

## ORTA ANADOLU ARKEOMAĞNETİK ÖRNEKLERİ İLE YERMAĞNETİK ALANININ SEKÜLER DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

### INVESTIGATION OF SECULAR VARIATIONS OF GEOMAGNETIC FIELD USING ARCHAEOMAGNETIC SAMPLES OBTAINED FROM CENTRAL ANATOLIA

**Nurdan SAYIN ve Naci ORBAY**

İ. Ü. Müh. Fak. Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar/ İstanbul.

**ÖZ:** Arkeomağnetizma, arkeolojik alanlardan alınan örneklerin kalıntı mıknatıslanmalarının ölçülmesi ile, yermağnetik alanının geçmiş dönemlerdeki davranışını incelememize olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada, çoğunluğu Orta Anadolu'da bulunan 15 arkeolojik alana ait yanmış fırın ve duvar kalıntılarında oluşan 53 yönlü olmak üzere toplam 91 adet el örneği laboratuvara getirilmiş ve bunlardan elde edilen toplam 325 adet karot örneği üzerinde çalışılmıştır. Örneklerin doğal kalıntı mıknatıslanmaları ölçüldükten sonra, örnekler ısısal temizleme adımları uygulanmış ve her adımda örneklerin sahip olduğu sapma, eğim açıları ve şiddetleri ölçülmüştür. Örneklerin son kez yanma geçirdikleri zamandan günümüze kadar geçen süre içerisinde kazandıkları ikincil kalıntı mıknatıslanmalar temizlendikten sonra, kullanıldıkları arkeolojik döneme ait yermağnetik alanının sapma ve eğim açıları ile şiddet değerleri saptanmaya çalışılmıştır.

Alınan örneklerin yaşı, kazıdan sorumlu arkeologlar tarafından  $C_{14}$ , dendrokronoloji ya da arkeolojik tipoloji kullanılarak belirlenmiş olup çalışmada kullanılan örneklerin yaşı M.Ö 7900 ile M.S.1750'ye kadar olan dönemi kapsamaktadır. Söz konusu zaman dilimi için elde edilen yermağnetik alanının sapma ve eğim açıları ile şiddet değişimlerinin, aynı döneme ait diğer verilerle uyumlu olduğu görülmüştür. Ancak, özellikle, M.Ö 4000 ve M.Ö. 7600 yılları arasındaki döneme ait örnek bulunmaması, yeni çalışmaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Arkeomağnetizma, kalıntı mıknatıslanma, yermağnetik alanı.

**ABSTRACT:** Archaeomagnetism gives us some opportunities about investigations of variations in geomagnetic field for periods which are outside the range of geomagnetic field.

In this work, archaeomagnetic samples are taken from archaeological regions mostly in the central Anatolia. Totally 91 hand samples are taken at 15 different archaeological sites such as burned oven and walls. The 53 hand samples are oriented. The 325 cylindrical specimens are used for measuring the remanent magnetization and intensity. First of all the natural remanent magnetization and measurements were made and then the thermal demagnetization steps applied to the each samples. End of this procedure, the declination, inclination angles and intensity values of the earth's magnetic field are obtained.

The ages of the collected archaeological materials were identified by using  $C_{14}$ , dendrocronological or archaeological tipology methods. The ages of the used materials are extended from 7900 B.C. to 1750 A.D. therefore the long period variations of the earth's magnetic field are obtained. The obtained results are seen in good agreement with the same aged previous results. It is necessary to conduct new studies to fill the gap from B.C. 4000 and B.C.7600, since there were no samples for this period.

**Key Words:** Archaeomagnetism, remanent magnetization, geomagnetic field.

### GİRİŞ

Arkeomağnetizma, arkeolojik alanlardan alınan örneklerin kalıntı mıknatıslanma doğrultu ve şiddetlerinin belirlenmesi ile yermağnetik alanının özellikleri hakkında bilgi edinmemizi sağlar. Arkeomağnetizma yöntemi kullanarak, yermağnetik alanının, uzun süre içerisinde sapma ve eğim açıları ile

şiddetinde görülen ve seküler değişim olarak adlandırılan değişimi belirlenebilir. Yermağnetik alanının seküler değişimi bir yıl ile  $10^5$  yıl arasında değişen sürelerde olabilmekte ve diğer değişimlerle birlikte (jeomağnetik jerk ve kutup terslenmeleri gibi) yermağnetik alanını oluşturduğu varsayılan jeodinamonun, dış çekirdekte enerji seviyelerindeki

değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir (Kruiver ve diğ., 2000).

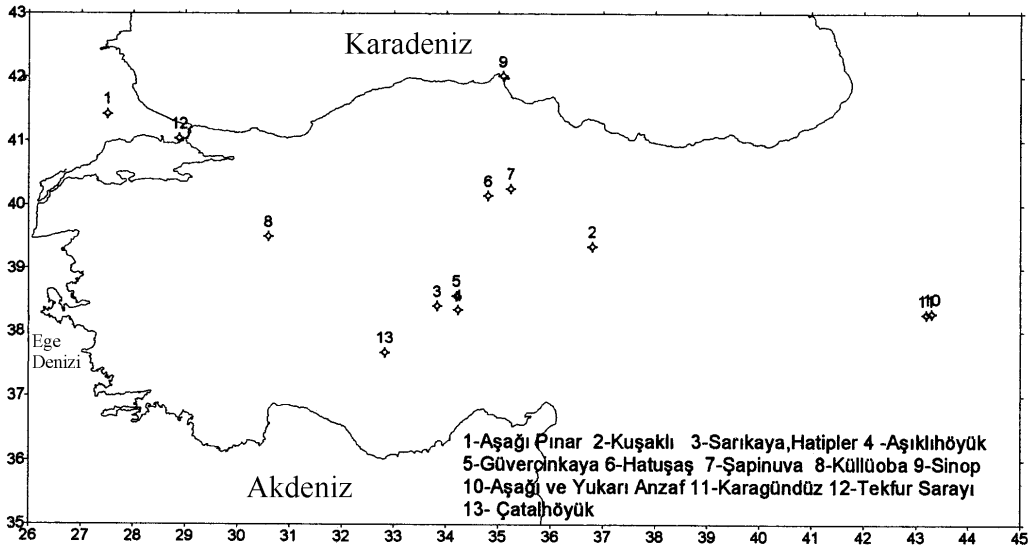
Arkeomağnetizmaya ışık tutacak ilk çalışmalar 1853 yılında Melloni'nin İtalya Vezüv lavları üzerinde yapmış olduğu çalışmalarla başlamış ve daha sonra da 1899'da Folgerhaiter'in arkeomağnetik örnekler kullanarak yaptığı çalışmalar ile devam etmiştir (Evans, 1996). Arkeolojik örnekler üzerinden geçmiş dönemlerdeki mağnetik alan şiddetini saptamak için kullanılan yöntemleri geliştirmeye yönelik Thellier'in çalışmalarını (1938, 1951 ve 1959) en önemli çalışmalar olarak sayabiliriz. Türkiye'de yapılan ilk arkeomağnetik çalışma ise Bammer'in (1964) M.S. 100 ve M.S.600 yılları arasına tarihlenen, Efes'ten almış olduğu örneklerden sadece eğim açılarını ölçüldüğü çalışmadır. Sonra, Çatalhöyük arkeomağnetik örnekleri ile M.Ö 6500 - M.Ö.5750 yılları arasındaki dönem için yermağnetik alan şiddetinin belirlendiği çalışma yapılmıştır (Bucha ve Mellart, 1967). Daha sonraki süreçte, 1975 ile 1978 yılları arasında kazı çalışmaları sürdürülen Demircihöyük'ten alınan örneklerden M.Ö 2950 ve M.Ö. 2450 arasındaki dönem için sapma ve eğim açıları saptanmıştır (Korfmann ve Becher, 1987). Bu çalışmaları, İkiztepe kazısından alınan örneklerle yapılan M.Ö 2800 ve M.Ö. 1800 dönemine ait, alan şiddetini belirleme çalışması (Sanver ve Ponat 1981,1983), Van arkeomağnetik örnekleri ile Ukrayna, Bulgaristan ve Irak (Babil, Asur) örneklerinden saptanan sapma ve eğim açılarını karşılaştırma yöntemiyle yaş belirleme çalışması (Saribudak ve Tarling 1993) ve Batı Anadolu'da on

altı farklı arkeolojik alandan alınan örneklerle Ponat'ın (1995) yapmış olduğu doktora tez çalışması takip etmiştir.

Bu çalışma, 15 farklı arkeolojik alandan alınan örneklerin kalıntı miknatıslanma doğrultu ve şiddetlerinin ölçülmesi ile örneklerin ait oldukları dönem için mağnetik alanın sapma, eğim ve şiddetini belirlemeyi amaçlamaktadır. Elde edilen sonuçlar, daha önce yapılmış çalışmalarla ve komşu ülke sonuçlarıyla (Kovacheva, 1980 ve Rosakov ve Zagniy, 1973) birlikte değerlendirilerek, son 10000 yıl içindeki mağnetik alan değişimlerini veren master eğrileri elde edilmiştir. Eğrinin bazı dönemlerindeki boşluklar giderildiğinde yaşı bilinmeyen arkeomağnetik örneklerin tarihlenmesi yapılabilecektir.

### ÖRNEK YERLERİ VE LABORATUAR ÖLÇÜLERİ

Çalışmada, 15 arkeolojik alanda, uygun nitelik (en az üç kez Curie noktası üzerindeki sıcaklıklara kadar yanmış ve homojen renkte olması) ve yine uygun konumda olan örnekler belirlenmiş ve bu örneklerin yönü belirlendikten sonra el örnekleri olarak alınmıştır. Kırklareli, Küllüoba, Aşıklıhöyük, Büyükkaya, Aşağı ve Yukarı Anzaf örnekleri ocak ve fırın olarak kullanılmış alanlardan alınırken, Kuşaklı-Sivas, Acemhöyük örnekleri, büyük yangın geçiren saraya ait in-situ konumdaki duvarlardan alınmıştır. Örneklerin alındığı bölgelerin dağılımı Şekil 1'de verilmiştir.



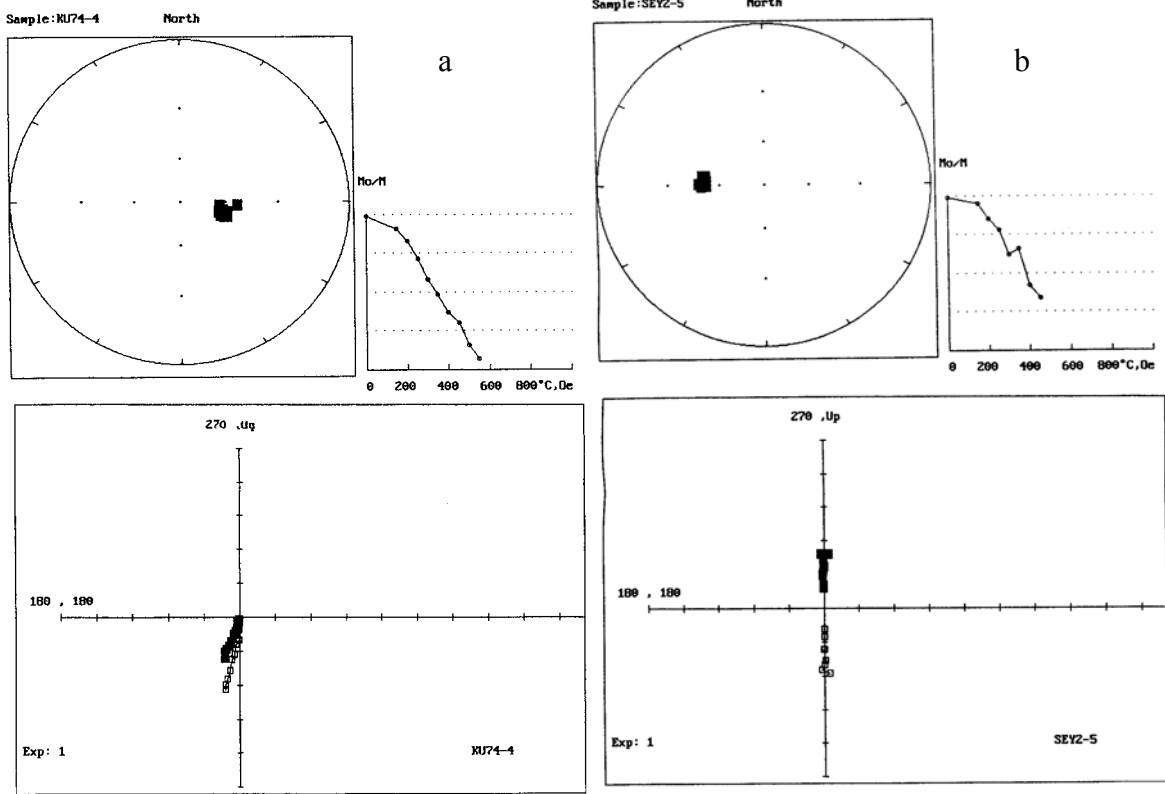
Şekil 1. Örneklerin alındığı bölgeler.

Figure 1. Location of the sampling sites.

Son yanma geçirdikleri dönemden bu yana orijinal konumunu değiştirmemiş ocak, fırın ve duvar örnekleri, laboratuara getirildikten sonra, bunlardan 1x1 inçlik silindirik karot örnekleri elde edilmiştir. Orijinal konumunu kaybetmiş bazı el örnekleri ise sadece yermağnetik alanının şiddetini saptayabilmek amacıyla alınmıştır. Alınan örneklerin yaşı, kazıdan sorumlu kişiler tarafından C<sub>14</sub>, dendrokronoloji ya da arkeolojik kronoloji kullanılarak saptanmıştır. Örneklerin yaşı, M.Ö. 7900 yılından başlayıp M.S.1750 yılına dek süren zamanı kapsamaktadır.

Bilindiği gibi, arkeomağnetik örneklerin, yermağnetik alanı içerisinde soğuması sırasında kazandığı birincil mıknatıslanmayı saptayabilmek için daha sonraki süreçte kazandığı ikincil mıknatıslanma bileşenlerinin temizlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, öncelikle örneklerin doğal kalıntı mıknatıslanmaları duyarlılığı  $0.08 \times 10^{-8}$  emu/cc ve dönme hızı 6 devir/sn olan Spinner mağnetometresi

ile ölçülmüş ve daha sonra da örnekler 150<sup>0</sup>C'den başlayan ve 50<sup>0</sup>C aralıklarla sürdürülen ısısal temizleme adımları uygulanmıştır. Her adım sonrası örneğin sahip olduğu sapma ve eğim açıları ölçülmüştür. Isısal temizleme için MMTD 60 Mağnetik Measurement aleti kullanılmıştır. Örneklerin mağnetik duyarlılığı ve ikincil mıknatıslanmalarından temizlendiği sıcaklık aralıkları, kalıntı mıknatıslanmanın moment değişim eğrisi ile kalıntı mıknatıslanma vektörünün Wulf ve Zijderveld projeksiyondaki davranışı izlenerek saptanmıştır. Şekil 2'de SEY 2-5 ve KU74-4 örneklerine ait Wulf ve Zijderveld projeksiyonları ile moment değişim eğrisi görülmektedir. Şekil incelendiğinde, örneklerin sahip olduğu kalıntı mıknatıslanmanın doğrultularının hemen hemen hiç değişmediği görülmektedir ki bu da örneklerin ikincil mıknatıslanma bileşeni taşımadığını gösterir.

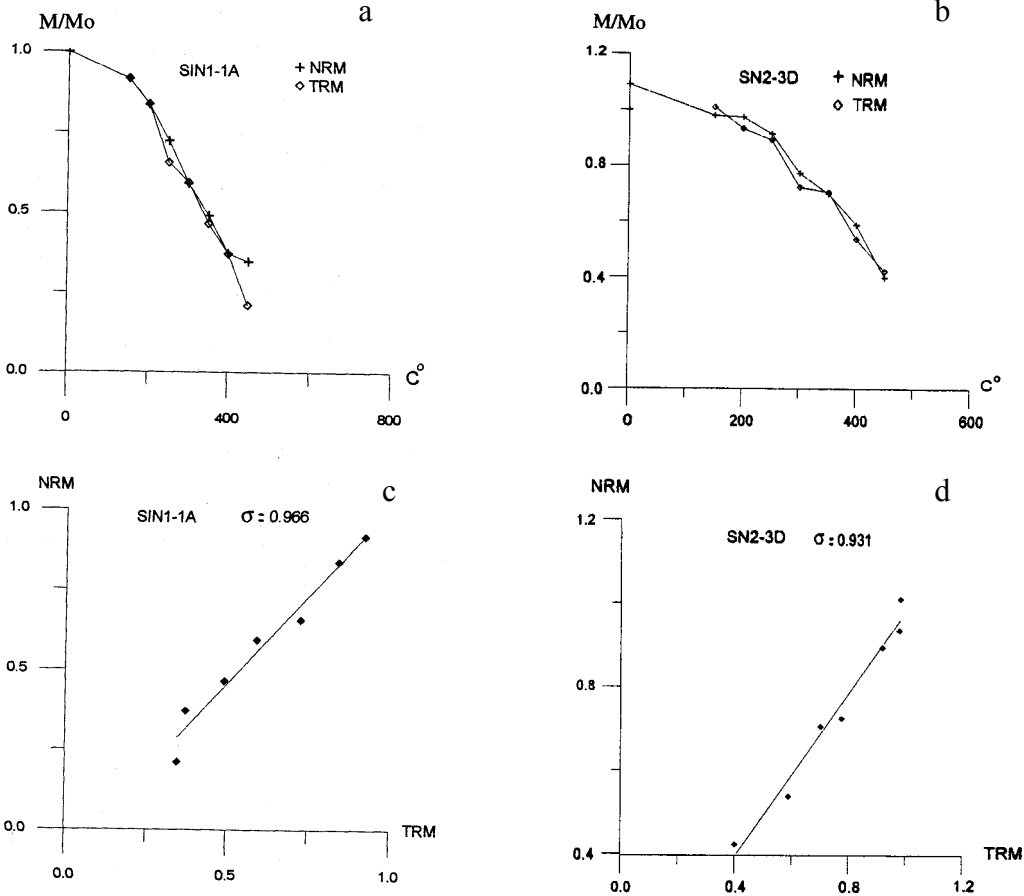


Şekil 2.KU74-4 (a) ve SEY 2-5 (b) örneklerine ait Zijderveld projeksiyonları ile moment değişim eğrileri.

Figure 2. Wulf and Zijderveld Projections and moment change curves of KU74-4 (a) and SEY 2-5 (b) samples.

Yermağnetik alan şiddetinin saptanması için ilk kez Thellier (1959) tarafından kullanılan yöntem uygulanmıştır. Örnekler 150°C'den başlayarak 50°C aralıklarla ısıtılmış ve yermağnetik alanının sıfırlanmış olduğu ortamda soğumaları sağlandıktan sonra örneğin sapma ve eğim açıları ile şiddet değerleri ölçülmüştür. İkinci defa 150°C ye kadar ısıtılıp 50µT lık laboratuvar alanında soğutulduktan sonra yine sapma ve eğim açıları ile şiddet değerleri kaydedilmiştir. Bu işlem 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500°C sıcaklık adımlarında aynen tekrarlanmıştır. Her sıcaklık adımında örneklere, 50µT'lık laboratuvar alanında soğumayı içeren iki ısıtma prosedürü uygulanmıştır. Örneklerin temizleme adımları sırasında kaybettiği mıknatıslanmanın 50µT magnetik alanda kazandığı mıknatıslanmaya karşı çizilmesi sonucu elde edilen doğrusal ilişki,

$$F = -b F^L$$



Şekil 3. Sinop bölgesine ait SIN1-1A (a) ve SN2-3D (b) örneklerinin NRM ve TRM adımlarında moment değişimleri ile aynı örneklere ait Arai çizimi (c) ve (d).

Figure 3. Moment changes curves of NRM and TRM of SIN1-1A (a) and SN2-3D (b) samples from Sinop region and Arai plots of these samples (c) (d).

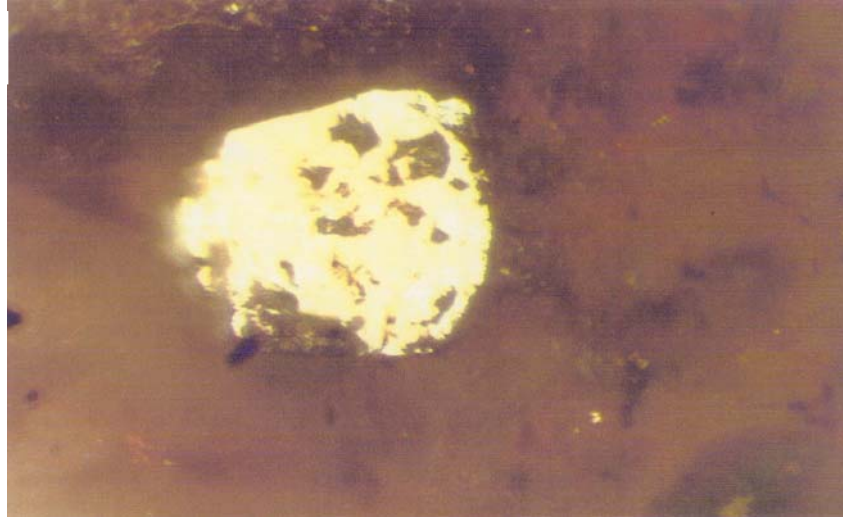
şeklinde verilmektedir ve bu ifade geçmiş döneme ait alan şiddetini vermektedir (Thellier, Thellier, 1959). Bağlıdaki, F, geçmiş dönemdeki alan şiddetini, F<sup>L</sup> laboratuvar alanını göstermektedir. Her adımda temizlenen mıknatıslanmanın, yeniden kazandırılan mıknatıslanmaya oranı b'yi vermektedir ve bu ilişkinin grafik olarak gösterimi Arai çizimi olarak adlandırılır.

Şekil 3 a ve b'de sırasıyla Sinop bölgesine ait SIN1-1A ve SN2-3D örneklerinin temizleme (NRM) ve yeniden mıknatıslama (TRM) işlemleri sırasında elde edilen moment değişim eğrileri ve arkeoşiddetin hesaplanmasında kullanılan arai çizimi görülmektedir. Şekil 3 c ve d ise aynı örneklere ait NRM değerlerinin aynı adımda TRM değerlerine karşı çizilmesi ile elde edilen Arai çizimleri verilmiştir. Arai çizimlerinin 0.96 ve 0.93 gibi yüksek korelasyon göstermesi, minerallerin duraylı mıknatıslanmaya sahip olduğu ve arkeoşiddet değerlendirmesinde kullanılabilirliğini göstermektedir.

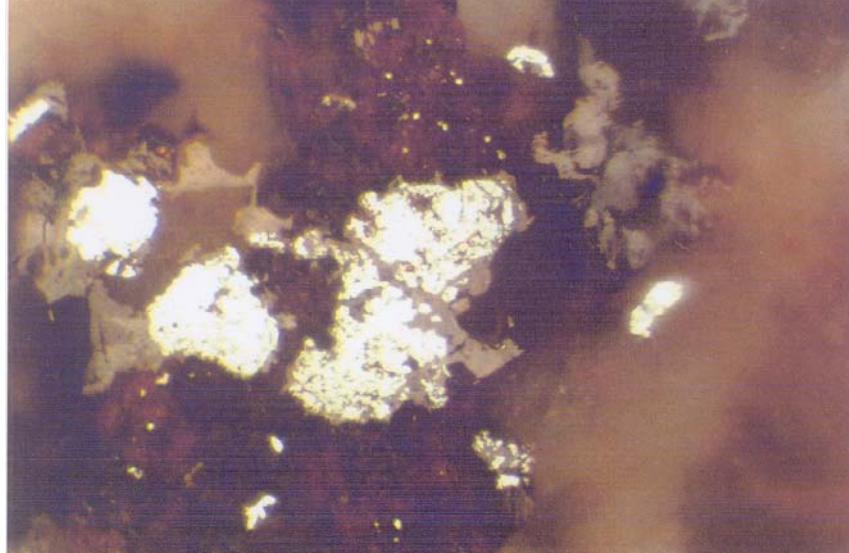
Bütün örneklerin NRM ve TRM adımları sonrası moment değişimleri ile arai çizimleri yapılarak arkeosiddet değerlendirmesine uygun olup olmadıklarına bakılmıştır. Ayrıca her adımda örneğin sahip olduğu suseptibilite değeri ölçülmüş ve işlemler sonunda %10'dan fazla suseptibilitesi değişen örneklerin, duraylı mıknatıslanmasında değişim olduğu sonucuna varılarak değerlendirme dışı bırakılmıştır. Tüm bu ölçüm sonuçlarından sonra, duraylı mıknatıslanmaya sahip olduğu belirlenen ve alındığı bölgeyi temsil eden birer örneğin ince kesiti hazırlanmıştır. Bu ince kesitler maden mikroskopunda

incelenerek, mıknatıslanmaya neden olabilecek mağnetik minerallerin tanımlanmaya çalışılmış ve örneklerin kalıntı mıknatıslanmalarına neden olan mağnetik minerallerin genel olarak mağnetit, hematit, martitleşmiş mağnetit ve hematit olduğu saptanmıştır. Şekil 4'de Van (Yukarı Anzaf) ve Sivas (Kuşaklı) bölgelerine ait YA 2-3 ve KU4-4 örneklerinin maden mikroskobu altında görüntülenen ince kesitleri verilmiştir. Hazırlanan 15 adet ince kesitten sadece iki tanesinde kalıntı mıknatıslanmaya neden olacak mağnetik minerallere rastlanmamıştır.

a



b



Şekil 4. Kuşaklı ve Aşağı Anzaf'dan alınan KU4-4 (a, martitleşmiş hematit) ve AA2-4 (b, mağnetit ve martit zonlaması) örneklerinin ince kesitinde görülen mağnetik mineraller.

Figure 4. Magnetic minerals on the thin sections of the KU4-4 (a, martitization hematite) and AA2-4 (b, zonation of magnetite and hematite) samples of the Kuşaklı and Aşağı Anzaf Archaeological areas.

İncelenen örneklerin değerlendirme sonuçları Tablo 1’de görülmektedir. Tablo 1’in İlk sütunu örnek kodlarını, ikinci sütun örneklerin alındığı bölgeleri, üçüncü sütun örnek yaşlarını, dördüncü sütun araziden alınan yönlü el örneği sayısını (n), altıncı ve yedinci sütunlarda yer alan D ve I eski dönemlere ait olarak ölçülen sapma ve eğim açısı değerlerini, sekizinci ve dokuzuncu sütunda yer alan  $\alpha_{95}$  ve k elde edilen sapma ve eğim açılarının güvenilirliği ile ilgili parametreleri ve son sütundaki  $F/F_0$  geçmişteki yermağnetik alan şiddetinin günümüzdeki şiddet değerine oranını göstermektedir.

Tablo 1 incelendiğinde, verilerin güvenilirliğini veren  $\alpha_{95}$  değerlerinin çoğunluğunun güvenilirlik sınırları içinde olduğunun görülmesine karşın 73, 66 ve 43 gibi çok büyük dağılım gösteren örneklerin de olduğu görülmektedir. Bilindiği gibi  $\alpha_{95}$  değerlerinin  $5^0$ ’yi geçmemesi idealdir (Evans, 1996). Bu örneklerin alındığı döneme ait başka sonuçların olmaması ve bu örnek sonuçlarının genel sonuçlar ile uyumlu olması nedenlerinden dolayı bu sonuçlar değerlendirmeye katılmıştır.

Tablo 1. Arkeomagnetik ölçü sonuçları ve istatistik parametreler.  
Table 1. Archaeomagnetic results and statistical parameters.

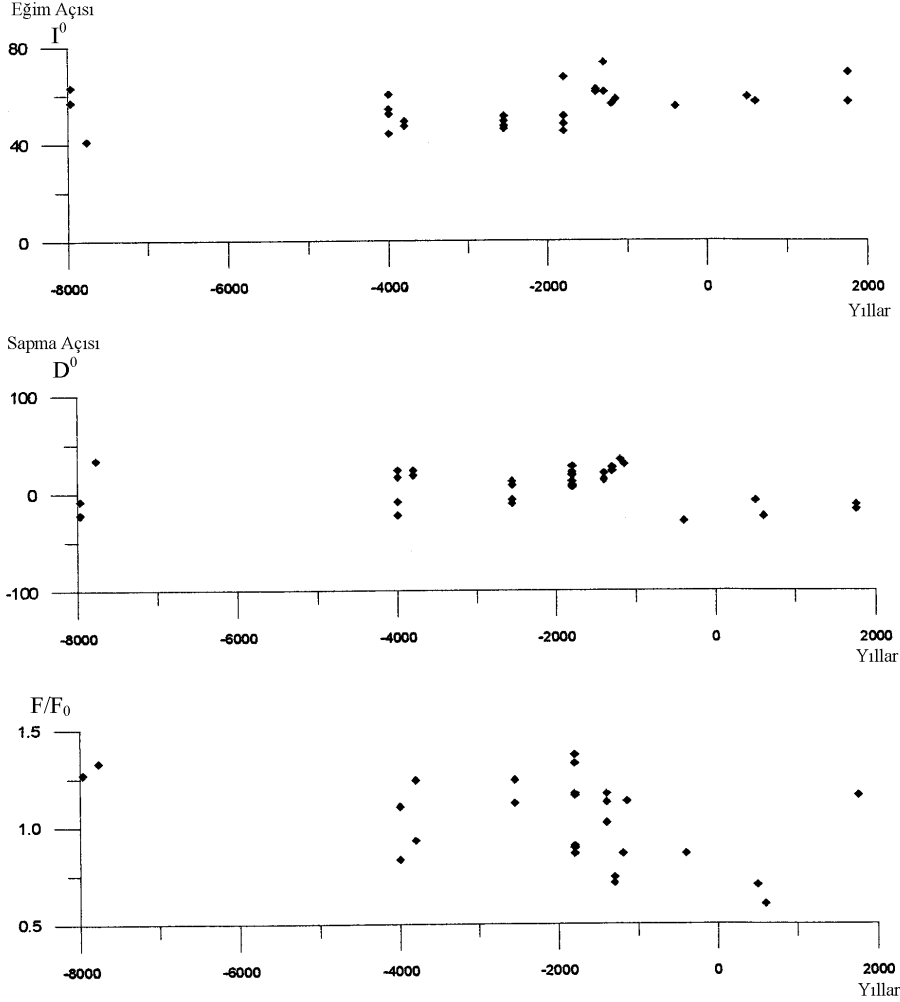
Örnek	Bölge	YAŞ	N	D	I	$\alpha_{95}$	K	$F/F_0$
TEK1	Tekfur Sarayı	M.S.1750	5	343	57	23.1	16.851	
AA2	Aşağı Anzaf	M.S. 600	7	348	69	14.6	40.801	1.16
AA4	Aşağı Anzaf	M.S. 600	3	336	57	17.3	209.521	
SNP2	Sinop	M.S. 500	5	352	59	3.3	550.001	0.72-0.69
VKG	Karagündüz	M.Ö. 400	8	331	55	7.7	99.754	0.86
YA2	Yukarı Anzaf	M.Ö. 1200	7	34	56	7.7	99.754	0.86
BU1	(Büyükkaya)	M.Ö.1150	3	29	58	24.5	26.3	1.13
SAP1	Şapınuva	M.Ö. 1300	9	22	73	20.3	153.74	0.64-0.78
SAP2	Şapınuva	M.Ö. 1300	14	26	61	4.1	115.562	0.71-0.78
KU71	Kuşaklı	M.Ö. 1400	8	14	62	2.4	801.6	1.126
KU74	Kuşaklı	M.Ö.1400	10	20	62	2.8	388.793	1.27-1.079
KU81	Kuşaklı	M.Ö.1400	7	13	61	3	417.884	1.02
SAR1	(Sarıkaya)	M.Ö. 1800	8	12	28	4.8	249.9	1.37-1.011
SAR2	(Sarıkaya)	M.Ö. 1800	6	18	23	6	165.642	1.23-1.109
SAR4	(Sarıkaya)	M.Ö. 1800	3	8	67	3.8	1080.31	0.9
HTP1	(Hatipler)	M.Ö. 1800	3	6	45	37.1	12.078	1.37
HTP2	(Hatipler)	M.Ö. 1800	4	7	62	13.2	335.4	1.325
HTP3	(Hatipler)	M.Ö. 1800	3	27	48	9.6	164.789	0.86
HTP4	(Hatipler)	M.Ö. 1800	6	21	51	2.7	631.482	0.84-0.94
SEY1	Küllüoba	M.Ö. 2550	5	78	49	11.1	48.775	1.12
SEY2	Küllüoba	M.Ö. 2550	6	353	51	5.1	170.572	
SEY6	Küllüoba	M.Ö. 2550	8	348	47	3.3	287.436	1.24
SEY2	Küllüoba	M.Ö. 2550	6	12	51	5.1	170.572	
SEY6	Küllüoba	M.Ö. 2550	8	8	46	3.3	287.436	
KRK2	Aşağı Pınar	M.Ö. 3800	5	18	49	5.1	590.414	0.93
KRK4	Aşağı Pınar	M.Ö. 3800	11	23	47	6.3	93.897	1.24
GUV1	Güvercinkaya	M.Ö. 4000	4	351	52	12.9	377.304	0.83
GUV3	Güvercinkaya	M.Ö. 4000	7	16	60	43.1	35.633	1.104
GUV4	Güvercinkaya	M.Ö. 4000	9	337	54	73.4	2.551	
GUV5	Güvercinkaya	M.Ö. 4000	4	23	44	13.2	87.72	
CA1	Çatalhöyük	M.Ö 7600	3	34	41	65.9	16.571	1.33
AS2	Aşıklihöyük	M.Ö. 7900	5	338	63	7.9	135.671	1.27
AS4	Aşıklihöyük	M.Ö. 7900	5	352	57	12.1	40.892	

Örneklere ait yermağnetik alan şiddetini belirlerken, doğal kalıntı mıknatıslanmanın sonradan kazandırılan

mıknatıslanmaya oranının bir doğruyu vermesi ve bu doğru üzerinde en az dört noktanın olması

gerekmektedir (Kovacheva 1980). Bu kriteri sağlamayan örneklerden arkeoşiddet değerlendirmesi yapılamadığı için ilgili sütunlar boş bırakılmıştır. Tablolardan elde edilen sonuçların zamana bağlı olarak

çizilmesi sonucu elde edilen, yaklaşık M.Ö. 7900'den günümüze kadar yermağnetik alanının sapma, eğim açıları ve alan şiddetindeki değişimler Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. M.Ö 7967 ile günümüz arasındaki dönem için mağnetik alanın değişimi.

Figure 5. Variations of geomagnetic field from present day to 7967 B.C.

## BULGULAR

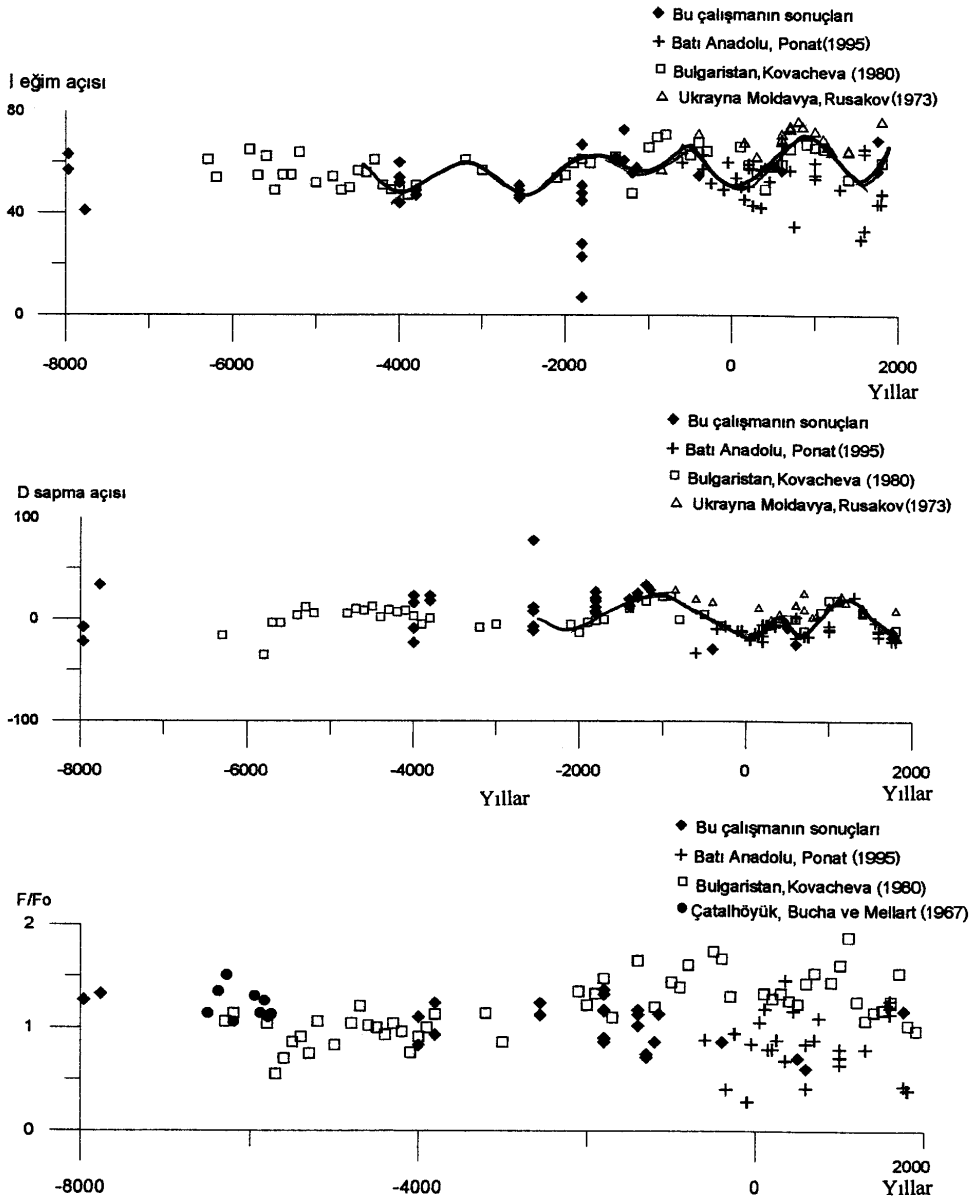
Şekil 5 incelendiğinde, M.Ö. 7900 ve günümüz arasındaki periyot içinde yermağnetik alanının eğim açısının,  $73^{\circ}$  ile  $41^{\circ}$  arasında değişen değerler alırken, sapma açısı değerlerinin  $331^{\circ}$  ile  $34^{\circ}$  arasında değiştiği gözlenmektedir. Aynı dönem içerisinde alan şiddeti değerleri günümüze oranla en büyük değeri (1.37) M.Ö.1800 yılında ve en küçük değeri de (0.64-0.78) M.Ö. 1300 yılında almıştır. Sapma ve eğim açıları ve alan şiddeti değerlerinin dağılımı incelendiğinde hiç birinde net bir periyodisite görülmemektedir. Bu durum verilerin zamana homojen olarak

dağılmamasından olduğu kadar özellikle alan şiddeti değerlerinde aynı yaş içinde dağılımın çok büyük aralıkta olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak, Fransa ve İngiltere başta olmak üzere diğer ülkelerde yapılmış çalışmalar, özellikle sapma ve eğim açıları için bir periyodikliğin var olduğunu ortaya koymaktadır (Evans, 1996).

Daha önce ülkemizde ve komşu ülkelerde yapılmış çalışmalarla elde ettiğimiz bu sonuçları karşılaştırmak için Ponat (1995)'ten alınan Batı Anadolu değerleri, Kovacheva (1980)'in Bulgaristan'da yaptığı

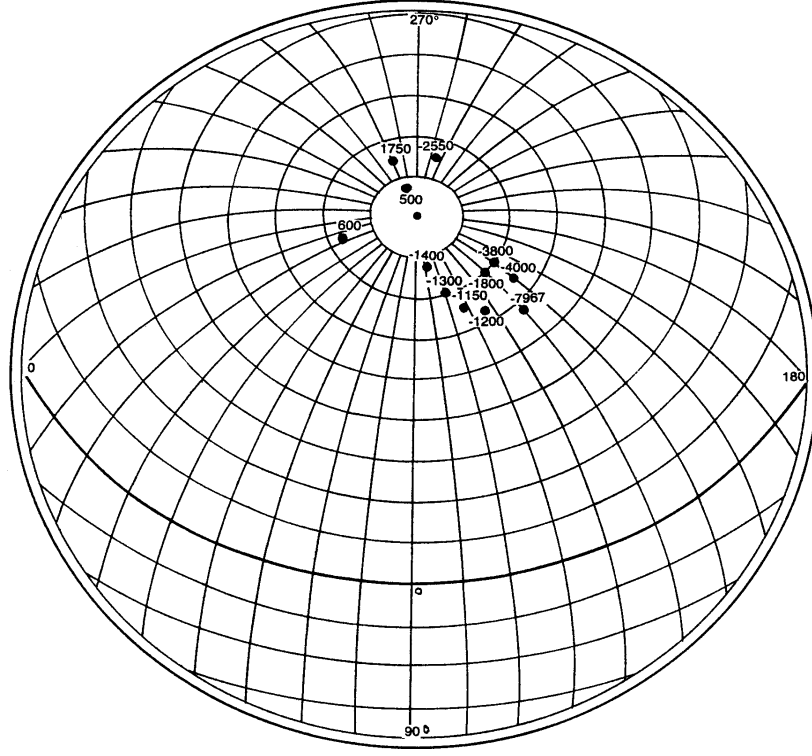
çalışmalar ve Rusakov ve Zagniy (1973) in Ukrayna ve Moldovya sonuçları Şekil'6 da çizilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen eğim açısı değerleri, özellikle M.Ö. 400'den önceki dönemler için, Bulgaristan, Ukrayna ve Moldovya sonuçları ile uyumlu görünmektedir. M.Ö. 1000'den günümüze kadar ki dönem için bazı ayırık sonuçlara karşın bir periyodikliğin izi açıkça görülebilmektedir. Seküler değişimin özellikleri konusunda daha net

bir sonuca varabilmek, ancak, bölgesel ölçekte değiştiği bilinen alanın, daha genel bir bakışla değerlendirilmesi sonucu olabilecektir. Bu bölgesel etki, elde edilen sapma ve eğim açısı değerlerinden yararlanarak geçmiş dönemlere ait görünür jeomağnetik kutup pozisyonlarının (VGP) hesaplanmasıyla giderilebilir. Şekil 7'te elde edilen sonuçlara ait görünür jeomağnetik kutup pozisyonları görülmektedir.



Şekil 6. Bu çalışmada elde edilen sonuçların daha önceki çalışmalar ile birlikte gösterimi.  
Figure 6. The obtained results from this study are shown together with the previous studies.



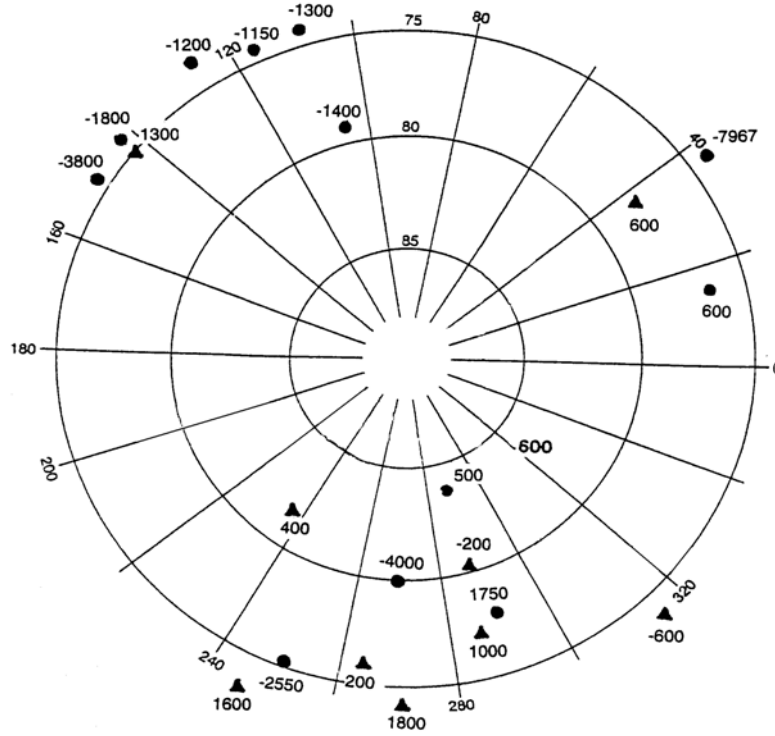


Şekil 7. Görünür jeomağnetik kutup pozisyonları (VGP).

Figure 7. Virtual geomagnetic pole positions (VGP)

M.S. dönemleri için elde edilen kutup pozisyonları batıda, M.Ö. dönemler için ise doğuda olduğu Şekil 7'de görülmektedir. Elde edilen görünür jeomağnetik kutup pozisyonları Ponat 1995 sonuçları ile birlikte

değerlendirilmiş (Şekil 8) ancak örnek dönemlerinin farklı olması nedeniyle (Ponac 1995'de en eski örnek M.Ö.600 yılına aittir) karşılaştırma yapılamamıştır.



Şekil 8. Bu çalışmadan elde edilen görünür kutup pozisyonlarının (daireler), Poniat (1995) sonuçları (üçgenler) ile karşılaştırılması

Figure 8. Comparison of the obtained virtual pole positions from this study (circles) with the previous results of the Poniat(1995) (triangles).

## SONUÇLAR

Bu çalışmada M.Ö. 7900'den günümüze kadar olan dönem için yermağnetik alanının sapma ve eğim açıları ile şiddetindeki değişimler saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar ülkemizde daha önce yapılmış çalışmalarla ve komşu ülke sonuçlarıyla (Kovacheva, 1980 ve Rosakov ve Zagniy, 1973) birlikte değerlendirilerek son 10000 yıla ait değişimler elde edilmiştir. Ayrıca geçmiş dönemlere ait sapma ve eğim açılarından elde edilen görünür jeomağnetik kutup pozisyonları hesaplanmıştır. Ülkemizde elde edilen mağnetik alanın eğim, sapma açıları ile şiddetinin ortalama yüzyıl başına en az bir sonuç düşecek şekilde artırılması ile daha net kıyaslama sonuçları elde edilebilecektir ve ayrıca bu sonuçlar yaşı bilinmeyen arkeomağnetik örneklerin doğru tarihlenmesine izin verecektir.

## SUMMARY

Archaeomagnetism is an indirect observational method that gives us the variations of geomagnetic field components in the archaeological eras. Materials such as kilns, furnaces, hearts and burned walls containing iron and iron oxides may acquire stable remanent magnetization in an ambient field if they are cooled down from the temperatures above the Curie points of the magnetic minerals. Remanent magnetization gained in such a way is called thermo magnetization. The direction of the remanent magnetisation is parallel to the ambient field and it's intensity is generally proportional to that of the magnetizing field. Unwanted secondary magnetization, which is viscous, gained in time has to be cleaned in order to determine the primary component which represents the ancient field trapped in the samples during their last burning. This method

is known Thellier method (Thellier and Thellier 1959). In this work, declination, inclination and intensity of the archaeomagnetic field have been measured on samples collected from 15 archaeological sites mostly from central Anatolia. Thermal demagnetization method has been used and thermomagnetic curves and magnetic mineralogy of samples were tested to understand whether they are suitable for determination of the ancient inclination, declination and intensity or not. Variations of magnetic field were determined until 7900 B.C.

although there is a gap between B.C. 4000 and B.C.7600 aged samples.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesi sırasında Laboratuvar olanakların dan yararlandığımız, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Ahmet Mete Işıkara ve Mağnetik Bölümü Çalışanlarına çok teşekkür ederiz. Bu çalışma İ.Ü. Araştırma Fonunca Tez projesi olarak desteklenmiştir. Proje no:T-497/180398.

### KAYNAKLAR

- Bammer, A., 1964,** Die gebrannten Mauerziegel von Ephesos und ihre Datierung. Jahrbuch der Österreichischen Archaeologische Institut, 47, 290-299.
- Bucha, V., Mellart, J., 1967,** Archaeomagnetic Intensity Measurements on some Neolithic Samples from Çatalhöyük (Anatolia)
- Evans, M. E., 1996,** Archaeomagnetic results from the Mediterranean region: an overview. From Morris, A. & Tarling, D. H. (eds.), 1996, Paleomagnetism and Tectonics of the Mediterranean Region, Geological Society Special Publication No. 105, 373-384.
- Korfmann, M., Becher, H., 1987,** Demircihöyük, Die ergebnisse der Ausgrabungen 1975-1978, Philipp von Zabern & Mainz am Rhein.
- Kovacheva, M., 1980,** Summarized results of the archeomagnetic investigation of the geomagnetic field variation for the last 8000 years in south-eastern Europe. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 61, 57-64.
- Kruiver, P.P., Dekkers, M. J., Langereis, C.G., 2000,** Secular Variation in Permian red beds from Dome de Barrot, SE France, Earth and Planetary Science Letters, 179, 205-217

- Ponat, E., 1995,** Archaeomagnetism in Western Turkey, Ph. D. Thesis, Boğaziçi Üniv.
- Sanver, M., Ponat, E., 1981,** İkiztepe I Kazısından elde edilen Arkeomanyetik Sonuçlar, TÜBİTAK Arkeometri Ünitesi Bilimsel Toplantı Bildirileri II. Boğaziçi Üniv. Yayn.
- Sanver, M., Ponat, E., 1981,** İkiztepe I-II ve Tepecik Örneklerinden elde edilen Arkeomanyetik Alan Şiddeti Verileri, TÜBİTAK Arkeometri Ünitesi Bilimsel Toplantı Bildirileri IV. 26-30 Mayıs 1983, İst. Üniv. Yayn.
- Sarıbudak, M., Tarling, D. H., 1993,** Archaeomagnetic Studies of the Urartian Civilization, Eastern Turkey, Antiquity, 67, 620-628.
- Thellier, E., 1938,** Sur l'aimantation des terres cuites et ses application geophysiques. Annales de l'Institute Physique dy Globe, Paris, 16, 157-302.
- Thellier, E., Thellier, O., 1951,** Sur l'a direction du champ magnetique terrestre, retrouvee sur des parois de fours des epoques punique et Romaine, a Carthage, C. R. Acad. Sci., Paris, 233, 1476-78.
- Thellier, E., Thellier, O., 1959,** Sur l'intensite de champ magnetique terrestre dans le passe historique et geologique, Annales de Geophysique, 15, 376-385.