

## MANYETİK YÖNTEMLE DOĞRULTU ATIMLI FAY GEOMETRİSİNİN ORTAYA ÇIKARILMASI

### Deducing the Geometry of Strike-Slip Faulting by Using Magnetic Method

Metin AŞÇI<sup>1</sup>, Türker YAS<sup>1</sup>, Mehmet Onur MATARACIOĞLU<sup>2</sup> ve Yeliz İŞCAN<sup>3</sup>

#### ÖZET

Bu çalışmada, doğrultu atımlı bir fay üzerinde alınmış manyetik veri üzerinde fay, dayk ve ince levha çözümleriyle yaklaşım yapılmış, elde edilen sonuçların hangi parametreleri ortak verdiği araştırılmıştır. Doğrultu atımlı fayların zaman içerisinde havza oluşturmaları ortaya zonal bir yapıyı çıkaracağından bu tür fayların yerlerinin belirlenmesi durumda karşımıza çizgisel veya zonal bir yapı çıkabilecektir. Bu durum karşısında bir fay yapısına ne tür bir model ile yaklaşım yapabilmemiz gereğini araştırdık. Bunun için, fay, geniş dayk, ve ince levha matematiksel modelleri ile yaklaşım yapmayı uygun gördük. Bu modeller, Kuzey Anadolu Fayı orta kolu üzerinde bulunan Çerkeşli, Mekece, Dırazali, Küçücek doğrultu atımlı fayları manyetik anomalilerine uygulanmıştır. İnceleme sonucunda, seçilen modelin baskın parametreleri (üst derinlik) modele özgü sonuçlar verirken diğer parametreler (eğim açısı, orijin ve rejyonel gürültü) çok büyük uyum göstermişlerdir. Tüm model çalışmalarında saha verisi ile teorik veriler çakışma göstermiştir. Küçücek manyetik anomalisi yalnız fay modeli ile çözülebilmektedir.

#### ABSTRACT

In this survey, approached to magnetic data with fault, dike and thin sheet models which are measured on a fault and investigated the common parameter solutions. When a strike-slip faults constitute basin structure as time passes, it appears a regional or a linear structure. So, we researched that we approach to a fault structure with which geophysical model. Therefore, we approved to approach with fault, wide dike and thin sheet mathematical models. These models were applied to Çerkeşli, Mekece, Dırazali, Küçücek strike-slip faults magnetic anomalies which are on the North Anatolian Fault zone's central part. As the result of the research, when the dominant parameters (upper depth) of the model were given results which are unique to model, the other parameters (inclination, origin and regional noise) are very harmonious. Field data and theoretical data are congruent for all model surveys. Küçücek magnetic anomaly just could solve with the fault model.

## GİRİŞ

Doğrultu atımlı faylar jeolojik olarak bazen iki ayrı birimin arakesitinde bazen de bir birimin üzerinde meydana gelebilmektedir. İlk durumda iki farklı jeolojik birimin yan yana olmasından dolayı jeofizik yöntemler başarılı bir şekilde süreksizlik ayrımını yapabileceklerdir. Doğrultu atımlı fayların havza oluşturmaları, zonal yapıyı ortaya çıkaracağından bu durumda fay, çizgisel veya zonal bir yapı şeklinde olabilecektir.

Bu duruma yaklaşım yapabilmek için, Raju (2003) de yer alan, fay, dayk ve ince levha bağıntıları kullanılarak, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ile Japon bilim adamlarının ortak çalışması olan Işıkara ve diğ. (1986), Tunçer ve diğ. (1990) ve (1992) den alınan sırasıyla Mekece-İznik bölgesi Çerkeşli fayı (E-C) profili, Mekece (C-D) profili, Dırazali (A) profili, Küçücek (A-B) profili manyetik anomalileri incelenmiştir.

<sup>1</sup> Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Umuttepe Kampüsü 41300, İzmit / Kocaeli. E-Posta: [masci@kou.edu.tr](mailto:masci@kou.edu.tr), [turkeryas@yahoo.com](mailto:turkeryas@yahoo.com)

<sup>2</sup> Jeofizik Mühendisi. [onurmataracioglu@yahoo.com](mailto:onurmataracioglu@yahoo.com)

<sup>3</sup> İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

İnceleme sırasında her bir fay kalın dayk, ince levha ve fay modelleri ile modellenmiştir. Modellemelerin kendi içlerindeki sonuç tutarlılıkları kadar aynı anomaliyi değerlendirmiş olan Kandilli Rasathanesi'nin sonuçları da değerlendirmemize katılmıştır. Bunun sonucunda görülmüştür ki, seçilen modellerin baskın parametreleri (özellikle üst derinlikler) modele özgü sonuçlar verirken diğer parametreler çok büyük uyum göstermiştir. Tüm modelleme çalışmalarında saha verisi ile teorik veriler çakışma göstermiştir. Kandilli Rasathanesinin bulmuş olduğu sonuçlarda da yine üst derinlikler hariç bir uyum söz konusudur.

## TEORİ

Şekil 1 'de görülen ince levha, dayk ve düşey fay için manyetik anomali bağıntıları;

ince levha;

$$F(x) = P \frac{(x-D) \sin Q + H \cdot \cos Q}{(x-D)^2 + H^2} + Mx + c \quad (1)$$

dayk;

$$F(x) = P \left[ 0,5 \cdot \sin Q \cdot \ln \frac{(x-D+B)^2 + H^2}{(x-D+B)^2 + H^2} + \cos Q \left( \tan^{-1} \frac{x-D+B}{H} - \tan^{-1} \frac{x-D-B}{H} \right) \right] + Mx + c \quad (2)$$

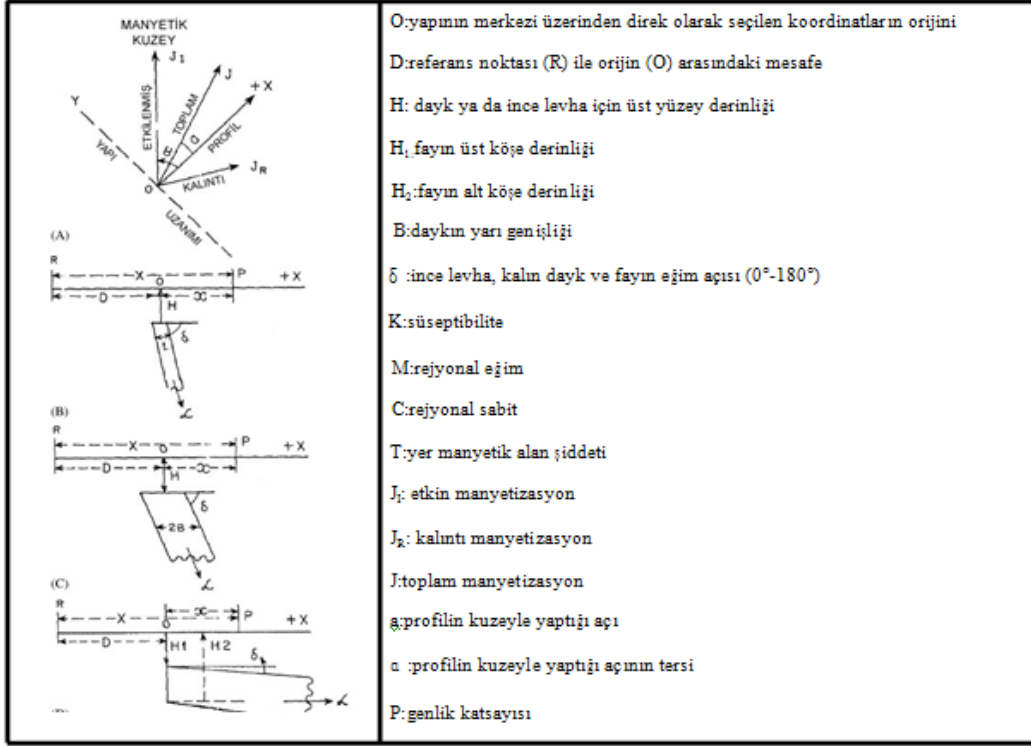
düşey fay;

$$F(x) = P \left[ 0,5 \cdot \cos Q \cdot \ln \frac{(x-D)^2 + H_2^2}{(x-D)^2 + H_1^2} + \sin Q \left( \tan^{-1} \frac{x-D}{H_1} - \tan^{-1} \frac{x-D}{H_2} \right) \right] + Mx + c \quad (3)$$

Raju (2003) tarafından verilmiştir.

(1) nolu bağıntıdan bir düz çözüm yöntemi geliştirilebilir ve diğer modeller için de ters çözüm öncesi başlangıç parametreleri hesaplanabilir.

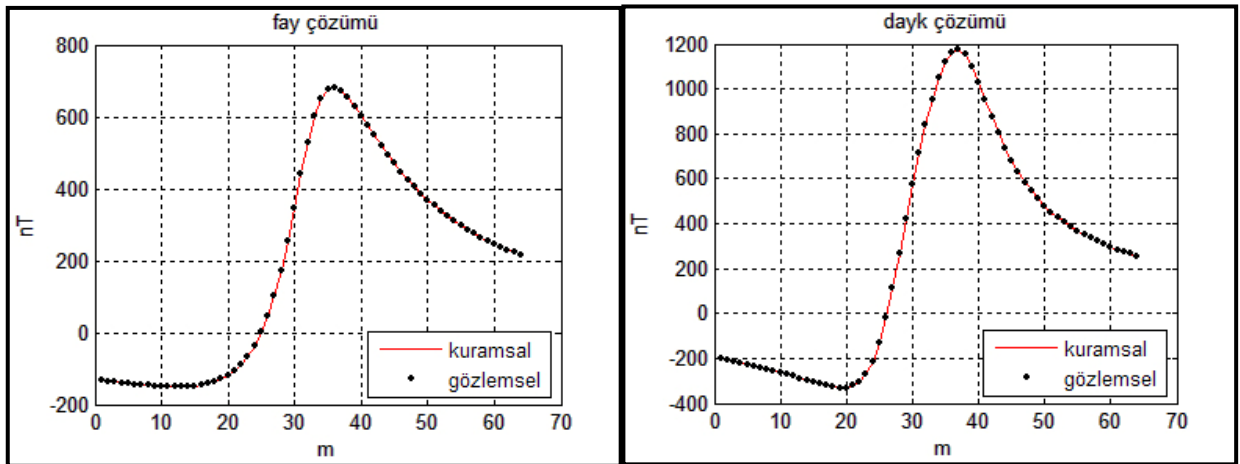
Bağıntılardan hesaplanacak türevler sonucu oluşturulacak türev matrisine, Marquardt (1963) tarafından geliştirilen algoritma uygulanarak üç modele ait çözümler geliştirilebilir. Böylece, manyetik anomalinin kaynağı olarak görülen parametrelere ulaşılabilir.



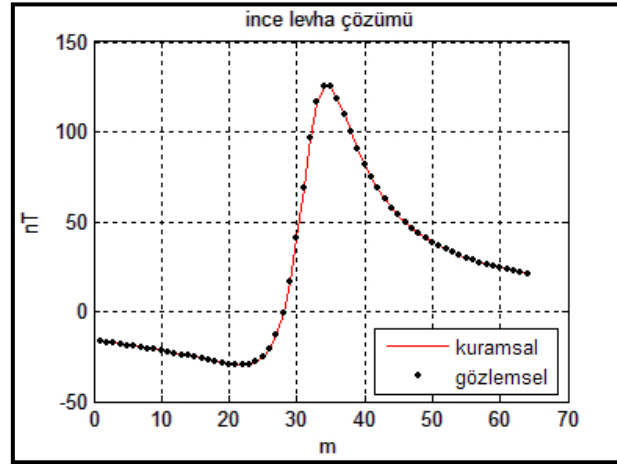
Şekil 1. (a) Geometrinin üstten görünüşü, (b) ince levha, (c) dayk, (d) fay geometrileri (Raju 2003)  
 Figure 1. (a) Appearance of geometry, (b) thin sheet, (c) dike, (d) fault geometries (Raju 2003)

### MODEL ÇALIŞMASI

Öngörülen modeller için öncelikle model çalışması yapılmıştır. Bunun için teorik bir anomali türetilmiş bu veri arazi verisi kabul edilip başka bir model daha türetilip yaklaşım yapıp yapamayacağına bakılmıştır. İlgili model ve çözümleri Şekil 2 ve Şekil 3'te, bunlara ait sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Model çalışması fay ve dayk çözümleri sonuçları.  
 Figure 2. Model survey results of fault and dike solutions



Şekil 3. Model çalışması ince levha çözümleri sonuçları  
Figure 3. Model survey results of thin sheet solution

Çizelge 1. Model çalışması sonuçları  
Table 1. Results of model survey

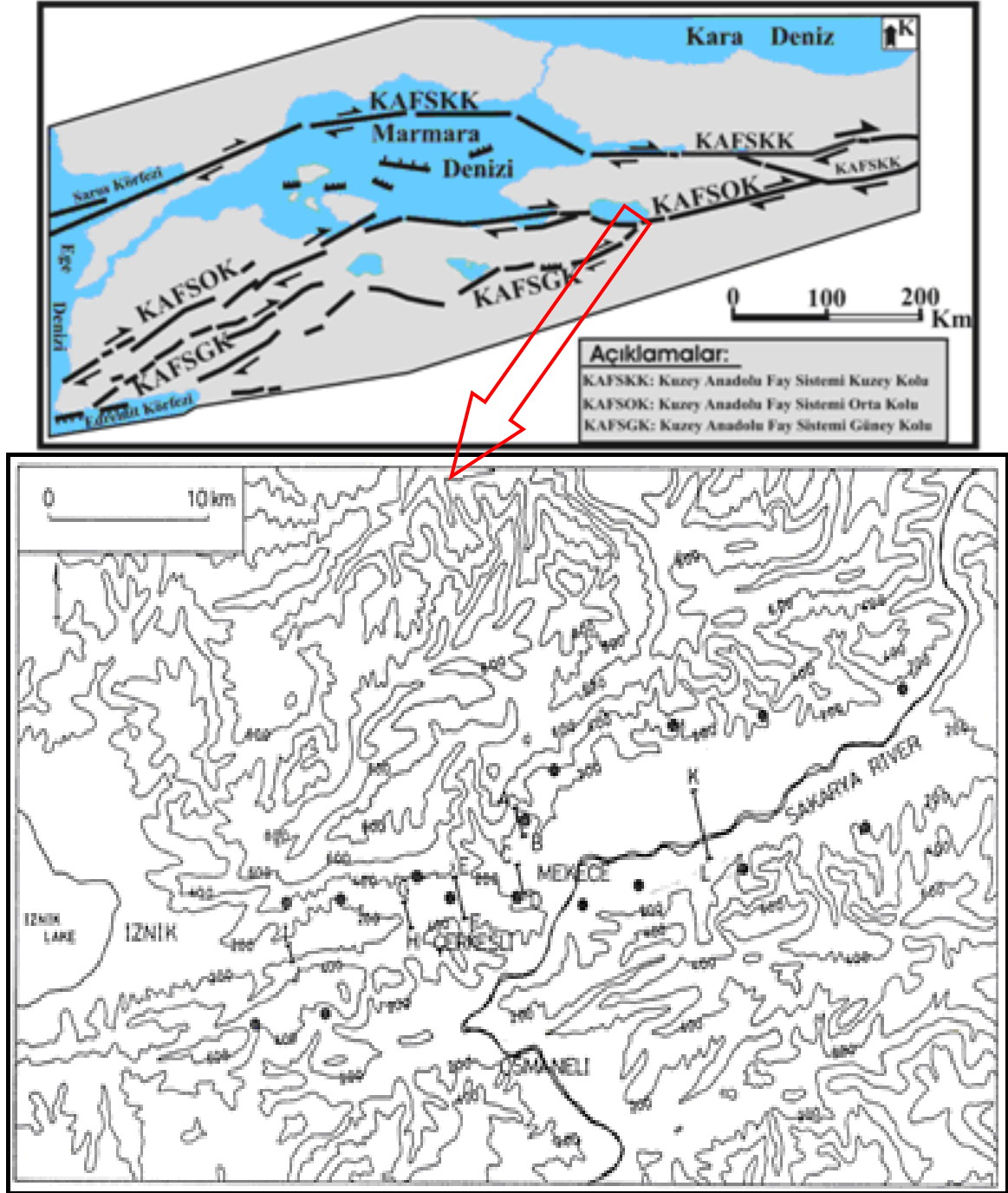
Parametreler	H1 (m)	B (m)	D (m)	H2 (m)	M	C (nT)	P	$\delta$ (der)	Karesel Hata
<b>Model Parametreleri</b>	5	6	32	15	0	0	779	7	-
<b>Başlangıç Parametreleri</b>	5	9	32	15	$-6.66 \cdot 10^{-14}$	$-1.4282 \cdot 10^{-11}$	779	7	-
<b>Fay</b>	5	-	32	15	$1.240 \cdot 10^{-13}$	$-4.8716 \cdot 10^{-12}$	779	7	$5.382 \cdot 10^{-24}$
<b>Dayk</b>	5	6	32	-	-0.004307	0.092854	779.66	7	0.0025411
<b>İnce Levha</b>	5	-	32	-	0.0006403	-0.013156	779.02	7	$2.027 \cdot 10^{-60}$

## ARAZİ ÇALIŞMASI

### İnceleme Alanı

Bölgenin Paleotektonik dönem (KAFS öncesi) birimlerini güneyde; Sakarya kıtasına ait Gölcük Grubu formasyonlarından genellikle kireçtaşlarından oluşan Üst kretase yaşlı Vezirhan Formasyonu ile bunu kesen andezit bileşimli Sarısu Volkanikleri (Ts) belirler (Saner 1978; Akartuna 1981; Göncüoğlu ve diğ., 1987). Mekece-İznik dar ova alanının kuzey bloğunun kayaları ise Armutlu-Ovacık Zonu'na ait olup, metamorfik ve meta-sedimanter özelliktedir (Yiğitbaş, vd 1999) (Şekil 4).

Kuzey Anadolu Fay Sistemi içinde yer alan, ilk olarak Sipahioğlu ve Matsuda (1986)'nın çalıştığı İznik- Mekece hattında bulunan ve Işıkara ve diğ. (1986) ölçümünü yaptığı Çerkeşli ve Mekece fayı manyetik anomalisi üzerinde, daha sonra Tunçer ve diğ. (1990 ve 1991) yaptıkları Dırazali, Küçücek fayları manyetik anomalisi üzerinde fay, dayk ve ince levha çözümleri gerçekleştirilmiştir. İznik-Mekece Fay Zonu, batı-güney, batıya doğru K75D ve bazen de D-B doğrultulu bir ana fay düzlemi ve düzlemin aktivitesi ile doğru orantılı, ikincil fay düzlemlerinin oluşturduğu bir zon şeklinde İznik'e kadar devam eder (Şekil 4).



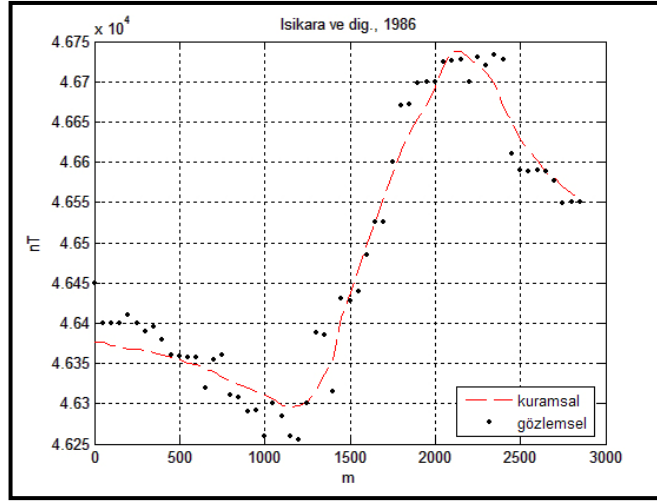
Şekil 4. Kuzey Anadolu Fay Sistemi orta kolu (Işıkara ve diğ., 1986)

Figure 4. North Anatolian Fault System central part (Işıkara et al., 1986)

Şekil 5'te Çerkezli Şekil 6'da, Mekece. Şekil 9'da Dirazali ve Şekil 12'de Küçecek faylarının manyetik anomalileri görülmektedir.

Çerkezli bölgesinden elde edilen manyetik anomali ve Işıkara ve diğ. (1986) dayk modeline ait çözüm Şekil 5'te verilmektedir.

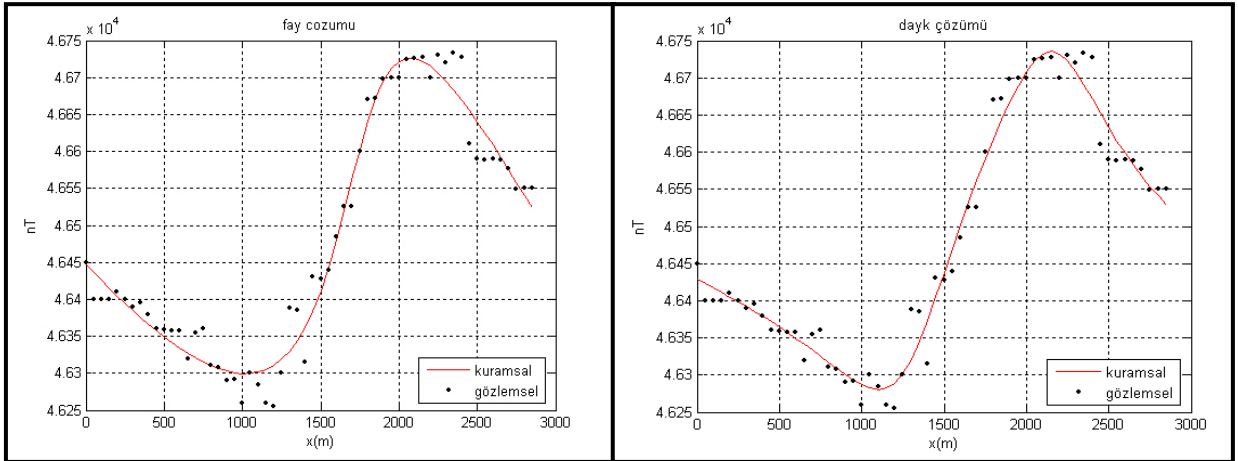
## Çerkeşli



**Şekil 5.** Çerkeşli fayı (E-C) manyetik anomalisi ve çözümü (Işıkara ve diğ., 1986)  
**Figure 5.** Çerkeşli fault (E-C) magnetic anomaly and solution (Işıkara et.al., 1986)

İlgili makalede dayk olarak çözülen yapının kalınlığı 923m, derinliği 195m ve suseptibilitesi ise  $1.63 \times 10^3 \text{ emu/cm}^3$  bulunmuş ve karesel hata değeri 31nT tespit edilmiştir.

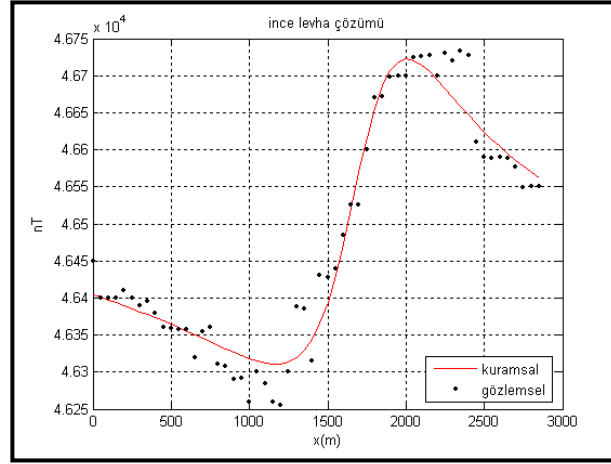
Çerkezli anomalisi için ürettiğimiz fay ve dayk çözümleri Şeki 6'da, ince levha çözümü Şekil 7'de verilmektedir. Çerkezli anomalisi için üretilen sonuçlar Işıkara ve diğ. (1986) ile birlikte çizelge 2'de verilmektedir.



**Şekil 6.** Çerkeşli anomalisi için ürettiğimiz fay ve dayk çözümleri  
**Figure 6.** Fault and dike solutions for Çerkeşli anomaly

Çerkezli anomalisi için ürettiğimiz fay ve dayk çözümleri Şekil 6'da, ince levha çözümü Şekil 7'de verilmektedir.

Çerkezli anomalisi için üretilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmektedir.

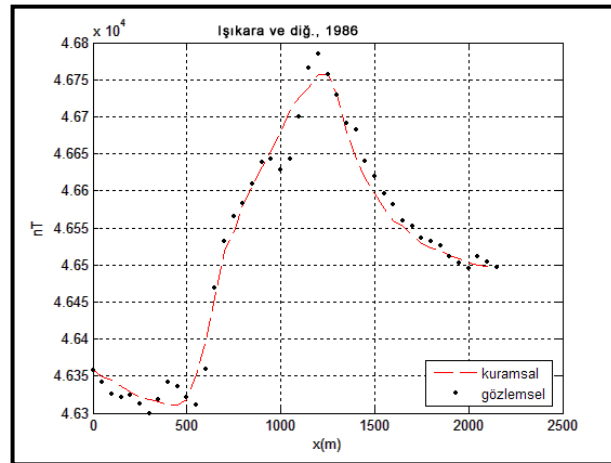


Şekil 7. Çerkeşli anomalisi için ürettiğimiz ince levha çözümü  
Figure 7. Thin sheet solution for Çerkeşli anomaly

Çizelge 2. Çerkeşli anomalisi için ürettiğimiz çözüm sonuçları  
Table 2. Solution results for Çerkeşli anomaly

	H1 (m)	B (m)	D (m)	H2 (m)	M	C (nT)	P	$\delta$ (der)	Karesel Hata
Fay	311.09	-	1738.2	9057	-0.28742	46661	376.49	101.204	13.02
Dayk	294.45	458.25	1731.1	-	-0.06252	46527	219.95	99.230	8.3655
İnce Levha	423.5	-	1712.9	-	-0.02906	46493	185130	102.553	2.2431
Işıkkara ve diğ. (1986)	195	461.5	-	-	-	-	-	93	16.5079

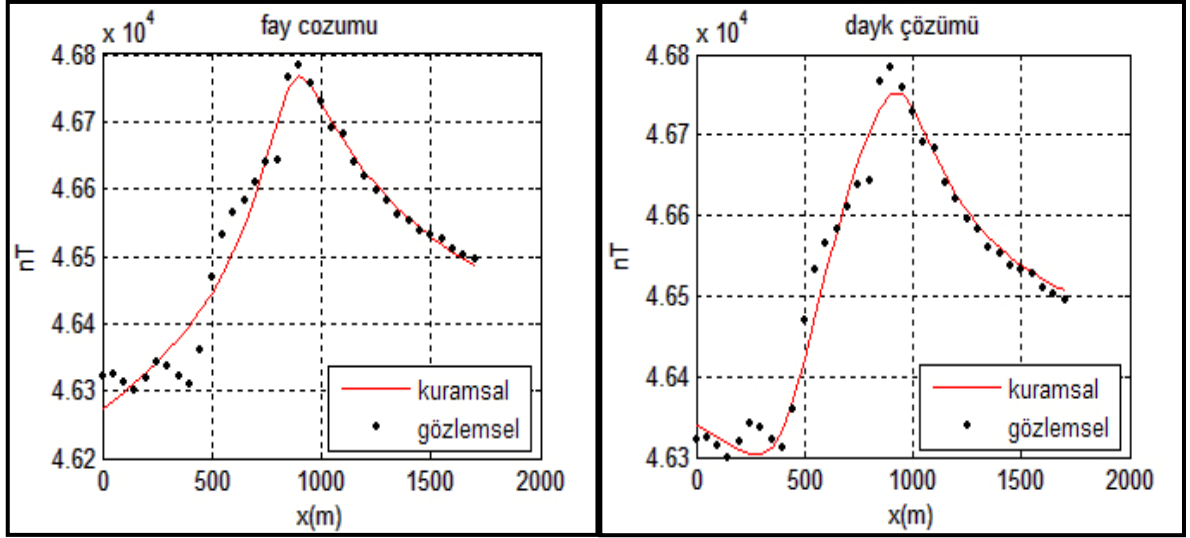
### Mekece



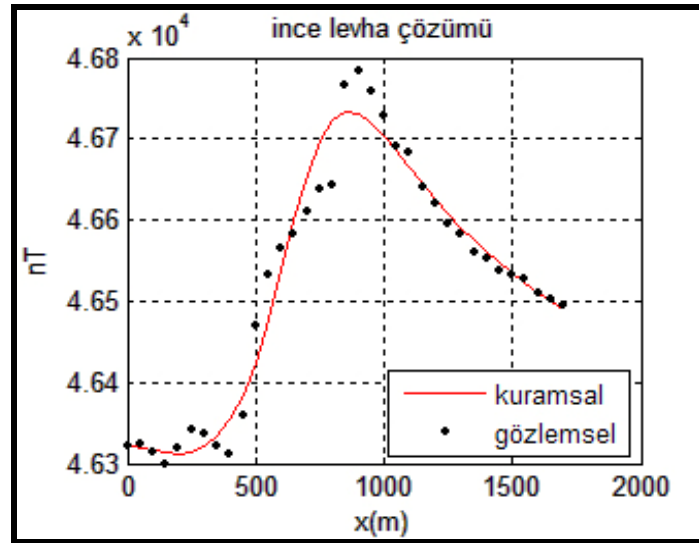
Şekil 8. Mekece (C-D) anomalisi sonucu (Işıkkara ve diğ., 1986)  
Figure 8. Anomaly result of Mekece (C-D) (Işıkkara et al., 1986)

Mekece bölgesine ait manyetik anomali Işıkkara ve diğ. (1986) Çözümü Şekil 8’de verilmektedir.

Mekece anomalisi için ürettiğimiz fay ve dayk çözümleri Şekil 9'da ince levha çözümü Şekil 10'da verilmektedir.



Şekil 9. Mekece anomalisi için ürettiğimiz fay ve dayk çözümleri  
Figure 9. Fault and dike solutions for Mekece anomaly



Şekil 10. Mekece anomalisi için ürettiğimiz ince levha çözümü  
Figure 10. Thin sheet solution for Mekece anomaly

Mekece anomalisi için ürettiğimiz çözüm sonuçları Çizelge 3'de verilmektedir.



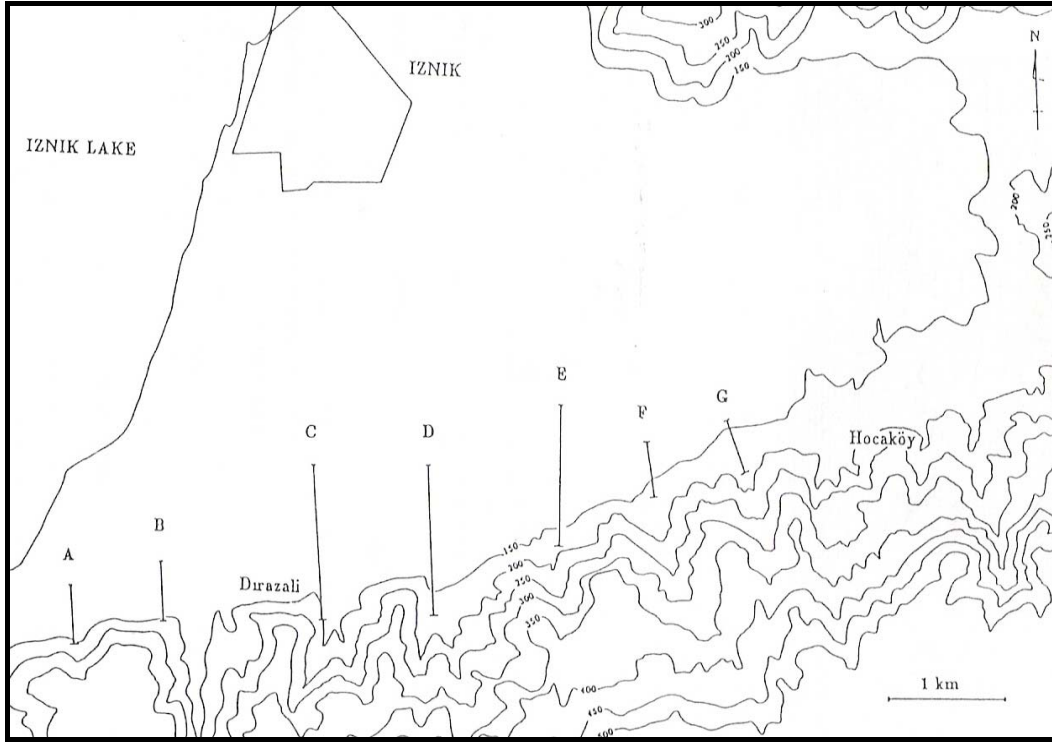
**Çizelge 3.** Mekece anomalisi için ürettiğimiz çözüm sonuçları  
**Table 3.** Solution results for Mekece anomaly

	H1 (m)	B (m)	D (m)	H2 (m)	M	C (nT)	P	$\delta$ (der)	Karesel Hata
Fay	196	-	655.91	8976.6	-0,29	46363	301,89	80.55	2.74
Dayk	167.7	288	714.72	-	-0.0095	46428	180.76	91.99	3.54
İnce Levha	354.2	-	697.36	-	-0.045	46421	159990	92.25	0.71138
Işıkkara ve diğ. (1986)	110	382.5	-	-	-	-	-	110	-

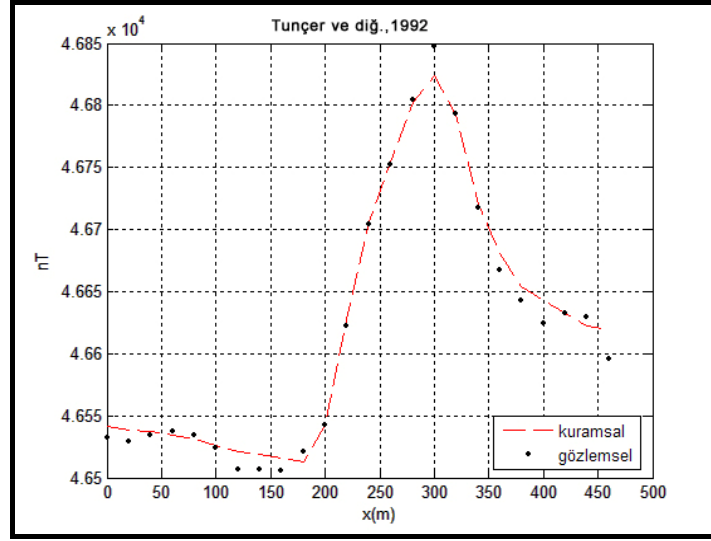
### Dirazali

Şekil 11’de Dirazali bölgesinin lokasyon haritası görülmektedir.

Şekildeki C profili Dirazali manyetik anomalisini gösterir.



**Şekil 11.** Dirazali bölgesi jeolojisi (Tunçer ve diğ., 1992)  
**Figure 11.** Geology of Dirazali region (Tuncer et.al., 1992)

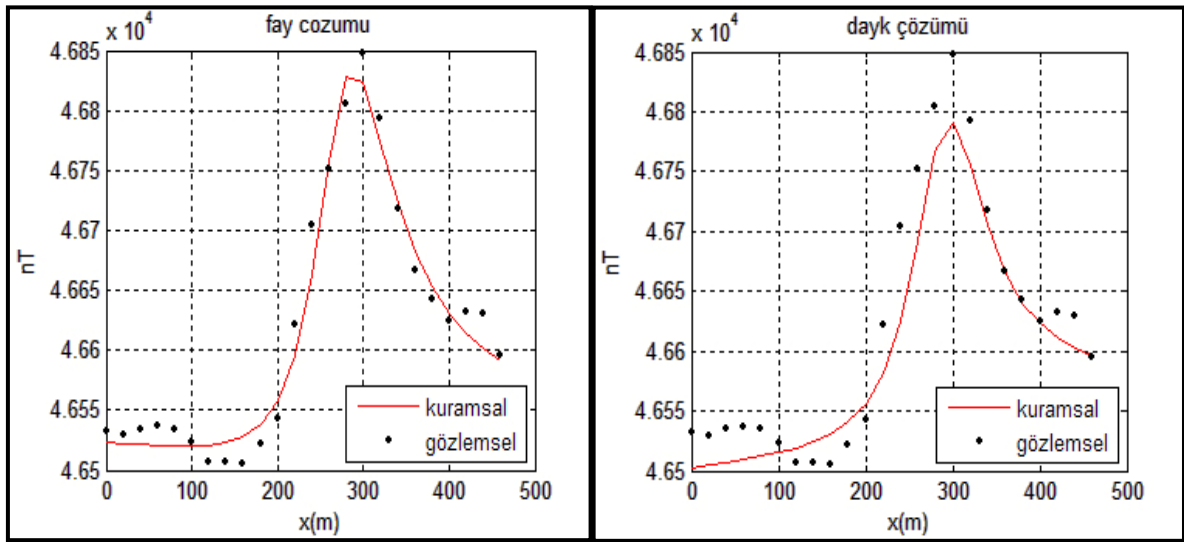


Şekil 12. Dirazali anomalisi çözümü (Tunçer ve diğ. 1992)

Figure 12. Solution of Dirazali anomaly (Tuncer et.al., 1992)

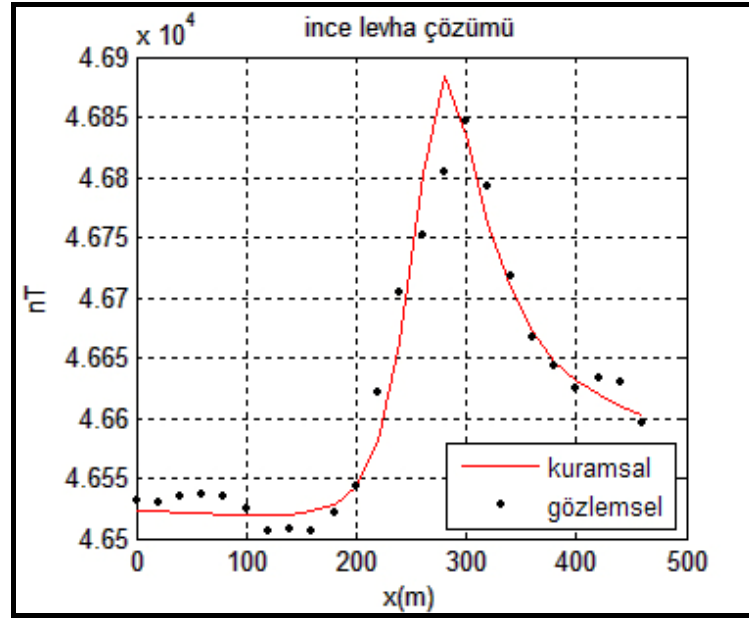
Dirazali bölgesinden elde edilen manyetik anomali ve Tunçer ve diğ. (1992) çözümü Şekil 12’de verilmektedir.

Dirazali anomalisi için ürettiğimiz fay ve dayk çözümleri Şekil 15’te, ince levha çözümü Şekil 14’de verilmektedir.



Şekil 13. Dirazali anomalisi için ürettiğimiz fay ve dayk çözümleri

Figure 13. Fault and dike solutions for Dirazali anomaly



**Şekil 14.** Dırazali anomalisi için ürettiğimiz ince levha çözümü  
**Figure 14.** Thin sheet solution for Dırazali anomaly

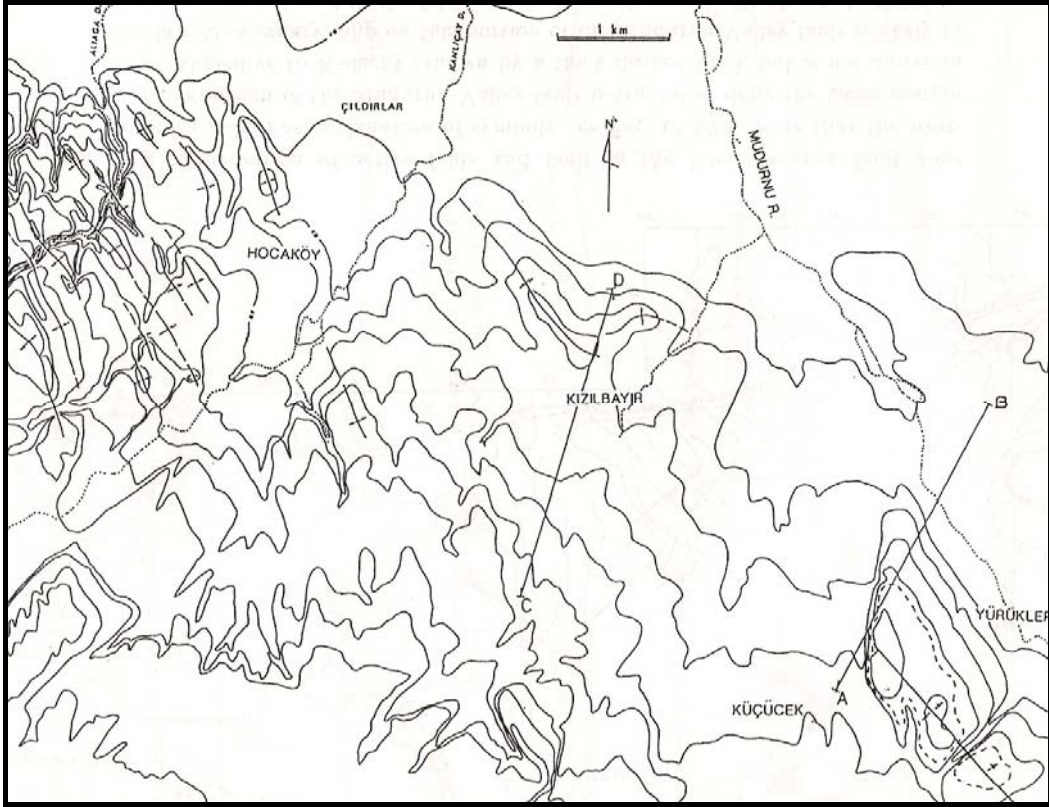
Dırazali için elde edilen sonuçlar ile Tunçer ve diğ. (1992) sonuçları Çizelge 4’de verilmektedir.

**Çizelge 4.** Dırazali anomalisi için ürettiğimiz çözüm sonuçları  
**Table 4.** Solution results for Dırazali anomaly

	H1 (m)	B (m)	D (m)	M	C (nT)	P	$\delta$ (der)	Karesel Hata
<b>Fay</b>	50.2	-	269.28	-0.10106	46559	995.28	66.75	1.56
<b>Dayk</b>	57.68	62	272.55	-0.03879	46543	14911	69.16	3.12
<b>İnce Levha</b>	48.23	-	270.82	0.02151	46546	14730	62.677	2.35
<b>Tunçer ve diğ. (1992)</b>	22.5	55	-	-	-	-	59	-

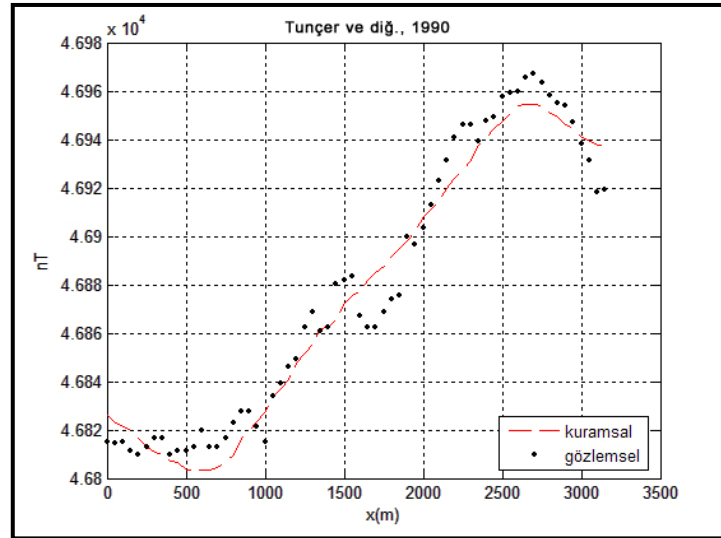
**Küçücek,**

Bölgesine ait lokasyon haritası Şekil 15’de verilmektedir.



**Şekil 15.** Küçücek bölgesi jeolojisi (Tunçer ve diğ., 1990)  
**Figure 15.** Geology of Küçücek region (Tuncer et.al., 1990)

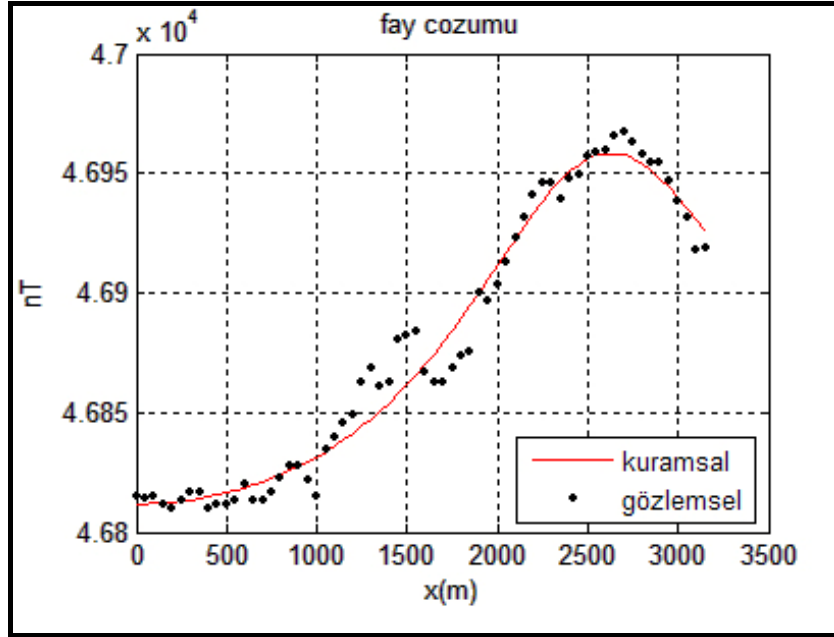
Küçücek bölgesine ait manyetik anomali ve Tunçer ve diğ. (1990) çözümü Şekil 16'da verilmektedir.



**Şekil 16.** Küçücek anomalisi çözümü (Tuncer ve diğ., 1990)  
**Figure 16.** Solution of Küçücek anomaly (Tuncer et.al., 1990)

Küçücek bölgesine ait manyetik anomalive ürettiğimiz fay çözümü Şekil 17'de verilmektedir.

Bu anomaliyi fay ve dayk modelleri çözememiştir.



Şekil 17. Küçücek anomalisi için ürettiğimiz fay çözümü

Figure 17. Fault solution for Küçücek anomaly

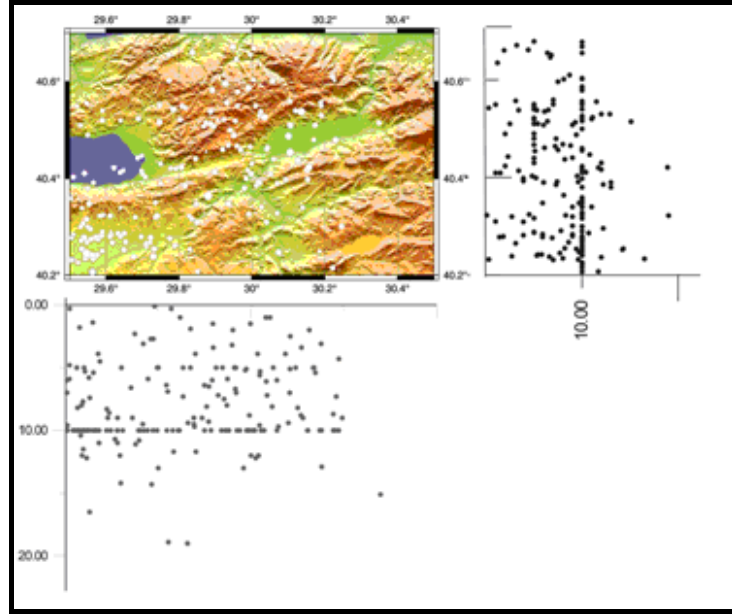
Küçücek anomalisi elde için elde edilen sonuçlar ve Tunçer ve diğ. (1990) sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Küçücek anomalisi için ürettiğimiz çözüm sonuçları

Table 5. Solution produced results for Küçücek anomaly

	H1 (m)	B (m)	D (m)	H2 (m)	M	C (nT)	P	$\delta$ (der)	Karesel Hata
<b>Fay</b>	729.1	-	2478.5	9002.5	-0.0525	46687	176.84	122.6	0.58208
<b>Tunçer ve diğ. (1990)</b>	298	965	-	-	-	-	-	126	-

İnceleme alanında 1900-2006 yılları arasında meydana gelen depremlerin odak çözümleri Şekil 18’de verilmektedir.



**Şekil 18.** İnceleme alanındaki depremlerin odak çözümleri (1900-2006) (ISC çözümleri)  
**Figure 18.** Fault plane solutions the earthquakes which are in observing field (ISC solutions)

## SONUÇLAR

Şekillerdeki sonuç değerleri incelendiğinde fay, dayk ve ince levha bağıntılarının en etkin parametresi olan H1 dışındaki diğer parametreler iyi bir uyum içindedir. Fay çözümünde bulunan alt derinlik ise Curiè derinliği açısından anlamlıdır. Üç çözümün en uyumlu oldukları parametre ise eğim ( $\delta$ ) açısıdır. Öyleyse denilebilir ki eğim açısı, seçilen modelden bağımsız olarak hesaplanabilmektedir. Bir başka deyişle fay, ister çizgisel ister zonal bir konumda olsun, başlangıç modeli ne olursa olsun, eğim açısı yaklaşık doğru hesaplanabilmektedir. Bu da fayın geometrisini bulmak açısından hayli önemlidir. Kuzey Anadolu Fay Sistemi içinde yer alan doğrultu atımlı ve sağ yönlü Çerkeşli fayının kuzeye doğru yaklaşık 10 derecelik eğim açısı yapmış olması bölgenin tektonik geçmişi için önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

AKARTUNA, M., ve ATAN, O., 1981. Geyve-İkramiye-Fındıksuyu (Sakarya) dolayının jeolojisi(Geology of Geyve-İkramiye-Fındıksuyu region). Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi, Sayı:1, Seri:A- Yer Bilimleri.

GÖNCÜOĞLU, M.C., ERENDİL, M., TEKELİ, O., AKSAY A., KUŞÇU, İ and ÜRGÜN, B.M., 1987. Geology of the Armutlu Peninsula. Guide book for the field excursion along western Anatolia, Turkey. M.T.A Publ., 12-18.

IŞIKARA, A.M., WATANABE, N., ORBAY, N., TANAKA, H. and BAYDEMİR, N., 1986. Magnetic Measurements. Electric and Magnetic Research on Active Faults in the North Anatolian Fault Zone, edited by A. M. Işıkara and Y. Honkura, Department of Geophysics Boğaziçi University, Istanbul, TURKEY, 42-59.

ISC, International Seismological Centre (1900-2006)

MARQUARDT, D.W. (1963). An algorithm for least squares estimation of non linear parameters, Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics 11,431-441.

RAJU, D.C.V., 2003. a computer program for least-squares inversion of magnetic anomalies over long tabular bodies, Computers & Geosciences, 29, 91-98.

SANER, S., 1978. Geology and the Enviroments of Deposition of Geyve-Osmaneli-Gölpazarı-Taraklı Area. İstanbul Üniv,Fen Fak.Mec.Seri B, 43: P:63-91.

SİPAHIOĞLU, S. and MATSUDA, T., 1986. Geology and Quaternary fault in the İznik-Mekece area. In: Electric and Magnetic research on Active faults in the North Anatolian Fault Zone, A.M. Işıkara and Y. Honkura, Eds., 25-41.

TUNÇER M.K., OSHİMAN N., BARIŞ Ş., KAMACI Z., KAYA M.A., İŞİKARA A. M. and HONKURA Y., 1991. Further Evidence for Anomalous Magnetic Structure Along the Active Fault in Western Turkey, J.Geomag., Geoelectr., 43, 937-950

YİĞİTBAŞ, E., ELMAS, A. ve YILMAZ, Y., 1999. Pre-Cenozoic tectono-stratigraphic components of the Western Pontides and their geological evolution. Geological Journal n:34, pp: 55-74.