

# İKİ BOYUTLU PRİZMATİK ŞERİT KÜTLENİN GRAVİTE ETKİSİNİN FOURIER DÖNÜŞÜMÜ VE KENTALAN ANTİKLİNALİNE UYGULANMASI

## Fourier Transform of the Gravity Effect of the 2-D Prismatic Ribbon Mass and its Application to Kentalan Anticline

Hakkı ŞENEL\*

### ÖZET

İki boyutlu prizmatik şerit kütleinin kuramsal gravite etkisinin Fourier dönüşümü alınarak, gerek dalga sayısı ortamındaki kriterden, gerekse uzaklık ortamındaki kritik nokta bağıntısı yardımıyla prizmatik şerit kütleinin derinlik parametreleri hesaplanmıştır. Bu teorik çalışmanın sonuçları, hem yapay model üzerine hem de buradaki başarısına bağlı olarak Kentalan antiklinaline uygulanarak çeşitli çizelgelerle gösterilmiştir.

İki boyutlu prizmatik şerit kütleinin gravite bağıntısının Fourier dönüşümü alınabilir. Sıfır dalga sayısındaki analitik bağıntı ile  $g_{max}$  değerine ait analitik bağıntı yardımıyla model kütleinin üst ve alt derinlikleri ile profil boyuna bağlı hata değişimleri çizelgeler ile verilmiştir.

Saha uygulaması olarak Güneydoğu Anadolu bölgesindeki Kentalan antiklinaline ait anomali değerlendirilmiştir. Anomalinin Ayrık Fourier Dönüşümü alınarak spektrumu elde edilmiştir. Anomalinin max. değeri ile dalga sayısı ortamındaki sıfır dalga sayısı değerinden yararlanarak, antiklinaline ait bozucu kütle derinlikleri prizmatik şerit kütle yaklaşımıyla elde edilmiştir. Bu değerler Batı Kentalan-1 sondaj kuyusunun litolojik kesiti ile kıyaslanmıştır.

### ABSTRACT

A method has been suggested to determine the depth parameters of a prismatic ribbon mass by using a sample value of Fourier amplitude at zero frequency and maximum value of the anomaly.

The method is both applied to the interpretation of synthetic gravity anomalies of model mass and measured gravity anomaly of Kentalan anticline. Error ratios of depth parameters (top and bottom) for ribbon models with various widths are estimated using gravity profiles with various lengths.

Bouguer anomaly map is obtained from the end of gravimetric observation in the South-East of Anatolia at Kentalan anticline (Siirt). The Discrete Fourier Spectra of Kentalan anticline anomaly are calculated. Equations systems are solved by the help of  $g_{max}$  value of gravity anomaly and zero wavelength value of discrete Fourier spectrum. Top and bottom depth parameters of prismatic ribbon mass are obtained by solving these two equation system. The calculated depth parameters and lithologic section derived from boreholes are close to each other indicating the success of the proposed method.

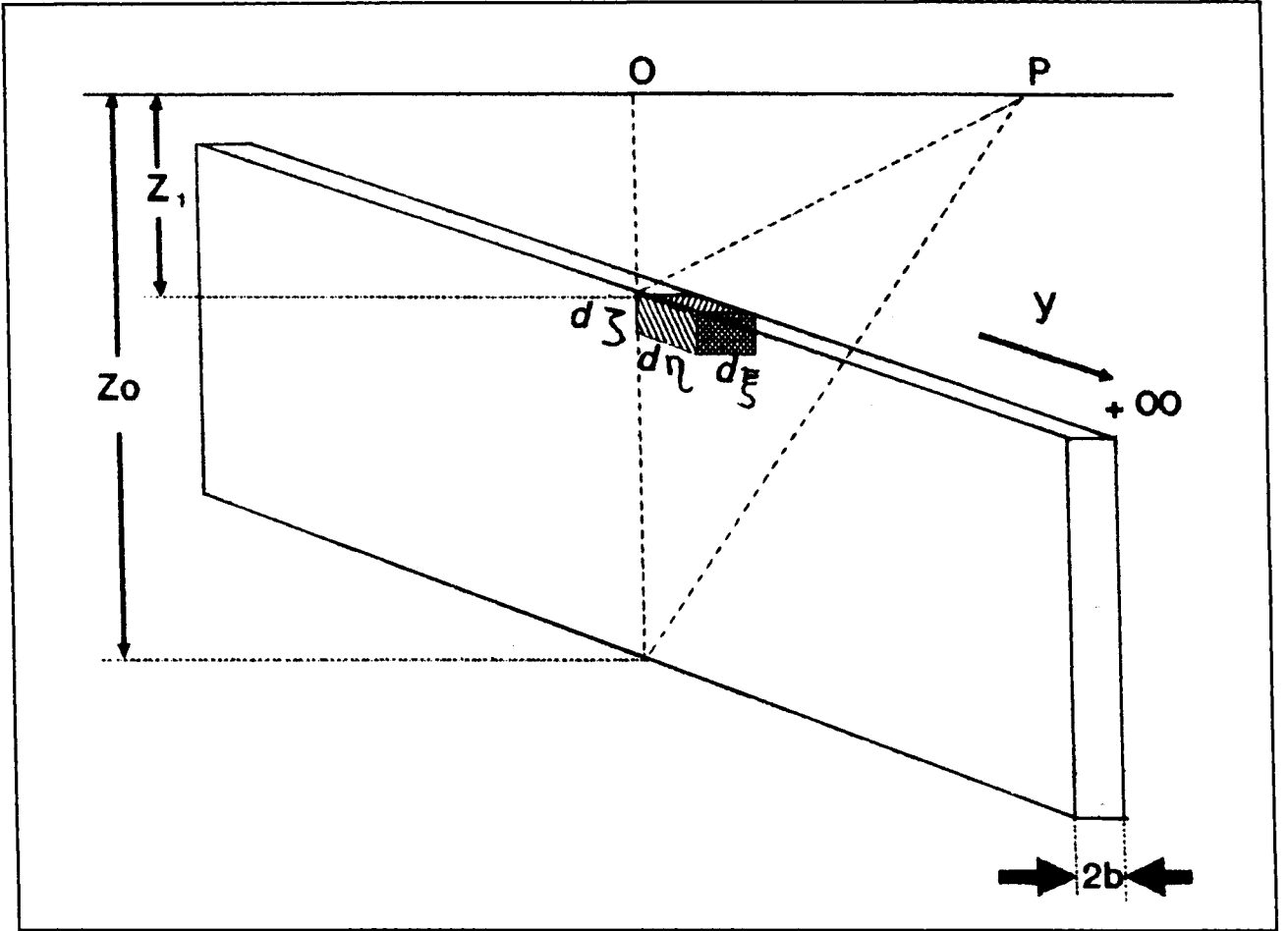
### GİRİŞ

Fourier dönüşümü jeofizik-gravite araştırmalarında bugüne kadar değişik makalelerde, farklı araştırmacılar tarafından, bir çok yapay model üzerinde uygulama alanı bulmuştur. Bu çalışmada prizmatik şerit kütle modeliyle

horst, graben ve dayk tipi jeolojik problemlere kolay ve yeni bir çözüm önerilmiştir.

Rao ve Avasthi (1973), Bhimasankaram ve diğ. (1977), Sengupta ve Das (1977), Bhattacharyya ve Lei-Kuang (1977) bu konuda değerli çalışmalarda bulunmuşlardır.

\* Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 41300, İzmit.



Şekil 1. İki boyutlu prizmatik şerit kütleinin parametreleri.

Fig. 1. Parameters of two dimensional prismatic ribbon mass

### İKİ BOYUTLU PRİZMATİK ŞERİT KÜTLENİN GRAVİTE ETKİSİ VE FOURIER DÖNÜŞÜMÜ

Üç boyutlu  $dm$  kütleinin kendisinden  $r$  kadar uzaklıkta bulunan  $p$  noktasındaki (Şekil 1) gravite potansiyeli

$$du = k_0 \Delta \sigma \frac{d\xi d\eta d\zeta}{r} \quad (1)$$

şeklinde verilebilir. Burada  $k_0$  evrensel gravite sabiti,  $\sigma$  cisim ile onu örten çevre kütle arasındaki yoğunluk farkıdır.  $dm$  elemanter kütleinin  $y$  yönünde sonsuza uzanması durumundaki potansiyel ifadesi Telford ve diğ. (1976) (sayfa 9-11, 66-67) tarafından aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$du = 2k_0 \Delta \sigma \ln \frac{1}{r} d\xi d\zeta \quad (2)$$

Bu ifade logaritmik potansiyel olarak bilinir. Burada

$$r = \sqrt{X^2 + Z^2}$$

olmak üzere,  $y$  yönünde sonsuz uzunlukta,  $d\xi$  ve  $d\zeta$  kütleinin çekim potansiyeli ifadesinden, çekim kuvveti bağıntı-

sına geçilmiştir. Burada  $d\xi$  kütleinin elemanter genişliğini,  $x$  ise şeritin orta noktasının yüzeyi kestiği nokta ile kütleinin sonsuza uzanan doğrultusuna dik doğrultudaki gözlem noktası arasındaki uzaklık olarak tanımlanmıştır ( $\xi$  ve  $x$  aynı yönde). O halde  $x$  yönündeki çekim kuvveti

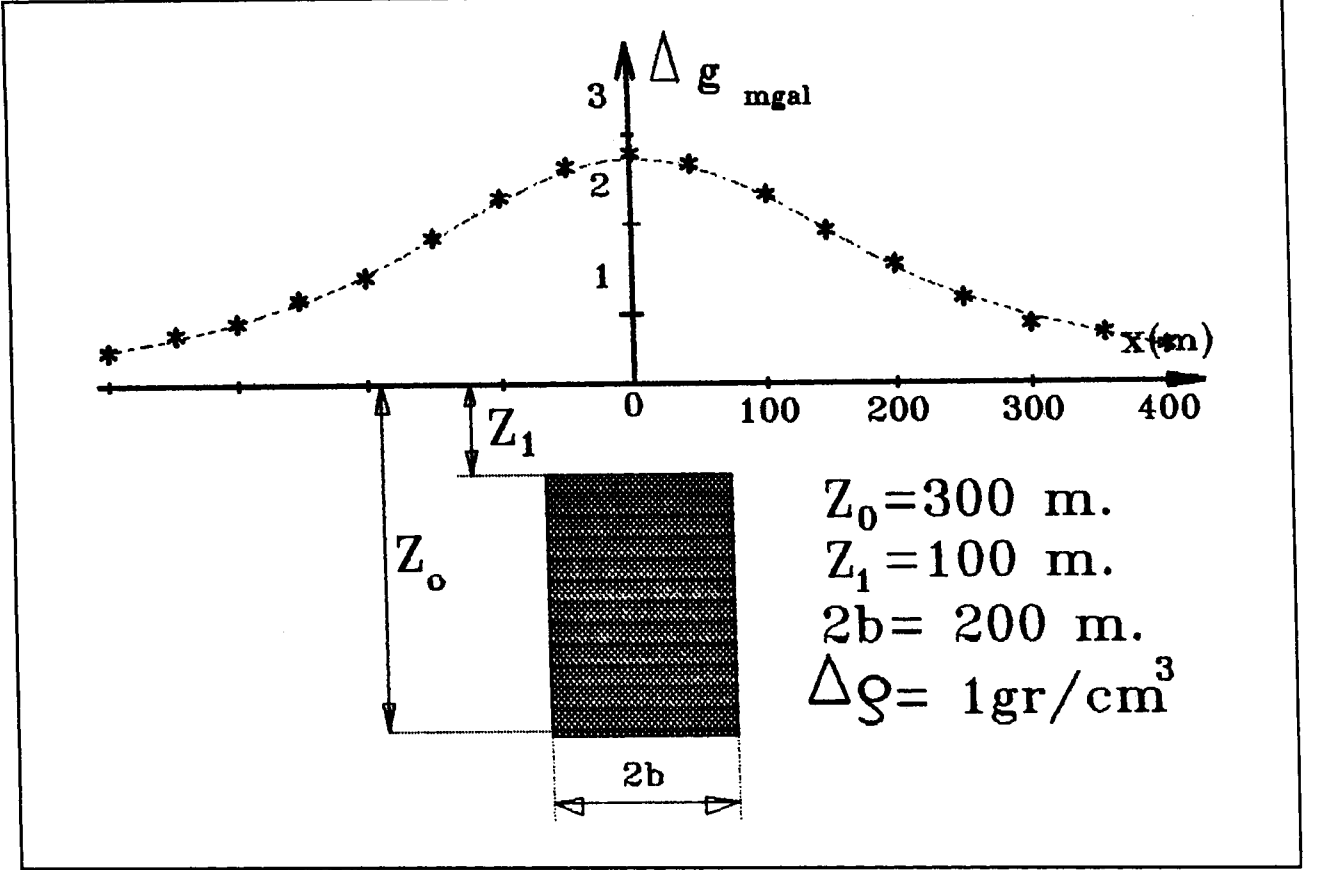
$$g(x) = 2k_0 b \Delta \sigma \ln \frac{X^2 + Z_0^2}{X^2 + Z_1^2} \quad (3)$$

olarak yazılabilir (Grant ve West 1965, Telford ve diğ. 1976).

$g(x)$  fonksiyonunun Fourier dönüşümü, Fourier dönüşümü ile ilgili kitaplardaki dönüşüm tablolarından kolaylıkla bulunabilir.

$$g(w) = 4\pi k_0 b \Delta \sigma \frac{e^{-|w|Z_1} - e^{-|w|Z_0}}{|w|} \quad (4)$$

Gravite değerleri uzunluk boyutunda değişim gösterdiğinden frekans karşılığı olarak dalga boyu kullanılabilir.



Şekil 2. Model kütle ve gravite anomalisi.

Fig. 2. Model mass and its calculated gravity effect.

$$w = 2\pi k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Burada  $w$  dalga sayısı,  $\lambda$  profil uzunluğudur.

$k \rightarrow 0$  iken  $g(k)$ 'nin limiti için

$$g(k) = 4\pi k_0 b \Delta \sigma \lim_{k \rightarrow 0} \frac{e^{-2\pi k |Z_1|} - e^{-2\pi k |Z_0|}}{2\pi |k|} \quad (5)$$

yazılabilir. Bu bağıntıya l'Hospital kuralını uygulayarak ve  $k=0$  için değerini yazarak

$$g(0) = 4\pi k_0 b \Delta \sigma (Z_0 - Z_1) \quad (6)$$

elde edilebilir. (3) nolu bağıntıdan  $g_{\max}$  için

$$g(x_0) = 2k_0 b \Delta \sigma \ln \frac{Z_0^2}{Z_1^2} \quad (7)$$

ve

$$g(x_0) = 4k_0 b \Delta \sigma \ln \frac{Z_0}{Z_1} \quad (8)$$

buradan da

$$\frac{g(x_0)}{4k_0 b \Delta \sigma} = \frac{Z_0^2}{Z_1^2} \quad (9)$$

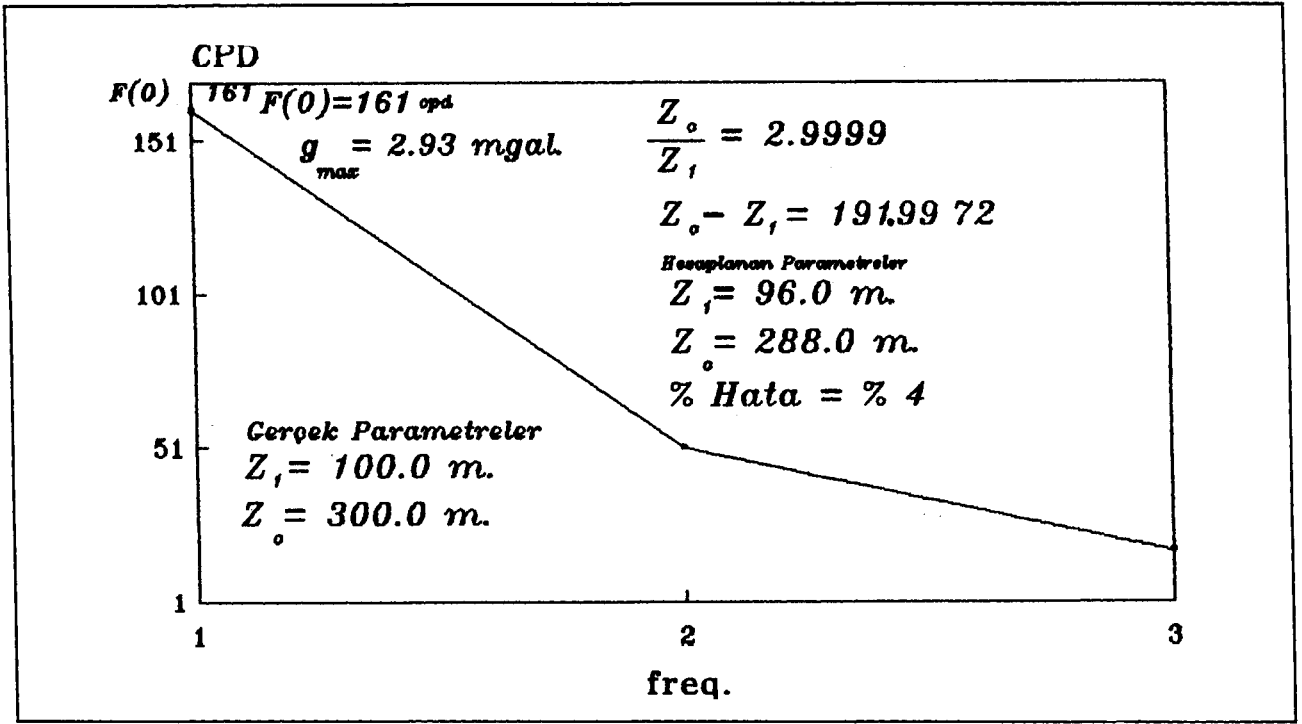
bağıntısı elde edilir (6) ve (9) nolu denklemler ile iki boyutlu prizmatik şerit kütleinin taban ve tavan derinlikleri saptanabilir.

### MODEL ÇALIŞMASI VE SONUÇLARI

Model kütleinin (Şekil 2) gravite etkisi hesaplanarak, anomalinin karakterini ortaya koyacak kadar uzunlukta, değişik türde pencereler ile anomalisi elde edilmiştir. Bu anomalilerin Ayrık Fourier Dönüşümü alınarak, yapının dalga sayısı ortamındaki genlik spektrumu elde edilmiştir (Şekil 3).

Bu model çalışmasına göre elde edilen sonuçlarda pencereleme etkisi Çizelge 1 de görülmektedir. Profil uzunlukları değişimlerine göre değişik şerit genişlikli modellerdeki hatalar irdelenmiştir (Çizelge 2a,b,c,d).

Bu çalışmada kullanılan kritik değerlerden, spektrumda kullanılan değer, spektrumun tümünde olmayıp yal-



Şekil 3. Model kütlenin Fourier genlik spektrumu.

Fig. 3. Fourier amplitude spectra of the model mass.

Çizelge 1. (Şekil: 3)'teki gravite anomalisine uygulanan çeşitli pencerelerin oluşturduğu hataların değişimi.

Table 1. The variation in errors computed by using various windows applied to the gravity anomaly in Fig. 3.

Pencere çeşidi	Gerçek derinlik (m)	Hesaplanan derinlik (m)	Gerçek üst derinlik (m)	Hesaplanan derinlik (m)	$Z_0 - Z'_0$ %	$Z_1 - Z'_1$ %
					$Z_0$	$Z_1$
Rectang.	300.0	280.0	100.0	93.0	6.3	6.3
Hamming	300.0	254.0	100.0	84.0	15.3	15.3
Blackman (-58dB)	300.0	241.5	100.0	80.5	19.5	19.5
Blackman +Harris (-92dB)	300.0	234.3	100.0	78.1	21.9	21.9

nız sıfır dalga sayısındaki değer olduğundan Fourier integrali göz önüne alınırsa

$$g(w) = \int_{-\infty}^{\infty} g(x) e^{-iwx} dx \quad (10)$$

w — > 0 için

$$g(0) = \int_{-\infty}^{\infty} g(x) dx \quad (11)$$

ayrık halde yazarsak

$$g(0) = \sum_{k=1}^N g(k, \Delta x) \Delta x \quad (12)$$

olacaktır. Burada dalga sayısı sıfır alındığından, Fourier integrali bir anlamda gravite eğrisi altındaki alana denk olacaktır. Bu nedenle profil boyunca gravite sinyaline desibel gücü yüksek pencereler uygulamak, bir anlamda gravite sinyalini pencereleyerek bozmak anlamında olacağından gereksizdir. Aksi takdirde Çizelge 1'deki gibi pencere uygulayarak, spektral ortamda oluşan ilk harmonik genişlemesi ve sıfır dalga sayısındaki genlik kaybından dolayı hatalar ortaya çıkacak ve parametre saptanmasında

Çizelge 2a. Profil uzunluğuna bağlı hatalar (profil uzunluğu 1.0 Km)

Table 2a. The variation of errors versus profile length change (profile length is 1.0 Km)

Pencere çeşidi	Gerçek derinlik (m)	Hesaplanan derinlik (m)	Gerçek üst derinlik (m)	Hesaplanan derinlik (m)	$\% \frac{Z_0 - Z'_0}{Z_0}$	$\% \frac{Z_1 - Z'_1}{Z_1}$
10.0	300.0	228.6	100.0	76.2	23	23
100.0	300.0	228.6	100.0	76.2	23	23
200.0	300.0	228.9	100.0	76.3	23	23
400.0	300.0	228.9	100.0	76.3	23	23
600.0	300.0	228.9	100.0	76.3	23	23

Çizelge 2b. Profil uzunluğuna bağlı hatalar (profil uzunluğu 2.0 Km)

Table 2b. The variation of errors versus profile length change (profile length is 2.0 Km)

Pencere çeşidi	Gerçek derinlik (m)	Hesaplanan derinlik (m)	Gerçek üst derinlik (m)	Hesaplanan derinlik (m)	$\% \frac{Z_0 - Z'_0}{Z_0}$	$\% \frac{Z_1 - Z'_1}{Z_1}$
10.0	300.0	262.6	100.0	87.5	13	13
100.0	300.0	262.6	100.0	87.5	13	13
200.0	300.0	262.9	100.0	87.6	13	13
400.0	300.0	262.9	100.0	87.6	13	13
600.0	300.0	262.3	100.0	87.4	13	13

Çizelge 2c. Profil uzunluğuna bağlı hatalar (profil uzunluğu 4.0 Km)

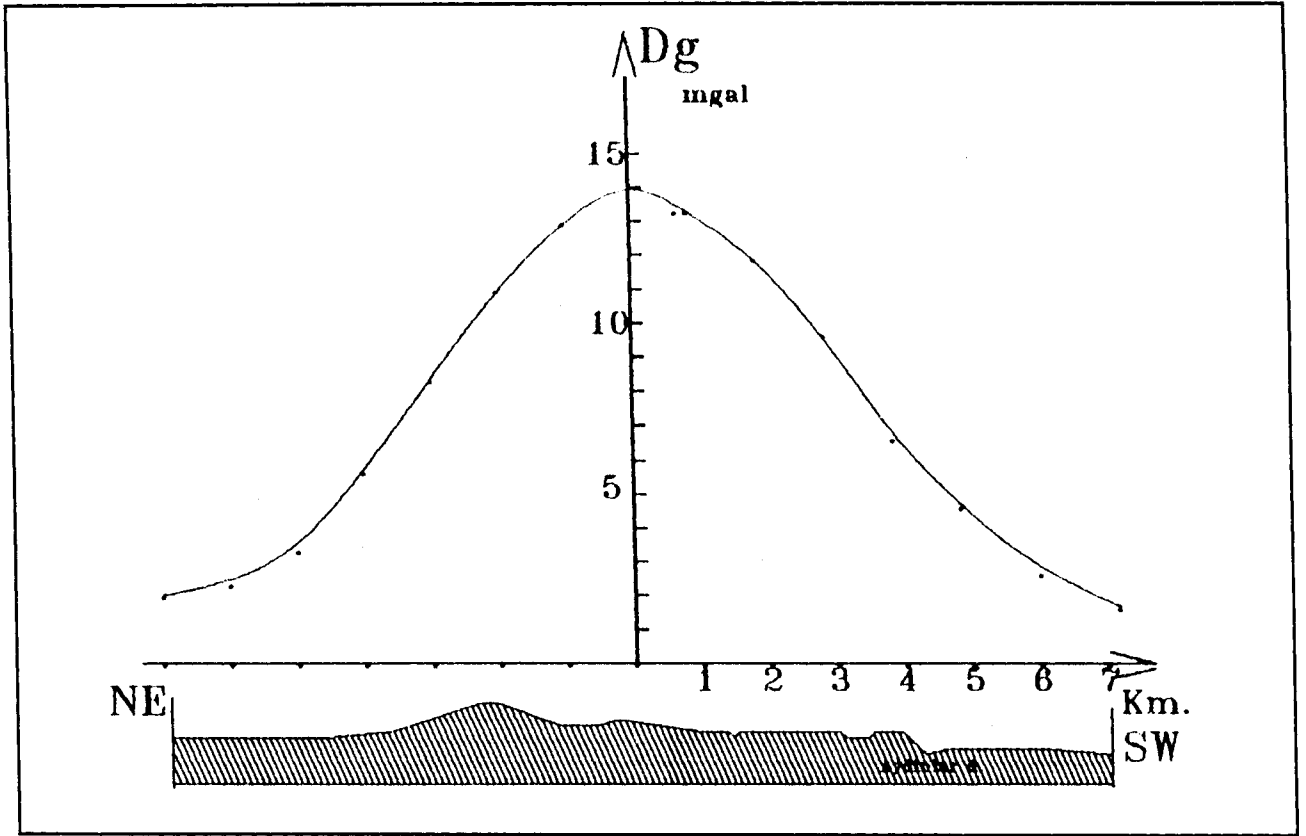
Table 2c. The variation of errors versus profile length change (profile length is 4.0 Km)

Pencere çeşidi	Gerçek derinlik (m)	Hesaplanan derinlik (m)	Gerçek üst derinlik (m)	Hesaplanan derinlik (m)	$\% \frac{Z_0 - Z'_0}{Z_0}$	$\% \frac{Z_1 - Z'_1}{Z_1}$
10.0	300.0	281.2	100.0	93.7	6.3	6.3
100.0	300.0	281.2	100.0	93.7	6.3	6.3
200.0	300.0	280.8	100.0	93.6	6.4	6.4
400.0	300.0	280.8	100.0	93.6	6.4	6.4
600.0	300.0	280.8	100.0	93.6	6.4	6.4

Çizelge 2d. Profil uzunluğuna bağlı hatalar (profil uzunluğu 8.0 Km)

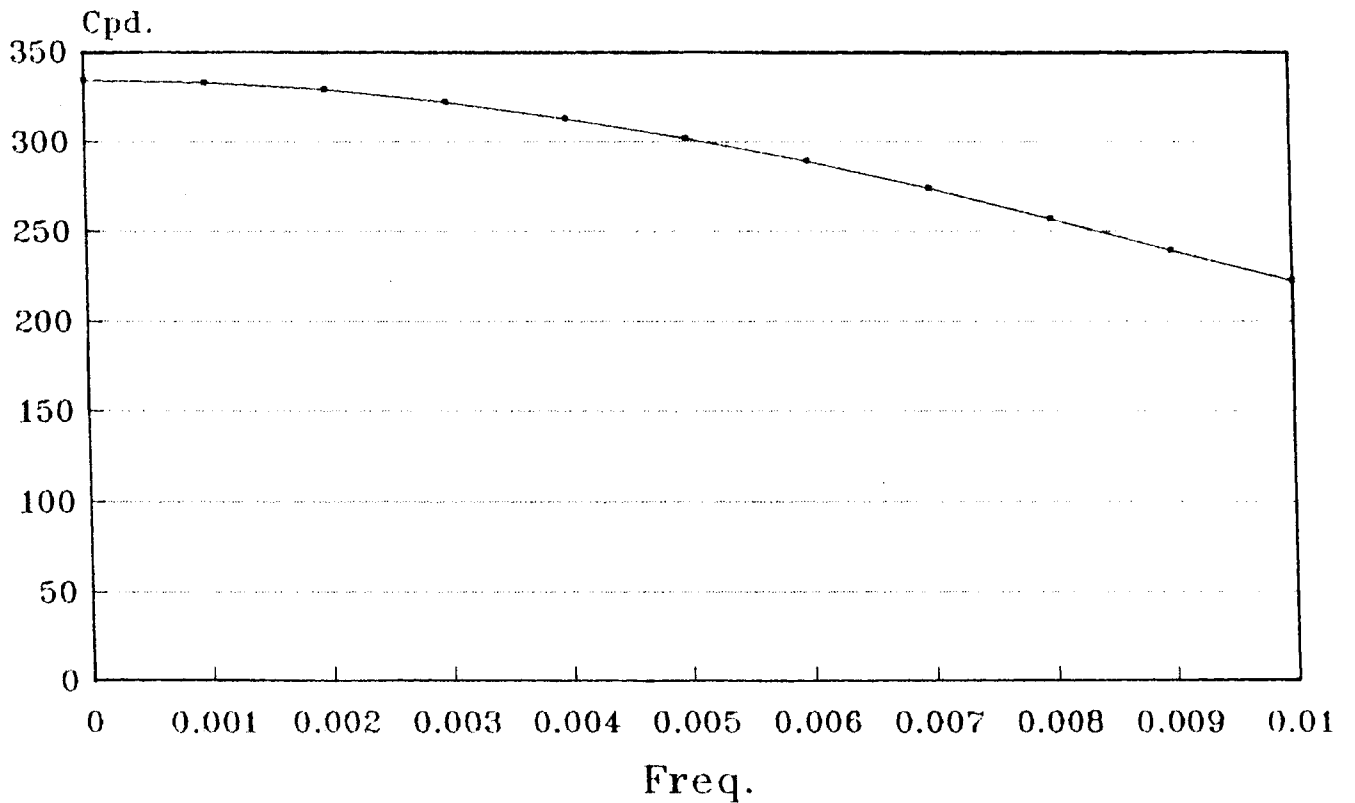
Table 2d. The variation of errors versus profile length change (profile length is 8.0 Km)

Pencere çeşidi	Gerçek derinlik (m)	Hesaplanan derinlik (m)	Gerçek üst derinlik (m)	Hesaplanan derinlik (m)	$\% \frac{Z_0 - Z'_0}{Z_0}$	$\% \frac{Z_1 - Z'_1}{Z_1}$
10.0	300.0	290.5	100.0	96.8	3.2	3.2
100.0	300.0	290.5	100.0	96.8	3.2	3.2
200.0	300.0	289.8	100.0	96.6	3.4	3.4
400.0	300.0	290.6	100.0	96.9	3.1	3.1
600.0	300.0	290.4	100.0	96.8	3.2	3.2



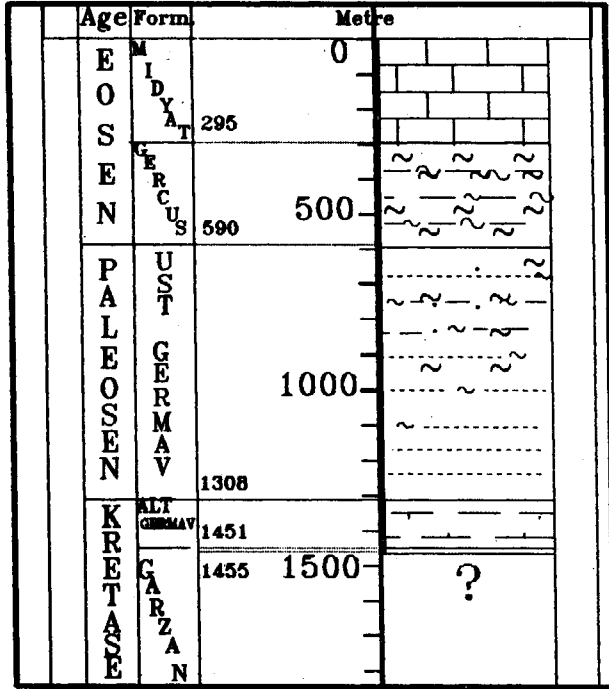
Şekil 4. Kentalan antiklinaline ait gravite anomalisi.

Fig. 4. Gravity anomaly of the Kentalan anticline.



Şekil 5. Saha verisinin Fourier genlik spektrumu.

Fig. 5. The Fourier amplitud spectra of the field data.



Şekil 6. Batı Kentalan-1 sondaj kuyusunun litolojik kesiti.

Fig. 6. The lithologic section obtained from the West-Kentalan-1 borehole.

yanılgılara neden olacaktır. Ayrıca Fourier integrali sınırlarından anlaşılacağı üzere gravite profili yeterli uzunlukta olmalıdır. Bunu Çizelge 2a,b,c,d'den açıkça görmek mümkündür.

Bu çalışmada kullanılan kritik  $g_{max}$  değerini veren bağıntı şerit genişliğinin çok dar olması halinde geçerlidir. Oysa bu kritik değerle, spektral ortamdaki kritik değer kullanılarak bulunan derinlik parametreleri, Çizelge 2a,b,c,d'de görüleceği üzere, şerit genişliğinin artması ile bir hata değişimi oluşturmamaktadır. Burada şerit genişliğine bağlı beklenen hata artımı spektral ortamdaki  $g(0)$  kritik değerinin karakterinden yok olmaktadır. Bu nedenle değişik genişlikteki horst, graben veya dayk tipi yapılarda bu çalışma, profil boyuna, yani gravite anomalisinin karakterini ortaya koyacak kadar uzunlukta olmasına dikkat ederek başarıyla uygulanabilir.

## SAHA ÇALIŞMASI VE YORUMU

Kentalan antiklinaline (Siirt) ait gravit anomalisi'nden (Şekil 4) Ayrık Fourier Dönüşümü ile dalga sayısı ortamındaki genlik spektrumu hesaplanmıştır (Şekil 5). Gravite anomalisinin  $g_{max}$  değeri ile dalga sayısı ortamındaki spektrumun sıfır dalga sayısı değeri kullanılarak elde edilen iki denklem sistemi yardımıyla, anomaliye neden olan bozucu prizmatik kütlelerin üst ve alt derinlik parametreleri aşağıdaki gibi elde edilmiştir ( $g_{max} = 14.4$  mgal,  $g(0) = 334$  cp data interval, gözlem aralığı  $dx = 250$  metre,  $Z_1 = 1380$  metre,  $Z_0 = 2270$  metre). Elde edilen bu sonuçlarla, sahanın litolojik kesiti kıyaslandığında yöntemin başarısı açıkça görülmektedir (Şekil 6). Bu çalışma horst, graben ve düşey dayk model yapıları içinde başarıyla uygulanabilir. Diğer iki boyutlu yapılardaki çalışmalarda ise yakınsak model olarak ya da yinelemeli yöntemlerde başlangıç modeli olarak emniyetle kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- Bhattacharyya, B.K., Leu Lei-Kuang 1977, Spectral analysis of gravity and magnetic anomalies due to rectangular prismatic bodies, *Geophysics* 42, 41-50.
- Bhimasankaram, V.L.S., Nagendra, R., Seshagiri Rao, S.V. 1977, Interpretation of gravity anomalies due to finite inclined dikes using Fourier transformation, *Geophysics* 42, 51-59.
- Grant, F.S., West, G.F. 1965, *Interpretation Theory in Applied Geophysics*, McGraw Hill Book Comp.
- Jenkins, G.M., Watts, D.G. 1969, *Spectral Analysis and Its Applications*, Holden Day.
- Rao, K.G.C., Avasthi, D.N., 1973, Analysis of the Fourier Spectrum of the gravity Effect due to two dimensional triangular prism, *Geophysical Prospecting* 21, 526-542.
- Sengupta, S., Das, S., 1977, Interpretation of the gravitational effect of a two Dimensional dike by Fourier Transform, *Geoexploration*, 15, 251-261.
- Telford, W.M., Geldard, L.P., Sheriff, R.E., Keys, D.A. 1976, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press.