

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞAL POTANSİYEL VERİLERİNİN İKİNCİ VE
DÖRDÜNCÜ MERTEBEDEN TÜREV ANALİZİ
KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Arian DADASHİ

Kasım, 2021

İZMİR

DOĞAL POTANSİYEL VERİLERİNİN İKİNCİ VE DÖRDÜNCÜ MERTEBEDEN TÜREV ANALİZİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeofizik Programı

Arian DADASHİ

Kasım, 2021

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ARİAN DADASHİ, tarafından PROF.DR. COŞKUN SARI yönetiminde hazırlanan “DOĞAL POTANSİYEL VERİLERİNİN İKİNCİ VE DÖRDÜNCÜ MERTEBEDEN TÜREV ANALİZİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Coşkun SARI

Yönetici

.....
Dr.Öğr.Üyesi Petek SINDIRGI

Jüri Üyesi

.....
Prof.Dr. Züheyr KAMACI

Jüri Üyesi

.....
Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı bana öneren ve yöneten, çalışma süresince destek ve yardımlarını esirgemeyen hocam Sn. Prof. Dr. Coşkun SARI 'ya teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tüm yaşantım ve öğrenim hayatım boyunca benden maddi, manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme minnettarım.

Arian Dadashi

DOĞAL POTANSİYEL VERİLERİNİN İKİNCİ VE DÖRDÜNCÜ MERTEBEDEN TÜREV ANALİZİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Bu tez çalışmasında öncelikle yatay silindir, düşey silindir ve küre gibi seçilmiş basit jeolojik yapı modelleri için teorik SP anomalileri (gürültülü ve gürültüsüz) hesaplanmıştır. Daha sonra bu anomalilerin ikinci ve dördüncü türevleri, farklı pencere aralıkları (s) ve neden olan küre, yatay silindir ve dikey silindir gibi model yapıların yapı derinliği (z) ve yapı şekil faktörü (q) parametreleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Yer altındaki anomaliler tespit edilmeye çalışılmıştır. Ardışık pencere aralıkları (s) kullanılarak elde edilen doğal potansiyel (SP) anomalilerinin sayısal ikinci ve dördüncü sayısal türevi, gömülü bir yapının derinliğine ve şekline karar vermek için kullanılabilir. Her pencere aralığı için (s; s=1, 2,..., M için), derinlikler her yapı şekil faktörü için basit bir formül kullanılarak belirlenir (q=0,1, 0,2, 0,3,..., 1,5 için). Hesaplanan derinlikler, yapı şekil faktörlerine karşılık gelen bir grafik üzerinde çizilir. Bu grafikte, eğrilerin kesişme noktasından (veya bazı durumlarda eğrilerin ara kesit noktalarından) (z) ve (q) grafik eksenlerine kadar her pencere aralığı(lar) için, projeksiyonun yatay ve dikey yönler eksenleri keser, yapının derinliğini (z) ve yapı şekil faktörü (q) değerini verir. Yöntem, kuramsal SP anomalilerinin (gürültülü ve gürültüsüz) ikinci ve dördüncü sayısal türevlerinin değerlendirilmesinde ilgili anomalilerin hesaplanmasında kullanılan yapı modellerinin derinlik (z) ve yapı şekil faktörü (q) değerlerini başarıyla belirlenmiştir. Literatürde yayınlanan makalelerden elde edilen SP arazi anomalilerinin sayısallaştırılmış verilerine uygulanan yöntem ikinci türev çözümlerinde istenilen başarıyı sağlarken, dördüncü türev çözümlerinde istenilen başarı yeterince sağlanamamıştır. Bunun nedeninin örnekleme aralığının seçimi ve örnekleme sırasında örneklemeyi gerçekleştiren araştırmacının işleme duyarlılığı olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak açıklanan ve uygulanan yöntemin SP anomalilerinden yapı derinliği ve yapı biçim faktörünün belirlenmesinin araştırmacılara büyük kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Doğal potansiyel (SP), ardışık pencereleme, pencere eğrisi, yapı biçim faktörü



EVALUATION OF SELF POTENTIAL DATA USING SECOND AND FOURTH-ORDER DERIVATIVE ANALYSIS

ABSTRACT

In this theses, firstly, the theoretical SP anomalies (noiseless and noisy) for the selected simple geological structure models such as horizontal cylinder, vertical cylinder and sphere were calculated. Then, the second and fourth derivatives of these anomalies were evaluated by using different window intervals (s), and the structure depth (z) and structure shape factor (q) parameters of model structures such as sphere, horizontal cylinder and vertical cylinder that cause anomalies in the underground were tried to be determined. The numerical second and fourth numerical derivative of self potential (SP) anomalies obtained using sequential window intervals (s) can be used to decide the depth and shape of a buried structure. For each window range (s ; for $s=1, 2, \dots, M$), the depths are determined using a simple formula for each structure shape factor (for $q=0,1, 0,2, 0,3, \dots, 1,5$). Calculated depths are plotted on a graph corresponding to the structure shape factors. On this graph, for each window range (s), from the intersection point of the curves (or in some cases, from the intersections of the curves) to the (z) and (q) graph axes, the points where the projection in the horizontal and vertical directions intersect the axes, the depth of the structure (z) and the structure shape factor (q) gives the value. The method has successfully determined the depth (z) and structure shape factor (q) values of the structure models used in the calculation of the related anomalies in the evaluation of the second and fourth numerical derivatives of the theoretical SP anomalies (noisy and noiseless) and the field self potential (SP) anomaly data obtained from the articles published in the literature. While the method applied to the digitized data of SP field anomalies obtained from the articles published in the literature achieved the intended success in the second derivative solutions, the intended success in the fourth derivative solutions was not achieved sufficiently. The reason for this is thought to be the selection of the sampling interval and the processing sensitivity of the researcher who performed the

sampling during sampling.

As a result, it is thought that determining the structure depth and structure shape factor from SP anomalies of the described and applied method will provide great convenience to researchers.

Keywords: Self potential (SP), sequential windowing, window curve, shape factor



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
BÖLÜM İKİ - DOĞAL POTANSİYEL ANOMALİLERİNİN OLUŞUM KAYNAKLARI	3
2.1 Elektrokinetik Potansiyel (Akma Potansiyeli).....	3
2.2 Difüzyon Potansiyeli	3
2.3 Nernst Potansiyeli	4
2.4 Elektrokimyasal Potansiyel (Mineralizasyon potansiyeli)	5
2.5 SP Oluşumunu Sağlayan Diğer Etkenler	6
2.5.1 Tellürik Akımlar	6
2.5.2 Yapay Akım Kaçakları ve Güç Hatları	6
2.5.3 Yer Altındaki Boru Hatları	7
BÖLÜM ÜÇ - YAPI PARAMETRELERİNİN SAPTANMASI	8
3.1 Pencere Tekniği ile Değerlendirme	9

**BÖLÜM DÖRT - DOĞAL POTANSİYEL ANOMALİLERİNİN YÜKSEK
TÜREV ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ15**

4.1 2. Türev Çözümü için Kuramsal Örnekler	15
4.2 4. Türev Çözümü için Kuramsal Örnekler	33
4.3 2. Türev Çözümü için Kuramsal Gürültülü Örnekler	49
4.4 4. Türev Çözümü için Kuramsal Gürültülü Örnekler	53
4.5 Arazi Verilerinin Pencereleme Yöntem İle Değerlendirme	57

BÖLÜM BEŞ - SONUÇLAR66

KAYNAKLAR68

EKLER.....71

EK 1 : Programlar	71
-------------------------	----

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 4 nolu denklemde geometrik parametrelerin görünümü.....	10
Şekil 3.2 Küre üzerindeki tipik SP anomalisi. Orijin , orijindeki anomali değeri, V_{max} , en büyük anomali değerinin, V_{min} , en küçük anomali değerinin konumu (Stanley, 1977).....	14
Şekil 4.1 Yatay silindir 1.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	17
Şekil 4.2 Yatay silindir 2.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	18
Şekil 4.3 Yatay silindir 3.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	19
Şekil 4.4 Yatay silindir 4.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	20
Şekil 4.5 Yatay silindir 5.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	21
Şekil 4.6 Düşey silindir 1.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	22
Şekil 4.7 Düşey silindir 2.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme.....	23
Şekil 4.8 Düşey silindir 3.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	24
Şekil 4.9 Düşey silindir 4.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	25
Şekil 4.10 Düşey silindir 5.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	26
Şekil 4.11 Küre 1.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	27
Şekil 4.12 Küre 2.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	28

Şekil 4.13 Küre 3.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	29
Şekil 4.14 Küre 4.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	30
Şekil 4.15 Küre 5.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	31
Şekil 4.16 Küre 6.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	32
Şekil 4.17 Yatay silindir 1.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	34
Şekil 4.18 Yatay silindir 2.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	35
Şekil 4.19 Yatay silindir 3.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	36
Şekil 4.20 Yatay silindir 4.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme.....	37
Şekil 4.21 Yatay silindir 5.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme.....	38
Şekil 4.22 Düşey silindir 1.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme.....	39
Şekil 4.23 Düşey silindir 2.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme.....	40
Şekil 4.24 Düşey silindir 3.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme.....	41
Şekil 4.25 Düşey silindir 4.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme.....	42
Şekil 4.26 Düşey silindir 5.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme.....	43
Şekil 4.27 Küre 1.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	44
Şekil 4.28 Küre 2.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	45
Şekil 4.29 Küre 3.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	46
Şekil 4.30 Küre 4.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	47

Şekil 4.31 Küre 5.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme	48
Şekil 4.32 Yatay silindir model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (bir buçuk kat gürültü)	50
Şekil 4.33 Düşey silindir model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (bir buçuk kat gürültülü)	51
Şekil 4.34 Küre model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (bir buçuk kat gürültülü).....	52
Şekil 4.35 Yatay silindir model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (iki kat gürültülü)	54
Şekil 4.36 Düşey silindir model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (iki kat gürültülü)	55
Şekil 4.37 Küre model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (iki kat gürültülü).....	56
Şekil 4.38 1.Model Bavarian Woods pencereleme yöntemi ile değerlendirme.....	58
Şekil 4.39 2. Model Ergani pencereleme yöntemi ile değerlendirme	60
Şekil 4.40 3. Model Malchite pencereleme yöntemi ile değerlendirme	62
Şekil 4.41 4. Model Sarıyer pencereleme yöntemi ile değerlendirme	64

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Kuramsal olarak ilk doğal potansiyel (SP) yöntemi üzerinde çalışan Petrowsky (1928), potansiyel dağılımlarını gömülü kutuplaşmış küre şeklindeki jeolojik yapılardan bir kosinüs fonksiyonu halinde yüzeyde ölçüldüğünü araştırmıştır. Yeraltında belirli doğal veya kendinden oluşan potansiyellerin meydana gelişi, elektrokimyasal veya mekanik etkinliklerle oluşur. Her durumda kontrol edici etken yer altı suyudur. Bu potansiyeller, sülfürlü mineral kütlelerinin havayla etkileşmesiyle, jeolojik kontaklardaki mineral içeren kayaçların özelliklerindeki değişim ile organik materyalin bioelektrik aktivitesiyle, aşınma, yer altı akışkanlarındaki normal ve basınç gradyanları ve benzer tabiatlı diğer olaylarla ilişkilidir. Bu potansiyelleri doğuran başlıca dört mekanizma vardır. Bunlar sırasıyla elektrokinetik potansiyel, difüzyon potansiyeli, Nernst potansiyeli ve elektrokimyasal potansiyeldir. Oluşumları bakımından birincisi, mekanik, diğer üçü kimyasal kökenlidir. Ancak, elektrik dipol momenti sabit varsayılırsa ve sınır yüzeyi bilinen bir şekle (şekil faktörü) sahip olduğunda, doğrudan potansiyel verilerden benzersiz bir çözüm elde edilebilir (Abdelrahman, 2004). Bu görüş, birçok yazar tarafından (Yüngül, 1950; Meisner, 1962; Paul, 1965; Bhattacharya ve Roy, 1981; Rao ve Babu, 1983; Abdelrahman ve Sharafeldin, 1997) , yani küre, yatay silindir, düşey silindir ve levha gibi dört basit model ile maden aramasında birçok jeolojik yapının sınıflanmasıyla sayısal olarak doğrulanmıştır.

SP anomalileri, az çok sabit bir elektrik kutuplaşma (polarizasyon) durumunun yüzey kanıtıdır. Sonuç olarak, SP ters çözüm problemi sadece herhangi bir yeraltı elektrik yükü birikiminin yerini ve geometrisini bulmaktan ibarettir (Hafez ve diğer., 2006).

Doğal uçlaşma profillerini kullanarak gömülü yapının şeklini kestirimi için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak, en küçük kareler yöntemi (Abdelrahman

ve diğ er., 1997a), sayısal gradyan yöntemi (Abdelrahman ve diğ er., 1997b) ve türev analizi yöntemi (Abdelrahman ve diğ er., 1998) verilebilir. Bu ç alışma kapsamında türev analiz yöntemini yüksek mertebeden türevleri (2. ve 4. türev) kullanarak, SP profillerine neden olan kaynağ ın derinlik ve şeklini tahmin edilmiştir.



BÖLÜM 2

DOĞAL POTANSİYEL ANOMALİLERİNİN OLUŞUM KAYNAKLARI

2.1 Elektrokinetik Potansiyel (Akma Potansiyeli)

ρ özdirençli ve η viskoziteli bir çözeltinin, kapiler (kılcal) veya geçirimli bir ortamdan basınç zoruyla geçirildiğinde gözlenen bir etkidir. Ortama uygulanan basıncın başlangıç ve bitiş noktaları arasında oluşan potansiyel farkı

$$E_k = - \frac{\phi \Delta P \varepsilon \rho}{\pi \eta} \quad (1)$$

bağlantısıyla verilir. Bu bağlantıda yer alan terimler:

- E_k : Elektrokinetik potansiyel
- ϕ : Absorbsiyon (zeta) potansiyeli
- ΔP : Ortamın iki ucu arasındaki basınç farkı
- ε : Ortamdaki çözeltinin dielektrik sabiti
- η : Çözelti viskozitesi
- ρ : Çözeltinin elektriksel özdirenci

olarak tanımlanır.

2.2 Difüzyon Potansiyeli

Bu potansiyel, farklı yoğunluklardaki çözeltilerde yer alan anyon ve katyonların hareketlerinden dolayı ortaya çıkar. Farklı yoğunluğa sahip çözeltilerdeki (-) ve (+) yük miktarının eşit olmak istemeleri nedeniyle çözelti ara yüzeyinde (-) ve (+) yüklerin geçişleri olacaktır. Bu şekildeki yük hareketleri ortamda bir difüzyon potansiyelinin oluşmasına neden olur. Bu potansiyel değeri:

$$E_d = - \frac{R\theta(I_a - I_c)}{Fn(I_a + I_c)} \text{Log}\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \quad (2)$$

bağlantısıyla verilir. Bu bağlantıda yer alan terimler :

- E_d : Difüzyon potansiyeli
 - R : Gaz sabiti (8,31 joule /°C)
 - F : Faraday sabiti (9,65 x 10⁴ C / mol)
 - θ : Mutlak sıcaklık
 - n : Birleşme değeri
 - I_a ve I_c : Anyon ve katyonların hareketlilikleri
 - C_1 ve C_2 : Çözelti konsantrasyonları
- olarak tanımlanır.

2.3 Nernst Potansiyeli

Tekdüze bir çözelti içine batırılan iki metal elektrot arasında elektriksel potansiyel farkı oluşmaz. Ancak bu iki elektrottan birisi farkı yoğunluğa sahip bir çözelti içine ve diğeri de yine farklı konsantrasyonlu bir çözelti içine batırılırsa iki elektrot arasında milivolt seviyesinde bir ΔV potansiyel farkı ölçülür. Bu potansiyel farkı Nernst potansiyeli olarak isimlendirilir ve

$$E_d = - \frac{R\theta}{Fn} \text{Log}\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \quad (3)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Bu bağıntıda yer alan terimler

- R : Gaz sabiti (8,31 joule /°C)
- F : Faraday sabiti (9,65 x 10⁴ C / mol)
- θ : Mutlak sıcaklık

n : Birleşme değeri

C_1 ve C_2 : Çözelti konsantrasyonları

olarak tanımlanırlar.

2.4 Elektrokimyasal Potansiyel (Mineralizasyon potansiyeli)

Sülfürlü metalik cevherleşme sahalarında ölçülen doğal potansiyeldir. İletken cevher kapanlarında tuz miktarına, sıcaklığa ve ıslaklık koşullarına bağlı olarak oluşan elektrokimyasal olaylar bu sahalarda ölçülen doğal gerilimi oluşturur. Doğada bulunan pirit, kalkopirit, galenit, sfelarit ve grafit gibi sülfürlü ve oksitli cevherleşmeler genlikleri birkaç yüz milivolta varan SP anomalilerinin kaynağı olabilirler. Mineralizasyon potansiyeli hemen hemen her zaman cevherleşmenin üst yüzeyinde negatif bir merkez oluşturacak şekilde değerler verir.

2.5 SP Oluşumunu Sağlayan Diğer Etkenler

Mineralizasyon potansiyelinin dışında olan ve kaynağı bazı doğal ve yapay yer altı olaylarına dayanan SP gerilimleri vardır. Bu gerilimler bir maden arama çalışmasında veya diğer amaçlar için uygulanan arazi SP ölçmelerinde ilgilenilen jeolojik yapıya ait gerçek anomaliyi maskeleyebilirler. Bu tip gerilimleri oluşturan nedenler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

2.1.1 Tellürik Akımlar

Kökeni yerkürenin doğal elektromanyetik alanına bağlı olan tellürik akımların yer içindeki akışı, cevherleşme zonu civarında bir doğal gerilim ortaya çıkarır. Yer yapısının jeokimyasal birleşiminin doğal görünüşünü yansıtmayan bu gerilim bir bozucu etki olarak SP ölçülerine karışır.

2.1.2 Yapay Akım Kaçakları ve Güç Hatları

Endüstriyel gürültü diye adlandırılabilen olan yeraltındaki kaçak akımlar yöredeki elektrik jeneratörü ve trafo merkezlerinden sızabileceği gibi maden ocak ve hafriyatlarında kullanılan elektrikli aletler ve motorlu araçlar da bu kaçak akımın kaynağı olabilir. Bu akımlar SP oluşum mekanizmasına bağımsız olarak eklenen ve ölçülen bozucu etkiyi oluşturur. Ayrıca, yörede bulunan elektrik akımı iletimini sağlayan güç hat kablolarının rüzgar nedeniyle salınmalarından kaynaklanan indüktif etki yer içinde küçük akımların doğmasına neden olur. Bu küçük akımlar da SP ölçümlerinde bozucu etki olarak ölçülere karışır.

2.1.3 Yer Altındaki Boru Hatları

Yer altında gömülü olarak bulunan iletken yapılar ve kimyasal akışkanlar, su, petrol gibi maddeler taşıyan boru hatları da yörelerindeki bir doğal potansiyelin kaynağı olarak davranabilirler.



BÖLÜM 3

YAPI PARAMETRELERİNİN SAPTANMASI

Jeolojik yapılar (sülfürlü metalik cevherleşme) tarafından oluşturulan doğal potansiyel anomalilerinin değerlendirilmesi Nomogram kullanılarak (Murty ve Haricharan, 1985) ve Grafik yöntemle de (Babu ve Rao, 1988) tarafından derinlik ve polarizasyon açısı saptanması gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca, SP anomalileri farklı araştırmacılar tarafından literatürde icra edilmiş olan farkı ters çözüm yöntemleriyle (En küçük kareler, Marquardt, SVD ve Genetik Algoritma) de değerlendirilmiştir.

En küçük kareler tekniğini farklı yapı faktörleri için derinlik, kutuplaşma (polarizasyon) açısı ve elektrik dipol momentini hesaplayan yöntem Abdelrahman ve diğerleri (2008) tarafından geliştirilmiş, veri sayısını ve derinliği dikkate alarak optimizasyon yapılmıştır.

Yinelemeli Levenberg-Marquardt yöntemi batı Endonezya'da bir fayın yorumlanmasında Fajriani ve diğerleri (2017) tarafından kullanılmış ve kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir.

SVD (tekil değer ayrışması) yöntemi en küçük kareler yönteminden türemiş bir yaklaşım olup, Jakobiye matrisinin tersinin alınamadığı durumlarda çözüme katkı koymaktadır. Jakobiye matrisinin tekil değeri olması durumunda Candra ve diğerleri (2014) kuramsal ve arazi verileri üzerinde denemeler yapmışlardır. Genel denklem hali $m_{n+1} = m_n + [V\Lambda^{-1}U^T](d_{göz} - d_{hes})$ olmaktadır. Burada m farklı yinelemedeki hesaplanan model değerleri olmaktadır. $d_{göz} - d_{hes}$ gözlenen ve hesaplanan veriler arasındaki fark ve $V\Lambda^{-1}U^T$ Jakobiye matrisinin tekil değer ayrışımı olarak tanımlanmaktadır.

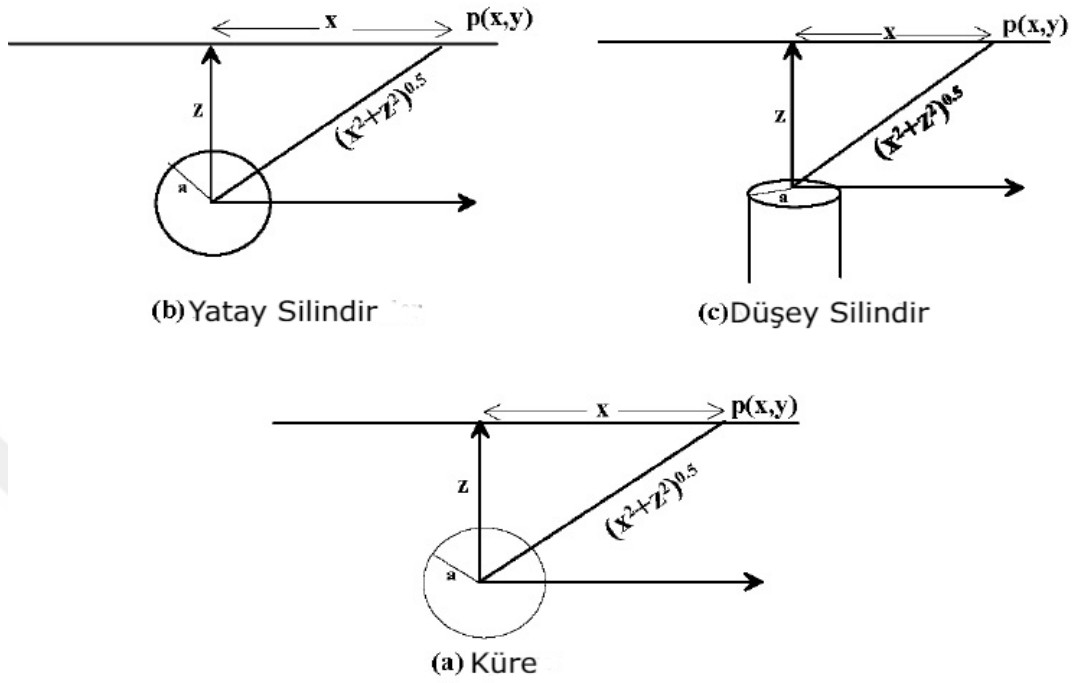
Genetik algoritma kullanarak veriyi etkileyen gürültüler en aza indirgenmiş olur (Abdelazeem ve Gobashy, 2006). Genetik algoritma stokastik global optimizasyon yöntemidir; başlangıçta model popülasyonu üretilip, uygunluk değeri her bir adımda hesaplanır ve uygun olan modeller parametrelerini birlikte paylaşır en uygun modeller için derinlik, polarizasyon açısı ve yapı faktörü parametreleri elde edilir.

3.1 Pencere Tekniği ile Değerlendirme

Kutuptanmış jeolojik yapı tarafından üretilen doğal potansiyel anomalisi sonlu bir fonksiyon ile ifade edilebilir (Yüngül, 1950) :

$$V(x_i, z, \theta, q) = K \frac{x_i \cos(\theta) + z \sin(\theta)}{(x^2 + z^2)^q} \quad i = (1, 2, 3, \dots, N) \quad (4)$$

4 nolu denklemde, z ; düşey yöndeki sabit derinlik (m), θ ; kutuplaşma açısı (derece), K ; elektrik dipol moment (mV), x_i ; koordinattaki pozisyon ($i = 1, 2, \dots, N$), q ; gömülü cismin yapısına (şekline) göre olan bir faktördür. Şekil 3.1 de gösterildiği üzere 2 boyutlu SP anomalisini etkileyen yapı faktörü q , (a) küre, (b) yatay silindir, (c) düşey silindir biçimli yapılar için sırasıyla 1,5- 1- 0,5 değerlerini almaktadır.



Şekil 3.1 4 nolu denklemde geometrik parametrelerin görünümü

Anomali profili boyunca $x_i-M, \dots, x_i-2s, x_i-s, x_i, x_i+s, x_i+2s, \dots, x_i+M$ 'yi gözlem noktaları olarak kabul edilir ($i=1, 2, \dots, N$ ve $s=1, 2, \dots, M$) , s pencere uzunluğu (birim) olarak adlandırılır ve $1, 2, 3, \dots, M$ aralık birimlerine eşittir. Denklem (4) kullanarak, en basit sayısal yatay SP türevi (dV/dx):

$$V_x(x_i, z, \theta, q) = \frac{K}{2s} \left\{ \frac{(x_i + s) \cos(\theta) + z \sin(\theta)}{((x_i + s)^2 + z^2)^q} - \frac{(x_i - s) \cos(\theta) + z \sin(\theta)}{((x_i - s)^2 + z^2)^q} \right\} \quad (5)$$

bağıntısından elde edilir.

SP anomalisinin ikinci yatay türevi ise Denklem (5) 'den elde edilir ve şu şekilde tanımlanır:

$$V_{x2}(x_i, z, \theta, q) = \frac{K}{4s^2} \left\{ \frac{(x_i + 2s) \cos(\theta) + z \sin(\theta)}{((x_i + 2s)^2 + z^2)^q} - \frac{2x_i \cos(\theta) + 2z \sin(\theta)}{(x_i^2 + z^2)^q} \right. \\ \left. + \frac{(x_i - 2s) \cos(\theta) + z \sin(\theta)}{((x_i - 2s)^2 + z^2)^q} \right\} \quad (6)$$

Üçüncü yatay gradyan şu şekilde tanımlanır:

$$V_{x3}(x_i, z, \theta, q) = \frac{K}{8s^3} \left\{ \frac{(x_i + 3s) \cos(\theta) + z \sin(\theta)}{((x_i + 3s)^2 + z^2)^q} \right. \\ - \frac{3(x_i + s) \cos(\theta) + 3z \sin(\theta)}{((x_i + s)^2 + z^2)^q} \\ + \frac{3(x_i - s) \cos(\theta) + 3z \sin(\theta)}{((x_i - s)^2 + z^2)^q} \\ \left. - \frac{(x_i - 3s) \cos(\theta) + z \sin(\theta)}{((x_i - 3s)^2 + z^2)^q} \right\} \quad (7)$$

Ve dördüncü yatay gradyan ise;

$$V_{x4}(x_i, z, \theta, q) = \frac{K}{16s^4} \left\{ \frac{(x_i + 4s) \cos(\theta) + z \sin(\theta)}{((x_i + 4s)^2 + z^2)^q} \right. \\ - \frac{4(x_i + 2s) \cos(\theta) + 4z \sin(\theta)}{((x_i + 2s)^2 + z^2)^q} + \frac{6x_i \cos(\theta) + 6z \sin(\theta)}{(x_i^2 + z^2)^q} \\ - \frac{4(x_i - 2s) \cos(\theta) + 4z \sin(\theta)}{((x_i - 2s)^2 + z^2)^q} \\ \left. + \frac{(x_i - 4s) \cos(\theta) + z \sin(\theta)}{((x_i - 4s)^2 + z^2)^q} \right\} \quad (8)$$

olarak tanımlanır. Burada F;

$$F = \frac{V_{(xn)}(2s) + V_{(xn)}(-2s)}{V_{(xn)}(0)} \quad n=2,3,4 \quad (9)$$

Böylece, gömülü bir cismin derinliği aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanabilir.

İkinci türev anomalileri için,

$$Z = \left[\frac{F(s^2 + z^2)^q (9s^2 + z^2)^q [z^{2q} - (4s^2 + z^2)^q]}{(4s^2 + z^2)^q [(s^2 + z^2)^q - (9s^2 + z^2)^q]} \right] \quad (10)$$

$$Z_f = Z_i - \frac{f(z_i)}{f^*(z_i)} \quad (11)$$

olup, burada Z_i başlangıç derinliğidir ve Z_f gözden geçirilmiş (revize edilmiş) derinliktir ve (7) bağıntısındaki $f(z)$ ve $f^*(z)$ izleyen bağıntılarla tanımlanır.

Üçüncü türev anomalileri için,

$$f(z) = F(4s^2 + z^2)^q (16s^2 + z^2)^q [(s^2 + z^2)^q - (9s^2 + z^2)^q] - 4(s^2 + z^2)^q (9s^2 + z^2)^q [(4s^2 + z^2)^q - (16s^2 + z^2)^q] \quad (12)$$

ve

$$\begin{aligned}
f^*(z_i) = & 3F\{(4s^2 + z^2)^q(16s^2 + z^2)^q[2qz(s^2 + z^2)^{q-1} \\
& - 2qz(9s^2 + z^2)^{q-1}] \\
& + [(s^2 + z^2)^q \\
& - (9s^2 + z^2)^q][2qz(4s^2 + z^2)^q(16s^2 + z^2)^{q-1} \\
& + 2qz(4s^2 + z^2)^{q-1}(16s^2 + z^2)^q]\} \\
& - 4\{(s^2 + z^2)^q(9s^2 + z^2)^q[2qz(4s^2 + z^2)^{q-1} \\
& - 2qz(16s^2 + z^2)^q] \\
& + [(4s^2 + z^2)^q(16s^2 + z^2)^q][2qz(s^2 + z^2)^q(9s^2 + z^2)^{q-1} \\
& + 2qz(s^2 + z^2)^{q-1}(9s^2 + z^2)^q]\}
\end{aligned} \tag{13}$$

Ve dördüncü türev anomalileri için,

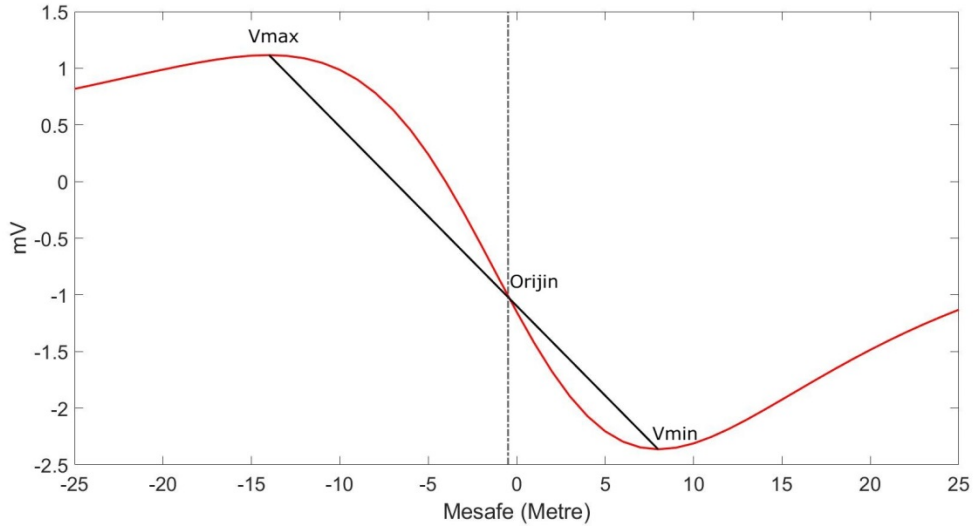
$$z = \left\{ \frac{F[z^{2q}(4s^2 + z^2)^q + 3(4s^2 + z^2)^q(16s^2 + z^2)^q - 4z^{2q}(16s^2 + z^2)^q]}{[(s^2 + z^2)^q(9s^2 + z^2)^q - 3(s^2 + z^2)^q(25s^2 + z^2)^q + 2(9s^2 + z^2)^q(25s^2 + z^2)^q]} \right. \\
\left. \frac{(s^2 + z^2)^q(9s^2 + z^2)^q(25s^2 + z^2)^q}{(4s^2 + z^2)^q(16s^2 + z^2)^q} \right\}^{0.5q} \tag{14}$$

olarak tanımlanmaktadır.

Denklem (8), (9) ve (10) 'te $s = 1, 2, 3, 4$ ve 5 kullanılarak arka arkaya dört pencere uzunluğu için ikinci, üçüncü ve dördüncü türev anomalileri hesaplanmaktadır. Sonradan, elde edilen ikinci türev, üçüncü türev ve dördüncü türev sırasıyla denklem (10), (11) ve (14) ile kullanılmıştır. Bu işlem, gömülü cismin şekil faktörünü temsil eden bir noktada neredeyse kesişen pencere eğrilerini oluşturmayı amaçlamaktadır. Belirlenen şekil faktöründen, gömülü yapı kimliği belirlenebilir.

Pencereleme yönteminde gömülü yapının şekli ve derinliği tahmin edilebilir. İlk adımda Stanley (1977) yöntemi (Şekil 3.2) kullanılarak yapı ve SP anomalisinin orijin noktası SP eğrisinin minimum ve maksimum değeri bir doğrusal eğri ile birleştirilir. Doğrusal eğri SP anomalisini bir noktada kesmekte olup, böylece cismin orijini

saptanmaktadır. Daha sonra orijine göre $8s+1$ kadar profil eğrisi sayısallaştırır. Sayısal yöntemler (merkezi farklar vb.) kullanılarak 2., 3. ve 4. türev değerleri hesaplanır. Derinlik hesaplama denklemlerinde, hesaplanmış türev değerlerini yerine koyularak ve farklı q ; yapı faktörleri 0,1 den 1,5 kadar değerler olmak üzere denkleme yerleştirerek, derinlik değerleri her bir pencereleme genişliği için hesaplanır ve z - q grafikleri farklı pencere boylarına göre çizilir. Çizilen eğrilerin kesişim noktası SP anomalisine neden olan yapı faktörü ve derinliğini saptamaktadır.



Şekil 3.2 Küre üzerindeki tipik SP anomali. **Orijin**, orijindeki anomali değeri, **Vmax**, en büyük anomali değerinin, **Vmin**, en küçük anomali değerinin konumu (Stanley, 1977)

BÖLÜM 4

DOĞAL POTANSİYEL ANOMALİLERİNİN YÜKSEK TÜREV ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 2. Türev Çözümü için Kuramsal Örnekler

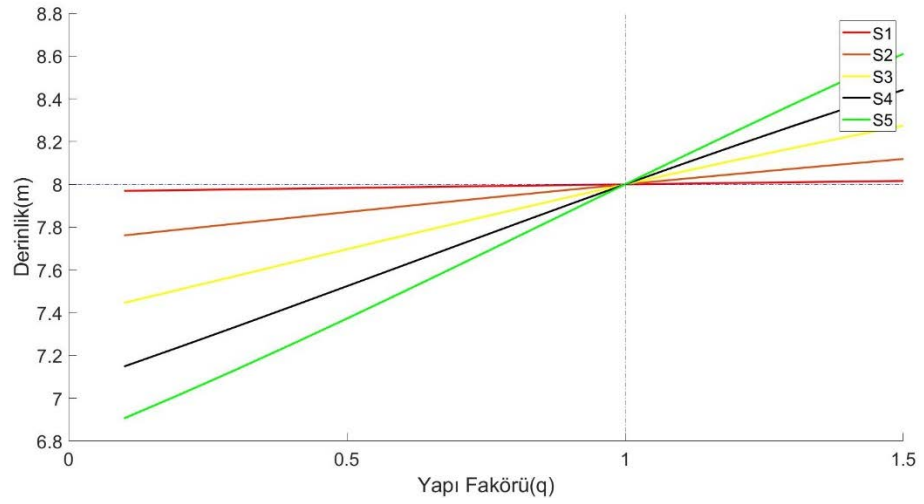
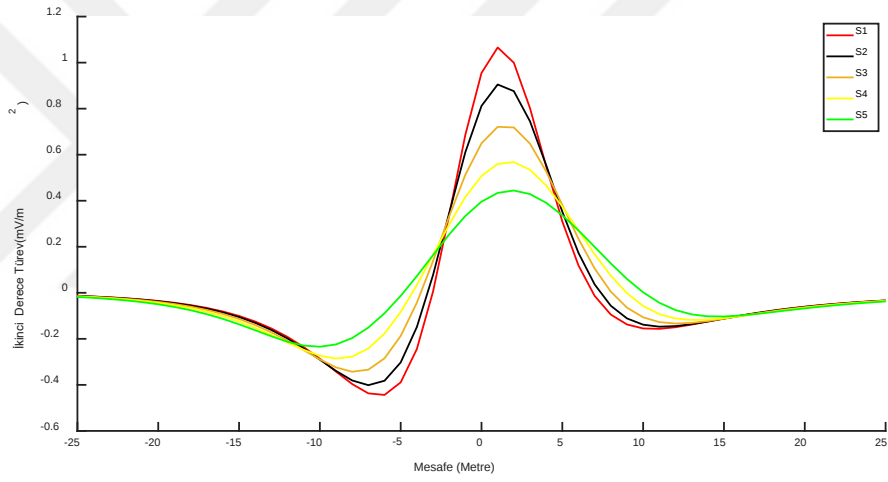
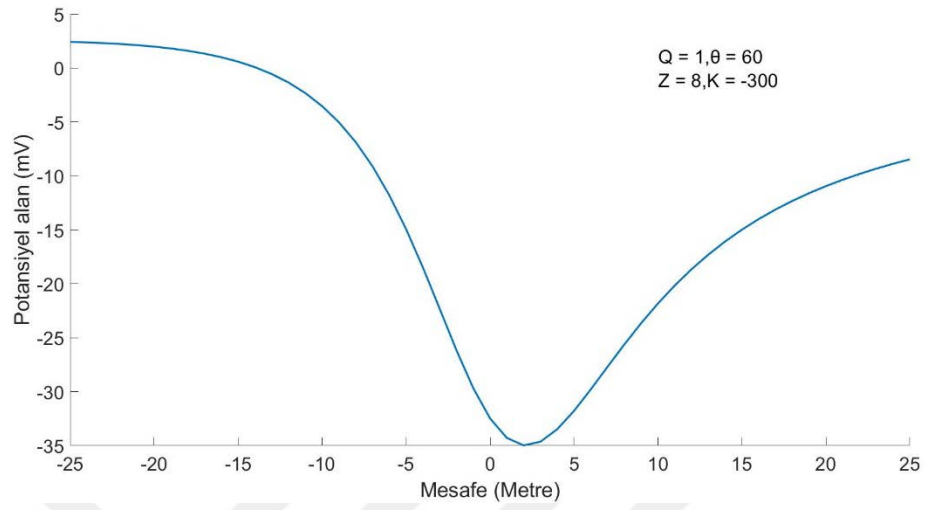
4 nolu denklemde farklı parametreler (q , k , θ ve z) yapı faktörü, elektrik dipol moment, kutuplaşma açısı ve derinlik sayıları yerleştirerek doğal potansiyel (mV) verileri elde edilmektedir. İkinci, üçüncü ve dördüncü türevler, sürekli türev fonksiyon denklemlerini farklı pencereleme (s) değerlerini kullanarak hesaplanmakta, (SP (mV/m) – derinlik (m)) grafikleri çizilmektedir. Sonunda derinlik denklemlerinden yararlanılarak z - q grafikleri elde edilir. Aşağıdaki grafiklerde bunun uygulanması değişik modeller üzerinde yapılmış ve yöntemin doğruluğu sınanmıştır.

Kuramsal uygulamalarda, küre, yatay silindir ve dikey silindir yapı modellerine ilişkin kuramsal SP anomalileri hesaplanmıştır. Hesaplanan kuramsal SP anomalilerinin ikinci türevleri farklı (s) pencere adımları için belirlenmiş ve grafiklenmiştir. Daha sonra yapı derinliği-yapı biçim faktörü (z - q) grafikleri oluşturulmuş ve her (s) pencere değeri için elde edilen eğrilerin kesişim noktaları saptanmıştır. Eğrilerin kesişim noktalarından yapı derinliği (z) ve yapı biçimi (q) eksenlerine olan yatay ve dikey izdüşümlerin her iki eksenini kestiği noktalar değerlendirilen SP anomalisinin yapı derinliği ve yapı biçimi olarak belirlenmiştir.

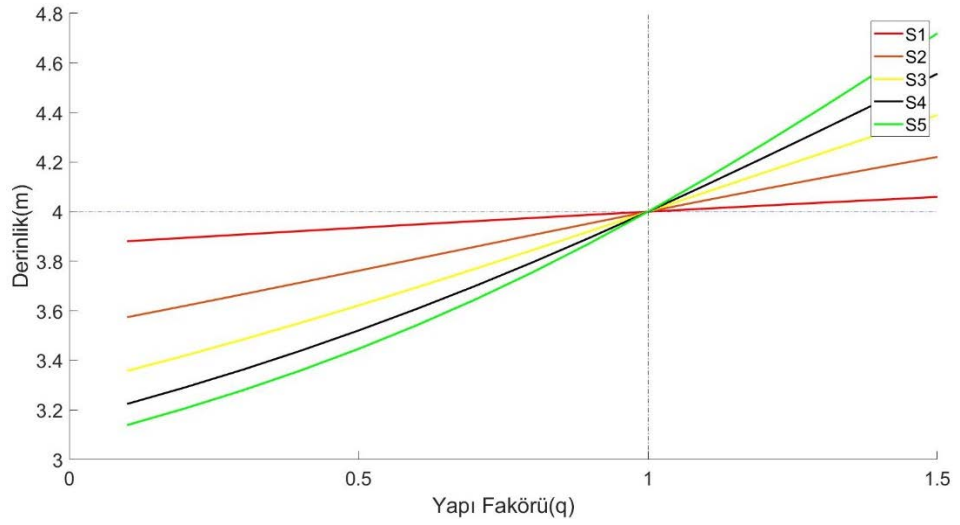
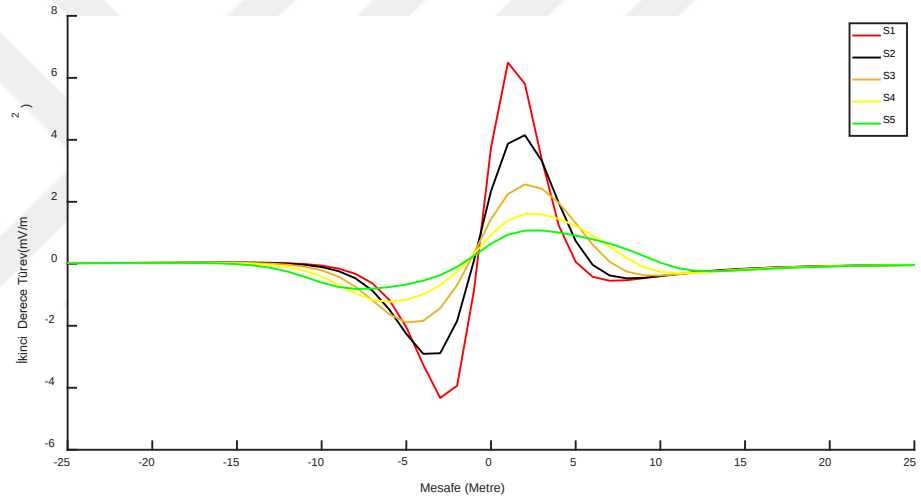
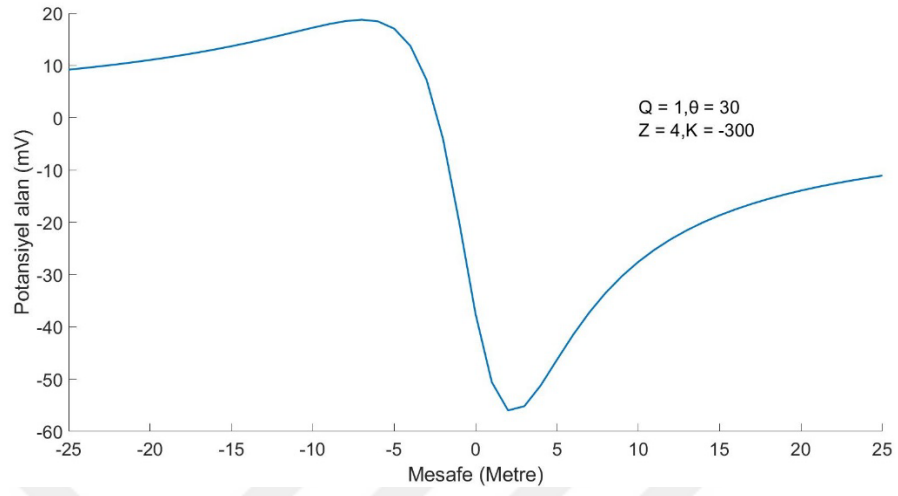
Aşağıdaki grafiklerde bunun uygulanması değişik modeller üzerinde yapılmış ve yöntemin doğruluğu sınanmıştır. küre, yatay silindir ve dikey silindir modellerine ilişkin SP anomalisi, (s) pencere değerleri için ikinci türev ve yapı derinliği-yapı biçim faktörü (z - q) grafikleri sırasıyla verilmiştir.

Şekillerden de görüleceği gibi kuramsal anomalilerin oluşturulduğu model yapı model parametreleri (yapı derinliği (z) ve yapı biçimi (q) değerleri) ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

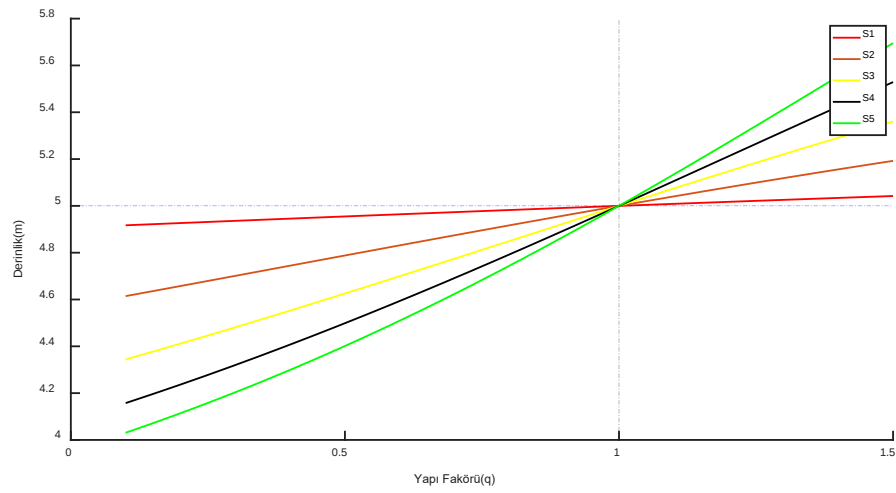
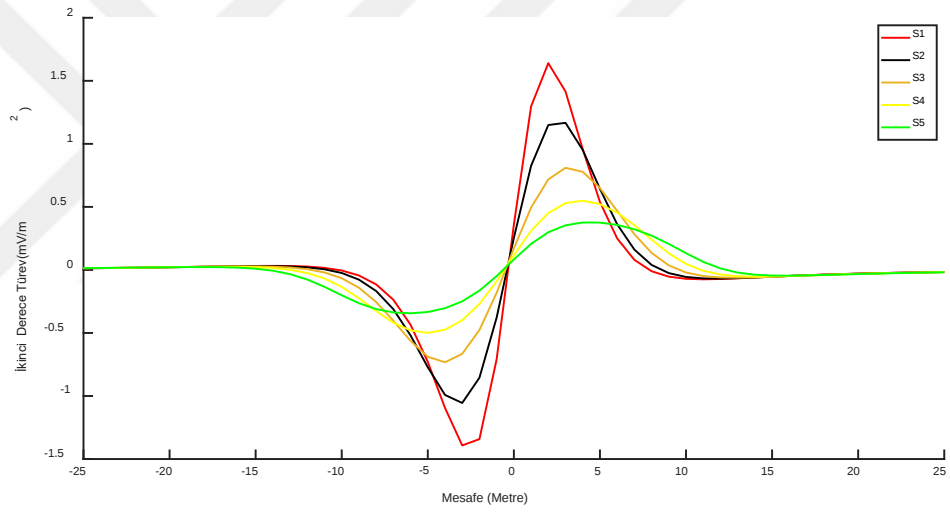
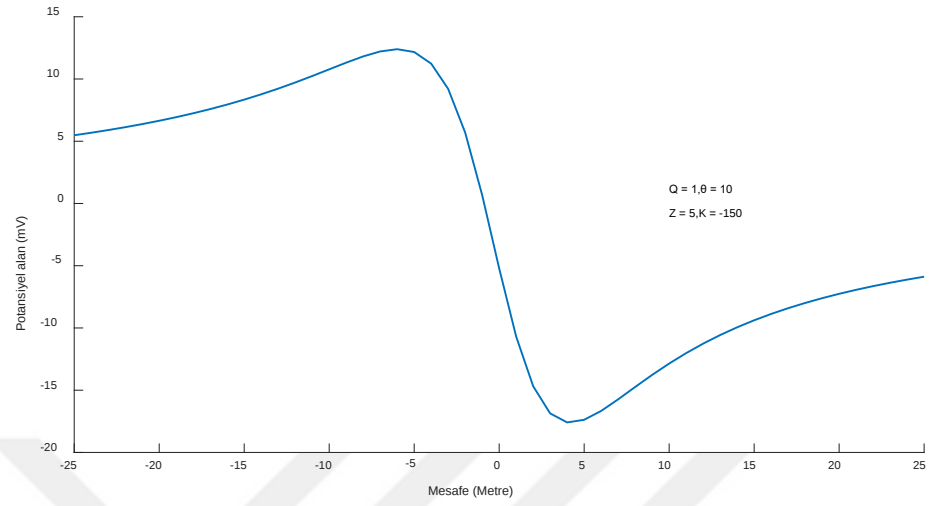




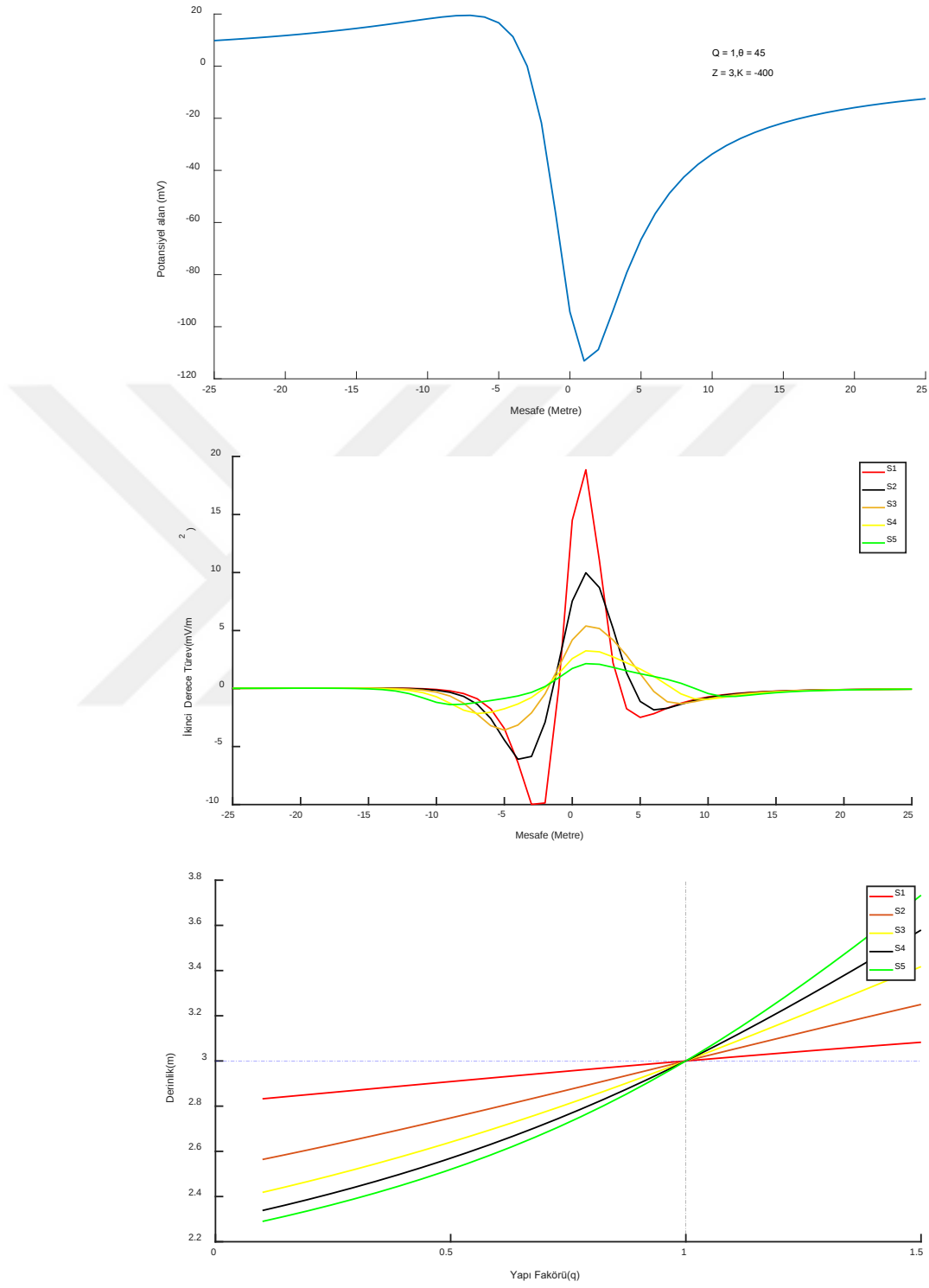
Şekil 4.1 Yatay silindir 1.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



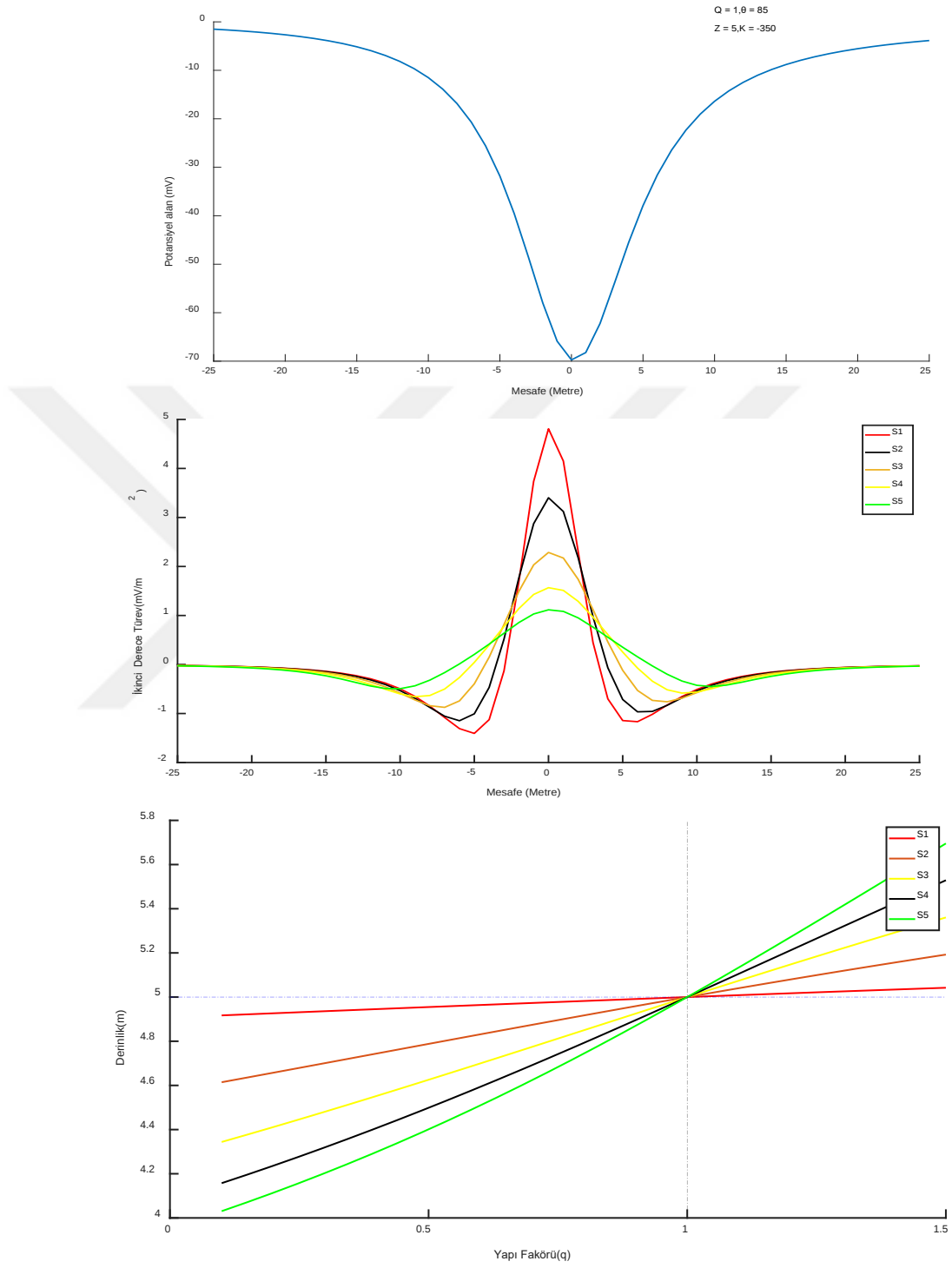
Şekil 4.2 Yatay silindir 2.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



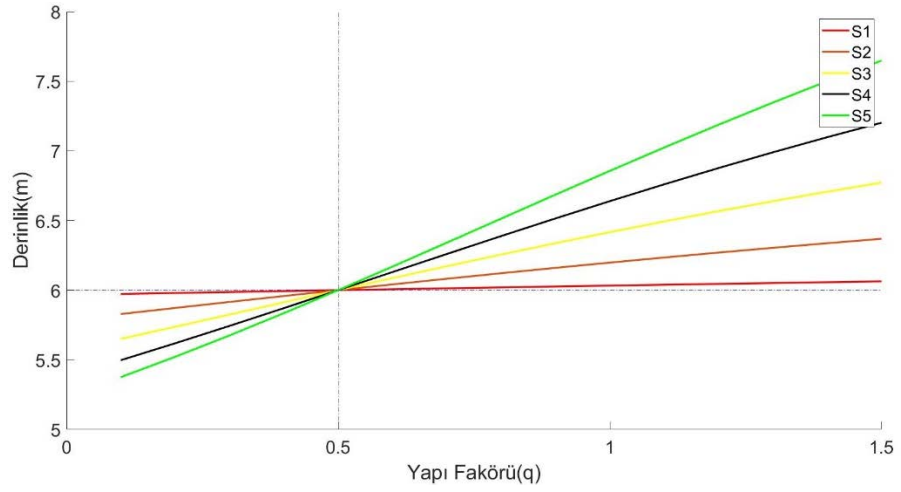
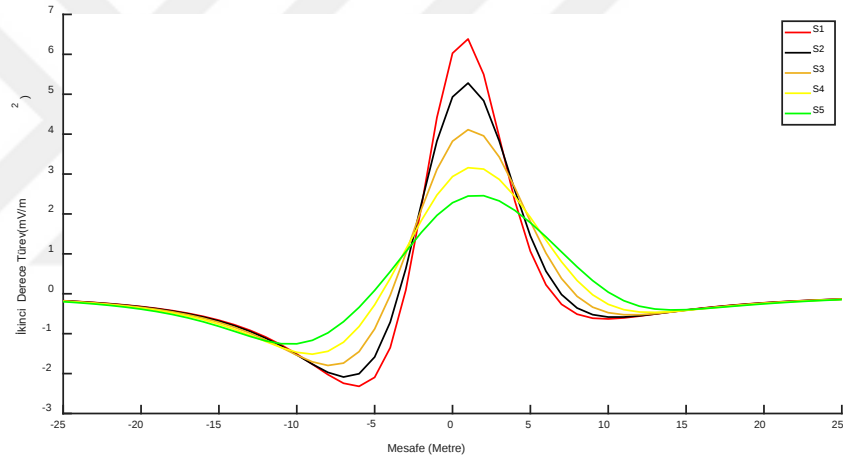
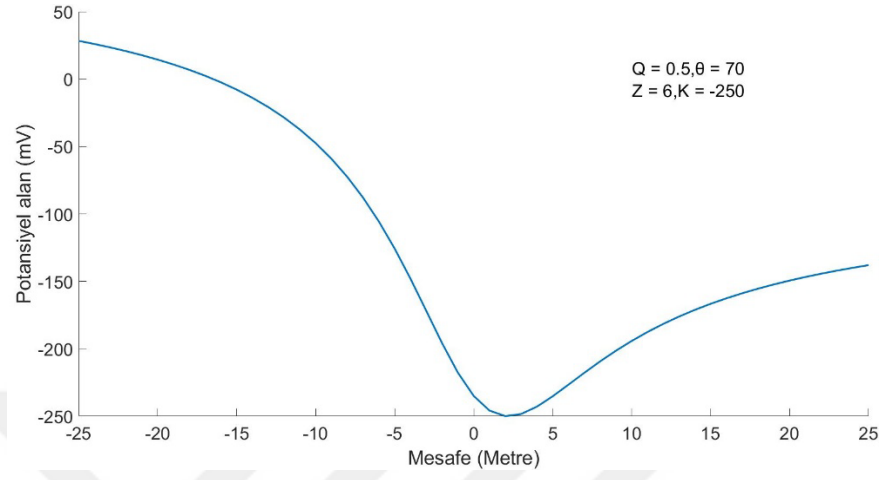
Şekil 4.3 Yatay silindir 3.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



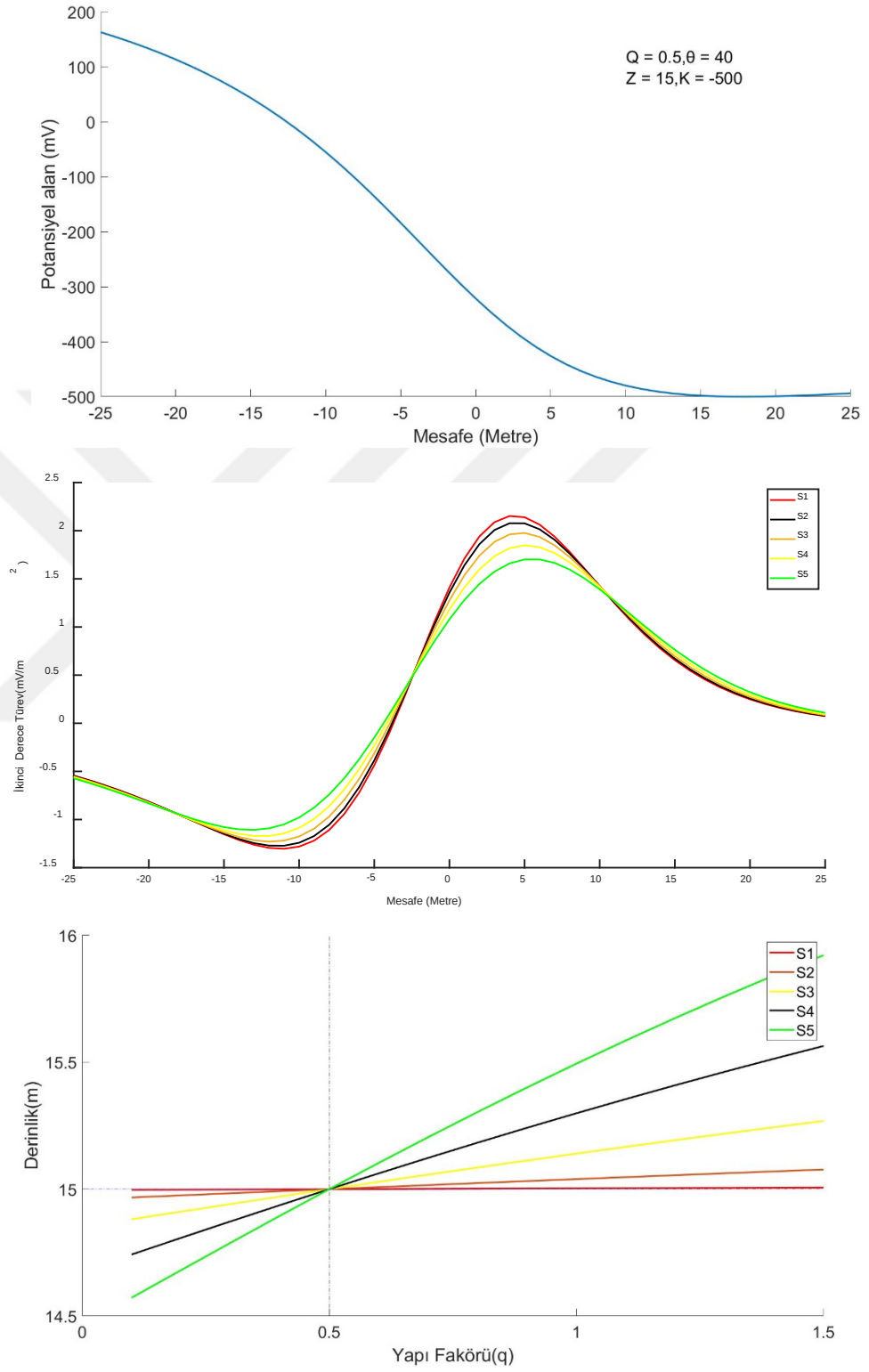
Şekil 4.4 Yatay silindir 4.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



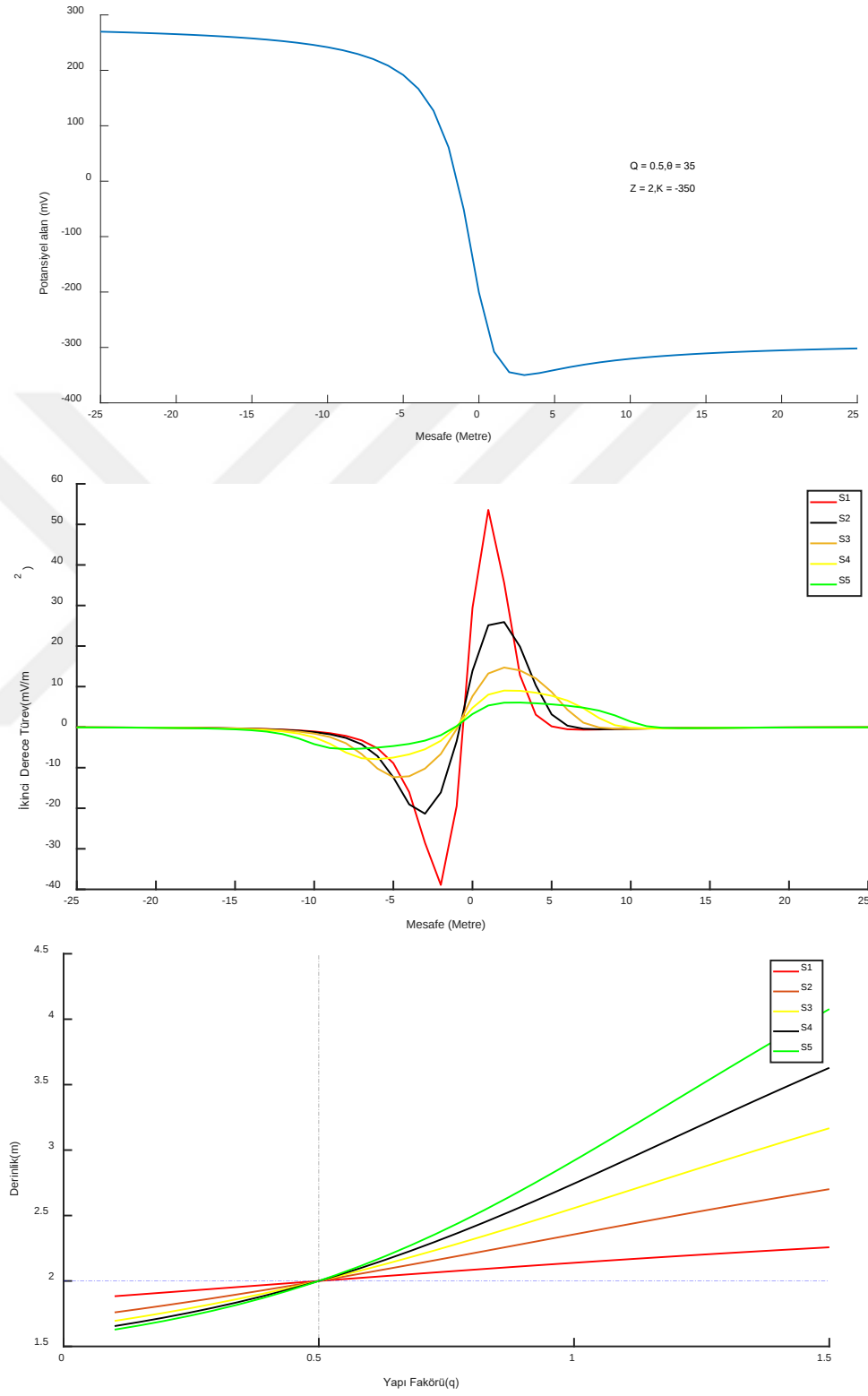
Şekil 4.5 Yatay silindir 5.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



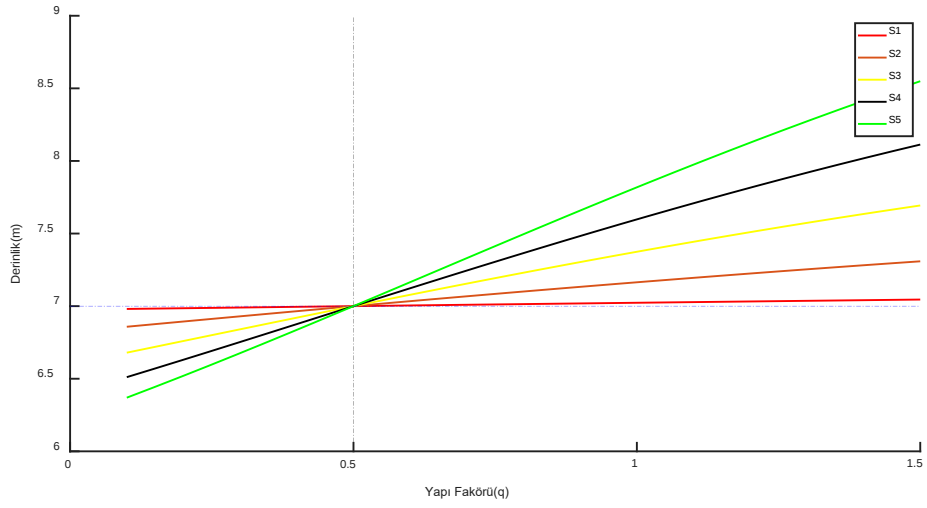
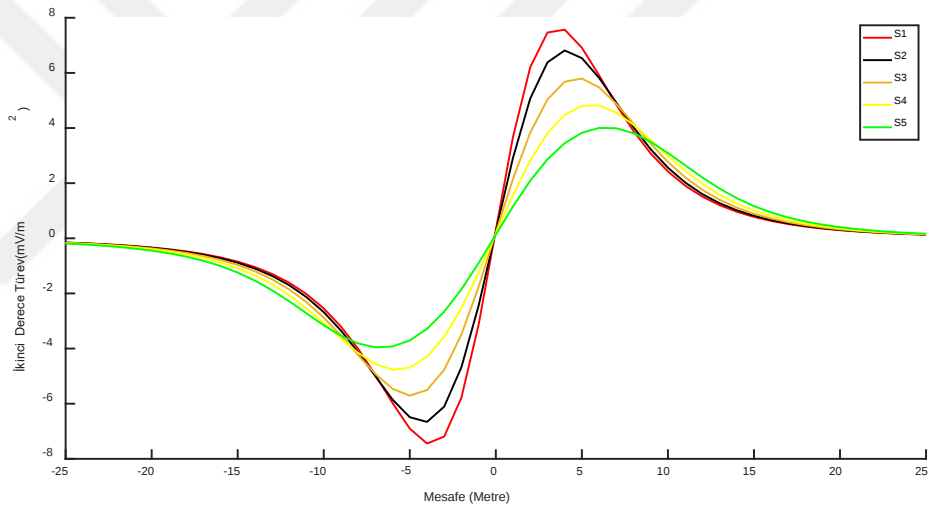
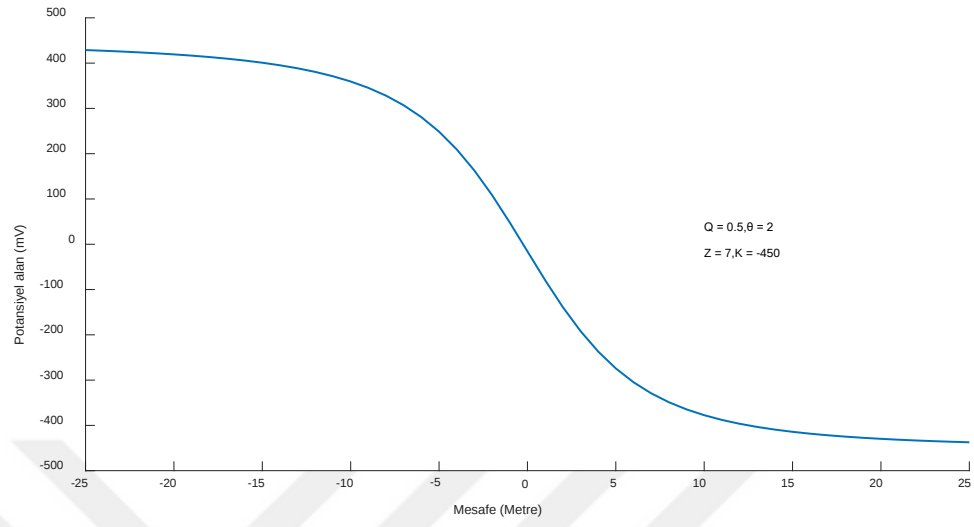
Şekil 4.6 Düşey silindir 1.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



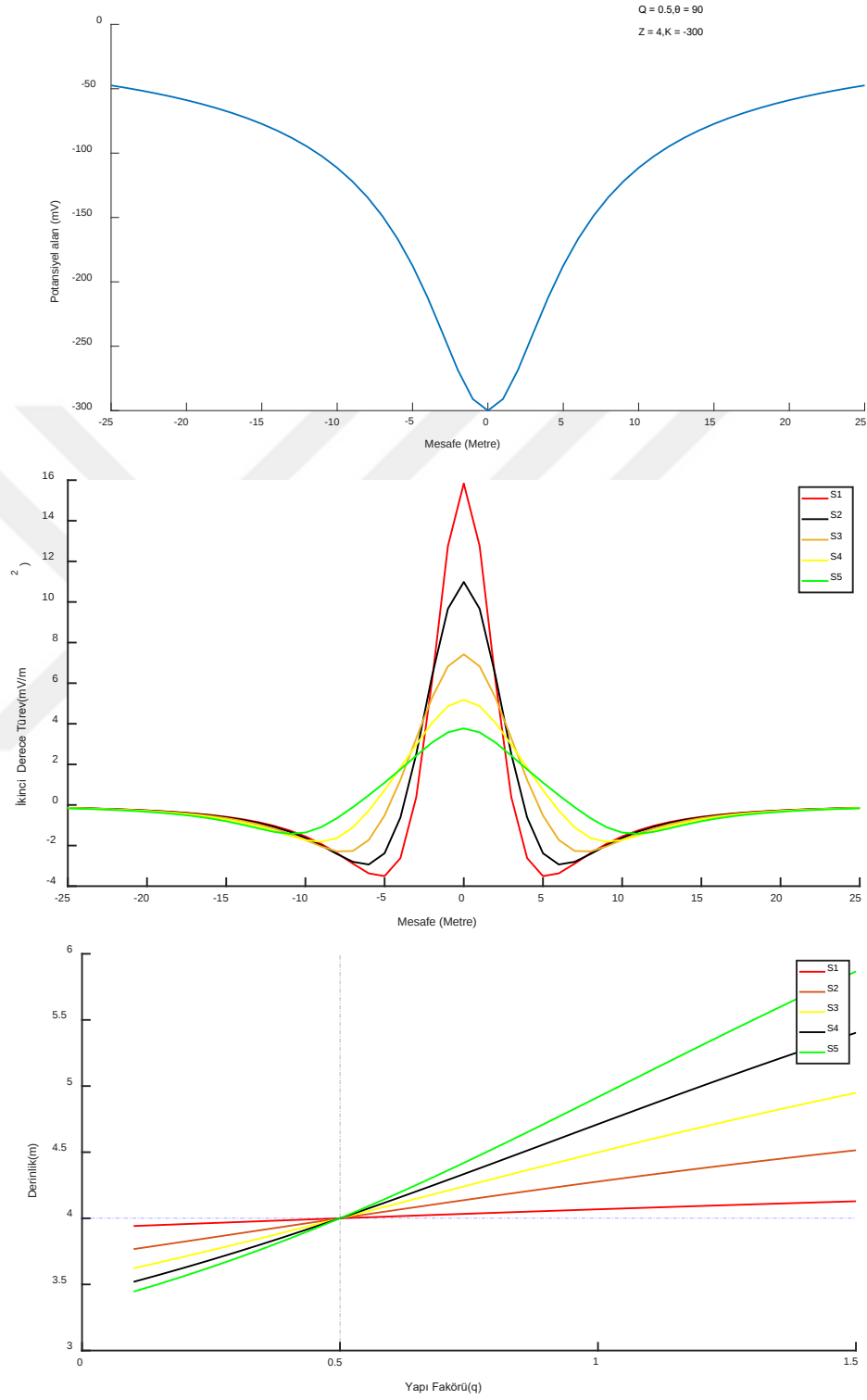
Şekil 4.7 Düşey silindir 2.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



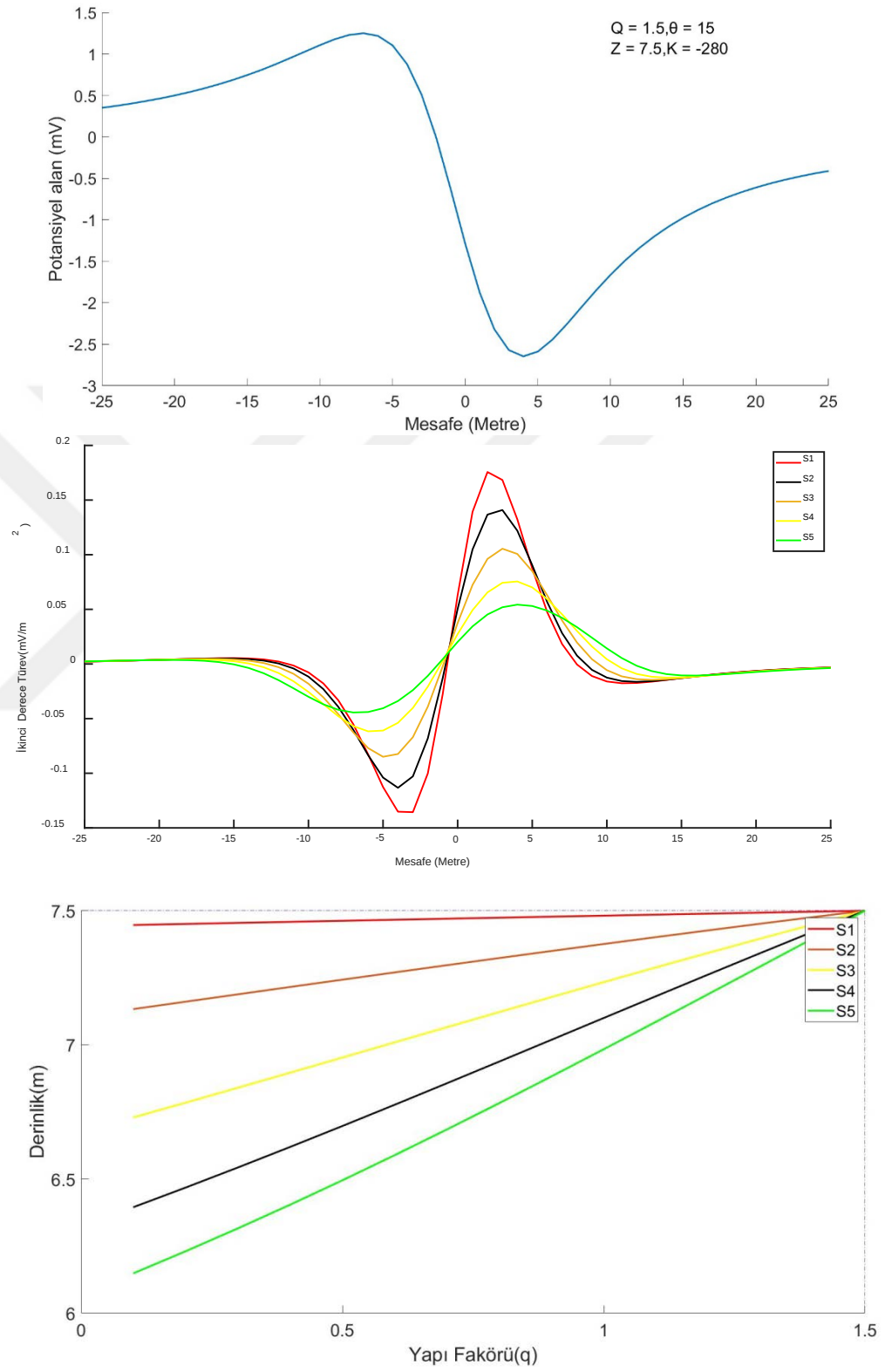
Şekil 4.8 Düşey silindir 3.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



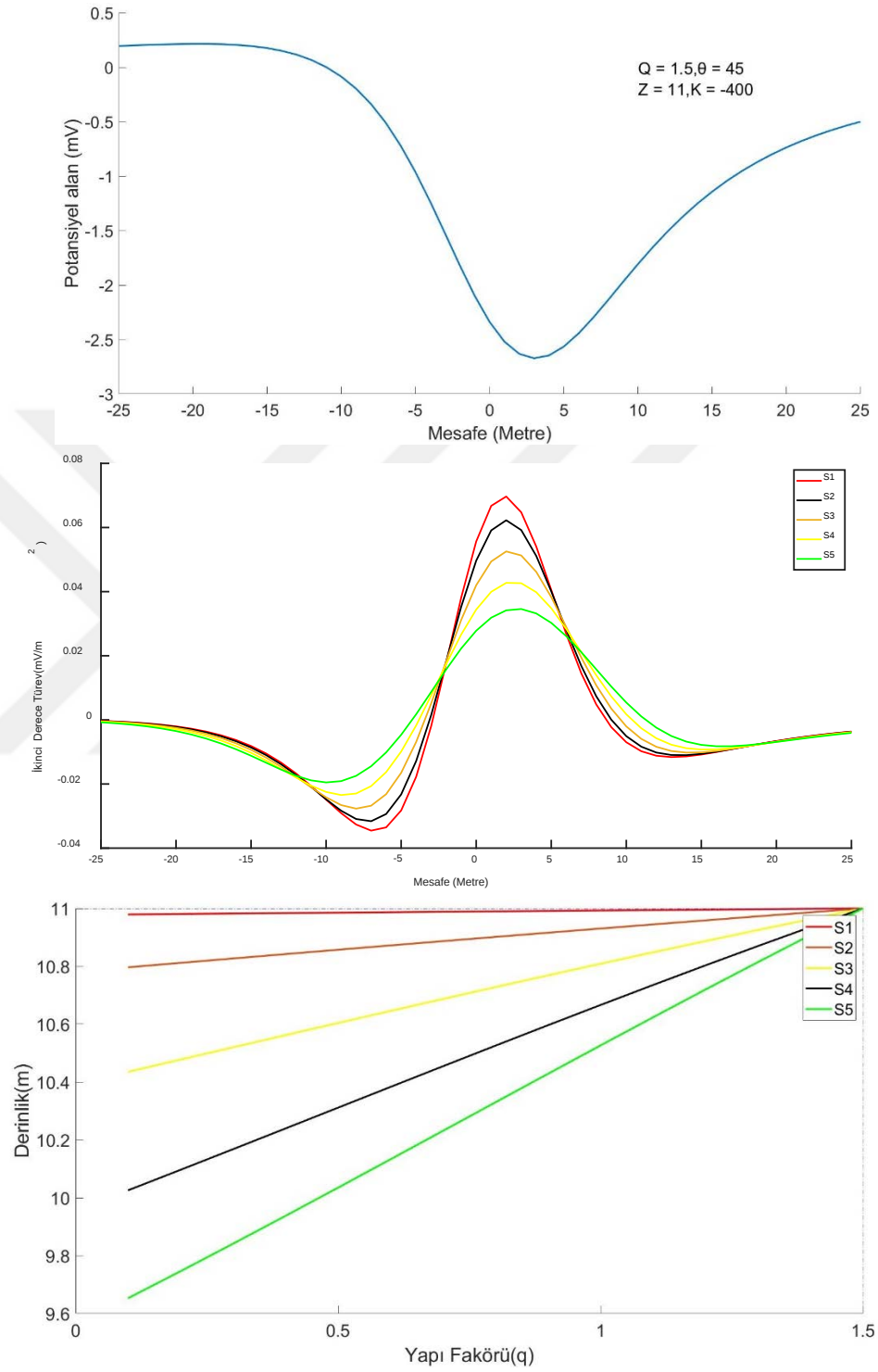
Şekil 4.9 Düşey silindir 4.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



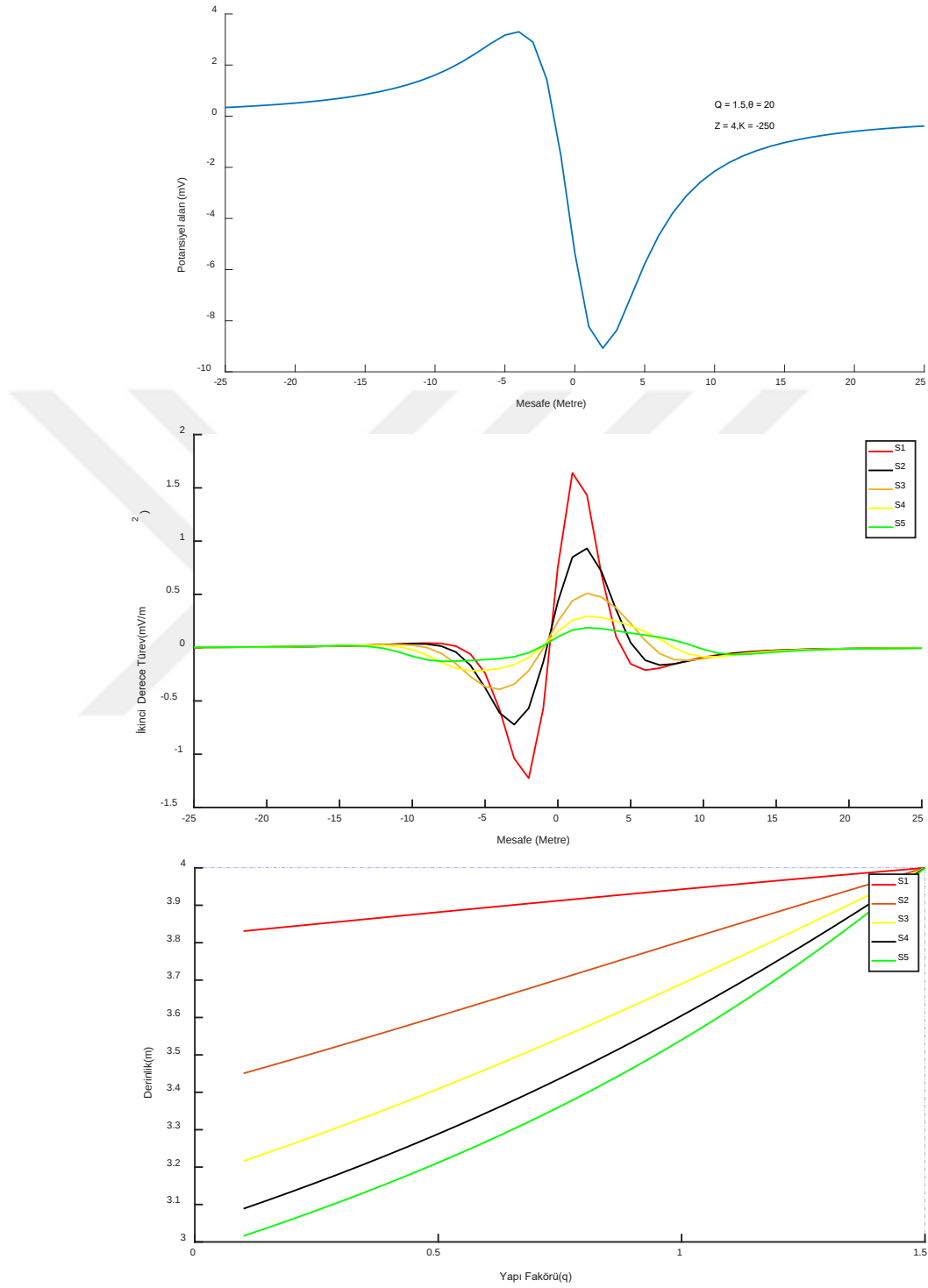
Şekil 4.10 Düşey silindir 5.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



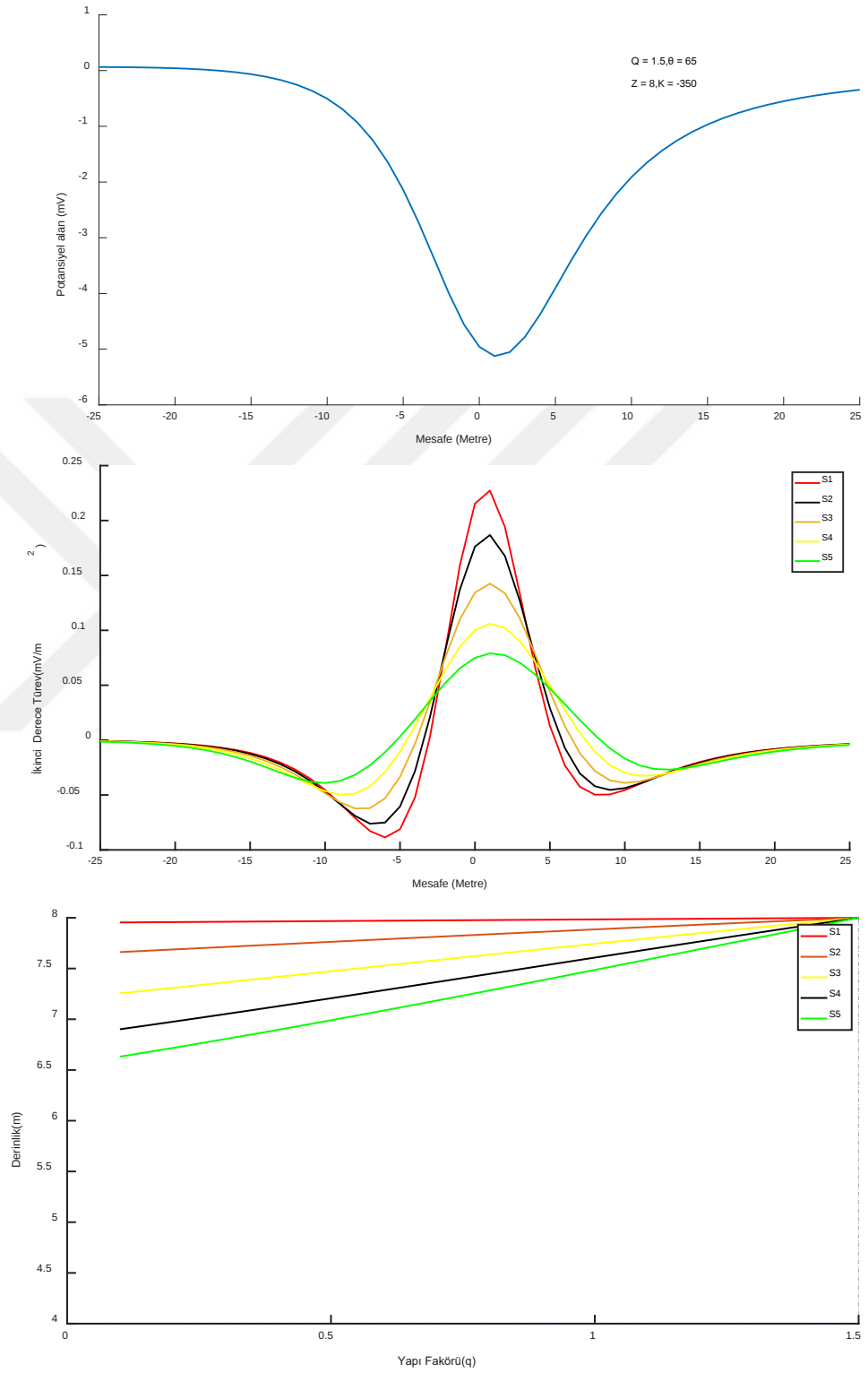
Şekil 4.11 Küre 1.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



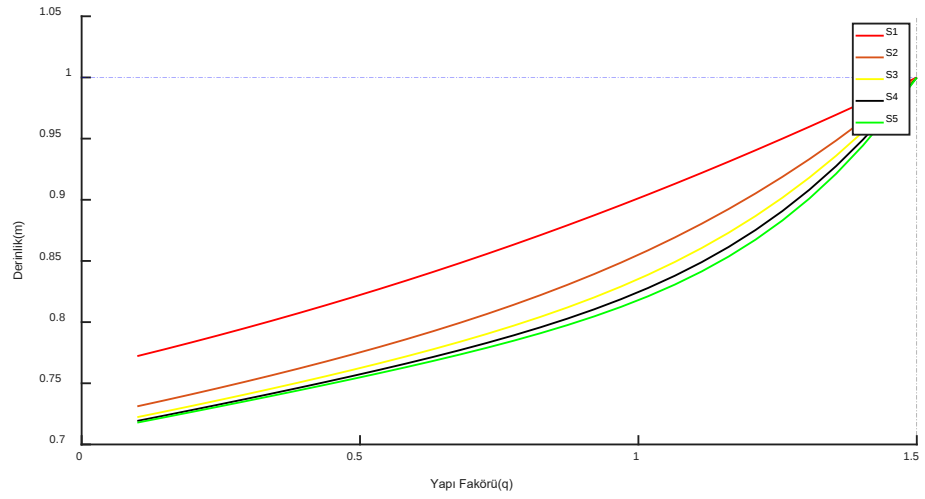
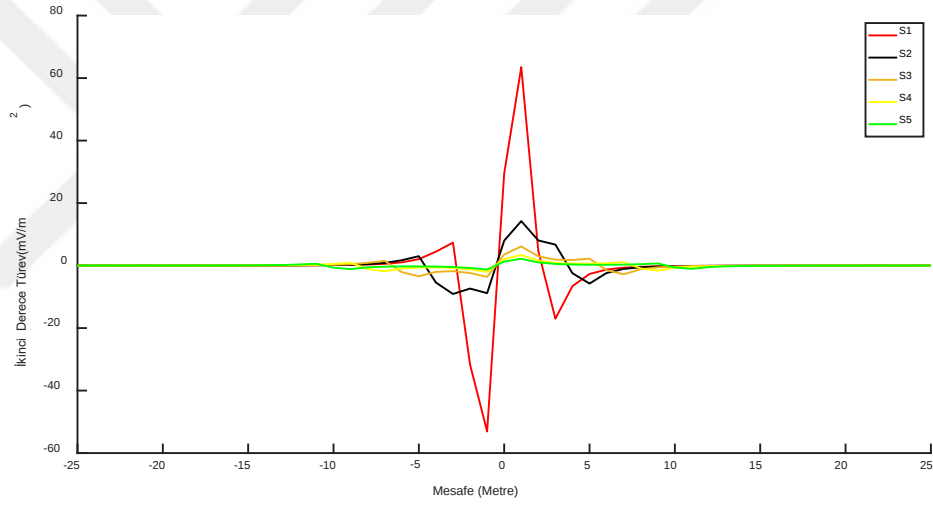
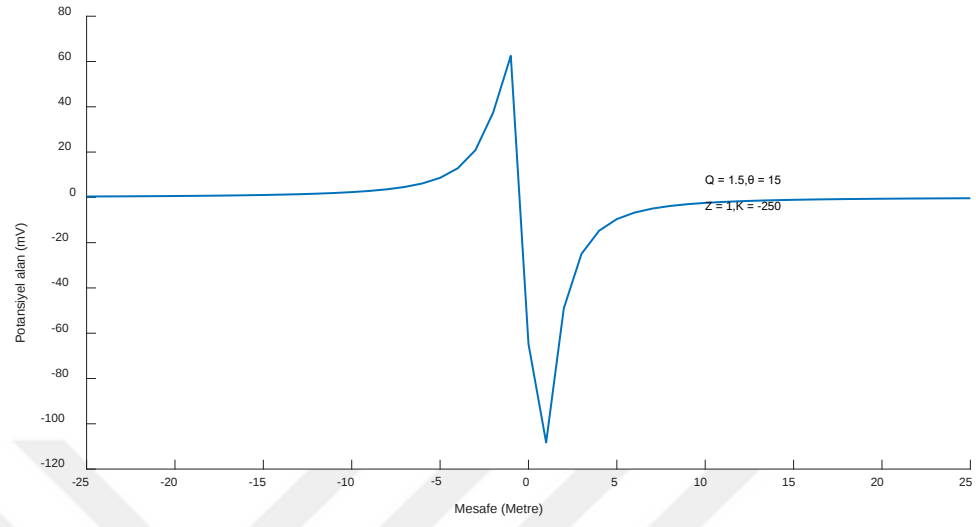
Şekil 4.12 Küre 2.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



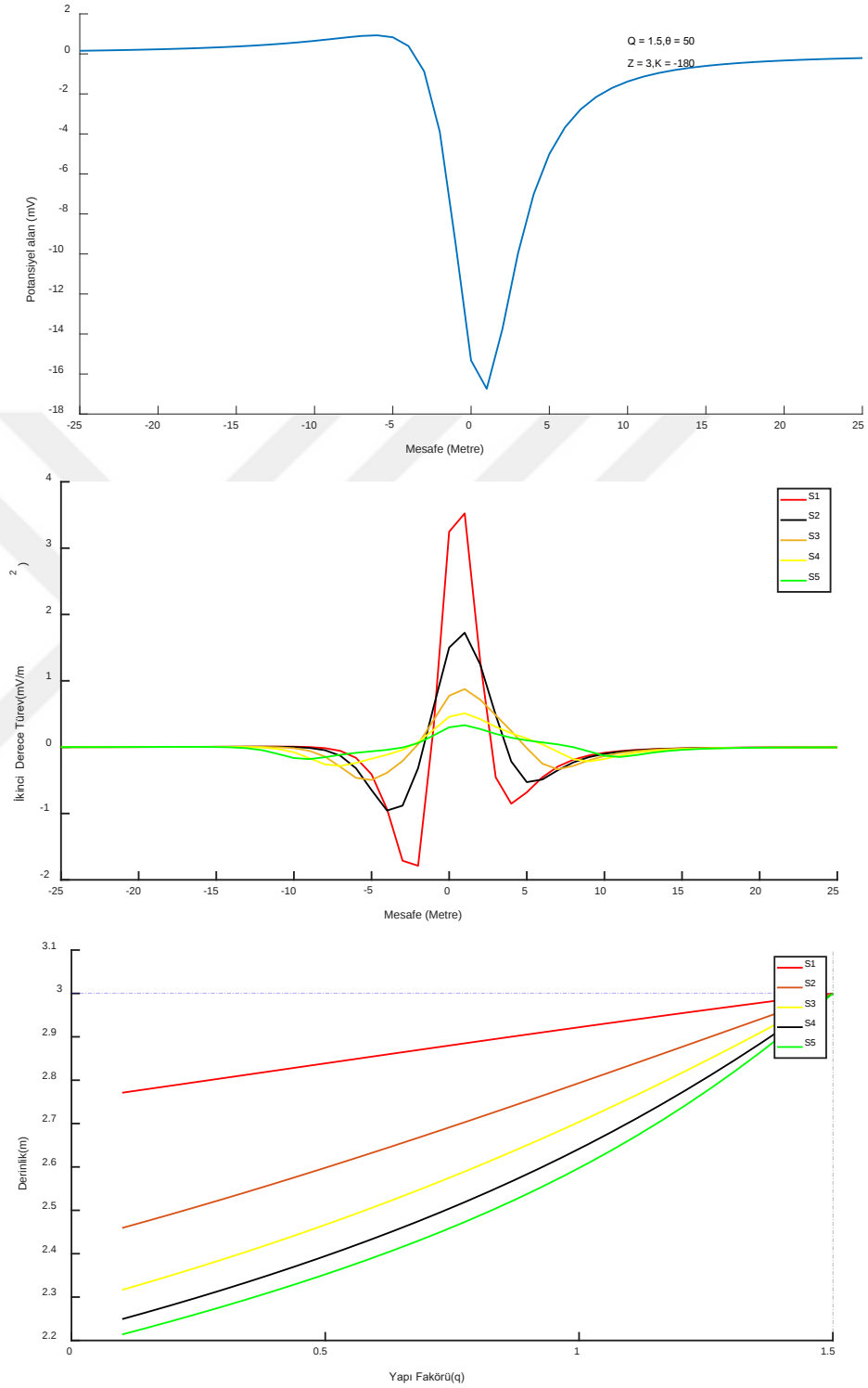
Şekil 4.13 Küre 3.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



Şekil 4.14 Küre 4.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



Şekil 4.15 Küre 5.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme

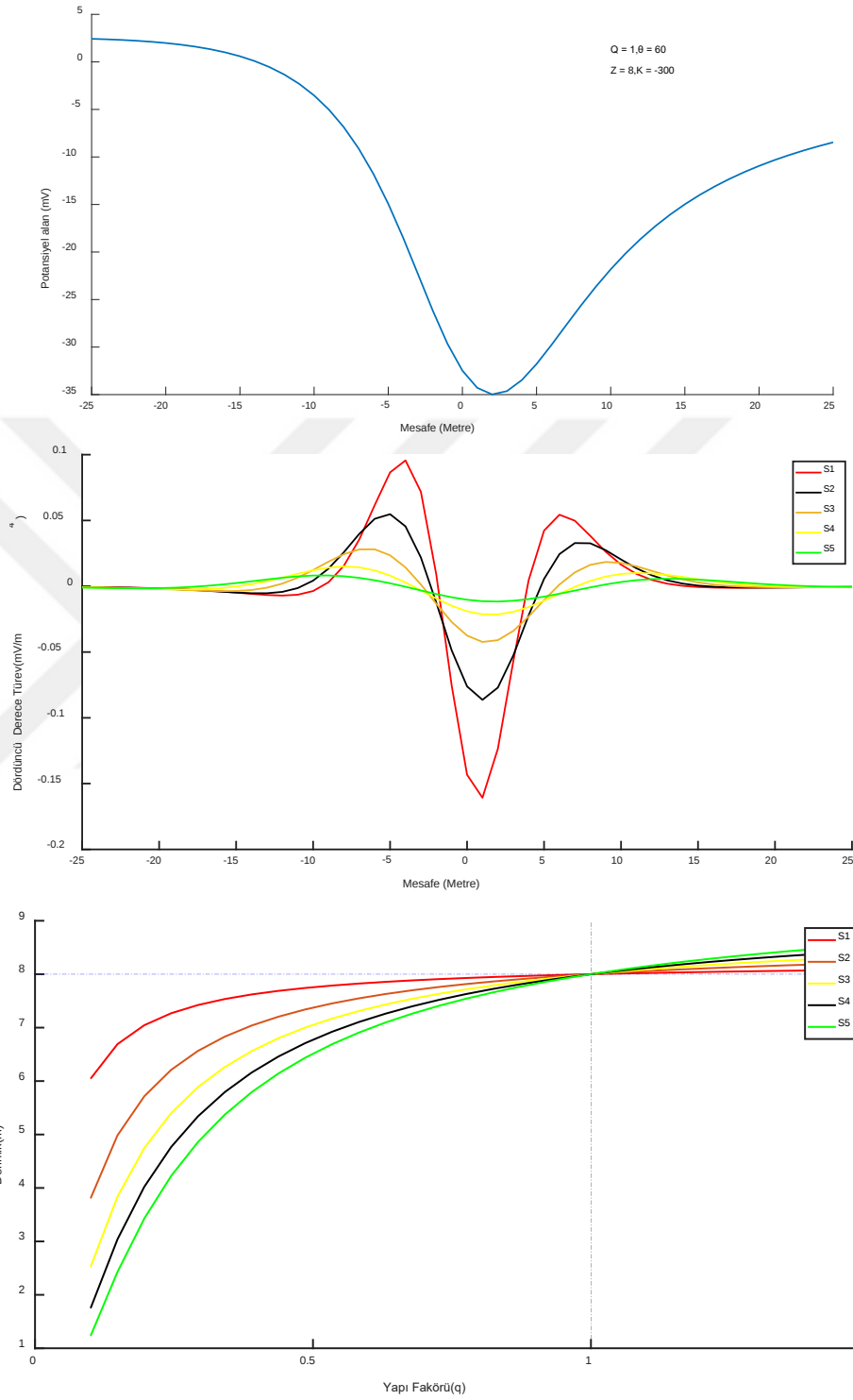


Şekil 4.16 Küre 6.model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme

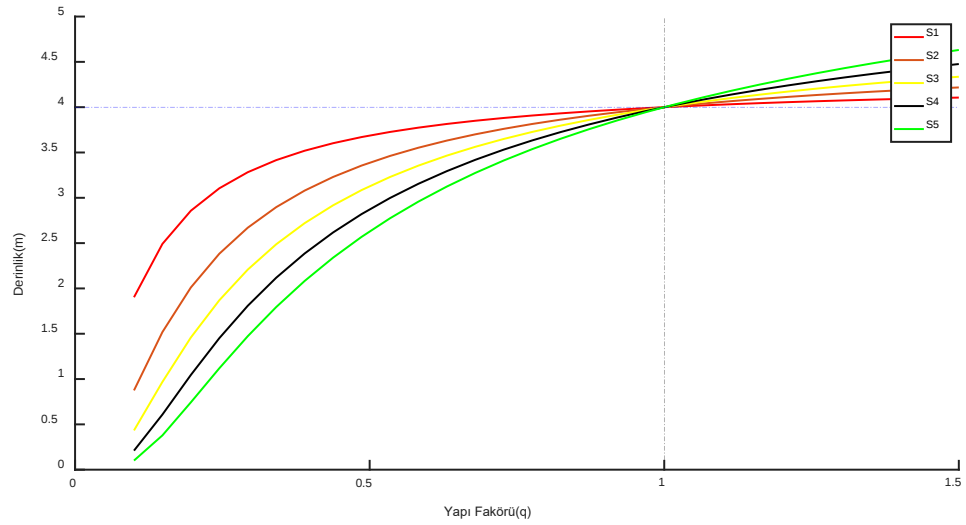
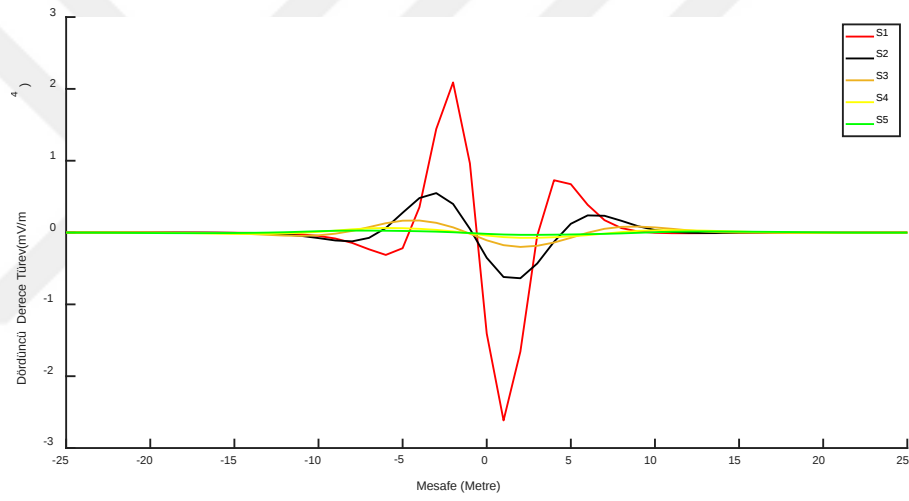
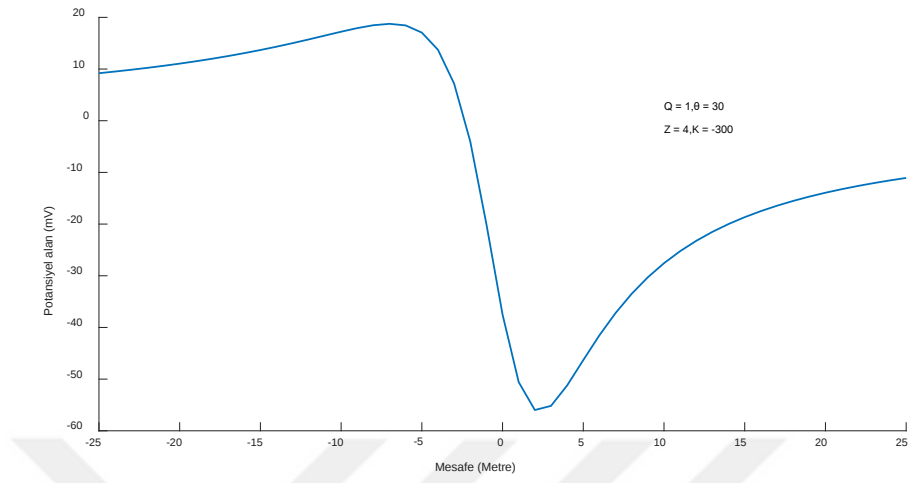
4.2 4. Türev Çözümü için Kuramsal Örnekler

Bu bölümde yapı parametreleri verilen küre ve yatay silindir model yapıları için hesaplanan SP anomalileri ikinci türev çözümü için kullanılan yöntem benzer olarak farklı (s) pencere değerleri için dördüncü türevleri belirlenmiş ve grafiklenmiştir. İkinci türev anomali değerlerine uygulanan yöntem benzer şekilde dördüncü türev anomalilerine de uygulanarak z-q grafikleri oluşturulmuştur. Eğrilerin kesişim noktasının yatay ve düşey eksenlerdeki kesim noktaları ile model yapının yapı derinliği (z) ve yapı biçimi (q) değerleri saptanmıştır. Bu şekillerde küre, yatay silindir ve düşey silindir modellerine ilişkin SP anomalisi, (s) pencere değerleri için dördüncü türev ve z-q grafikleri sırasıyla verilmiştir.

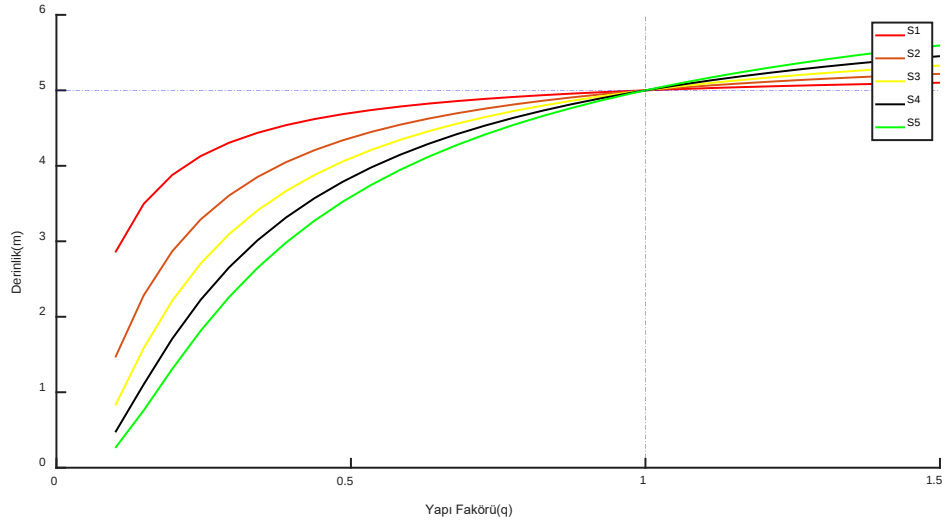
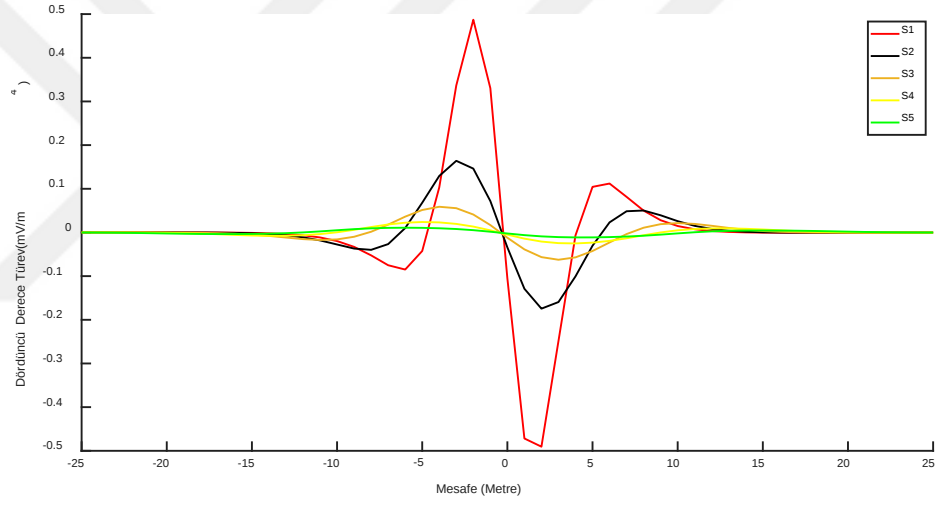
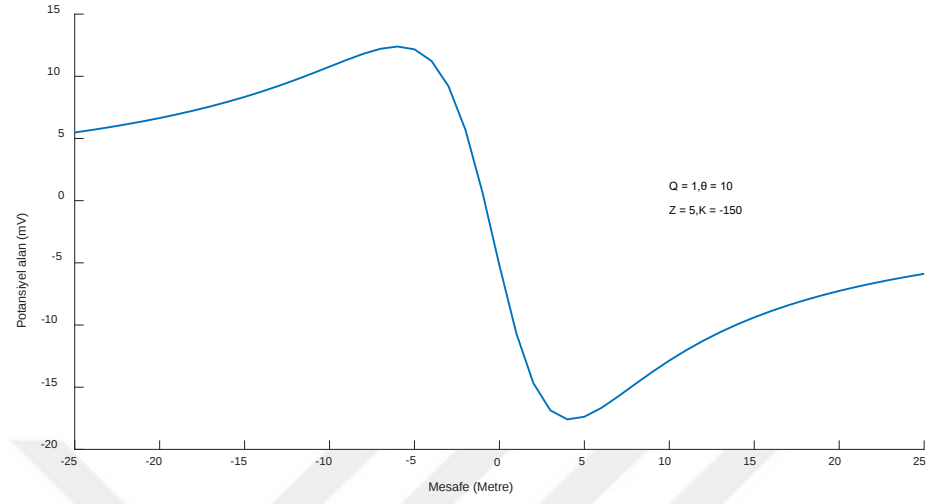
Şekillerdeki z-q grafiklerinden elde edilen yapı derinliği (z) ve yapı biçimi (q) değerleri model yapı parametreleri ile uyumlu olarak saptanmıştır.



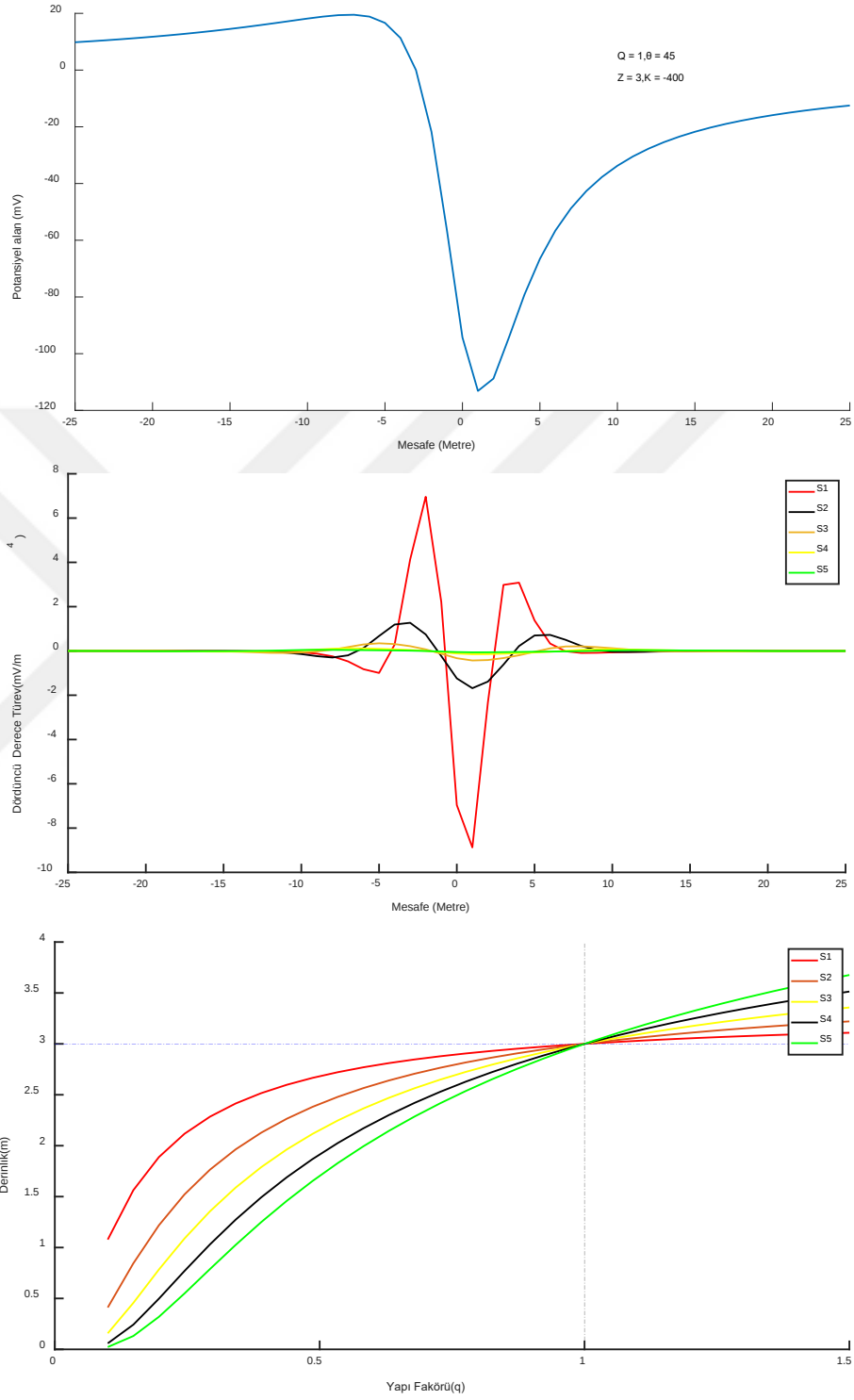
Şekil 4.17 Yatay silindir 1.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



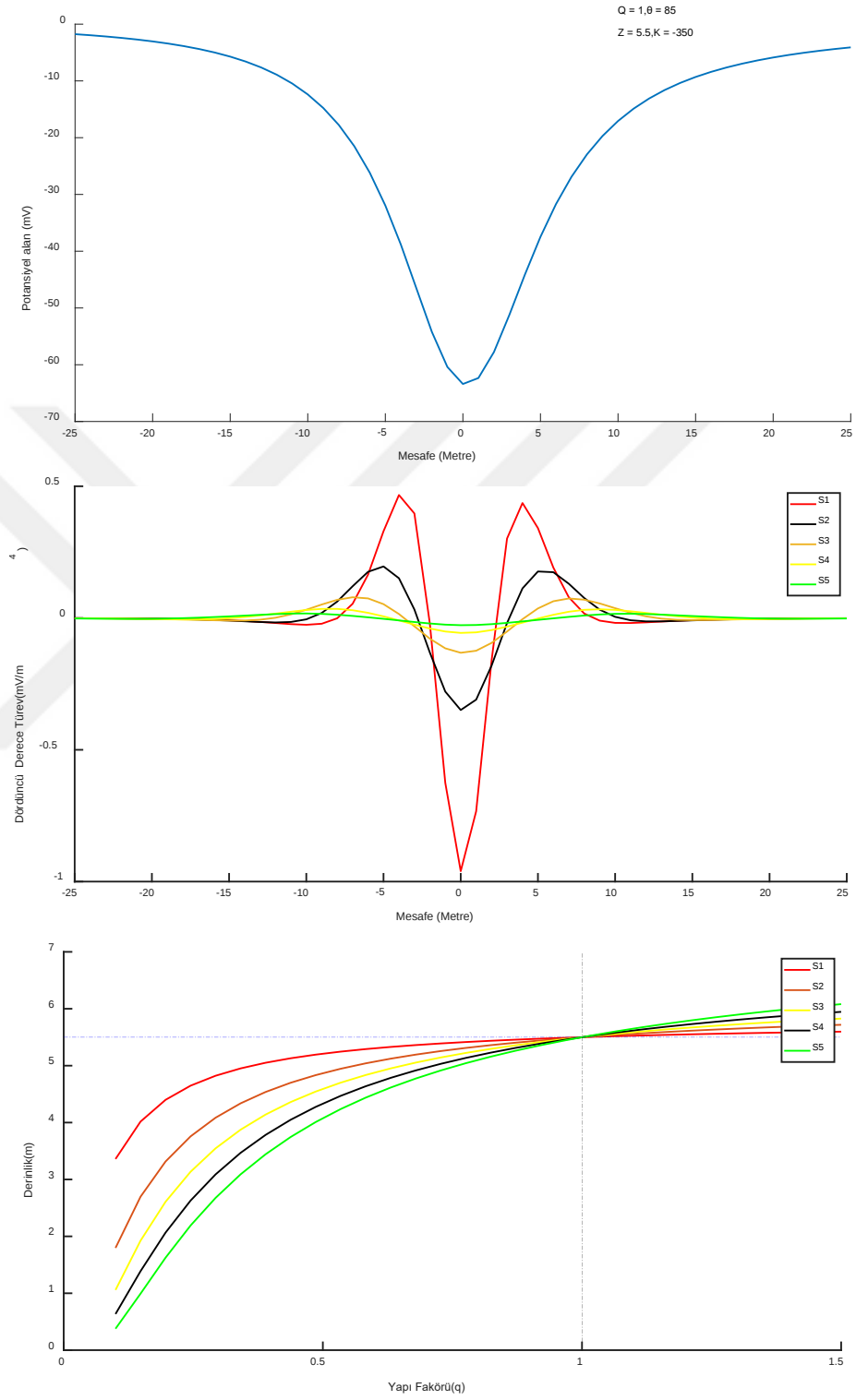
Şekil 4.18 Yatay silindir 2.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



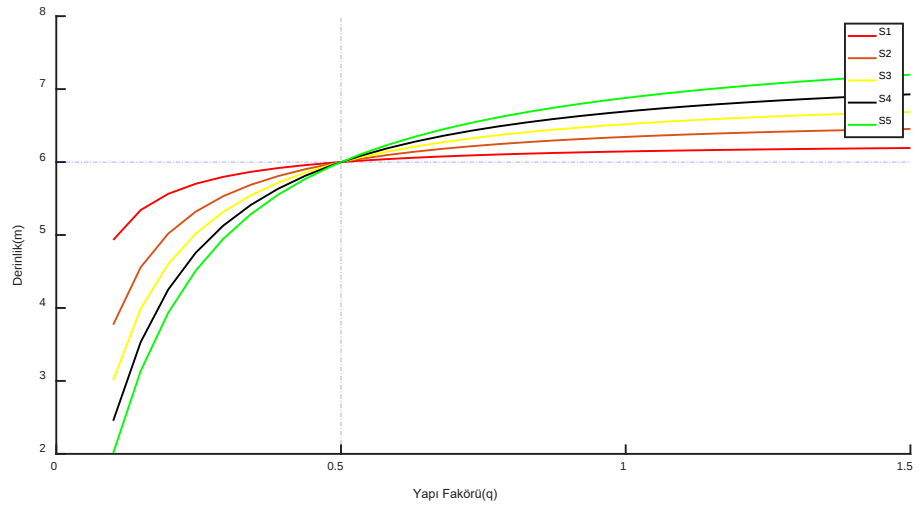
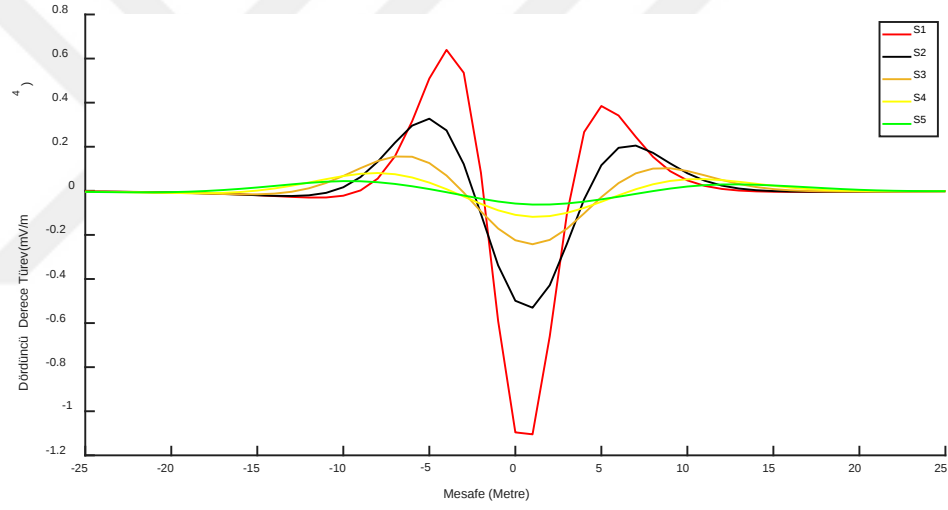
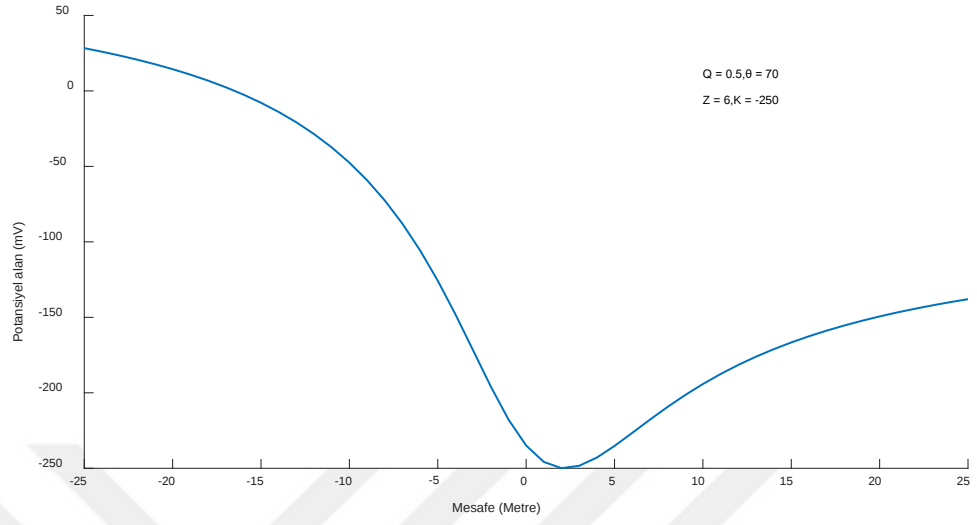
Şekil 4.19 Yatay silindir 3.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



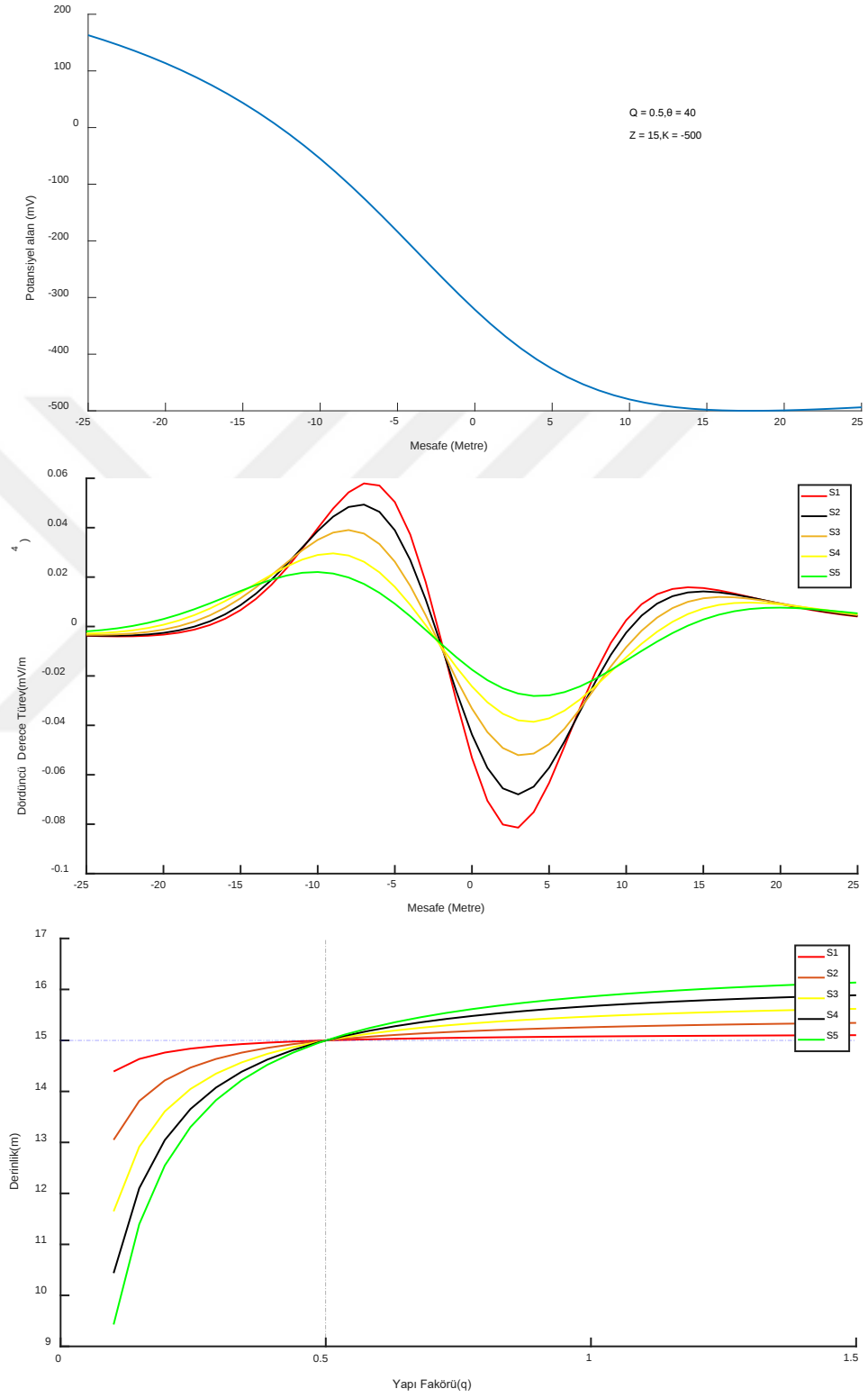
Şekil 4.20 Yatay silindir 4.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



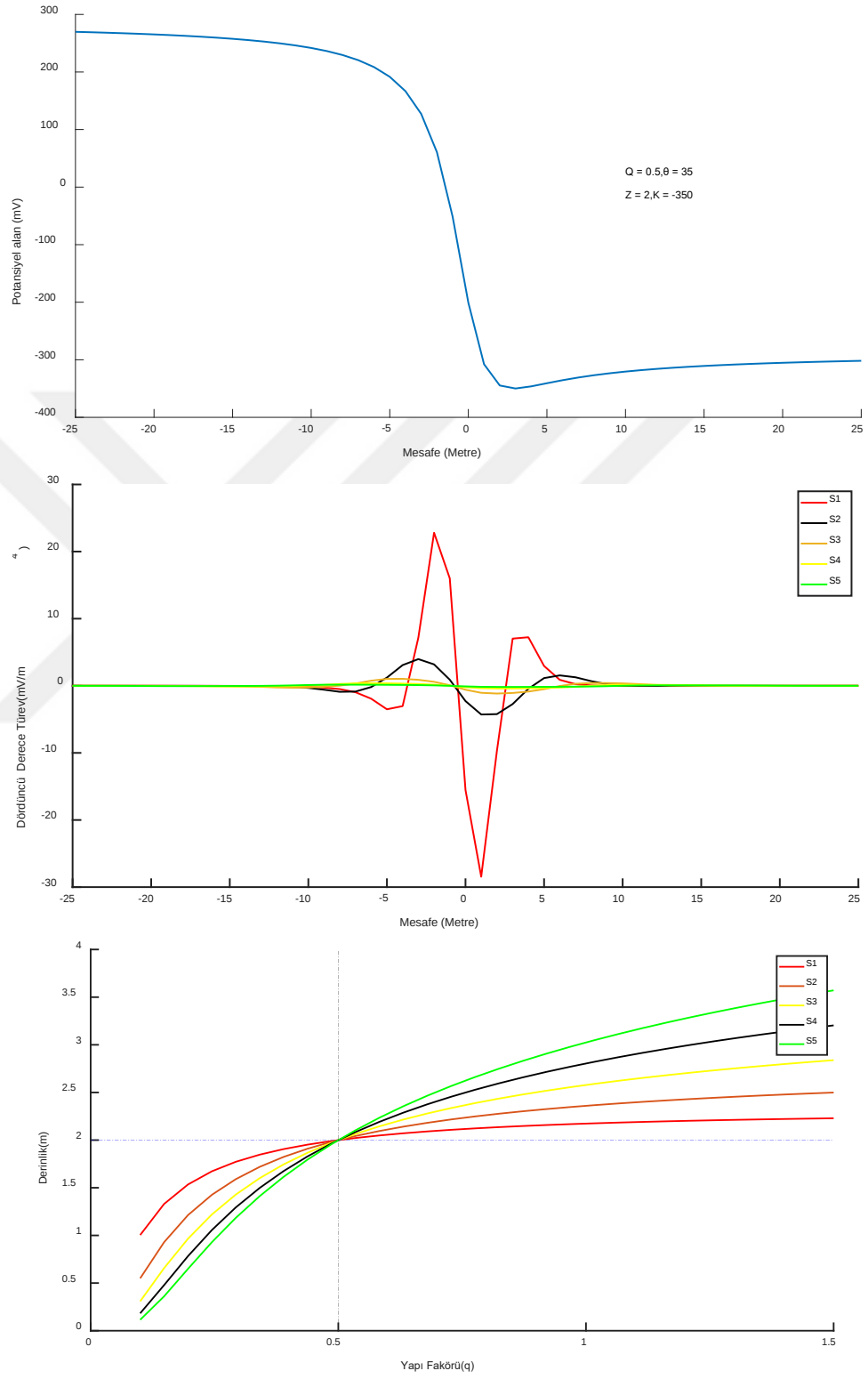
Şekil 4.21 Yatay silindir 5.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



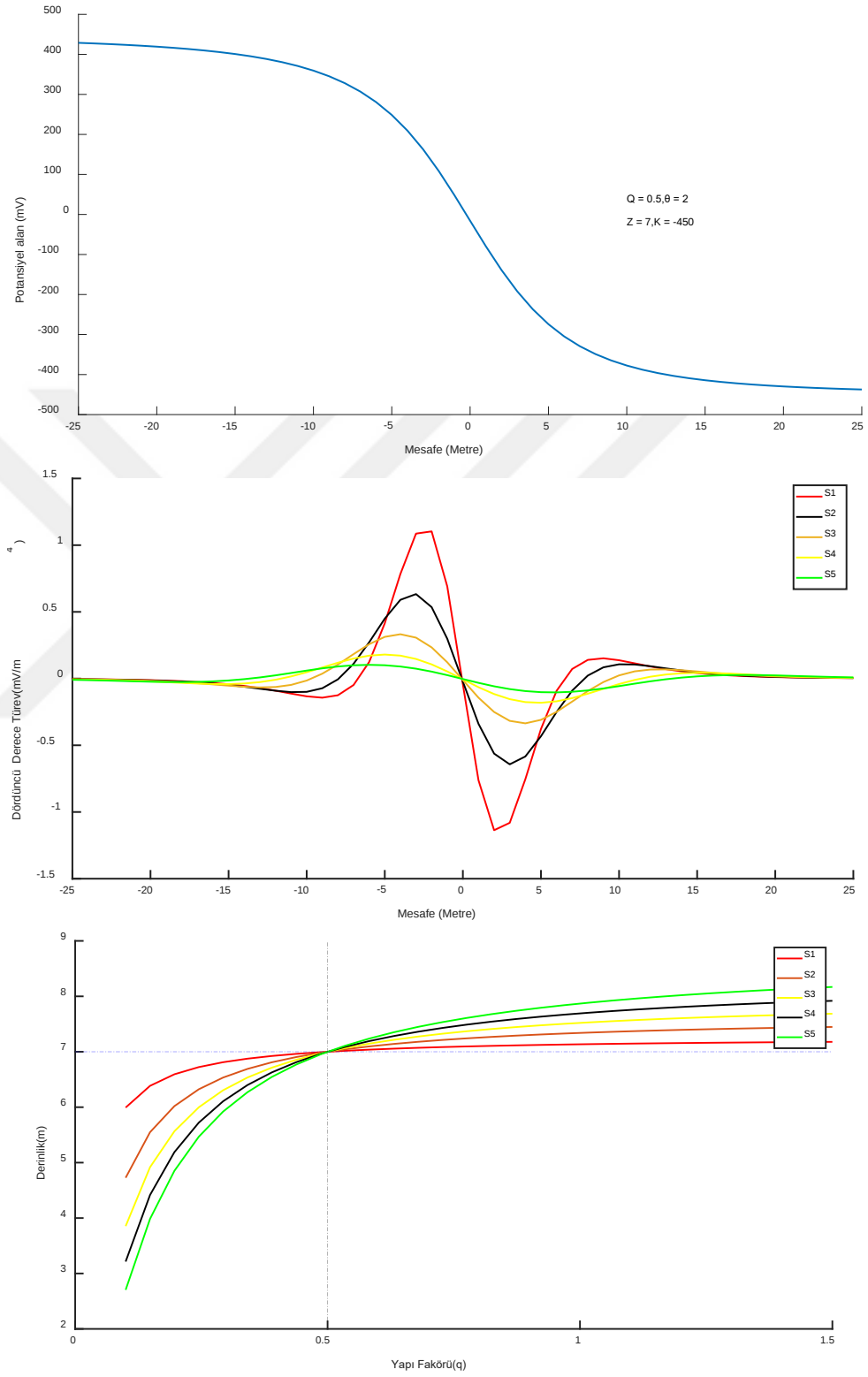
Şekil 4.22 Düşey silindir 1.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



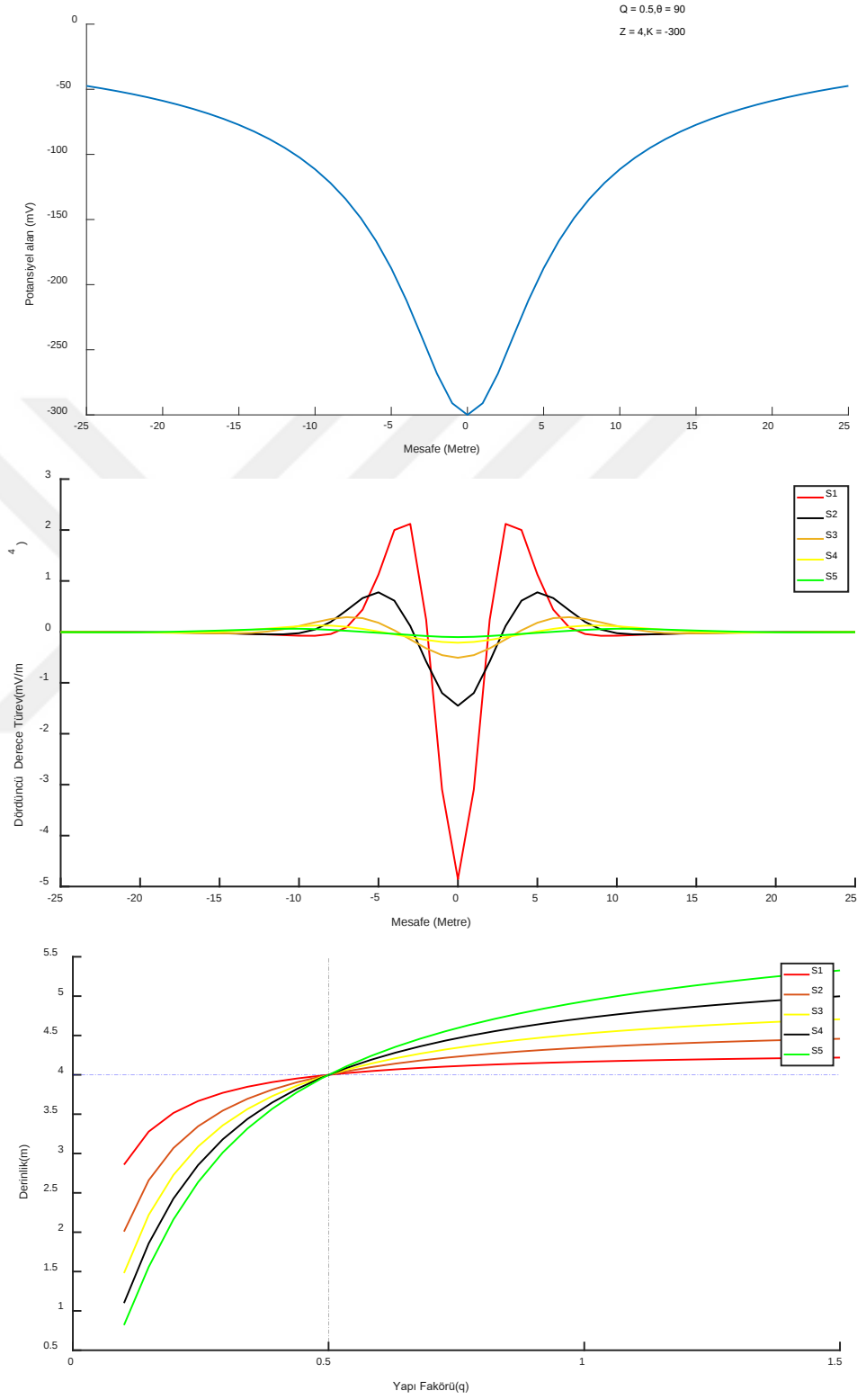
Şekil 4.23 Düşey silindir 2.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



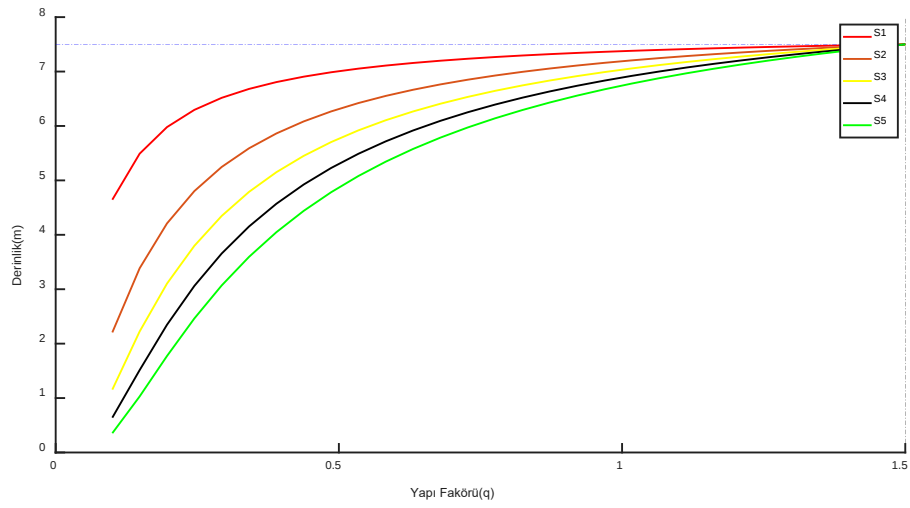
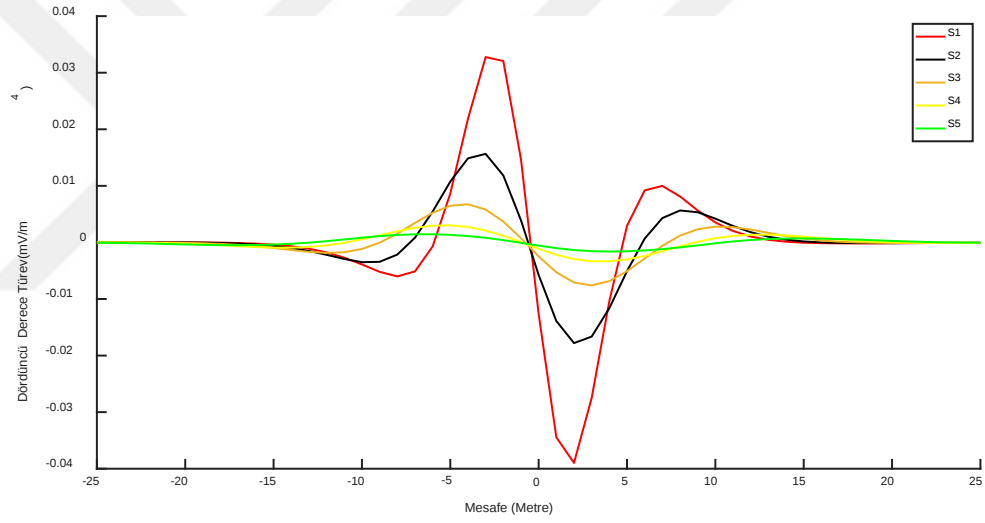
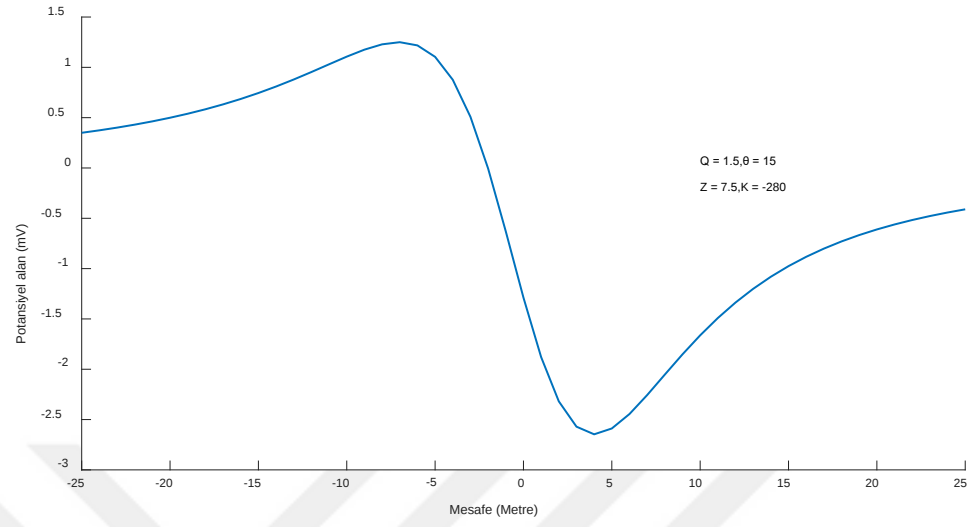
Şekil 4.24 Düşey silindir 3.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



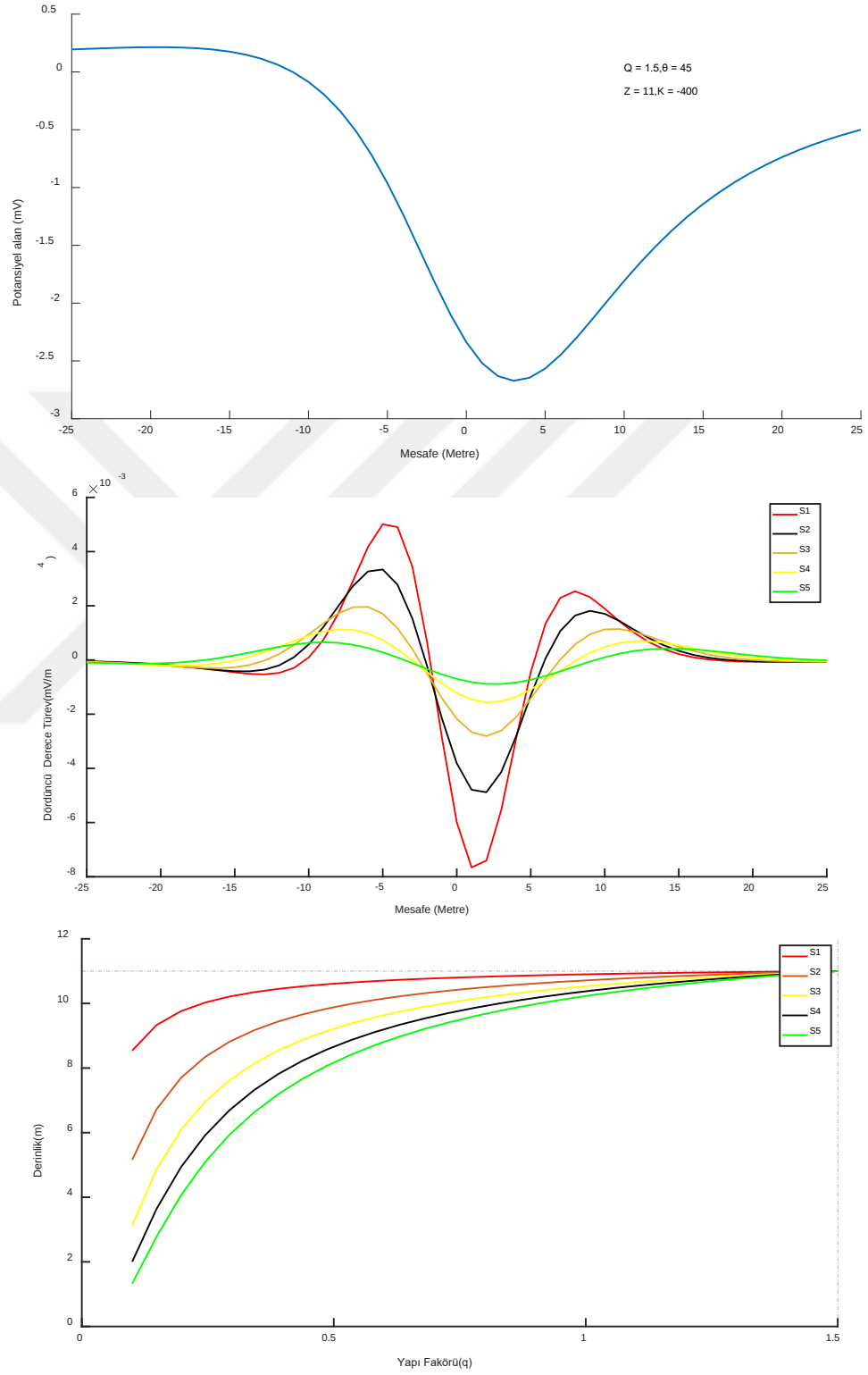
Şekil 4.25 Düşey silindir 4.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



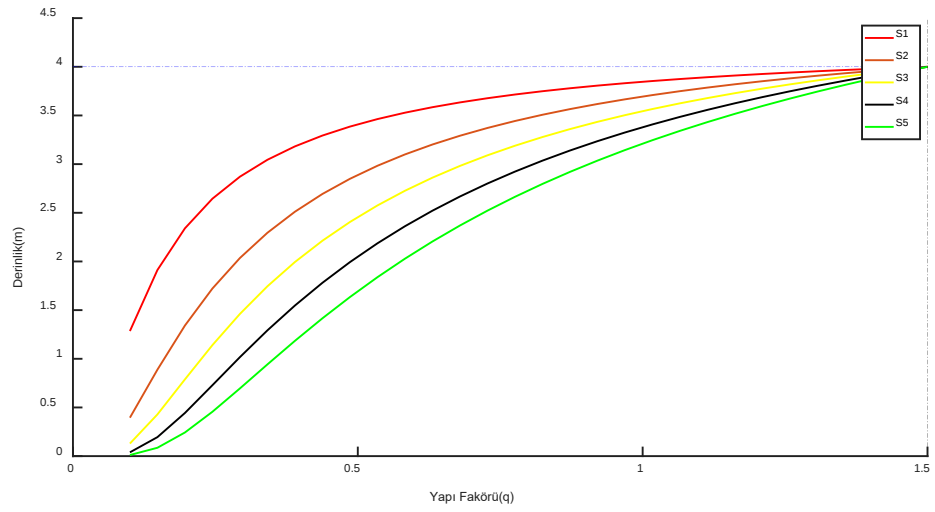
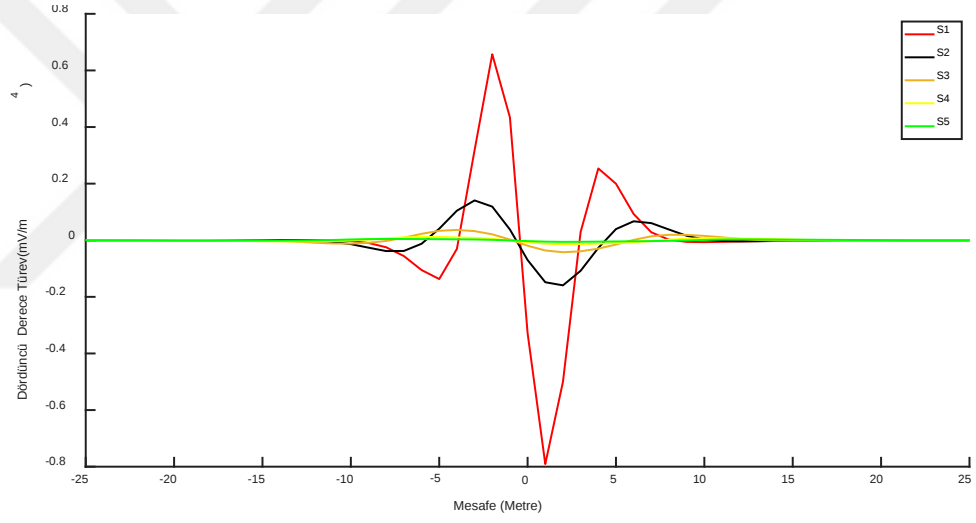
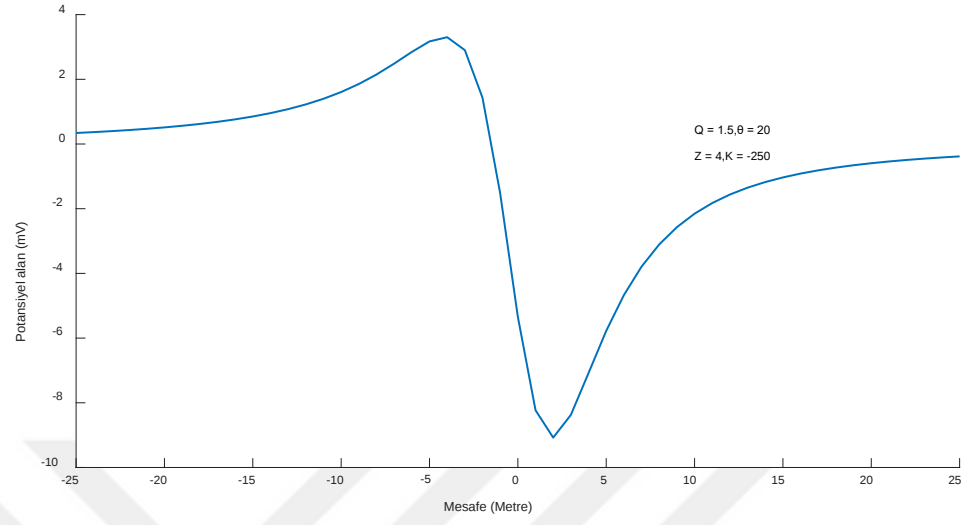
Şekil 4.26 Düşey silindir 5.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



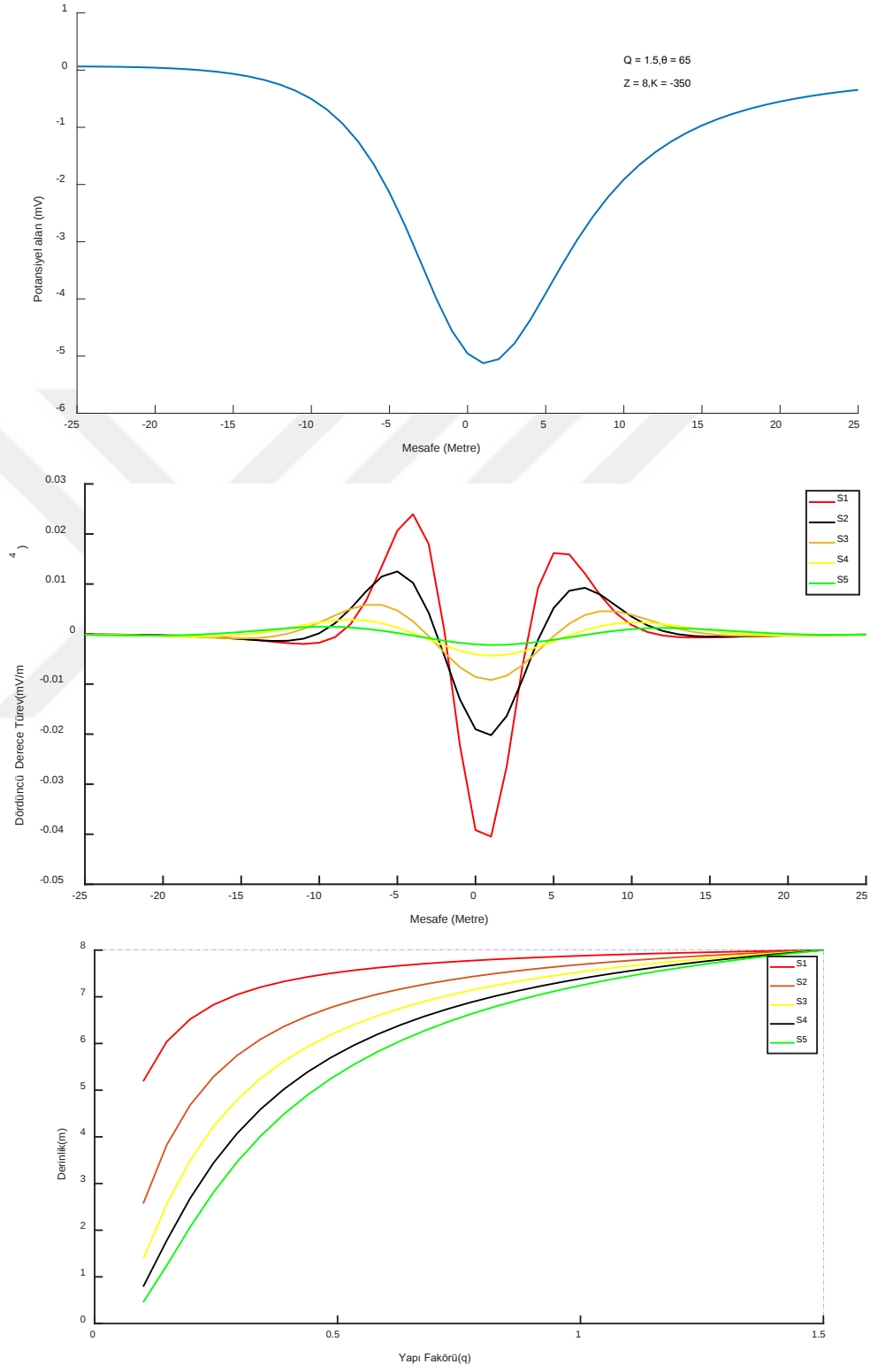
Şekil 4.27 Küre 1.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



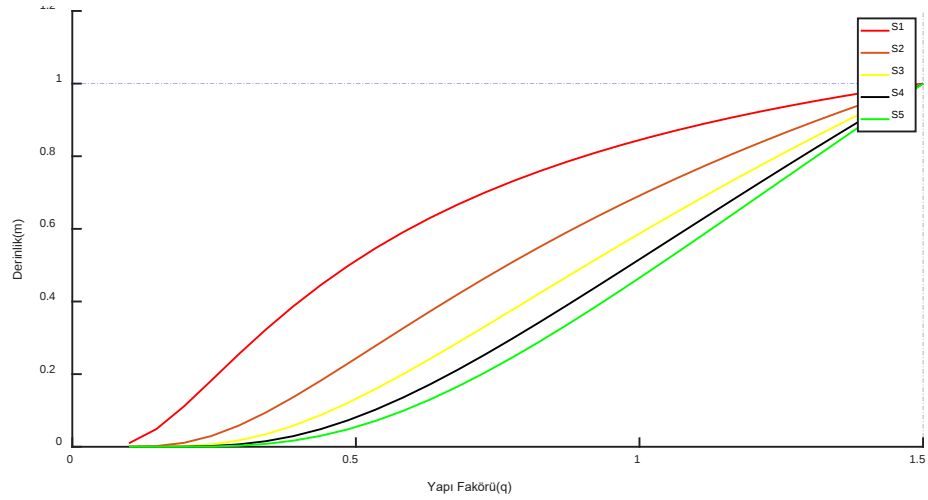
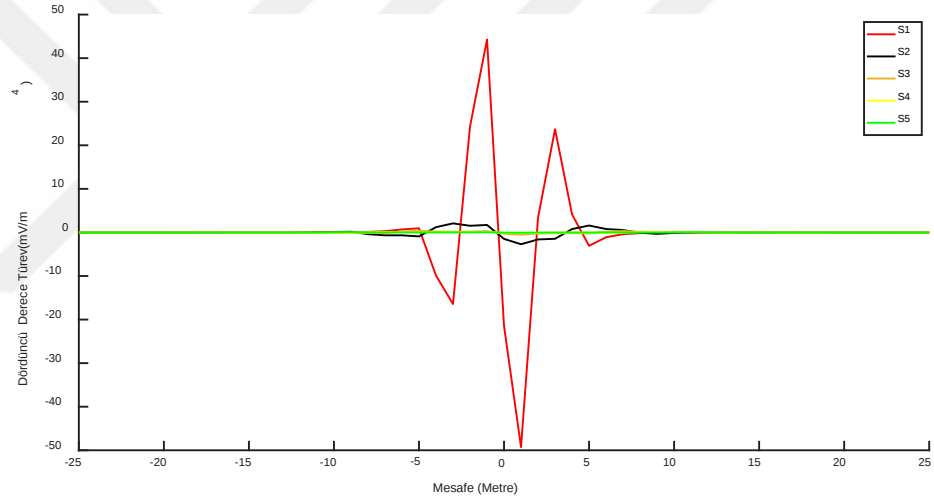
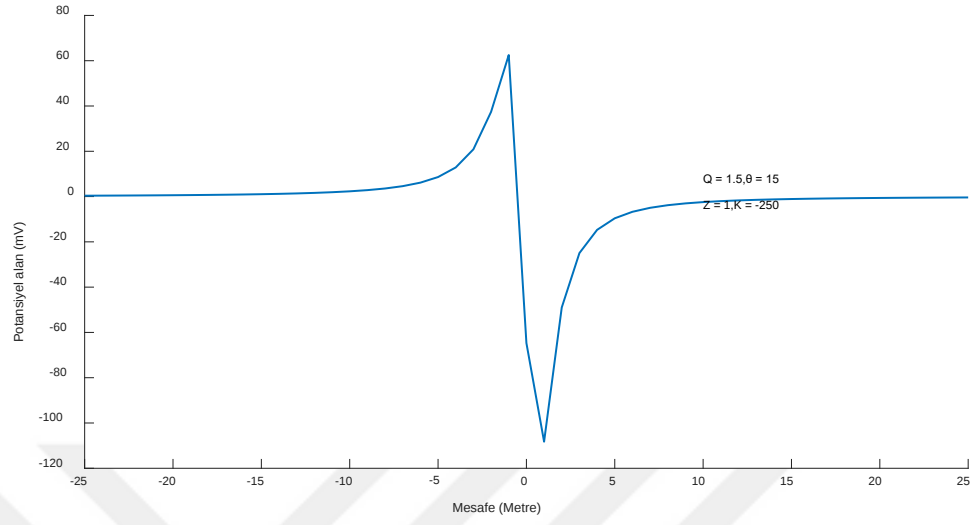
Şekil 4.28 Küre 2.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



Şekil 4.29 Küre 3.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme



Şekil 4.30 Küre 4.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme

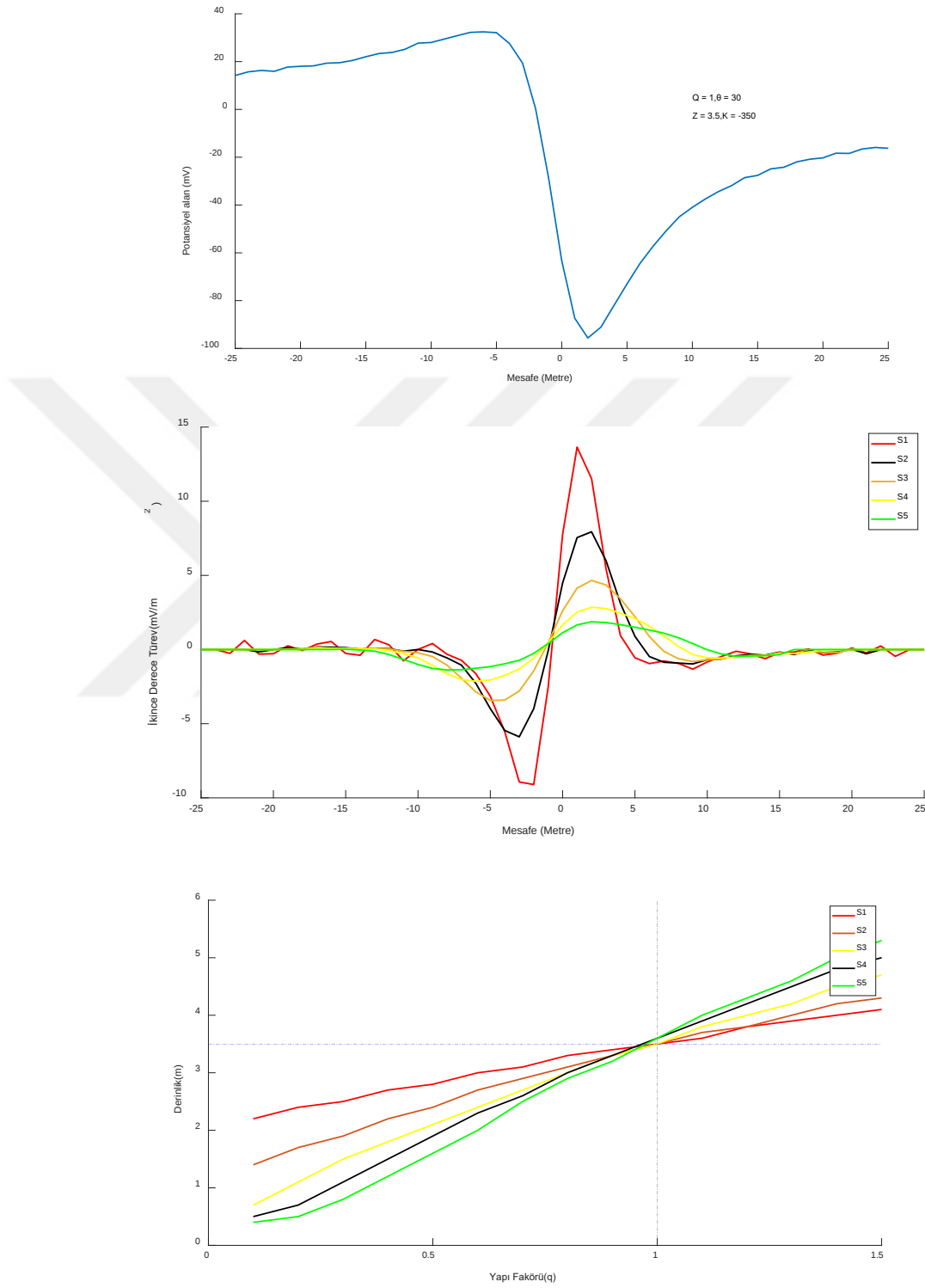


Şekil 4.31 Küre 5.model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme

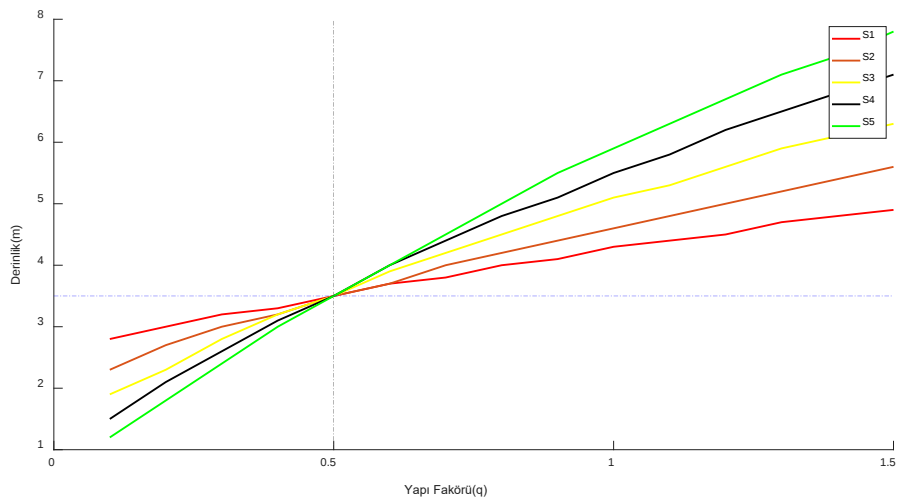
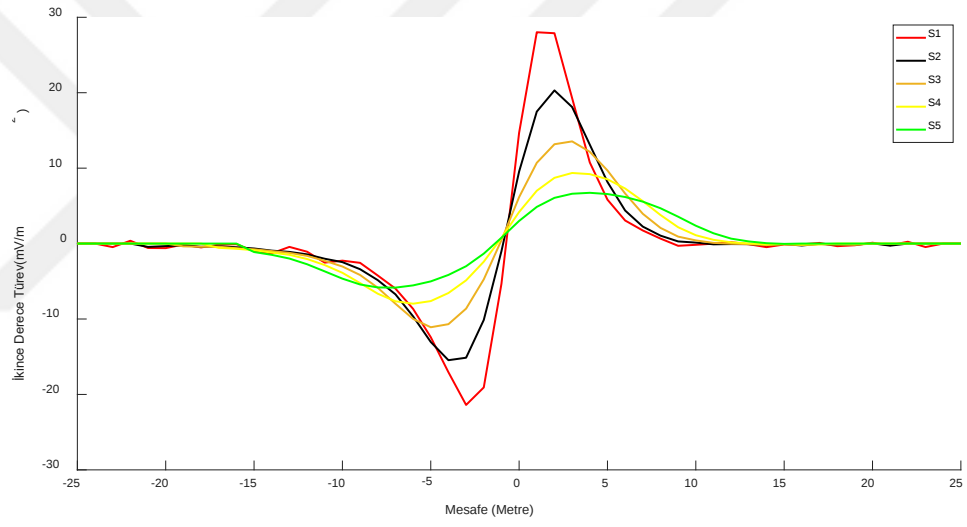
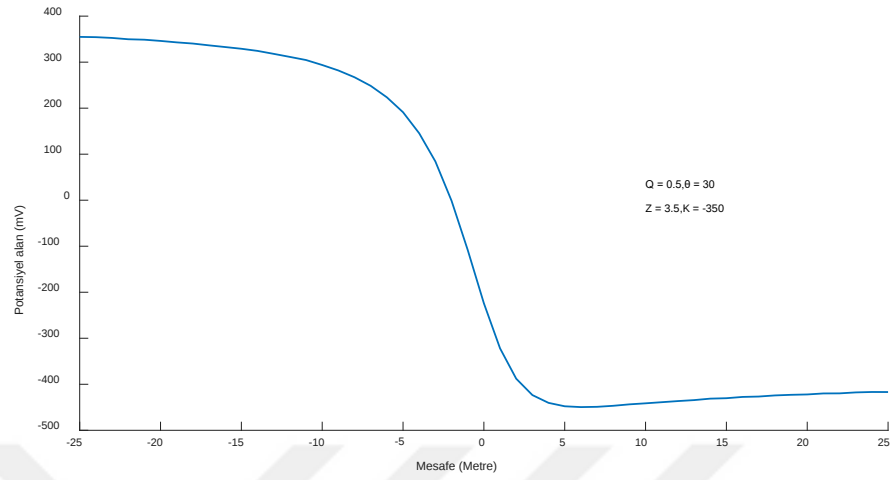
4.3 2. Türev Çözümü için Kuramsal Gürültülü Örnekler

Yatay silindir, düşey silindir ve küre yapı modelleri için SP anomalileri RND alt programı kullanılarak 1,5 kat gürültülü olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan gürültülü anomaliler gürültüsüz kuramsal SP anomalilerine uygulanan yöntem uygulanarak değerlendirilmiştir.

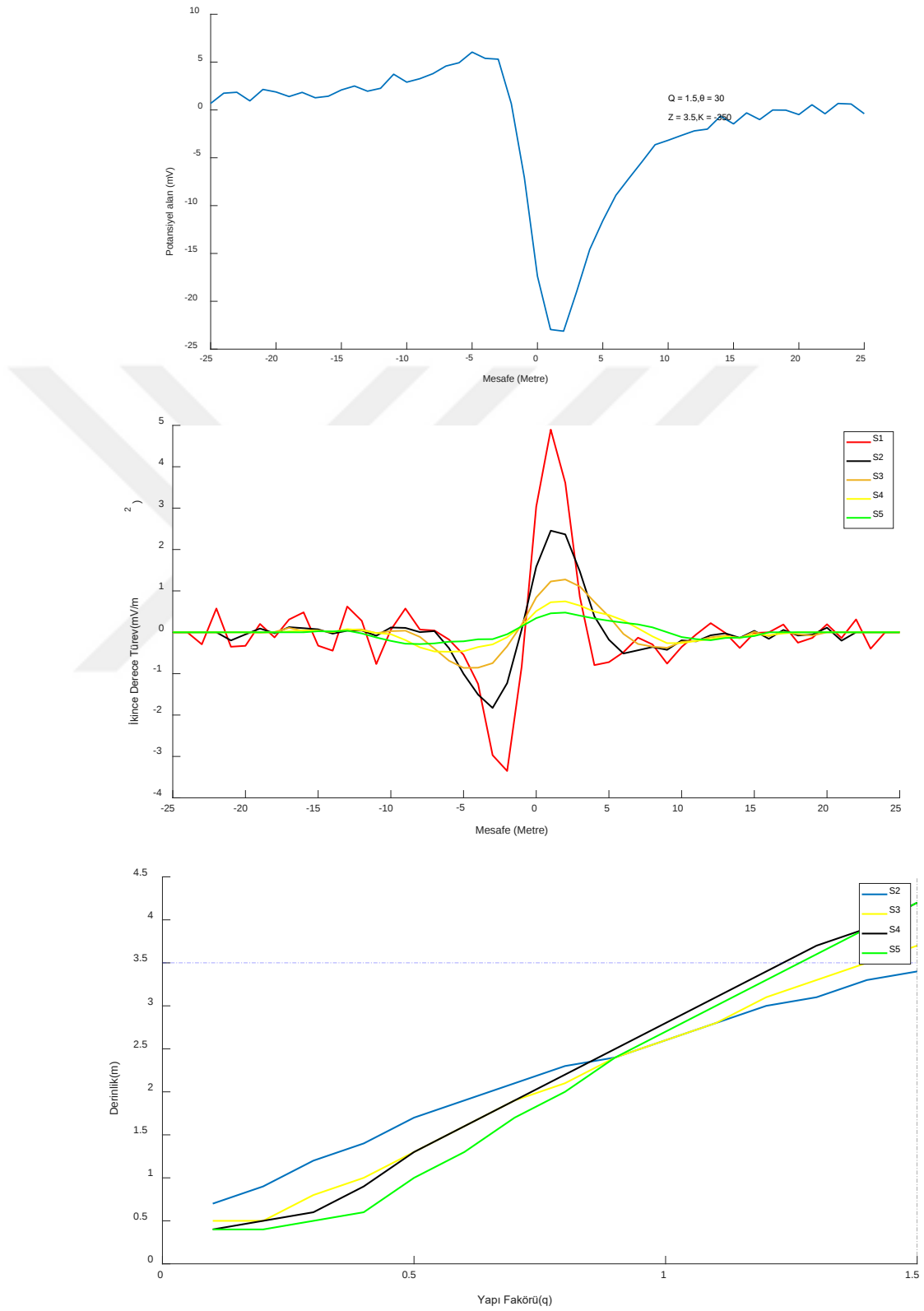
Şekillerde görülen SP anomalileri, türev anomalileri ve yapı derinliği-yapı biçimi (z-q) grafikler elde edilmiştir. Yapı derinliği-yapı biçimi (z-q) grafiklerinden elde edilen sonuçlar küre modeli dışında kuramsal model parametreleri ile oldukça uyumludur.



Şekil 4.32 Yatay silindir model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (bir buçuk kat gürültülü)



Şekil 4.33 Düşey silindir model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (bir buçuk kat gürültülü)

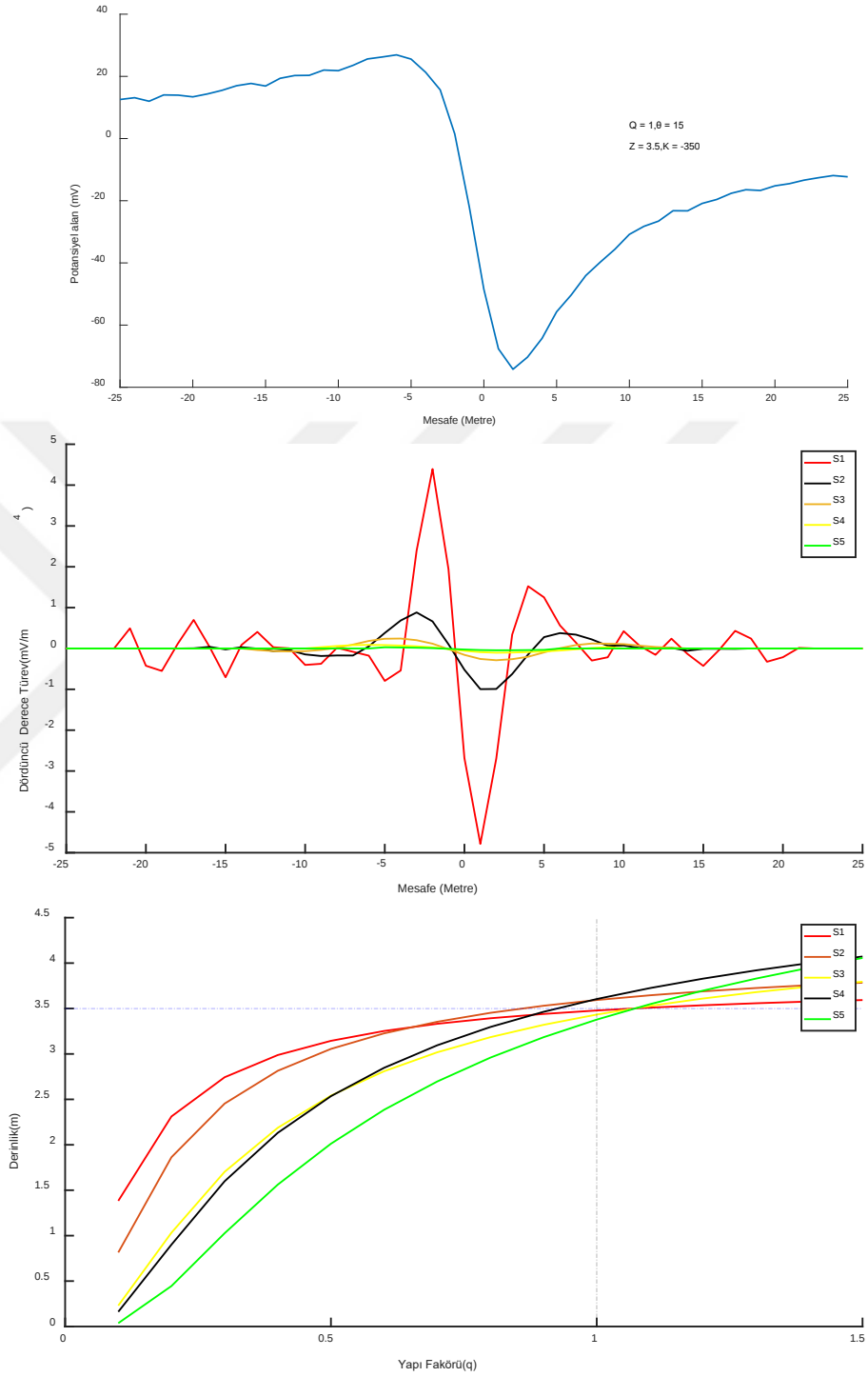


Şekil 4.34 Küre model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (bir buçuk kat gürültülü)

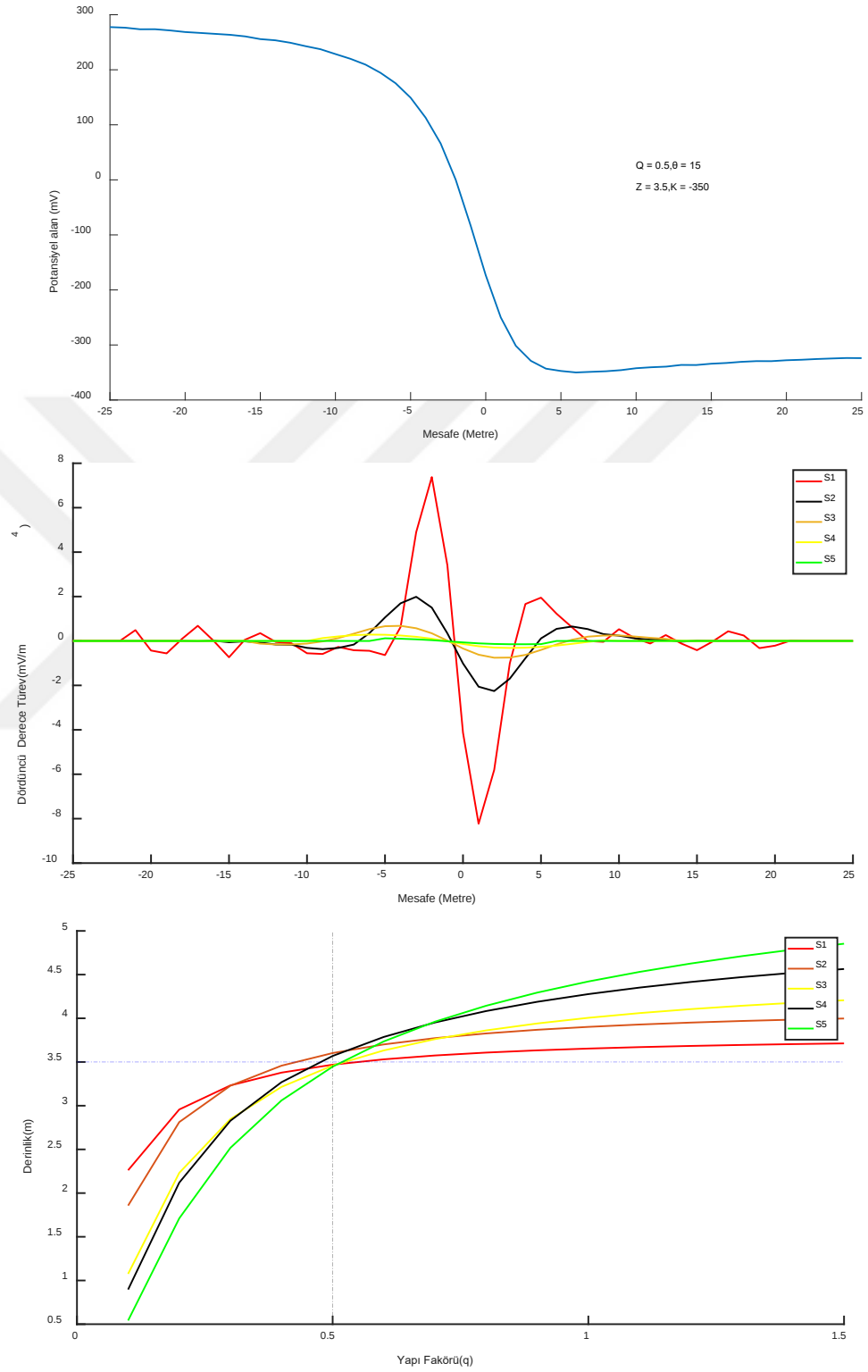
4.4 4. Türev Çözümü için Kuramsal Gürültülü Örnekler

Yatay silindir ve düşey silindir yapı modelleri için SP anomalileri RND alt programı kullanılarak iki kat gürültülü olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan gürültülü anomaliler gürültüsüz kuramsal SP anomalilerine uygulanan yöntem uygulanarak değerlendirilmiştir.

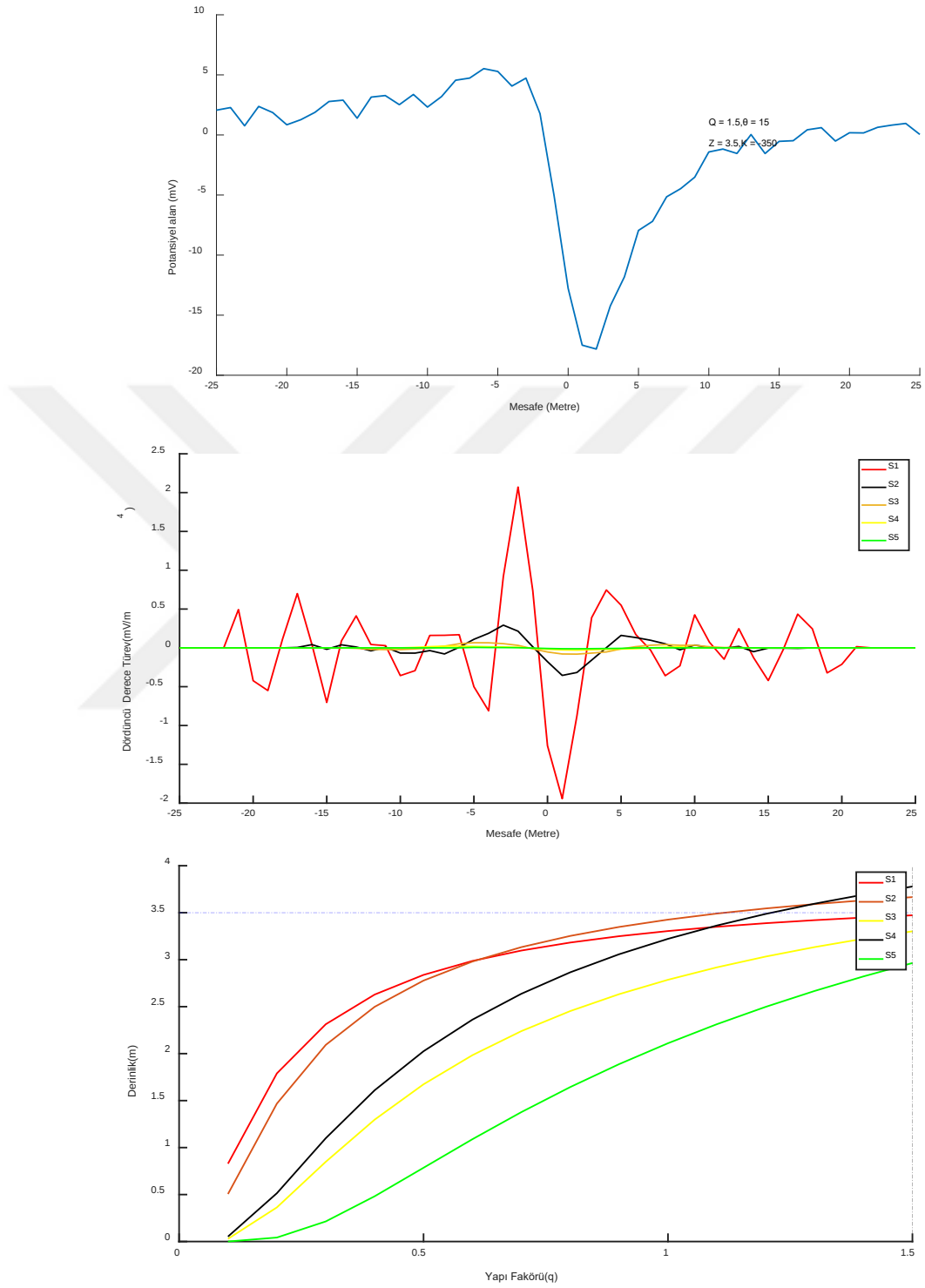
Bu değerlendirmeler sonucunda yapı derinliği (z) ve yapı biçimi (q) parametreleri kuramsal anomalilerin hesaplandığı yapı modellerinin parametreleri ile büyük bir doğrulukla hesaplanmıştır.



Şekil 4.35 Yatay silindir model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (iki kat gürültülü)



Şekil 4.36 Düşey silindir model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (iki kat gürültü)



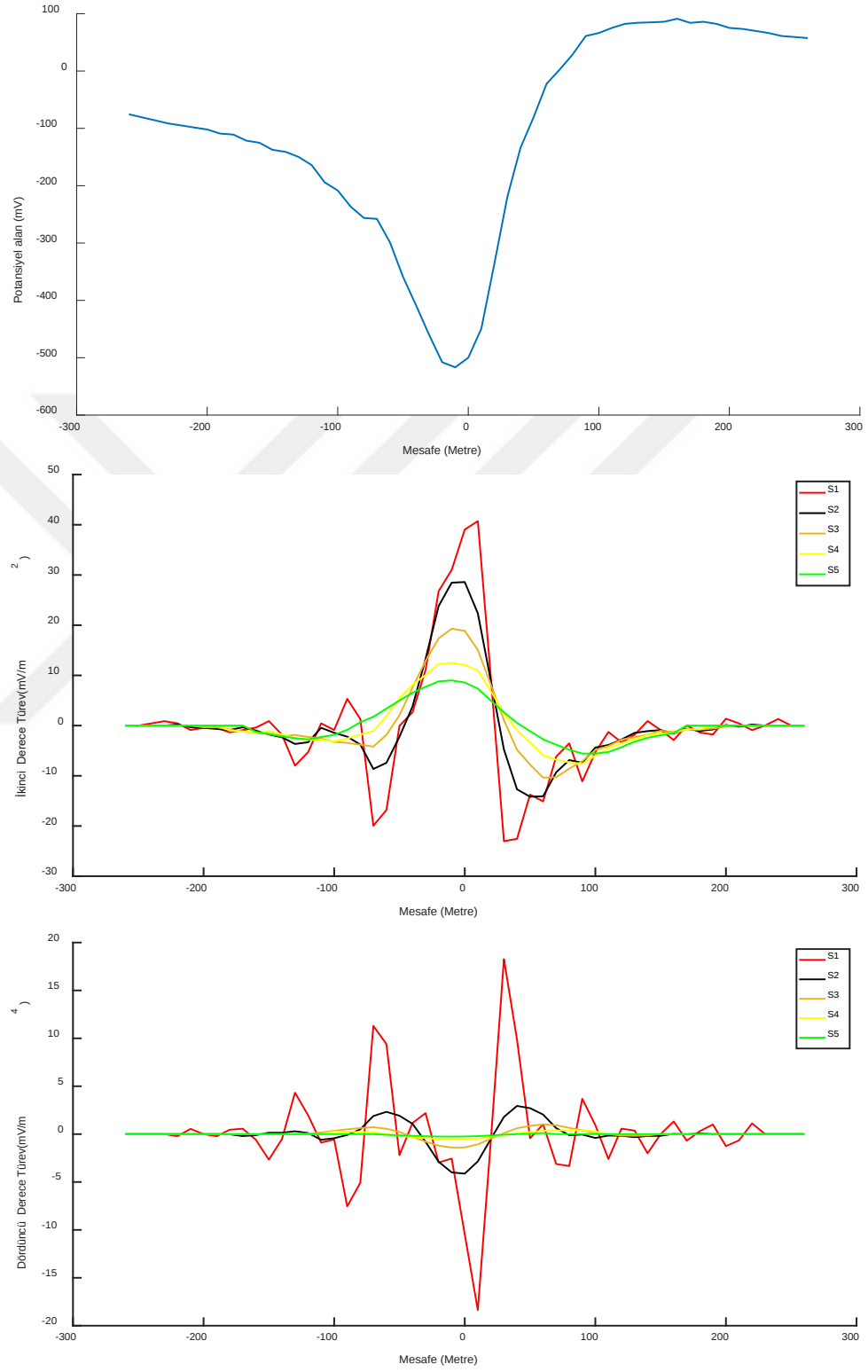
Şekil 4.37 Küre model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (iki kat gürültülü)

4.5 Arazi Verilerinin Pencereleme Yöntem İle Değerlendirme

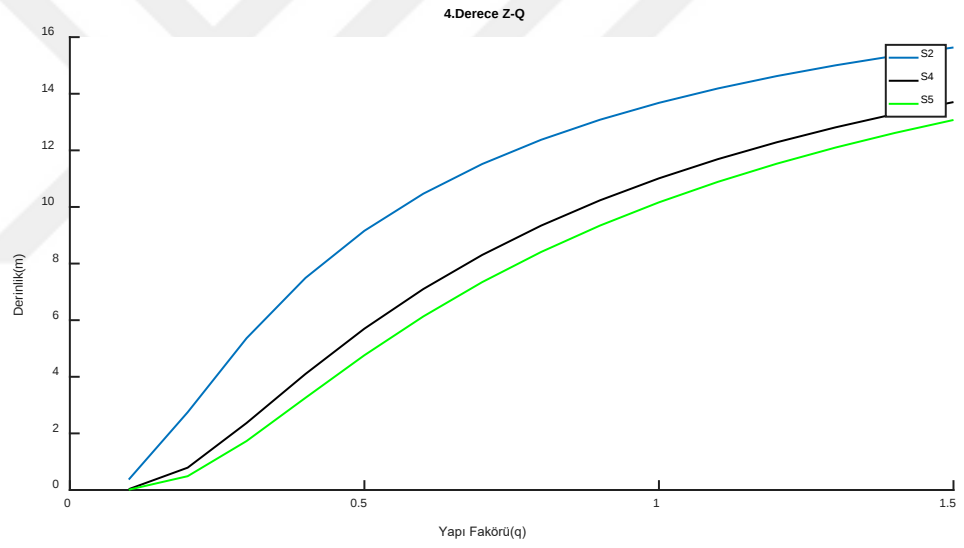
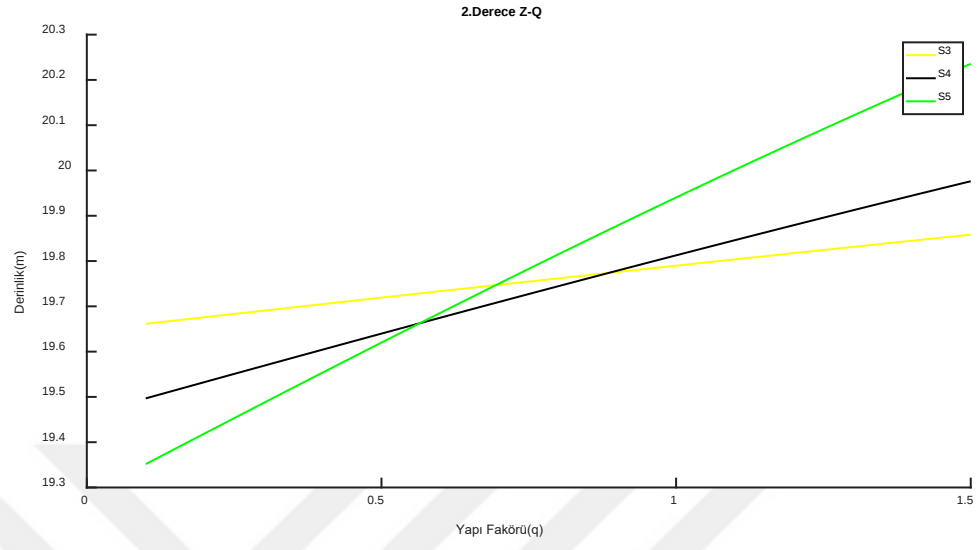
1. model Bavarian Woods'dan (Essa ve Mehanee, 2007), 2. model Ergani (Abdelrahman ve diğer., 1998), 3. model Malachite ve 4. model Sarıyer'den (Abdelrahman ve diğer., 2004) alınmış doğal potansiyel anomalileri beşer birim aralıkla sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılmış veriler pencereleme yöntemi ile değerlendirilerek sınanmıştır. Bavarian Woods verilerinin değerlendirmesinde pencereleme yöntemi ile 4.derece türev çözümü iyi sonuç vermemiş ve 2.derece türev çözümünde ise z-q grafiği yapı biçim faktörü 0,5-1 aralığında 0,75 ve derinlik ise 19,7 metre olarak kestirilmiştir. Dördüncü türev çözümlerinin istenilen sonucu vermemesi çözüm yönteminden değil verilerin düzgün örneklenmemesi olarak düşünülmektedir (Şekil 4.38).

Ergani verisi için Abdelrahman ve diğer (1998) pencereleme yöntemi kullanmış olup S (pencere uzunluğu) 7 ila 10 birim olarak seçilmiştir. Yapı biçim faktörünü 0,4, yapı derinliği ise yaklaşık olarak 3,5 metre kestirilmiş olup, değerlendirmemiz ile şekil 4.39'a yakın sonuçlara ulaşılmıştır.

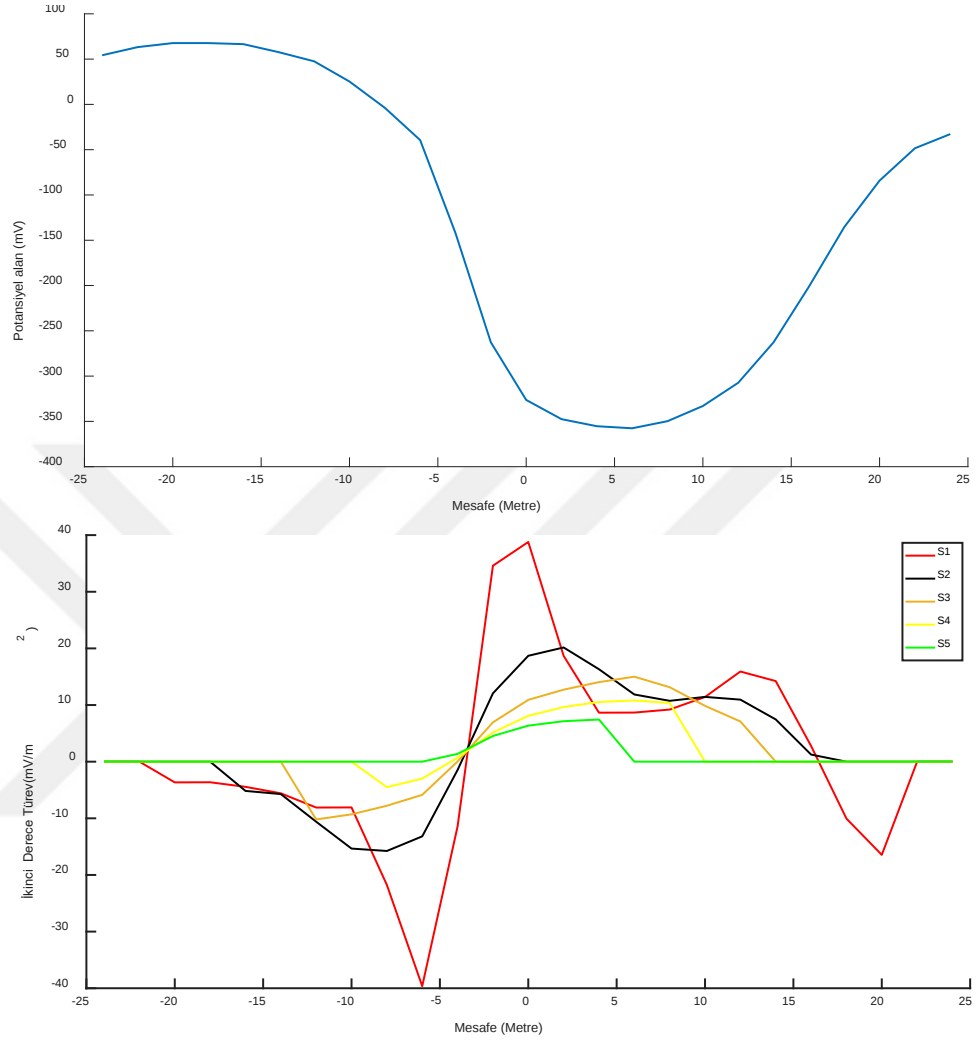
Malachite ve Sarıyer verileri en küçük kareler yöntemi ile değerlendirilmiş ve derinlikler sırasıyla 15,5 ve 24,5 metre olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, çalışma kapsamında kestirdiğimiz derinlik ve yapı faktörü değerleri ile yakın değerlerdir (şekil 4.40 ve 4.41).



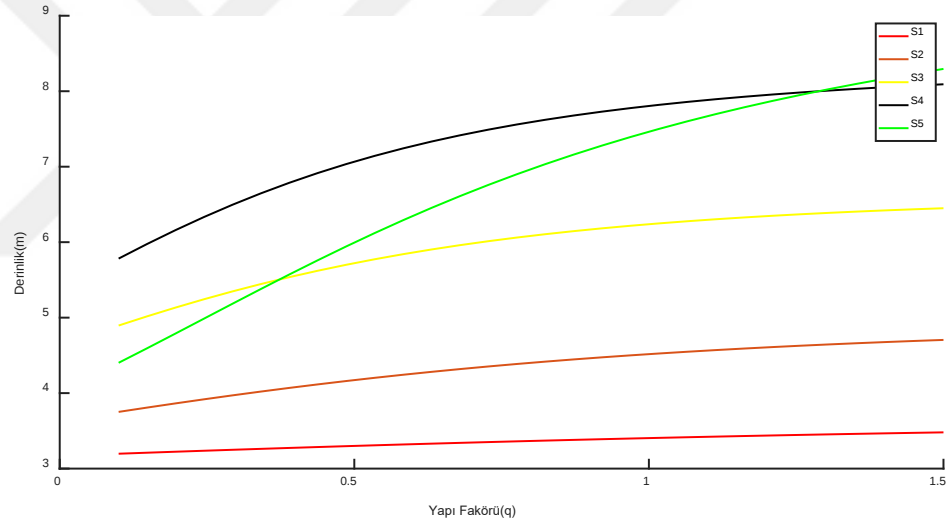
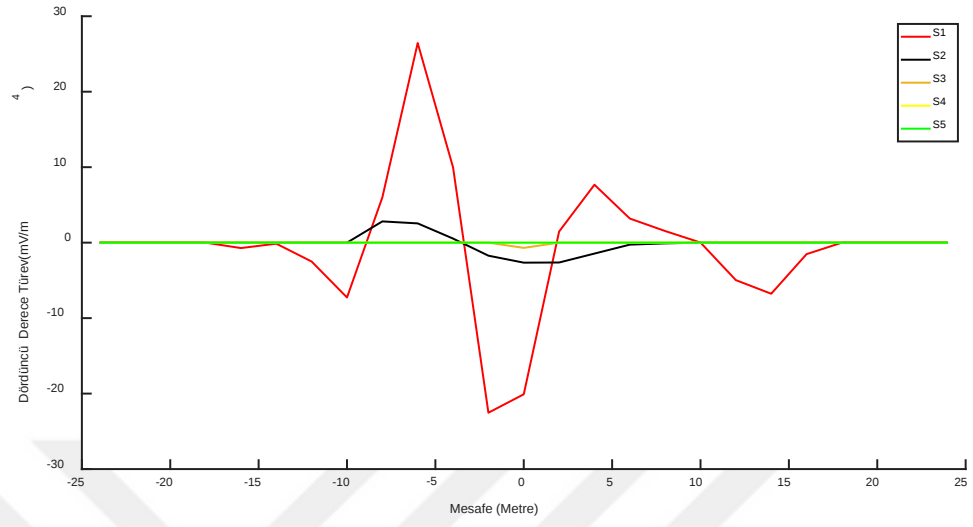
Şekil 4.38 1. Model Bavarian Woods pencereleme yöntemi ile değerlendirme



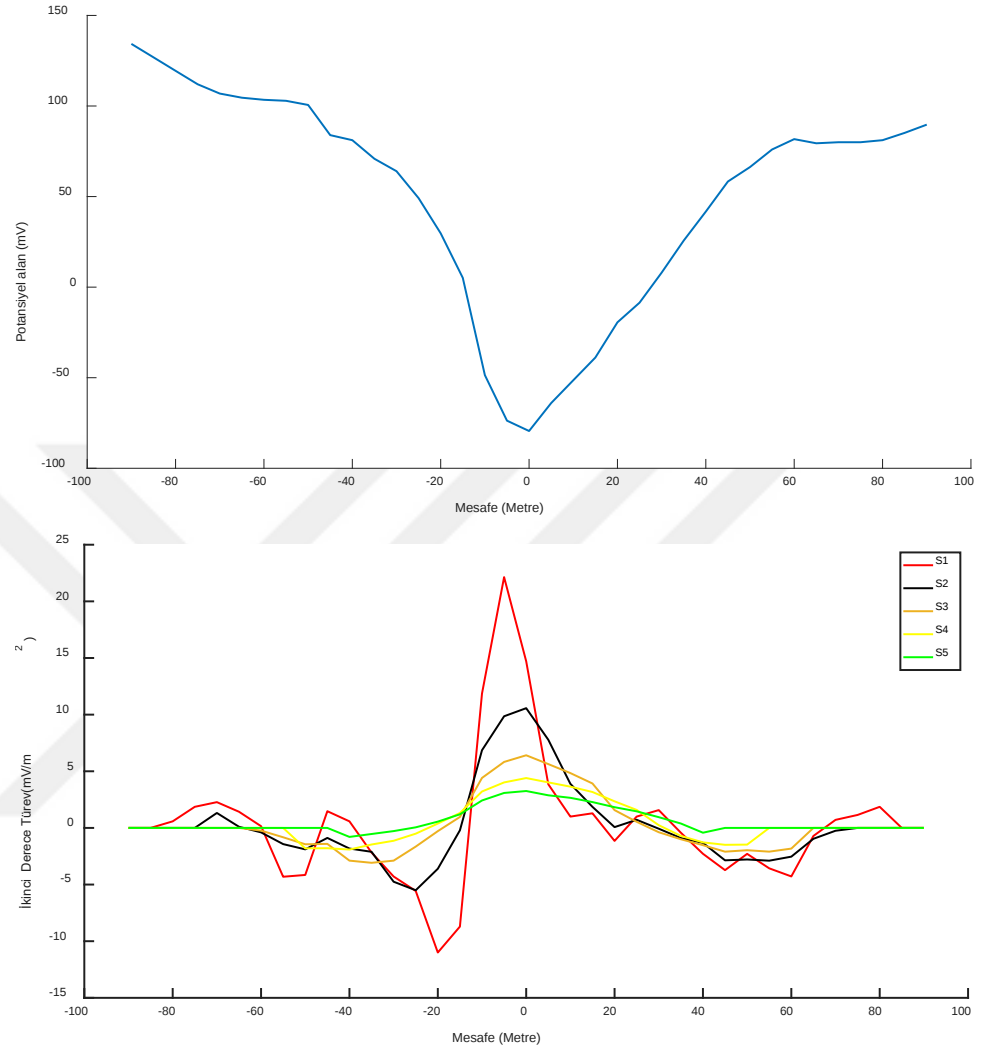
Şekil 4.38 devamı



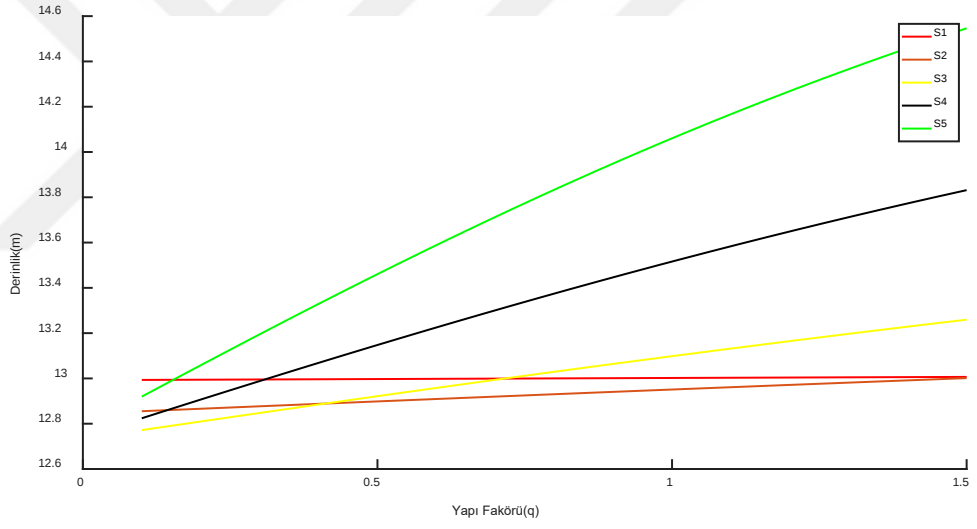
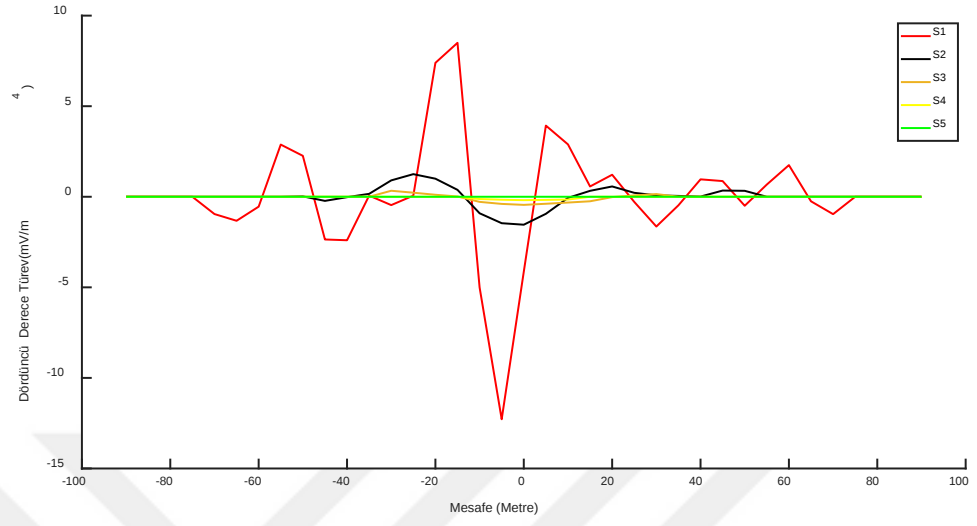
Şekil 4.39 2. Model Ergani pencereleme yöntemi ile değerlendirme



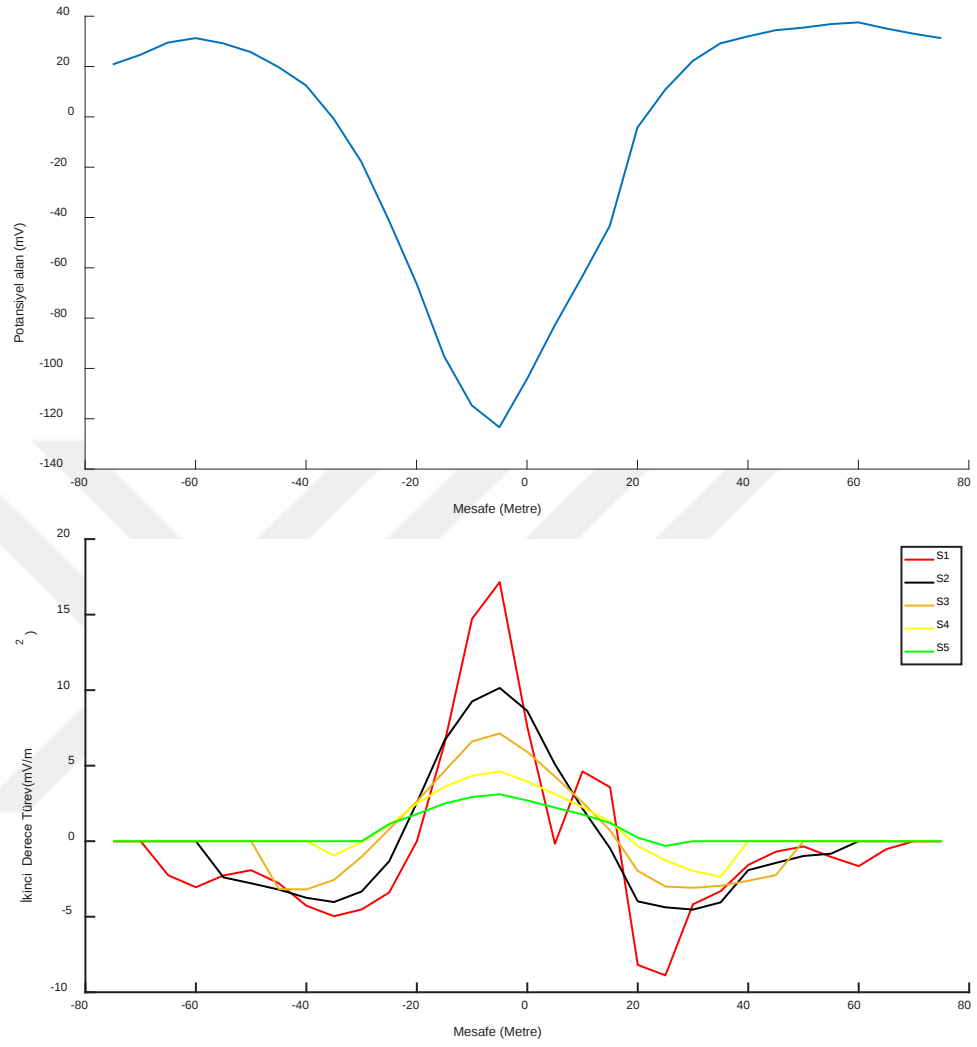
Şekil 4.39 devamı



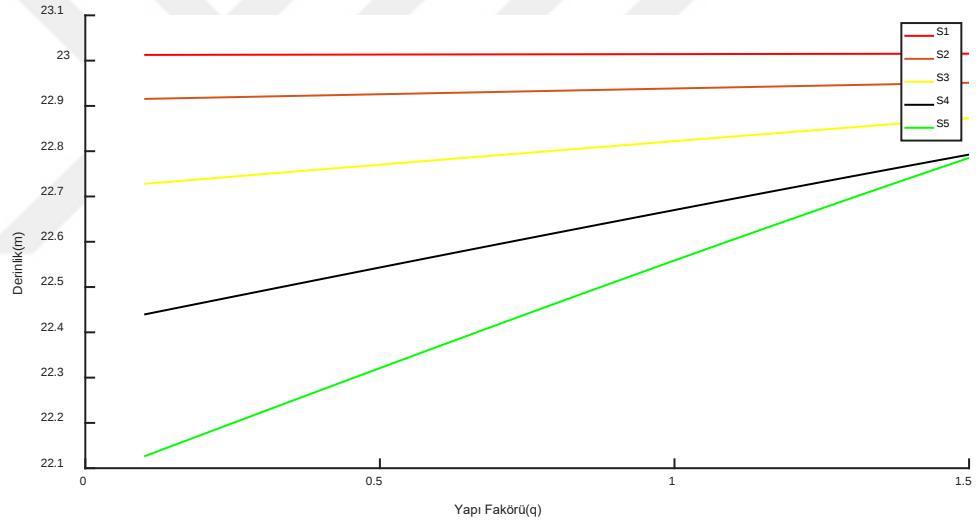
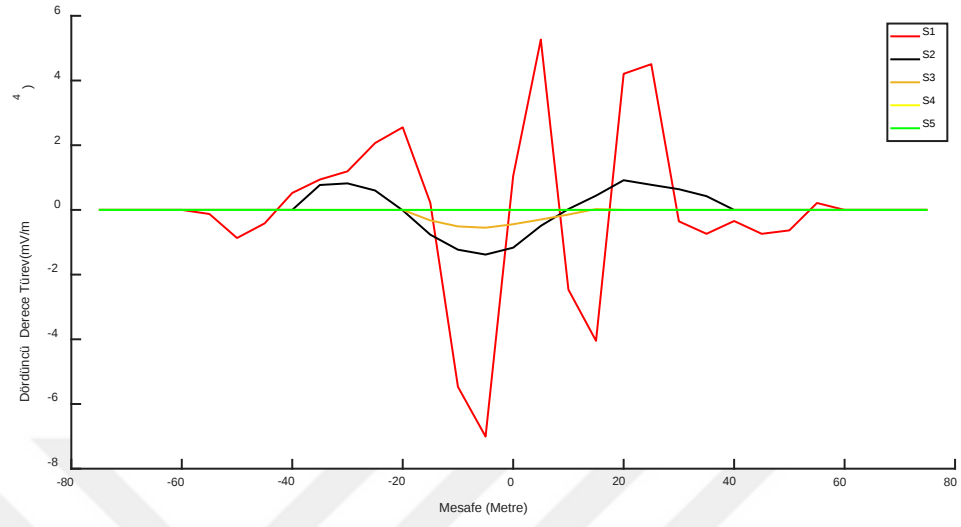
Şekil 4.40 3. Model Malchite pencereleme yöntemi ile değerlendirme



Şekil 4.40 devamı



Şekil 4.41 4. Model Sarıyer pencereleme yöntemi ile değerlendirme



Şekil 4.41 devamı

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Doğal Potansiyel verilerini pencere eğrileri ile değerlendirilmesi derinlik ve yapı biçim faktörünün saptanmasında hızlı ve kolay uygulanan bir yöntemdir. 20 metreden daha derin yapılarda gürültü miktarı artınca derinlik veya yapı biçim faktörünü belirlemek sıkıntılı olabilir. Bu nedenle daha derin yapıların araştırılmasında en küçük kareler yöntemi kullanılması tavsiye edilir.

Gürültü eklenmiş kuramsal verilerin ve arazi verilerinin değerlendirilmesinde özellikle dördüncü türev yönteminin çok başarılı sonuçlar vermediği görülmüştür. Bunun nedenlerinden biri kuramsal veriye eklenen gürültü oranı, diğer neden ise literatürden sağlanan arazi verilerinin sayısallaştırılmasından kaynaklanan hatalar (örnekleme aralığı seçimi gibi) olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada kullanılan yöntem ile doğal potansiyel (SP) verilerinden yapı derinliğinin ve yapı biçim faktörünün aynı anda belirlenmesi araştırmacılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Kuramsal SP anomalilerinin (gürültülü ve gürültüsüz) ikinci ve dördüncü sayısal türevlerinin değerlendirilmesinde ilgili anomalilerin hesaplanmasında kullanılan yapı modellerinin derinlik (z) ve yapı biçim faktörü (q) değerleri başarıyla saptanmıştır. Literatürde yayımlanmış makalelerden sağlanan SP arazi anomalilerinin sayısallaştırılmış verilerine uygulanan yöntem ikinci türev çözümlerinde amaçlanan başarıya ulaşırken, dördüncü türev çözümlerinde amaçlanan başarı yeterince sağlanamamıştır. Bunun nedeni olarak örnekleme aralığının seçimi ve örnekleme sırasında örnekleme gerçekleştiren araştırmacının işlem duyarlılığının olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak, açıklanan ve uygulanan yöntem SP anomalilerinden yapı derinliği ve yapı biçiminin aynı anda belirlenmesinin uygulamacılara ve araştırmacılara büyük kolaylıklar sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Abdelazeem, M. ve Gobashy, M. (2006). Self-potential inversion using genetic algorithm. *Earth Science*, 17, 83-101.
- Abdelrahman, E.M. ve Sharafeldin, S.M. (1997). A least-squares approach to depth determination from residual self-potential anomalies caused by horizontal cylinders and spheres. *Geophysics*, 62, 44–48.
- Abdelrahman, E.M., Ammar, A.A., Sharafeldin, S.M. ve Hassanein, H.I., (1997a). Shape and depth solutions from numerical horizontal self-potential gradients. *Journal of Applied Geophysics* 37, 31– 43.
- Abdelrahman, E.M., El-Araby, T.M., Ammar, A.A. ve Hassanein, H.I., (1997b). A least- squares approach to shape determination from residual self-potential anomalies. *Pure and Applied Geophysics*, 150, 121– 128.
- Abdelrahman, E.M., Ammar, A.A., Hassanein, H.I. ve Hafez, M.A. (1998). Derivative analysis of SP anomalies. *Geophysics*, 63, 890– 897.
- Abdelrahman, E.M., Saber, H.S., Essa, K.S. ve Fouda, M.A., (2004). A least- squares approach to depth determination from numerical horizontal self-potential anomalies. *Pure and Applied Geophysics*, 161, 399– 411.
- Abdelrahman E.M, Essa K.S, Abo-Ezz E.R, Sultan M., Sauck W.A. & Gharieb A.G (2008). New least-squares algorithm for model parameters estimation using self-potential anomalies. *Computers & Geosciences*, 11, 1569-1576.

- Babu, H.V.R. ve Rao, D.A. (1988). A rapid graphical method for the interpretation of the self-potential anomaly over a two-dimensional inclined sheet of finite depth extent. *Geophysics*, 53(8), 1126–1128.
- Bhattacharya, B.B. ve Roy, N. (1981), A note on the use of nomograms for self-potential anomalies. *Geophysical Prospecting*, 29, 102–107.
- Candra, Srigitomo A. , Sungkono W. ve Bagus S. (2014). A complete quantitative analysis of self-potential anomaly using singular value decomposition algorithm. *IEEE International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA)*.1-4.
- Essa, K. ve Mehanee S. (2007). A rapid algorithm for self-potential data inversion with application to mineral exploration. *ASEG Extended Abstracts*, 2007:1, 1-6.
- Fajriani S., Srigitomo A., Wahyu C. ve Prihandhanu P. (2017). Interpretation of Self-Potential anomalies for investigating fault using the Levenberg-Marquardt method: a study case in Pinggirsari, West Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 62, 012004.
- Hafez, M., EL-Qady, G., Awad, S. ve Elsayed, E. (2006). Higher derivative analysis for the interpretation of self-potential profiles at southern part of the Nile Delta, Egypt. *Arabian Journal for Science and Engineering Section B: Engineering*, 31(2A), 129-145.
- Meisner, P. (1962). A method of quantitative interpretation self-potential measurements. *Geophysical Prospecting*, 10, 203–218.

Murty S. ve Haricharan P. (1985). Nomogram for the complete interpretation of spontaneous potential profiles over sheet-like and cylindrical two-dimensional sources. *Geophysics*, 50, 1127-1135.

Paul, M.K. (1965). Direct interpretations of self-potential extension anomalies caused by inclined sheets of infinite horizontal extension. *Geophysics*, 30, 418–423.

Petrowsky, A. (1928). The problem of a hidden polarized sphere, *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 5:28, 334-353

Rao, A.D. ve Babu, R.H.V. (1983). Quantitative interpretation of self-potential anomalies due two-dimensional sheet-like bodies. *Geophysics*, 48, 1659–1664.

Stanley, J. (1977). Simplified magnetic interpretation of the geologic contact and thin dike. *Geophysics*, 42, 1236-1240.

Yüngül, S. (1950). Interpretation of spontaneous polarization anomalies caused by spherical ore bodies. *Geophysics*, 15, 237–246.

EKLER

EK 1 : Programlar

%4.Derece Matlab Gürültülü Türev

clc,clear all,close all

k=-350;z=3.5;teta1=30;q=1.5; %Parametreler

teta=teta1.*(pi/180);

x=-25:1:25;

for i=1:length(x) %Kuramsal veri hesaplanması

A1=x(i)*cos(teta)+z*sin(teta);

B1=(x(i)^2+z^2)^q;

v(i)=k*(A1/B1);

%v(i)=((x(i)*cos(teta)+z*sin(teta))/((x(i)^2+z^2)^q))*k;

end

rng('default')

r1 = rand(length(v),1);

for I=1:length(v)

GR(I)=v(I)+r1(I)*2; % 2 Kat Gürültü Ekleme

end

sz=size(v);

NSD4=zeros(51,5);

for S=1:5 %4.Derece Sayısal Türev Alma

KS=4*S;

KSS=2*S;

K=KS+1;

L1=length(x)-KS;

for I=K:L1

NSD4(I,S)=(GR(I+KS)-4*GR(I+KSS)+6*GR(I)-4*GR(I-KSS)+GR(I-KS))/(16*S*S*S*S);

end

end

figure('DefaultAxesFontSize',20) %Çizim Kısmı

%set(gca,'LineWidth',2)

%hold on

plot(x,GR,'LineWidth',2)

str = {'Q = 1.5,? = 15','Z = 3.5,K = -350'};

text(10,-0.1,str,'FontSize',20)

xlabel('Mesafe (Metre)')

ylabel('Potansiyel alan (mV)')

box off

figure('DefaultAxesFontSize',20)

set(gca,'LineWidth',2)

```

hold on
plot (x,NSD4(:,1),'r','LineWidth',2)
hold on
plot (x,NSD4(:,2),'k','LineWidth',2)
hold on
plot (x,NSD4(:,3),'LineWidth',2)
hold on
plot (x,NSD4(:,4),'y','LineWidth',2)
hold on
plot (x,NSD4(:,5),'g','LineWidth',2)
box off
xlabel('Mesafe (Metre)')
ylabel('Dördüncü Derece Türev(mV/m^4)')
legend('S1','S2','S3','S4','S5')
K=int8((length(x)/2));

Q1=linspace(0.1,1.5,15);
S=0;
error=100;
for M=1:5 %Q 0 ile 1.5 Aralığı İçin Derinlik Hesaplam
    S=S+1;
    for N=1:length(Q1)
        F=(NSD4((K+S),M)+NSD4((K-S),M))/NSD4(K,M);
        P1=(4*S^2+z^2)^Q1(N);
        P2=(16*S^2+z^2)^Q1(N);
        zUST=z^(2*Q1(N));
        P3=(S^2+z^2)^Q1(N);
        P4=(9*S^2+z^2)^Q1(N);
        P5=(25*S^2+z^2)^Q1(N);
        QA=1./(2*Q1(N));
        PAYA=zUST*P1+(3*P1*P2)-(4*zUST*P2);
        PAYB=P3*P4*P5;
        PAY=F*PAYA*PAYB;
        PAYDA1=P3*P4-(3*P3*P5)+(2*P4*P5);
        PAYDA2=P1*P2;
        PAYDA=PAYDA1*PAYDA2;
        ZH4(N,S)=(PAY/PAYDA)^QA;
    end
end
Q1=linspace(0.1,1.5,15);
figure('DefaultAxesFontSize',20) %Z-Q Grafiği Çizim
set(gca,'LineWidth',2)
hold on
plot(Q1,ZH4(:,1),'r','LineWidth',2)
hold on

```

```

plot(Q1,ZH4(:,2),'LineWidth',2)
hold on
plot(Q1,ZH4(:,3),'y','LineWidth',2)
hold on
plot(Q1,ZH4(:,4),'k','LineWidth',2)
hold on
plot(Q1,ZH4(:,5),'g','LineWidth',2)
xlabel('Yapı Fakörü(q)')
ylabel('Derinlik(m)')
xline(1.5,'-.');
yline(3.5,'-.b');
legend('S1','S2','S3','S4','S5')
box off

%İkinci Derece Kuramsal Türev İçin Alt Program
function [HG2,ZH] = d2(k,x,teta,z,q)
S=0;
for l=1:5
    S=S+1;
    for j=1:length(x);
        fak=k./(4*S*S);
        XSN=x(j)-2*S;
        XSP=x(j)+2*S;
        A=(XSP*cos(teta)+z*sin(teta))/((XSP^2+z*z)^q);
        B=(2*x(j)*cos(teta)+2*z*sin(teta))/((x(j)^2+z^2)^q);
        C=(XSN*cos(teta)+z*sin(teta))/((XSN^2+z*z)^q);
        HG2(j,l)=fak*(A-B+C);
    end
end
K=(length(x)/2);
K=int16(K);
Q1=linspace(0.1,1.5,30);
S=0;
for M=1:5
    S=S+1;
    for N=1:length(Q1)
        L=2*S;
        F=(HG2((K+L),S)+HG2((K-L),S))/HG2(K,S);
        P1=(4*S*S+z^2).^Q1(N);
        ZUST=z^(2*Q1(N));
        P2=(16*S*S+z*z).^Q1(N);
        PA=F*(P2*(P1-ZUST))+(P1*P2)+(ZUST*P1);
        PB=2*P2;
        QA=1./(2*Q1(N));
        ZH(N,S)=(PA/PB)^QA;
    end
end

```

```
end
end
end
```

%Arazi Verisi 2.Derece Türev Değerlendirme Programı

```
clc; clear all ;close all
b = importdata('SARIYER_SULPHIDE_ORE.dat');
x=b(:,1);
v=b(:,2);
sz=size(v);

figure('DefaultAxesFontSize',20) %Çizim Kısmı
plot(x,v,'LineWidth',2)
xlabel('Mesafe (Metre)')
ylabel('Potansiyel alan (mV)')
box off
M=5;NSD=zeros(31,5); % NSD türev için 31 veri için 0 içerikli matris oluşturma
for S=1:M
    KS=2*S;
    K=KS+1;
    L1=length(x)-KS;
    for I=K:L1
        NSD(I,S)=(v(I-KS)-2*v(I)+v(I+KS))/(4*S*S); % 2.Derece Sayısal türev hesaplama
    end
end
figure('DefaultAxesFontSize',20)
set(gca,'LineWidth',2)
hold on
plot (x,NSD(:,1),'r','LineWidth',2)
hold on
plot (x,NSD(:,2),'k','LineWidth',2)
hold on
plot (x,NSD(:,3),'LineWidth',2)
hold on
plot (x,NSD(:,4),'y','LineWidth',2)
hold on
plot (x,NSD(:,5),'g','LineWidth',2)
box off
xlabel('Mesafe (Metre)')
ylabel('2.kinci Derece Türev(mV/m^2)')
legend('S1','S2','S3','S4','S5')
K=(length(x)/2);
K=int16(K);
```

```

Q1=linspace(0.1,1.5,30);
S=0;
z=23; % Z her seferinde değiştirerek kesişim olan grafiği seçmek

for M=1:5
    S=S+1;
    for N=1:length(Q1)
        L=S;
        F=(NSD((K+L),S)+NSD((K-L),S))/NSD(K,S);
        P1=(4*S*S+z^2).^Q1(N);
        ZUST=z^(2*Q1(N));
        P2=(16*S*S+z*z).^Q1(N);
        PA=F*(P2*(P1-ZUST))+(P1*P2)+(ZUST*P1);
        PB=2*P2;
        QA=1./(2*Q1(N));
        ZH(N,S)=(PA/PB)^QA;
    end
end
Q1=linspace(0.1,1.5,30);
figure('DefaultAxesFontSize',20) %Z-Q Grafiği Çizim
set(gca,'LineWidth',2)
hold on
plot(Q1,ZH(1:end,1),'r','LineWidth',2)
hold on
plot(Q1,ZH(1:end,2),'LineWidth',2)
hold on
plot(Q1,ZH(1:end,3),'y','LineWidth',2)
hold on
plot(Q1,ZH(1:end,4),'k','LineWidth',2)
hold on
plot(Q1,ZH(1:end,5),'g','LineWidth',2)
xlabel('Yap? Fakörü(q)')
ylabel('Derinlik(m)')
title('2.Derece Z-Q')
legend('S1','S2','S3','S4','S5')
box off

```

%İkinci Derece Kuramsal Fortran Programı

INTEGER S

C.....N: VERİ SAYISI

C.....M: PENCERE BOYU

```

DATA TETA,Z,DK,N,M/60,5.,-300.,51,5/
D=25
Q=1.5
TET=TETA*3.14159265/180.
XX=0.
DO 21 I=1,N
XA(I)=XX-D
A1=XA(I)*COS(TET)+Z*SIN(TET)
B1=(XA(I)**2+Z**2)**Q
G(I)=DK*(A1/B1)
WRITE(3,33)XA(I),G(I)
33  FORMAT(F6.2,2X,F8.3)
    XX=XX+1.
21  CONTINUE
    WRITE(3,125)(XA(I),I=1,N)
125  FORMAT(12(1X,F6.2))
    WRITE(3,199)(G(I),I=1,N)
199  FORMAT(10(1X,F8.4))
    S=1
41  XX=0.0
    XA(I)=XX-D
    FAK=DK/(4*S*S)
    DO 20 I=1,N
    ZS=Z*SIN(TET)
    XC=2*XA(I)*COS(TET)
    XS1=XA(I)-(2*S)
    XS2=XA(I)+(2*S)

```

```

XSC=XS1*COS(TET)
XSC1=XS2*COS(TET)
XZ=(XA(I)**2+Z*Z)**Q
XSZ=(XS1**2+Z*Z)**Q
XZS=(XS2**2+Z*Z)**Q
A=(XC+2*ZS)/XZ
B=(XSC+ZS)/XSZ
C=(XSC1+ZS)/XZS
HG2(I,S)=-FAK*(A-B-C)
XX=XX+1.
20 CONTINUE
  IF(S.EQ.M)GO TO 100
  S=S+1
  GO TO 41
100 DO 45 I=1,N
    WRITE(3,15)XA(I),G(I),(HG2(I,L),L=1,M)
15  FORMAT(2X,F6.2,2X,F8.3,5(2X,F8.4))
45 CONTINUE
    K=N/2+1
    S=1
44  WRITE(3,19)S
19  FORMAT(8X,'S=',I2,/,18('-'))
    Q1=0.1
58  WRITE(*,5)Q1
5   FORMAT(2X,'Q1=',F3.1)
    L=2*S
    F=(HG2(K+L,S)+HG2(K-L,S))/HG2(K,S)

```

```

C   WRITE(3,66)HG(K,J),HG(K+J,J),HG(K-J,J)
C 66 FORMAT(3(2X,F8.4))
      P1=(4*S*S+Z**2)**Q1
      ZUST=Z**(2*Q1)
      P2=(16*S*S+Z*Z)**Q1
      PA=F*(P2*(P1-ZUST))+(P1*P2)+(ZUST*P1)
      PB=2*P2
      QA=1./(2*Q1)
      ZH=(PA/PB)**QA
      WRITE(3,18)Q1,ZH
18   FORMAT(2X,'Q=',F3.1,2X,'Z=',F9.6)
C   IF(Q1.EQ.1.5) GO TO 68
      Q1=Q1+0.1
      IF(Q1.GT.1.6)GO TO 68
      GO TO 58
68   IF(S.EQ.M) GO TO 40
      S=S+1
      GO TO 44
40   CONTINUE
      WRITE(3,115)(XA(I),I=1,N)
115  FORMAT(12(F6.2,1X))
      DO 88 J=1,5
      WRITE(3,99)(HG2(I,J),I=1,N)
99   FORMAT(10(F8.4,1X))
88   CONTINUE
      STOP
      END

```

%İkinci Derece Arazi verisi Fortran Programı

```
INTEGER S
DATA ZOLD,M/0.5,5/
DO 50 I=1,M
  READ(1,*)VXX0,VXXES,VXXAS
  WRITE(*,*)VXX0,VXXES,VXXAS
  F=(VXXAS+VXXES)/VXX0
  ZOLD=0.5
  Q=0.1
  S=I
80  CALL CAL(F,Q,ZOLD,S,ZNEW)
  WRITE(4,20)S,Q,ZNEW
20  FORMAT(2X,'S=',I4,2X,'Q=',F4.1,2X,'Z=',F12.5)
  WRITE(3,21)S,Q,ZNEW
21  FORMAT(2X,I4,2X,F4.1,2X,F12.5)
  Q=Q+0.1
  IF(Q.GT.1.6)GO TO 50
  GO TO 80
50  CONTINUE
  STOP
  END
  SUBROUTINE CAL(F,Q1,ZOLD,S,ZNEW)
C  DOUBLE PRECISION ZNEW,ZOLD,Z
  INTEGER S
  ITER=1
```

```

40    Z=ZOLD
      WRITE(*,12)ITER
12    FORMAT(2X,'ITER=',I8)
      P1=(4*S*S+Z**2)**Q1
      ZUST=Z**(2*Q1)
C      WRITE(*,33)P1,ZUST
C 33  FORMAT(2X,'P1=',F8.4,2X,'ZUST=',F8.4)
      P2=(16*S*S+Z*Z)**Q1
      PA=F*(P2*(P1-ZUST))+(P1*P2)+(ZUST*P1)
C      WRITE(*,34)P2,PA
C 34  FORMAT(2X,'P2=',F8.4,2X,'PA=',F8.4)
      PB=2*P2
      QA=1./(2*Q1)
      ZNEW=(PA/PB)**QA
C      WRITE(*,35)PB,QA,ZNEW
C 35  FORMAT(2X,'PB=',F8.4,2X,'QA=',F8.4,2X,'ZNEW=',F8.5)
C      WRITE(3,10)ZOLD,ZNEW
C 10  FORMAT(2X,'ZOLD=',F7.5,2X,'ZNEW=',F7.5)
      ERR=ZNEW-ZOLD
      IF(ERR.LT.0.000001) GO TO 100
      ZOLD=ZNEW
      ITER=ITER+1
      GO TO 40
100  WRITE(*,11)ZNEW
11   FORMAT(2X,'ZNEW=',F12.5)
      RETURN
      END

```