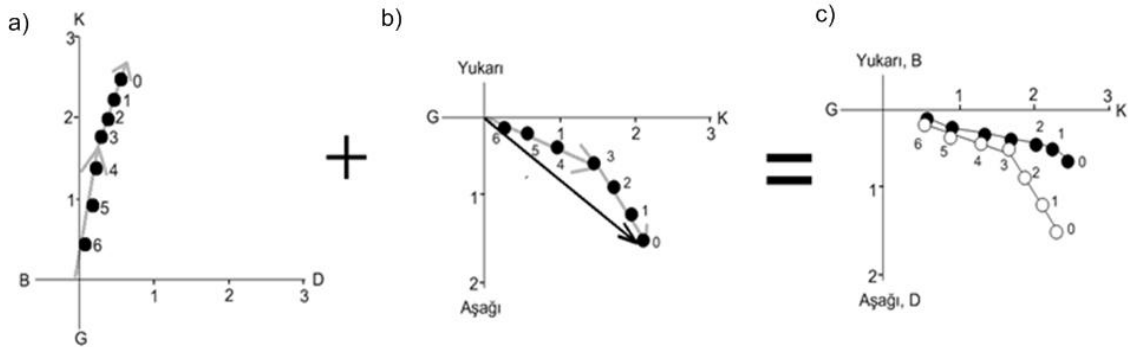
Şekil 3.15: Alternatif alan temizleme işleminde sinüsoidal dalganın zamanla değişimi (Collinson, 1983).

3.3.2 Mıknatıslanma Doğrultularının Belirlenmesi

Paleomanyetik yöntemde kullanılan ısısal veya alternatif alan temizleme işlemlerindeki her adım için mıknatıslanma bileşenlerin vektörel davranışı kartezyen koordinatlardaki geometriyle gösterilir (Collinson, 1983). Manyetik alanın x, y, z yönlerindeki vektörler manyetometre ile ölçülüp sonuçlar Zijderveld, Stereonet Projeksiyon Ağı ve Normalize Şiddet Değişim Grafiği üzerinde gösterilir.

3.3.2.1 Zijderveld Diyagramı

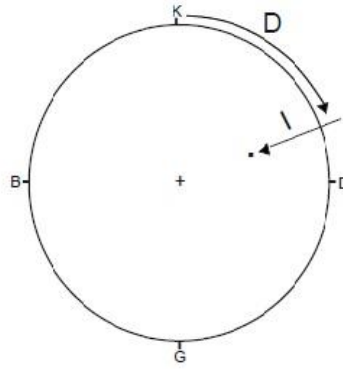
Paleomanyetik çalışmalarda, kayacın ikincil mıknatıslanma vektörünün gerek alternatif alan gerekse ısısal alanla temizleme işleminin her adımı için mıknatıslanma bileşenlerinin vektörel davranışları kartezyen koordinatlarındaki geometriye dayanan Zijderveld diyagramı yardımıyla değerlendirilir. Diyagramda şiddet ve doğrultu bilgileri birlikte gösterilmektedir (Zijderveld, 1967, Dunlop, 1979). Diyagram mıknatıslanma vektörünün bitiş noktasını aynı anda iki yüzeye ayırmaktadır ve çoğu zaman yatay yüzeyin deklinasyon açısına uygun bir bileşen gösterecek şekilde yatay ve düşey yüzeyler seçilmektedir. Düşey yüzey inklinasyona ait bilgi vermektedir ve düşey bileşeni yukarı veya aşağı göstermektedir (Şekil 3.16). Temizleme süresince elde edilen bitiş noktaları orijinden olan uzaklığa bağlı olarak mıknatıslanmanın şiddetini yansıtmaktadır. Temizleme işlemi süresince güvenilir mıknatıslanma vektörlerinin Zijderveld Diyagramı üzerinde orijine doğru düz bir hat şeklinde azalım göstermesine dikkat edilir (Butler, 1992).



Şekil 3.16: Mıknatıslanma doğrultusunun ve şiddetinin Zijderveld Diyagramı'nda gösterimi. a) Yatay yöndeki değişim b) Düşey yöndeki değişim c) Yatay ve düşey yöndeki değişim. İçi dolu yuvarlak işaretler yatay projeksiyondaki vektör izdüşümünü, içi boş yuvarlak işaretler düşey projeksiyondaki vektör izdüşümünü göstermektedir. Yuvarlak işaret üzerindeki sayılar temizleme adımlarını belirtir (Butler, 1992).

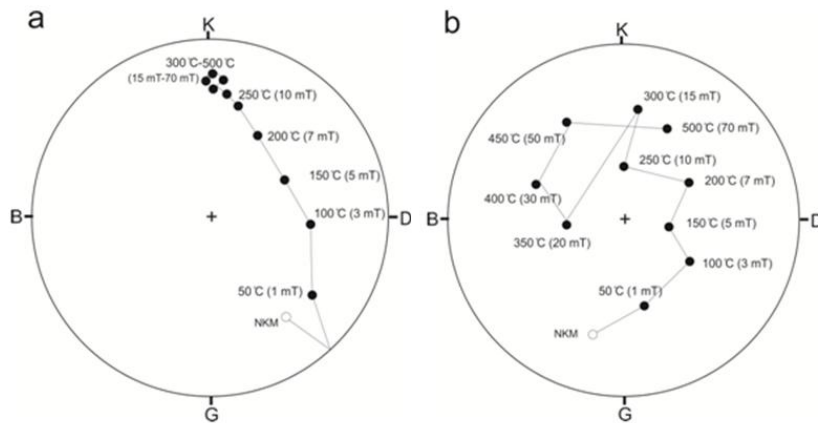
3.3.2.2 Stereonet Projeksiyon Ağı ve Normalize Şiddet Değişim Grafiği

Stereonet Projeksiyon Ağı ile mıknatıslanma vektörünün deklinasyon ve inklinasyon açısı hesaplanabilmektedir. Vektörün doğrultusu kuzeyden saat yönünde artacak şekilde belirlenir. İnklinasyon açısı ise merkez 90° olacak şekilde Projeksiyon Ağı'nın sağ yarıçapı pozitif, sol yarıçapı negatif eğim olarak alınır. Şekil 3.17'da deklinasyon (**D**) 70° , inklinasyon (**I**) 50° olan mıknatıslanma doğrultusunun Stereonet Projeksiyon Ağı üzerinde gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.17: Stereonet Projeksiyon Ağı'nda bir örnek üzerinde eğim ve sapma açısının gösterimi (Butler, 2004).

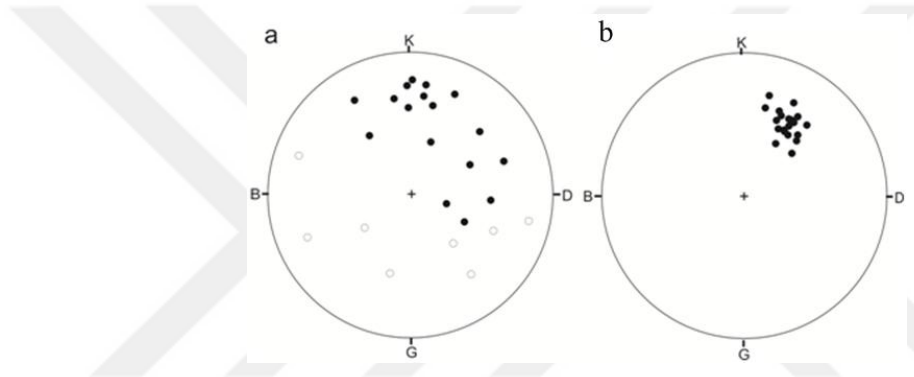
Isısal temizleme işlemi ya da alternatif alan temizleme işlemi uygulanırken ilk önce örneğin DKM-NRM ölçülür. Daha sonra sıcaklık ve/veya alternatif alan örnek üzerine adım adım uygulanır. Uygulanan her ısısal/alternatif alan adımında mıknatıslanma doğrultusu ölçülüp Stereonet Projeksiyon Ağı üzerine işaretlenir. Şekil 3.18.a' da verilen bir kayaca ait ısısal/alternatif alan temizlenme işleminin uygulanması sonucu örneğin mıknatıslanma bileşeninin 250 °C / 10 mT 'ya kadar değiştiği 300 °C-500 °C / 15-70 mT'da ise duraylı olduğu görülmektedir. Şekil 3.18.b' de mıknatıslanma bileşeni uygulanan her bir temizleme adımında farklı bir değere sahip olduğu görülmektedir. Bu örneğin paleomanyetik çalışmalarda kullanılması uygun değildir sonucuna ulaşabiliriz (Sanver, 1992).



Şekil 3.18: Pilot örneklere ait ısısal ve alternatif alan ile temizleme süresince mıknatıslanma doğrultularının Stereonet Projeksiyon Ağı'nda gösterimi a) Güvenilir birincil mıknatıslanmaya ait örnek b) Güvenilir olmayan birincil mıknatıslanmaya ait örnek (Sanver, 1992).

Stereonet Projeksiyon Ağı ile ayrıca aynı mevki içindeki mıknatıslanma vektörlerinin doğal kalıntı mıknatıslanmalarının veya gerek ısıyla gerekse alternatif alanla yapılan temizleme

işlemleri sonucundaki mıknatıslanma bileşenlerinin güvenilirliği saptanabilmektedir. Bunun için bir projeksiyon üstünde vektörel büyüklüklerin x , y , z yönündeki değişimleri kartezyen koordinat sisteminde bir başlangıç noktası merkez kabul edecek şekilde birim yarıçaplı küre üzerine aktarılır. Sonuç olarak paleomanyetik ölçümler sonucu elde edilen mıknatıslanma vektörlerinin iki boyutlu ortamda gösterilmesi için küre üzerine aktarılan vektörel büyüklüklerin Stereonet Projeksiyon Ağı üzerine taşınması sağlanır. Aynı mevkiye ait tüm örneklerin doğal kalıntı mıknatıslanma doğrultularını Stereonet Projeksiyon Ağı'nda işaretlersek şekilde görüldüğü gibi saçılma olduğu (Şekil 3.19.a), temizleme işlemlerinden sonra mıknatıslanma doğrultularının birarada toplandığı gözlenmektedir (Şekil 3.19.b).

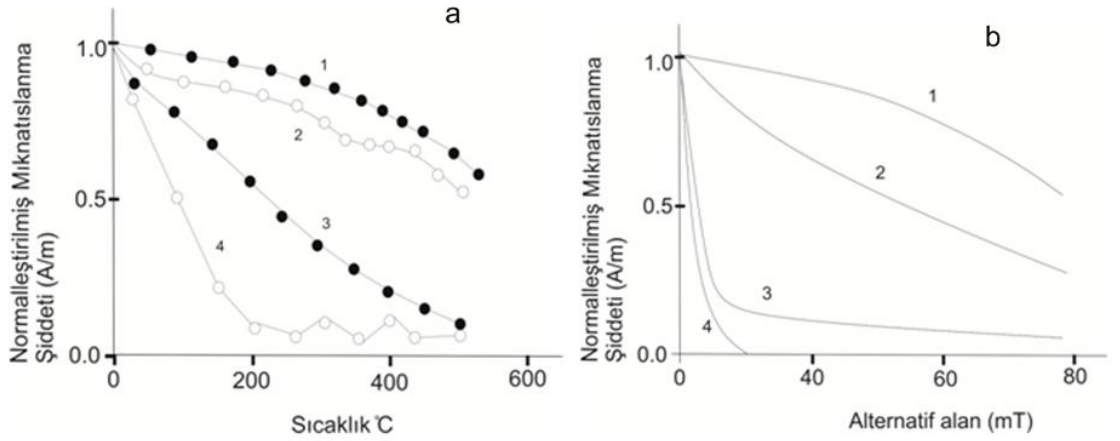


Şekil 3.19: a) Aynı mevkiden toplanan örneklerin doğal kalıntı mıknatıslanma doğrultularının Stereonet Projeksiyon Ağı'nda gösterimi b) Isısal/alternatif alan temizleme işleminden sonra mıknatıslanma doğrultularının Wulff Diyagramı'nda gösterimi (Sanver, 1992).

Paleomanyetik verilerin analizinde kullanılan mıknatıslanma şiddetinin gerek ısısal gerekse alternatif alanla temizleme işlemi sırasındaki değişimi Normalize Şiddet Değişim grafiğinden izlenir. Grafikte özellikle ısısal temizleme işlemi sırasında kayalıkta meydana gelmiş bozulmalar, kayacın mıknatıslanmasından sorumlu manyetik mineralin varlığı ve hangi aralıkta mıknatıslanma şiddetinin yok olduğu olduğu gözlenebilmektedir (Şekil 3.20). Farklı kayalara uygulanan ısısal temizleme işleminde mıknatıslanma şiddetlerinde gözlenen değişimler Şekil 3.20.a' da gösterilmiştir. 1 numaralı eğri kumtaşlarının ısısal temizleme ile elde edilen mıknatıslanma şiddet eğrisidir ve mıknatıslanmadan sorumlu mineral hematittir. 2 numaralı eğri volkanik kayaca ait mıknatıslanma şiddet eğrisi olup mıknatıslanmasından sorumlu mineral küçük manyetit taneciklerdir. 3 numaralı eğri volkanik kayaca ait ve mıknatıslanmasından sorumlu mineral oksitlenmemiş titanyumlu manyettir. 4 numaralı eğri yine bir volkanik kayaca aittir. 1 ve 2 numaralı eğrilerin mıknatıslanma şiddetleri yavaş yavaş kararlı bir şekilde düşmektedir. Kayacın mıknatıslanma doğrultusunun ya hiç değişmediği ya da çok az değiştiği gözlenmiştir. 3 numaralı eğri de mıknatıslanma vektörünün çok düşük

sıcaklarda çok yön değiştirdiği yüksek sıcaklıkta mıknatıslanma vektörünün yönünü koruduğu görülür. 4 numaralı eğride ise mıknatıslanma şiddetleri hemen düştüğü için güvenilir birincil mıknatıslanmaya sahip olmayan davranış sergilediği görülür (Sanver, 1992).

Kayaca alternatif alan uygulanarak mıknatıslanma şiddetlerindeki değişim normalize mıknatıslanma şiddet grafiği Şekil 3.20.b' de gösterilmiştir. Farklı kayalara alternatif alan temizleme işlemi uygulanmış ve mıknatıslanmadan sorumlu minerallerin bir önceki paragrafta uygulanan ısısal temizlemeyle elde edilen minerallerle aynı olduğu gözlenmektedir (Sanver,1992).



Şekil 3.20: Temizleme işlemleri sırasında Normalize Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafiği. a) Isısal temizleme işlemi sırasında çeşitli kayalarda karşılaşılan mıknatıslanma şiddetlerinin değişimi b) Alternatif alan uygulanarak yapılan çeşitli kayalarda karşılaşılan mıknatıslanma şiddetlerinin değişimi (Sanver, 1992).

3.3.3 Temel Bileşen Analizi (PCA) Yöntemi

Zijderveld Diyagramı çizilen paleomanyetik vektörlerin karakteristik deklinasyon ve inklınasyon açılarının hesaplanması için PCA yöntemi kullanılır. Yöntem, bir grup vektörün uç noktalarının hacimsel dağılımlarına en küçük kareler yöntemiyle geçirilen bir doğru parçasının parametrelerini içermektedir. Bu doğrunun kuzey doğrultusu ile yaptığı açı, vektörlerin ortalama deklinasyon açısını, düşey doğrultu ile yaptığı açı, vektörlerin ortalama inklınasyon açısını vermektedir. PCA ile vektörlere geçirilen doğrunun vektör doğrultularına olan uyum kriteri maksimum açısal sapma (MAD= Maximum Angular Deviation) değeri ile ifade edilmektedir (Kirschvink, 1980). MAD değeri, hacimsel dağılım gösteren vektör uç noktalarını içine alan bir dikdörtgen prizmasının diyagonal eksenini ile en uzun kenarı arasındaki açının miktarıdır.

3.3.4 Paleomanyetik Verilerin Fisher İstatistik Yöntemi ile İstatistiksel Analizi

Paleomanyetik yönlü veri bir saçılım gösterir ve bu saçılımda en uygun vektörü bulmak için istatistiksel analiz yapmak gerekir. Paleomanyetizmada birim küre üzerinde vektörlerin Fisher İstatistiği (Fischer,1953) en çok kullanılan istatistiksel yöntemdir. Ortalaması hesaplanacak vektörlerin, ortalama vektör civarında rasgele yönlere saçılmış olduklarından ölçülen mıknatıslanma vektörlerinin şiddetleri farklı olsa bile eşit alınacağı kabul edilmiştir.

Kalıntı mıknatıslanma değerinin ortalama doğrultusunun hesaplanması için, bu değer bir vektör olduğuna göre matematiksel yöntemler kullanılabilir. Bu durumda ortalaması bulunacak N adet vektör varsa bunlardan birinin, örneğin i ' nincisinin, \mathbf{l}_i , \mathbf{m}_i , \mathbf{n}_i ile gösterilen doğrultu kosinüsleri

$$l_i = \cos I_i \cos D_i \quad m_i = \cos I_i \sin D_i \quad n_i = \sin I_i \quad (3.38)$$

şeklindedir.

Diğer yandan ortalaması hesaplanacak N adet vektörün bir şiddetine sahip vektör başlangıç noktaları bir yarıçaplı bir kürenin merkezinde olmak üzere yönleri de göz önünde bulundurulacak şekilde yerleştirildiğinde her vektörün ucunun küre yüzeyi üzerinde bir noktayı gösterdiği saptanmıştır. Fisher, birim yarıçaplı küre yüzeyi üzerindeki bu nokta dağılımının istatistikte Gauss dağılımı olarak bilinen dağılımın özelliklerine sahip olduğunu varsaymaktadır. Fisher küre yüzeyi üzerindeki her noktanın bu nokta dağılımının gerçek ortalaması etrafında bir dağılım gösterdiğini kabul etmektedir. Bağntı (3.39)' de verilen Fisher dağılımı $P_{dA}(\alpha)$ gerçek ortalama alandan α açısı kadar bir farkla bulunan dA gibi bir açısal alanda bir vektör bulabilmek için açısal birim alan başına olasılığı göstermektedir. Bu olasılıklı yoğunluk fonksiyon

$$P_{dA} = \frac{\kappa}{4\pi \sin h(\kappa)} \exp(\kappa \cos \alpha) \quad (3.39)$$

bulunur.

Fisher küre yüzeyi üzerindeki N adet nokta dağılımına ait ortalama vektörün \mathbf{l} , \mathbf{m} , \mathbf{n} ile gösterilen doğrultu kosinüsleri (3.40), (3.41), (3.42) bağıntılarıyla verilmiştir.

$$l = \sum_{i=1}^N \cos I_i \frac{\cos D_i}{R} = \sum_{i=1}^N l_i / R \quad (3.40)$$

$$m = \sum_{i=1}^N \cos l_i \frac{\sin D_i}{R} = \sum_{i=1}^N m_i / R \quad (3.41)$$

$$n = \frac{\sum_{i=1}^N \sin l_i}{R} = \sum_{i=1}^N n_i / R \quad (3.42)$$

Bileşke vektörü R ise (3.43) bağıntısıyla bulunur.

$$R^2 = [(\sum_{i=1}^N l_i)^2 + (\sum_{m=1}^N m_i)^2 + (\sum_{n=1}^N n_i)^2] \quad (3.43)$$

Bileşke vektörün inklinasyon (I) ve deklinasyon (D) açıları (3.44) ve (3.45) bağıntıda verilmiştir.

$$\sin I = \sum_{i=1}^N n_i / R \quad (3.44)$$

$$\operatorname{tg} D = \sum_{i=1}^N m_i / \sum_{i=1}^N l_i \quad (3.45)$$

Ortalama vektörlerin nasıl bir dağılım gösterdikleri κ prezisyon parametresi ile ortaya konulmaktadır.

$$\kappa \cong k = \frac{N-1}{N-R} \quad (3.46)$$

Mıknatıslanma vektörü gelişigüzel doğrultularda ise $k=0$ bulunur. Mıknatıslanma vektörleri belirli bir yön etrafında küçük bir grup oluşturuyorsa k 'nın değeri birkaç yüz olabilmektedir. k değerinin $20'$ den büyük olması güvenilir olarak nitelendirilmektedir (Sanver,1992). Paleomanyetik çalışmalarda verilerin güvenilirliğini kontrol etmek için kullanılan diğer istatistik parametre de emniyet çemberidir. Burada amaç bir nokta dağılımı için hesaplanan bir ortalama noktanın, dağılımın teorik gerçek ortalamasından ne kadar farklı ya da hatalı olabileceğini göstermektir. Hesaplanan ortalama noktayı merkez kabul eden ve yarıçapı α_{95} kadar olan çembere α_{95} (A_{95}) emniyet çemberi denir ve Küre yüzeyindeki nokta dağılımına ait α_{95} çemberi, nokta dağılımına ait gerçek ortalamanın %95 olasılıkla bu çemberin içinde %5 olasılıkla bu çemberin dışında olduğunu gösterir (Sanver, 1992). α_{95} değeri (3.47) bağıntısından elde edilir.

$$\alpha_{95} = 140^\circ / [kN]^2 \quad (3.47)$$

3.3.5 Mıknatıslanmanın Yaşı

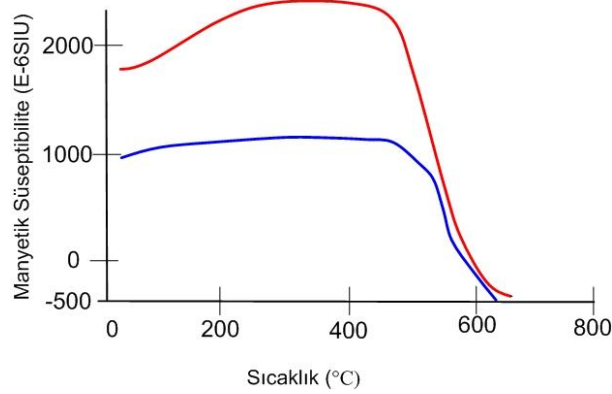
Paleomanyetik çalışmalar sonucunda elde edilen karakteristik mıknatıslanma yönlerinin kayacın oluşum zamanında kazandıkları orjinal mıknatıslanmalar olup olmadığını, kayaç ilk oluştuğu zamandan bugüne kadar olan zaman içinde yeniden mıknatıslanma kazanıp kazanmadığını belirleyebilmek için farklı testler yapılmaktadır. Bu değerlendirme testlerinden olan reversall testin (McFadden ve McElhinny, 1990) pozitif çıkması mıknatıslanmanın orijinal olduğunu gösterir. Veri setindeki sınıflandırma için polarite arasındaki açı 175° den büyükse A sınıfı, 170-175 arası B sınıfı, 160-170 arası ise C sınıfı kullanılmaktadır.

3.4 KAYA MANYETİZMASI ÇALIŞMALARI

Paleomanyetizma ve paleoşiddet çalışmalarının güvenilirliği kaya manyetizması çalışmalarıyla kayaca ait kalıntı mıknatıslanmadan sorumlu manyetik mineralin tanımı, alterasyonu, domen yapısı, koersif kuvveti ve manyetik duyarlılığı test edilebilmektedir (Stacey ve Banerjee, 1974; Butler ve Banerjee, 1975; Senanayake ve McElhinny, 1981 ve 1982; Collinson, 1983; Tarling, 1983; Fuller ve Cisowski, 1987; O'Reilly, 1984; Dunlop ve Özdemir, 1997). Kaya manyetizması çalışmaları: Eş-Isıl Kalıntı Mıknatıslanma Ölçümleri, Eş-Isıl Mıknatıslanma Bileşeninin Üç Eksende Isısal Temizleme İşlemi, Sıcaklık Süseptibilite Ölçümleri, Histerezis Ölçümleri başlıkları altında irdelenmektedir.

3.4.1 Sıcaklık Süseptibilite Ölçümleri

Kayaçlardaki manyetik özellikten mıknatıslanmalardan sorumlu mineralin manyetik fazı, manyetik mineralde ısınma sonucunda meydana gelen alterasyon (bozuşma) derecesi ısınma eğrisindeki ısınma ve soğuma arasındaki farktan belirlenebilmektedir. Bunun için yüksek alan sıcaklık süseptibilite eğrileri ile ısınma ve soğuma işlemi boyunca manyetik duyarlılığın sıcaklığa bağlı değişimi gözlenmektedir (Şekil 3.21). Sıcaklık süseptibilite ile kayaçtaki mıknatıslanmadan sorumlu mineralin Curie sıcaklığı yani mıknatıslanmasını yitirdiği sıcaklık bulunabilmektedir. Ferrimanyetik ve ferromanyetik mineralin paramanyetik özellik gösterdiği sıcaklık olan Curie sıcaklığı mıknatıslanmadan sorumlu mineralin cinsi hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar. Kayaçlardaki bu sıcaklıktan kaynaklı alterasyon miktarı ve mıknatıslanmadan sorumlu mineralin özellikleri paleoşiddet çalışmaları ile elde edilen sonuçların güvenilirliği hususunda önemlidir.

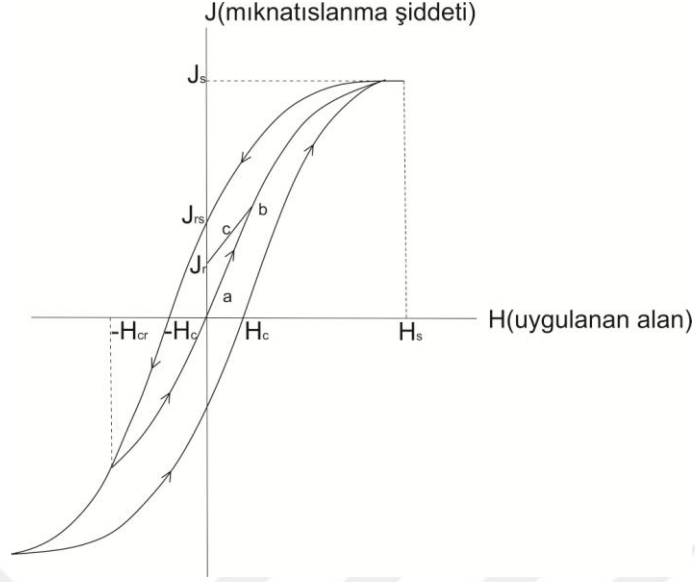


Şekil 3.21: Volkanoklastik bir kayaca ait sıcaklık- süseptibilite ölçümü. Kırmızı çizgi ısınma eğrisini, mavi çizgi soğuma eğrisini göstermektedir.

3.4.2 Histerezis Ölçümleri

Mıknatıslanma şiddeti ile manyetik alan arasındaki ilişkiyi Histerezis çevrim eğrisi gösterir. Gerçekleştirilen histerezis ölçümleri ile Histerezis çevrim eğrisinden histerezis parametreleri belirlenir. Bu parametrelerle de mıknatıslanmadan sorumlu mineralin domen yapıları belirlenir. Histerezis çevrim eğrileri diyamanyetik ve paramanyetik özellik gösteren minerallerde doğrusalken ferromanyetik minerallerde tam bir döngü oluşturmaktadır. Çünkü diyamanyetik ve paramanyetik cisimler sadece uygulanan alan karşısında mıknatıslanma gösterirler. Alan kaldırıldığında manyetik özelliklerini yitirler.

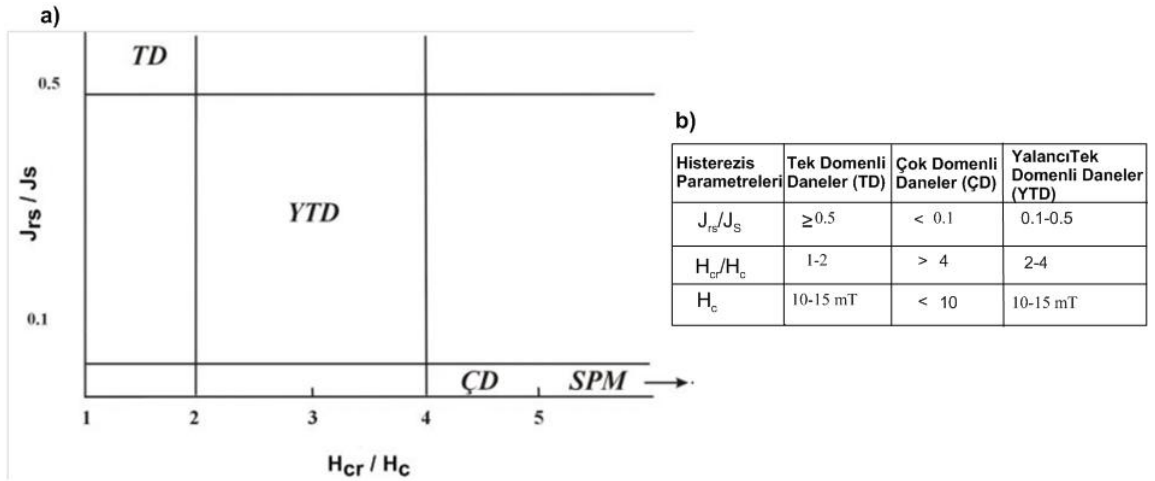
Şekil 3.22'de verilen histerezis çevrim eğrisi gösterilmiştir. Bu eğriye göre sıfırdan a kısmına kadar bir dış alan H arttırılırsa J mıknatıslanma şiddeti elde edilir. Uygulanan dış alan kaldırılırsa mıknatıslanma şiddeti sıfıra düşecektir. Histerezis eğrisinin düşük şiddetindeki dış alan uygulamasına ait lineer olarak değişen eğrinin bu kesimi manyetik duyarlılığın ölçülmesinde kullanılır. Uygulanan dış alanın b noktası ve daha büyük değerlerinde ortadan kaldırılması ile mıknatıslanma şiddeti sıfıra düşmeyecek ve c gibi bir yolu izleyerek J_r ve J_{rs} aralığında eş-ısı kalıntı mıknatıslanma kazanacaktır. Burada J_{rs} , H_s değerine kadar arttırılan dış alanın etkisiyle kazanılan doygun kalıntı mıknatıslanma şiddetini vermektedir. H alanının ters yönde arttırılarak mıknatıslanma şiddetini sıfırladığı değeri olan H_c , örneğin koersif kuvvetini vermektedir. Daha da arttırılarak kalıntı mıknatıslanmayı yok ettiği H_{cr} değerine ise örneğin kalıntı koersif kuvveti denir (McElhinny ve McFadden, 1999).



Şekil 3.22: Histerezis çevrim eğrisi ve parametreleri (Lowrie, 2007).

Histerezis eğrisinin genişliği manyetik duyarlılık hakkında bilgi vermektedir. Özellikle yüksek koersif kuvvete sahip hematit ve geotit gibi manyetik minerallerin histerezis döngüsü geniştir. Düşük koersif kuvvete sahip manyetit minerali dar bir histerezis döngüsü vermektedir. Minerallerin tane boyu da farklı şekillerde histerezis eğrilerine neden olmaktadır. Çok domenli taneler tek domenli tanelerden daha ince eğriye sahiptir (McElhinny ve McFadden, 1999).

Histerezis parametreleriyle oluşturulan Day diyagramı kullanılarak manyetik domen yapıları da belirlenebilmektedir. Diyagramla H_{cr}/H_c ye karşı J_r/J_{rs} grafiklenerek manyetik domen yapıları tek domen (TD), yalancı tek domen (YTD) ve çok domen (ÇD) olarak 3 bölgeye ayrılır (Day ve diğ., 1977) (Şekil 3.23.a). Tek domenli tanelerde J_{rs}/J_s oranı anizotropiye bağlı olarak değişim göstermektedir. Eksensiz tek domenli manyetit taneler için J_r/J_s oranı 0.5 iken, eksensiz tek domenli hematit için bu değer 0.50-0.64 arasında değişmektedir. H_r değerleri her zaman H_c 'den büyük olduğundan eksensiz tek boyutlu tanelerde H_r/H_c oranı; 1-2 arasındadır. Çok domenli manyetitlerde J_r/J_s oranı <0.1 , H_{cr}/H_c oranı ise >4 'dür (Thompson ve Oldfield, 1986) (Şekil 3.23.b).

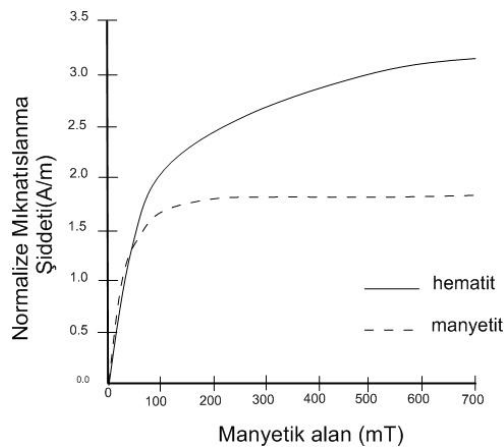


Şekil 3.23: a) Day diyagramı, (Day ve diğ., 1977) b) Histerezis parametreleri ve tane yapısı ilişkisi (Thompson ve Oldfield, 1986). (TD=Tek Dömen, YTD=Yalancı Tek Dömen, ÇD=Çoklu Dömen, SPM=Süperparamanyetik.

3.4.3 Eş-Isıl Kalıntı Mıknatıslanma Eğrileri (EIKM Eğrileri)

Kalıntı mıknatıslanması alternatif alanla temizlenmiş kayaç örneğine adım adım (25, 50, 75, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 700, 1000 mT) şiddeti artırılarak uygulanan dış alandan sonra örneğin uygulanan alanın yönünde ve uygulanan alanın şiddetine bağlı olarak kazandığı mıknatıslanma şiddeti manyetometreyle ölçülür (Şekil 3.24). Dış alanın şiddeti doyumluğa ulaştıktan sonra alan ne kadar arttırılırsa arttırılırsın EIKM değeri değişmez.

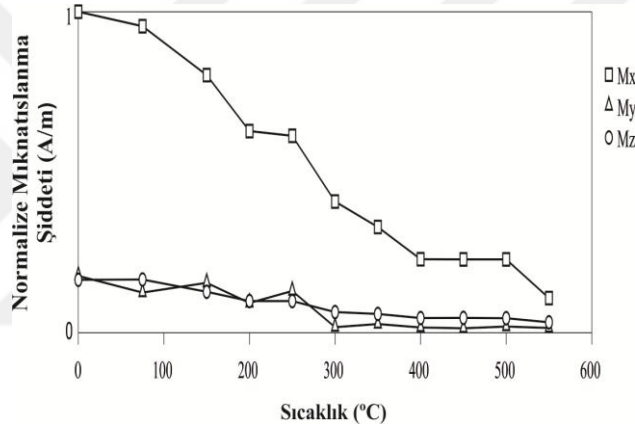
EIKM eğrisiyle kayaçların mıknatıslanmasından sorumlu manyetik mineralin koersif kuvvetinin küçük mü büyük mü olduğu belirlenmektedir. Bu şekilde mineralin tanımı yapılabilmektedir.



Şekil 3.24: Manyetit ve Hematit mineralleri için Normalize Mıknatıslanma Şiddeti Eğrisi (Butler, 1992).

3.4.4 EIKM Bileşenin Üç Eksende Isısal Temizleme İşlemi

EIKM ile kazanılan mıknatıslanma ikincil mıknatıslanmadır. Doygun EIKM bileşenine adım adım ısısal temizleme işlemi uygulanarak ferromanyetik mineraller tanımlanır (Heller, 1978). Koersif kuvvetleri benzer olan mineraller çoğunlukla farklı bloklanma sıcaklıkları gösterir. Doygun EIKM' ya sahip örneğe üç yönde (x , y , z) farklı alan uygulanarak üç farklı koersif kuvvete sahip bileşen elde edilir. Sırasıyla z yönünde 1 T (zaten eş-ısısal doymuş mıknatıslanma sırasında uygulanmış) sonra y eksenini yönünde 0.4 T, son olarak x eksenini yönünde 0.12 T alan uygulanan bileşenlere ısısal temizleme yöntemi uygulanır. Böylece her bir bileşenin kalıntı mıknatıslanmasının yitirdiği sıcaklığa bağlı olarak mıknatıslanmasından sorumlu mineral tanımı yapılabilmektedir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25: Doygun eş ısısal mıknatıslanma bileşenin üç yönde (x , y , z) farklı alan uygulandıktan sonra ısısal temizleme yöntemiyle temizlenmesi sonucunda oluşan eğri (Mx=Düşük alan sıcaklık bileşeni, My=Orta alan sıcaklık bileşeni, Mz=Yüksek alan sıcaklık bileşeni).

3.5 PALEOŞİDDET, PALEOMANYETİZMA VE KAYA MANYETİZMASI ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN CİHAZLAR

Tez çalışması kapsamında yapılan paleomanyetizma, paleoşiddet, kaya manyetizması ölçümleri İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Doç. Dr. Yılmaz İspir Paleomanyetizma Laboratuvar'ında gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerde Spinner Manyetometresi, Ani mıknatıslandırıcı, Bartington MS2 Sistemi, Isısal Temizleme Cihazı, Alternatif Alan Temizleme Cihazı, Manyetik Süseptibilite Ölçüm Cihazı kullanılmıştır. Kaya manyetizması ölçümlerinden Histerezis ölçümleri GFZ Helmutz Centre Postdam'da Paleo ve Kaya Manyetizması Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.5.1 Spinner Manyetometresi

Spinner manyetometresinin çalışma prensibi; bobin çiftinin içinde döndürülen örneğin manyetik alan kuvvet çizgilerinin bobinde alternatif akım oluşturulmasına dayanmaktadır. Oluşturulan akımın genlik ve faz değeri örnekteki mıknatıslanma yönü ve şiddetiyle ilişkilidir. Agico JR-6A Spinner Manyetometre'si ile kayaçların mıknatıslanma şiddetleri ölçülmüştür (Şekil 3.26). Duyarlılığı yüksek olan bu alet ile volkanik kayaçların yanısıra düşük şiddetli kayaçların mıknatıslanma şiddetini ölçebilmektedir.



Şekil 3.26: Agico JR-6A Spinner manyetometresi.

3.5.2 Isısal Temizleme Cihazı

Paleomanyetizma çalışmalarında Isısal temizleme işleminde ferromanyetik mineraller, Curie sıcaklığının altındaki bir sıcaklığa doğru aşama aşama ısıtılarak sıfır manyetik alanda oda sıcaklığına kadar soğutulurak kayaçların sahip oldukları ikincil mıknatıslanmadan temizlenmesi sağlanır. Böylelikle kayaçların ilk oluştuğu zamandaki karakteristik kalıntı mıknatıslanma yönleri tespit edilmektedir. Paleošiddet çalışmalarında da kullandığımız fırına eklenen düzeneğe Curie sıcaklığının altındaki sıcaklığa doğru aşama aşama ısıtıp bilinen bir laboratuvar alanında oda sıcaklığına kadar soğutulması ile örnekler kısmi ısıl mıknatıslanma kazandırılır. Paleomanyetizma ve Paleošiddet ölçümleri için Isısal temizleme Fırını MMTD80 cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.27). Cihazda örneklerin yermanyetik alandan etkilenmemeleri için ısıtma ve soğutma işleminin gerçekleştiği yer 4 katlı μ - metal kalkan ile sarılmıştır.

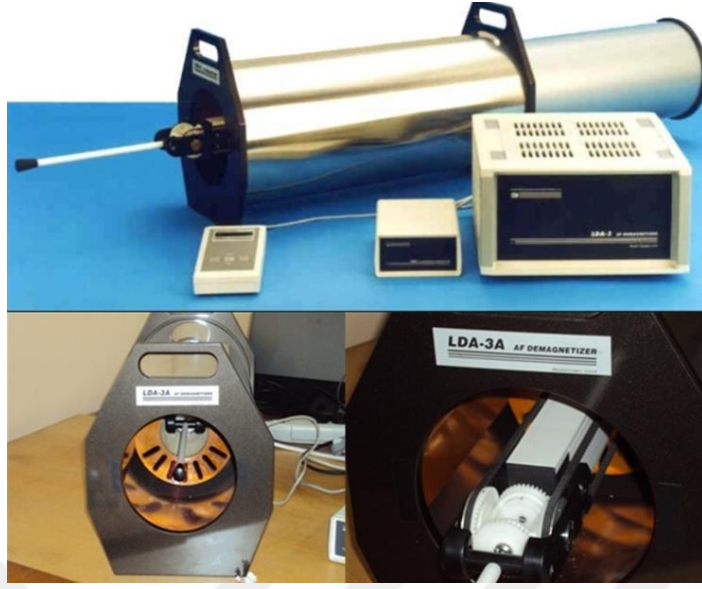


Şekil 3.27: a) MMTD80 ısısal temizleme fırını b) Fırın ölçüm programlamanın yapıldığı ön panelin yakından görüntüsü.

3.5.3 Alternatif Alan Temizleme Cihazı

Kayaçların kazandıkları ikincil mıknatıslanmalarını alternatif manyetik alanlar ile temizleme işleminin yapıldığı özel düzeneklerin olduğu cihazdır. Alternatif manyetik alan uygularken yermanyetik alanın yok edildiği Helmholtz bobin sistemi bu cihazda kullanılır. Temizleme cihazı iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda şiddeti belirli bir akım şiddetinden başlayarak zamanla sıfıra doğru azalan alternatif akımın oluşturan ünite yer alır. İkinci kısımda ise bu alternatif manyetik akımla beslenen selenoid yer alır. Şiddeti değişen alternatif akım selenoide uygulandığında selenoid içinde ve selenoid doğrultusunda değişen manyetik alan oluşturur. Şekil 3.15’de selenoid eksenini doğrultusunda oluşan manyetik alan gösterilmiştir. Eğer 50 Hertz’lik bir alternatif alan uyguluyorsak selenoid eksenini doğrultusunda olan alternatif alan bir saniye içinde 50 defa yön değiştirmektedir. Bunun yanında alternatif akım şiddeti bu zaman süresinde yavaş yavaş azaldığından selenoidin oluşturduğu alanın şiddetide akım şiddetine bağlı olarak azalacaktır. Alternatif alan azalma hızı mekanik ve elektronik düzenlerle sağlanmaktadır. Azalma hızı öyle seçilir ki uygulanan alternatif alan genellikle bir veya birkaç dakika içinde sıfır olur.

Paleomanyetizma ölçümleri Alternatif Alan Temizleme Cihazı LDA-3A kullanılmıştır (Şekil 3.28). Alet maksimum 100 mT pik alternatif alan üretme kapasitesine sahiptir. Bu özel alet paleomanyetik örneğin ikincil mıknatıslanmasından temizlendiği ve bobin sistemlerinin bulunduğu alternatif alan üreten bir tambur, dijital bir kontrol ünitesi ve akım kontrolünü sağlayan bir güç kaynağı olmak üzere 3 ana kısımdan oluşmaktadır. Sistemin tambur kısmı, temizleme işlemi sırasında paleomanyetik örneğin yermanyetik alanı etkisinden korunması amacıyla 3 katmanlı μ metal bir kalkan ile çevrilidir.



Şekil 3.28: Agico LDA-3A Alternatif Alan Temizleme Sistemi.

3.5.4 Manyetik Süseptibilite Ölçüm Cihazı

Manyetik süseptibilite ölçümü bir sensör etrafında düşük şiddet ve düşük frekanslı bir alternatif alan oluşturması ile gerçekleştirilmektedir. İki bobin sistemi bulunmaktadır. 1. bobin sisteminden bir akım geçtiğinde 2. bobin sisteminde bir indüklem akım (1 mT) ve bir manyetik alan oluşturmaktadır. Ölçülecek örnek, sensörün yakınına konulduğunda, oluşan akım örnek içerisinde manyetik alan meydana getirmektedir. Böylelikle 1. bobindeki akım da indüklem mıknatıslanma ile orantılı lineer bir değişim oluşturur. Değişimin eğiminden manyetik süseptibilite değeri hesaplanır. Çalışmada Bartington firmasına ait MS2 sistemi kullanılarak örnekler üzerinde sıcaklığa bağlı süseptibilite ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Manyetik süseptibilitenin sıcaklıkla değişiminin belirlenmesi için her iki sistemde manyetik olmayan ısıtma sistemi, soğutma için su devir daim eden bir düzenek, sıcaklığın ölçülebilmesi için özel platinyum termometrenin olduğu sıcaklık aparatına ihtiyaç vardır (Şekil 3.29). Cihaza bağlı diğer ekipmanlar MS2W (Water Jacketed Sensor- kılıflı su sensörü), MS2WF (Furnace- fırın benzeri ısı elde edici), MS2WFP (güç kaynağı)'dır. Ayrıca suyla soğutma desteği için bir depo ve su devir daimini yapacak motor vardır (water pump/ flowmeter).



Şekil 3.29: Manyetik süseptibilite-sıcaklık ölçümleri için kullanılan Bartington MS2 Sistemi.

3.5.5 Ani Mıknatıslandırıcı

Molspin şirketine ait ani mıknatıslandırıcı (Şekil 3.30) maksimum 1 T alan üretebilen bobinden oluşmaktadır. EIKM ölçümleri için örneklere 25-1000 mT arasında adım adım uygulanan alan karşısında mıknatıslanma şiddetlerinin değişimi izlenmektedir.



Şekil 3.30: Molspin şirketine ait ani mıknatıslandırıcı.

3.5.6 Titreşimli Örnek Manyetometresi

Cihazın çalışma prensibi, manyetik alan altında titreşen örneğin manyetik akı değişiminin ölçülmesine dayanmaktadır. Oluşan manyetik akı değişimiyle elde edilen indüksiyon elektromotor kuvveti okunarak örneğin histerezis eğrisi ve parametreleri saptanmış olunur.

Çalışma kapsamında histerezis ölçümleri için Princeton Ölçüm Şirketine ait MikroMag Manyetometresi kullanılmıştır (Şekil 3.31). Uygulanabilen maksimum alan 2.2 T'dır.



Şekil 3.31: MikroMag Manyetometresi.]

4. BULGULAR

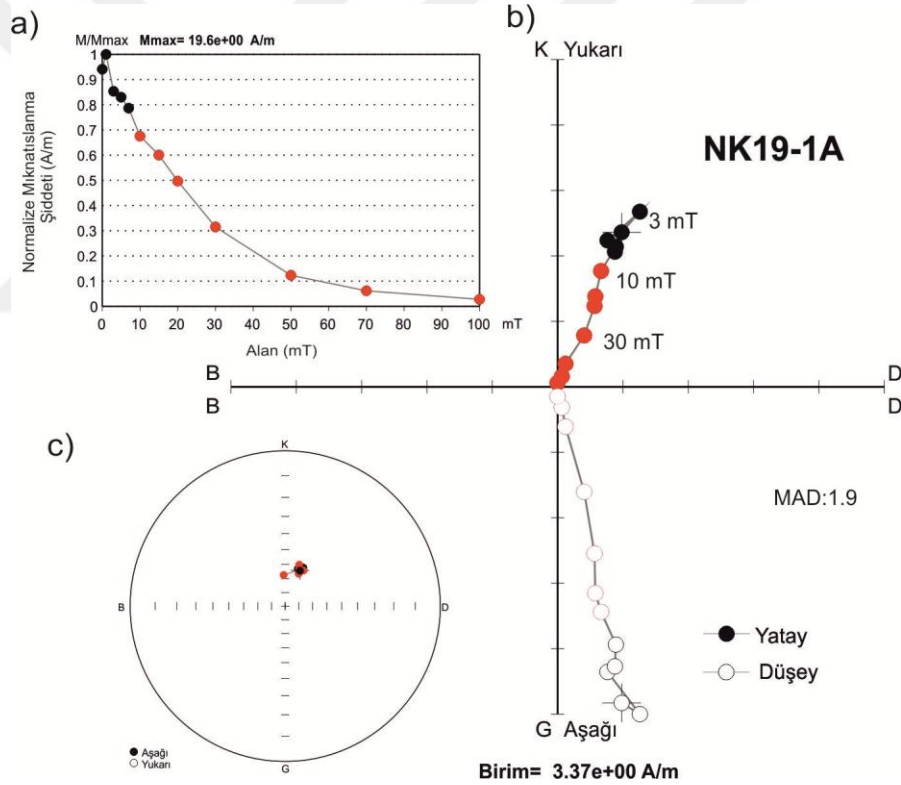
4.1 PALEOMANYETİZMA ÖLÇÜMLERİ

Paleomanyetik ölçümler için 34 mevkiden yaklaşık 6-7 cm uzunlukta alınan örneklerden İ.Ü-C Doç. Dr. Yılmaz İspir Paleomanyetizma Laboratuvarı'nda bulunan taş kesme cihazı ile 1.54 cm çapında ve boyunda toplam 181 silindirik örnek elde edilmiştir. Elde edilen örneklerden seçilen pilot örnekler üzerinde alternatif alan ve ısısal alan temizleme işlemi uygulanarak kayacın ilk oluştuğu andaki mıknatıslanma bileşeninin en uygun hangi temizleme yöntemi ile saptanacağı belirlenmiştir. Alınan örneklerin 60' ı ısısal temizleme yöntemi, 121' i alternatif alan temizleme yöntemiyle temizleme işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar alt başlıklarda verilmiştir.

4.1.1 Karakteristik Kalıntı Mıknatıslanma Bileşenlerinin Elde Edilmesi

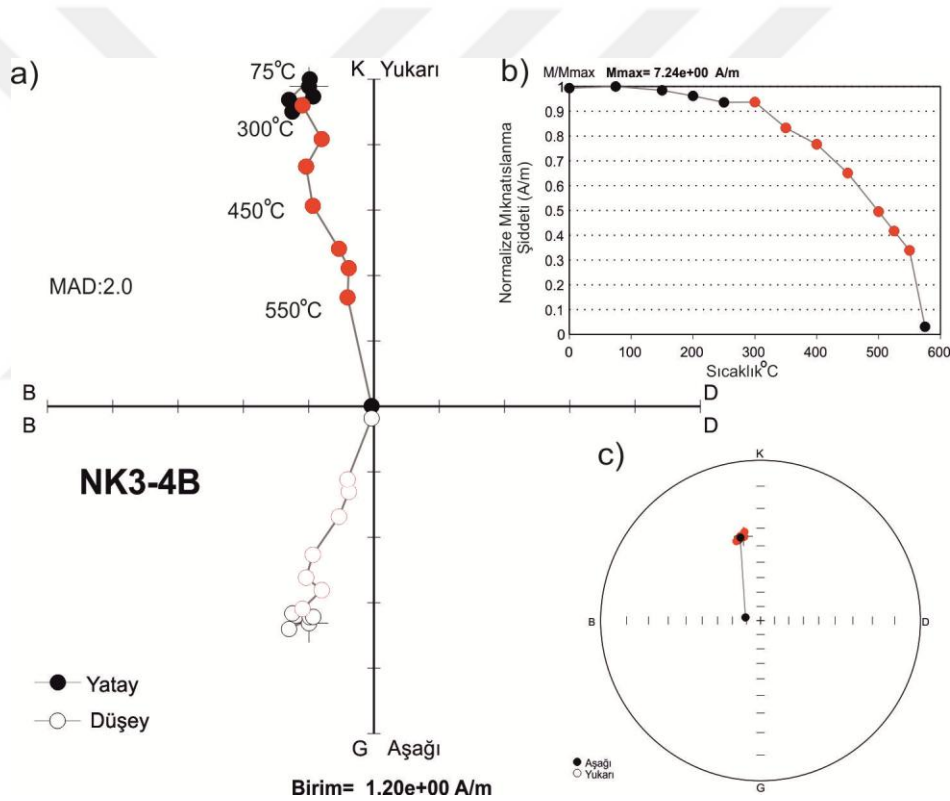
Paleomanyetik çalışmalar kapsamında ısısal ve alternatif alan temizleme ölçümleri sonucunda örneklere ait mıknatıslanma bileşenleri Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafikleri, Zijderveld Diyagramları ve Stereonet Projeksiyon Ağı elde edilmiş temsili olarak herbir mevkiye ait temizleme ölçüm sonuçları EK 1'de gösterilmiştir. Duraylı örneklerin büyük bir kısmının 450-580°C'de bloklanma sıcaklığına sahip olması manyetit mineralinin mıknatıslanmadan sorumlu olduğunu göstermektedir. Yüksek bloklanmama sıcaklığı bazı örneklerde elde edilmiş olup bu örneklerde hematit mineralinin baskın olduğuna işaret etmektedir. Örneklerin büyük bir kısmının 0-15 mT veya 0-150 °C'de temizlenen ikincil mıknatıslanma bileşeninden sonra orjine düzgün bir şekilde yönlendiği görülmüştür. Aşağıda tüm örnekleri temsilen Holosen, Pleyistosen, Pliyosen ve Miyosen'e ait NK19-1A, NK3-4B, NK18-3B, NK33-1A örneklerin temizleme adımları gösterilmiştir. Paleomanyetik ölçümler sonucunda NK7 ve NK26 nolu mevkilerin Zijderveld Diyagramı'nda duraylı bir davranış göstermediği görülmüştür ve temsilen NK7-2B örneğinin temizleme adımları gösterilmiştir.

Holosen yaşını temsil eden NK19 mevkisinden alınan NK19-1A nolu örneğe ait paleomanyetik sonuçlar Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Bu örneğe 1-100 mT arasında uygulanan alternatif alan sonucunda, 0-10 mT ikincil mıknatıslanma bileşenin olduğu saptanmış, 10-100 mT arasındaki vektöre uygulanan PCA analizi sonucu karakteristik kalıntı mıknatıslanma bileşeni elde edilmiştir (Şekil 4.1.a). Mıknatıslanma şiddetinin % 90 ‘ının 70-100 mT’da düştüğü görülmektedir (Şekil 4.1.b). Stereonet Projeksiyon Ağı üzerinde temizleme adımları uygulanırken örneğe ait deklinasyon ve inklinasyon açısından büyük bir değişim olmadığı ve mıknatıslanma bileşeninin KD yönünde gruplaştığı görülmektedir (Şekil 4.1.c). MAD değerinin 1.9 olduğu saptanmıştır.



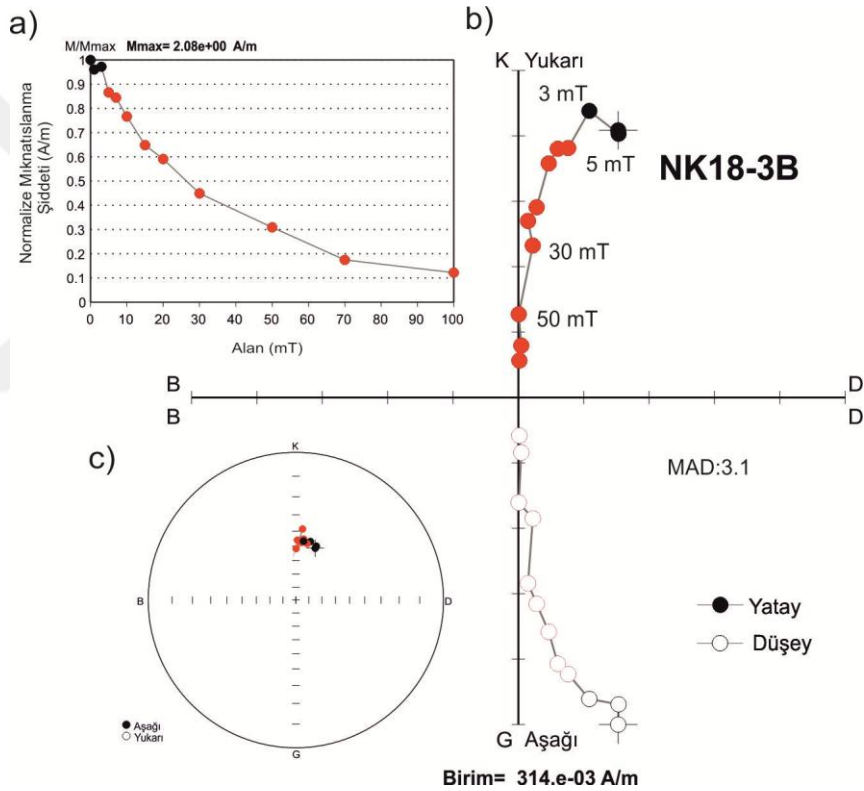
Şekil 4.1: NK19-1A mevkisine ait alternatif alan temizleme sonuçlarının a) Normalize Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafiği b) Zijderveld Diyagramı c) Stereonet Projeksiyon üzerinde gösterimi.

Pleyistosen yaşı temsil eden NK3 mevkisinden alınan NK3.4B nolu örneğe ait paleomanyetik sonuçlar Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Bu örneğe 75-575 °C arasında uygulanan ısı ile temizleme sonucu 75-250 °C ikincil mıknatıslanma bileşeninin ve 300-550 mT arasındaki vektöre PCA uygulanarak karakteristik kalıntı mıknatıslanma bileşeninin elde edildiği görülmüştür (Şekil 4.2.a). Bu örneğin mıknatıslanma şiddetinin %70 ‘inin 550 °C’da düştüğü görülmektedir (Şekil 4.2.b). Stereonet Projeksiyon Ağı üzerinde temizleme adımları uygulanırken örneğe ait deklinasyon ve inklinasyon açısından büyük bir değişim olmadığı ve mıknatıslanma bileşeninin KB yönünde gruplaştığı görülmektedir (Şekil 4.2.c). MAD değerinin 2.0 olduğu saptanmıştır.



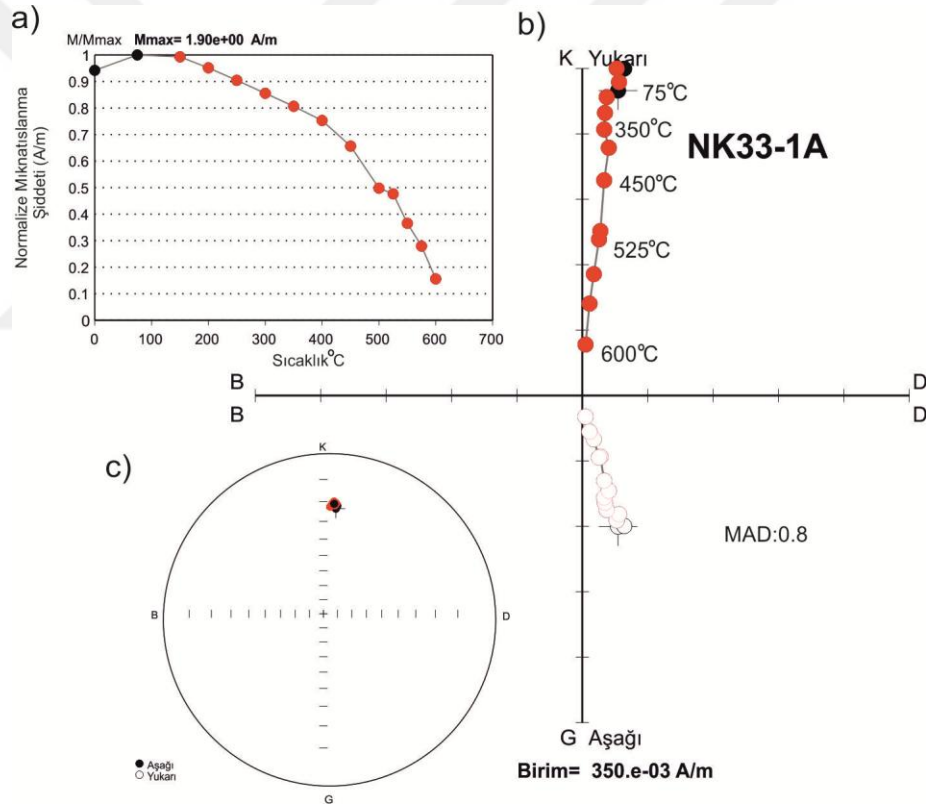
Şekil 4.2: NK3-4B mevkisine ait ısı temizleme sonuçlarının a) Zijderveld Diyagramı b) Normalize Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafiği c) Stereonet Projeksiyon üzerinde gösterimi.

Pliyosen yaşı temsil eden NK18 mevksinden alınan NK18.3B nolu örneğe ait paleomanyetik sonuçlar Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Bu örneğe 1-100 mT arasında uygulanan alternatif alan sonucu 0-5 mT ikincil mıknatıslanma bileşenin ve 5-100 mT arasındaki vektöre uygulanan PCA analizi sonucu karakteristik kalıntı mıknatıslanma bileşeni elde edilmiştir (Şekil 4.3.a). Mıknatıslanma şiddetinin % 90 ‘ının 100 mT’ da düştüğü görülmektedir (Şekil 4.3.b). Stereonet Projeksiyon Ağı üzerinde temizleme adımları uygulanırken örneğe ait deklinasyon ve inklinasyon açısında büyük bir değişim olmadığı ve mıknatıslanma bileşenin KD yönünde gruplaştığı görülmektedir (Şekil 4.3c). MAD değerinin 3.1 olduğu saptanmıştır.



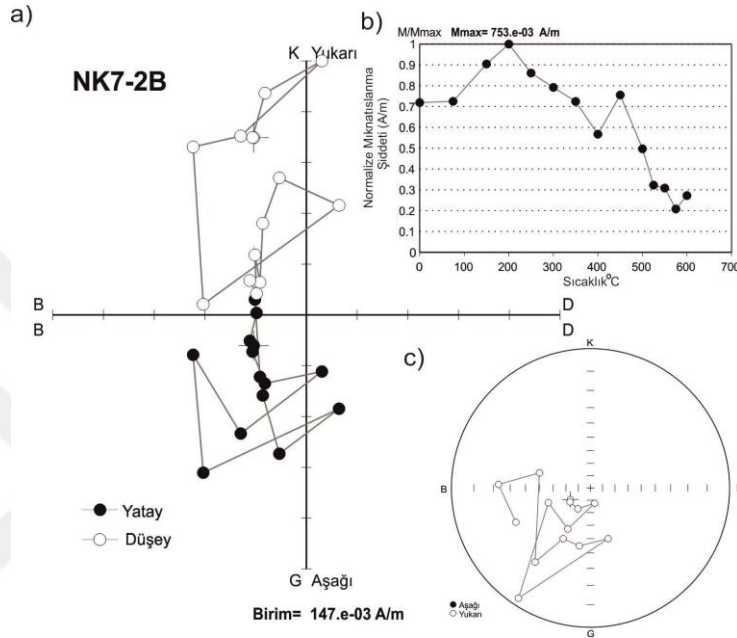
Şekil 4.3: NK18-3B mevksisine ait alternatif alan temizleme sonuçlarının a) Normalize Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafiği b) Zijderveld Diyagramı c) Stereonet Projeksiyon üzerinde gösterimi.

Miyosen yaşı temsil dene NK33 mevkisinden alınan NK33.1A nolu örneğe ait paleomanyetik sonuçlar Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Bu örneğe 75-600 °C arasında uygulanan ısı ile temizleme sonucu 75-150 °C ikincil mıknatıslanma bileşeninin ve 150-600 °C arasındaki vektöre PCA analizi uygulanarak karakteristik kalıntı mıknatıslanma bileşeninin elde edildiği görülmüştür (Şekil 4.4.a). Bu örneğin mıknatıslanma şiddetinin %80 'inin 600 C'da düştüğü görülmektedir (Şekil 4.4.b). Stereonet Projeksiyon Ağı üzerinde temizleme adımları uygulanırken örneğe ait deklinasyon ve inklinasyon açısından büyük bir değişim olmadığı ve mıknatıslanma bileşeninin KD yönünde gruplaştığı görülmektedir (Şekil 4.4.c). MAD değerinin 0.8 olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.4: NK 33-1A mevkisine ait alternatif alan temizleme sonuçlarının a) Normalize Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafiği b) Zijderveld Diyagramı c) Stereonet Projeksiyon üzerinde gösterimi.

Isıl temizleme işlemi sonucu duraysız davranış gösteren örneği temsil eden NK7.2B 'nin Zijderveld Diyagramı'nda mıknatıslanma bileşeninin orjine yönelmediği (Şekil 4.5.a), mıknatıslanma şiddetinin ısı ile değişim eğrisinde farklı sıcaklık değerlerinde ani düşüşler ve pikler izlenmiş olduğu (Şekil 4.5.b) ve Stereonet Projeksiyon Ağı'nda ise deklinasyon ve inklinasyon açılarının gruplaşma göstermediği görülmüştür (Şekil 4.5.c).



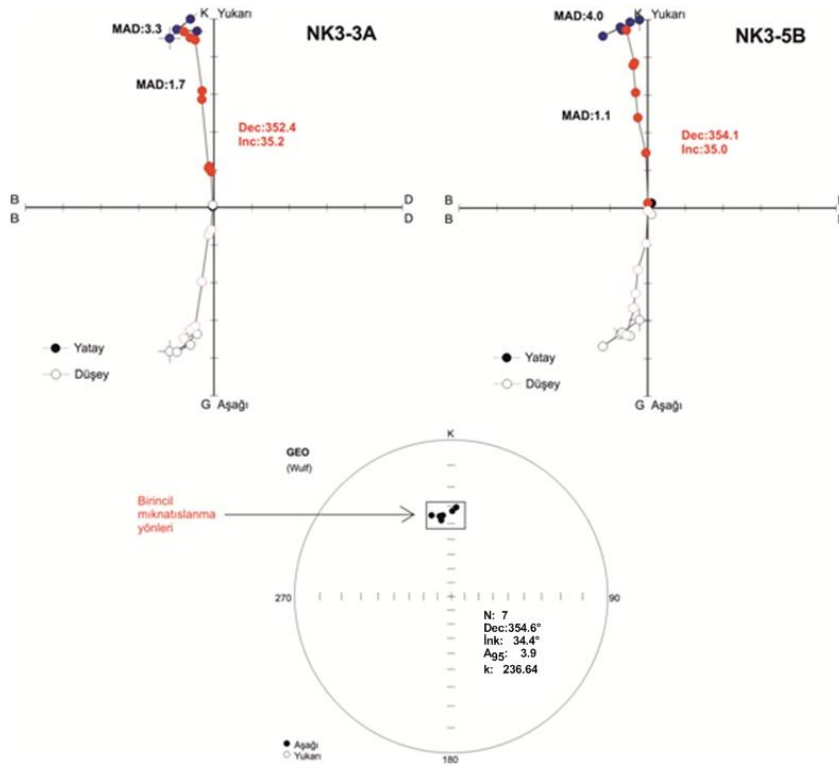
Şekil 4.5: NK 7 mevkisine ait alternatif alan temizleme sonuçlarının a) Zijderveld Diyagramı b) Normalize Mıknatıslanma Şiddet Değişim Grafiği c) Stereonet Projeksiyon üzerinde gösterimi.

4.1.2 Mevkilerin Ortalama Kalıntı Mıknatıslanma Vektörlerinin Hesaplanması

Duraylı paleomanyetik veriler elde edilen örneklerin her birine PCA uygulanmış elde edilen sonuçlar mevcut oldukları mevkiye ait ortalama kalıntı mıknatıslanmanın hesaplanmasında kullanılmıştır. Bulunan ortalama kalıntı mıknatıslanma vektörüne ait stereonet dağılımı ve Fisher istatistiksel parametreleri hesaplanmıştır. Buna göre Şekil 4.6'da görüldüğü gibi NK 3.3A örneğinin Zijderveld eğrisinde iki bileşenli bir mıknatıslanma görülür. Örneğin 0-200 °C aralığındaki temizleme sonucu elde edilen vektör uç noktaları birleştirildiğinde orjine yönelmeyen ve ikincil bir mıknatıslanmayı temsil eden duraylı bir vektör görülmektedir. Buna göre yapılan PCA analizinde bu vektörün deklinasyon açısı D: 350.2, inklinasyon açısı I: 37.4, MAD değeri 3.3° elde edilmiştir. Aynı örneğin 250-500 °C arasındaki temizleme adımları sonucunda elde edilen vektör uç noktalarının orjine doğru olan yönelimi birincil kalıntı mıknatıslanma yönünü oluşturmaktadır. Bu kısımda yapılan PCA

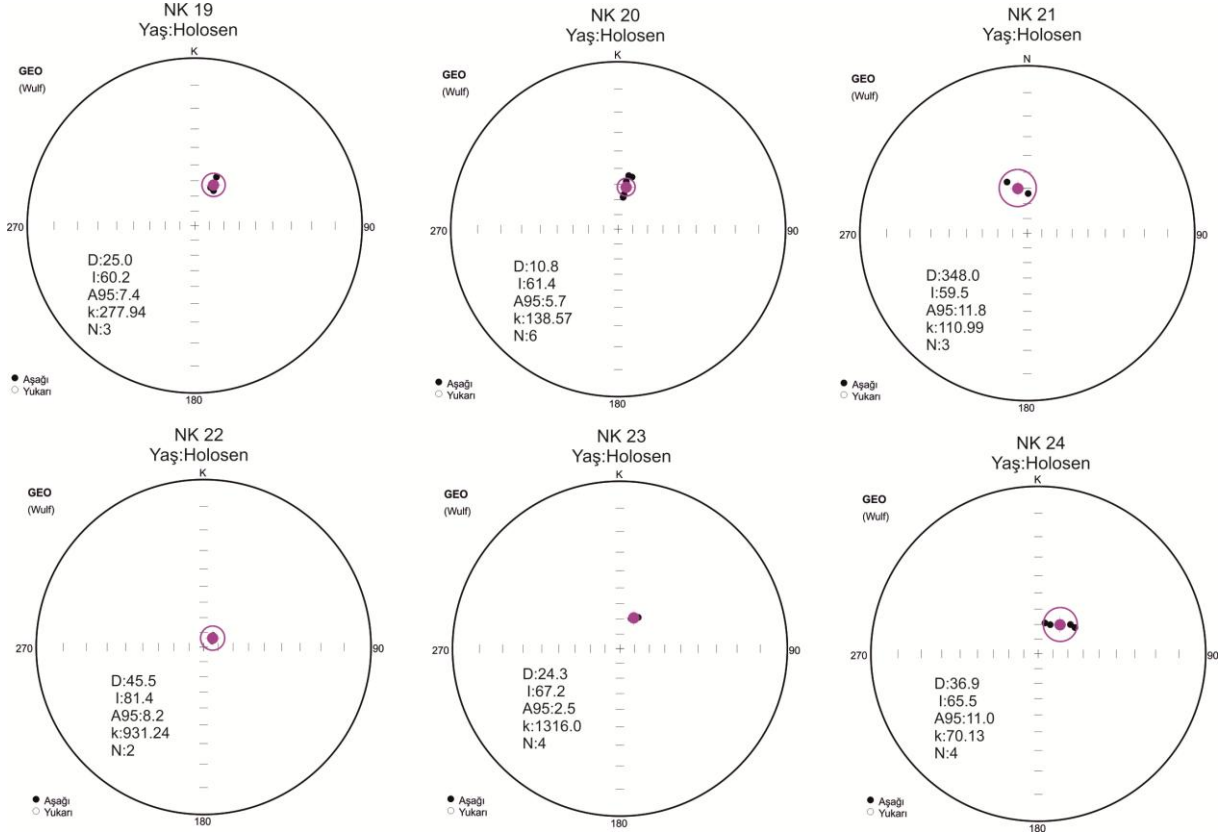
uygulamasında birincil kalıntı mıknatıslanmanın deklinasyon açısı $D: 352^\circ$, inklınasyon açısı $I: 35.2^\circ$ ve MAD değeri 1.7° olarak hesaplanmıştır. Aynı mevkiye ait NK 3.5B örneğinde (Şekil 4.6) 0-250 °C aralığındaki temizleme sonucu elde edilen vektör uç noktaları birleştirildiğinde orjine yönelmeyen ve ikincil bir mıknatıslanmayı temsil eden duraylı bir vektör görülmektedir. Buna göre yapılan PCA analizinde deklinasyon açısı $D: 352.2^\circ$, inklınasyon açısı $I: 34.6^\circ$ bu vektörün MAD değeri 4.0° elde edilmiştir. Aynı örneğin 300-550 °C arasındaki temizleme adımları sonucunda elde edilen vektör uç noktalarının orjine doğru olan yönelimi birincil kalıntı mıknatıslanma yönünü oluşturmaktadır. Bu kısımda yapılan PCA uygulaması sonucunda birincil kalıntı mıknatıslanmanın deklinasyon açısı $D: 354.1^\circ$, inklınasyon açısı $I: 35.0^\circ$ ve MAD değeri 1.1° olarak hesaplanmıştır.

Örnek olarak verilen iki sonucun ve aynı mevkiye ait 5 sonucun birincil mıknatıslanma sonuçları k, A_{95} değerleri Stereonet Projeksiyon Ağı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.6). Buna göre 1 mevkiye ait 7 örneğin ortalama mıknatıslanma doğrultusunun deklinasyon açısı $D: 354.6^\circ$, inklınasyon açısı $I: 34.4^\circ$, emniyet çemberi $A_{95}: 3.9^\circ$, presizyon parametresi $k: 236.64$ bulunmuştur.

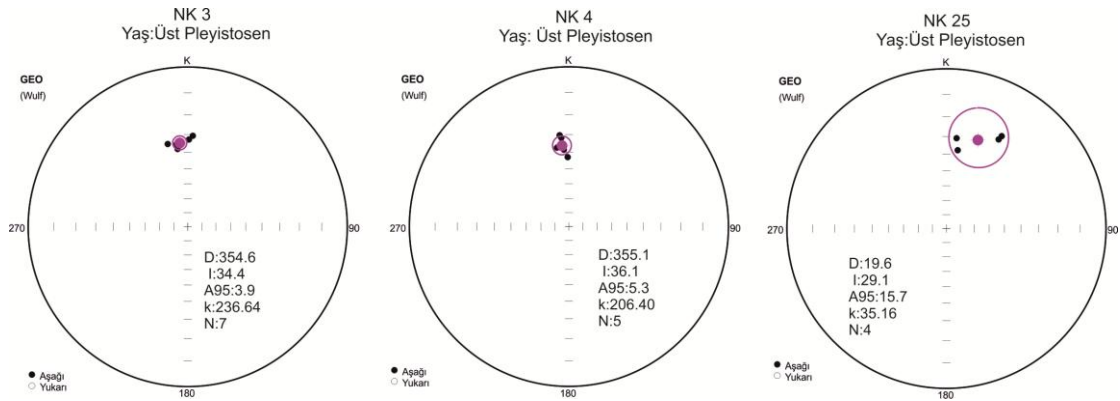


Şekil 4.6: Mıknatıslanma vektörlerinin değerlendirmesine ilişkin örnek.

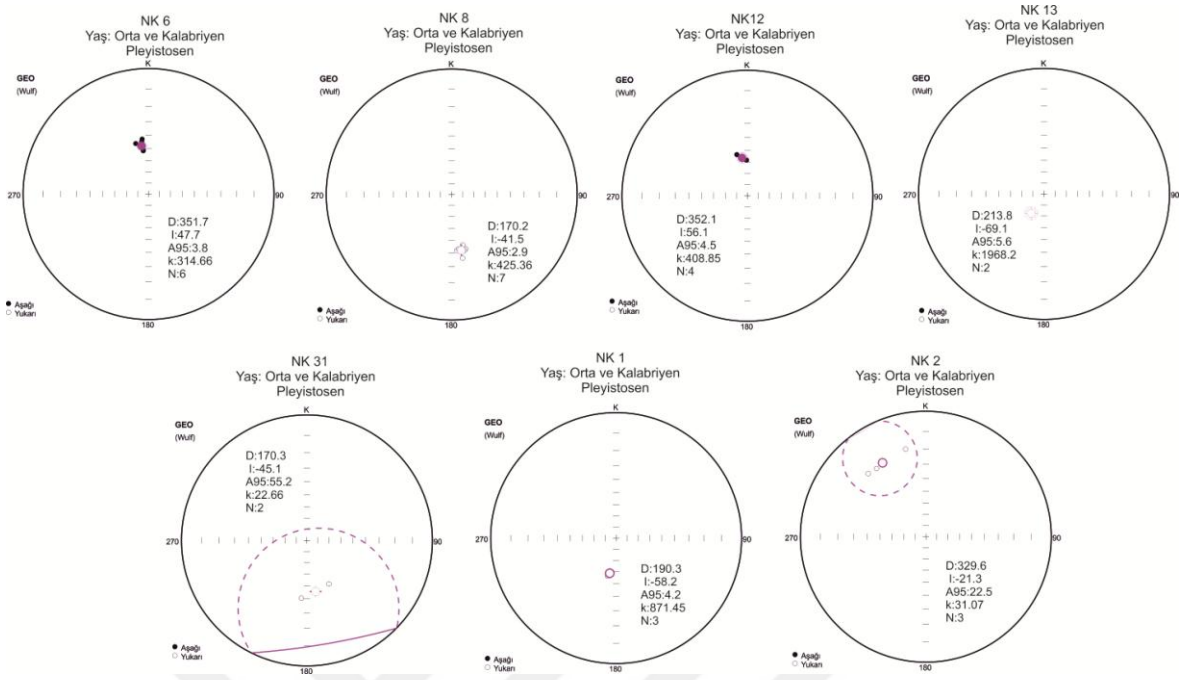
Tüm örneklerin ortalama kalıntı miktarıslanma vektörleri ve istatistiksel parametreleri Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12' de Stereonet Projeksiyon Ağı üzerinde ve Tablo 4.1'de gösterilmiştir.



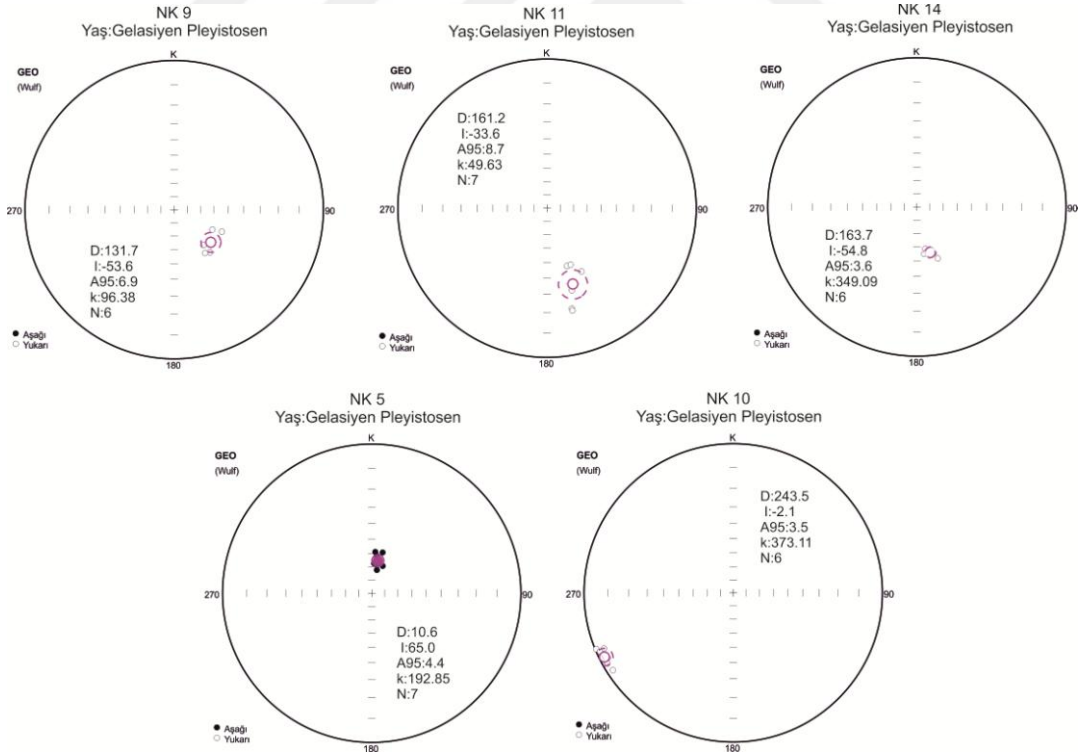
Şekil 4.7: Holosen yaşlı mevkilere ait ortalamalar ve istatistiksel parametreler.



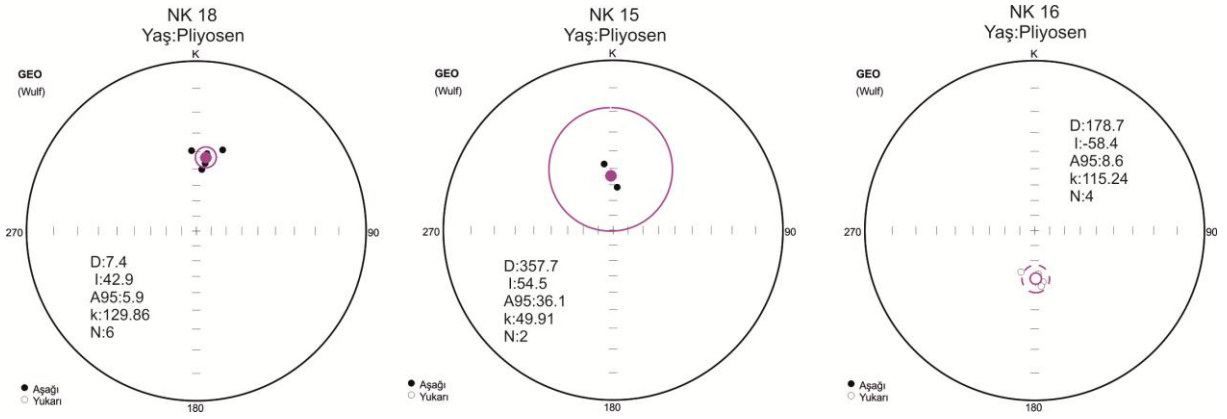
Şekil 4.8: Üst Pleyistosen yaşlı mevkilere ait ortalamalar ve istatistiksel parametreler.



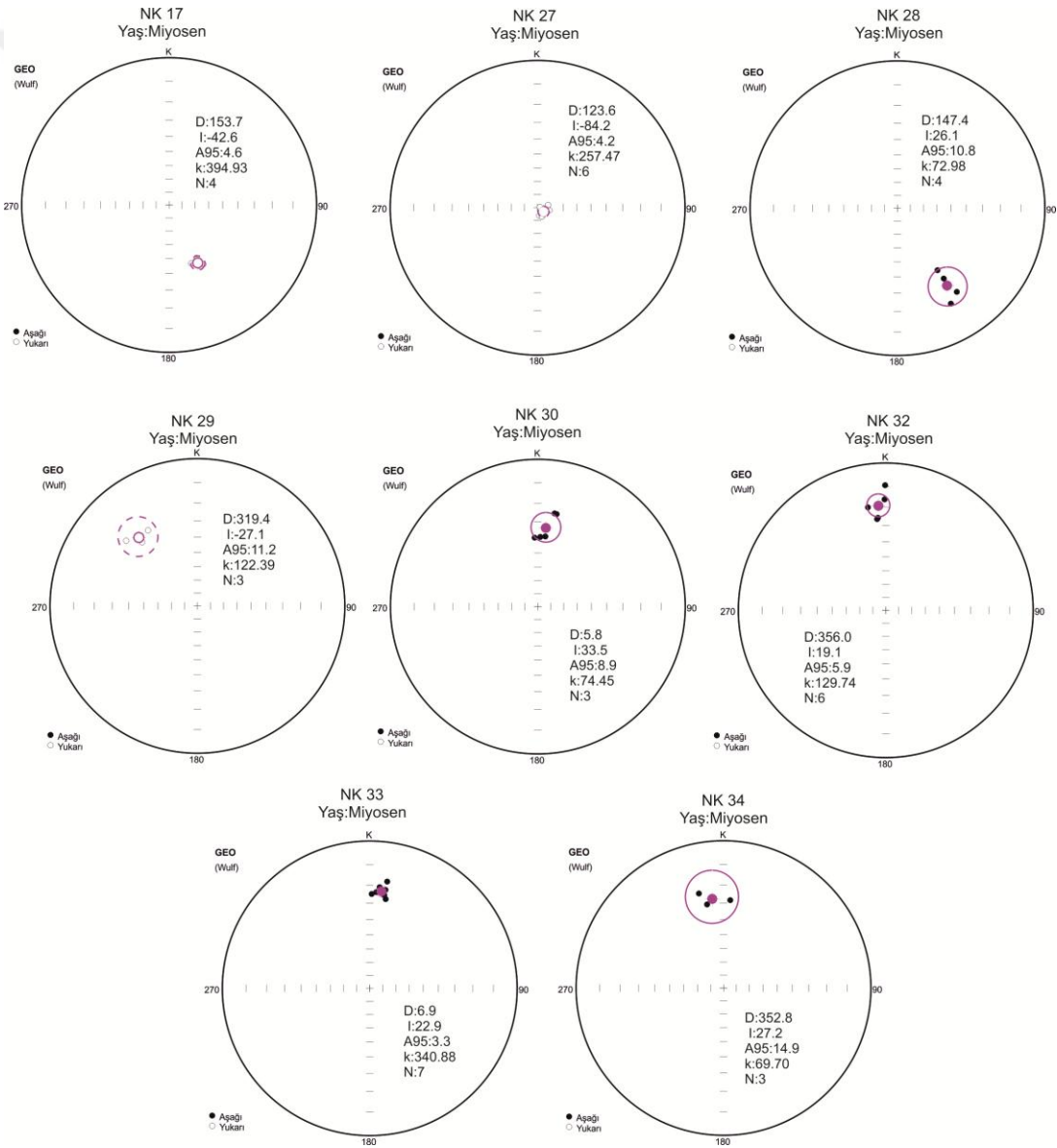
Şekil 4.9: Orta ve Kalabriyen Pleyistosen yaşlı mevkilere ait ortalamalar ve istatistiksel parametreler.



Şekil 4.10: Gelasiyen Pleyistosen yaşlı mevkilere ait ortalamalar ve istatistiksel parametreler.



Şekil 4.11: Pliosen yaşlı mevkilere ait ortalamalar ve istatistiksel parametreler.



Şekil 4.12: Miyosen yaşlı mevkilere ait ortalamalar ve istatistiksel parametreler.

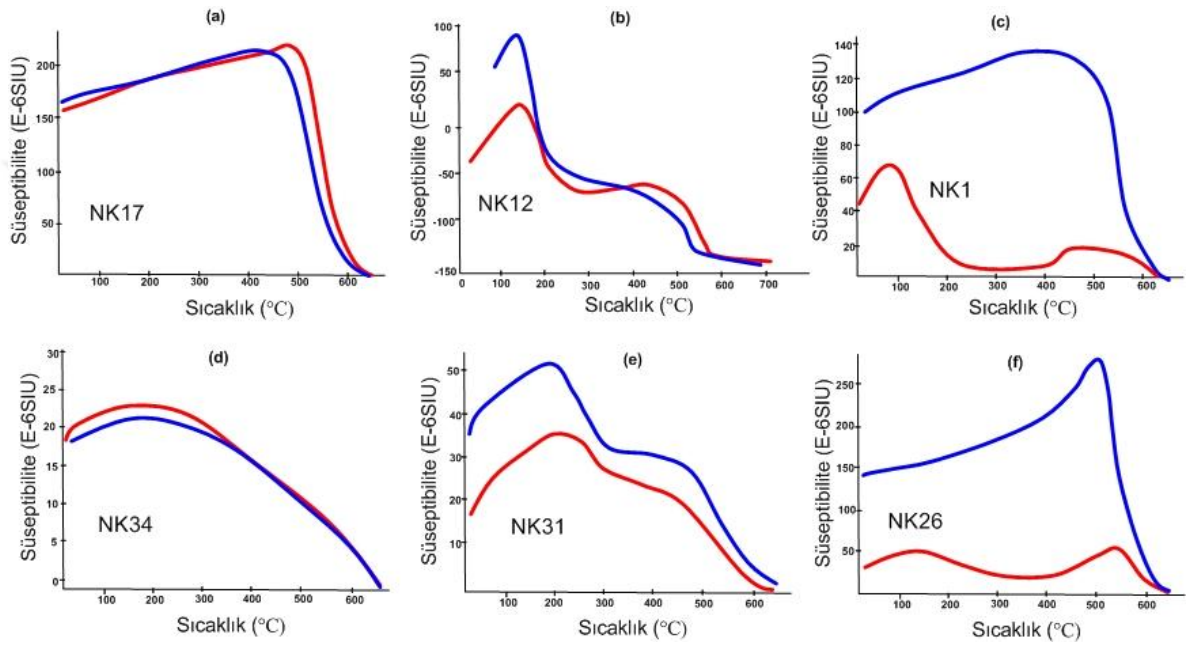
Tablo 4.1: Paleomanyetizma sonuçları. N/n: çalışılan örnek sayısı/değerlendirilen örnek sayısı, k: presizyon parametresi, A_{95} : emniyet çemberi, VGP lat.: Yermanyetik Kutup latitudü, VGP long.: Yermanyetik Kutup longitudü, Dp/dm: Güvenlik çemberi.

Mevki	YAŞ	N/n	Deklınasyon	İnklinasyon	k	A_{95}	VGP lat.	VGP long.	Dp/dm
NK19	HOLOSEN	3/3	25.0	60.2	277.94	7.4	70.7	102.8	8.5/11.2
NK20		7/6	10.8	61.4	138.57	5.7	80.9	89.2	6.8/8.8
NK21		3/3	348.0	59.5	110.99	11.8	80.6	312.6	13.3/17.7
NK22		3/2	45.5	81.4	931.24	8.2	49.1	47.0	15.4/15.9
NK23		6/4	24.3	67.2	1316.07	2.5	69.4	77.2	3.4/4.2
NK24		5/4	36.9	65.5	70.13	11.0	61.9	87.7	14.5/17.9
NK3	ÜST PLEYİSTOSEN	8/7	354.6	34.4	236.64	3.9	69.6	229.4	2.6/4.5
NK4		8/5	355.1	36.1	206.40	5.3	70.8	228.7	3.6/6.2
NK25		5/4	19.6	29.1	35.16	15.7	61.2	166.6	9.5/17.3
NK1	ORTA- KALABRİYEN PLEYİSTOSEN	3/3	190.3	-58.2	871.45	4.2	82.0	120.9	4.6/6.2
NK2		4/3	329.6	-21.3	31.07	22.5	-32.6	70.6	12.5/23.7
NK6		9/6	351.7	47.7	314.66	3.8	78.0	251.8	3.2/4.9
NK8		8/7	170.2	-41.5	425.36	2.9	73.1	247.4	2.2/3.6
NK12		6/4	352.1	56.1	408.85	4.5	83.5	291.8	4.7/6.5
NK13		5/2	213.8	-69.1	1968.23	5.6	62.6	81.7	8.2/9.5
NK31	6/2	170.3	-45.1	22.66	55.2	-14.9	90.7	7.1/13.4	
NK5	GELASİYEN PLEYİSTOSEN	8/7	10.6	65.0	192.85	4.4	78.7	74.5	5.7/7.0
NK9		8/6	131.7	-53.6	96.38	6.9	51.3	314.0	6.7/9.6
NK10		8/6	243.5	-2.1	373.11	3.5	21.2	141.8	1.8/3.5
NK11		7/7	161.2	-33.6	49.63	8.7	64.1	259.1	5.6/9.9
NK14		6/6	163.7	-54.8	349.09	3.6	76.7	297.5	3.6/5.1
NK15	PLİYOLEN	4/2	357.7	54.5	49.91	36.1	86.5	246.9	35.9/50.9
NK16		5/4	178.7	-58.4	115.24	8.6	88.4	355.2	9.4/12.7
NK18		6/6	7.4	42.9	129.86	5.9	75.7	185.6	4.5/7.3
NK17	MİYOLEN	4/4	153.7	-42.6	394.93	4.6	64.1	281.1	3.5/5.7
NK27		6/6	123.6	-84.2	257.47	4.2	44.4	15.5	8.2/8.3
NK28		6/4	147.4	26.1	72.98	10.8	-29.2	65.8	6.3/11.7
NK29		3/3	319.4	-27.1	122.39	11.2	-24.7	72.9	6.6/12.2
NK30		4/3	5.8	33.5	74.45	8.9	69.3	193.4	5.8/10.1
NK32		6/6	356.0	19.1	129.74	5.9	60.9	217.6	3.2/6.2
NK33		7/7	6.9	22.9	340.88	3.3	62.5	194.8	1.9/3.5
NK34		3/3	352.8	27.2	69.70	14.9	64.8	226.0	8.8/16.2
NK7	PCA hesaplanamadı								
NK26	YAŞ YOK	PCA hesaplanamadı							

4.2 KAYA MANYETİZMA ÇALIŞMALARI

4.2.1 Sıcaklık Süseptibilite Ölçümleri

Sıcaklık süseptibilite eğrileri elde ederek örneklerde sıcaklıktan dolayı bir bozulmanın olup olmadığını kontrol edilmiştir. Çalışma kapsamında İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Doç. Dr. Yılmaz İspir Paleomanyetizma Laboratuvarı'nda bulunan Bartington MS2 sistemi kullanılmıştır.



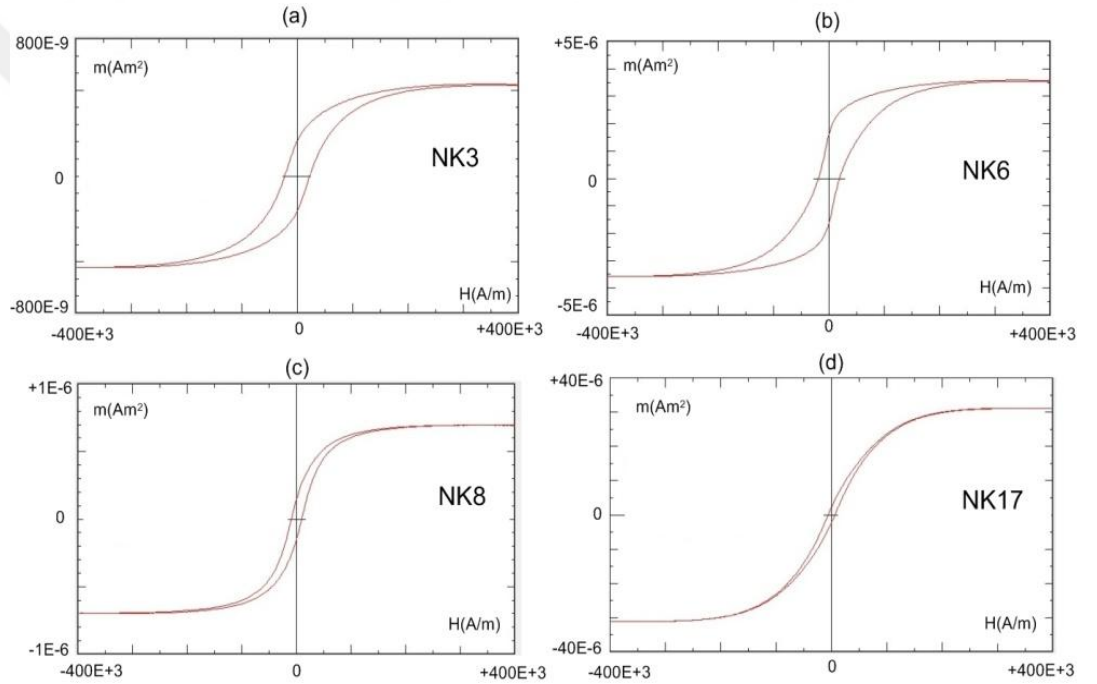
Şekil 4.13: Örneklerin sıcaklık- süseptibilite eğrileri (Kırmızı ve mavi çizgiler sırasıyla ısınma ve soğuma esnasındaki süseptibilite değişimlerini göstermektedir).

Şekil 4.13'de Orta Anadolu'dan NK1, NK12, NK17 mevkilerine ait sıcaklık süseptibilite sonuçlarını ve Batı Anadolu'dan NK26, NK31, NK34 mevkilerine ait sıcaklık süseptibilite sonuçlarını bozuşma derecesi açısından incelediğimizde 3 farklı tipte eğri elde edilmiştir. NK12, NK17, NK31, NK34 örneklerine ait ısınma ve soğuma eğrilerinin arasındaki farkın az olması nedeniyle paleoşiddet çalışmalarında kullanılabilir olduğuna; NK1 ve NK26 mevkisine ait ısınma ve soğuma süseptibilite eğrilerinin arasındaki farkın fazla olması nedeniyle paleoşiddet çalışmalarında kullanılmasının uygun olmadığına karar verilmiştir. Ancak diğer güvenilirlik kriterlerinden de geçirmek üzere bu mevkilerin örnekleri ölçüm ve değerlendirme işlemlerine tabi tutulmuşlardır.

4.2.2 Histerezis Ölçümleri

Kaya manyetizma çalışmaları kapsamında kayaçların mıknatıslanmalarından sorumlu manyetik mineralin domen yapılarını belirlemek için farklı mevkilerden seçilmiş 18 örneğin histerezis ölçümleri Potzdam GFZ’de gerçekleştirilmiştir.

Histerezis ölçümleri temsilen Şekil 4.14 de 4 örnek histerezis çevrim döngüsü gösterdiğinden mıknatıslanmadan sorumlu mineralin ferromanyetik minerale ait olduğu saptanmıştır ve örneklere ait dar histerezis döngüleri ferromanyetik mineralin manyetit olduğunu göstermektedir (Şekil 4.14.c, Şekil 4.14.d).

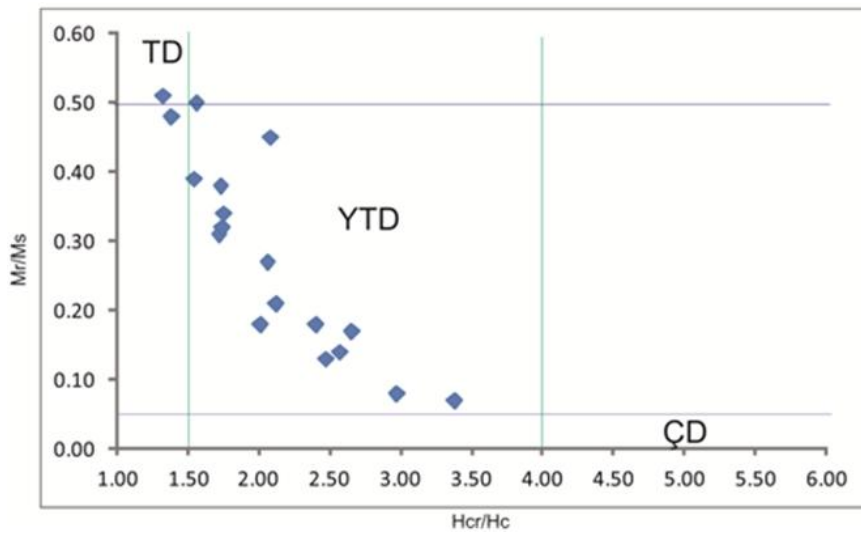


Şekil 4.14: Histerezis ölçüm sonuçlarını temsil eden örnekler.

Tablo 4.2: Histerezis ölçüm sonuçlarından elde edilen parametreler.

MEVKİ	Hcr	Hc	Mr	Ms	Hcr/Hc	Mr/Ms
NK1	11.27	7.318	1.183	2.991	1.54	0.39
NK2	10.17	4.922	0.328	1.214	2.06	0.27
NK3	38.96	22.48	204.7	532	1.73	0.38
NK4	36.47	26.26	0.5626	1.169	1.38	0.48
NK5	8.696	4.307	0.2341	1.271	2.01	0.18
NK6	39.46	18.92	1.619	3.563	2.08	0.45
NK7	81.27	51.94	7.952	15.87	1.56	0.50
NK8	20.06	9.419	148.9	695.5	2.12	0.21
NK9	35.53	20.24	4.176	12.24	1.75	0.34
NK10	7.462	3.104	0.4421	2.355	2.40	0.18
NK11	27.28	15.81	2.670	8.356	1.72	0.31
NK12	21.36	16.08	2.425	4.748	1.32	0.51
NK13	28.74	16.48	1.750	5.370	1.74	0.32
NK14	34.74	13.07	0.7771	4.531	2.65	0.17
NK15	26.23	10.20	1.061	7.112	2.57	0.14
NK16	24.22	9.789	4.427	33.09	2.47	0.13
NK17	20.64	6.089	2.237	31.03	3.38	0.07
NK18	20.56	6.909	9.554	116.9	2.97	0.08

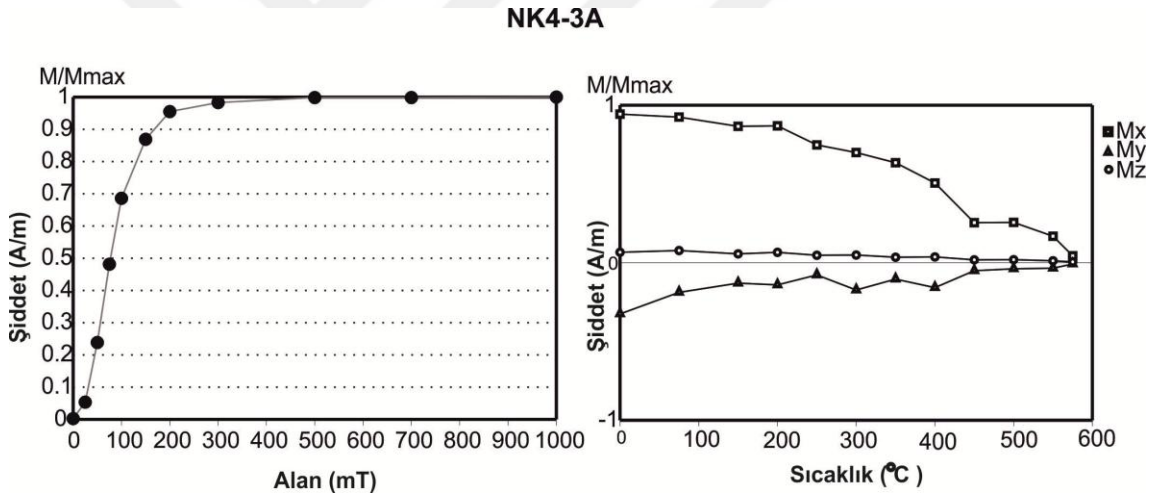
Histerezis parametrelerinin (H_{cr}/H_c ve J_{rs}/J_s) grafiklenmesi sonucu elde edilen Day Diyagram'da (Day ve diğ., 1977) örneklerin büyük bir kısmının yalancı tek domenli bir yapıya sahip olduğu saptanmıştır (Şekil 4.15).

**Şekil 4.15:** Day Plot (TD:Tek Domen, YTD:Yalancı Tek Domen,ÇD:Çoklu Domen).

4.2.3 EIKM Ölçümleri ve Üç Eksenle Temizleme İşlemleri Sonuçları

Genel olarak değerlendirildiğinde örneklerin çoğunluğunun mıknatıslanma şiddetinin 300-500 mT’da doygunluğa ulaştığı görülmüştür. Üç eksenli temizleme işlemi sonucunda düşük koersiviteli bileşenin hakim

olduğu belirlenmiştir (EK2). Tüm sonuçların örneklerini temsilen gösterilen NK4.3A örneğinin 300 mT’da doygunluğa ulaştığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.16). Bu örneğe ait sıcaklık-mıknatıslanma şiddet değişim grafikleri incelendiğinde düşük sıcaklık bileşenin hakim olduğu görülmüştür. NK4.3A nolu örneğinde üç eksenle yapılan ısıl temizleme işlemi sonucu düşük koersiviteli bileşenin 550 °C ‘de temizlendiği, bunun da örnek içerisinde manyetit varlığına işaret ettiği görülmüştür. Bu örnekte orta ve yüksek koersiviteli bileşenin herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.16: NK4.3A nolu örneğe ait; a) EIKM eğrisi b) Üç eksenli temizleme eğrisi. M_x =Düşük alan bileşeni (0.12 T), M_y =Orta alan bileşeni (0.40 T), M_z =Yüksek alan bileşeni (1T).

4.3 PALEOŞİDDET ÖLÇÜMLERİ

Orta ve Batı Anadolu’da bulunan Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardan toplanan toplam 233 örnek kullanılarak yermanyetik alanın paleoşiddet ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerde Coe (1967a) tarafından önerilen Geliştirilmiş Thellier yöntemi temel alınmıştır. Kısmi ısıl mıknatıslanma kazandırma işlemleri, örneklerin belirli adımlarda ısıtılması ve sabit 35µT bir alanda soğutulması ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Thellier Tool4 (Leonhardt ve diğ., 2004a) programında, MT4 tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu teknik, Coe

Protokolü, alan altında alterasyon kontrolü (CK), kısmi ısıl mıknatıslanma kuyruğunun (tail) kontrolü (TR) ve ilave kontrolü (AC) içeren veri değerlendirmelerini kapsamaktadır.

Paleoşiddet ölçüm sonuçları kullanılarak çizilen Aria grafiklerindeki eğim değerleri paleoşiddet verilerinin ve istatistiksel parametrelerin hesaplanmasında kullanılmıştır. Her bir ölçümün güvenilirliğini saptamak amacıyla Tablo 3.6' daki kriterlere göre ölçü sınıfı tespit edilmiştir. A ve B sınıflarında bulunan veriler güvenilir kabul edilerek değerlendirilmeye alınmış, C sınıfı ise değerlendirme dışı bırakılmıştır. Örneklerin manyetik domen yapıları, alterasyon derecesinin yüksek olması ve ölçüm sırasında manyetik minerolojideki değişimler nedeniyle elde edilen verilerin güvenilirliği azalmaktadır. Örneklerin alterasyon derecesi ve mıknatıslanmadan sorumlu mineralin cinsi (Şekil 4.13), manyetik domen yapıları (Şekil 4.14, Şekil 4.15), bazı örneklerde titanyumca zengin manyetik mineralin varlığı ve düşük koersiviteli mineralin hakim olması nedeniyle (Şekil 4.16) laboratuvarından kaynaklı manyetik mineroloji değişimlerini en aza indirmek için kontrol düzeltmesi uygulanmasını gerekli kılmıştır. Kontrol düzeltmesi yapılan verilerde rölatif kontrol hatası $d(CK)$, kontrol farklarının toplamı $d(pal)$ ve DRAT (maksimum mutlak fark) değerleri işlem dışı bırakılmaktadır. pTRM kontrolü (CK) ile ilave kontrol (AC) arasındaki fark olan $d(AC)$ değeri ise ideal doğruya yaklaştırılmaktadır. Sonuç olarak, 10'un altında $d(AC)$ değerine sahip olan veriler güvenilir olarak kabul edilmiş ve değerlendirmeye alınmıştır. Kontrol düzeltmesi yapılmış ve en güvenilir örnekler (A* ve B* sınıfı) değerlendirilmeye alınmıştır. Ölçümlerde pTRM-tail (TR) ise özellikle yalancı tek domen ya da multidomen yapıda olan kayaçlardan elde edilen sonuçların güvenilirliğini test etmekte kullanılmıştır.

Paleoşiddet ölçümlerinde güvenilir bulunan örneklere ait VDM değerleri 2.12 bağıntısıyla hesaplanmıştır. Bağıntıda geçen enlem açısı paleomanyetizma ölçümlerinden elde edilen inklinasyon açısı kullanılarak bulunmuş yine bağıntıda geçen yerküre yarıçapı 6400 km alınmıştır.

Her bir mevkiye ait ortalama VDM değerleri hesaplanırken güvenilir bulunan en az üç örneğin sonuçları veri dağılımı da dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Ancak üç örneğin altında güvenilir sonuca sahip mevkilerde ortalama alınmadan tek tek değerlendirme yapılmıştır.

Örneklerin genel yaş dağılımı Neojen-Kuvaterner dönemi içerisinde oldukça geniş bir zaman aralığına karşılık gelmesinden dolayı, iyi bir veri dağılımının elde edilebilmesi ve ayrıntılı yorum yapılabilmesi amacıyla, örneklerin yaş aralığı dikkate alınarak;

Holosen (0.01-Günümüz), **Pleyistosen** (2.58-0.01 My), **Pliyosen** (5.33-2.58 My) ve **Miyosen** (23.03-5.33 My) olarak 4 farklı dönemde değerlendirme yapılmıştır.

4.3.1 Holosen (0.01My-Günümüz)

4.3.1.1 Geliştirilmiş Thellier Ölçümleri ve Verilerin Güvenilirliği

Holosen yaşlı 6 mevkiden (NK19, NK20, NK21, NK22, NK23, NK24) alınan toplam 45 adet örnek kullanılarak paleoşiddet ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerden elde edilen Aria grafiklerinin eğiminden paleoşiddet değerleri ve istatistiksel parametreler hesaplanmış ve tüm sonuçlar Tablo 4.3'te verilmiştir. Verilerin güvenilirliğini belirlemek için bu tablonun 13. sütunundaki kalite sınıfları (S) kullanılmıştır. Şekil 4.17 a, c, e, g, ı, k'da güvenilir bulunan; Şekil 4.17 b, d, f, h, j, l'de güvenilir bulunmayan Holosen yaşlı bazı örneklerin Aria grafikleri gösterilmiştir.

NK19 numaralı mevkiden alınan 8 örnekte paleoşiddet ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kontrol düzeltmesi sonucunda, kalite sınıfı B* olarak bulunan 3 örnek kriterleri geçmiş ve değerlendirmeye alınmıştır. 5 örneğin sonucu kalite sınıfı C* olarak elde edildiğinden güvenilir kabul edilmemiş değerlendirilmeye alınmamıştır.

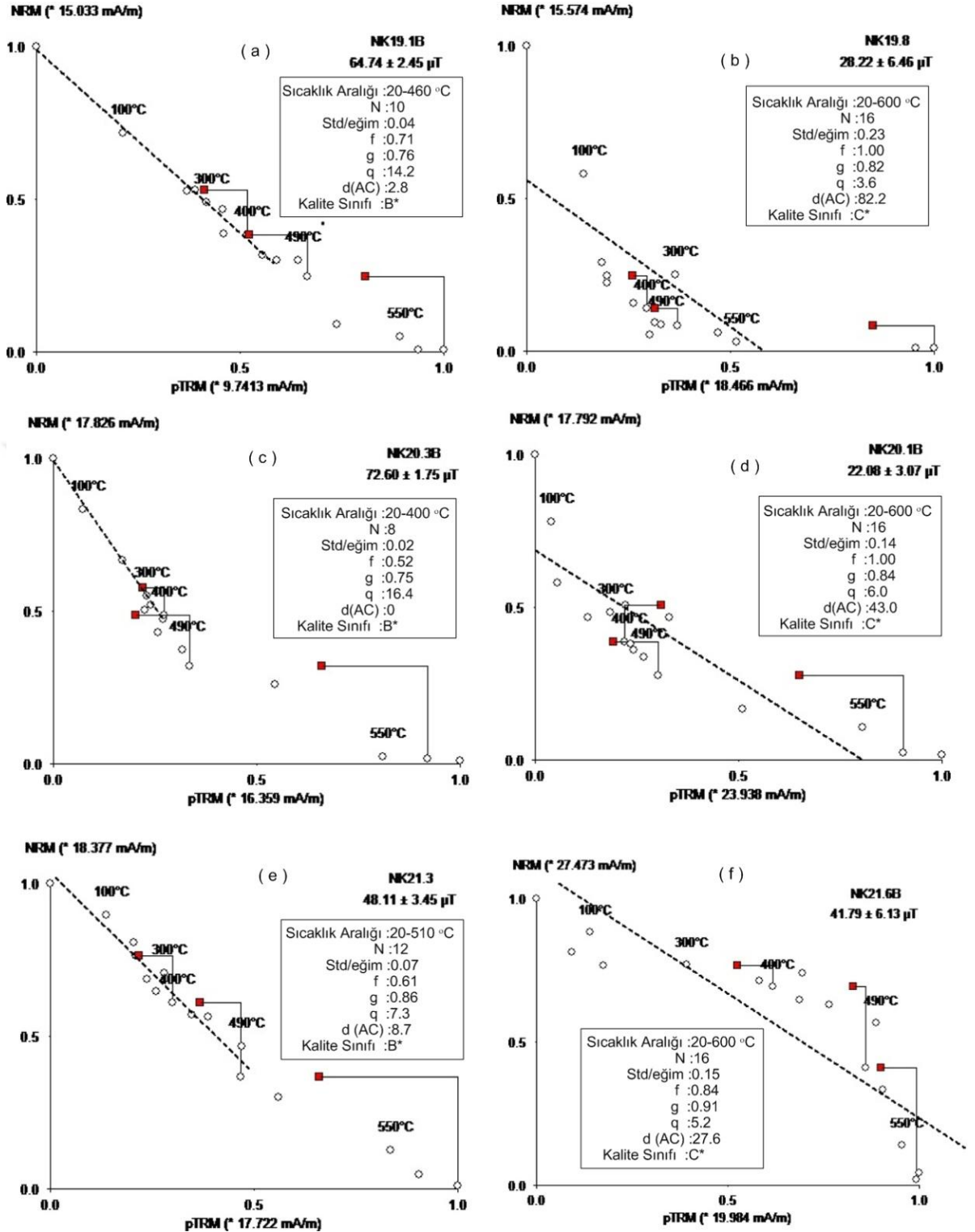
NK20 numaralı mevkiden 7 örnekte paleoşiddet ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kontrol düzeltmesi sonucunda kriterleri geçen 5 örnek (kalite sınıfı B*) değerlendirilmeye alınmıştır. 2 örnekte kontrol düzeltilmesi yapılarak bulunan C* kalite sınıfı güvenilir bulunmamış ve değerlendirilmeye alınmamıştır.

NK21 numaralı mevkiden 7 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kontrol düzeltmesi ile elde edilen sonuçlarda 3 örnek kriterleri geçmiş, kalite sınıfı B* olarak bulunmuş ve değerlendirilmeye alınmıştır. 4 örnek sonucu kriterleri geçememiş kalite sınıfı kontrol düzeltmesi ile C* bulunmuş, güvenilir kabul edilmemiş değerlendirilmeye alınmamıştır.

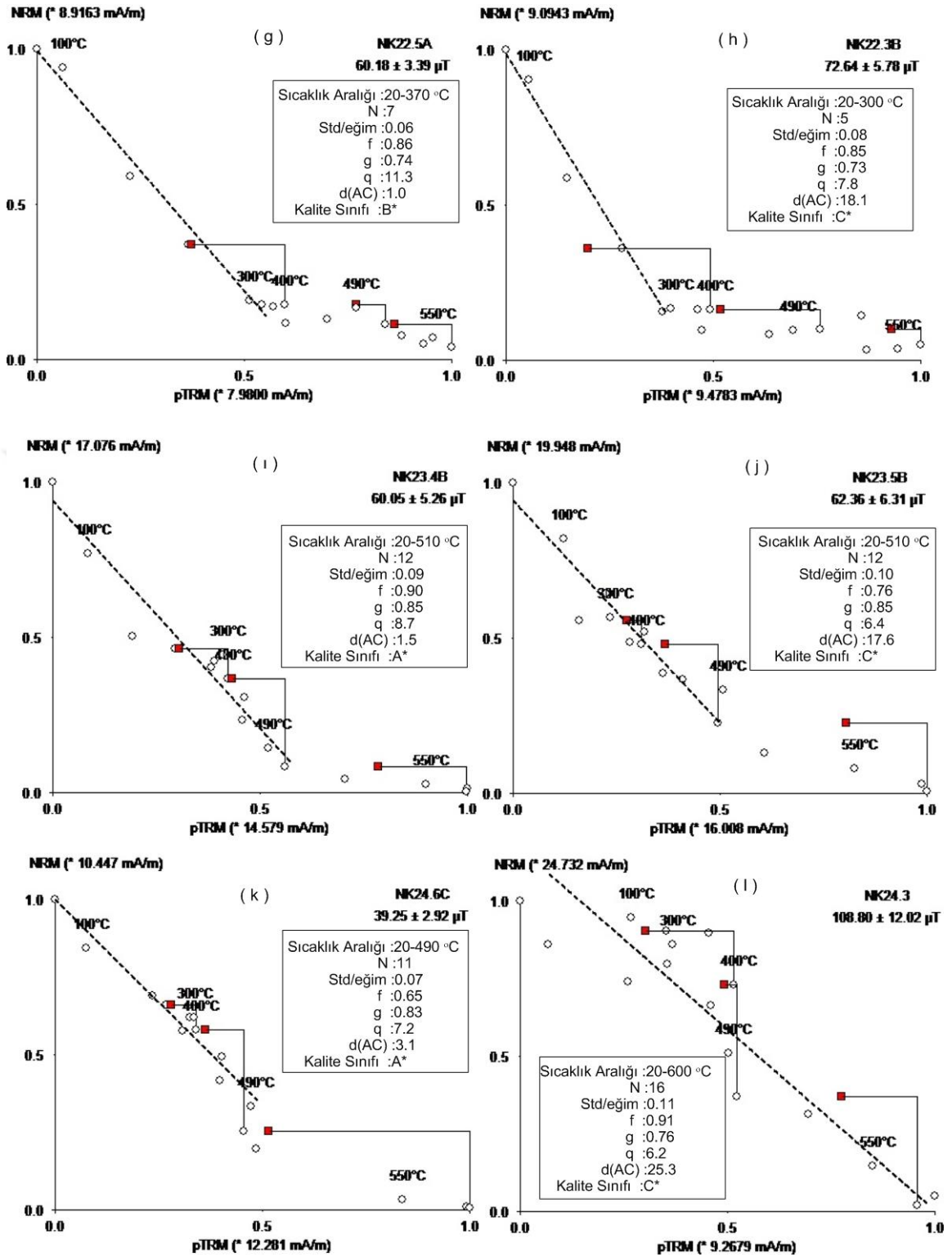
NK22 numaralı mevkiden toplanan 8 örnekte paleoşiddet ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kontrol düzeltmesi ile elde edilen sonuçlarda 3 örnek kriterleri geçmiş, kalite sınıfı B* olarak bulunmuş değerlendirmeye alınmıştır . 5 örnekte kontrol düzeltmesi yapılarak elde edilen C* kalite sınıfı güvenilir bulunmamış değerlendirmeye alınmamıştır.

NK23 numaralı mevkiden alınan toplam 7 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kontrol düzeltmesi ile elde edilen sonuçlarda 5 örnek kriterleri geçmiş, kalite sınıfı 1 örnekte A*, 4 örnekte ise B* olarak bulunmuş değerlendirmeye alınmıştır. 2 örnek kriterleri geçememiş kalite sınıfı kontrol düzeltmesi ile C* bulunmuş, değerlendirmeye alınmamıştır.

NK24 numaralı mevkiden ise 8 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kontrol düzeltmesi ile elde edilen sonuçlarda 3 örnek kriterleri geçmiş, kalite sınıfı bir örnekte A*, 2 örnekte B* olarak bulunmuş değerlendirmeye alınmıştır. 5 örnek kriterleri geçememiş kalite sınıfı kontrol düzeltmesi ile C* bulunmuş, değerlendirmeye alınmamıştır.



Şekil 4.17: Holosen yaşlı örnekler için Aria grafikleri (İçerideki boş daireler kazandırılan pTRM'leri, kırmızı kareler ilave kontrol ile pTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol d(AC)'yi göstermektedir. Sol sütun; kriterleri geçen, sağ sütun; kriterleri geçemeyen temsili örnekler için Aria grafikleridir.



Şekil 4.17 (devam): Holosen yaşlı örnekler için Aria grafikleri (İç boş daireler kazandırılan pTRM'leri, kırmızı kareler ilave kontrol ile pTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol d(AC)'yi göstermektedir. Sol sütun; kriterleri geçen, sağ sütun; kriterleri geçemeyen bazı örnekler için Aria grafikleridir.

Tablo 4.3: Holosen yaşlı örneklerden elde edilen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözlemlendiği adımların sayısı, f: DKM'nin bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açısız sapma, Alfa: Doğrultu Kriteri, S: Sınıf, $d(t^*)$: Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlamaya demanyetizasyon adımında şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark).

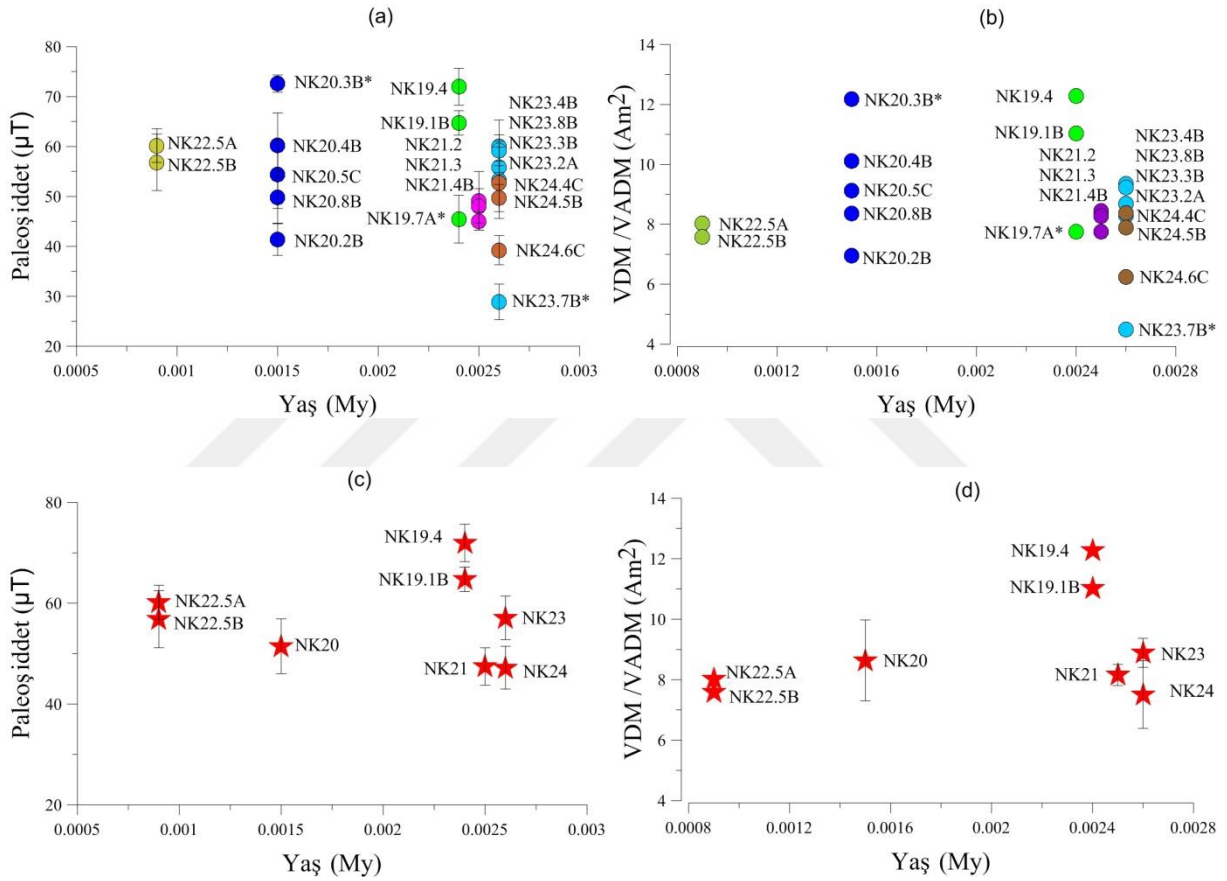
Mevki	PŞ (µT)	St.S	Tmin-Tmax	N	Eğim(b)	Std/Eğim (β)	F	g	q	Mad yönlendirilmis	Alfa	S	d(t*)	d(TR)	d(AC)
NK19.1B	64.74	2.45	0-460	10	-1.85	0.04	0.71	0.76	14.2	2.9	3.9	B*	5.4	1.5	2.8
NK19.2	49.57	5.14	0-600	16	-1.42	0.10	1.00	0.79	7.7	6.1	1.6	C*	29.4	9.6	14.5
NK19.3A	43.14	4.35	0-600	16	-1.23	0.10	0.99	0.90	8.9	4.4	0.9	C*	29.3	9.4	19.9
NK19.4	71.98	3.71	0-600	16	-2.06	0.05	0.97	0.88	16.6	2.7	1.2	B*	7.2	6.5	8.9
NK19.5	50.80	2.92	0-600	16	-1.45	0.06	0.99	0.90	15.6	2.6	0.9	C*	12.0	8.9	15.3
NK19.6A	39.59	4.88	0-600	16	-1.13	0.12	1.00	0.82	6.7	8.0	2.5	C*	2.1	5.2	23.5
NK19.7A	45.47	4.80	0-600	16	-1.30	0.11	1.00	0.86	8.2	4.9	1.7	B*	13.3	4.9	6.0
NK19.8	28.22	6.46	0-600	16	-0.81	0.23	1.00	0.82	3.6	9.7	3.0	C*	17.1	5.9	82.2
NK20.1B	22.08	3.07	0-600	16	-0.63	0.14	1.00	0.84	6.0	9.8	5.5	C*	6.4	8.7	43.0
NK20.2B	41.42	3.22	0-400	8	-1.18	0.08	0.50	0.71	4.6	4.2	1.0	B*	6.1	4.6	1.3
NK20.3B	72.60	1.75	0-400	8	-2.07	0.02	0.52	0.75	16.4	3.1	4.9	B*	5.0	3.7	0.0
NK20.4B	60.26	6.45	0-400	8	-1.72	0.11	0.49	0.75	3.4	3.6	6.9	B*	5.5	7.3	8.8
NK20.5C	54.39	6.78	0-400	8	-1.55	0.12	0.59	0.58	2.7	5.0	2.4	B*	5.9	2.3	6.4
NK20.6B	36.92	2.61	0-600	16	-1.05	0.07	1.00	0.87	12.3	8.1	4.8	C*	10.3	10.1	14.5
NK20.8B	49.83	5.29	0-400	8	-1.42	0.11	0.69	0.67	4.4	6.5	3.3	B*	11.7	6.1	6.2
NK21.1B	45.35	8.67	0-600	16	-1.30	0.19	1.00	0.77	4.0	3.9	0.4	C*	9.3	4.6	49.6
NK21.2	49.12	5.85	0-400	8	-1.40	0.12	0.46	0.77	3.0	4.6	4.0	B*	4.1	4.1	9.6
NK21.3	48.11	3.45	0-510	12	-1.37	0.07	0.61	0.86	7.3	3.2	3.7	B*	12.0	2.3	8.7
NK21.4B	45.09	1.80	0-600	16	-1.29	0.04	0.98	0.90	22.1	4.0	1.7	B*	10.5	6.0	1.9
NK21.5A	59.27	6.91	0-600	16	-1.69	0.12	0.83	0.75	5.4	4.9	3.1	C*	3.8	20.7	16.3
NK21.6B	41.79	6.13	0-600	16	-1.19	0.15	0.84	0.91	5.2	4.2	0.7	C*	23.2	9.5	27.6
NK21.7A	90.03	8.51	0-600	16	-2.57	0.09	0.85	0.88	7.9	3.4	0.3	C*	16.1	8.5	15.3
NK22.3B	72.64	5.78	0-300	5	-2.08	0.08	0.85	0.73	7.8	6.1	7.5	C*	8.0	9.3	18.1
NK22.4A	54.40	10.52	0-370	7	-1.55	0.19	0.65	0.71	2.4	7.3	12.3	C*	0.5	2.6	46.4
NK22.4B	64.24	7.26	0-370	7	-1.84	0.11	0.77	0.73	4.9	5.0	3.7	C*	1.9	2.3	17.5
NK22.4B	6.91	1.00	200-600	14	-0.20	0.14	0.99	0.78	5.4	9.4	3.7	B*	4.8	8.6	9.1
NK22.5A	60.18	3.39	0-370	7	-1.72	0.06	0.86	0.74	11.3	4.3	3.8	B*	17.6	0.8	1.0
NK22.5B	56.84	5.67	0-340	6	-1.62	0.10	0.76	0.72	5.5	8.5	12.1	B*	4.7	1.3	0.3
NK22.6C	68.34	5.79	0-400	8	-1.95	0.08	0.88	0.76	7.9	5.4	2.2	C*	7.2	6.4	12.4
NK22.8B	32.85	5.97	0-400	8	-0.94	0.18	0.71	0.67	2.6	3.1	1.8	C*	5.5	6.4	19.8

Tablo 4.3 (devam): Holosen yaşlı örneklerden elde edilen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözlemlendiği adımların sayısı, f: DKM'nın bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açılmal sapma, Alfa: Doğru Kriteri, S: Sınıf, $d(t^*)$: Relatif genişleme, $d(TR)$: İlk ve tekrarlamaya demanyetizasyon adımı şiddet farkı, $d(AC)$: pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark).

Mevki	PŞ (μT)	St.S	Tmin- Tmax	N	Eğim (b)	Std/Eğim (β)	f	g	q	Mad yönlendi -rilmiş	Alfa	S	$d(t^*)$	$d(TR)$	$d(AC)$
NK23.1C	34.52	3.96	0-600	16	-0.99	0.11	1.00	0.85	7.4	4.0	2.1	C*	4.4	4.6	24.9
NK23.2A	53.28	3.77	0-550	14	-1.52	0.07	1.00	0.86	12.1	5.2	2.8	B*	6.6	3.6	4.0
NK23.3B	55.87	5.19	0-550	14	-1.60	0.09	1.00	0.86	9.2	3.5	3.0	B*	5.2	3.6	9.5
NK23.4B	60.05	5.26	0-510	12	-1.72	0.09	0.90	0.85	8.7	3.7	2.8	A*	1.3	4.6	1.5
NK23.5B	62.36	6.31	0-510	12	-1.78	0.10	0.76	0.85	6.4	3.6	3.5	C*	4.4	2.9	17.6
NK23.7B	28.89	3.55	0-600	16	-0.83	0.12	1.00	0.87	7.1	3.9	1.6	B*	3.7	4.0	9.7
NK23.8B	59.26	3.08	0-550	13	-1.69	0.05	0.86	0.83	13.7	2.8	2.4	B*	4.8	3.9	3.1
NK24.1A	40.84	2.81	0-600	16	-1.17	0.07	1.00	0.88	12.8	5.4	1.6	C*	7.5	5.8	23.7
NK24.2B	53.90	4.95	100-460	9	-1.34	0.09	0.59	0.76	4.9	5.0	4.5	C*	2.7	2.0	14.2
NK24.3	108.80	12.02	0-600	16	-3.11	0.11	0.91	0.76	6.2	3.2	1.1	C*	9.4	7.2	25.3
NK24.4B	46.44	15.99	0-400	8	-1.33	0.34	0.30	0.58	0.5	2.8	4.2	C*	9.8	1.2	9.2
NK24.4C	52.73	7.12	100-510	11	-1.51	0.14	0.42	0.78	2.5	3.2	4.9	B*	0.0	3.1	7.7
NK24.5B	49.68	2.73	0-510	12	-1.42	0.05	0.75	0.86	11.7	5.2	5.8	B*	2.7	1.0	8.5
NK24.6C	39.25	2.92	0-490	11	-1.12	0.07	0.65	0.83	7.2	5.1	9.6	A*	2.2	2.1	3.1
NK24.7C	53.12	5.16	0-510	12	-1.52	0.10	0.80	0.83	6.8	3.6	4.4	C*	2.8	4.8	18.0

4.3.1.2 Holosen Ölçüm Ortalamaları

Paleoşiddet ölçümleri sonucunda, kriterleri geçen Holosen yaşlı tüm örneklerin paleoşiddet ve VDM değerleri sırasıyla, Şekil 4.18.a ve 4.18.b'de grafik üzerinde gösterilmiştir. Paleoşiddet ve VDM değerlerinin ortalamaları ise sırasıyla, Şekil 4.18.c, Şekil 4.18.d'de gösterilmiştir. Tablo 4.4'te ise hem tek tek hem de ortalamaları alınmış paleoşiddet ve VDM değerleri verilmiştir.



Şekil 4.18: Holosen yaşlı örneklerden elde edilen a) Paleoşiddet b) VDM c) Ortalama paleoşiddet d) Ortalama VDM sonuçları.

Şekil 4.18.a ve Şekil 4.18.b'de açık yeşil daire ile gösterilen NK 19 numaralı mevkide, NK19.7A örneğin aynı mevki içindeki veri dağılımı diğer örneklere göre sapma göstermektedir. Ayrıca, bu örneğin d(t) değeri diğerlerinden yüksek bulunmuştur. Bu durum ortalamayı olumsuz yönde etkileyeceğinden ortalama alınırken bu örnek değerlendirme dışı bırakılmıştır. Ancak bu sefer veri sayısı 3' ün altına düştüğünden anlamlı bir istatistiksel ortalama oluşturamayacağından bu durumda N19 mevkisinin N19.4 ve N19.1B örneklerinin şekil ve grafikler üzerinde bireysel değerleri kullanılmıştır. NK20 numaralı mevkiden elde

edilen 5 güvenilir sonuç Şekil 4.18.a ve Şekil 4.18.b’de koyu mavi daire ile gösterilmiştir. NK20.3B nolu örnek dağılım dışında gözlenerek değerlendirmeye alınmamıştır. Kalan 4 örnekten elde edilen ortalama paleoşiddet ve VDM değeri sırasıyla $51.47 \pm 5.43 \mu\text{T}$, ve $8.64\text{E}+22 \pm 1.33\text{E}+22 \text{Am}^2$ olarak bulunmuştur.

Şekil 4.18.a ve b’de mor daire ile gösterilen NK 21 numaralı mevkiden elde edilen 3 güvenilir sonuç elde edildiğinden aritmetik ortalama alınarak NK21 no’lu mevkiye ait paleoşiddet ve VDM değeri sırasıyla $47.44 \pm 3.70 \mu\text{T}$ ve $8.16\text{E}+22 \pm 0.35\text{E}+22 \text{Am}^2$ olarak hesaplanmıştır.

NK22 numaralı mevkiden de yukarıda NK19 mevkisinde olduğu gibi 2 örnekte güvenilir sonuç elde edildiğinden ortalamalar alınmayıp bireysel değerler şekiller üzerinde yeşil daire ile gösterilmiştir (Şekil 4.18. ve Tablo 4.4).

NK 23 numaralı mevkiden elde edilen 5 güvenilir sonuç, Şekil 4.18.a ve b’de açık mavi ile gösterilmiştir. NK23.7B nolu örneğin dağılımı diğer örneklere göre sapma gösterdiğinden değerlendirme dışı bırakılmıştır. Geri kalan 4 örneğin aritmetik ortalaması alınarak ortalama paleoşiddet ve VDM değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.18 ve Tablo 4.4).

NK24 numaralı mevkiden elde edilen 3 güvenilir örneğin sonuçları Şekil 4.18.a ve b’de kırmızı daire ile gösterilmiş, ortalama paleoşiddet değeri $47.22 \pm 4.25 \mu\text{T}$, ortalama VDM değeri $7.51\text{E}+22 \pm 1.12\text{E}+22 \text{Am}^2$ bulunmuştur.

Tablo 4.4: Holosen yaşlı örneklerden elde edilen ortalama Paleoşiddet ve VDM değerleri (S.S: Standart Sapma, *: ortalamaya alınmamış değerleri göstermektedir).

Mevki	Yaş (My)	Paleoşiddet (μT)	S.S	Ortalama Paleoşiddet + S.S	VDM ($\text{E}+22$)	Ortalama VDM+S.S (Am^2)	
NK19.1B	0.0024	64.74	2.45	64.74 \pm 2.45	11.04	11.04E+22	
NK19.4		71.98	3.71		71.98 \pm 3.71		12.28
NK19.7A*		45.47	4.80		7.75		
NK20.2B	0.0015	41.42	3.22	51.47 \pm 5.43	6.95	8.64E+22 \pm 1.34E+22	
NK20.3B*		72.60	1.75		12.19		
NK20.4B		60.26	6.45		10.12		
NK20.5C		54.39	6.78		9.13		
NK20.8B		49.83	5.29		8.37		
NK21.2	0.0025	49.12	5.85	47.44 \pm 3.70	8.45	8.16E+22 \pm 0.35E+22	
NK21.3		48.11	3.45		8.28		
NK21.4B		45.09	1.80		7.76		
NK22.5A	0.0009	60.18	3.39	60.18 \pm 3.39	8.03	8.03E+22	
NK22.5B		56.84	5.67	56.84 \pm 5.67	7.59	7.59E+22	

Tablo 4.4 (devam): Holosen yaşlı örneklerden elde edilen ortalama Paleoşiddet ve VDM değerleri (S.S: Standart Sapma, *: ortalamaya alınmamış değerleri göstermektedir).

NK23.2A	0.0026	53.28	3.77	57.11±4.32	8.30	8.89E+22±0.48E+22
NK23.3B		55.87	5.19		8.70	
NK23.4B		60.05	5.26		9.35	
NK23.7B*		28.89	3.55		4.50	
NK23.8B		59.26	3.08		9.23	
NK24.4C	0.0026	52.73	7.12	47.22±4.25	8.39	7.51E+22±1.12E+22
NK24.5B		49.68	2.73		7.90	
NK24.6C		39.25	2.92		6.24	

4.3.2 Pleyistosen (2.58-0.01 My)

4.3.2.1 Geliştirilmiş Thellier Ölçümleri ve Verilerin Güvenilirliği

Pleyistosen yaşlı 11 mevkinden toplanan 94 adet örneğe ait sonuçlar; **Üst Pleyistosen, Orta-Kalabriyen Pleyistosen, Gelasiyen Pleyistosen dönemleri** olarak ayrı alt başlıklarda verilmiştir. Paleoşiddet çalışmaları ile elde edilen Aria grafiklerin (Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21) eğiminden hesaplanan şiddet değerleri ve verilerin güvenilirliğini belirlemede kullanılan istatistiksel parametre sonuçları Tablo 4.5, Tablo 4.6 ve Tablo 4.7’de verilmiştir. Tabloların 13. sütunundaki kalite sınıfı verilerin güvenilirliği için kullanılmıştır.

Üst Pleyistosen

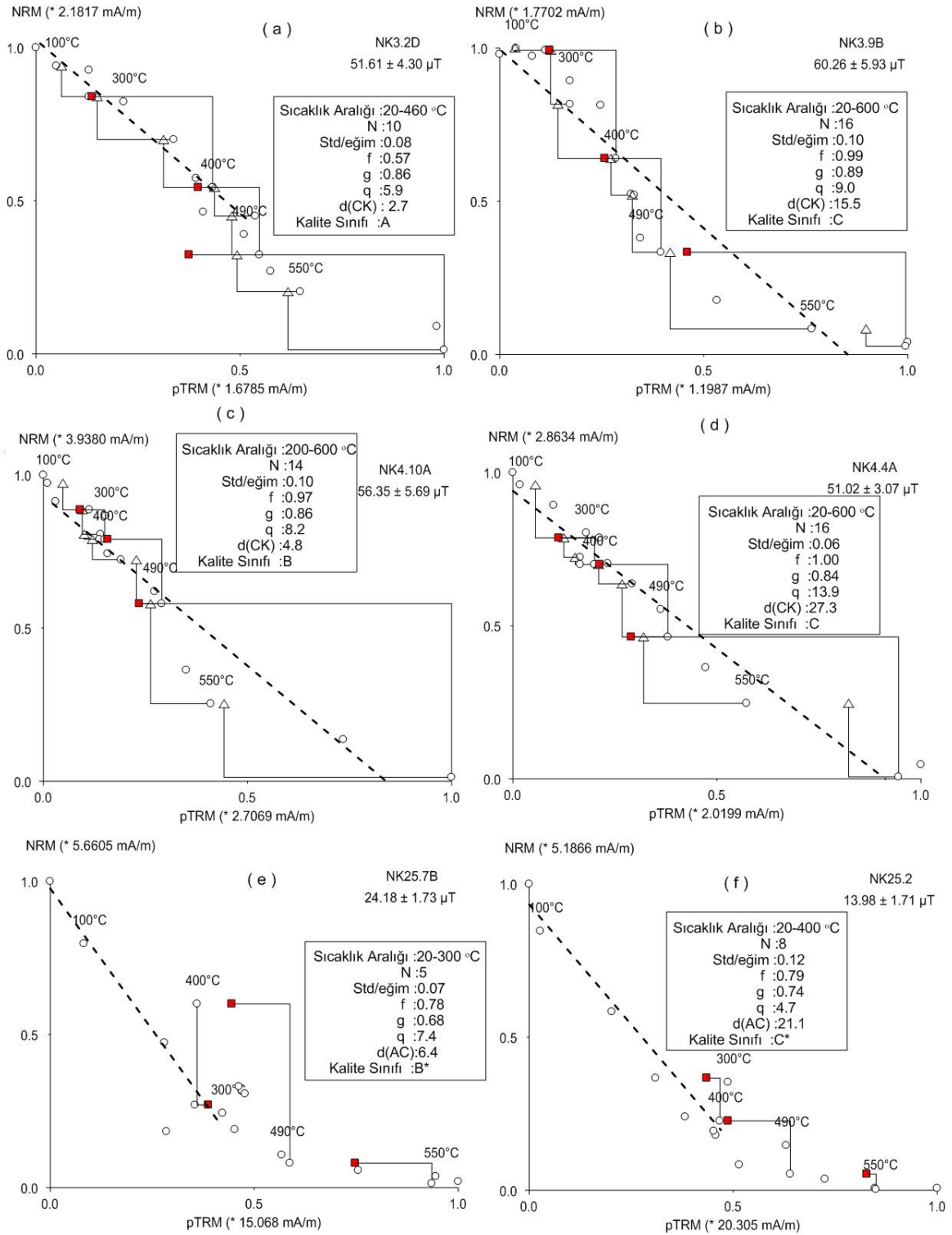
Üst Pleyistosen’e ait 3 mevkinden (NK3, NK4, NK25) toplam 27 adet örnek ile standart paleoşiddet ölçümleri yapılmış ve sonuçlar Şekil 4.19 ve Tablo 4.5’de verilmiştir. Şekil 4.19.a, c, e, g’ de güvenilir kabul edilen, Şekil 4.19.b, d, f’ de güvenilir kabul edilmeyen bazı örneklerin Aria grafikleri gösterilmiştir.

NK3 numaralı mevkinden 9 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kalite sınıfı A ve B bulunan 4 örnek ve kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı B* bulunan 1 örnek değerlendirmeye alınmıştır. 1 örneğin kalite sınıfı C, 3 örneğin kontrol düzeltmesi sonrası kalite sınıfı C* bulunmuştur. Toplamda 4 örnek güvenilir bulunmamış değerlendirilmeye alınmamıştır.

NK4 numaralı mevkinden 11 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kalite sınıfı B bulunan 5 örnek ve kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı B* bulunan 5 örnek değerlendirmeye alınmış toplamda 10 örnek sonucu güvenilir kabul edilmiştir. 1 örnekte kalite sınıfı C bulunmuş olup değerlendirilmeye alınmamıştır.

NK25 numaralı mevkinden elde edilen 7 örneğe geliştirilmiş Thellier yöntemi ile paleosiddet ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bir örneğin ölçümlerine kontrol düzeltmesi uygulandıktan sonra kriterlerden geçerek B* sınıfı sonuç alınmış ve güvenilir kabul edilmiştir. Geri kalan 6 örnek ise kriterlerden geçmeyerek (C*) değerlendirilmeye alınmamıştır.





Şekil 4.19: Üst Pleyistosen yaşlı örneklerden elde edilen Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan PTRM'leri, içi boş üçgenler PTRM kontrol ölçülerini d(CK)'yı kırmızı kareler ilave kontrol ile PTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol d(AC)'yi göstermektedir). Sol sütun; kriterleri geçen, sağ sütun; kriterleri geçemeyen bazı örneklerle ait Aria grafikleridir.

Tablo 4.5: Üst Pleyistosen yaşlı örneklerden elde edilen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözlemlendiği adımların sayısı, f: DKM'nın bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açılma sapma, Alfa: Doğrultu kriteri, S: Sınıf, d(CK): rölatif kontrol hatası, d(pal): kontrol farklarının toplamı, DRAT: maksimum mutlak fark d(t*): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlama demanyetizasyon adımında şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark).

Üst Pleyistosen																		
Mevki	PŞ(µT)	St.S	Tmin-Tmax	N	Eğim (b)	Sd/Eğim (β)	f	g	q	Mad yönle indirilmiştir	Alfa	S	d(CK)	CK-diff	Drat	d(t*)	d(TR)	d(AC)
NK3.1A	34.38	4.91	0-600	16	-1.35	0.09	0.90	0.82	8.1	3.6	1.2	C*	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	30.4
NK3.2B	91.37	6.88	0-600	16	-2.61	0.08	0.96	0.85	10.8	1.9	0.9	C*	0.0	0.0	0.0	3.5	1.3	14.9
NK3.2D	51.61	4.30	0-460	10	-1.47	0.08	0.57	0.86	5.9	2.7	5.0	A	2.7	4.0	2.7	0.0	6.7	3.8
NK3.3C	39.89	3.07	0-400	8	-1.71	0.05	0.39	0.81	6.2	1.6	0.8	B	2.3	7.0	2.9	1.5	3.4	0.9
NK3.4C	74.82	6.75	300-510	8	-2.14	0.09	0.36	0.78	3.1	2.0	1.9	B	6.1	1.7	7.1	2.2	3.0	4.9
NK3.5C	74.57	6.65	200-460	8	-2.13	0.09	0.38	0.85	3.6	2.3	2.5	B	4.7	2.9	5.3	0.0	4.7	5.8
NK3.8B	62.59	16.06	0-600	16	-1.79	0.26	0.88	0.75	2.6	12.6	5.4	C*	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	4.6
NK3.9B	60.26	5.93	0-600	16	-1.72	0.10	0.99	0.89	9.0	4.2	2.0	C	15.5	1.5	7.9	0.0	5.6	7.6
NK3.9C	64.55	9.51	100-510	11	-1.84	0.15	0.48	0.86	2.8	3.7	6.5	B*	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	4.2
NK4.1B	68.90	9.15	340-490	6	-1.97	0.13	0.34	0.68	1.7	1.4	1.4	B	6.5	3.1	8.8	12.7	2.2	1.8
NK4.1C	60.58	2.16	0-530	13	-1.73	0.04	0.59	0.88	14.6	3.2	7.1	B*	0.0	0.0	0.0	16.7	1.0	9.6
NK4.2C	39.82	1.23	0-600	16	-1.14	0.03	1.00	0.88	28.6	2.4	2.2	B*	0.0	0.0	0.0	25.7	13.5	4.9
NK4.3C	35.97	1.98	490-600	6	-1.03	0.05	0.73	0.66	8.8	3.0	0.4	B	6.9	6.6	6.7	21.0	12.2	8.6
NK4.4A	51.02	3.07	0-600	16	-1.46	0.06	1.00	0.84	13.9	2.4	0.7	C	27.3	4.4	15.4	12.3	6.3	10.9
NK4.5A	69.34	6.53	200-530	12	-1.98	0.09	0.70	0.82	6.1	2.2	1.6	B*	0.0	0.0	0.0	10.3	5.0	8.7
NK4.7B	30.64	3.19	510-600	5	-0.88	0.10	0.64	0.57	3.5	1.1	0.6	B*	0.0	0.0	0.0	19.6	9.4	10.0
NK4.8B	86.89	11.57	100-510	11	-2.48	0.13	0.42	0.86	2.7	2.4	3.5	B*	0.0	0.0	0.0	12.7	1.7	6.9
NK4.9A	44.11	5.52	340-600	11	-1.26	0.13	0.94	0.79	5.9	2.5	1.1	B	6.1	9.3	4.0	28.3	14.3	7.5
NK4.10A	36.35	5.69	200-600	14	-1.61	0.10	0.97	0.86	8.2	2.4	1.2	B	4.8	9.2	2.6	8.5	4.4	6.5
NK4.11A	66.10	8.64	200-510	10	-1.89	0.13	0.40	0.84	2.5	2.2	3.4	B	3.4	2.5	4.0	22.5	3.2	2.8
NK25.1B	14.32	2.14	0-370	7	-0.41	0.15	0.78	0.64	3.4	10.6	12.1	C*	0.0	0.0	0.0	3.7	0.4	10.9
NK25.2	13.98	1.71	0-400	8	-0.40	0.12	0.79	0.74	4.7	11.3	10.8	C*	0.0	0.0	0.0	6.8	11.2	21.1
NK25.4B	10.08	1.13	0-370	7	-0.29	0.11	0.68	0.74	4.4	10.0	16.6	C*	0.0	0.0	0.0	7.0	10.7	14.4
NK25.5	10.73	1.24	400-600	9	-0.31	0.12	0.35	0.84	2.5	5.1	3.0	C*	0.0	0.0	0.0	3.7	3.7	23.7
NK25.6B	12.40	1.60	0-370	7	-0.35	0.13	0.78	0.74	4.5	8.3	11.0	C*	0.0	0.0	0.0	3.5	0.2	16.1
NK25.7B	24.18	1.73	0-300	5	-0.69	0.07	0.78	0.68	7.4	4.3	4.7	B*	0.0	0.0	0.0	3.6	2.5	6.4
NK25.8B	5.28	0.78	400-600	9	-0.15	0.15	0.47	0.78	2.5	7.0	1.4	C*	0.0	0.0	0.0	20.9	5.9	12.3

Orta Pleyistosen ve Kalabriyen Pleyistosen

Orta-Kalabriyen Pleyistosen'e ait 5 mevkiden (NK6, NK8, NK12, NK13, NK31) toplam 42 adet örneğin paleoşiddet ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.20 ve Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Şekil 4.20.a, b, c, e, g, ı'da güvenilir kabul edilen, Şekil 4.20.d, f, h, j'de güvenilir kabul edilmeyen bazı örneklerin Aria grafikleri gösterilmiştir.

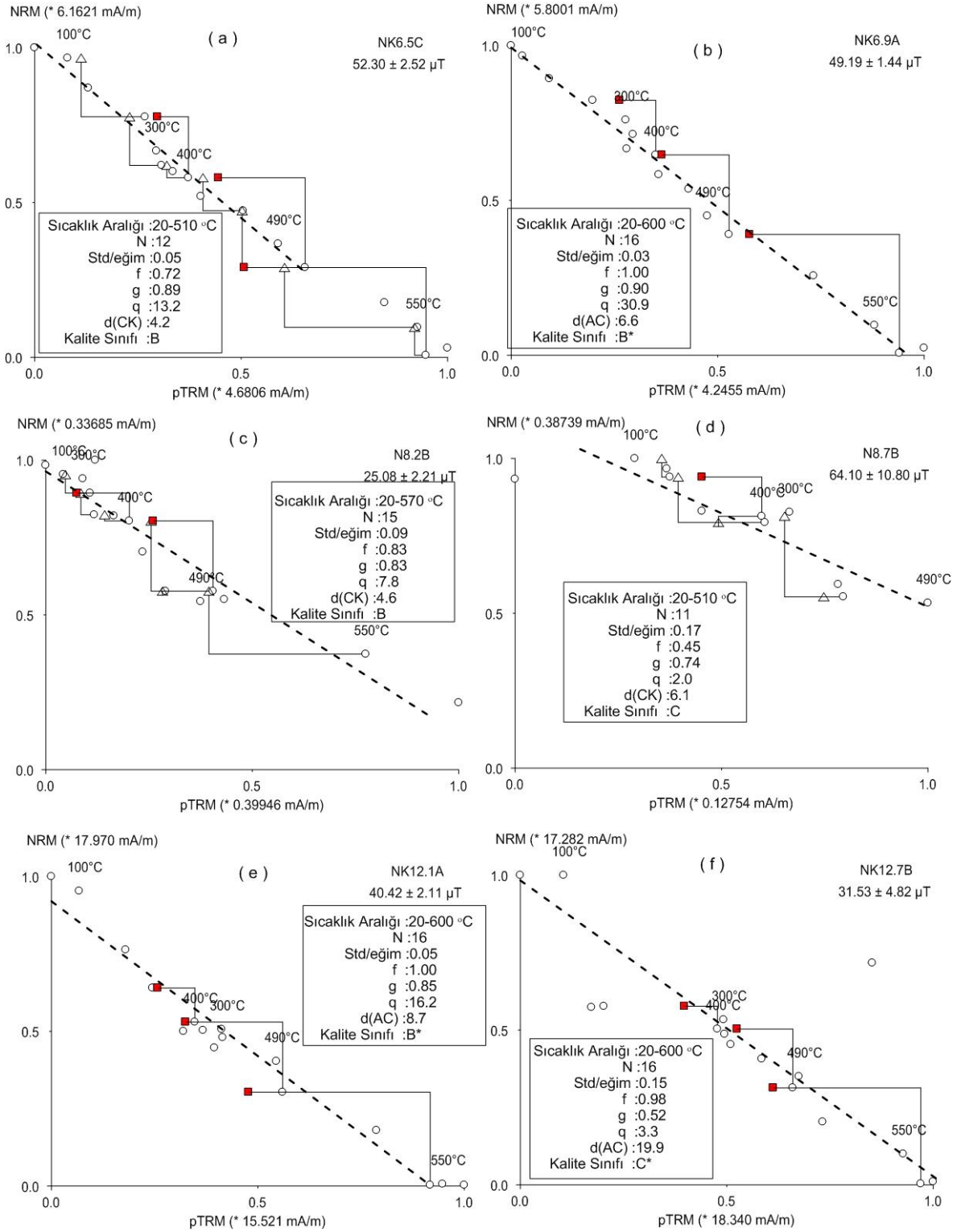
NK6 numaralı mevkiden 8 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kalite sınıfı B bulunan 5 örnek ve kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı B* bulunan 3 örnek değerlendirmeye alınmıştır.

NK8 numaralı mevkiden 8 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kalite sınıfı B bulunan 6 örnek değerlendirmeye alınmıştır. Çalışılan diğer 2 örnekte kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı C* bulunmuş olup sonuçlar güvenilir bulunmamış değerlendirilmeye alınmamıştır.

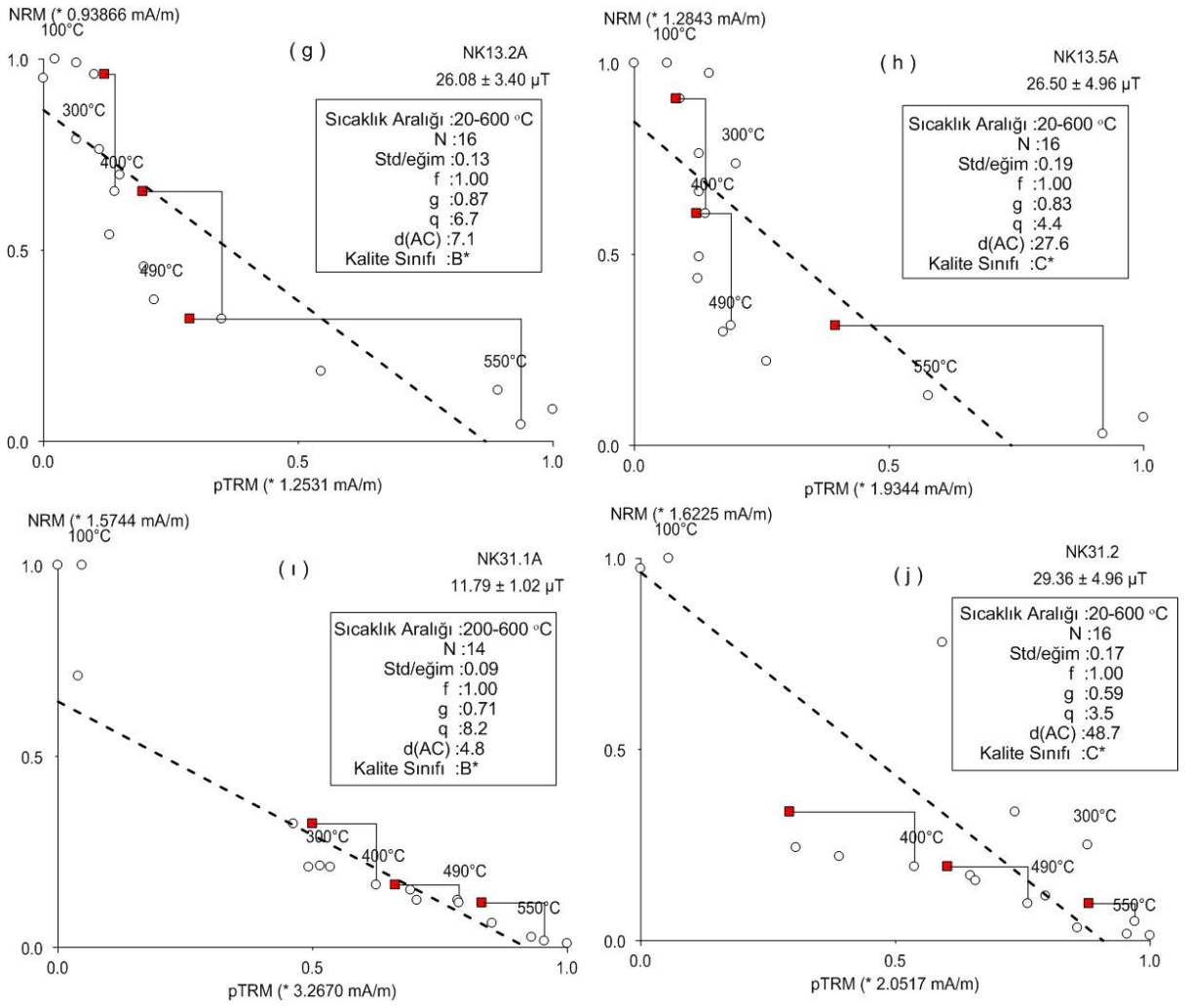
NK12 numaralı mevkiden toplanan 8 silindirik örneğe Geliştirilmiş Theiler yöntemi temel alınarak paleoşiddet ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yöntemin uygulaması sırasında kayacıkta oluşan alterasyonları düzeltmek amacıyla yapılan kontrol düzeltmesi sonucunda bu mevkinin 7 örneğinde B* sınıfında sonuç elde edilmiştir. Ayrıca, 1 örnek kriterleri geçemeyerek C* sınıfında veri elde edilmiş ve değerlendirilmeye alınmamıştır.

NK13 mevkisinden paleoşiddet ölçümleri için 11 örnek alınmıştır. Laboratuvarında yapılan paleoşiddet ölçümlerinde kontrol düzeltmesi sonrasında 9 örnekte B* sınıfı sonuç elde edilmiştir. Geri kalan 2 örnek kriterleri geçemeyerek değerlendirme dışı bırakılmıştır

NK31 numaralı mevkiden 7 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı B* bulunan 4 örnek değerlendirmeye alınmıştır. 1 örnekte kontrol düzeltmesi ile elde edilen A* sonucunda standart sapmanın çok yüksek olmasından dolayı güvenilir kabul edilmemiş, değerlendirmeye alınmamıştır. 1 örnekte kalite sınıfı C* bulunmuş olup sonuçlar güvenilir bulunmamış değerlendirilmeye alınmamıştır.



Şekil 4.20: Orta-Kalabriyen Pleyistosen yaşlı örneklerden elde edilen Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan PTRM'leri, kırmızı kareler ilave kontrol ile PTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol d(AC)'yi göstermektedir).



Şekil 4.20 (devam): Orta-Kalabriyen Pleyistosen yaşlı örneklerden elde edilen Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan PTRM'leri, kırmızı kareler ilave kontrol ile PTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol $d(AC)$ 'yi göstermektedir).

Tablo 4.6: Orta-Kalabriyen Pleyistosen yaşlı örneklerden elde edilen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözlemlendiği adımların sayısı, f: DKM'nin bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açılma sapma, Alfa: Doğrultu Kriteri, S: Sınıf, d(CK): rölatif kontrol hatası, d(pal): kontrol farklarının toplamı, DRAT: maksimum mutlak fark d(t^{*}): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlama demanyetizasyon adımında şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark).

Mevki	PŞ (µT)	St.S	Tmin-Tmax	N	Eğim (b)	Std/b (β)	f	g	q	Mad yönele n-diril mis	Alfa	S	d(CK)	CK-diff	Drat	d(t [*])	d(TR)	d(AC)
NK6.1B	51.17	1.76	0-370	7	-1.46	0.03	0.32	0.76	7.0	2.2	3.7	B	4.2	8.8	7.6	8.6	2.2	8.0
NK6.3	63.62	7.20	0-510	12	-1.82	0.11	0.52	0.83	3.8	2.6	4.0	B*	0.0	0.0	0.0	13.2	7.2	8.3
NK6.3C	52.30	2.52	0-510	12	-1.49	0.05	0.72	0.89	13.2	2.7	2.7	B	4.2	5.4	3.3	10.0	4.8	8.1
NK6.5D	49.78	2.79	0-400	8	-1.42	0.06	0.42	0.77	5.8	2.1	1.7	B	3.0	7.2	4.1	6.5	3.5	5.5
NK6.6D	42.23	2.66	0-600	16	-1.21	0.06	1.00	0.91	14.4	2.5	0.8	B*	0.0	0.0	0.0	9.1	3.1	6.2
NK6.7B	50.68	3.56	0-460	10	-1.45	0.07	0.64	0.83	7.7	1.2	2.5	B	5.7	6.5	5.0	12.7	7.0	4.8
NK6.8A	51.79	5.44	0-400	8	-1.48	0.11	0.40	0.79	3.0	2.2	1.8	B	4.8	2.4	6.7	17.4	3.7	6.3
NK6.9A	49.19	1.44	0-600	16	-1.41	0.03	1.00	0.90	30.9	2.0	0.3	B*	0.0	0.0	0.0	4.9	2.1	6.6
NK8.1A	24.91	2.69	100-370	14	-0.71	0.11	0.81	0.84	6.2	2.5	1.7	B	3.3	6.1	3.3	4.9	7.2	1.3
NK8.2B	25.08	2.21	0-570	15	-0.72	0.09	0.83	0.83	7.8	4.5	4.8	B	4.6	7.3	4.5	5.4	8.0	5.2
NK8.2C	45.40	4.98	0-510	12	-1.30	0.11	0.49	0.82	3.7	2.6	6.2	B	7.0	6.1	8.7	2.8	1.9	7.6
NK8.4A	25.48	2.82	0-570	15	-0.73	0.11	0.85	0.81	6.2	2.2	0.7	B	6.7	4.5	6.4	2.7	4.0	5.8
NK8.5B	44.68	3.85	0-510	12	-1.28	0.09	0.51	0.88	5.2	2.3	5.3	B	4.8	1.5	5.8	2.1	1.3	8.4
NK8.7B	64.10	10.80	0-510	11	-1.83	0.17	0.45	0.74	2.0	3.0	3.7	C	6.1	45.3	6.6	0.0	7.0	4.1
NK8.9B	55.98	6.48	0-490	11	-1.60	0.12	0.39	0.89	3.0	1.9	2.6	C	4.3	20.4	5.9	8.0	1.8	2.5
NK8.9C	31.59	2.92	0-490	10	-0.90	0.09	0.31	0.86	2.9	3.1	10.7	B*	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	6.1
NK12.1A	40.42	2.11	0-600	16	-1.15	0.05	1.00	0.85	16.2	2.9	1.5	B*	0.0	0.0	0.0	5.3	8.3	8.7
NK12.1B	44.96	6.20	0-510	12	-1.28	0.14	0.67	0.83	4.0	4.8	10.9	B*	0.0	0.0	0.0	4.5	2.2	4.3
NK12.3A	43.83	3.99	0-510	12	-1.25	0.09	0.69	0.82	6.2	3.8	4.2	B*	0.0	0.0	0.0	5.4	3.6	2.7
NK12.4A	48.81	3.96	0-400	8	-1.39	0.08	0.51	0.75	4.7	4.1	8.1	B*	0.0	0.0	0.0	7.0	4.0	5.9
NK12.4B	47.68	6.82	0-510	12	-1.36	0.14	0.65	0.83	3.8	3.0	5.8	B*	0.0	0.0	0.0	3.8	3.5	6.9
NK12.4C	46.73	4.26	0-510	12	-1.34	0.09	0.69	0.82	6.2	3.2	6.9	B*	0.0	0.0	0.0	7.5	1.5	1.0
NK12.7B	31.53	4.82	0-600	16	-0.90	0.15	0.98	0.52	3.3	15.0	11.9	C*	0.0	0.0	0.0	18.0	8.1	19.0
NK12.9B	43.44	3.36	0-600	16	-1.24	0.08	1.00	0.86	11.2	5.3	3.4	B*	0.0	0.0	0.0	5.9	4.5	3.7

Tablo 4.6 (devam): Orta-Kalbriyen Pleyistosen yaşlı örneklerden elde edilen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözlemlendiği adımların sayısı, f: DKM'nin bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açılma sapma, Alfa: Doğrultu Kriteri, S: Sınıf, d(CK): rölatif kontrol hatası, d(pal): kontrol farklarının toplamı, DRAT: maksimum mutlak fark d(t*): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlama demanyetizasyon adımında şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark).

Mevki	PS (µT)	St.S	Tmin-Tmax	N	Eğim (b)	Std/b (β)	f	g	q	Mad yönele indirilmiştir	Alfa	S	d(CK)	Dra diff t	d(t*)	d(TR)	d(AC)
NK13.1A	31.31	4.72	0-600	16	-0.89	0.15	1.00	0.85	5.7	3.3	1.5	C*	0.0	0.0	2.9	3.3	16.1
NK13.2A	26.08	3.40	0-600	16	-0.75	0.13	1.00	0.87	6.7	4.8	4.2	B*	0.0	0.0	0.5	3.1	7.1
NK13.3A	29.33	4.06	0-600	16	-0.84	0.14	1.00	0.88	6.4	2.5	1.1	C*	0.0	0.0	1.9	6.9	17.6
NK13.3B	72.26	10.75	0-530	13	-2.06	0.15	0.67	0.80	3.6	2.8	3.5	B*	0.0	0.0	1.6	7.0	9.2
NK13.5A	26.50	4.96	0-600	16	-0.76	0.19	1.00	0.83	4.4	4.6	0.6	C*	0.0	0.0	0.0	8.9	27.6
NK13.6B	341.62	64.71	0-600	16	-9.76	0.19	0.97	0.70	3.6	2.9	2.3	C*	0.0	0.0	12.4	6.2	50.4
NK13.7A	271.67	93.14	0-600	16	-7.76	0.34	0.82	0.49	1.2	3.7	2.2	C*	0.0	0.0	0.0	4.5	22.4
NK13.8A	318.21	67.73	0-600	16	-9.09	0.21	0.72	0.79	2.7	3.0	1.6	C*	0.0	0.0	13.8	3.9	19.2
NK13.8B	420.64	129.51	0-600	16	-12.02	0.31	0.87	0.72	2.0	4.0	4.3	C*	0.0	0.0	22.9	3.3	23.5
NK13.9B	249.18	40.25	0-600	16	-7.12	0.16	0.91	0.78	4.4	3.0	2.1	C*	0.0	0.0	44.7	3.9	24.2
NK13.10B	234.38	34.29	0-600	16	-7.27	0.13	0.84	0.78	4.9	3.4	3.5	C*	0.0	0.0	7.4	4.3	17.2
NK31.1A	11.79	1.02	200-600	14	-0.34	0.09	1.00	0.71	8.2	7.5	4.7	B*	0.0	0.0	8.0	3.8	4.8
NK31.2	29.36	4.96	0-600	16	-0.84	0.17	1.00	0.59	3.5	6.2	2.5	C*	0.0	0.0	33.9	29.7	48.7
NK31.3B	35.42	5.31	0-460	10	-1.01	0.15	0.96	0.81	5.2	11.9	13.0	B*	0.0	0.0	5.9	5.5	8.2
NK31.4B	32.57	1.06	0-300	5	-0.93	0.03	0.73	0.69	15.4	9.2	12.0	B*	0.0	0.0	7.0	2.8	3.8
NK31.5A	12.72	1.83	400-600	9	-0.36	0.14	0.35	0.79	1.9	13.3	6.3	B*	0.0	0.0	61.4	13.4	8.4
NK31.6A	6.38	0.61	340-600	11	-0.19	0.09	0.55	0.81	4.8	14.2	12.7	C*	0.0	0.0	100.7	13.9	13.0
NK31.8	233.45	18.60	0-400	8	-6.67	0.08	0.97	0.76	9.3	3.7	3.3	A*	0.0	0.0	1.0	4.7	3.0

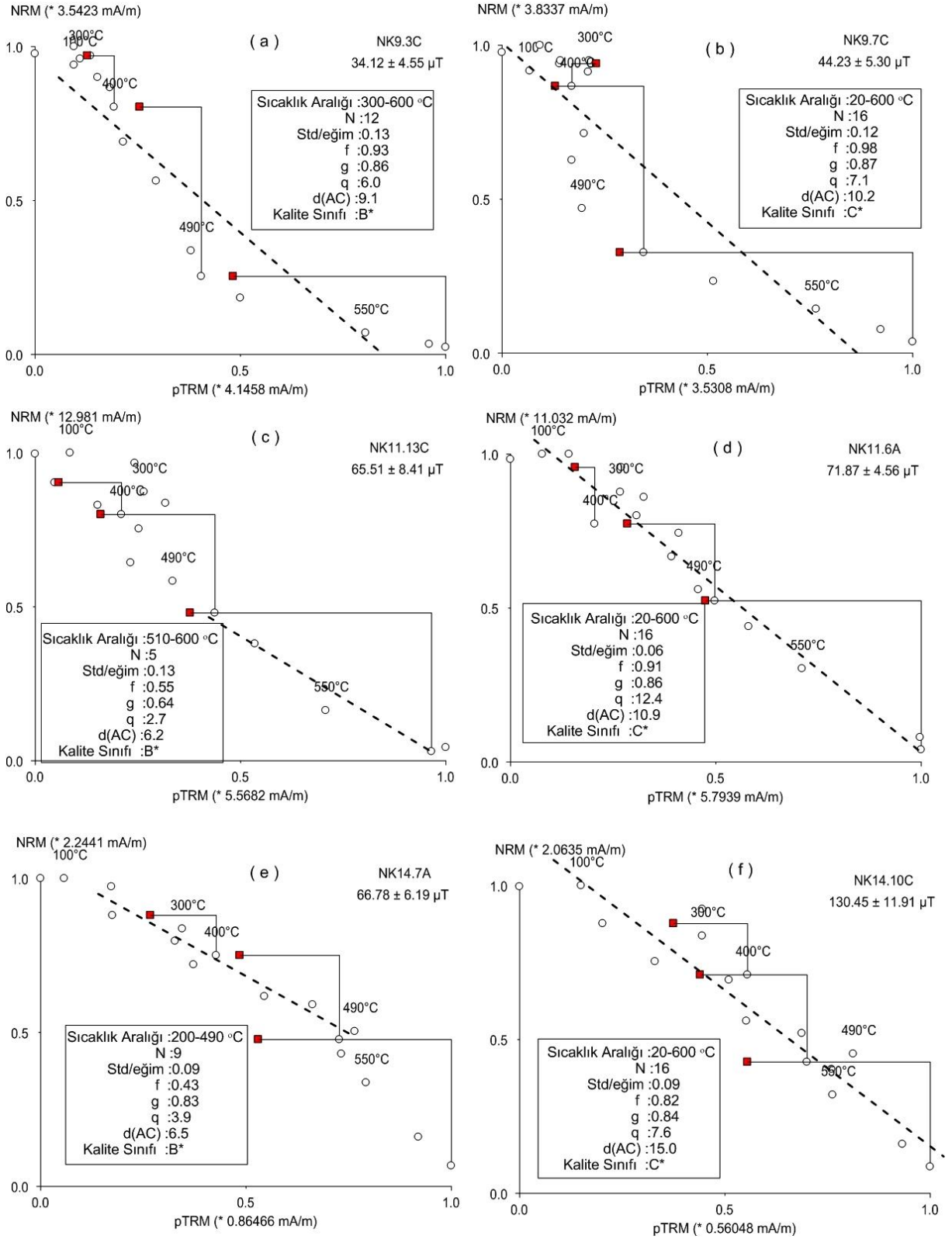
Gelasiyen Pleyistosen

Gelasiyen Pleyistosen yaşı 3 mevkiden (NK9, NK11, NK14) alınan toplam 25 örneğin paleoşiddet ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.21, Tablo 4.7). Şekil 4.21.a, c, e'de güvenilir kabul edilen, Şekil 4.21.b, d, f'de güvenilir kabul edilmeyen bazı örneklerin Aria grafikleri gösterilmiştir.

NK9 mevkinin 7 örneğinde paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. 4 örnek Kontrol düzeltmesi sonrasında B* kalitesinde elde edilmiş geri kalan 3 örnek ise kriterleri sağlayamadığından değerlendirmeye alınmıştır.

NK11 numaralı mevkiden 10 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı B* bulunan 2 örnek değerlendirmeye alınmıştır. 5 örnekte kontrol düzeltmesi ile elde edilen C* sonucuda değerlendirmeye alınmamıştır. 3 örnekte kalite sınıfı C bulunmuş olup sonuçlar güvenilir bulunmamış değerlendirilmeye alınmamıştır.

NK14 numaralı mevkide yapılan paleoşiddet çalışması 8 örnek üzerinde yapılmıştır. Yöntem gereği kayaç içindeki ısıtma ve soğutmadan kaynaklı alterasyonlar kontrol düzeltmesi sonucunda giderilerek 7 örnekte B* kalitede veri elde edilmiştir. Geri kalan 1 örnekte ise düzeltme sonrasında da kriterleri sağlayamadığından değerlendirme dışı bırakılmıştır.



Şekil 4.21: Gelasiyen Pleyistosen Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan PTRM'leri, kırmızı kareler ilave kontrol ile PTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol d(AC)'yi göstermektedir). Sol sütun; kriterleri geçen sağ sütun; kriterleri geçemeyen bazı örneklerle ait Aria grafikleridir.

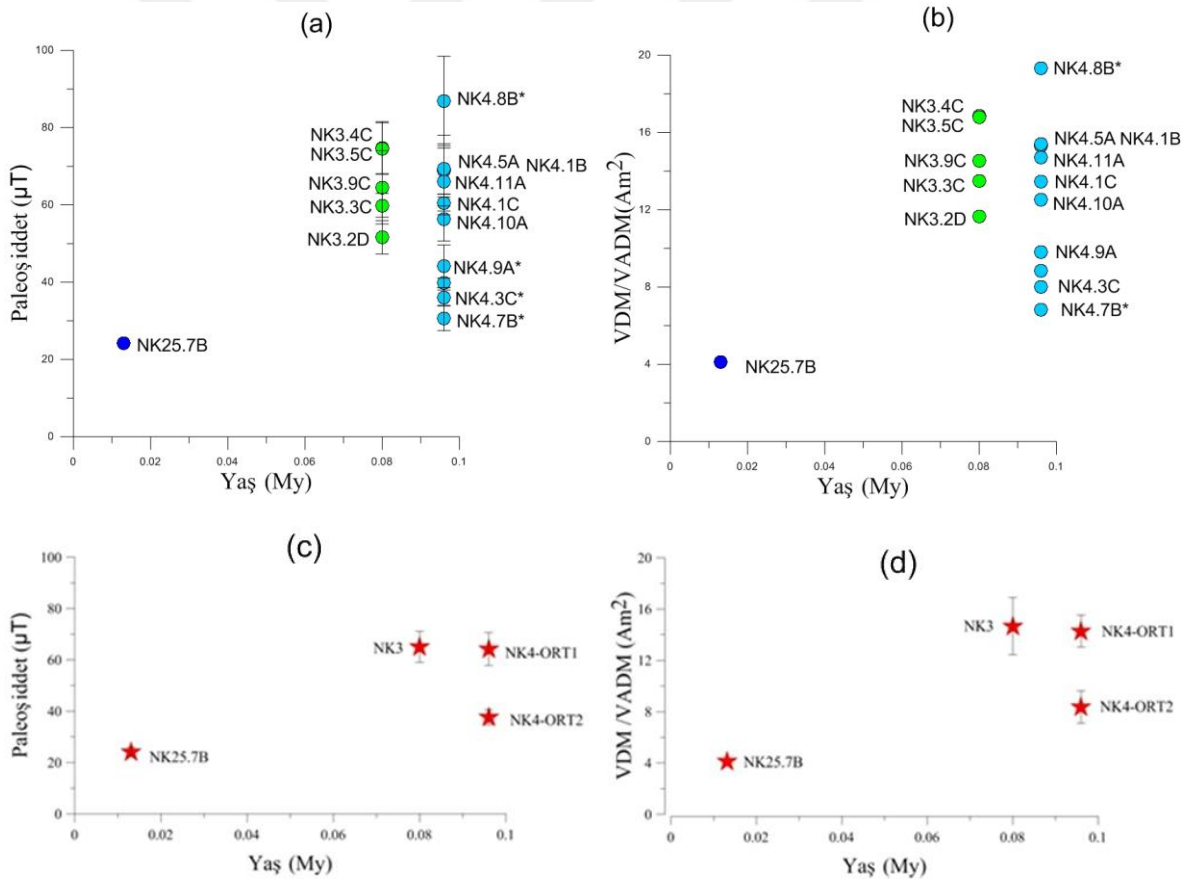
Tabo 4.7: Gelasiyen Pleyistosen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözlemlendiği adımların sayısı, f: DKM'nın bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açısal sapma, Alfa: Doğrultu kriteri, S: Sınıf, d(CK): rölatif kontrol hatası, d(pal): kontrol farklarının toplamı, DRAT: maksimum mutlak fark d(t*): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlama demanyetizasyon adımında şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark).

Gelasiyen Pleyistosen																		
Mevki	PŞ (µT)	St.S	Tmin-Tmax	N	Eğim (b)	Std/b (β)	f	g	q	Mad yönlendi rilm ş	Alfa	β	d(CK)	CK diff	Drat	d(t*)	d(TR)	d(AC)
NK9.1B	40.87	4.58	0-600	16	-1.17	0.11	0.99	0.85	7.5	3.5	1.7	C	17.5	62.6	11.5	2.5	8.1	13.4
NK9.3C	34.12	4.55	300-600	12	-0.97	0.13	0.93	0.86	6.0	2.6	1.4	B*	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	9.1
NK9.4C	34.64	2.26	0-600	16	-0.99	0.07	0.92	0.91	12.9	7.5	4.6	C*	0.0	0.0	0.0	1.7	2.0	20.6
NK9.7C	44.23	5.30	0-600	16	-1.26	0.12	0.98	0.87	7.1	2.9	2.3	C*	0.0	0.0	0.0	1.1	11.0	10.2
NK9.8C	20.37	2.90	100-460	9	-0.58	0.14	0.30	0.76	1.6	5.0	14.7	B*	0.0	0.0	0.0	3.6	5.5	7.2
NK9.9C	20.43	2.20	0-510	12	-0.58	0.11	0.61	0.88	5.0	4.8	10.0	B*	0.0	0.0	0.0	1.1	1.5	10.0
NK9.10C	89.81	9.88	340-510	7	-2.57	0.11	0.52	0.75	3.5	2.8	1.5	B*	0.0	0.0	0.0	2.4	1.4	6.1
NK11.2B	38.93	4.77	0-600	16	-1.11	0.12	0.90	0.85	6.2	10.4	10.3	C*	0.0	0.0	0.0	2.4	4.1	19.0
NK11.4C	61.57	10.55	0-600	16	-1.76	0.17	1.00	0.85	5.0	16.8	22.0	C	20.6	3.1	10.2	20.7	7.8	34.8
NK11.6A	71.87	4.56	0-600	16	-2.05	0.06	0.91	0.86	12.4	5.5	6.0	C*	0.0	0.0	0.0	3.0	4.2	10.9
NK11.7B	110.26	10.87	0-600	16	-3.15	0.10	0.91	0.78	7.2	5.1	5.7	C*	0.0	0.0	0.0	1.4	8.7	45.3
NK11.8A	114.31	9.99	0-600	16	-3.27	0.09	1.00	0.86	9.9	4.0	4.3	C	16.5	12.0	4.8	15.6	2.2	18.7
NK11.9A	88.29	10.80	0-600	16	-2.52	0.12	1.00	0.81	6.6	4.8	4.2	C*	0.0	0.0	0.0	0.6	8.9	14.7
NK11.10B	70.50	5.09	0-600	16	-2.01	0.07	1.00	0.85	11.8	5.1	4.9	C	16.0	27.4	7.1	9.7	6.7	10.3
NK11.12	54.10	20.58	0-400	8	-1.55	0.38	0.21	0.50	0.3	3.3	8.4	C*	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	11.5
NK11.13B	53.84	2.65	370-600	10	-1.54	0.05	0.89	0.83	15.0	4.0	3.9	B*	0.0	0.0	0.0	17.4	7.5	6.6
NK11.13C	65.51	8.41	510-600	5	-1.87	0.13	0.55	0.64	2.7	2.8	1.9	B*	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	6.2
NK14.1B	82.14	10.81	100-490	10	-2.35	0.13	0.38	0.79	2.3	1.9	1.2	B*	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	9.9
NK14.2A	104.33	5.81	300-490	7	-2.98	0.06	0.50	0.80	7.2	1.4	1.5	B*	0.0	0.0	0.0	14.6	2.9	6.5
NK14.4A	102.61	7.74	230-490	8	-2.93	0.08	0.49	0.80	5.2	1.3	1.0	B*	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	9.6
NK14.4B	82.13	7.51	100-490	10	-2.35	0.09	0.46	0.79	3.9	2.7	5.4	B*	0.0	0.0	0.0	37.3	3.8	4.5
NK14.7A	66.78	6.19	200-490	9	-1.91	0.09	0.43	0.83	3.9	1.8	3.0	B*	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	6.5
NK14.8B	68.01	4.40	510-600	5	-1.94	0.06	0.37	0.69	3.9	1.2	1.3	B*	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	10.0
NK14.9B	51.32	4.32	510-600	5	-1.47	0.08	0.37	0.69	3.0	2.2	1.2	B*	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	4.1
NK14.10C	130.45	11.91	0-600	16	-3.73	0.09	0.82	0.84	7.6	2.7	1.8	C*	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	15.0

4.3.2.2 Pleyistosen Ölçüm Ortalamaları

Üst Pleyistosen Ortalamaları

Üst Pleyistosen’de yaşlı 3 mevkiden toplanan örneklere paleoşiddet çalışmaları yapılmıştır. Kriterleri geçen örneklerin paleoşiddet ve VDM değerleri sırasıyla Şekil 4.22.a ve .b’de grafik üzerinde gösterilmiştir. NK3 ve 4 no’lu mevkilerde yeterli kriteri geçen veri olduğundan aritmetik ortalamaları alınarak ortalama Paleoşiddet ve VDM değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.22.c ve d’de, Tablo 4.8). Mavi renkte gösterilen NK25 mevkisinden kriterleri geçen sadece bir örnek bulunmaktadır. Bu nedenle aritmetik ortalama alınamamıştır. Şekil ve tablolarda bu mevkinin bireysel paleoşiddet ve VDM değerleri verilmiştir.



Şekil 4.22: Üst Pleyistosen ‘de elde edilen) Paleoşiddet b) VDM c) Ortalama paleoşiddet d) Ortalama VDM sonuçları.

NK3 numaralı mevkide güvenilir kabul edilen 5 örneğin sonuçları Şekil 4.22.a ve b’de açık yeşil daire ile gösterilmiştir. Buna göre; ortalama paleoşiddet değeri $65.08 \pm 6.05 \mu T$

(Şekil 4.22.c; Tablo 4.8), ortalama VDM değeri ise $14.67 E+22 \pm 2.23 E+22 \text{ Am}^2$ (Şekil 4.22.d; Tablo 4.8) bulunmuştur.

NK4 numaralı mevkiden elde edilen 9 güvenilir örneğe ait sonuçlar Şekil 4.22.a ve Şekil 4.22.b'de açık mavi daire ile gösterilmiştir. 1 örneğe ait sonuç dağılım dışında kalmış kalan 8 örnekte elde edilen sonuçlar 2 farklı dağılım olarak Ortalama 1 ve Ortalama 2 şeklinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Buna göre Ortalama 1 için paleoşiddet değeri $64.25 \pm 6.43 \mu\text{T}$ (Şekil 4.22.c; Tablo 4.8) ve VDM değeri $14.29 E+22 \pm 1.25 E+22 \text{ Am}^2$ (Şekil 4.22.d; Tablo 4.8); Ortalama 2 için paleoşiddet değeri $37.63 \pm 2.98 \mu\text{T}$ (Şekil 4.22.c, Tablo 4.8) ve VDM değeri $8.37 E+22 \pm 1.27 E+22 \text{ Am}^2$ (Şekil 4.22.d; Tablo 4.8) bulunmuştur.

NK25 numaralı örnekten elde edilen tek güvenilir sonuç Şekil 4.22.a ve Şekil 4.22.b'de koyu mavi daire ile gösterilmiş, paleoşiddet değeri $24.18 \pm 1.73 \mu\text{T}$ (Şekil 4.22.d; Tablo 4.8), VDM değeri ise $4.13 E+22 \text{ Am}^2$ (Şekil 4.22.d; Tablo 4.8) bulunmuştur.

Tablo 4.8: Üst Pleyistosen Paleoşiddet ve VDM ortalama sonuçları (S.S: Standart Sapma, *:ortalamaya alınmamış değerleri göstermektedir).

Mevki	Yaş (My)	Paleoşiddet (μT)	S.S	Ortalama Paleoşiddet + S.S	VDM ($E+22$)	Ortalama VDM+S.S (Am^2)
NK3.2D	0.08	51.61	4.30	65.08±6.05	11.64	14.67E+22±2.23E+22
NK3.3C		59.89	3.07		13.50	
NK3.4C		74.82	6.75		16.87	
NK3.5C		74.57	6.65		16.81	
NK3.9C		64.55	9.51		14.55	
NK4.1B	0.096	68.90	9.15	ORT1 64.25±6.43	15.32	ORT1 14.29E+22±1.25E+22
NK4.1C		60.58	2.16		13.47	
NK4.3C		35.97	1.98		8.00	
NK4.5A		69.34	6.53		15.42	
NK4.7B		30.64	3.19		6.82	
NK4.8B*		86.89	11.57	19.33	ORT2 37.63±2.98	ORT2 8.37 E+22±1.27E+22
NK4.9A		44.11	5.52	9.81		
NK4.10A		56.35	5.69	12.53		
NK4.11A		66.10	8.64	14.70		
NK25.7B	0.0131	24.18	1.73	24.18±1.73	4.13	4.13E+22

Orta-Kalabriyen Pleyistosen Ortalamaları

Orta-Kalabriyen Pletistosen'de gerçekleştirilen paleoşiddet çalışmaları sonucunda kriterleri geçen örneklerin paleoşiddet ve VDM değerleri sırasıyla Şekil 4.23.a ve b'de grafik üzerinde gösterilmiştir. Paleoşiddet ve VDM değerlerinin ortalamaları ise

Şekil 4.23.c ve 4.23.d'de gösterilmiştir. Tablo 4.9'da ise hem tek tek hem de ortalama alınmış paleoşiddet ve VDM değerleri verilmiştir.

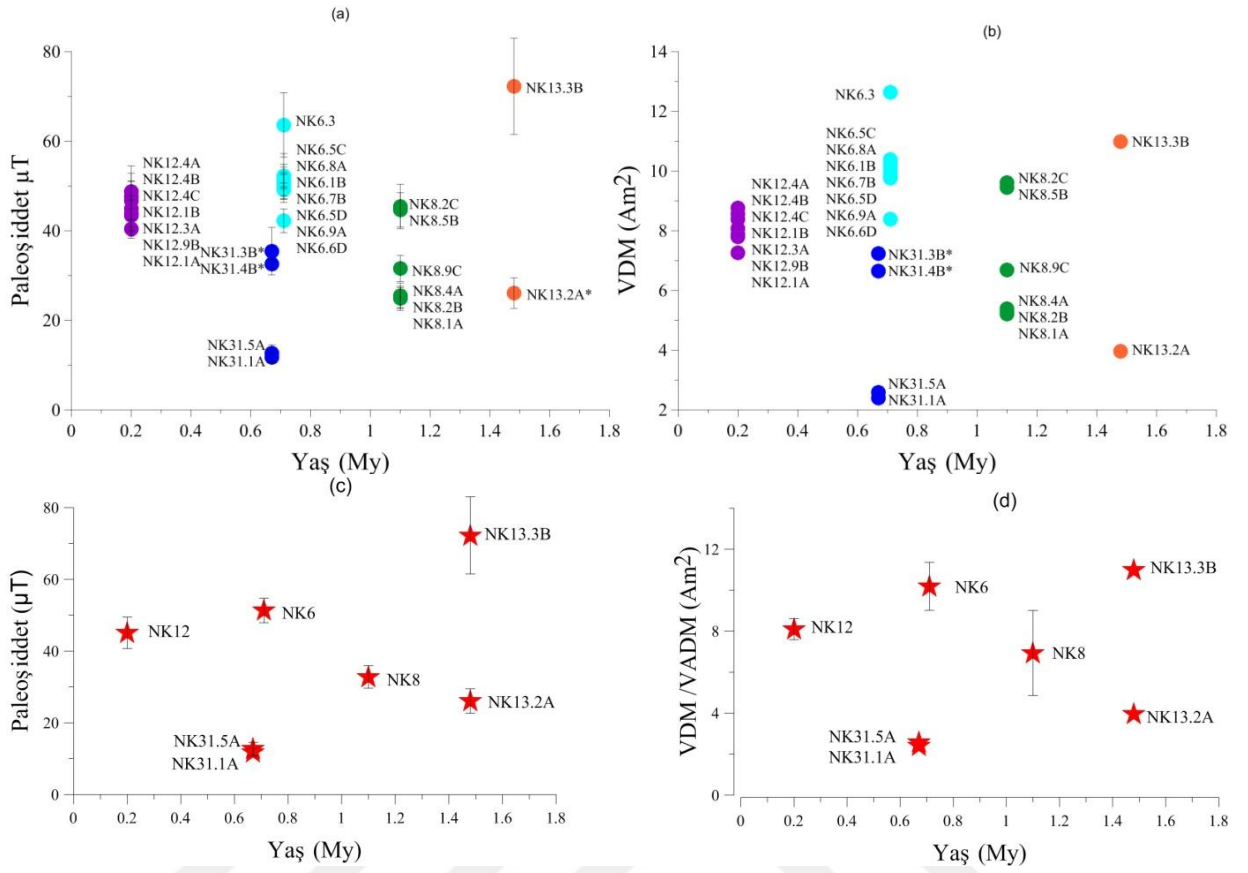
NK6 numaralı mevkide güvenilir kabul edilen Şekil 4.23.a ve b'de açık mavi daire ile gösterilmiş 8 örneğin sonuçları kriterleri geçmesi nedeniyle değerlendirmeye alınmıştır. Buna göre; ortalama paleoşiddet değeri $51.34 \pm 3.42 \mu T$, ortalama VDM değeri ise $10.19E+22 \pm 1.17 Am^2$ bulunmuştur.

NK8 numaralı mevkinin 8 silindirik numunesinde laboratuvarında paleoşiddet çalışması yapılmıştır. Bunlardan 6 tanesi tanımlanan kriterleri geçmiştir. Geri kalan iki tanesi değerlendirmeye alınmamıştır. 6 numuneden elde ortalama şiddet ve VDM değerleri hesaplanmış şekiller üzerinde yeşil dairelerle gösterilmiştir (Şekil 4.23 ve Tablo 4.9).

NK12 numaralı mevkide güvenilir kabul edilen 7 örneğin sonuçları Şekil 4.23.a ve Şekil 4.23.b'de mor daire ile gösterilmiştir. Mevkiye ait ortalama paleoşiddet değeri $45.12 \pm 4.38 \mu T$, ortalama VDM değeri ise $8.10E+22 \pm 0.51E+22 Am^2$ bulunmuştur.

Turuncu dairelerle gösterilen NK13 numaralı mevkiden sadece kriterleri geçen 2 örnekte güvenilir sonuçlar elde edilmiştir. Dolayısıyla örneklerin aritmetik ortalaması alınmayarak örneklerin tablo ve şekillerde bireysel olarak ölçülmüş değerlerine yer verilmiştir (Şekil 4.23 ve Tablo 4.9).

Şekil 4.23'de koyu mavi renk ile gösterilen NK 31 no'lu mevkinin 6 örneğinde paleoşiddet ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bunlardan 4 tanesi kriterleri geçmiş ortalama paleoşiddet ve VDM değerleri hesaplanarak Tablo 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.23: Orta-Kalabriyen Pleyistosen 'de elde edilen) Paleoişiddet b) VDM c) Ortalama paleoişiddet d) Ortalama VDM sonuçları.

Tablo 4.9: Orta-Kalabriyen Pleyistosen Paleoişiddet ve VDM ortalama sonuçları (S.S : Standart Sapma, *: ortalamaya alınmamış değerleri göstermektedir).

Mevki	Yaş (My)	Paleoişiddet (µT)	S.S	Ortalama Paleoişiddet + S.S	VDM (E+22)	Ortalama VDM+S.S (Am ²)
NK6.1B	0.710 Bu çalışma	51.17	1.76	51.34±3.42	10.15	10.19E+22±1.17
NK6.3		63.62	7.20		12.63	
NK6.5C		52.30	2.52		10.38	
NK6.5D		49.78	2.79		9.88	
NK6.6D		42.23	2.66		8.38	
NK6.7B		50.68	3.56		10.06	
NK6.8A		51.79	5.44		10.28	
NK6.9A		49.19	1.44		9.76	
NK8.1A	1.1	24.91	2.69	32.8±3.14	5.21	6.94E+22±2.07E+22
NK8.2B		25.08	2.21		5.30	
NK8.2C		45.40	4.98		9.61	
NK8.4A		25.48	2.82		5.39	
NK8.5B		44.68	3.85		9.45	
NK8.9C		31.59	2.92		6.68	

Tablo 4.9 (devam): Orta-Kalabriyen Pleyistosen Paleşiddet ve VDM ortalama sonuçları (S.S : Standart Sapma, *: ortalamaya alınmamış değerleri göstermektedir).

Mevki	Yaş (My)	Paleşiddet (μT)	S.S	Ortalama Paleşiddet + S.S	VDM (E+22)	Ortalama VDM+S.S (Am^2)
NK12.1A	<0.2	40.42	2.11	45.12±4.38	7.26	8.10E+22±0.51E+22
NK12.1B		44.96	6.20		8.07	
NK12.3A		43.83	3.99		7.87	
NK12.4A		48.81	3.96		8.76	
NK12.4B		47.68	6.82		8.56	
NK12.4C		46.73	4.26		8.39	
NK12.9B		43.44	3.36		7.80	
NK13.2A	1.48	26.08	3.40	26.08±3.40	3.96	3.96E+22
NK13.3B		72.26	10.75	72.26±10.75	10.98	10.98E+22
NK31.1A	0.670 Bu çalışma	11.79	1.02	12.25±1.42	2.40	2.49E+22±0.13E+22
NK31.3B*		35.42	5.31		7.23	
NK31.4B*		32.57	1.06		6.65	
NK31.5A		12.72	1.83		2.59	

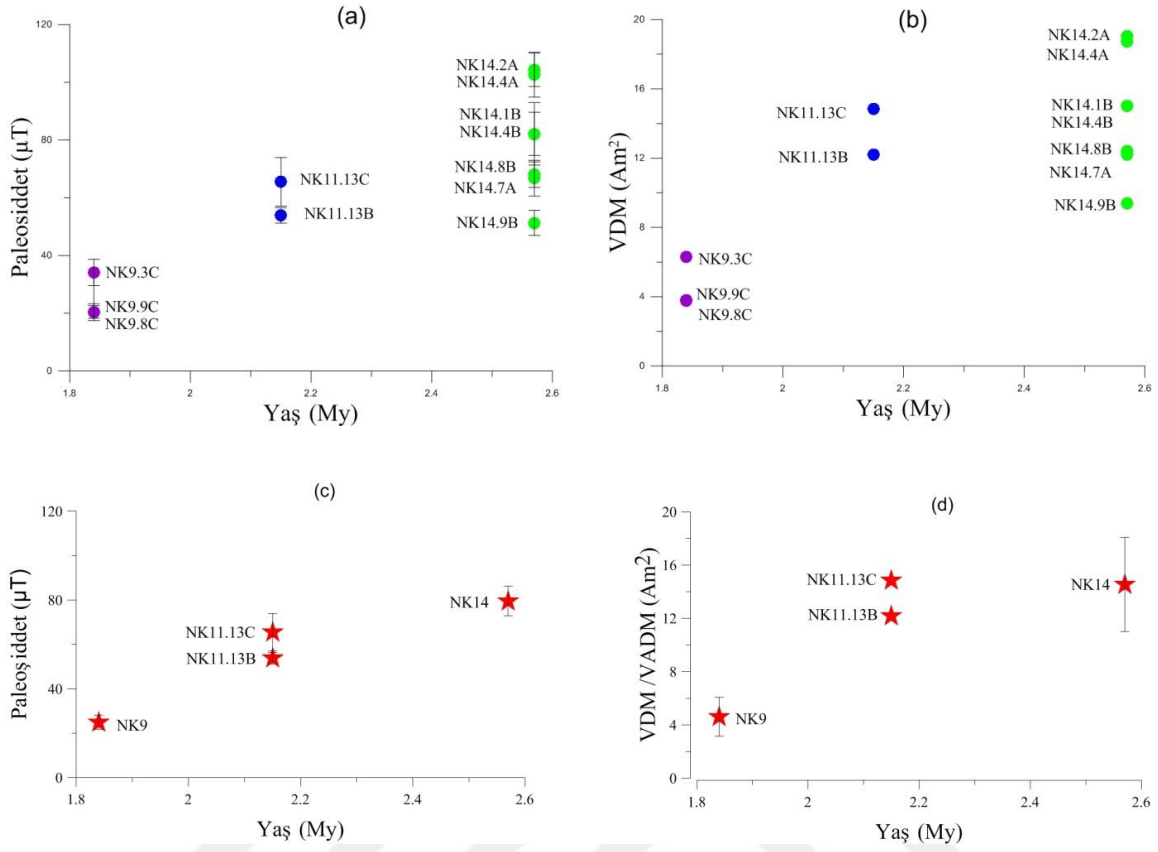
Gelasiyen Pleyistosen Ortalamaları

Gelasiyen Pleyistosen’de toplam üç mevkinin örneklerinde paleşiddet ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kriterleri örneklerin ortalamaları alınarak o mevkiye ait ortalama paleşiddet ve VDM değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.24 ve Tablo 4.10).

NK9 numaralı mevkiden elde edilen 4 güvenilir sonuç şekillerde mor daire ile gösterilmiştir. 1 örnek dağılım dışında kalmış, kalan 3 örnekte elde edilen ortalama paleşiddet değerleri **24.97 ±3.21 μT** , ortalama VDM değeri ise **4.60E+22±1.46E+22 Am^2** bulunmuştur.

NK11 numaralı mevkiden elde edilen Şekil 4.24.a ve b’de koyu mavi daire ile gösterilmiş, 2 güvenilir sonucun paleşiddet değerleri **53.84±2.65 μT** ve **65.51±8.41 μT** , VDM değerleri ise **12.21E+22 Am^2** ve **14.86E+22 Am^2** bulunmuştur.

NK14 numaralı mevkiden elde edilen 7 güvenilir sonuç Şekil 4.24.a ve b’de açık yeşil daire ile gösterilmiş, ortalama paleşiddet değeri **79.61±6.68 μT** ortalama VDM değeri **14.54E+22±3.53E+22 Am^2** bulunmuştur.



Şekil 4.24: Gelasiyen Pleyistosen’de elde edilen a) Paleoişiddet b) VDM c) Ortalama paleoişiddet d) Ortalama VDM sonuçları.

Tablo 4.10: Gelasiyen Pleyistosen Paleoişiddet ve VDM ortalama sonuçları (S.S : Standart Sapma, *: ortalamaya alınmamış değerlerigöstermektedir).

Mevki	Yaş (My)	Paleoişiddet (μT)	S.S	Ortalama Paleoişiddet + S.S	VDM (E+22)	Ortalama VDM+S.S (Am ²)
NK9.3C	1.84	34.12	4.55	24.97±3.21	6.32	4.6E+22±1.46E+22
NK9.8C		20.37	2.90		3.77	
NK9.9C		20.43	2.20		3.79	
NK9.10C*		89.81	9.88		16.6	
NK11.13B	2.15	53.84	2.65	53.84±2.65	12.21	12.21E+22
NK11.13C		65.51	8.41	65.51±8.41	14.86	14.86E+22
NK14.1B	2.57	82.14	10.81	79.61±6.68	15.01	14.54E+22±3.53E+22
NK14.2A		104.33	5.81		19.06	
NK14.4A		102.61	7.74		18.75	
NK14.4B		82.13	7.51		15.01	
NK14.7A		66.78	6.19		12.20	
NK14.8B		68.01	4.40		12.43	
NK14.9B		51.32	4.32		9.38	

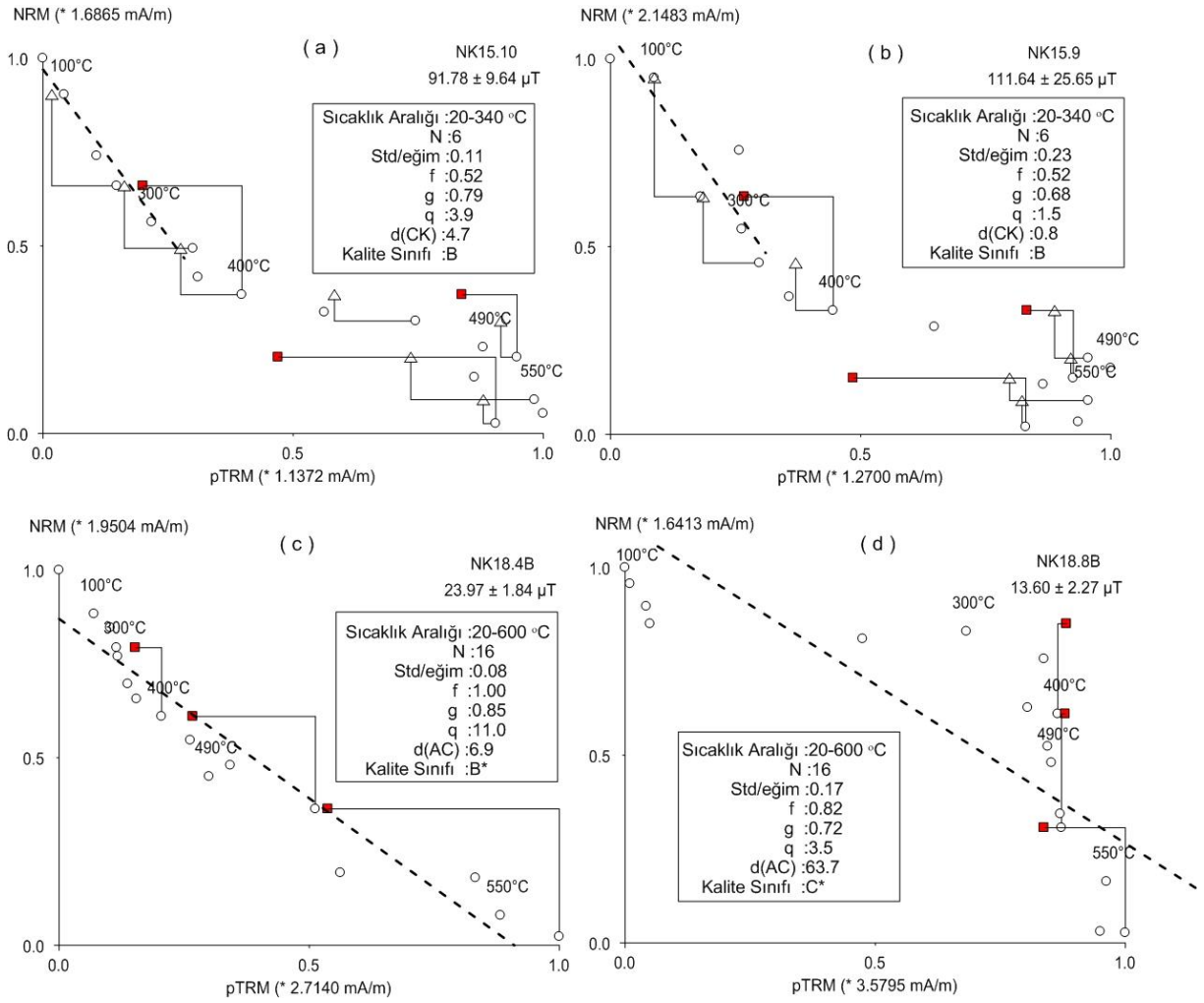
4.3.3 Pliyosen (5.33-1.8 My)

4.3.3.1 Geliştirilmiş Thellier Ölçümleri ve Verilerin Güvenilirliği

Pliyosen yaşlı zaman aralığında; 2 mevkiden (NK15 ve NK18) toplamda 17 örnek çalışılmıştır. Paleosiddet ölçümleri ile elde edilen Aria grafiklerin (Şekil 4.25) eğiminden paleosiddet değerleri ve istatistiksel parametreler hesaplanıp Tablo 4.11'de verilmiştir. Tablonun 13. Sütunundaki kalite sınıfı verilerin güvenilirliği için kullanılmıştır. Şekil 4.25.a, b, c'de güvenilir bulunan; Şekil 4.25.d'de güvenilir bulunmayan Pliyosen yaşlı bazı örneklerin Aria grafikleri gösterilmiştir.

NK15 numaralı mevkiden 7 örnekte paleosiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kalite sınıfı B bulunan 2 örnek ve kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı B* bulunan 1 örnek değerlendirmeye alınmıştır. 4 örnekte kontrol düzeltmesi ile elde edilen C* sonucuda değerlendirmeye alınmamıştır.

Paleosiddet çalışması gerçekleştirilen NK18 numaralı mevkiye ait 10 örneğin 5'inin kalite sınıfı kontrol düzeltmesi uygulanarak B* olarak bulunmuş, güvenilirlik kriterlerini geçmiştir. Kalan diğer 5 örnekte kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı C* bulunmuş değerlendirmeye alınmamıştır.



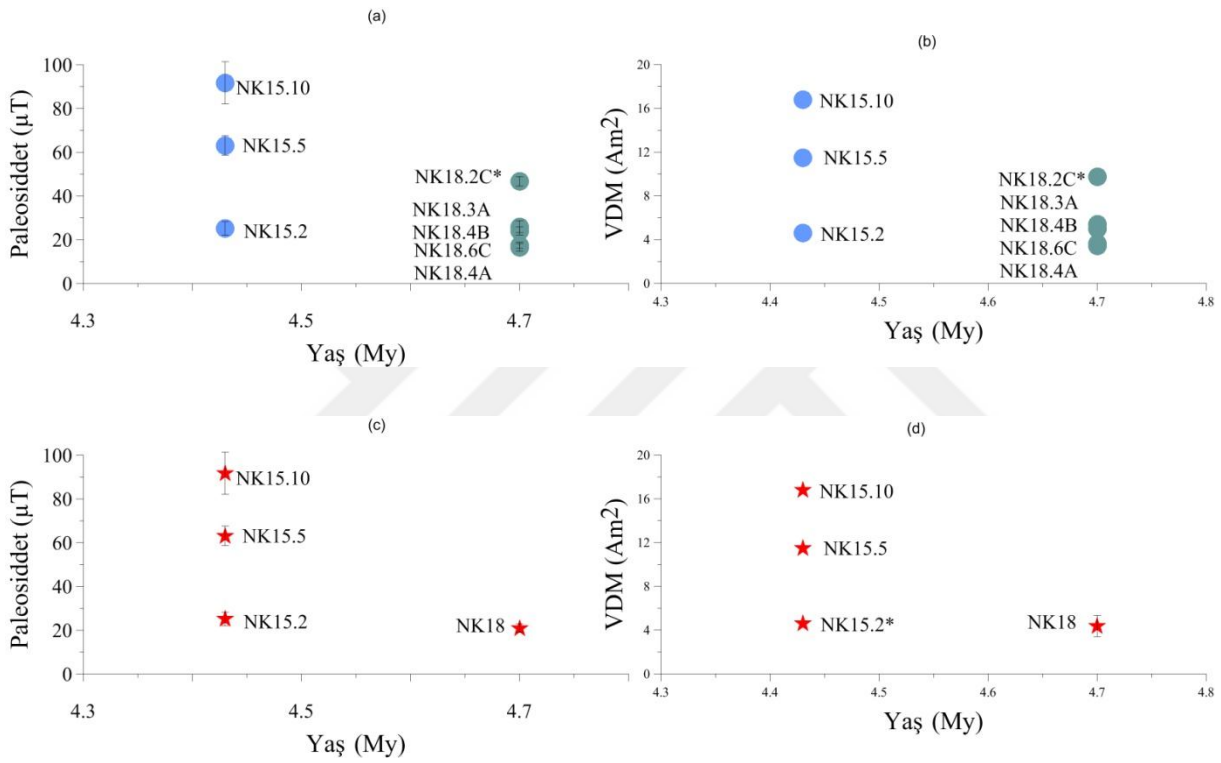
Şekil 4.25: Pliyosen Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan PTRM'leri, içi boş üçgenler PTRM kontrol ölçülerini d(CK)'yi kırmızı kareler ilave kontrol ile PTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol d(AC)'yi göstermektedir).

Tablo 4.11: Pliyosen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regresyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözlemlendiği adımların sayısı, f: DKM'nın bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açılma sapması, Alfa: Doğrultu kriteri, S: Sınıf, d(CK): rölatif kontrol hatası, d(pal): kontrol farklarının toplamı, DRAT: maksimum mutlak fark d(t*): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlama demanyetizasyon adımı şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark).

Pliyosen Mevki	PŞ (μI)	St.S	Tmin- Tmax	N	Eğim (b)	Std/b (β)	f	g	q	Mad yönle- n- diril- miş	Alfa	S	d (CK)	d (pal)	Drat	d (t*)	d (TR)	d (AC)
NK15.2	25.18	3.09	100-600	15	-0.72	0.12	1.00	0.89	7.2	4.2	1.9	B*	0.0	0.0	0.0	4.9	3.7	9.9
NK15.3	27.82	2.75	100-600	15	-0.79	0.10	1.00	0.77	7.8	4.8	3.6	C*	0.0	0.0	0.0	2.7	6.6	19.0
NK15.4A	30.61	4.03	100-600	15	-0.87	0.13	1.00	0.85	6.4	4.1	2.2	C*	0.0	0.0	0.0	0.9	3.8	32.2
NK15.5	63.13	4.47	0-340	6	-1.80	0.07	0.35	0.79	3.9	1.6	3.0	B	3.6	2.1	4.9	1.7	4.2	7.1
NK15.8	67.79	7.47	0-600	16	-1.94	0.11	1.00	0.90	8.2	5.2	5.0	C*	0.0	0.0	0.0	10.0	6.1	15.5
NK15.9	111.64	25.65	0-340	6	-3.19	0.23	0.52	0.68	1.5	3.7	3.1	C	0.8	4.7	0.5	5.7	5.0	15.3
NK15.10	91.78	9.64	0-340	6	-2.62	0.11	0.52	0.79	3.9	3.8	8.6	B	4.7	9.2	3.2	3.9	1.2	9.9
NK18.1B	12.59	1.57	0-600	16	-0.36	0.13	0.88	0.74	5.2	6.7	1.5	C*	0.0	0.0	0.0	1.9	2.9	66.2
NK18.2C	46.70	2.18	250-510	9	-1.33	0.05	0.67	0.84	12.0	5.0	8.5	B*	0.0	0.0	0.0	9.8	9.9	7.7
NK18.3A	25.99	2.72	340-600	11	-0.74	0.10	0.73	0.82	5.7	4.9	3.0	B*	0.0	0.0	0.0	6.7	8.7	10.0
NK18.4A	16.53	1.79	460-600	7	-0.47	0.11	0.61	0.69	3.8	7.7	4.1	B*	0.0	0.0	0.0	8.3	12.0	9.8
NK18.4B	23.97	1.84	0-600	16	-0.68	0.08	1.00	0.85	11.0	6.2	3.1	B*	0.0	0.0	0.0	3.7	4.1	6.9
NK18.5C	20.58	2.26	0-600	16	-0.59	0.11	1.00	0.79	7.2	8.7	3.9	C*	0.0	0.0	0.0	5.8	5.0	48.8
NK18.6C	17.45	1.40	0-600	16	-0.50	0.08	0.97	0.85	10.3	7.5	5.5	B*	0.0	0.0	0.0	5.4	7.3	8.9
NK18.7B	22.67	2.49	0-510	12	-0.65	0.11	0.59	0.80	4.3	7.4	20.0	C*	0.0	0.0	0.0	2.4	7.5	19.2
NK18.8B	13.60	2.27	0-600	16	-0.39	0.17	0.82	0.72	3.5	10.0	10.5	C*	0.0	0.0	0.0	2.1	3.2	63.7
NK18.9B	17.57	2.01	0-600	16	-0.50	0.11	1.00	0.84	7.3	8.6	6.4	C*	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	30.4

4.3.3.2 Pliyosen Ölçüm Ortalamaları

Pliyosen’de gerçekleştirilen paleoşiddet çalışmaları sonucunda kriterleri geçen verilerin Paleoşiddet ve VDM değerleri sırasıyla; Şekil 4.26.a ve b’de grafik üzerinde gösterilmiştir. Paleoşiddet ve VDM değerlerinin ortalama değerleri ise Şekil 4.26.c ve d’de grafik üzerinde gösterilmiştir. Tablo 4.12’de ise hem bireysel hem de ortalama alınmış paleoşiddet ve VDM değerleri verilmiştir.



Şekil 4.26: Pliyosen’de elde edilen) Paleoşiddet b) VDM c) Ortalama paleoşiddet d) Ortalama VDM sonuçları.

NK 15 numaralı mevkide güvenilir kabul edilen Şekil 4.26.a ve b’de açık mavi daire ile gösterilmiş 3 örneğin sonuçları birbirinden farklı olarak gözlemlendiğinden ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Buna göre NK15.2 için paleoşiddet değeri $25.18 \pm 3.09 \mu T$, VDM değeri $4.61E+22 Am^2$; NK15.5 için paleoşiddet değeri $63.13 \pm 4.47 \mu T$, VDM değeri $11.5E+22 Am^2$; NK 15.10 için ise paleoşiddet değeri $91.78 \pm 9.64 \mu T$, VDM değeri $16.8E+22 Am^2$ bulunmuştur.

Şekil 4.26.a ve b’de koyu yeşil daire ile gösterilmiş NK 18 numaralı mevkide güvenilir kabul edilen 5 örneğin 1’i olan NK18.2C örneğinin veri dağılımı gözlemlendiğinde dağılımın dışında

kaldığı tespit edilmiş değerlendirme dışı tutulmuştur. Kalan 4 örneğin ortalama paleoşiddet değeri $20.98 \pm 1.93 \mu T$, ortalama VDM değeri $4.38E+22 \pm 0.98E+22 Am^2$ bulunmuştur.

Tablo 4.12: Pliyosen Paleoşiddet ve VDM ortalama sonuçları (S.S : Standart Sapma).

Mevki	Yaş (My)	Paleoşiddet (μT)	S.S	Ortalama Paleoşiddet + S.S	VDM (E+22)	Ortalama VDM+S.S (Am^2)		
NK15.2	4.43	25.18	3.09	25.18±3.09	4.61	4.61E+22		
NK15.5		63.13	4.47		63.13±4.47		11.5	11.5E+22
NK15.10		91.78	9.64		91.78±9.64		16.8	16.8E+22
NK18.2C*	4.7	46.70	2.18	20.98±1.93	9.75	4.38E+22±0.98E+22		
NK18.3A		25.99	2.72		5.43			
NK18.4A		16.53	1.79		3.45			
NK18.4B		23.97	1.84		5.00			
NK18.6C		17.45	1.40		3.64			

4.3.4 Miyosen (23.03.0-5.33 My)

4.3.4.1 Geliştirilmiş Thellier Ölçümleri ve Verilerin Güvenilirliği

Miyosen yaşlı zaman aralığında; 6 mevkiden (NK17, NK27, NK29, NK30, NK33 ve NK34) toplamda 46 örnek çalışılmıştır. Paleoşiddet ölçümleri ile elde edilen Aria grafiklerin (Şekil 4.27) eğiminden paleoşiddet değerleri ve istatistiksel parametreler hesaplanıp Tablo 4.13'de verilmiştir. Tablonun 13. Sütunundaki kalite sınıfı verilerin güvenilirliği için kullanılmıştır. Şekil 4.27.a, c, e, g, ı, k'da güvenilir bulunan; Şekil 4.27.b, d, f, h, j, l'de güvenilir bulunmayan Miyosen yaşlı bazı örneklerin Aria grafikleri gösterilmiştir.

NK17 numaralı mevkiden 7 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı A* bulunan 1 örnek ve kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı B* bulunan 3 örnek değerlendirmeye alınmıştır . 3 örnekte kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı C* bulunan sonuçlar değerlendirmeye alınmamıştır.

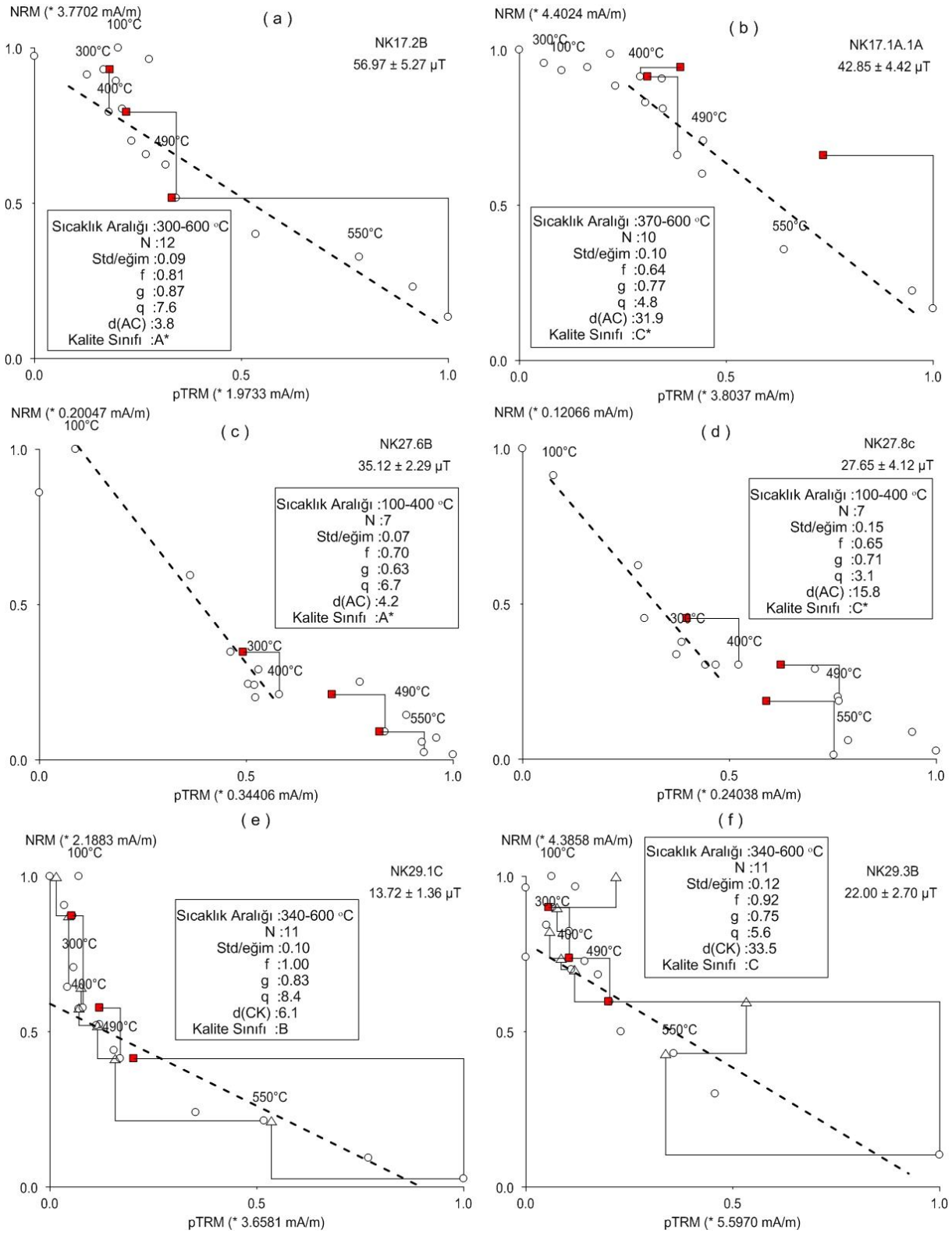
NK27 numaralı mevkiden 8 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kalite sınıfı B bulunan 1 örnek, kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı A* bulunan 3 örnek ve kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı B* bulunan 2 örnek değerlendirmeye alınmıştır. Kalan 2 örnekte kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı C* olarak bulunmuş güvenilirlik kriterlerini geçememiştir.

NK29 numaralı mevkiden 8 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kalite sınıfı B bulunan 2 örnek değerlendirmeye alınmıştır . 6 örnekte kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı C* bulunan sonuçlar değerlendirmeye alınmamıştır.

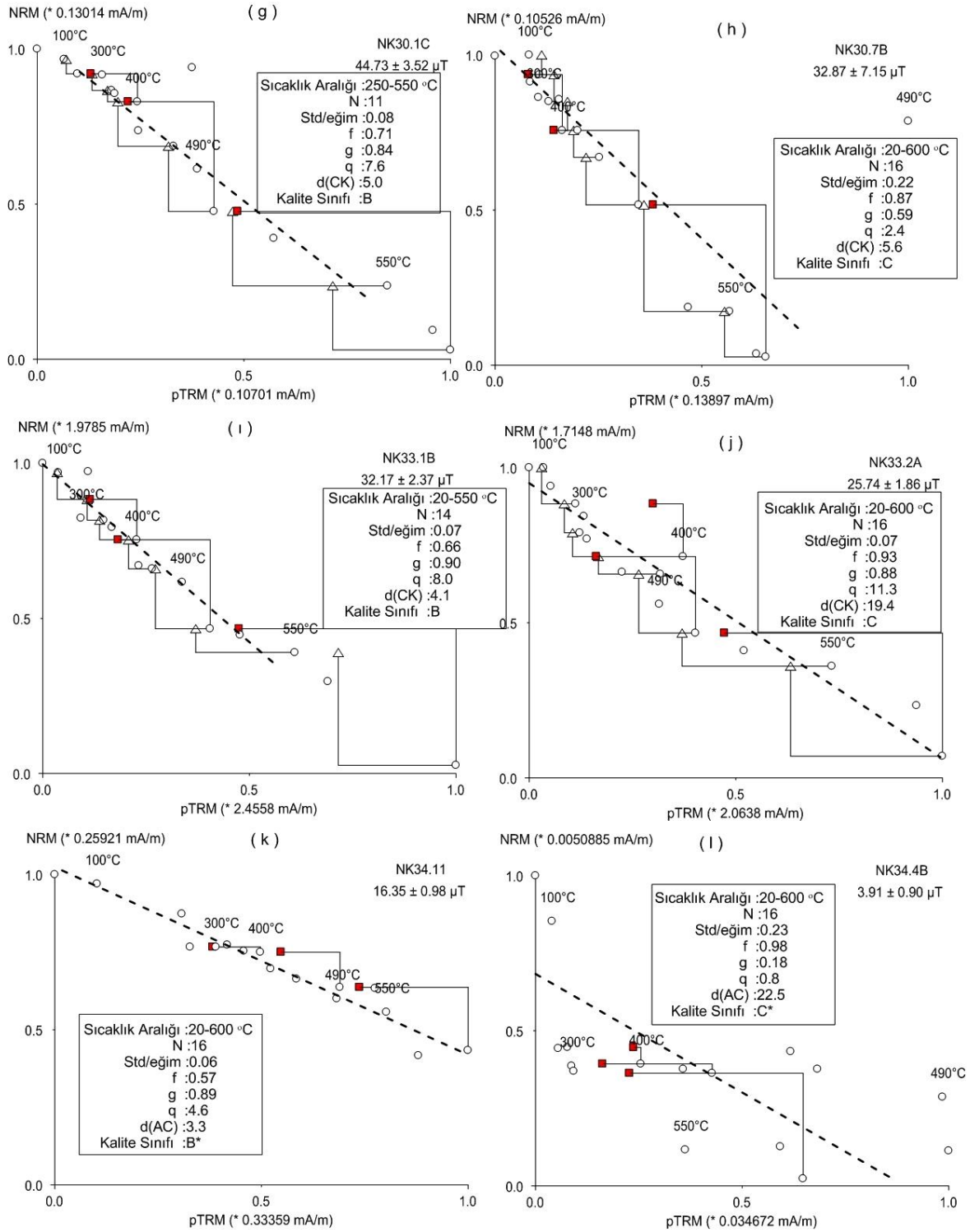
NK30 numaralı mevkiden 9 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kalite sınıfı B bulunan 3 örnek, kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı B* bulunan 2 örnek güvenilirlik kriterlerini geçmiştir. Güvenilirlik kriterlerini geçemeyen kalite sınıfı C bulunan 1 örnek ve kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı C* bulunan 3 örnek sonuçları değerlendirmeye alınmamıştır.

NK33 numaralı mevkiden 8 örnekte paleoşiddet çalışması gerçekleştirilmiştir. Kalite sınıfı B bulunan 3 örnek, kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı B* bulunan 2 örnek güvenilirlik kriterlerini geçerek değerlendirmeye alınmıştır. Kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı C* bulunan 3 örnek sonuçları güvenilirlik kriterlerini sağlamamıştır.

NK34 numaralı mevkiden 7 örnekte gerçekleştirilen paleoşiddet çalışması sonucunda kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı B* bulunan 5 örnek değerlendirmeye alınmıştır. Kontrol düzeltmesi ile kalite sınıfı C* bulunan 2 örnek sonuçları değerlendirmeye alınmamıştır.



Şekil 4.27: Miyosen Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan PTRM'leri, içi boş üçgenler PTRM kontrol ölçülerini d(CK)'yi kırmızı kareler ilave kontrol ile PTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol d(AC)'yi göstermektedir). Solsütun; kriterleri geçen, sağ sütun; kriterleri geçemeyen bazı örnekler için Aria grafikleridir.



Şekil 4.27(devam): Miyosen Aria grafikleri (İçi boş daireler kazandırılan PTRM'leri, içi boş üçgenler PTRM kontrol ölçülerini d(CK)'yi kırmızı kareler ilave kontrol ile PTRM kontrol arasındaki fark olan toplamsal kontrol d(AC)'yi göstermektedir). Sol sütun; kriterleri geçen, sağ sütun; kriterleri geçemeyen bazı örnekler için Aria grafikleridir.

Tablo 4.13: Miyosen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regresyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözlemlendiği adımların sayısı, f: DKM'nin bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açılma sapması, Alfa: Doğrultu kriteri, S: Sınıf, d(CK): rölatif kontrol hatası, d(pal): kontrol farklarının toplamı, DRAT: maksimum mutlak fark d(t*): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlama demanyetizasyon adımında şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark).

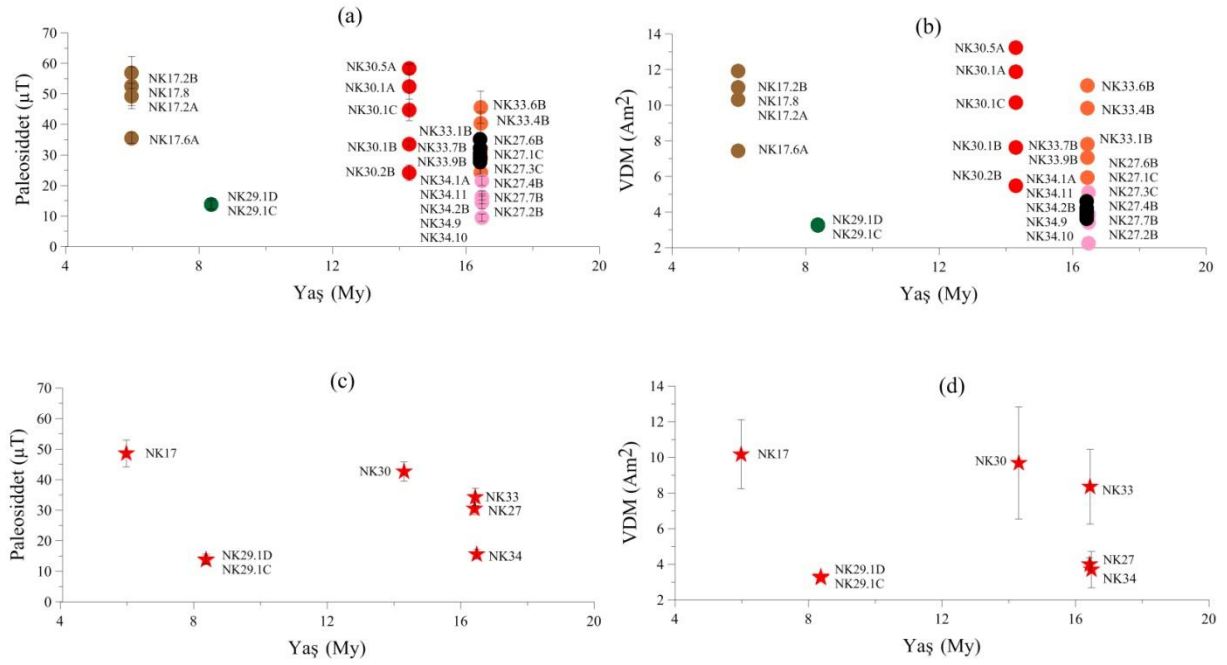
Miyosen Mevki	PŞ (µT)	St.S	Tmin-Tmax	N	Eğim (b)	Std/b (β)	f	g	q	Mad yönlendirilmiş	Alfa	S	d (CK)	CK -diff	Drat	d(t*)	d(TR)	d(AC)
NK17.1A	42.85	4.42	370-600	10	-1.22	0.10	0.64	0.77	4.8	2.2	2.0	C*	0.0	0.0	0.0	3.5	5.7	31.9
NK17.2A	49.32	4.20	370-600	10	-1.41	0.09	0.63	0.81	6.0	2.7	2.1	B*	0.0	0.0	0.0	3.0	5.1	6.6
NK17.2B	56.97	5.27	300-600	12	-1.63	0.09	0.81	0.87	7.6	2.4	2.2	A*	0.0	0.0	0.0	1.4	8.6	3.8
NK17.5A	44.03	9.14	370-600	10	-1.26	0.21	0.62	0.73	2.2	3.4	2.4	C*	0.0	0.0	0.0	8.3	8.9	36.9
NK17.6A	35.53	1.81	370-600	10	-1.02	0.05	0.72	0.82	11.6	2.7	1.3	B*	0.0	0.0	0.0	3.8	5.7	7.6
NK17.7	125.18	28.11	370-600	10	-3.58	0.22	0.11	0.39	0.3	4.3	3.7	C*	0.0	0.0	0.0	1.6	1.2	86.7
NK17.8	52.56	6.35	400-510	5	-1.50	0.12	0.60	0.64	3.2	5.5	4.9	B*	0.0	0.0	0.0	4.9	3.5	5.9
NK27.1C	32.25	1.48	100-370	6	-0.92	0.05	0.64	0.57	8.0	2.7	2.8	A*	0.0	0.0	0.0	0.2	3.4	4.6
NK27.2B	27.74	4.05	100-510	11	-0.79	0.14	0.96	0.74	4.9	5.6	4.5	B*	0.0	0.0	0.0	1.3	8.7	9.4
NK27.3C	30.50	0.69	100-340	5	-0.87	0.02	0.69	0.57	17.2	3.7	2.5	A*	0.0	0.0	0.0	1.0	2.9	4.3
NK27.4B	29.17	3.07	100-340	5	-0.83	0.11	0.48	0.60	2.7	3.7	6.4	B	5.8	9.2	9.3	0.8	0.5	3.2
NK27.5C	29.59	1.94	0-340	6	-0.85	0.07	0.75	0.60	6.9	4.0	4.3	C*	0.0	0.0	0.0	2.2	2.1	19.6
NK27.6B	35.12	2.29	100-400	7	-1.00	0.07	0.70	0.63	6.7	2.2	1.3	A*	0.0	0.0	0.0	1.3	6.7	4.2
NK27.7B	28.63	0.24	100-340	5	-0.82	0.01	0.51	0.61	37.7	3.2	1.5	B*	0.0	0.0	0.0	3.9	1.2	4.6
NK27.8C	27.65	4.12	100-400	7	-0.79	0.15	0.65	0.71	3.1	5.8	9.2	C*	0.0	0.0	0.0	2.3	6.6	15.8
NK29.1B	17.71	2.01	340-600	11	-0.51	0.11	0.88	0.81	6.3	4.7	1.0	C*	0.0	0.0	0.0	5.7	6.7	12.5
NK29.1C	13.72	1.36	340-600	11	-0.39	0.10	1.00	0.83	8.4	5.2	1.4	B	6.1	5.7	5.7	5.0	7.8	4.5
NK29.1D	13.94	1.76	250-600	13	-0.40	0.13	0.99	0.80	6.3	2.0	0.3	B	6.2	6.7	5.9	8.7	14.3	6.4
NK29.2A	17.38	1.41	340-600	11	-0.50	0.08	0.83	0.78	8.0	1.8	0.6	C*	0.0	0.0	0.0	5.9	7.9	18.0
NK29.3B	22.00	2.70	340-600	11	-0.63	0.12	0.92	0.75	5.6	4.0	1.6	C	33.5	55.7	31.0	10.4	10.5	1.0
NK29.2B	18.14	1.61	340-600	11	-0.52	0.09	0.90	0.76	7.7	4.1	0.9	C*	0.0	0.0	0.0	5.7	7.1	14.3
NK29.3C	24.63	2.80	400-600	9	-0.70	0.11	0.79	0.76	5.3	2.5	0.7	C*	0.0	0.0	0.0	2.7	2.9	15.0

Tablo 4.13 (devam): Miyosen paleoşiddet ölçümleri ve istatistiksel parametreler (St.S: Lineer regresyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözlemlendiği adımların sayısı, f: DKM'nin bölüntülük derecesi, g: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, Mad: Ortalama açılmal sapma, Alfa: Doğrultu kriteri, S: Sınıf, d(CK): rölatif kontrol hatası, d(pal): kontrol farklarının toplamı, DRat: maksimum mutlak fark d(t*): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlamaya demanyetizasyon adımında şiddet farkı, d(AC): pTRM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark).

Mevki	PŞ(µT)	St.S	Tmin- Tmax	N	Eğim (b)	Std/b (β)	f	g	q	Mad vönelen dirlimi	Alfa	S	d (CK)	CK- diff	Drat	d(t*)	d(TR)	d(AC)
NK30.1A	52.37	7.20	300-550	10	-1.50	0.14	0.84	0.82	5.0	2.3	0.7	B	6.2	9.2	4.1	13.8	5.9	4.8
NK30.1B	33.62	1.07	400-600	9	-0.96	0.03	0.81	0.83	21.1	3.0	0.2	B*	0.0	0.0	0.0	7.7	4.9	9.1
NK30.1C	44.73	3.52	250-550	11	-1.28	0.08	0.71	0.84	7.6	2.7	1.8	B	3.0	1.1	4.3	21.3	10.6	5.9
NK30.2B	24.18	2.51	0-510	12	-0.69	0.10	0.37	0.74	2.6	5.4	8.3	B	3.6	3.4	8.2	29.9	0.7	2.1
NK30.4B	26.49	6.39	340-510	7	-0.76	0.24	0.37	0.80	1.2	1.8	1.3	C*	0.0	0.0	0.0	6.0	2.0	20.6
NK30.5A	58.32	1.43	340-600	11	-1.67	0.02	0.73	0.85	25.3	1.4	0.3	B*	0.0	0.0	0.0	1.8	0.6	9.7
NK30.5B	43.33	3.99	340-600	11	-1.24	0.09	0.83	0.83	7.5	4.1	1.3	C*	0.0	0.0	0.0	2.1	3.0	11.2
NK30.6B	44.05	3.92	430-550	6	-1.26	0.09	0.55	0.78	4.9	2.3	1.0	C*	0.0	0.0	0.0	2.4	2.7	37.3
NK30.7B	32.87	7.15	0-600	16	-0.94	0.22	0.87	0.59	2.4	16.1	14.4	C	5.6	4.7	4.7	2.6	8.1	4.2
NK33.1B	32.17	2.37	0-550	14	-0.92	0.07	0.66	0.90	8.0	4.3	5.3	B	4.1	8.9	4.6	14.1	3.9	7.9
NK33.2A	25.74	1.86	0-600	16	-0.74	0.07	0.93	0.88	11.3	2.1	1.4	C	19.4	27.2	16.8	0.3	20.9	19.7
NK33.3B	28.01	1.37	0-600	16	-0.80	0.05	0.97	0.90	18.1	2.5	0.6	C*	0.0	0.0	0.0	4.8	1.3	18.7
NK33.4B	40.41	3.69	0-510	12	-1.15	0.09	0.52	0.87	4.9	3.0	4.2	B	3.4	4.3	4.3	23.4	5.9	6.3
NK33.5B	21.10	0.77	0-600	16	-0.60	0.04	0.90	0.90	22.0	2.5	0.8	C*	0.0	0.0	0.0	17.2	7.2	15.4
NK33.6B	45.66	5.27	0-510	12	-1.30	0.12	0.49	0.85	3.6	1.7	1.6	B*	0.0	0.0	0.0	24.0	8.7	5.3
NK33.7B	29.07	1.85	0-600	16	-0.83	0.06	0.99	0.88	13.7	5.8	2.0	B	6.2	9.0	4.9	21.9	4.3	4.7
NK33.9B	24.41	1.10	200-600	14	-0.70	0.04	0.90	0.86	17.2	2.7	1.4	B*	0.0	0.0	0.0	5.5	6.0	9.1
NK34.1A	21.53	1.50	400-600	9	-0.62	0.07	0.31	0.62	2.7	3.4	4.1	B*	0.0	0.0	0.0	2.4	2.1	3.5
NK34.2B	16.11	2.09	0-530	13	-0.46	0.13	0.43	0.78	2.6	6.2	14.4	B*	0.0	0.0	0.0	8.2	10.0	9.6
NK34.4B	3.91	0.90	0-600	16	-0.11	0.23	0.98	0.18	0.8	19.4	14.1	C*	0.0	0.0	0.0	1.0	22.6	22.5
NK34.7C	1.87	0.61	0-600	16	-0.05	0.32	0.70	0.27	0.6	29.7	49.6	C*	0.0	0.0	0.0	2.0	29.5	26.1
NK34.9	14.46	2.11	0-600	16	-0.41	0.15	0.65	0.84	3.7	4.7	4.6	B*	0.0	0.0	0.0	10.6	8.7	7.4
NK34.10	9.52	1.24	0-600	16	-0.27	0.13	0.50	0.82	3.1	4.7	3.3	B*	0.0	0.0	0.0	2.3	3.0	9.8
NK34.11	16.35	0.98	0-600	16	-0.47	0.06	0.57	0.89	8.4	4.6	8.3	B*	0.0	0.0	0.0	4.3	9.3	3.3

4.3.4.2 Miyosen Ölçüm Ortalamaları

Miyosen’de gerçekleştirilen paleoşiddet çalışmaları sonucunda kriterleri geçen verilerin paleoşiddet ve VDM değerleri sırasıyla; Şekil 4.28.a ve b’de grafik üzerinde gösterilmiştir. Paleoşiddet ve VDM değerlerinin ortalama sonuçları ise Şekil 4.28.c ve d’de grafik üzerinde gösterilmiştir. Tablo 4.14’de ise hem bireysel hem de ortalama alınmış paleoşiddet ve VDM değerleri verilmiştir.



Şekil 4.28: Miyosen’de elde edilen a) Paleoşiddet b) VDM c) Ortalama paleoşiddet d) Ortalama VDM sonuçları.

NK17 numaralı mevkide Şekil 4.28.a ve b’de kahverengi daire ile gösterilmiş güvenilir kabul edilen 5 örneğin ortalama paleoşiddet değeri $48.59 \pm 4.40 \mu T$, ortalama VDM değeri $10.17E+22 \pm 1.93E+22 Am^2$ bulunmuştur.

Şekil 4.28.a ve b’de siyah daire ile gösterilmiş NK 27 numaralı mevkide kriterleri geçen 6 örneğin ortalama paleoşiddet ve VDM değerleri sırasıyla $30.56 \pm 1.97 \mu T$, $4.00E+22 \pm 0.36E+22 Am^2$ bulunmuştur.

Koyu yeşil daire ile Şekil 4.28.a ve b’de gösterilen NK29 numaralı mevkiden 2 güvenilir sonuçtan elde edilen paleoşiddet ve VDM değerleri ortalama alınmadan bireysel olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.28, Tablo 4.14).

NK 30 numaralı mevkide Şekil 4.28.a ve b'de kırmızı daire ile gösterilmiş güvenilir kabul edilen 5 örnekten elde edilen ortalama paleoşiddet değeri $42.64 \pm 3.14 \mu\text{T}$ bulunmuştur. Ortalama VDM değeri ise $9.68\text{E}+22 \pm 3.14\text{E}+22 \text{Am}^2$ bulunmuştur.

Şekil 4.28.a ve b'de turuncu daire ile gösterilmiş NK 33 numaralı mevkide güvenilir kabul edilen 5 örneğin ortalama paleoşiddet değeri $34.34 \pm 2.85 \mu\text{T}$, ortalama VDM değeri $8.35\text{E}+22 \pm 2.09\text{E}+22 \text{Am}^2$ bulunmuştur.

Pembe daire ile Şekil 4.24.a ve b'de gösterilmiş NK 34 numaralı mevkide güvenilirlik kriterlerini geçen 5 örneğin ortalama paleoşiddet değeri $15.59 \pm 1.58 \mu\text{T}$, ortalama VDM değeri $3.70\text{E}+22 \pm 1.02\text{E}+22 \text{Am}^2$ bulunmuştur.

Tablo 4.14: Miyosen Paleoşiddet ve VDM ortalama sonuçları (S.S : Standart Sapma).

Mevki	Yaş (My)	Paleoşiddet (μT)	S.S	Ortalama Paleoşiddet + S.S	VDM (E+22)	Ortalama VDM+S.S (Am^2)
NK17.2A	5.98	49.32	4.20	48.59±4.40	10.33	10.17E+22±1.93E+22
NK17.2B		56.97	5.27		11.93	
NK17.6A		35.53	1.81		7.44	
NK17.8		52.56	6.35		11.01	
NK27.1C	16.42	32.25	1.48	30.56±1.97	4.23	4.00E+22±0.36E+22
NK27.2B		27.74	4.05		3.64	
NK27.3C		30.50	0.69		4.00	
NK27.4B		29.17	3.07		3.82	
NK27.6B		35.12	2.29		4.61	
NK27.7B		28.63	0.24		3.75	
NK29.1C	8.37	13.72	1.36	13.72±1.36	3.25	3.25E+22
NK29.1D		13.94	1.76	13.94±1.76	3.31	3.31E+22
NK30.1A	14.3 Bu çalışma	52.37	7.20	42.64±3.14	11.89	9.68E+22±2.09E+22
NK30.1B		33.62	1.07		7.63	
NK30.1C		44.73	3.52		10.16	
NK30.2B		24.18	2.51		5.49	
NK30.5A		58.32	1.43		13.24	
NK33.1B	16.44	32.17	2.37	34.34±2.85	7.83	8.35E+22±2.09E+22
NK33.4B		40.41	3.69		9.84	
NK33.6B		45.66	5.27		11.11	
NK33.7B		29.07	1.85		7.07	
NK33.9B		24.41	1.10		5.94	
NK34.1A	16.48	21.53	1.50	15.59±1.58	5.11	3.70E+22±1.02E+22
NK34.2B		16.11	2.09		3.82	
NK34.9		14.46	2.11		3.43	
NK34.10		9.52	1.24		2.26	
NK34.11		16.35	0.98		3.88	

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1 VERİLERİN GÜVENİLİRLİĞİ

Paleoşiddet çalışmalarında elde edilen verilerin güvenilirliğini test etmek oldukça önemli bir aşamadır. Bu amaçla, paleomanyetizma analizleri, kaya manyetizması testleri ve paleoşiddet çalışmalarında sıklıkla kullanılan Thellier Tool4 programındaki analizler toplu olarak değerlendirilmiş ve en güvenilir bulunan örneklerin paleoşiddet değerleri yorumlanmıştır.

Çalışmalarda örnekler birçok kez ısıtma-soğutma işlemine tabi tutulmaktadır. Bu işlemler süresince örnek içerisinde kimyasal ve fiziksel bozuşma meydana gelmekte bu da alterasyonu arttırarak verilerin güvenilirliğini azaltmaktadır. Bu nedenle örnekte bir alterasyonun olmadığını belirlemek oldukça kritiktir. Bunun yanında, örneklerin mıknatıslanmalarından sorumlu olduğu mineralin domen yapısını, koersif kuvvetini, cinsini belirlemek de verilerin güvenilirliğini test etmek için önemlidir. Tüm bunlar için kaya manyetizması testleri gerçekleştirilmiştir.

Paleoşiddet çalışmalarında sıcaklık süseptibilite ölçümlerde alterasyon miktarlarının az olduğu sonuçlar güvenilir kabul edilmiştir. Daha önceki çalışmalarından özellikle tek domenli örneklerde güvenilirliğin yüksek olduğu bilinmektedir. Ancak doğada tek domenli mineral yapılarına rastlamak zordur. Bunun için paleoşiddet çalışma yöntemlerinde ek kontrol yapılarak yalancı tek domen ve çoklu domen yapıda olan örneklerde de güvenilir sonuç elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında ölçülen örneklerimiz çoğunlukla yalancı tek domen yapıda bulunmuştur. Kaya manyetizması deneyleri sonucunda da düşük koersif kuvvet etkin ama yüksek koersif kuvvetli minerallerinde olduğu tespit edilmiş mıknatıslanmadan sorumlu minerallerin çoğunlukla manyetit ve titanyumca zengin manyetit (ya da titanyumca zengin hematit) olduğu gözlemlenmiştir (EK2; EK3).

Kaya manyetizması sonrasında seçilen pilot örneklere paleoşiddet çalışması uygulanmıştır. Ancak, kaya manyetizması deneylerini geçemeyen örneklerin bazılarının yapılan ek kontrollerle ve düzeltmelerle A, B sınıfı bulunup (düzeltilmiş kontrol =A*,B*) güvenilirlik kriterlerini geçtiği de tespit edilmiştir. Tablo 3.7'de uyguladığımız programın güvenilirlik kriterleri verilmiştir. Ancak çalışmamızda uygulanan kriterlerin alt sınırları az da olsa

daraltılmıştır. Buna göre verilerimizin güvenilirlik kriterlerini programda da olduğu gibi 5 aşamada irdeledik. Buna göre;

1) Lineer kriterlerinden ,

- a) Başarılı ölçüm adımlarının minimum veri sayısı $(N) \geq 5$
- b) Lineerliğin standart sapması ≥ 0.15
- c) Doğal kalıntı miktatsızlanmanın parçası $(DKM (f)) \geq 0.31$
- d) Verilerin Kalite faktörü $(q) \geq 1.5$ olarak alınmıştır.

2) Doğrultu kriterlerinden;

- a) $MAD < 15$,
- b) Alfa değerleri < 15 olanlar güvenilir kabul edilmiştir.

3) Alterasyon kriterlerinden;

- a) Rölatif kontrol hatası $(d (CK)) \leq 7$,
- b) Kontrol farklarının toplamı $(d (pal)) \leq 10$ olanlar güvenilir kabul edilmiştir.

4) Toplam kontrol değerinin Rölatif AC hatası $(d (AC)) \leq 10$ alınmıştır.

5) Tekrarlanan temizleme adımlarından;

a) pTRM nin normalize edilmiş tail kontrolü Thellier Tool B sınıf için $d(t^*) \leq 99$ olup özellikle tek domen yapıda olmayan örnekler için geniş tutulmuştur. Genel olarak $d(t^*)$ değerinin çoklu domenler için geniş aralıkta olduğu kabul görmüştür. Çalışılan örneklerde NK31 mevki için $d(t^*) = 61.4$ değeri NK 14 $d(t^*) = 37.3$ değeri bulunmuştur. Bu yüksek değerler örneklerin domen yapısından kaynaklanmaktadır. NK 31 ve NK 14 numaralı örneklerin dışında kalan diğer örneklerin $d(t^*)$ değerleri 22' nin altında bulunmuştur. Paterson ve diğ. (2010) çalışmalarında (dt^*) değerin 20'nin altında alınmışlardır. Sherbakova ve diğ. (2000)'de domen yapılarıyla ilişkili çalışmalarında TD için $dt^* < 4\%$, YTD için $4\% < dt^* < 15-20\%$, ÇD için $> 20\%$ vermişlerdir.

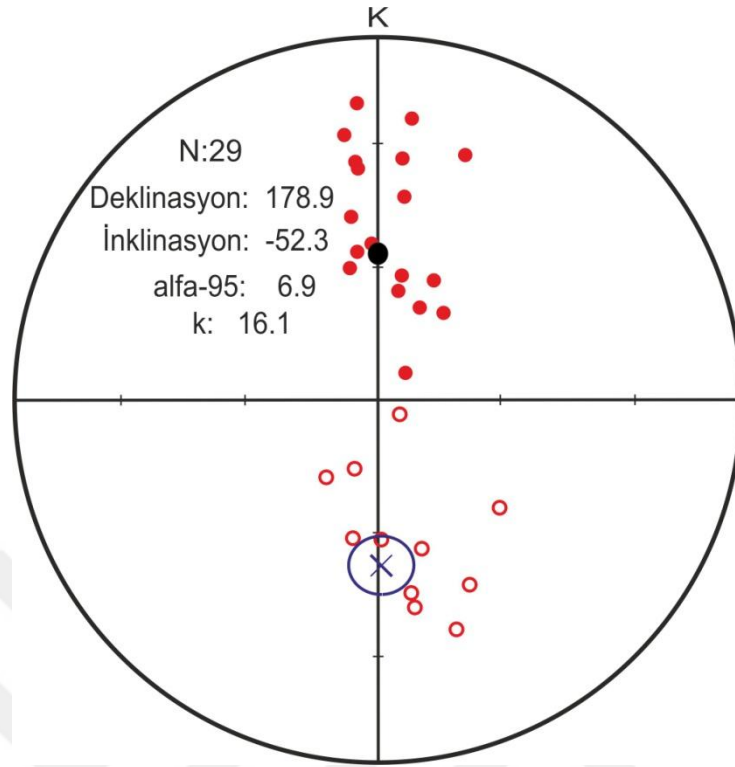
Özellikle yalancı tek domen ve çoklu domenlerde uyguladığımız (düzeltilmiş kontrol) düzeltmede $d(CK)$, $d(pal)$, DRAT hesaplanmamakta o zamanda Rölatif AC hatası $(d(AC))$ 'nın 10 ve 10 'dan küçük olması dikkate alınmaktadır.

b) Rölatif şiddet farklarının toplamı d(TR) Thellier Tool B programda Tablo 3.6'da güvenilirlik kriter sınıflamasında 15'den küçük alınmış bu çalışmada ise bu değer 14.3'ten küçük değerler bulunmuştur.

Paleoşiddet çalışmalarında bir mevkiye ait çalışılan örnek sayısı için belli bir kriter belirlenmemiş olup güvenilirlik kriterini geçen tek örnek bile veri setinde kullanılmıştır Ancak çalışmamızda ortalama alırken aynı mevkiye ait çok farklı değerlerin, ortalamayı etkilemesine neden olmaması için güvenilirlik kriterlerini geçmesine rağmen ortalamaya alınmamıştır.

5.2 PALEOMANYETİK VERİLER VE MIKNATISLANMANIN YAŞI

Paleomanyetik çalışmalardan elde edilen Neojen-Kuvaterner yaş aralığında değerlendirmeye alınan 29 mevkiye ait coğrafik koordinatlardaki ortalama deklinasyon açısı: 178.9° , inklinasyon açısı : -52.3° , alfa-95: 6.9, k :16.1 bulunmuştur. Günümüzdeki çalışma alanı ile aynı enlemlerdeki deklinasyon açısı yaklaşık 5.5° olup saat yönünde rotasyonu göstermektedir. Bu sonucun çalışma alanındaki Holosen-Miyosen yaş aralığında elde edilen deklinasyon açısı ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Günümüzde çalışma alanı ile aynı enlemlerdeki inklinasyon açısı ise yaklaşık 55° olup elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak Miyosen'den günümüze çalışma alanında tektonik olarak bir değişim olmadığı saptanmıştır.



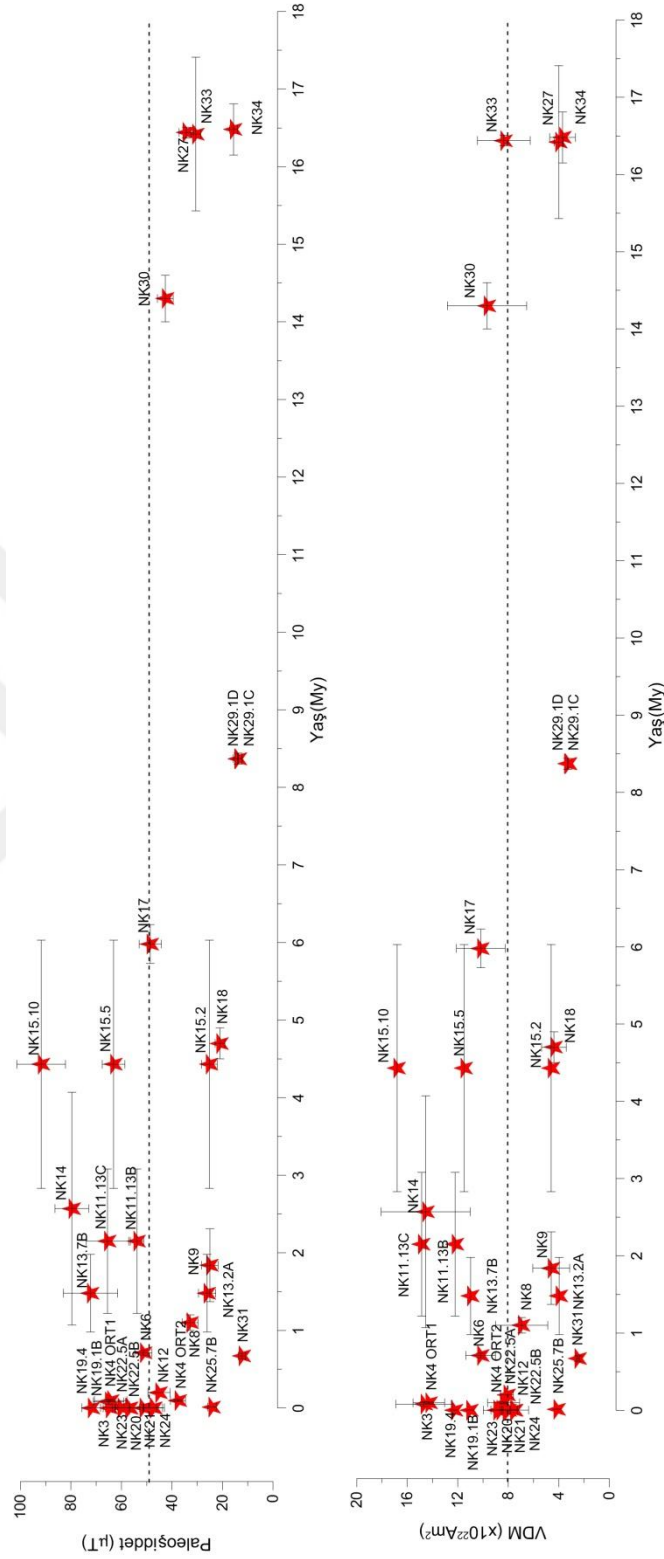
Şekil 5.1: Holosen-Miyosen yaş aralığındaki coğrafik koordinatlardaki ortalama paleomanyetizma sonuçları (Siyah daire günümüzdeki D ve I değerlerini vermekte, x işareti ortalama D ve I değerlerini göstermektedir. Kırmızı içi dolu daireler; normal polarite, içi boş daireler ters polariteleri göstermektedir).

Paleomanyetik çalışmalar sonucunda 29 mevkiye ait Holosen - Miyosen yaş aralığında kayaçların grup ortalamaları incelendiğinde 10 mevkide ters polarite, 19 mevkide ise normal polarite gözlenmiştir (Şekil 5.1). Eğer kayaçlar oluştukları anda kazandıkları ilk mıknatıslanmalarından sonra günümüze kadar ikincil bir mıknatıslanma geçirmiş olsalardı hepsinin polaritesi aynı olurdu. Bu ön bilgiyle yapılan reversal (terslenme) test (McFadden ve McElhenny, 1990) pozitif çıkmış ve C sınıfı bulunmuştur. Bu da bize tez kapsamında ölçülen örneklerin mıknatıslanma yaşının orijinal ilk oluştuğu andaki yaşta olduğunu ve ikincil mıknatıslanma geçirmediğini göstermektedir.

5.3 TÜM PALEOŞİDDET SONUÇLARI

Orta ve Batı Anadolu'dan elde edilen örneklerle pTRM kontrollü Geliştirilmiş Thellier Yöntemi uygulanarak toplamda 34 mevkinin 25'inde güvenilir paleşiddet değerleri elde edilmiştir. Çalışmada NK3, NK4, NK6, NK8, NK9, NK11, NK12, NK13, NK14, NK15, NK17, NK18, NK19, NK20, NK21, NK22, NK23, NK24, NK25, NK27, NK29, NK30, NK31, NK33, NK34 numaralı tüm mevkilere ait örneklerden elde edilen ortalama paleşiddet ve ortalama VDM değerleri Şekil 5.2 'de verilmiştir.

Güvenilir sonuçların elde edilmediği 9 mevkinin örneklerini inceleyecek olursak; NK1 ve NK2 mevkilerinden alınan örneklerin paleomanyetik ölçümlerinde elde edilen duraysız mıknatıslanma vektörleri, sıcaklık süseptibilite ölçümlerde gözlenen manyetik minerolojideki bozuşma bu örneklerin paleşiddet çalışmaları için uygun örnek olmadığını desteklemektedir (EK3). NK10 numaralı mevkinin sıcaklık süseptibilite ölçümlerle titanyumlu manyetit olduğu (EK3) histerezis sonuçlarından da yalancı tek domene sahip olduğu tespit edilmiş (Şekil 4.15) ve güvenilir paleşiddet sonucu vermemiştir. NK5 ve NK16 mevkilerindeki örneklerin, sıcaklık süseptibilite ölçümlerde bozuşma göstermemesine ve mıknatıslanmasından sorumlu mineralin manyetit olmasına rağmen (EK2, EK3), paleşiddet çalışmaları için güvenilirlik kriterlerini sağlamadığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin bu örneklerin, histerezis ölçümleri ile belirlenen yalancı tek domen yapısından kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.15). NK26 numaralı mevkiden alınan örnek için ise sıcaklık süseptibilite sonuçları incelendiğinde ısınma ve soğuma arasında farklılık göze çarpmaktadır. Ölçüm sırasında bir manyetik bozuşmaya uğramasından dolayı güvenilir sonuçlar elde edilememiştir (EK3). Benzer şekilde, NK28 numaralı örnek de sıcaklık süseptibilite ölçümlerinde ısınma soğuma arasındaki farkın fazla olduğu gözlemlenmiş ve örnek paleşiddet çalışmalarında güvenilirlik kriterini geçememiştir (EK3). Verinin güvenilir kriterlerini geçememesinin başka nedeni olarak örneklerin yalancı ya da çoklu domen yapıda ve zayıf duraysız manyetik mineral içermesinden kaynaklı olabileceğidir. NK7 mevkisinde gerek paleomanyetizma (EK1) gerekse paleşiddet çalışmasında duraylı karakteristik kalıntı mıknatıslanma elde edilememiştir (Şekil 4.5). NK32 mevkide çok sayıda ısıtma işlemine tabi tutulan örnekler 400 derecede kırılmış ve bu fiziksel tahribattan dolayı örneklerin hacimlerinde değişim meydana gelmiş ve uygulanan yöntem için uygun olmadığı görülmüştür.



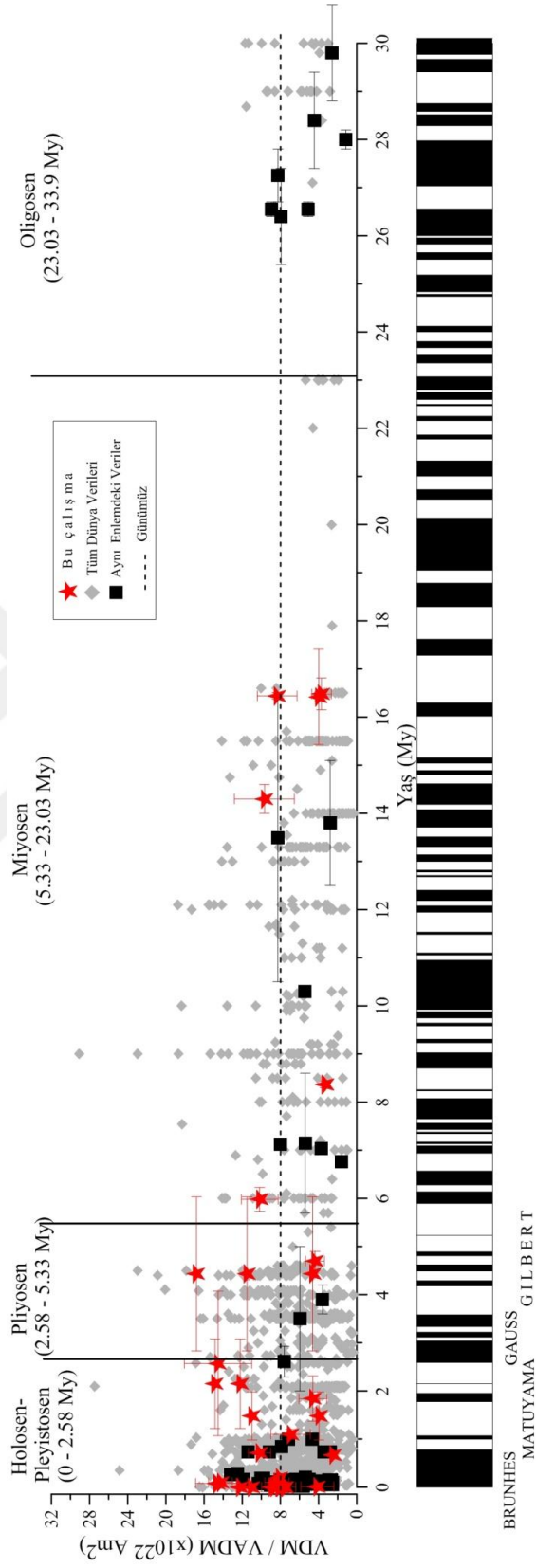
Şekil 5.2: Çalışma sonucunda elde edilen ortalama paleoşiddet ve VDM değerlerinin zamanla değişimi. Kesikli çizgi günümüz değerlerini göstermektedir.

5.4 GÜNÜMÜZDEN 30 MY ÖNCEKİ YERMANYETİK ALANI

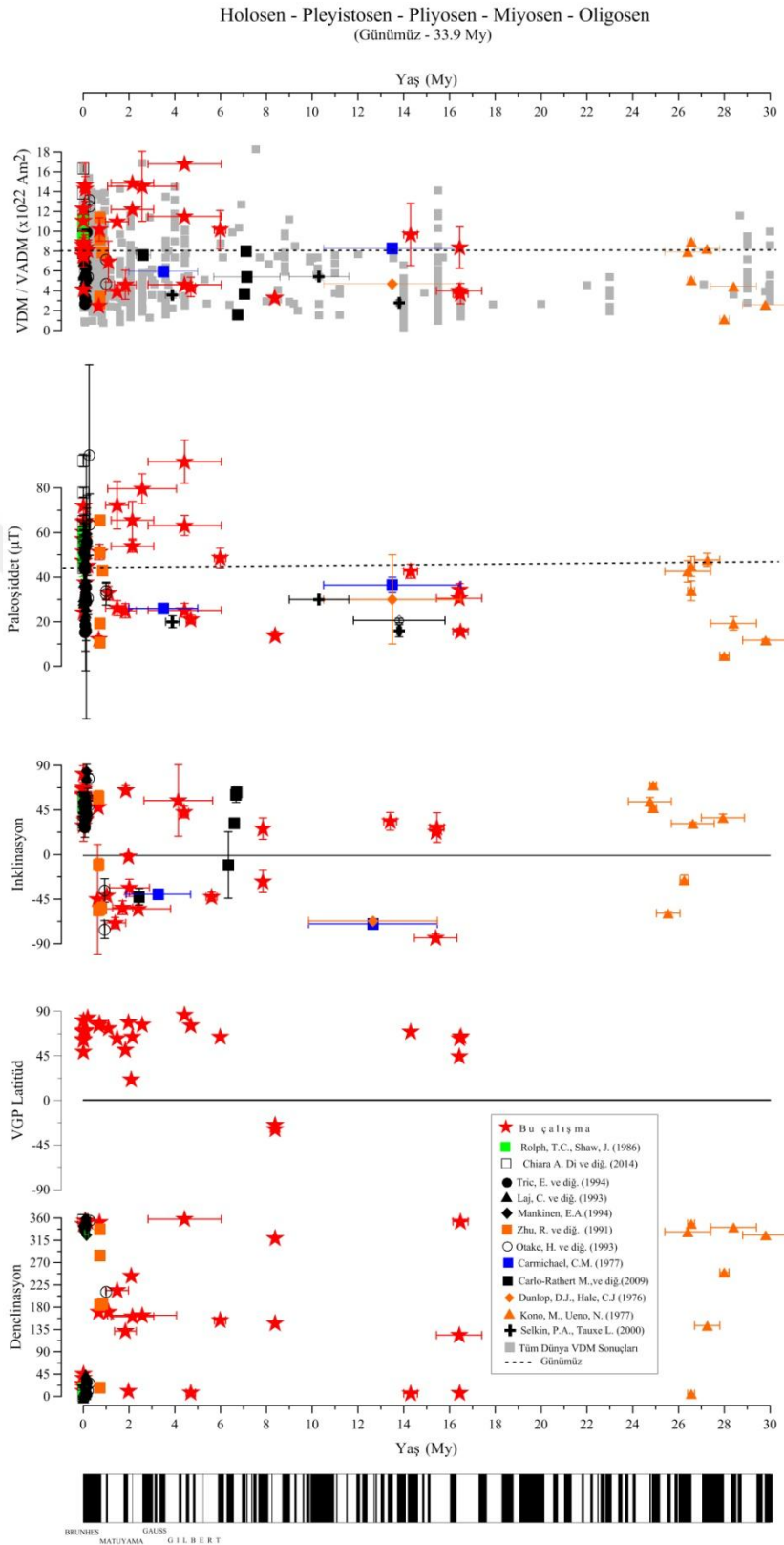
Çalışmadan elde edilen sonuçlar 0 –30 My arasında Borokpint (2015) veri tabanında bulunan tüm dünyadan elde edilmiş VDM (VADM) sonuçlarıyla karşılaştırılmış (Şekil 5.3), manyetik alandan sapmalar ve polarite terslenmelerindeki davranışları gözlemlenmiştir.

Bilindiği üzere paleoşiddet değeri ve inklinasyon açısı enleme göre farklılık gösterir. Bu yüzden paleoşiddet değerlerini karşılaştırmak için aynı enlemlerde yapılmış çalışmalar kullanılmıştır. Çalışmanın bulunduğu enlemlerde (37° - 39°) 0.0006 - 30 My yaş aralığındaki paleoşiddet çalışmaları Borokpint veri tabanından (Borokpint, 2015) sağlanarak, çalışma sonuçları VDM/VADM, paleoşiddet, inklinasyon, deklinasyon bazında karşılaştırılmıştır (Şekil 5.4).

Çalışma sonuçlarını ayrıntılı olarak gözlemek için jeolojik zaman çerçevesinde Holosen (Şekil 5.5, Şekil 5.6), Üst Pleyistosen (Şekil 5.7, Şekil 5.8), Orta-Kalabriyen Pleyistosen (Şekil 5.9, Şekil 5.10), Gelasiyen Pleyistosen-Pliyosen-Miyosen-Oligosen (Şekil 5.11, Şekil 5.12) zaman aralıklarında ayrı ayrı incelenmiştir.



Şekil 5.3: Çalışma kapsamında elde edilen VDM değerlerinin, tüm Dünyadaki ve çalışma alanı ile aynı enlemden elde edilmiş olan VDM değerleri ile karşılaştırılması.



Şekil 5.4: Bu çalışmadan elde edilen ve çalışma alanı ile aynı enlemde daha önceden elde edilmiş olan (Borokpint, 2015) paleoşiddet, VDM, İnklinasyon, Deklınasyon, VGP Lat. Sonuçları.

5.4.1 Holosende Yermanyetik Alanı

Holosen, Kuvaterner dönemi günümüze 0.0117 My önce geç buzul çağı Pleyistosen döneminin bitmesinden günümüze kadar olan dönemi kapsamaktadır. Çalışmadaki veriler Holosen döneminin 0.0009 My ile 0.0025 My yaş aralığını ve normal polariteli Brunhes dönemini C1n kronunu kapsamaktadır (Şekil 5.5). Paleşiddet, inklinasyon, deklinasyon ve VGP enleme göre değiştiğinden karşılaştırma yapabilmek için Borokpint veri tabanında sadece aynı enlemdeki verilerle (37° - 39°) birlikte incelenmiştir (Şekil 5.6). Çalışma kapsamında Holosen döneminde kriterleri geçen NK19, NK20, NK21, NK22, NK23 ve NK24 numaralı 6 mevkiye ait örneklerden elde edilen sonuçlar değerlendirmeye alınmıştır.

Holosende yermanyetik alan şiddetinin günümüze kadar olan zamandaki uzun süreli değişimini incelemek için veri tabanında 0.003 My' dan günümüze kadar olan yaş aralığında tüm dünyadan ve çalışma alanıyla aynı enlemden elde edilmiş VDM değerleri ile bu çalışmadan elde edilmiş VDM değerleri (Şekil 5.5; Şekil 5.6.a), çalışmadan elde edilen paleşiddet değerleri ile veri tabanındaki çalışma alanıyla aynı enlemden elde edilmiş paleşiddet değerleri (Şekil 5.6.b) birlikte incelenmiştir. Ayrıca, Holosen döneminde GEOMAGIA V.2 veri tabanından alınmış arkeomanyetik materyaldan elde edilen rölatif paleşiddet sonuçlarıyla hesaplanmış VDM değerlerinin interpolasyon yöntemlerinden kübik spline grafiğinden fonksiyonun ayırık noktalarının bilgilerini kullanarak, aynı fonksiyonun bilinmeyen başka noktaları için elde edilen CALS3K model eğrisi (Donadini et al., 2009; Korte, M. ve C. G. Constable., 2011) ile karşılaştırma yapılmıştır (Şekil 5.5).

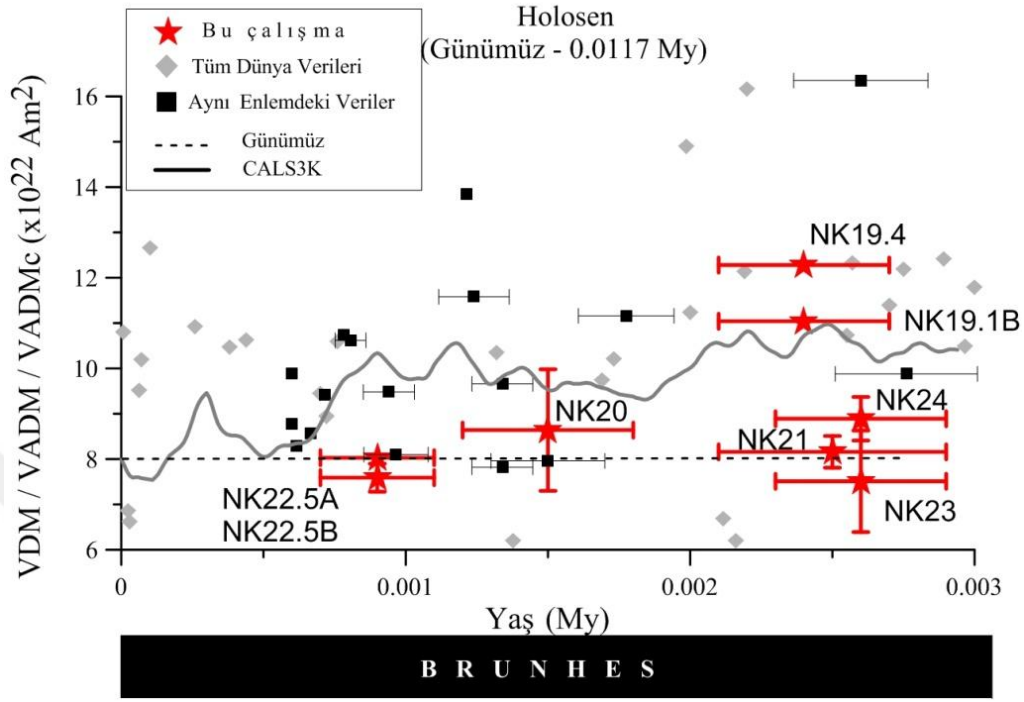
Veri tabanında Holosen'de çalışma alanıyla aynı enlemden bulunan farklı yöntemlerle gerçekleştirilmiş iki paleşiddet çalışması mevcuttur. Rolph ve Shaw (1986) paleşiddet çalışması için Shaw (S) yöntemini, Chiara ve diğ. (2014) ise pTRM kontrollü Thellier (T⁺) yöntemini kullanarak (çalışma ile benzer yöntem) veri tabanında yer almışlardır. Şekil 5.6'da yeşil renkle gösterilen verinin elde edilmesinde kullanılan yöntemin S, siyah renk ile gösterilen verinin elde edilmesinde kullanılan yöntemin T⁺ olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma ve veri tabanındaki verilerin VDM (VADM) değerleri $6-16 \times 10^{22}$ Am² arasında, aynı enlemdeki paleşiddet değerleri ise 44-92 μ Tarasında değiştiği görülmektedir (Şekil 5.5, Şekil 5.6.a, Şekil 5.6.b). Genel olarak mevkilere ait değerlerin CALS3K model eğrisiyle uyumlu olmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.5). Sadece NK19.1B (standart VDM hatası ile

birlikte) numaralı örnek VDM değeri CALS3K model eğrisi üzerindedir (Şekil 5.5). NK20, NK21, NK23, NK24 numaralı mevkilerden elde edilen verilerle CALS3K model eğrisi karşılaştırıldığında, model verilerindeki değerlerden daha düşük değerlerin elde edildiği görülmüştür (Şekil 5.5). Bu mevkilerden günümüze yakın VDM ve paleoşiddet değerleri elde edilmiştir (Şekil 5.5; Şekil 5.6.a; Şekil 5.6.b).

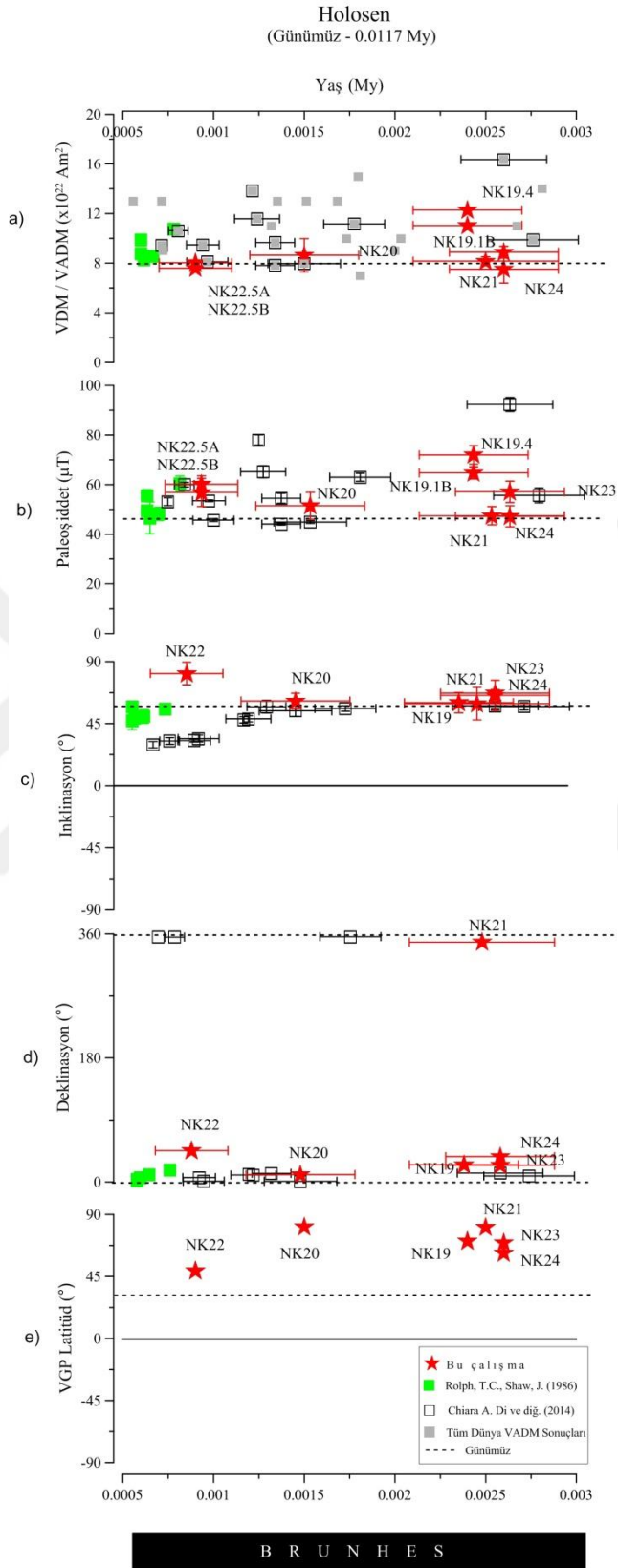
NK 22 numaralı mevkiye ait örneklerden elde edilen paleoşiddet ve VDM değerinin Chiara ve diğ. (2014)' nin aynı enlemdeki ve aynı yaştaki verisi ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.5; Şekil 5.6.a; Şekil 5.6.b). NK21, NK23, NK24 ve NK19 mevkileri birbirlerini takip eden yakın yaşlara sahiptirler. VDM değerleri NK21, NK23, NK24 ve NK19 arasında yaklaşık $2-3 \times 10^{22}$ Am²'ye (paleoşiddet değerleri yaklaşık 20 µT) varan farklılıklar göstermektedir. Ancak bu mevkiler arasındaki fark inklinasyon (Şekil 5.6.c) arasında gözlenmemektedir. Bu da bize VDM ve paleoşiddetteki sıçramanın manyetik alandaki bir sapma olarak yorumlanmamıştır. Bu çalışmada elde edilen Holosen dönemi inklinasyon açıları genellikle 60° civarında bulunmuştur. Bu değer çalışma alanına yakın yerlerden daha önce elde edilen Holosen inklinasyon verileri (Makaroğlu, 2011; Makaroğlu ve diğ., 2016; Vigliotti ve diğ., 2016; Makaroğlu ve diğ., 2018) ile uyumlu bulunmuştur. Ancak Chiara ve diğ. (2014) 0.001 My için elde ettikleri inklinasyon değeri pozitif ama diğer verilerden daha düşüktür. Elde edilen bu sonuç aynı zaman aralığına ait veri sayısının arttırılıp değerlendirilme yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Çalışmadan elde edilen deklinasyon açısı ile çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan verilerin deklinasyon açısı incelendiğinde; genel olarak saat yönünde rotasyon saptanmıştır. Sadece NK 21 saat yönünün tersinde 12 °'lik bir rotasyonu göstermiştir (Şekil 5.6.d). Deklinasyon açısının günümüze yakın olması inklinasyon açısının pozitif olması çalışılan zaman aralığında manyetik alandan sapmanın olmadığı ve tektonik olayın olmadığı sonucunu göstermiştir. Çalışmadan elde edilen Holosen kutup pozisyonları günümüzdeki aynı enlemden elde edilmiş olan kutup pozisyonlarına yakın ve pozitif olup Şekil 5.6.e'de gösterilmiştir.



Şekil 5.5: Holosen dönemi VDM sonuçları (Tüm dünya verileri ve aynı enlemdeki veriler Borokpint veri tabanından alınmıştır).

Sonuç olarak; bu çalışmadan elde edilen VDM değerleri günümüze yakın veya günümüzden yüksek bulunmuştur. Veri tabanında $6 \times 10^{22} \text{Am}^2$ den düşük VDM değerinin bulunmaması bu zamanda herhangi bir manyetik alandan sapmanın olmadığını göstermektedir. Genel olarak 3000 yıl önce manyetik alan şiddetinin günümüzden çok farklı olmadığı tespit edilmiştir. Veri sayısı artırılması ile Holosen'deki yermanyetik alan hakkında bize daha çok bilgi sağlayacaktır. Ayrıca yaş ve VDM hata paylarının çalışma için önemli olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçların değerlendirilmesinde çalışılan enlemlerde veri sayısının mutlak yaş tayini yapıp artırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.6: Holosen dönemi paleoşiddet ve paleomanyetizma sonuçları a) Tüm dünyadaki VDM b) Aynı enlemdaki Paleoşiddet c) Aynı enlemdaki İnklınasyon d) Aynı enlemdaki Deklınasyon e) VGP (Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri tabanından alınmıştır).

5.4.2 Üst Pleyistosen'de Yermanyetik Alanı

Üst Pleyistosen 0.0117 My ile 0.126 My zaman aralığını kapsayan dönemde yermanyetik alan şiddetinin değişimini incelemek için çalışmadan elde edilen VDM değerleri ile tüm dünyaki ve çalışma alanıyla aynı enlemdeki VDM değerleri, çalışmadan elde edilen paleoşiddet değerleri ile aynı enlemdeki paleoşiddet değerleri birlikte incelenmiştir. Ayrıca, Channel ve diğ. (2009)' nin derin deniz sedimanlarındaki rölatif paleoşiddet değerleri ve oksijen izotoplarının eşleştirme algaoritmasını kullanarak elde ettikleri PISO 1500 model eğrisi ile de bir karşılaştırma yapılmıştır. Çalışma alanının içinde bulunan tüm veriler normal poloriteli Brunhes dönemi Cn1 kronuna denk gelmektedir. Brunhes döneminde bulunan manyetik alandan sapmalar; Hilina Pali sapması (14–22 By; TeanBy ve diğ., 2002), Mono Lake sapması (27.3–35.5 By; Laj ve diğ., 2014), Laschamp sapması (40.7–41.9 By; Laj ve diğ., 2014), Post Blake sapması (91–106 By; Singer ve diğ., 2014) ve Blake (108-132 By) olarak adlandırılmıştır.

Veri tabanında aynı enlemden gerçekleştirilmiş 3 paleoşiddet çalışması mevcuttur. Tric ve diğ., (1994), Laj ve diğ. (1997), Mankinen (1994) T⁺ yöntemi ile (çalışma ile benzer yöntem) veri tabanında yer almışlardır (EK 4 ve Şekil 5.8).

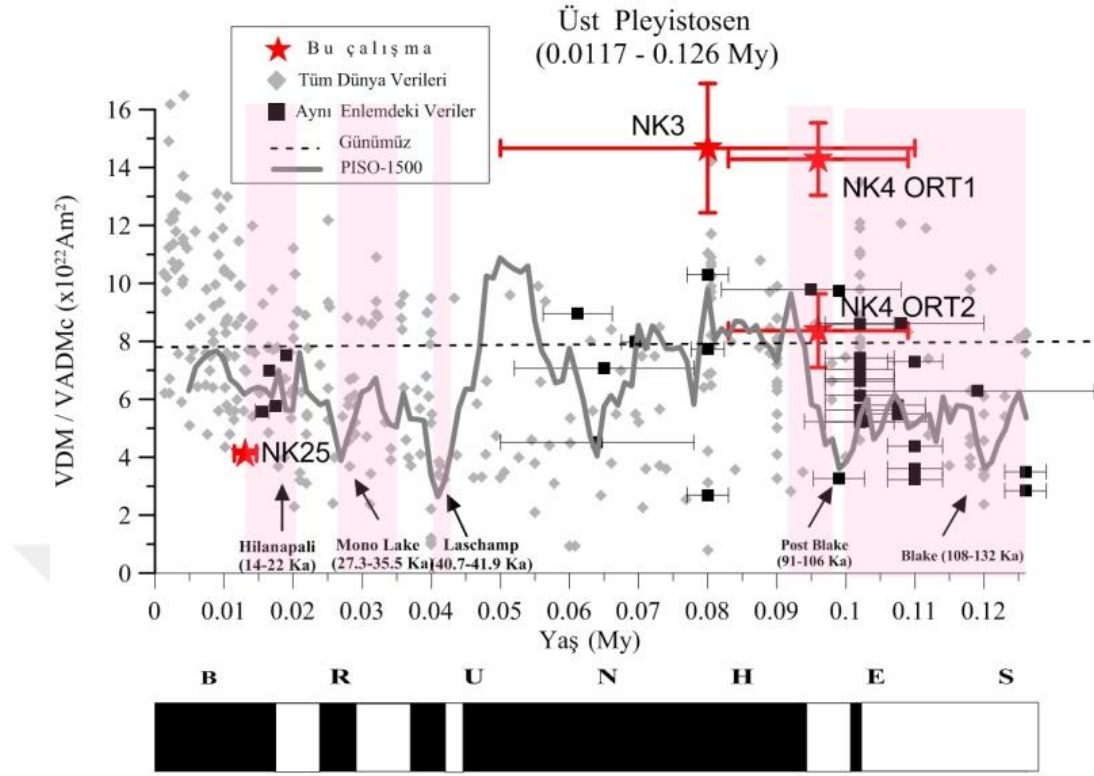
Bu çalışma ve Borokpint veri tabanındaki verilere göre VDM (VADM) değerleri yaklaşık $1-17 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ (Şekil 5.7), aynı enlemdeki paleoşiddet değerleri 15-65 μT arasındadır (Şekil 5.7, Şekil 5.8.a, Şekil 5.8.b). Veri tabanındaki tüm sonuçlara bakıldığında Üst Pleyistosen 0.0117 My ile 0.02 My yaş aralığında genel olarak bir düşüş olduğu gözlenmiştir. NK25 numaralı mevkiye ait örnekten elde edilen veri bu azalmanın hemen hemen uç noktasına karşılık gelmektedir ve veri tabanındaki sonuçlarla uyumlu olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.7, Şekil 5.8.a, Şekil 5.8.b). Kitaba ve diğ. (2017)'nin Nature'da yayınlanan makalelerinde terslenmenin ve manyetik alandan sapmaların olduğu dönemlerde buzul çağlarının olduğunu ve rölatif paleoşiddet değerinin düştüğünü saptamışlardır. Buna göre çalışmadan elde ettiğimiz 13.1 By yaşındaki NK25 verisinin düşük paleoşiddet ve düşük VDM değeri 14-22 bin yıl zaman aralığındaki Hilina Pali sapmasını (TeanBy ve diğ., 2002) ve 11.7 bin yıl önceki Younger Drays (buzul çağının Üst Pliyostosenin bitişi ve Holosenin başlangıcına denk gelen dönem içinde son buzul çağından çıkış) iklim olayını desteklediği düşünülmektedir (Şekil 5.7, Şekil 5.8.a, Şekil 5.8.b). Ancak verinin yaşının Hilina Pali terslenmesine yakın zamanda olması terslenmenin tam karakterini göstermemektedir. Kesin yargıya ulaşmak için

veri sayısının bu zaman aralıklarında çoğaltılması gerekliliği tespit edilmiştir. Bu yaş aralığındaki son yıllarda Channel ve diğ. (2013)' te yayınladıkları İber Yarımadasının güneybatısından, Kuvaterter yaşlı sedimandanlardan elde ettikleri rölatif paleoşiddet sonuçlarında 13 By'da bir manyetik alandan sapma tespit etmişlerdir. İberian Margin'de saptanan (Channel ve diğ., 2020) bu manyetik alandan sapma 13.1 By yaşındaki NK25 mevkiye ait örnekten elde edilen düşük paleoşiddet ve düşük VDM ile uyumlu bulunmuştur.

NK3 ve NK4 ORT 1 numaralı mevkilerde veri tabanındaki örneklerden daha yüksek VDM ve daha yüksek paleoşiddet değeri saptanmıştır (Şekil 5.7, Şekil 5.8.a, Şekil 5.8.b). Verilerin güvenilirlik kriterlerinin yüksek olmasına rağmen paleoşiddet ve VDM standart hata oranı yüksek çıkmıştır. Bu verilerin yaşlarında da hata oranı yüksektir (Platzman ve diğ., 1998, Doğan, 2011) ve bu nedenle sonuç değerlendirilirken dikkat edilmelidir.

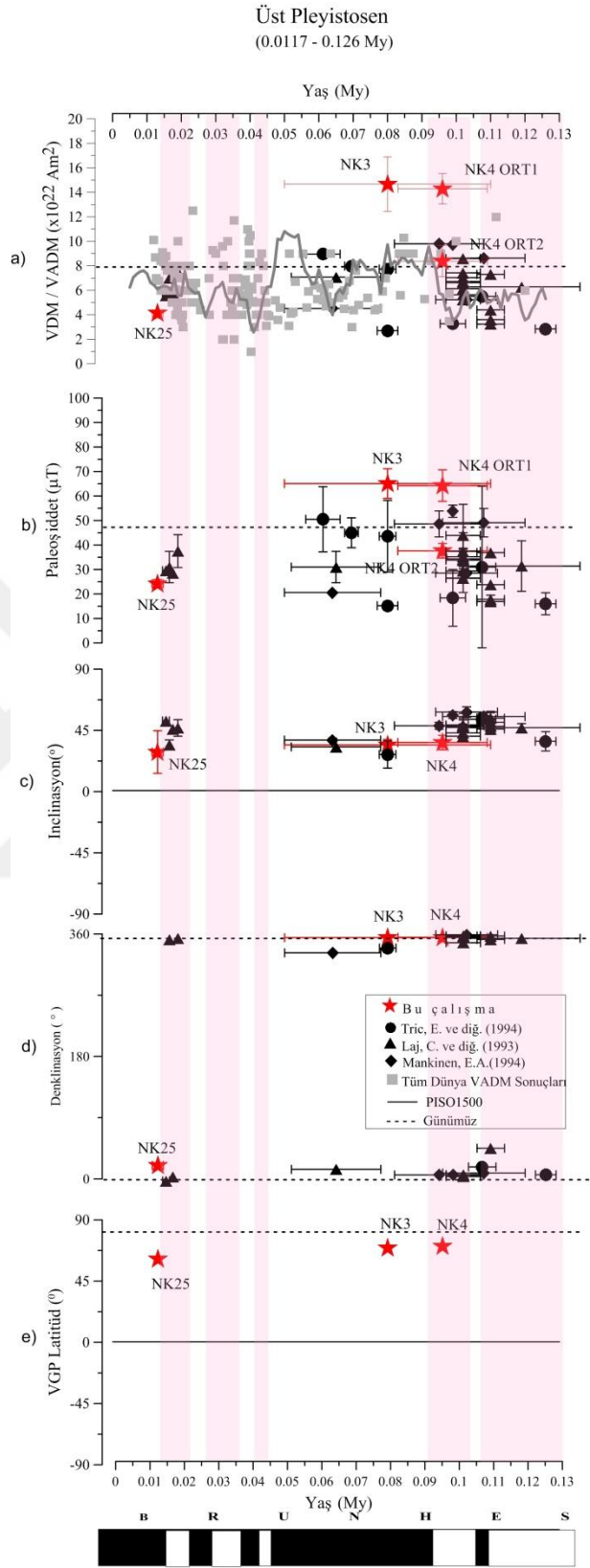
Çalışmadan elde edilen inklinasyon açısı ile çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan verilerin inklinasyon açısı incelendiğinde; pozitif eğim açısı Brunhes dönemini göstermiş, elde edilen sonuçların önceki çalışmalarla uyumlu olduğu saptanmıştır (Şekil 5.8.c). Ayrıca çalışma alanına yakın bölgelerde yapılan yüksek çözünürlüklü denizel sedimanlardan elde edilen (Makaroğlu ve diğ., 2018; 2020 under review (düzeltme aşamasında)) pozitif inklinasyon açıları ile de uyumlu bulunmuştur.

Deklinasyon açısı ile çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan verilerin deklinasyon açısı incelendiğinde; NK3-NK4 saat yönünün tersinde yaklaşık 4° ve 6° rotasyon, NK 25 saat yönünde yaklaşık 20° rotasyonla önceki çalışmalarla uyumlu olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.8.d). Kutup pozisyonlarına bakıldığında çalışmadan aynı enlemde çalışılmış kutup pozisyonlarının günümüzdeki kutup pozisyonlarına yakın ve pozitif olduğu Şekil 5.8.e 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7: Üst Pleyistosen yaşlı VDM sonuçları. Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri setinden alınmıştır.

Sonuç olarak; 0.0117- 0.126 My yaş aralığında hem çalışmadan hem de veri tabanından elde edilen VDM ve paleoşiddet değerlerinin geniş dağılım göstermesi, $6 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ 'den düşük VDM sonuçlarının olması, bu zaman aralığında model eğrilerdeki İberian Margin, Hilina Pali, Mono Lake, Laschamp, Post Blake ve Blake olarak adlandırılan manyetik alandan sapmaların olduğunu göstermektedir. Veri sayısı artırılması Üst Pliyosen'de yermanyetik alan hakkında bize daha çok bilgi sağlayacaktır. Ayrıca yaş, paleoşiddet ve VDM verilerindeki standart hata paylarının paleoşiddet çalışmaları için oldukça önemli olduğu da gözlemlenmiştir. Sonuçların değerlendirilmesinde çalışılan enlemlerde veri sayısının mutlak yaş tayini yapıp artırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.8: Aynı enlemdaki Üst Pleyistosen dönemindeki çalışma sonuçları a) VDM b) Paleşıddet c) İnklinasyon d) Deklinasyon e) VGP (Pembe alanlar Brunhes içindeki manyetik sapmaları göstermektedir. Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri setinden alınmıştır).

5.4.3 Orta-Kalabriyen Pleyistosen'de Yermanyetik Alanı

Orta-Kalabriyen Pliyosen (0.126-1.80 My)'de yermanyetik alan şiddetinin değişimini incelemek için NK6, NK8, NK12, NK13, NK31 numaralı mevkilere ait örneklerden elde edilen VDM değerleri ile tüm Dünya'daki ve çalışma alanıyla aynı enlemdeki VDM değerleri, aynı mevkilere ait örneklerden elde edilen paleoşiddet değerleri ile çalışma alanıyla aynı enlemdeki paleoşiddet değerleri birlikte incelenmiştir. Channel ve diğ. (2009)' nin derin deniz sedimanlarındaki rölatif paleoşiddet değerleri ve oksijen izotoplarının eşleştirme algoritması kullanarak elde ettikleri PISO 1500 model eğrisi ile de bir karşılaştırma yapılmıştır (Şekil 5.9). Tüm veriler normal polariteli Brunhes dönemini ve ters polariteli Matuyama dönemini içermektedir. Brunhes ve Matuyama içinde de polarite farklılıkları ve manyetik alandan sapmalar bulunmaktadır. Bunlar Brunhes'de; Jamaika olayı (179-190 By; Valet ve Meynadier, 1993), Biwa 2 olayı (yaklaşık 290 By; Kawai ve diğ.,1972), Biwa 3, Calabrian Ridge 2, Big Lost, Emperior ve Delta sapması (400 By, 520 By, 540 By, 670 By; Guyodo ve Valet 1999), Matuyama'da; Kamikasutra, Jaramillo, Cob Mountain, Olduvai'dir (Cande ve Kent, 1995).

Veri tabanında çalışma alanı ile aynı enlemde farklı yöntemlerle gerçekleştirilmiş az sayıda paleoşiddet çalışması mevcuttur. Zhu ve diğ. (1991) T⁻ yöntemini, Tric ve diğ. (1994), Otake ve diğ. (1993), Laj ve diğ. (1997), Mankinen (1994) T⁺ yöntemini kullanarak (bu çalışma ile benzer yöntemi) veri tabanında yer almışlardır (EK 4, Şekil 5.10.a).

Bu çalışma ve Borokpint veri tabanındaki verilere göre VDM (VADM) değerleri yaklaşık $1.0-25 \times 10^{22}$ Am² arasındadır (Şekil 5.9; Şekil 5.10.a). Bu çalışma ve çalışma alanı ile aynı enlemde elde edilmiş Borokpint veri tabanındaki paleoşiddet değerleri 10-94µT arasındadır (Şekil 5.10.b).

NK 12 numaralı mevkiye ait örnekten elde edilen VDM ve paleoşiddet değeri günümüz VDM ve paleoşiddet değerine yakın bulunmuş önceki çalışmalarla uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.9, Şekil 5.10.a, Şekil 5.10.b). Aynı mevkide bulunan pozitif inklınasyon açısı normal polariteli Brunhes döneminin genel karakteriyle uyumludur (Şekil 5.10.c).

Günümüzden 780 By önce Brunhes-Matuyama sınırında polarite terslenmesi gerçekleşmiştir. Bu terslenmeden önceki zamana ait 670 By ve 710 By yaşında iki mevkiye ait örneklerden

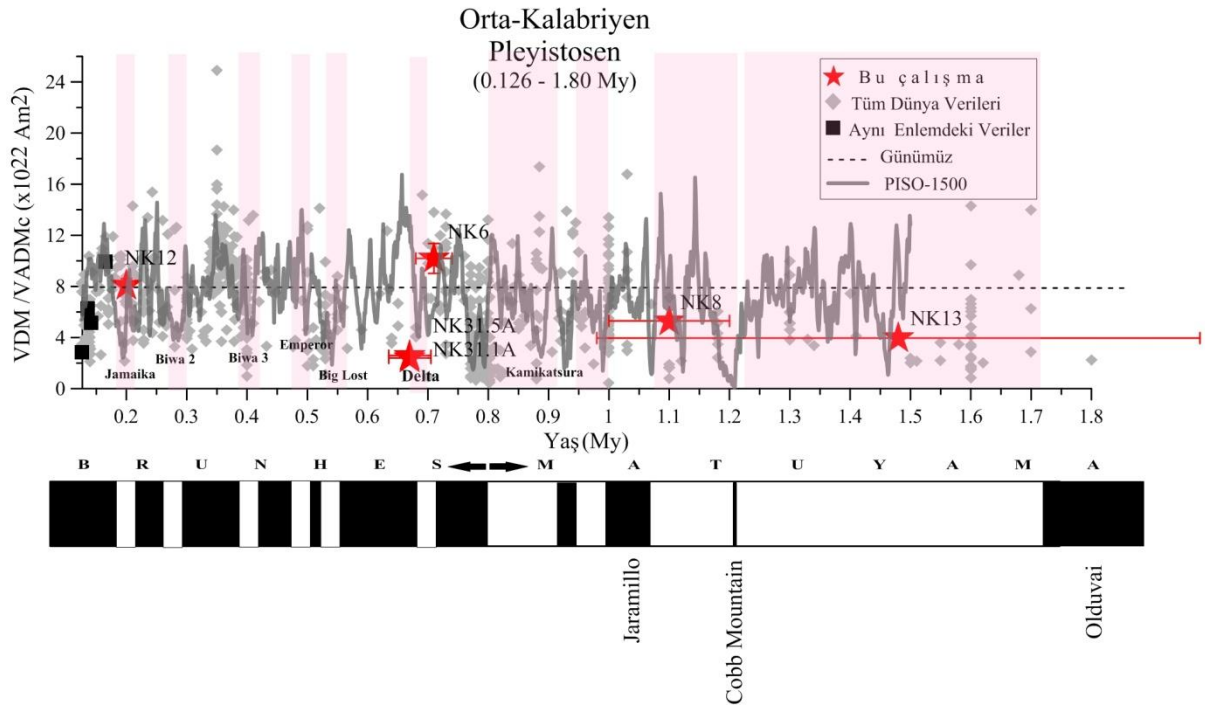
elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Buna göre; 670 By yaşındaki NK31’de elde edilen düşük VDM, düşük paleoşiddet ve ters polarite değerleri, 710 By yaşındaki NK6’da elde edilen yüksek VDM, yüksek paleoşiddet ve normal polarite değerleri bu zaman aralığında manyetik alandan sapmanın varlığına işaret etmektedir. Zhu ve diğ. (1991)’de 730 By ve 840 By yaş aralığında yapmış oldukları çalışmada aynı enlemde benzer sonuçlar bulmuşlardır (EK 4). Litaratürde bu yaşa karşılık gelen terslenme Delta sapması olarak isimlendirilmiştir (Guyodo ve Valet 1999). Bu tez çalışmadan elde edilen sonuçlarla bir kez daha Delta sapması doğrulanmıştır (Şekil 5.9).

1.1 My yaşında NK 8 numaralı mevkiye ait örneklerden günümüz VDM ve paleoşiddet değerlerinden düşük VDM ve paleoşiddet değerleri elde edilmiştir. VDM değerlerinin PISO 1500 model eğrisi ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.9). Aynı enlemden elde edilen paleoşiddet değerleri ile de (Otake ve diğ., 1993) uyumludur (Şekil 5.10.b; EK 4). Ayrıca aynı örnekten elde edilen inklınasyon açısının negatif sonucu manyetostatigrafide Matuyama ters polaritedeki dönemin genel karakteriyle de uyumludur (Şekil 5.10.c).

1.5 My yaşındaki NK 13 numaralı mevkiye ait örneklerden güvenirliliği geçen 2 farklı sonuç elde edilmiştir (Şekil 5.9, Şekil 5.10.a, Şekil 5.10.b). Aynı lavdan alınmasına rağmen, örneklerden birinde alterasyonun yüksek olmasından kaynaklı olarak standart hata yüksek bulunmuş değerlendirmeye alınmamıştır. NK13.2A’dan elde edilen sonucun aynı mevkiye ait kriterleri geçemeyen verilerden elde edilen sonuçlarla benzer çıkması ve bu sonucun ayrıca Borokpint veri tabanındaki tüm dünyadan elde edilen düşük VDM değerleriyle ve PISO 1500 model eğrisiyle uyumlu olması bize güvenilir sonucun bu örnek olduğu sonucuna götürmüştür (Şekil 5.9). Veri tabanında bu yaş aralığında ve enlemde daha önceden elde edilen veriler olmadığından dolayı bir karşılaştırma yapılamamıştır. Verilerin bu enlemde arttırılmasının önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca bu mevkideki yaş verisinin hata payının yüksek olması sonucun değerlendirilmesi açısından netlik sağlayamamıştır. Bu nedenle, bu örnekler için mutlak yaş tayini yapılması önerilmektedir. Mevkiden elde edilen inklınasyon açısı ters polariteli Matuyama’nın genel karakteriyle uyumlu olduğunu göstermektedir (Şekil 5.9.c).

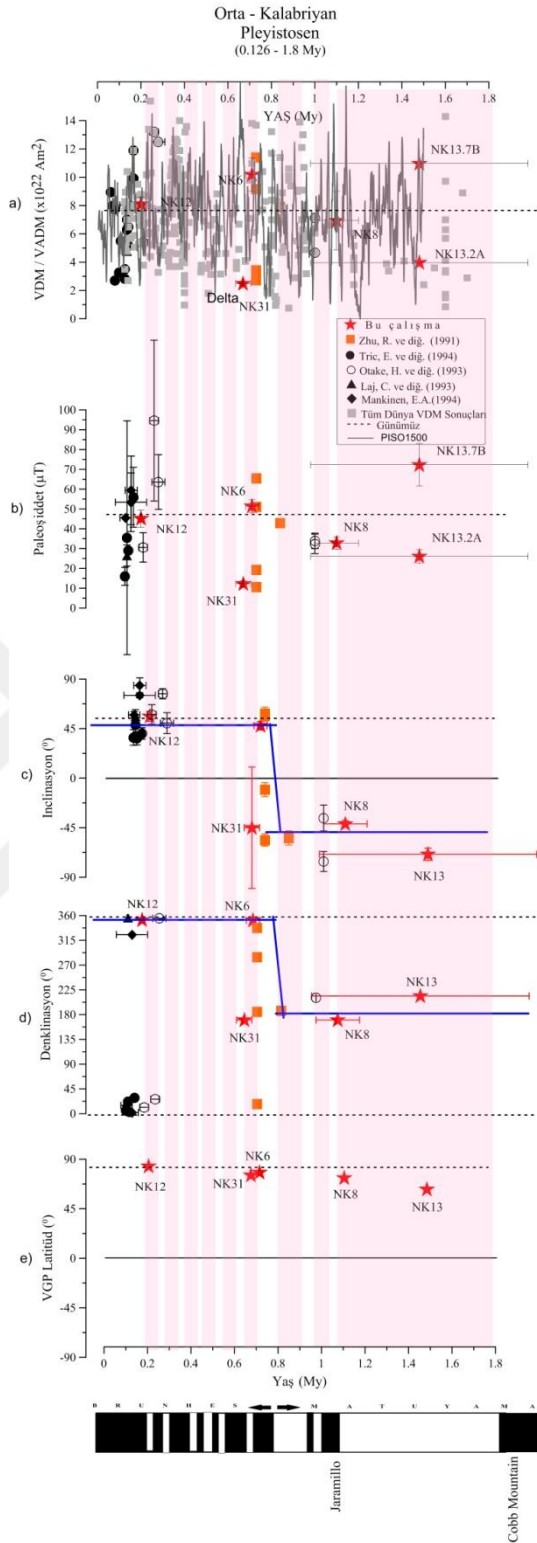
NK6, NK8, NK12, NK13, NK31 numaralı mevkilere ait örneklerden elde edilen elde edilen deklinasyon açısı ile çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan verilerin deklinasyon açısı incelendiğinde; Brunhes döneminde bu çalışmadan ve veri tabanından elde edilen deklinasyon açılarının günümüzdeki deklinasyon açısı civarında sıralandığı tespit edilmiştir. Matuyama

döneminde bu çalışmadan ve veri tabanından elde edilen deklinasyon açılarının 180° civarlarında sıralanmış olması polarite değişikliğinin ispatını göstermektedir (Şekil 5.10.d). Bu çalışmadan elde edilen kutup pozisyonlarının enlem açıları (Şekil 5.10.e) günümüzdeki enlem açılarında yer almaktadır.



Şekil 5.9: Orta-Kalabriyen Pleyistosen yaşlı VDM sonuçları. Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri setinden alınmıştır.

Sonuç olarak; çalışmanın olduğu 0.126 My-1.80 My yaşlar arasında yermanyetik alanı biri normal polariteli biri ters polariteli iki dönem arasındadır. Manyetostratigrafi de Brunhes ve Matuyama olarak adlandırılan bu dönemler arasında manyetik alandan sapmalar ve polarite değişiklikleri bulunmaktadır. Önceki çalışmalarla gerçekleştirilen model eğrilerle manyetik alandan sapmalar belirlenmiş, çalışmadan elde edilen sonuçlarla model eğriler karşılaştırılarak uyumlu olduğu sonuçlar gösterilmiştir. Bu yaş aralığında tüm dünyadan elde edilen VDM sonuçlarının veri tabanında çok geniş dağılımı mevcuttur. Ayrıca aynı enlemden elde edilmiş verilerin azlığına dikkat çekilmiştir. Özellikle aynı enlemden veri sayısının artırılması, mutlak yaş tayinlerinin hata paylarının düşük olması, güvenilir sonucunda hata paylarının düşük olması gerekliliği vurgulanmıştır.



Şekil 5.10: Çalışma alanıyla aynı enlemdeki Orta Kalabriyan Pleyistosen yaşlı çalışma sonuçları a) VDM, Siyah renk; T^+ yöntemi, turuncu renk T^- yöntemini göstermektedir. b) Paleşıiddet c) İnklinasyon Açısı d) Deklinasyon Açısı e) VGP (Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpoint veri setinden alınmıştır. Mavi çizgiler Matuyama, Brunhes döneminde elde edilen ortalama inklinasyon ve deklinasyonu göstermektedir. Pembe alanlar Matuyama dönemindeki polarite değişikliklerini göstermektedir).

5.4.4 Gelasiyen Pleyistosen-Pliyosen-Miyosen-Oligosen'de Yermanyetik Alanı

Gelasiyen Pleyistosen-Pliyosen-Miyosen-Oligosen'de 1.80-33.9 My zaman aralığını kapsayan dönemde yermanyetik alan şiddetinin değişimini incelemek için NK9, NK11, NK14, NK15, NK18, NK17, NK27, NK29, NK30, NK33, NK34 mevkilerine ait örneklerden elde edilen VDM değerleri ile tüm Dünya'daki ve çalışma alanıyla aynı enlemdeki VDM değerleri (Şekil 5.11, Şekil 5.12.a), aynı mevkilere ait örneklerden elde edilen paleoşiddet değerleri ile veri tabanında aynı enlemden elde edilmiş olan paleoşiddet değerleri birlikte incelenmiştir (Şekil 5.12.b). Veri tabanında aynı enlemden farklı yöntemlerle gerçekleştirilmiş sadece beş farklı paleoşiddet çalışması mevcuttur (Carmichael, 1977; Dunlop ve Hale, 1976; Kono ve Ueno, 1977; CarloRathert ve diğ., 2009; Selkin ve Tauxe, 2000) (Şekil 5.12.b, EK4). Bu çalışmalarda araştırmacılar Zijderveld (Z) yöntemi, pTRM kontrolsüz Thellier (T⁻) yöntemi ve bu tez çalışmasında da kullanılan pTRM kontrollü Thellier (T⁺) yöntemi gibi farklı metodları kullanmışlardır.

Gelasiyen Pleyistosen'de üç mevkiden biri olan NK9 numaralı mevkiye ait örneklerden elde edilen VDM ve paleoşiddet değeri günümüz VDM ve paleoşiddet değerinden düşük bulunmuştur. Aynı yaşa ait dünyadaki verilerde farklı dağılımlar mevcuttur ancak o dağılımda da genel olarak düşük VDM ve paleoşiddet değerleri gözlemlenmektedir. NK9 numaralı mevki ile aynı enlemden ve aynı yaşta çalışılan veri bulunmamaktadır. Aynı enlemden ve yakın yaşta çalışma ile aynı yöntemle Carlo Rathert ve diğ. (2009) tarafından elde edilmiş günümüzden düşük paleoşiddet ve VDM değeri yaş, paleoşiddet ve VDM standart hata oranları da dikkate alınıp karşılaştırma yapıldığında NK9 numaralı mevkiye ait örneklerden elde edilen değerle uyumlu olduğu belirlenmiştir. İnklinasyon açısı değerlendirildiğinde manyetostatigrafide de ters polariteli Matuyama döneminin genel karakteriyle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Gelasiyen Pleyistosen'deki diğer iki mevkiye ait örneklerden NK11 ve NK14'de günümüzden yüksek VDM ve paleoşiddet değeri elde edilmiştir. Veri tabanında benzer yaşlarda farklı dağılımlar gözlemlenmektedir. Veri tabanında uyumlu olduğu veriler de bulunmaktadır. Her iki mevkiye ait örneklerin sonuçlarından Matuyama ters polarite döneminde olduğu gözlemlenmiştir. Günümüzden düşük VDM değerine sahip NK 14 numaralı mevkiye ait örneklerden elde edilen sonuçlar, aynı yaşta ve aynı enlemden elde edilen paleoşiddet değerleri (CarloRathert ve diğ., 2009) ile uyumludur (EK4).

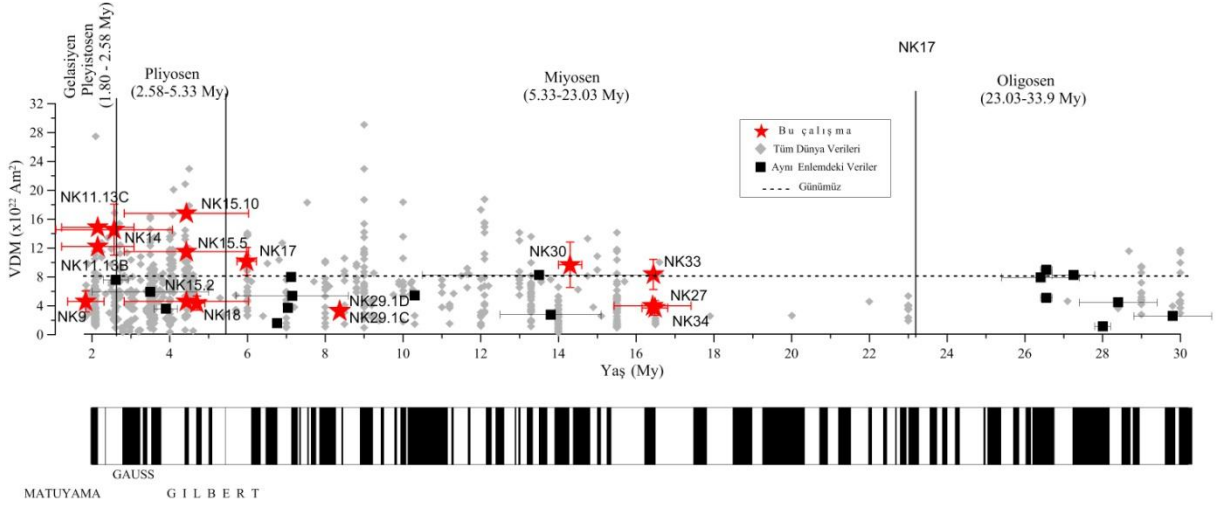
Pliyosen yaşlı NK15 ve NK18 olmak üzere iki mevkiye ait örnekler değerlendirmeye alınmış ve yorumlanmıştır. NK15 numaralı mevkiye ait örneklerden günümüzden yüksek VDM ve paleoşiddet, NK18 numaralı mevkiye ait örneklerden günümüzden düşük VDM ve paleoşiddet değeri elde edilmiştir. Şekil 5.11 ve Şekil 5.12.a, Şekil 5.12.b'de görüldüğü gibi NK15 numaralı mevkinin yaşının standart hatası oldukça büyüktür. Hata dikkate alındığında bu alana karşılık gelen terslenmeler görülmektedir. Bu mevkiye ait örneklerden elde edilen normal polarite genel karakteri ters polarite olan Gilbert içindeki terslenmelerden birine karşılık gelebilir. Bu da manyetostratigrafide C3n.2n khronuna denk gelen Nunivak terslenmesidir (Tablo 2.1). Elde edilen yüksek VDM değeri terslenmenin gerçekleşmiş olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde C3n.2n kronuna denk gelen Nunivak altkron içinde (Tablo 2.1) NK18 mevkisine ait örneklerden elde edilen düşük paleoşiddet, VDM ve normal polarite değeri, ters polariteli Gilbert içindeki bu terslenmeye işaret etmektedir. Ayrıca veri tabanında aynı enlemde daha önce yapılan çalışmalarla da (Carmichael, 1977; Selkin ve Tauxe, 2000) uyumlu bulunmuştur.

Miyosen'de çalışılmış değerlendirmeye alınan altı mevkiye baktığımızda NK17 ve NK30 numaralı iki mevkiye ait örneklerde günümüzden yüksek, NK27, NK29, NK33, NK34 numaralı dört mevkiye ait örneklerde günümüzden düşük paleoşiddet değeri hesaplanmıştır (Şekil 5.11, Şekil 5.12.b). Aynı yaşta aynı enlemde daha önce yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında elde edilen Miyosen verileri literatürde önemli bir boşluğu dolduracaktır. Yine Borokpint veri tabanında Dünya'daki çalışmalara bakıldığında Miyosen döneminde veri sayısının azlığı dikkat çekmektedir. Ancak tez çalışmasından elde edilen veriler bu az sayıdaki verilerle uyumlu bulunmuştur (Şeki 5.11, Şekil 5.12.a, Şekil 5.12.b, EK4). NK17 numaralı mevkiye ait örnekten elde edilen negatif inklinasyon, Manyetostratigrafi'de Gilbert ters polarite dönemi içinde olduğunu göstermekte ve günümüzden yüksek paleoşiddet ve yüksek VDM sonucu da bu zamanda bir manyetik sapmanın olmadığını göstermektedir (Şekil 5.11, Şekil 5.12.a, Şekil 5.12.b). NK30 numaralı mevkiye ait örneklerden elde edilen pozitif inklinasyon açısı normal polariteli C5ADn dönemine karşılık gelmektedir (Tablo 2.1, Şekil 5.12.c). NK29 numaralı mevkiye ait örneklerden elde edilen düşük paleoşiddet ve düşük VDM değerleri CarloRathert ve diğ. (2009), Selkin ve Tauxe (2000)'ın aynı enlemdeki yakın yaşlarda elde ettikleri düşük paleoşiddet ve düşük VDM değerleri ile uyumludur (Şekil 5.11, Şekil5.12.a, Şekil 5.12.b, EK4). NK29 numaralı mevkiye ait örneklerde önceki verilerle de tespit edilen düşük VDM

ve düşük paleoşiddet değerleri, negatif inklinasyon açısı, bu dönemde manyetik alandan sapma olabileceğini göstermektedir. NK27 numaralı mevki için de benzer durum geçerlidir. NK33 ve NK34 numaralı mevkilere ait örneklerden elde edilen pozitif inklinasyon açısı ve düşük VDM değeri, ters polaritede dönem içinde meydana gelen manyetik alandan sapmaya bağlanabilir.

Miyosen ve Oligosen'de Borokpint veri tabanında az veri olduğu (Şekil 5.11, Şekil 5.12.a, Şekil 5.12.b) incelenen zaman aralığında çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan verilerin sayısının sadece 14 olduğu ve bazı yaşlarda hiç veri olmadığı görülmektedir (Şekil 5.11, Şekil 5.12.a, Şekil 5.12.b, EK4). Çalışma alanında Oligosen yaşlı veri olmamasına karşın karşılaştırma yapabilmek ve gelecek çalışmalara öneri sunmak için veri tabanında zaman aralığı geniş alınarak Oligosen'deki VDM ve paleoşiddet değerleri de gösterilmiştir. Oligosen'in ilk evrelerinde çalışmaların olmadığı dikkat çekicidir. Oligosen sonlarına doğru olan verilerde ise VDM ve paleoşiddet değerlerinin düşük olduğu görülmektedir (5.11, 5.12.a, 5.12.b).

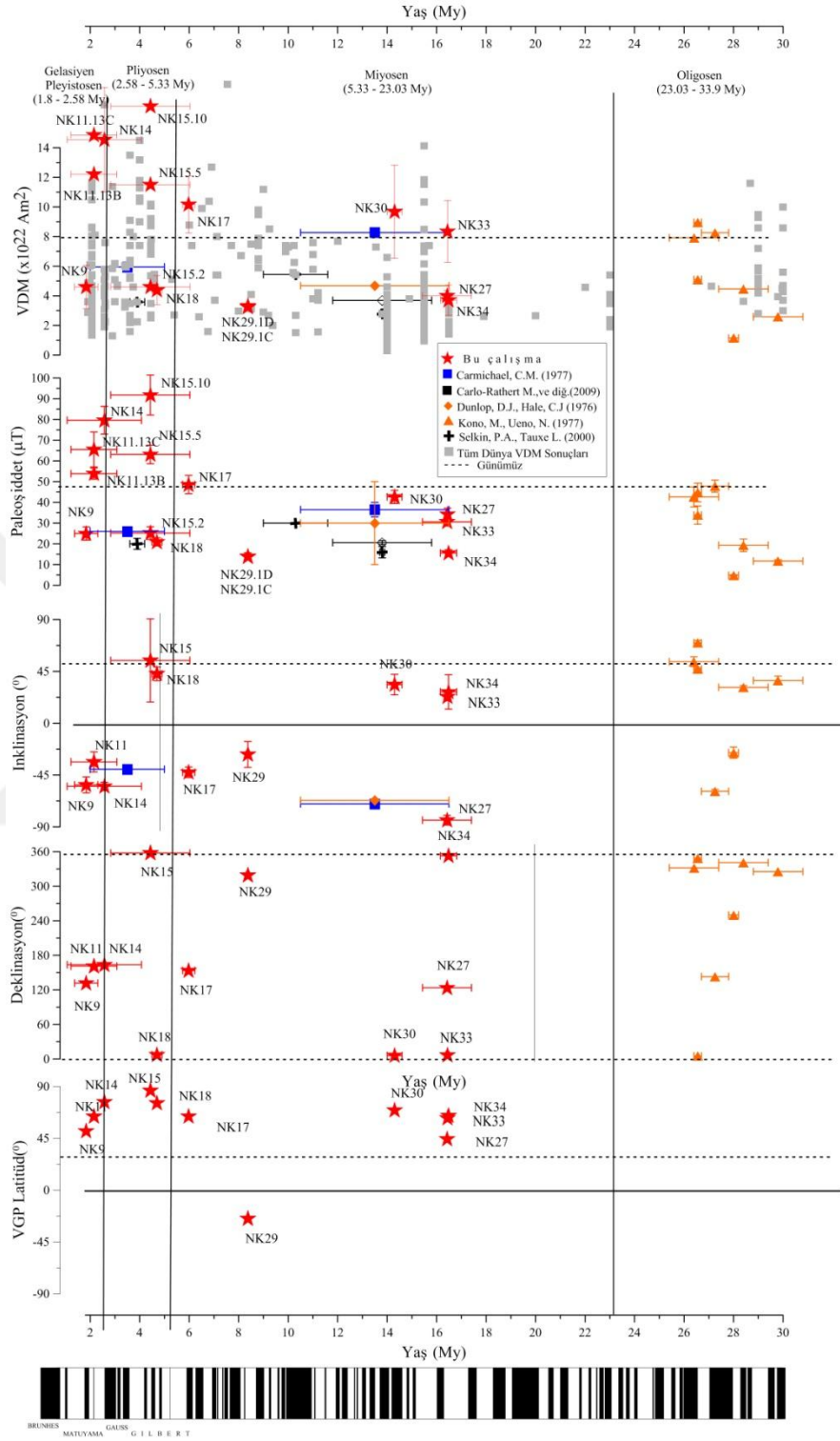
Bu çalışmadan elde edilen İnklinasyon açısı ile çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan verilerin inklinasyon açısı incelendiğinde; sonuçların önceki çalışmalarla uyumlu olduğu saptanmıştır (Şekil 5.10.c). Gelasiyen Pleyistosen'deki çalışılmış NK9, NK11, NK14 numaralı mevkilere ait örneklerden inklinasyon açılarının negatif olduğu tespit edilmiştir. Pliyosen'de çalışılan NK 15, NK18 numaralı iki mevkinin de inklinasyon açıları pozitif bulunmuştur. Miyosen'de çalışılmış altı mevkinin üçünün inklinasyon açısı negatif (NK17, NK27, NK29), üçünün inklinasyon açısı pozitif (NK30, NK33, NK34) bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen deklinasyon açısı ile çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan verilerin denklinasyon açısı Şekil 5.10.d'de verilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen kutup enlem değerleri Şekil 5.10.e'de gösterilmiştir.



Şekil 5.11: Gelasyen Pleyistosen-Pliyosen-Miyosen-Oligosen yaşlı VDM sonuçları. Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri setinden alınmıştır.

Sonuç olarak; veri tabanındaki boşluğu doldurması açısından bu çalışma önemlidir. Şekil 5. 11 ve Şekil 5.12’de gözlemlendiği üzere veri tabanında hem tüm dünyada hem de aynı enlemde yaklaşık 14-26 My arası veri bulunmamaktadır. Bu çalışmayla bu zaman aralığındaki veri sayısı artırılmıştır. Ancak özellikle Oligosen dönemi için veri sayısının artırılması amacıyla yapılacak çalışmaların literatürde önemli bir boşluğu dolduracağı da bu çalışmadan çıkan bir diğer önemli sonuçtur.

Pleyistosen - Pliyosen - Miyosen - Oligosen



Şekil 5.12: Pleyistosen, Pliyosen, Miyosen, Oligosen dönemlerinden elde edilen a) Paleşiddet b) İnklinasyon Açısı d) Deklinasyon Açısı e) VGP (Önceki çalışmalardan elde edilen veriler Borokpint veri setinden alınmıştır. Çalışma ile aynı enlemde kullanılan yöntemler Mavi renk Z, turuncu renk T⁻, siyah renk T⁺ olarak gösterilmiştir).

5.5 SONUÇLAR

- **HOLOSEN döneminde** 3000 yıl önce manyetik alan şiddetinden sapmaların olmadığı ve manyetik alan şiddetinin günümüze yakın ve günümüzden biraz yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- **ÜST PLEYİSTOSEN dönemindeki** günümüze göre düşük paleoşiddet ve düşük VDM değeri, **Hilina Pali** (14-22 By) ya da **İberian Margin** (13 By) manyetik alan sapmaları ile örtüşmektedir. Ayrıca, 11.7 By önce meydana gelen **son buzul çağı (LGM) ve Younger Drays** döneminin geçişi ile ilişkili olduğu da düşünülmektedir. Kesin sonuca varabilmek için veri sayısının artırılması gerekliliği ortaya konmuştur.
- **ORTA PLEYİSTOSEN'de** 670 By (NK31) paleoşiddet :12.25 μ T, VDM : 2.49×10^{22} Am² ve I= -45.1 ; 710 By (NK6) paleoşiddet : 51.34 μ T, VDM : 10.19×10^{22} Am² ve I= 47.7 verilerle **Delta sapması** doğrulanmıştır. Her iki mevkiye ait yaş bilgisinin bu çalışmadan elde edilmiş olması da sonucu daha önemli kılmıştır.
- **ORTA PLEYİSTOSEN - KALABRİYEN PLEYİSTOSEN'DE** çalışılan deklinasyon değerleri Brunhes Matuyama arasındaki **polarite değişikliğini** net bir şekilde göstermektedir. Özellikle Brunhes dönemi sonunu gösteren yaş verisinin tez çalışmasında saptanan yaş veri olması nedeniyle de tez çalışmasının en büyük bulgularından biri olmuştur.
- **PLİYOLEN dönemindeki** elde edilen 2 veriden düşük VDM, düşük paleoşiddet ve normal polarite değeri ters polariteli Gilbert dönemi içindeki normal polariteli **C3n.2n** kronuna denk gelen **NUNIVAK** terslenmesini desteklemektedir. Ancak bir verinin mutlak yaş standart hatasının yüksek olması bu sonucu tartışmaya açık bırakmıştır.
- **MİYOSEN'DE** 14-26 My aralığında bir veri boşluğu göze çarpmaktadır. Bu çalışma kapsamında elde edilen yeni ve güvenilir veriler ile bu zaman aralığındaki veri boşluğu doldurulmuştur.
- Bu tez çalışması ile ilk defa Orta-Batı Anadolu'da bulunan **Neojen-Kuvaterner** dönemine ait paleoşiddet verileri yüksek hassasiyet ve güvenilirlikte ortaya konmuştur.
- Tez çalışması ile elde edilen mutlak yaş verilerine sahip güvenilir paleoşiddet verilerinin, literatüre oldukça önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [Alıcı, P., Temel, A., Gourgaud, A., 2002, Pb-Nd-Sr isotope and trace element geochemistry of Quaternary extension-related alkaline volcanism: a case study of Kula region (western Anatolia, Turkey), *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Cilt. 115, s. 487-510.
- Aydar, E., Çubukçu, H.E., Şen, E., Akın, L., 2013, Central Anatolian Plateau, Turkey: incision and paleoaltimetry recorded from volcanic rocks. In: "Late Cenozoic Evolution of the Central Anatolia Plateau", Çiner, A., Strecker, M.R., Bertotti, G. (eds.), *Turkish Journal of Earth Sciences* 22, 691-714/739-746.
- Aydın, I., Karat, H.I., Koçak, A., 2005, Curie-point map of Turkey, *Geophys. J. Int.* 162, pp.633-640.
- Baker, R.R., 1989, Human navigation and magnetio-reception, *Manchester University Press*, Manchester.
- Bard E., Delaygue G., 2008, Comment on "Are there connections between earth magnetic field and climate? By Courtillot et al., *Earth Planet. Sci. Lett.*, 265, pp. 302-307.
- Barton, C.E., 1989, Geomagnetic secular variations: Direction and intensity. In: James, D. (ed): *Encyclopedia of Solid Earth Geophysics*, Van Nostrand Reinhold, 560-577.
- Baydemir, N. 1993, Mesudiye (Ordu) bölgesinin Miyosen(?) -Pliyosen yaşlı kayalarından saptanan yermanyetik alanının paleo-şiddet değeri, *Tr. J. Of Earth Sciences*, 5 (1996), 11-19.
- Beekman, P.H., 1966, The Pliocene and Quaternary volcanism in the Hasan Dağ & Melendiz Dağ region, *Bull. Miner. Res. Explor. Inst. Turk.*, 66: 90-105.
- Berk, M.; Dodd, S., Henry, M., 2006, Do ambient electromagnetic fields affect behaviour? a demonstration of the relationship between geomagnetic storm activity and suicide. *Bioelectromagnetics*, vol. 27, 2, pp. 151-155.
- Besang, C., Eckhardt, F.J., Harre, W., Kreuzer, H., Muller, P., 1977, Radiometrische Altersbestimmungen an Neogenen Eruptivgesteinen der Turkei. *Geol. Jb. B* 25, 3-36.
- Bigazzi, G., Yeğingil, Z., Ercan, T., Oddone, M., Özdoğan, M., 1993, Fission track dating obsidians of central and northern Anatolia, *Bull. Volcanol.*, 55, 588-595.
- Bloxham, J., ve Gubbins, D. 1985, The secular variation of Earth's magnetic field. *Nature* 317, 777-781.
- Bullard, E. C. 1949a, *Proc. Roy. Soc. A*, 197, 433-453.

- Butler, R.F., ve Banerjee, S.K., 1975, Theoretical single-domain grain-size range in magnetite and titanomagnetite. *Journal of Geophysical Research*, 80: 4049.
- Butler, R.F., 1992, Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes, *Blackwell Scientific*, Malden, MA, 238 pp.
- Butler R.F., 2004., Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes. *Electronic Edition*. <http://www.geo.arizona.edu/Paleomag/book>.
- Carmichael, C.M. (Editor), 1977, Paleomagnetic field intensity; its measurement in theory and practice, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 13, 245-390.
- Cande, S.V., ve Kent, D.V., 1995, Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic, *J. Geophys. Res.*, 100, pp. 6093-6095.
- Carlo Rathert, M., Goguitchaichvili, A., ve Vegas Tubia, N., 2009, A Paleointensity Study on Middle Miocene to Pliocene Volcanic Rocks from South_eastern Spain, *Earth Planets Space*, vol. 61, pp. 61-69.
- Cauquoin, A., Raisbeck, G. M., Jouzel, J., Bard, E., ve ASTER Team, 2014, No evidence planetary influence on solar activity 330 ka ago, *Astron. Astrophys.*, 561, A132, doi:10.1051/0004-6361/201322879.
- Channell, J .E. T., Xuan, C., Hodell, D. A., 2009, Stacking paleointensity and oxygen isotope data for the last 1.5 Myrs (PISO 1500), *Earth Planet. Sci. Lett.*, 283, pp. 14-23.
- Channell, J.E.T., Hodell, D.A., Margari, V., Skinner, L.C., Tzedakis, P.C., Kesler, M.S., 2013, Biogenic magnetite, detrital hematite, and relative paleointensity in sediments from the Southwest Iberian Margin. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 376, 99-109.
- Channell, J.E.T., Singer, B.S., Jicha, B.R., 2020, Timing of Quaternary geomagnetic reversals and excursions in volcanic and sedimentary archives, *Quaternary Science Reviews* 228.106114.
- Chiara, A.Di, Tauxe, L., Speranza, F., 2014, Paleointensity determination from São Miguel (Azores Archipelago) over the last 3ka, *Phys. Earth Planet. Int.*, 234 , pp. 1-13.
- Chulliat, A., Macmillan, S., Alken, P., Beggan, C., Nair, M., Hamilton, B., Woods, A., Ridley, V., Maus, S., Thomson, A., 2015, The us/uk world magnetic model for 2015-2020.
- Coe, R.S., 1967a, Paleointensities of the Earth's magnetic field determined from Tertiary and Quaternary rocks. *J. Geophys. Res.* 72, 3247-3262.
- Coe, R. S., 1967b, The determinations of paleointensities of the Earth's magnetic field with emphasis on mechanisms which could cause non-ideal behavior in Thelliers method, *J. Geomagn. Geoelectr.*, 19, 157-179.
- Coe, R.S, Grommé S, Mankinen E.A., 1978, Geomagnetic paleointensities from radiocarbon-dated lava flows on Hawaii and the question of the Pacific nondipole low. *J. Geophys. Res.*, 83, 1740-1756.

- Collinson, D.W., 1983, Methods in Rock Magnetism and Palaeomagnetism: Techniques and Instrumentation. *Chapman and Hall, London*, 503pp.
- Courtillot V. ve Besse, J., 1987, Magnetig field reversals, polar wander, and core-mantle coupling, *Science*, 237, 1140-1147.
- Courtillot, V., Gallet, Y., Le Mouël, J.-L., Fluteau, F., Genevey. A., 2008, Response to comment on "Are there connections between Earth's magnetic field and climate?", *Earth and Planetary Science Letters*, 265, pp. 308-311.
- Day, R., Fuller, M.D., Schmidt, V.A., 1977, Hysteresis properties of titanomagnetites: Grain size and composition dependence, *Phys. Earth Planet. Int.* 13 , 260-266.
- Dekkers, M.J., Böhnel H.N.,2006, Reliable absolute palaeointensities independent of magnetic domain state, *Earth Planet Sci Lett*, 248: 508–517, doi:10.1016/j.epsl.2006.05.040.
- Doğan, U., 2011, Climate-controlled river terrace formation in the Kızılırmak Valley, Cappadocia section, Turkey: inferred from Ar-Ar dating of Quaternary basalts and terraces stratigraphy, *Geomorphology*, 126, 66-81.
- Domen, H., 1977, A single heating method of paleomagnetic field intensity determination applied to old roof tiles and rocks, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 13, 315-318.
- Donadini, F., Korte, M., Constable, C. G., 2009, Geomagnetic field for 0–3 ka: 1. New data sets for global modeling, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 10(6),1–28.
- Dunai, T. 2010, Cosmogenic Nuclides Principles, Concepts and Applications in the Earth Surface Sciences, *Cambridge Academic Press*, 198 pp.
- Dunlop, D., ve Hale, C., 1976, A determination of geomagnetic field intensity using submarine basalts drilled near the mid-Atlantic ridge, *J. geophys. Res.*, 81, 4166–4172.
- Dunlop, D.J., 1979, On the use of Zijderveld vector diagrams in multicomponent paleomagnetic samples, *Physics Earth Planetary Science Letters*, v. 20, 12–24.
- Dunlop, D.J., ve Özdemir, O., 1997, Rock Magnetism: Fundamentals and Frontiers, *Cambridge University Press, Cambridge, UK*, 573pp.
- Dunlop, D.J., 2011, Physical basis of the Thellier-Thellier and related paleointensity methods. *Phys Earth Planet Inter* 187: 118–138. doi:10.1016/j.pepi.2011.03.006.
- Elsasser , W. M. , 1946a, Induction effects in terrestrial magnetism, Part I, Theory, *Phys. Rev.*, 69, 106-116a.
- Elsasser, W. M., 1958, The Earth as a Dynamo," *Scientific American*, p. 44-48.
- Ercan, T., ve Öztunalı, Ö., 1982, Kula volkanizmasının özellikleri ve içerdiği "Base Surge" tabaka şekilleri (Characteristic features and "Base Surge" bed forms of Kula volcanics), *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, c. 25, 2, p. 117-126. Ankara..

- Ercan, T., 1986, Cenozoic volcanism in middle Anatolia, *Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi*, Ankara, 107, 119-140. [In Turkish, with an English abstract.]
- Ertepinar, P., Langereis, C.G., Biggin, A.J., Frangipane, M., Matney, T., Ökse, T., Engin A., 2012, Archaeomagnetic study of five mounds from upper Mesopotamia between 2500 and 700 BCE: Further evidence for an extremely strong geomagnetic field ca. 3000 years ago, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 357, pp. 84-98.
- Fisher, R.A., 1953, Dispersion On A Sphere, *Proceedings of the Royal Society of London*, A217.
- Fraser-Smith AC., 1987, Centered and eccentric geomagnetic dipoles and their poles 1600–1985, *Reviews of Geophysics*, 25 (1) , pp. 1-16.
- Fuller, M., ve Cisowski, S.M., 1987, Lunar paleomagnetism, In: Jacobs, J.A. (Ed.). *Geomagnetism 2. Academic Press*, Orlando, pp. 307–455.
- Fowler, C. M. R., 2004, The Solid Earth, *Cambridge University Press*, Royal Holloway, University of London.
- Glatzmaier, G., A. ve Roberts, P. H., 1995, A three-dimensional self-consistent computer simulation of a geomagnetic field reversal, *Nature*, 377, 203–209.
- Gubbins, D., 1994, Geomagnetic polarity reversals: a connection with secular variation and core-mantle interaction?, *Rev. Geophys.*, 32,61-83.
- Guyodo, Y., ve Valet, J.P., 1999, Global changes in intensity of the Earth's magnetic field during the past 800 kyr, *Nature*, 399, pp. 249-252.
- Güleç, N., 1991, Crust-mantle interaction in western Turkey: implications from Sr and Nd isotope geochemistry of Tertiary and Quaternary volcanics, *Geological Magazine*, Cilt. 128, ss. 417-435.
- Halberg, F., 2000, Cross-spectrally coherent –10.5- and 21-year biological and physical cycles, magnetic storms and Myocardial infarctions, *Neuroscendrocinol Lett*, **21**, p. 233.
- Heineke, C., Niedermann, S., Hetzel, R., Akal, C., 2016, Surface exposure dating of Holocene basalt flows and cinder cones in the Kula volcanic field (Western Turkey) using cosmogenic ³He and ¹⁰Be, *Quaternary Geochronology*, Cilt. 34, ss. 81-91.
- Heller, F., 1978, Rock Magnetic Studies of Upper Jurassic Limestones From Southern Germany. *Journal Geophysics*, 44, 525-543.
- Heller R., Merrill R.T., McFadden P.L., 2002, The variation of intensity of Earth's magnetic field with time, *Phys. Earth Planet. Int.*, 131, pp. 237-249.
- Hide, R., 1967, Motions of the earth's core and mantle, and variations of the main geomagnetic field. *Science*, 157, 55–56.

- Hill, M.J., ve Shaw, J., 1999, Palaeointensity results for historic lavas from Mt Etna using microwave demagnetization/ remagnetization in a modified Thellier-type experiment. *Geophys. J. Int.*, 139 (2), 583–590.
- Hoffman, K. A., Constantine, V. L., and Morse, D. L., 1989, Determination of absolute palaeointensity using a multi-specimen procedure, *Nature*, 339, 295–297.
- Innocenti, F., Mazzuoli, G., Pasquare, F., Radicati Di Brozolo, F., Villari, L., 1975, The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia: geochronological data on Kayseri–Niğde area, *Geol. Mag.*, 112 4., 349–360.
- Innocenti, F., Agostini, S., di Vincenzo, G., Doglioni, C., Manetti, P., Savaşçın, M.Y., Tonarini, S., 2005, Neogene and quaternary volcanism in Western Anatolia: Magma sources and geodynamic evolution, *Marine Geology*, Cilt. 221, ss. 397-421.
- Kamide, Y., 2001, Our life is protected By the Earth’s atmosphere and magnetic field: what aurora research tells us, *Biomed Pharmacother* ,55, pp. 21–24.
- Karaoğlu, Ö., Helvacı, C., Ersoy, E.Y., 2010, Petrogenesis and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Geochronology of the Volcanic Rocks of the Uşak-Güre basin, western Türkiye. *Lithos*, Cilt. 119, ss. 193-210.
- Kawai, N., Yaskawa, K., Nakajima, T., Torii, M., ve Horie, S., 1972, Oscillating geomagnetic field with a recurring reversal discovered from Lake Biwa, *Proc. Japan Acad.*, 48, 186-190.
- Kay, R. W., 1994, Geomagnetic storms : association with incidence of depression as measured By hospital admission, *British journal of psychiatry*, vol. 164, pp. 403-409.
- Kirschvink, J.L., 1980, The Least Squares Line And Plane And The Analysis of Palaeomagnetic Data, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 62, 699-718.
- Kitaba, I., Hyodo, M., Nakagawa, T., Katoh, S., Dettman, D.L., Sato, H., 2017, Geological support for the Umbrella Effect as a link between geomagnetic field and climate, *Nature Sci. Rep.*, p. 40682, 10.1038/srep40682.
- Konigsberger, J. G., 1938, Natural residual magnetism of eruptive rocks, Part1 and 2. *Terr., Magn. Atmos. Elect.*, 43, 119-127.
- Kono, M. ve Nagata, T., 1966, Intensity of the geomagnetic field during a reversed polarity, *Nature*, 212, 274-275.
- Kono, M., ve Ueno, N., 1977, Paleointensity determination By a modified Thellier method. *Phys. Earth Planet. Inter.* 13, 305–314.
- Kono, M., 1978, Reliability of palaeointensity methods using alternating field demagnetization and anhysteretic remanence, *Geophys. J. R. astron. Soc.*, 54, 241-261.

- Kono, M., ve Roberts, P.H., 2002, Recent geodynamo simulations and observations of the geomagnetic field, *Rev. Geophys.*, 40 (4) , p. 1013.
- Korte, M., ve Constable, C. G., 2011, Improving geomagnetic field reconstructions for 0–3 ka, *Phys. Earth. Planet. Inter.*, 188, 247– 259.
- Laj, C., Rais, A., Surmont, J., Gillot, P.Y., Guillou. H., Kissel, C., ve Zanella, E., 1997, Changes of the geomagnetic field vector obtained from lava sequences on the island of Vulcano (Aeolian Islands, Sicily), *Phys. Earth Planet. Inter.*, 99, 161-177.
- Laj C., Guillou H., Kissel C., 2014, Dynamics of the earth magnetic field in the 10-75 kyr period comprising the Laschamp and Mono Lake excursions: New results from the French Chaîne des Puys in a global perspective, *Earth Planet. Scie. Lett.* v. 387, 184-197.
- Langel, R A., 1987, Main field, Chapter Four in Geomagnetism, edited By J.A. Jacobs, *Academic Press*, London.
- Le Pennec, J.L., Bourdier, J.L., Froger, J.L., Temel, A., Camus, G., Gourgaud, A., 1994, Neogene ignimbrites of the Nevşehir plateau central Turkey : stratigraphy, distribution and source constraints, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 63, 59–87.
- Leonhardt, R., Heunemann, C., Krása, D., 2004a, Analyzing absolute paleointensity determinations: acceptance criteria and the software ThellierTool4.0, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 5, Q12016. <http://dx.doi.org/10.1029/2004GC000807>.
- Leonhardt, R., Krása, D., Coe, R.S., 2004b, Multidomain behavior during Thellierpaleointensity experiments: a phenomenological model, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 147, 127–140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pepi.2004.01.009>.
- Leaton B.R., ve Malin S.R.C., 1967, Recent changes in the magnetic dipole moment of the earth, *Nature*, 213:1110.
- Levi, S., 1975, Comparison of two methods of performing the Thellier experiment (or, how the Thellier experiment should not be done), *J. Geomag. Geoelect.*, 27, 245-255.
- Lowrie, W., 2007, Fundamentals of Geophysics (2nd Edition), *Cambridge University Press*, 381pp.
- Makaroğlu, 2011. Van Gölü Sedimanlarının Çevre Mağnetizması ve Paleomağnetik Kayıtları İstanbul Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Jeofizik Mühendisliği Bölümü Doktora Tezi.
- Makaroğlu Ö. , Nowaczyk N. R., 2016, Paleomagnetic Dating of The Holocene Sediments From Küçükçekmece Lagoon (Istanbul). Türkiye Kuvaterner Sempozyumu. TURQUA 2016, İstanbul, Türkiye, 23 - 27 May 2016, ss.1.
- Makaroğlu Ö. , Nowaczyk, N., Eriş K., Kaya N. , Küçükdemirci M. , Hisarlı M., ve diğ., 2018. Paleomagnetic record from the Sea of Marmara for the last 70 ka .European Geosciences Union, Viyana, Avusturya, 8 - 13 May 2018, cilt.1, no.1, ss.1-2.

- Makaroğlu Ö. , Nowaczyk, N., Eriş K, Çağatay, N., 2020, Submitted and under review. *Geophysical Journal International*. Manuscript number: GJI-19-1150.
- Mankinen, E.A.,1994, Preliminary geomagnetic paleointensities from Long Valey Caldera, California, *USGS Open-File Rep.* 94-633.
- Marrero, S., 2012, Calibration of Cosmogenic Chlorine-36, Earth, *Environmental Science. New Mexico Institute of Mining and Technology, Socorro, New Mexico*, 365.
- McElhinny, M. W., 1973, Paleomagnetism and Plate Tectonics, Cambridge, *Cambridge University Press*.
- McElhinny, M.W., ve Lock, J., 1996, IAGA paleomagnetic databases with ACCESS, *Surveys Geophys.*, 17, 575–591.
- McFadden, P.L., and McElhinny, M.W., 1990, Classification of the reversal test in paleomagnetism, *Geophysical Journal International*, v. 103, p. 725–729.
- McElhinny, M. W. ve McFadden, P. L., 1999, Paleomagnetism: Continents and Oceans, *International Geophysics Series, Academic Press*, Vol.73.
- McFadden, P. L. ve Merrill, R. T., 1995, Fundamental transitions in the geodynamo as suggested By paleomagnetic data. *Phys. Earth Planet. Inter.* **91**, 253–260.
- Momose, K., 1963, Studies on the variations of th earth's magnetic field during Pliocene time, *Bull. Earthquake Res. Inst.*, Tokyo Univ., 37, 478-534.
- Mues-Schumacher ve Schumacher, R., 1996, Problems of stratigraphic correlation and new K–Ar data for ignimbrites from Cappadocia, *Central Turkey Int. Geol. Rev.*, 38, pp. 737-746.
- Nagata, T., Arai, Y., Momose, K., 1963, Secular variation of the geomagnetic total force during the last 5000 years, *J. Geophys. Res.*, 68, 5277–5282.
- Nagata, T., 1961, Geomagnetic secular variation over and near the Antarctic continent, *Antarctic Res.*, No. 11, 937-944.
- Néel, L., 1955, Some Theoretical Aspects of Rock Magnetism, *Adv. Phys.*, 4, 191-243.
- Niazi, T. S., 2018, Earth Magnetic Field, redefined source reexamined influence, <https://planetearth2017.files.wordpress.com/2018/05/presentation>.
- Otake, H., Tanaka, H., M. Kono, M., Saito, K., 1993, Paleomagnetic study of Pleistocene lavas and dykes of the Zao volcano group, Japan, *J. Geomagn. Geoelectr.*, 45, pp. 595-612.
- Otsuka K., ve diğ., 1999, Weekly variation of time domain measures of heart rate variability and geomagnetics in Asian chronome exological study (ACEHRV), *Ther Sci.*, **20**, p. 50.
- O'Reilly, W., 1984, Rock and mineral magnetism, *Blackie & Son, Glasgow*, 220.

- Palmer, S., Rycroft, M., Cermack, M., 2006, Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface, *Surveys in Geophysics*, Volume 27, Number 5, pp. 557-595(39).
- Pasquare', G., 1968, Geology of the Cenozoic volcanic area of Central Anatolia, *Atti Accad. Naz. Lincei*, 9, 53–204.
- Paterson, G.A., Roberts, A.P., Mac Niocaill, C., Muxworthy, A.R., Gurioli, L., Viramonté, J.G., Navarro, C., and Weider, S., 2010, Paleomagnetic Determination of Emplacement Temperatures of Pyroclastic Deposits: an Under-Utilized Tool, *Bull. Volcanol.*, v. 72, p.309-330, doi:10.1007/s00445-009-0324-4.
- Paterson, G. A., Tauxe, L., Biggin, A.J., Shaar, R., and Jonestrask, L. C., 2014, On improving the selection of Thellier-type palaeointensity data, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 15, pp. 1180-1192.
- Platzman H. S., Tapırdamaz C. , Sanver M., 1998, Neogene anticlockwise rotation of central Anatolia (Turkey) : preliminary paleomagnetic and geochronological results, *Tectonophysics*, 99, 175-189.
- Perrin, M., Shcherbakov, V., 1997, Paleointensity of the Earth's magnetic field for the past 400 Ma: Evidence for a dipole structure during the Mesozoic low, *J. Geomag. Geoelect.*, 49, 601–614.
- Perrin, M., Schnepf, E., Shcherbakov, V., 1998, Paleointensity Database Updated, *EOS*, 79, 198.
- Perrin, M., ve Schnepf E., 2004, IAGA paleointensity database: Distribution and quality of the data set, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 147, 255–267.
- Prévot, M., Mankinen E.A., Coe R.S., Grommé C.S., 1985, The Steens Mountain (Oregon) geomagnetic polarity transition 2. Field intensity variations and discussion of reversal models, *J. Geophys. Res.* ,90(B12): 10417–10448. doi:10.1029/JB090iB12p10417.
- Purvis, M., Robertson, A., 2005, Miocene sedimentary evolution of the NE-SW trending Selendi and Gördes basins, western Turkey: implications for extensional processes, *Sedimentary Geology*, Cilt. 174, ss. 31-62.
- Rolph, T.C., ve Shaw, J., 1986, Variations of the geomagnetic field in Sicily, *J. Geomagn. Geoelectr.*, 38, pp. 1269-1277.
- Roquet, J., 1954, Sur les remanences magnetiques des oxydes de fer et leur interet en geomagnetisme, *Ann. Geophys.*, 10 , 226-247 and 282-325.
- Sanver, M., 1977, Mutlak Yaş Tayinleri (Jeokronoloji), Ders Notu, *İ.T.Ü. Maden Fakültesi Jeofizik Kürsüsü*, 1-40 pp.
- Sanver, M., 1992, Paleomanyetizma, *İTÜ Maden Fakültesi Yayınları*.

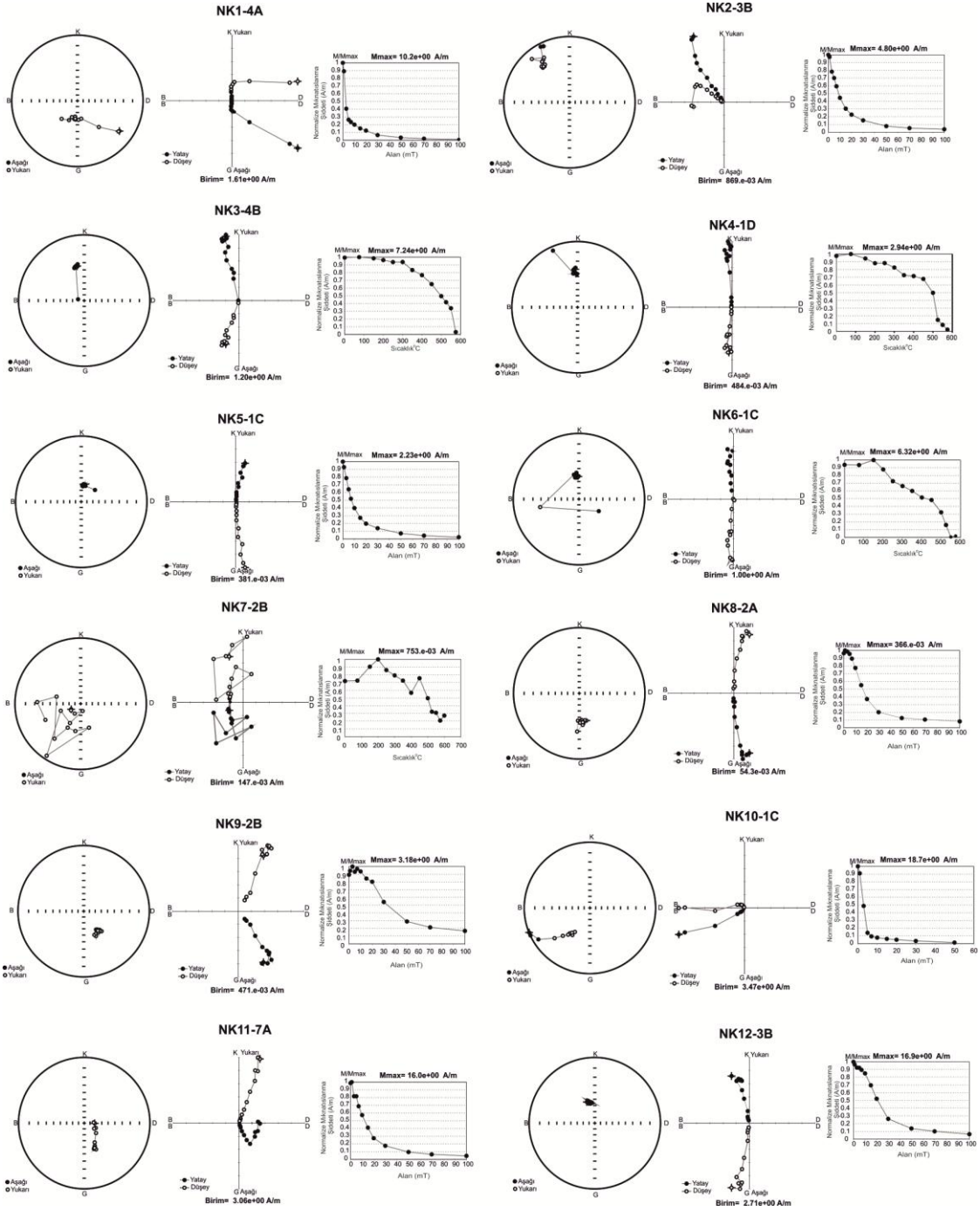
- Sarıkaya, M. A., ve Çiner, A., 2015, Türkiye Geç Pleyistosen Buzullaşması ve Paleoklimi, *Maden ve Teknik Arama Dergisi*, 151: 111-132.
- Savasçin, Y., Oyman, T., 1998, Tectono–Magmatic Evolution of Alkaline Volcanics at the Kirka–Afyon–Isparta Structural Trend, SW Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, pp. 201-214.
- Sayın, N., ve Orbay, N., 2003, Investigation of secular variations of geomagnetic field using archaeomagnetic samples obtained from Central Anatolia, *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Derg.* 16(1), 33–43.
- Schimmelpfennig, I., Benedetti, L., Garreta, V., Pik, R., Blard, P.H., Burnard, P., Bourles, D., Finkel, R., Ammon, K., Dunai, T., 2011, Calibration of cosmogenic ^{36}Cl production rates from Ca and K spallation in lava flows from Mt. Etna (38 degrees N, Italy) and Payun Matru (36 degrees S, Argentina), *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 75, 2611-2632.
- Shcherbakov, V.P., McClelland, E., Shcherbakova, V.V., 1993, A model of multidomain thermoremanent magnetization incorporating temperature-variable domain structure, *J. Geophys. Res.*, 98, pp. 6201-6216.
- Selkin, P., ve Tauxe, L., 2000, Long-term variations in paleointensity, *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 358, 1065–1088.
- Senanayake, W.E., ve McElhinny, M.W., 1981, Hysteresis and susceptibility characteristics of magnetite and titanomagnetites: interpretation of results from basaltic rocks, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 26, 47–55.
- Senanayake, W.E., ve McElhinny, M.W., 1982, Variations in the geomagnetic dipole, 1: The past 50,000 years, *Journal Geomagnetism and Geoelectricity*, v. 34, 39–51.
- Shaw, J., 1974, A new method of determining the magnitude of the palaeomagnetic field, application to five historic lavas and five archaeological samples, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 39, 133–141.
- Shcherbakova, V.V., Shcherbakov, V.P. ve Heider, F., 2000, Properties of partial thermoremanent magnetization in pseudosingle domain and multidomain magnetite grains, *J. geophys. Res.*, 105(B1), 767–781, doi:10.1029/1999jb900235.
- Singer, B.S., Guillou, H., Jicha, B.R., Zanella, E., Camps P., 2014, Refining the Quaternary geomagnetic instability time scale (GITS): Lava flow recordings of the Blake and Post-Blake excursions Quatern, *Geochronol.*, 21, pp. 16-28.
- Smith, P. J., 1967a, The intensity of the Tertiary geomagnetic field, *Geophys. J.*, 12, 239-258.
- Smith, P.J., 1967, The intensity of the ancient geomagnetic field: a review and analysis, *Geophys. J.*, 12, 321- 326.
- Solanki, S.K., 2002, Solar variability and climate change: is there a link?, *Astron. Geophys.*, 43, pp. 5.9–5.13.

- Stacey, F.D., ve Banerjee, S.K., 1974, *The Physical Principles of Rock Magnetism*, Elsevier, Amsterdam, 195pp.
- Tanaka, H., Kono, M., 1994, Paleointensity database provides new resource., *EOS*, 75, 498.
- Tauxe, L., 2005, Inclination flattening and the geocentric axial dipole hypothesis, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 233, pp. 247-261.
- Tauxe, L., 2006, Long-term trends in paleointensity: the contribution of DSDP/ODP submarine basaltic glass collections, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 156, 223–241.
- Tauxe, L., 2010, *Essentials of Paleomagnetism*, Univ. of Calif. Press, Berkeley.
- Tauxe, L., ve Staudigel, H., 2004, Strength of the geomagnetic field in the Cretaceous Normal Superchron: new data from submarine basaltic glass of the Troodos Ophiolite, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, (Art. No. Q02H06).
- Tarling, D.H., 1983, *Principles and Applications of Paleomagnetism*, Chapman and Hall, London.
- Teanby, N., Laj, C., Gubbins, D., Pringle, M., 2002, A detailed paleointensity and inclination record from drill core SOH1 on Hawaii, *Phys Earth Planet. Inter.*, 131, 101-140.
- Thellier, E., Thellier, O., 1959, Sur l'intensite du champ magnetique terrestre dans le passe historique et geologique, *Ann. Geophys.*, 15, 285–376.
- Thompson, R., ve Oldfield, F., 1986, *Environmental Magnetism*, 227, London: Allen and Unwin, London.
- Tric, E., Valet, J.P., Gillot, P. Y., ve Le Meur, I., 1994, Absolute paleointensities between 60 and 160 kyrs B.P. from Mount Etna (Sicily), *Phys. Earth Planet. Inter.*, 85, 113–119.
- Toprak, V., 1998, Vent distribution and its relation to regional tectonics, Cappadocian Volcanics, Turkey, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 85, 55-67.
- Türkecan, A., 2015, Türkiye'nin Senozoyik Volkanitleri, *Maden Teknik Dergisi*, Özel Yayın Serisi-33, Ankara.
- Valet, J.P., ve Meynadier, L., 1993, Geomagnetic field intensity and reversals during the last four million years, *Nature*, 366, pp. 234-238.
- Valet, J. P., J. Brassart, I. Le Meur, V. Soler, X. Quidelleur, E. Tric, and P. Y., 1996, Gillot, Absolute paleointensity and magnetomineralogical changes, *J. Geophys. Res.*, 101, 25,029–25,044.
- Yılmaz, Y., Genç, S.C., Gürer, Karacık, Z. and Altunkaynak, Ş. 2001, Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance, *Journal of Geodynamics*, 31, 243-271.

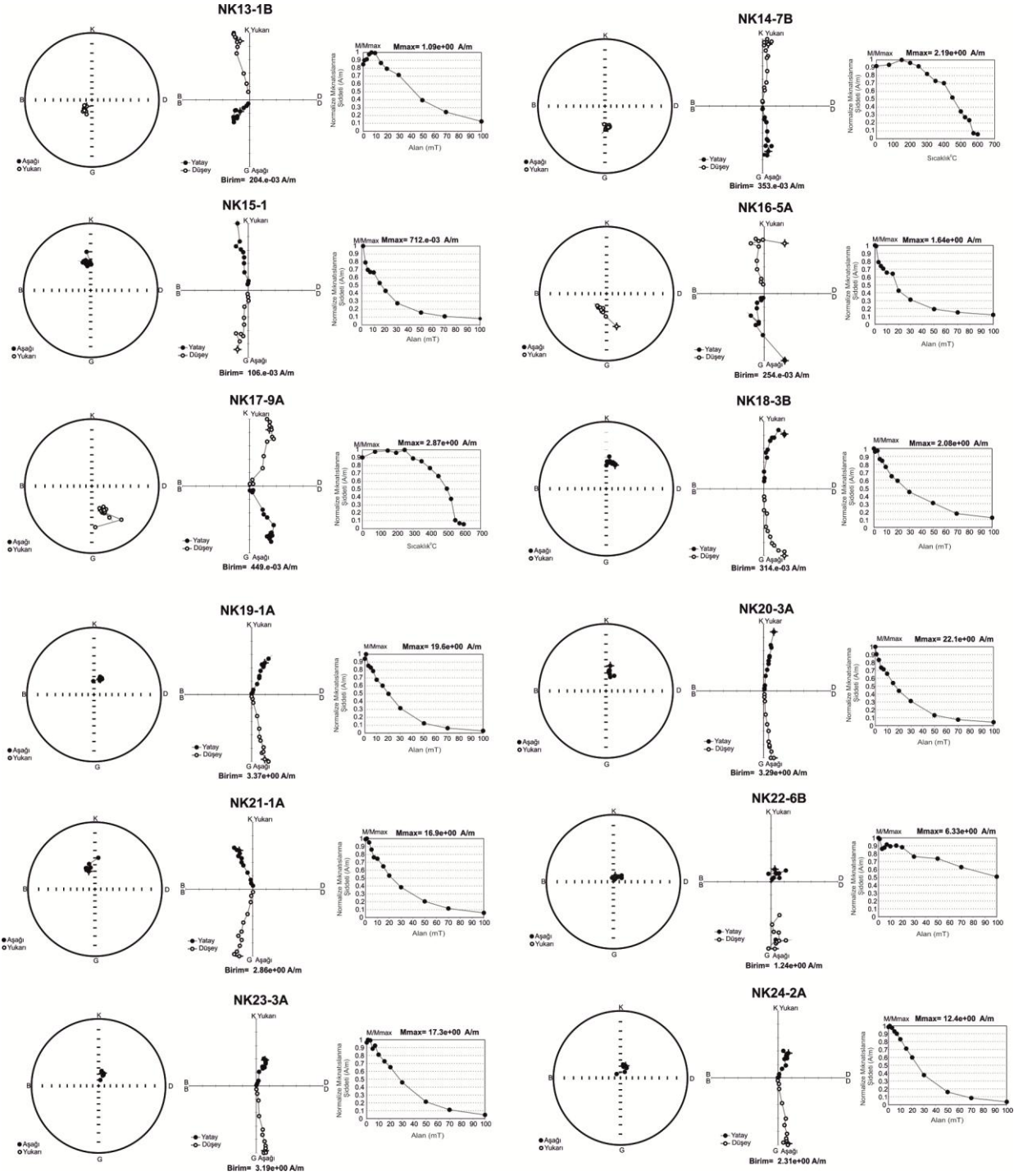
- Valet, J.P., 2007, Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism, chapter Paleointensity, Absolute techniques, *Encyclopedia of Earth Sciences, Springer*, 753-757.
- Van Zijl, J.S.V., Graham, K.W.T., Hales, A.L., 1962, The palaeomagnetism of the Stormberg Lavas, II. The behaviour of the magnetic field during a reversal, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 7, 169–182.
- Varga, P., Bus, Z., Süle, B., Schreider, A., Bizouard, C., Gambis, D., Denis, C.: 2007, Variation in the Rotation Rate of the Earth and the Geomagnetic Field, *Acta Geodaetica et Geophysica, Hungarica*, 42, No. 4, 433–448.
- Vestine, E. H., 1967, Main geomagnetic field, in Physics of Geomagnetic Phenomena, edited By S. Matsushita and W. H. Campbell, Vol. 1 (2), pp. 181-234, *Academic*, San Diego, Calif.
- Walton, D., Share, J., Rolph, T. C. and Shaw, J., 1993, Microwavemagnetisation, *Geophys. Res. Lett.*, 20, 109–111.
- Yamamoto, Y., Tsunakawa H., Shibuya, H., 2003, Palaeointensity study of the Hawaiian 1960 lava: implications for possible causes of erroneously high intensities, *Geophys J. Int.*, 153: 263–276. doi:10.1046/j.1365-246X.2003.01909.x.
- Yılmaz, Y., 1989, An approach to the origin of young volcanic rocks of western Turkey, ss. 159-189, Şengör, A.M.C. ed., (1989), Tectonic Evolution of the Tethyan Region, *Kluwer Academic Publishers*, 698s.
- Zhu, R., Liu, C., Wu, H., Zhu, G., 1991, Transitional field behaviour for the Matuyama-Brunhes, *Sciences in China (Series B)*, v.34, 1252-1257.
- Zijderveld, J.D.A., 1967, A.C. Demagnetization of Rocks. In Methods in Palaeomagnetism, D.W.Couinson, K.M. Creer and S.K. Runcorn, Eds., 256-286, *Elsevier*, New York.

EKLER

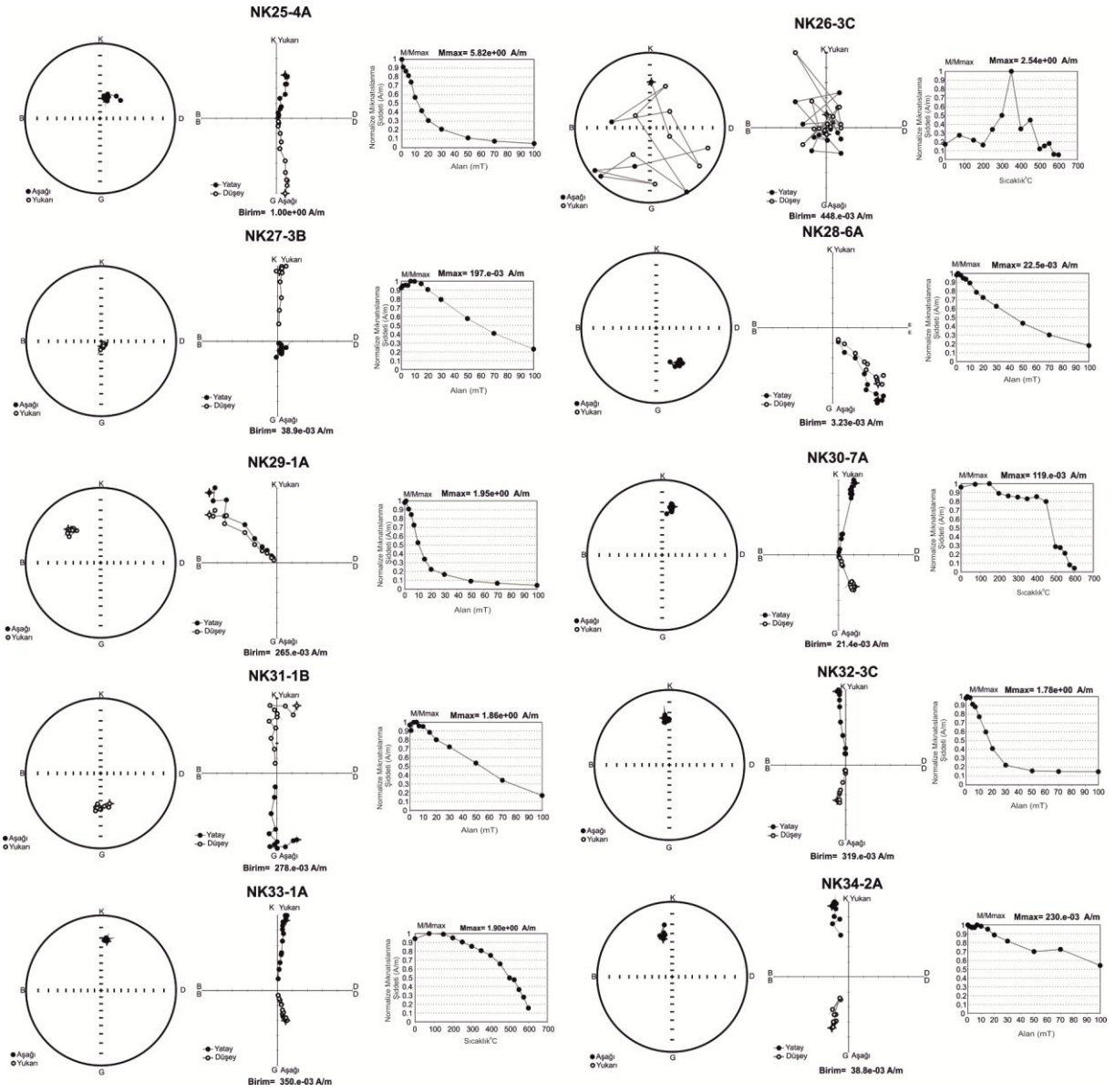
EK 1: NK mevkilerinin pilot örneklere ait temizleme sonuçlarının Stereonet Projeksiyon, Zijderveld Diyagramı ve Normalize Şiddet Değişim Eğrisi üzerinde gösterimi.



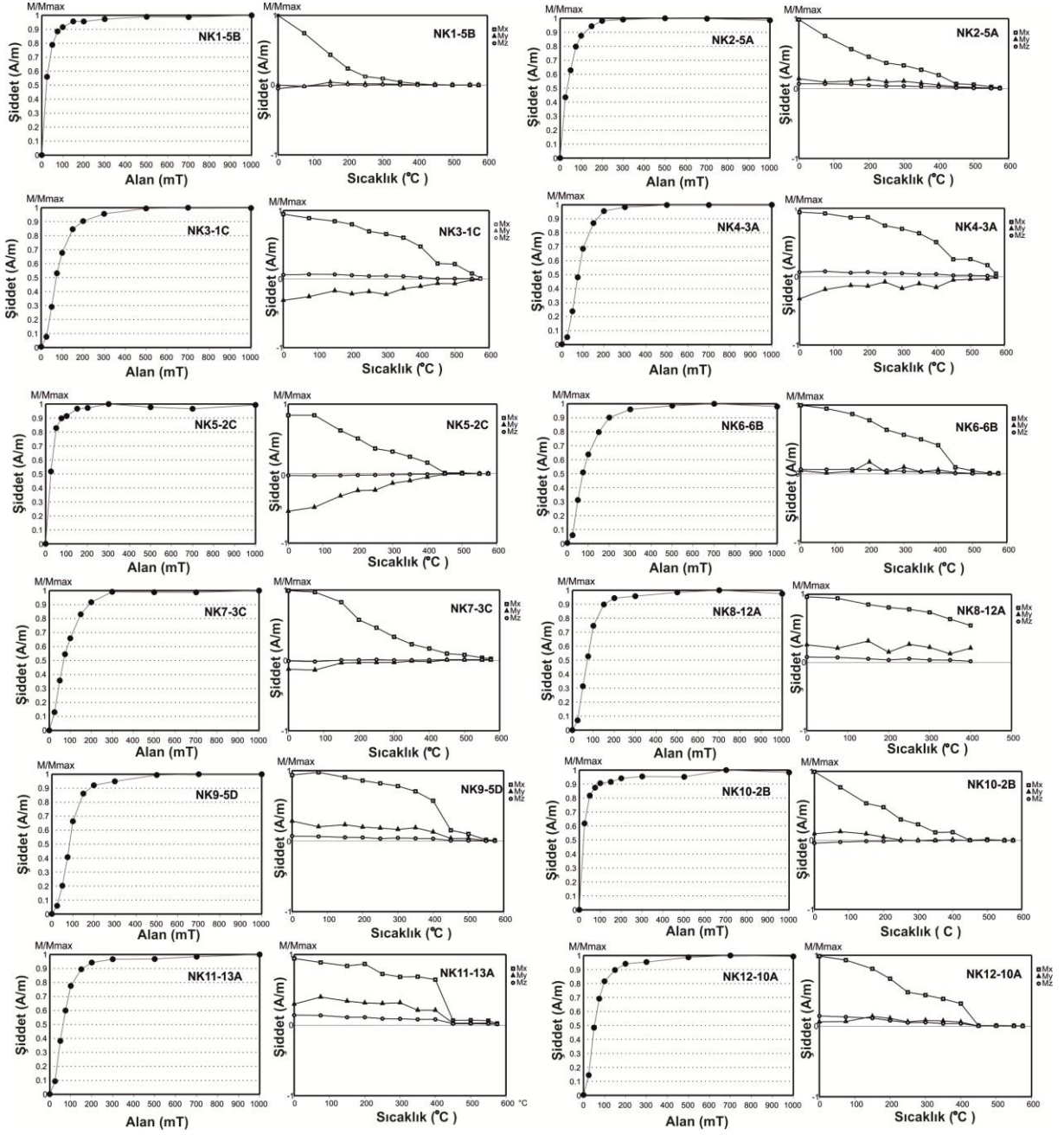
EK 1 (devam): NK mevkiilerinin pilot örneklere ait temizleme sonuçlarının Stereonet Projeksiyon, Zijderveld Diyagramı ve Normalize Şiddet Değişim Eğrisi üzerinde gösterimi.



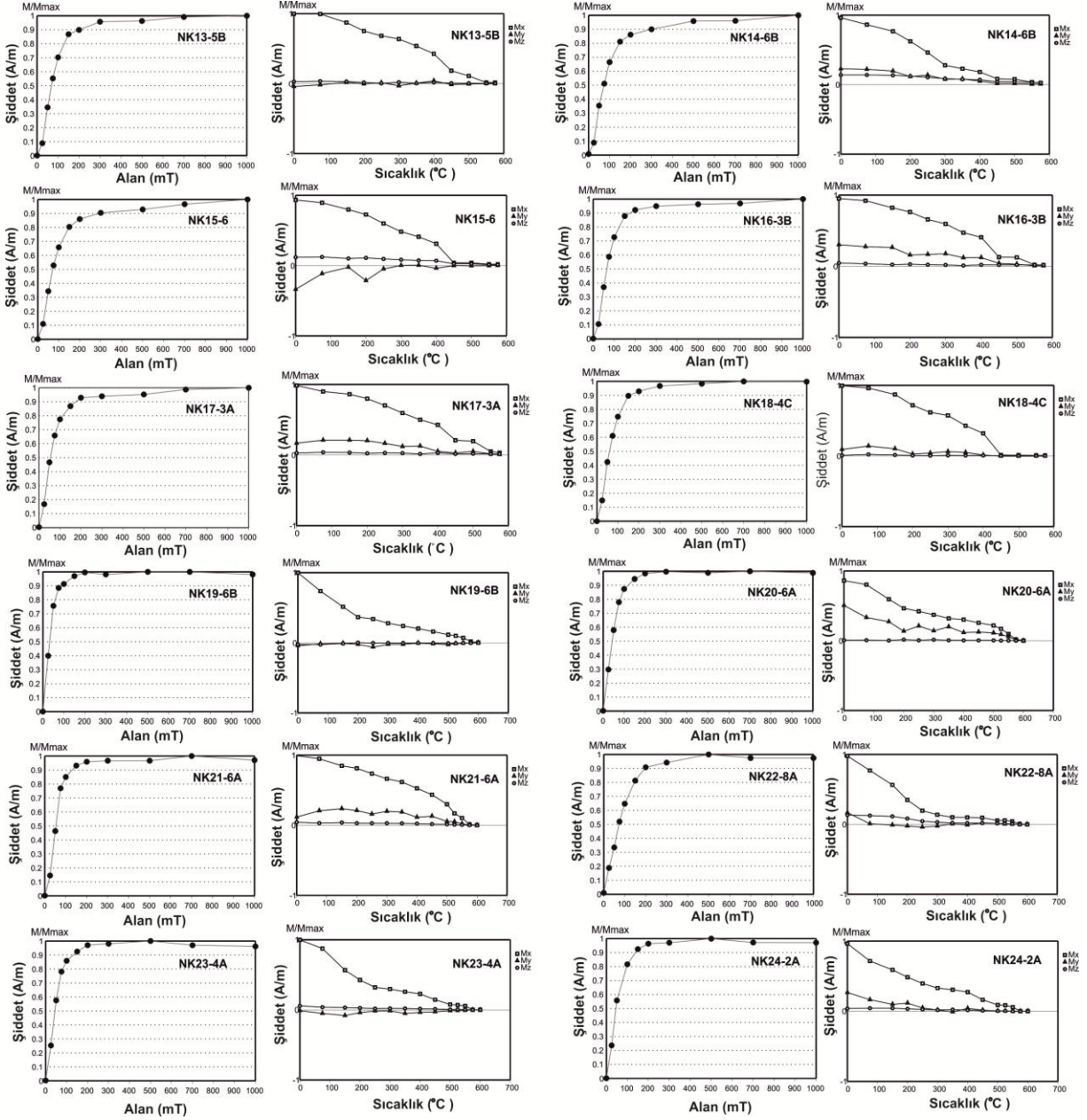
EK 1 (devam): NK mevkiilerinin pilot örneklere ait temizleme sonuçlarının Stereonet Projeksiyon, Zijderveld Diyagramı ve Normalize Şiddet Değişim Eğrisi üzerinde gösterimi.



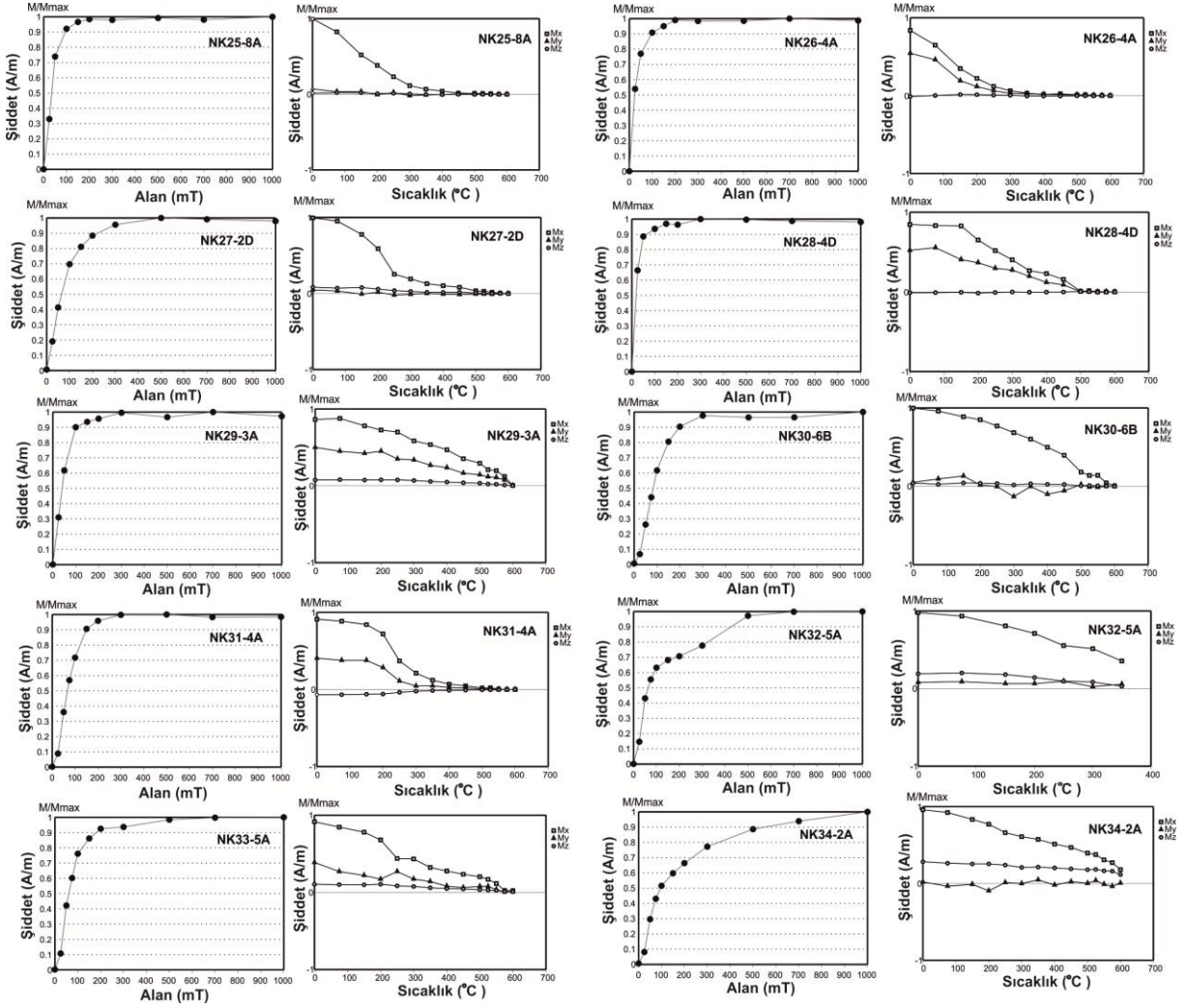
EK 2: NK Mevkilere ait EIKM Eğrisi ve Üç Eksenli Temizleme Eğrisi.

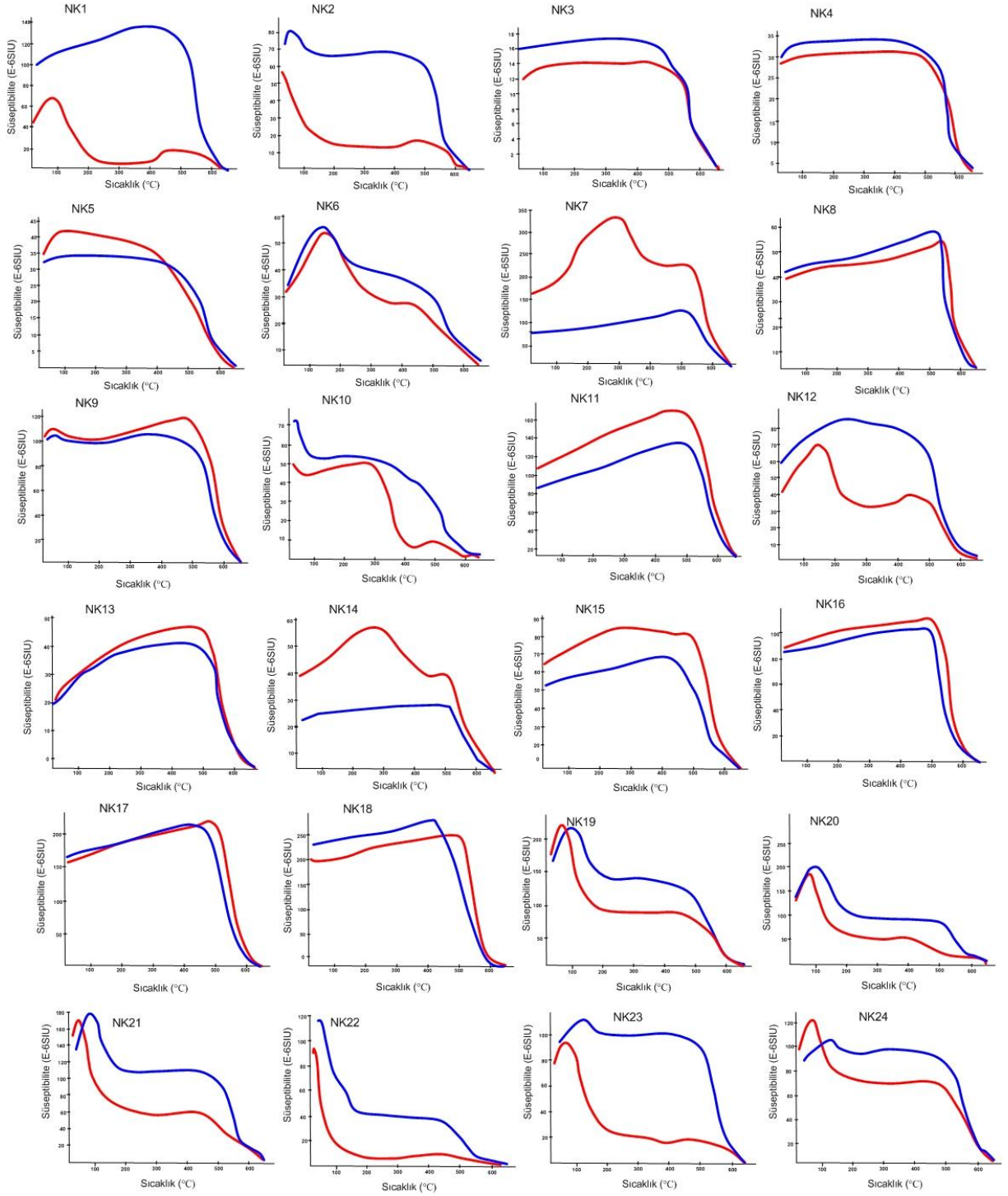


EK 2 (devam): NK Mevkilere ait EIKM Eğrisi ve Üç Eksenli Temizleme Eğrisi.

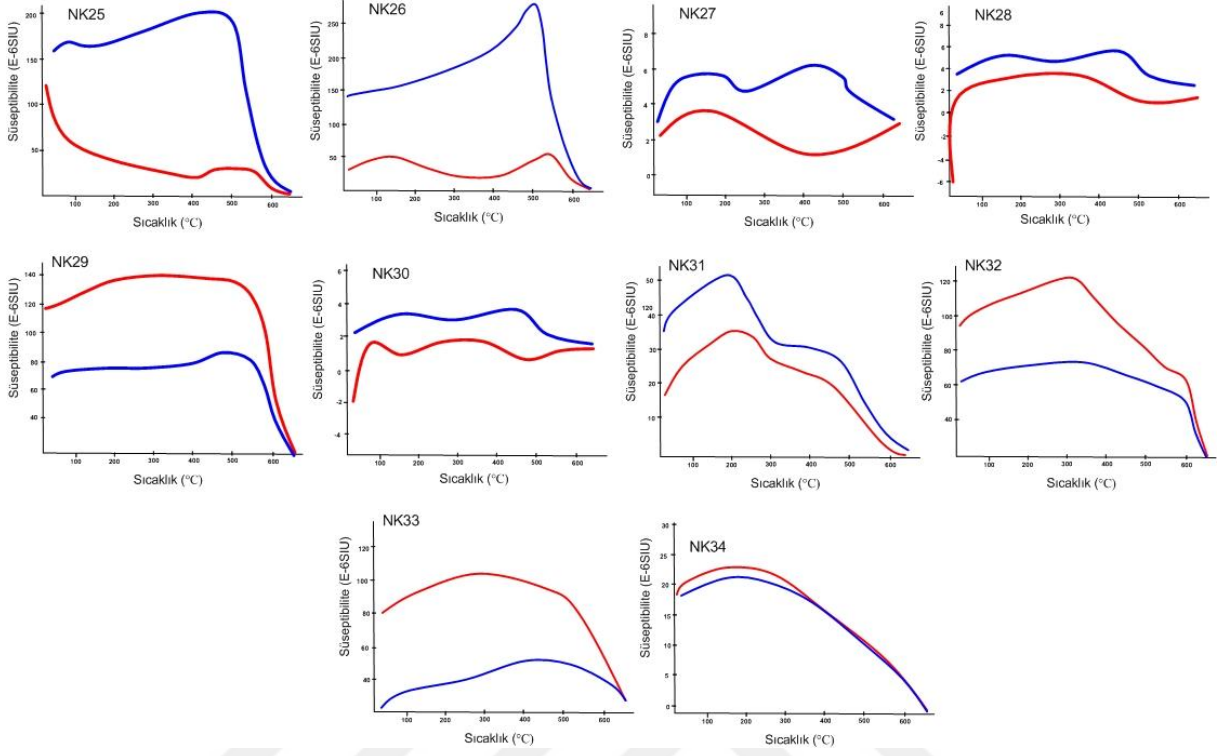


EK 2 (devam): NK Mevkilere ait EIKM Eğrisi ve Üç Eksenli Temizleme Eğrisi.



EK 3: NK mevkilerine ait sıcaklık-süseptibilite eğrileri.


EK 3 (devam): NK mevkillerine ait sıcaklık-süseptibilite eğrileri.



EK 4: Veri tabanındaki çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan önceki çalışmalara ait veriler.

REF	Mevki adı	SLAT	SLONG	Yas (M)	Dec	Ink	A ₂	K	N- INT	F	DF	VDM	VDMc	VADM	VADMc	Yötem	Referanslar
1	Mt Etna 1408 AD	37.6	14.3	0.0006	3.7	47.1	6.6			52.60	2.4		11.10			S	Rolph, T.C., Shaw, J. (1986)
2	Mt Etna 1444 AD	37.6	14.3	0.0006	2	57.3	1.6			49.40	2.1		8.70			S	Rolph, T.C., Shaw, J. (1986)
3	Mt Etna 1334 AD	37.6	14.3	0.000616	6.5	49.1	4			48.60	6.4		9.10			S	Rolph, T.C., Shaw, J. (1986)
4	Mt Etna 1284 AD	37.6	14.3	0.000666	10.6	50.2	5			48.20	2.7		9.30			S	Rolph, T.C., Shaw, J. (1986)
5		37.79	-25.643	0.000715	35.59	29.7	2.3		7	53.10	1.59			9.42		T+	Chiara, A. Dave di (2014)
6	Mt Etna 1169 AD	37.6	14.3	0.000781	17.4	35.6	3.4			60.40	3.1		10.90			S	Rolph, T.C., Shaw, J. (1986)
7	Punta da Ferrada	37.861	-25.854	0.000806	35.54	32.4	2.4		5	60.00	0.94			10.62		T+	Chiara, A. Dave di (2014)
8	Pentecost	37.801	-25.801	0.000941	6.4	32.7	1.1		11	53.50	0.33			9.48		T+	Chiara, A. Dave di (2014)
9	Nara das Felicitadas	37.817	-25.567	0.000966	1.1	34.2	2.5		6	45.70	0.57			8.1		T+	Chiara, A. Dave di (2014)
10	Polo 1x	37.74	-25.608	0.001215	11.1	47.7	2.3		8	78.00	2.08			13.84		T+	Chiara, A. Dave di (2014)
11	Mos	37.742	-25.589	0.00124	10.2	48.5	2.3		13	63.20	2.44			11.58		T+	Chiara, A. Dave di (2014)
12	Caldelero E	37.782	-25.608	0.00134					4	44.10	0.45			7.82		T+	Chiara, A. Dave di (2014)
13	Caldelero	37.789	-25.609	0.00134	12.6	57.3	4.6		3	54.50	2.02			9.66		T+	Chiara, A. Dave di (2014)
14	Losona	37.744	-25.594	0.0015	1	34.3	4.1		4	44.90	0.35			7.96		T+	Chiara, A. Dave di (2014)
15	Punta das Praias	37.819	-25.54	0.001775	35.6	56	2		4	63.00	1.6			11.16		T+	Chiara, A. Dave di (2014)
16	Punta	37.832	-25.66	0.0026	13	58	2.7		17	92.30	2.81			16.35		T+	Chiara, A. Dave di (2014)
17	Corrin	37.807	-25.626	0.00276	8.7	37.5	2.6		7	55.70	3.02			9.88		T+	Chiara, A. Dave di (2014)
18	VU01	38.4	15.3	0.0155	-3	52			1	29.50		5.58				T+	Lal. C., ve di (1997)
19	VU02	38.4	15.3	0.0165	35.2	34.3	3.7	1093	3	31.00	6.4					T+	Lal. C., ve di (1997)
20	VU03	38.4	15.3	0.0175	5	46			1	23.50		5.77				T+	Lal. C., ve di (1997)
21	VU04	38.4	15.3	0.019	35.33	46.8	6.1	229	4	37.50	6.7	7.52				T+	Lal. C., ve di (1997)
22	01	37.8	14.9	0.0612					4	50.50	13.3					T+	McC. E. Ve di (1994)
23	53	37.7	-118.9	0.064	32.23	37.9	1.4	1604	1	20.60		4.51				T+	Mankin, E.A. (1994)
23	VU12	38.4	15.3	0.065	14	32.9			2	31.00	6.4	7.07				T+	Lal. C., ve di (1997)
25	02	37.8	14.9	0.0695					1	45.00	6.1					T+	McC. E. Ve di (1994)

EK 4 (devam): Veri tabanındaki çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan önceki çalışmalara ait veriler.

REF NO	Mevki adı	SLAT	SLONG	Yas (Myl)	Dec.	İnk.	A ₂₁	K	N-INT	F	DF	VDM	VDMc	VADM	VADMc	Yöntem	Referanslar
26	04	37.3	14.9	0.08	3394	27.3	10		3	15.20	1.7				2.955207	T+	Tric. E. Vedif (1994)
27	05	37.8	14.9	0.08	3394	27.3	10		3	43.60	14.6	10.3	10.35		7.730988	T+	Tric. E. Vedif (1994)
28	28	37.7	-118.9	0.095	5.8	48.4	2.6	471	5	48.60	5.3	9.9			8.67856	T+	Mankinan, E.A. (1994)
29	06	37.7	-118.9	0.099	6.3	56.3	2.3	515	3	53.80	2.3	9.5			9.551002	T+	Mankinan, E.A. (1994)
30	49	37.8	14.9	0.099					1	18.40	11.6				3.262619	T+	Tric. E. Vedif (1994)
31	VU20	38.4	15.3	0.102	3.3	49	3.7		2	34.30	4	6.71			6.038792	T+	Lal. C. Vedif (1997)
32	VU21	38.4	15.3	0.102	3556	48.9	8.5	211	3	33.80	4.9	6.02			3.950765	T+	Lal. C. Vedif (1997)
33	VU23	38.4	15.3	0.102	3574	43.1	3.2		1	29.40		6.13			5.176107	T+	Lal. C. Vedif (1997)
34	VU25	38.4	15.3	0.102	6.3	40.7	3.4		3	26.40	3.8	5.63			4.647933	T+	Lal. C. Vedif (1997)
35	VU26	38.4	15.3	0.102	3565	47.2	2.3		2	35.20	9.8	7.03			6.197244	T+	Lal. C. Vedif (1997)
36	VU33	38.4	15.3	0.102	3.3	48.5	4.5		1	26.50		5.22			4.665539	T+	Lal. C. Vedif (1997)
37	VU28	38.4	15.3	0.102	3471	47.8	6.4		2	37.40	0.2	7.42			6.584572	T+	Lal. C. Vedif (1997)
38	VU27	38.4	15.3	0.102	5.3	49	4.1		2	43.90	12.7	8.39			7.28949	T+	Lal. C. Vedif (1997)
39	39	37.7	-118.9	0.103	3589	58.5	3.8	411	1	28.50		5.23			5.059546	T+	Mankinan, E.A. (1994)
40	07	37.8	14.9	0.1075	17.6	53.2	4		4	31.00	33	5.8	5.78		5.496803	T+	Tric. E. Vedif (1994)
41	20	37.7	-118.9	0.108	8.6	55.2	2.0	487	5	49.10	5.8	8.62			8.71662	T+	Mankinan, E.A. (1994)
42	G39	38.4	15.3	0.11	45	46	4		4	17.80	1.7	3.6			3.133834	T+	Lal. C. Vedif (1997)
43	G37	38.4	15.3	0.11	45	51	7		1	16.90		3.23			2.973381	T+	Lal. C. Vedif (1997)
44	G17	38.4	15.3	0.11	357	54	5		1	23.80		4.39			4.190182	T+	Lal. C. Vedif (1997)
45	G10	38.4	15.3	0.11	352	48	3		1	36.80		7.3			6.498543	T+	Lal. C. Vedif (1997)
46	VU36	38.4	15.3	0.119	3536	47	3		2	31.40	10.3	6.28			5.28224	T+	Lal. C. Vedif (1997)
47	09	37.8	14.9	0.126	6.1	37	7.1		4	16.00	4.5	3.5	3.53		2.83706	T+	Tric. E. Vedif (1994)
48	22	37.7	-118.9	0.129	14.8	57.5	3.1	313	1	45.50		8.03			8.07152	T+	Mankinan, E.A. (1994)
49	VU38	38.4	15.3	0.135	3557	56	6.3		4	26.50	5.3	4.77			4.665539	T+	Lal. C. Vedif (1997)
50	11	37.8	14.9	0.136	22	48.4	7		3	35.50	5.9	7	7.00		6.94476	T+	Tric. E. Vedif (1994)

EK 4 (devam): Veri tabanındaki çalışma alanı ile aynı enlemde bulunan önceki çalışmalara ait veriler.

REF NO	Mevki adı	SLAT	S LONG	Yas (Mx)	Dec.	Ink.	A ₁₂	K	N-INT	F	DF	VDM	VDM _g	VADM	VADM _g	Yöntem	Referanslar	
31	12	37.8	14.9	0.142	3.5	36.3	6		2	29.10	0.6	6.5	6.46			I+	Eric E. Ve die (1994)	
32	15	37.7	-118.9	0.154	3254	75.3	2.3	673	4	53.40	14.8	8.02				I+	Mankinen E.A. (1994)	
33	16	37.7	-118.9	0.155	21	85.2	6.9	66	3	59.40	17.3	7.69				I+	Mankinen E.A. (1994)	
34	13	37.8	14.9	0.163	28.9	40.6	5.2		5	55.90	15.1	11.9	11.94			I+	Eric E. Ve die (1994)	
35	288.05	38.13	140.48	0.21	11.7	57.9	8.9		12	30.60	7.4	5.39	5.38			I+	Orake H. ve die (1993)	
36	288.10	38.12	140.53	0.26	26.3	76.7	4.6		5	94.60	40.6	13.2	13.17			I+	Orake H. ve die (1993)	
37	288.04	38.12	140.4	0.28	35.49	50	9.5		5	63.60	13.8	12.5	12.31			I+	Orake H. ve die (1993)	
38	Louising SB	37.8	120.8	0.73	1851	-56.2	5.6	52		31.00		9.18				I-	Zhu R. ve die (1991)	
39	Louising UD	37.8	120.8	0.73	17.6	38.7	5.8	59		65.50		11.4				I-	Zhu R. ve die (1991)	
60	Louising DD	37.8	120.8	0.73	33.7	56.7	4.9	41		19.30		3.44				I-	Zhu R. ve die (1991)	
61	Louising US	37.8	120.8	0.73	28.45	-10.4	6.3	70		10.70		2.74				I-	Zhu R. ve die (1991)	
62	Louising LB	37.8	120.8	0.84	18.72	-34.3	6.4	69		43.00		7.9				I-	Zhu R. ve die (1991)	
63	288.01	38.14	140.46	1	21.06	-32.9	9.1		2	33.90	3.9	4.68	4.77			I+	Orake H. ve die (1993)	
64	288.02	38.14	140.46	1	21.06	-30.2	11.8		5	32.40	4.9	7.13	7.20			I+	Orake H. ve die (1993)	
66	332-E-37-2	37	-34	3.5		-40		86	2	39.80	8.4	7.6				I+	Carlo-Rathert M. ve die (2009)	
67	Site 332	37	-34	3.9					1	36.00	2	5.95	5.59			I+	Carlo-Rathert M. ve die (2009)	
68	M4	38.46	1.47	6.76	3231	-10.6	33.5	6	4	6.75	0.76	1.6				I+	Salatin P.A., Jaxone L. (2000)	
69	M6	38.42	1.57	7.04	27	31.7	4.5	153	8	16.00	0.97	3.7				I+	Carlo-Rathert M. ve die (2009)	
70	M3	38.24	1.72	7.12	22	60.3	7.5	273	1	47.20		8				I+	Carlo-Rathert M. ve die (2009)	
71	M2	38.25	1.47	7.15	6.7	62.8	5.4	106	6	31.45	4.01	5.4				I+	Carlo-Rathert M. ve die (2009)	
72	M1	38.15	-1.13	7.71	3107	49.4	3.5	3067	6	37.52	3.78	7.4				I+	Carlo-Rathert M. ve die (2009)	
73	Site 334	37	-34	10.3					1	30.00		5.44				I+	Salatin P.A., Jaxone L. (2000)	
74	335-10	37	-34	13.5		-70			1	36.50	3.5	8.27	3.49			I+	Carlo-Rathert M. ve die (2009)	
75	335-6-1	37.3	-35.2	13.5		-67			1	30.00	20	4.68	4.68			I-	Dunlop D.J., Hale C.J (1976)	
76	335	37	-35	13.8					4	20.60	0.97			4	3.63	3.63	I+	Jaxone L. (2006)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Nurcan Kaya
Doğum Yeri	İstanbul
Doğum Tarihi	06.07.1976
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	532 6838970
E-Posta Adresi	nurcan.kaya@istanbul.edu.tr
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Jeofizik Mühendisliği Bölümü
Mezuniyet Yılı	2001

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Jeofizik

Makale ve Bildiriler
Kaya N., Makaroğlu Ö., Hisarli Z.M., "Paleointensity Variation of The Earth's Magnetic Field Obtained from Neogene and Quaternary Volcanic Rocks in Central Anatolian Plateau", EGU-2017 (European Geosciences Union), Viyana, Avusturya, 23-28 Nisan 2017, pp.11-11.
Kaya N., Makaroğlu Ö., Hisarli Z.M., "Orta Anadolu'da Jeomanyetik Alan Şiddetinin Neojen-Kuvaterner Boyunca Değişimi", 90 Yılın Ardından İstanbul Üniversitesi'nde Jeofiziğin Serüveni, İstanbul, Türkiye, 10-12 Mayıs 2017, pp.1-1.
Kaya N., Hisarli Z.M., Makaroğlu Ö., Baydemir N., "Günümüzden 0.2 My önce Orta Anadolu'da Yermanyetik Alan Şiddeti", İstanbul Yerbilimleri Dergisi, cilt.28, ss.133-145, 2018.
Kaya N., Makaroğlu Ö., Baydemir N., Hisarli Z.M., "Neojen-Kuvaterner Dönemi Boyunca Jeomanyetik Alan Şiddetinin Değişimi:Orta Anadolu'da Volkanik Kayaçlardan Elde Edilen İlk Sonuçlar", TUJBBK, İzmir, Türkiye, 30 Mayıs - 2 Haziran 2018, pp.62-65.

Kaya N., Makaroğlu Ö., Baydemir N., Hisarlı Z.M., ‘Intensity of The Geomagnetic Field Obtained from Central Anatolia before Present 6 Ma.’ , 1st International Symposium on Graduate Research in Science: Entrepreneurship and Innovation (ISGRS2018), Beyazıt,İstanbul. 4-6 Ekim 2018.

|

