



Doğal Potansiyel Verilerinin İkinci Ve Dördüncü Mertebeden Türev Analizi Kullanılarak Değerlendirilmesi Evaluation of Self Potential Data Using Second and Fourth- Order Derivative Analysis

Arian Dadashi^{1*}, Coşkun Sarı²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, TÜRKİYE

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İzmir, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: ariandadashi62@gmail.com

Geliş Tarihi / Received: 08.08.2021

Kabul Tarihi / Accepted: 21.09.2021

Atıf şekli/ How to cite: DADASHI, A.,SARI, C.(2022).Doğal Potansiyel Verilerinin İkinci Ve Dördüncü Mertebeden Türev Analizi Kullanılarak Değerlendirilmesi.DEUFMD, 24(70), 329-340.

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI:10.21205/deufmd.2022247029

Öz

Bu çalışmada öncelikle yatay silindir, dikey silindir ve küre gibi seçilmiş basit jeolojik yapı modelleri için kuramsal SP anomalileri (gürültüsüz ve gürültülü) hesaplanmıştır. Daha sonra bu anomalilerin ikinci ve dördüncü türevleri, farklı pencere aralıkları (s) için anomaliye neden olan yapı derinliği (z) ve yapı şekil faktörü (q) parametreleri belirlenmiştir. Ardışık pencere aralıkları (s) kullanılarak elde edilen doğal potansiyel (SP) anomalilerinin sayısal ikinci ve dördüncü sayısal türev değerleri, gömülü bir yapının derinliğine ve şekline karar vermek için kullanılabilir. Buna göre, 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 grafik, eğrilerin kesişme noktasından (veya bazı durumlarda eğrilerin ara kesişme noktalarından), (z) ve (q) grafik eksenlerine kadar her pencere aralığı(lar) için, projeksiyonun yatay ve dikey yönlerde eksenlerini keser, yapının derinliğini (z) ve yapı şekil faktörü (q) değerini verir. Yöntem, kuramsal SP anomalilerinin (gürültüsüz ve gürültülü) ikinci ve dördüncü sayısal türevlerinin değerlendirilmesinde ilgili anomalilerin hesaplanmasında kullanılan yapı modellerinin derinlik (z) ve yapı şekil faktörü (q) değerlerini başarıyla saptamıştır. Literatürde yayınlanan makalelerden elde edilen SP alan anomalilerinin sayısallaştırılmış verilerine uygulanan yöntem, ikinci türev çözümlerinde istenilen başarıyı sağlarken, dördüncü türev çözümlerinde istenilen başarı yeterince sağlanamamıştır. Bunun nedeninin örnekleme aralığının seçilmesi ve örnekleme sırasında örnekleme gerçekleştiren araştırmacının işleme duyarlılığı olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak, açıklanan ve uygulanan yöntem ile SP anomalilerinden yapı derinliği ve yapı şekil faktörünün belirlenmesinin araştırmacılara büyük kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğal potansiyel (SP), Ardışık pencereleme, Pencere eğrisi, Yapı biçim faktörü,

Abstract

In this study, 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, the structure depth (z) and

the structure shape factor (q) parameters that cause the anomalies for different window intervals (s) were 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, ..., M), the depths are determined using a simple formula for each structure shape factor (for q=0.1, 0.2, 0.3, ..., 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 (noiseless and noisy) 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 window, Window curve, Structure Shape factor

1. Giriş

Kuramsal olarak ilk doğal potansiyel (SP) yöntemi üzerinde çalışan Petrowsky [1], potansiyel dağılımlarını gömülü kutuplaşmış küre şeklindeki jeolojik yapılardan bir kosinüs fonksiyonu halinde yüzeyde ölçüldüğünü araştırmıştır. Yeraltında doğal potansiyel akımın oluşumu elektrokimyasal veya mekanik etkinlikle oluşur. Her durumda kontrol edici etken yer altı suyudur. Bu potansiyeller, sülfürlü mineral kütlelerinin havayla etkileşmesiyle, jeolojik kontaklardaki mineral içeren kayaların özelliklerindeki değişim ile organik materyalin bioelektrik aktivitesiyle, aşınma, yer altı akışkanlarındaki normal ve basınç gradyanları ve benzer 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 momentleri sabit varsayılırsa ve sınır yüzeyi bilinen bir şekle (yapı biçim faktörü) sahip olduğunda, doğrudan potansiyel verilerden benzersiz bir çözüm elde edilebilir [2]. Bu görüş, birçok yazar tarafından [3, 4, 5, 6, 7 ve 8] yani küre, yatay silindir, düşey silindir ve levha gibi dört basit model ile maden aramasında birçok

jeolojik yapının sınıflanmasıyla sayısal olarak doğrulanmıştır.

Doğal potansiyel (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 [9].

Doğal potansiyel profillerini kullanarak gömülü yapının şeklinin kestirimi için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak, grafik yöntemler, en küçük kareler yöntemi [8], sayısal gradyan yöntemi [9] ve türev analizi yöntemi [10] verilebilir. Bu çalışma kapsamında türev analiz yöntemini yüksek mertebeden türevleri (2. ve 4. türev) kullanarak SP profillerine neden olan kaynağın derinlik (z) ve yapı biçimi (şekli) (q) kestirilmeye çalışılmıştır.

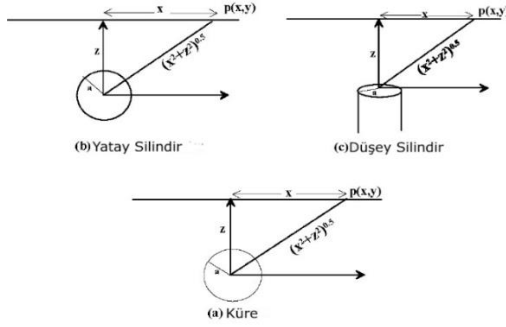
2. Yöntem

Kutuptanmış jeolojik yapı tarafından üretilen doğal potansiyel anomalisi sonlu bir fonksiyon ile ifade edilebilir [3] :

$$V = K \frac{x_i \cos(\theta) + z \sin(\theta)}{(x^2 + z^2)^q} \quad (1)$$

1 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 (biçimine/şekline) göre olan bir faktördür. Şekil 1 de gösterildiği üzere 2 boyutlu SP anomalisini etkileyen yapı faktörü q , (a) küre, (b) yatay silindir, (c) dikey silindir biçimli yapılar için sırasıyla 1,5, 1, 0,5 değerlerini almaktadır.



Şekil 1. 1 nolu denklemdeki a) $q=1.5$ b) $q=1$ c) $q=0.5$ 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 (1) kullanarak, en basit sayısal yatay SP türevi (dV/dx):

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

bağıntısından elde edilir.

SP anomalisinin ikinci yatay türevi ise Denklem (2) 'den elde edilir ve şu şekilde tanımlanır:

$$V_{x^2}(x_i, z, \theta, q) = \frac{K}{4s^2} \left\{ \frac{(x_i + 2s) \cos(\theta) + z \sin(\theta)}{((x_i + 2s)^2 + z^2)^q} - \frac{2x_i \cos(\theta) + 2z \sin(\theta)}{(x_i^2 + z^2)^q} + \frac{(x_i - 2s) \cos(\theta) + z \sin(\theta)}{((x_i - 2s)^2 + z^2)^q} \right\} \quad (3)$$

Ve dördüncü yatay gradyan ise;

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

olarak tanımlanır. Burada F ;

$$F = \frac{V_{(xn)}(2s) + V_{(xn)}(-2s)}{V_{(xn)}(0)} \quad (5)$$

Böylece, gömülü bir cismin derinliği aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanabilir.

İkinci türev anomalileri için,

$$Z = \left[\frac{F(s^2 + z^2)^q (9s^2 + z^2)^q}{(4s^2 + z^2)^q} \frac{[z^{2q} - (4s^2 + z^2)^q]}{[(s^2 + z^2)^q - (9s^2 + z^2)^q]} \right] \quad (6)$$

Ve dördüncü türev anomalileri için,

$$Z = \left\{ \frac{F[z^{2q}(4s^2 + z^2)^q + [(s^2 + z^2)^q(9s^2 + z^2)^q - 3(4s^2 + z^2)^q(16s^2 + z^2)^q - 3(s^2 + z^2)^q(25s^2 + z^2)^q + \frac{4z^{2q}(16s^2 + z^2)^q}{2(9s^2 + z^2)^q(25s^2 + z^2)^q}]}{(4s^2 + z^2)^q(16s^2 + z^2)^q} \right\}^{0.5q} \quad (7)$$

olarak tanımlanmaktadır.

Denklem (3) ve (4) 'te $s = 1, 2, 3, 4$ ve 5 kullanılarak arka arkaya dört pencere uzunluğu için ikinci ve dördüncü türev anomalileri hesaplanmaktadır. Sonradan, elde edilen ikinci türev ve dördüncü türev sırasıyla denklem (6) ve (7) ile kullanılmıştır. Bu işlem, gömülü cismin şekil faktörünü temsil eden bir noktada kesişen pencere eğrilerini oluşturmayı amaçlamaktadır. Belirlenen şekil faktöründen, gömülü yapı kimliği belirlenebilir.

Pencereleme yönteminde gömülü yapının şekli ve derinliği kestirilebilir. İlk adımda Stanley [11] yöntemi kullanılarak yapı ve SP anomalisinin orijin noktasını saptamak için 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 ikinci ve dördüncü 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 vermektedir.

2. Türev Çözümü için Kuramsal Örnekler

1 nolu denklemde farklı parametreler (q, k, θ ve z) yapı faktörü, elektrik dipol moment, kutuplaşma açısı ve derinlik sayıları yerleştirerek kuramsal doğal potansiyel (mV) verileri elde edilmektedir. İkinci ve dördüncü türevler, sürekli türev fonksiyon denklemlerini farklı pencereleme (s) değerleri kullanılarak

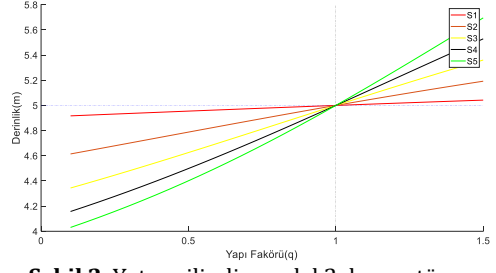
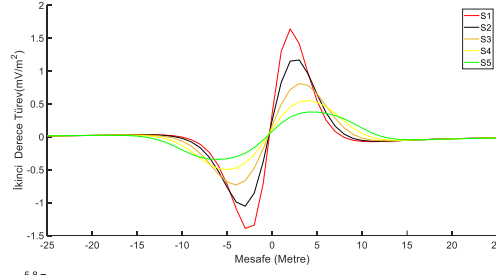
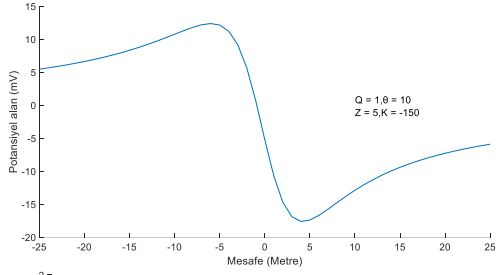
hesaplanmakta, (SP (mV/m) - derinlik (m)) grafikleri çizilmektedir. Sonunda derinlik denklemlerinden yararlanılarak z - q grafikleri elde edilir. Bu çalışmada SP anomalilerinin ikinci ve dördüncü türev işlemi ile değerlendirilmesinin sonuçları verilmiştir.

2.1 İkinci türev çözümü için kuramsal örnekler

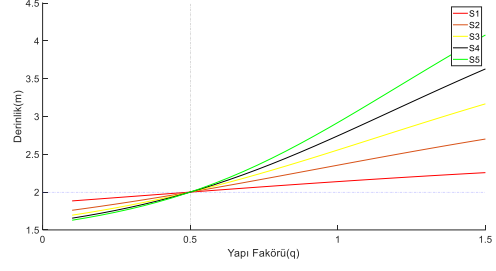
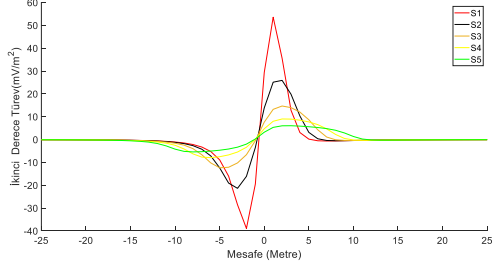
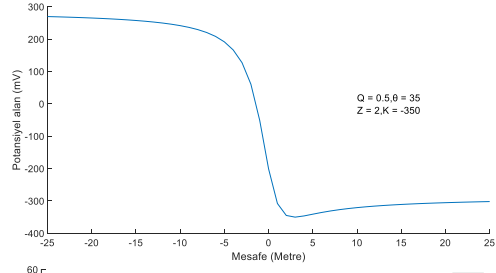
Kuramsal uygulamalarda, küre, yatay silindir ve dikey silindir yapı modellerine ilişkin kuramsal SP anomalileri hesaplanmıştır. Hesaplanan kuramsal SP anomalilerinin ikinci türevleri farklı (s) pencere adımları için belirlenmiş ve grafiklenmiştir. Daha sonra yapı derinliği-yapı biçim faktörü (z - q) 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. Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4 'de küre, yatay silindir ve dikey silindir modellerine ilişkin SP anomali, (s) pencere değerleri için ikinci türev ve yapı derinliği-yapı biçim faktörü (z - q) grafikleri sırasıyla verilmiştir.

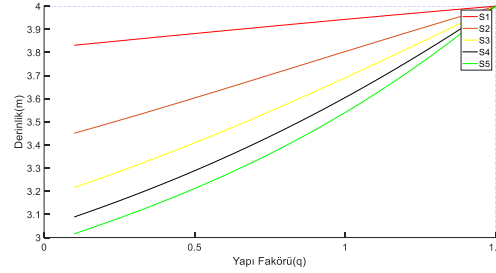
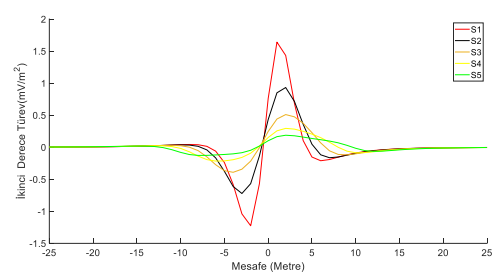
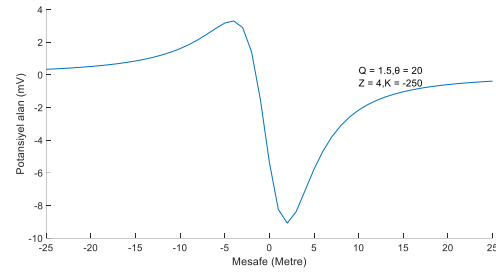
Şekillerden de görüleceği gibi kuramsal anomalilerin oluşturulduğu model yapı model parametreleri (yapı derinliği (z) ve yapı biçimi (q) değerleri) ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.



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



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



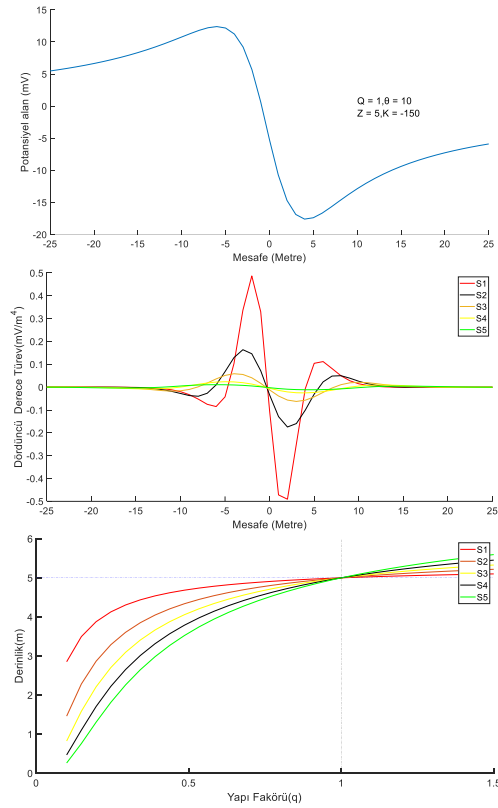
Şekil 4. Küre model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme

2.2 Dördüncü türev çözümü için kuramsal örnekler

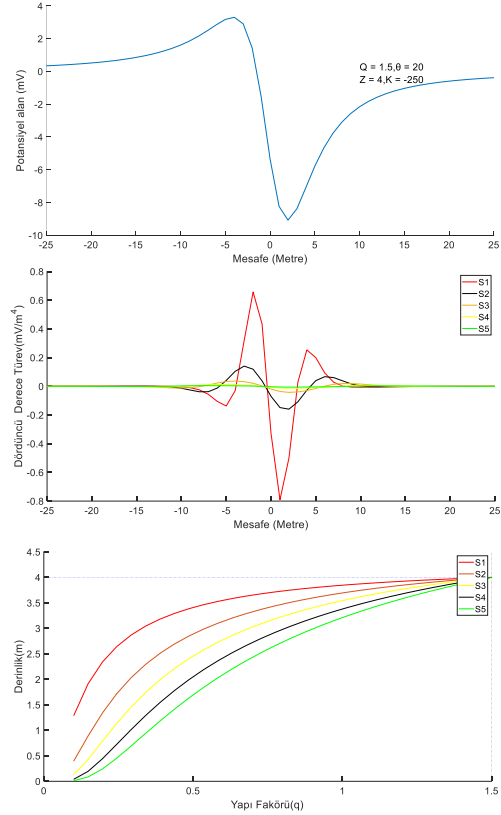
Bu bölümde yapı parametreleri verilen küre ve yatay silindir model yapıları için hesaplanan kuramsal SP anomalileri ikinci türev çözümü için kullanılan yöntemle benzer olarak farklı (s)

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 (Şekil 5 ve Şekil 6). Bu şekillerde küre, yatay silindir ve düşey silindir modellerine ilişkin SP anomali, (s) pencere değerleri için dördüncü türev ve z-q grafikleri sırasıyla verilmiştir.

Şekil 5 ve Şekil 6 'daki z-q grafiklerinden elde edilen yapı derinliği (z) ve yapı biçimi (q) değerleri model yapı parametreleri ile uyumlu olarak elde edilmiştir.



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



Şekil 6. Küre model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme

3. Gürültülü Kuramsal Örnekler

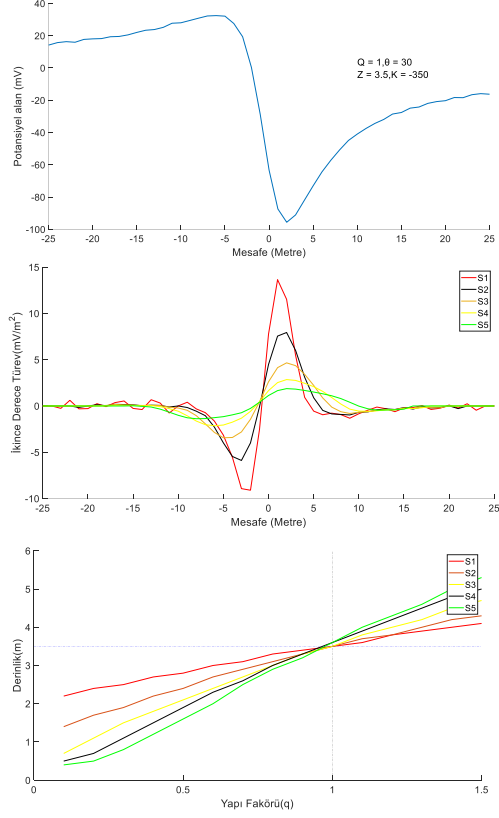
Bu bölümde önceki bölümlerde çözümlenen kuramsal SP anomalilerine gürültü eklenmiş ve açıklanan yöntem sırasıyla ikinci ve dördüncü türev anomali verilerine uygulanmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir

3.1. İkinci derece türev çözümü için gürültülü kuramsal örnekler

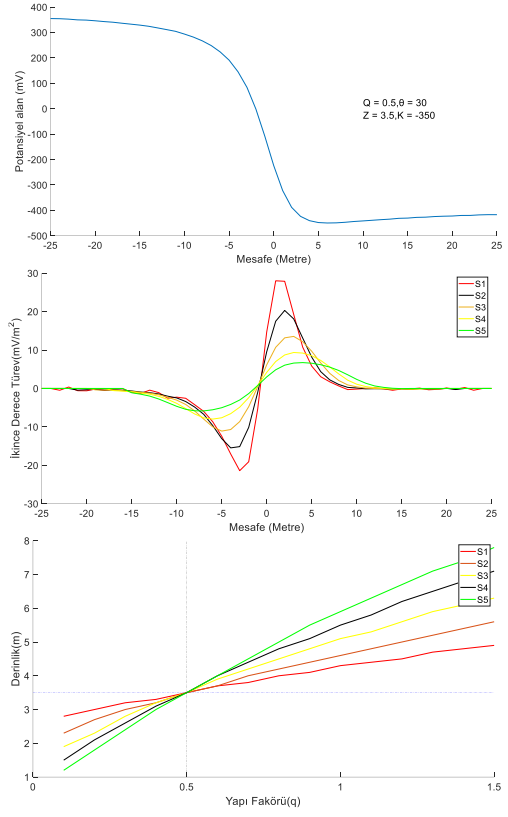
Yatay silindir, düşey silindir ve küre yapı modelleri için SP anomalileri RND alt programı kullanılarak 1,5 kat gürültülü olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan gürültülü anomaliler gürültüsüz kuramsal SP anomali lerine uygulanan yöntem uygulanarak değerlendirilmiştir.

Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9 'da görülen SP anomalileri, türev anomalileri ve yapı derinliği-yapı biçimi (z-q) grafikler elde edilmiştir. Yapı derinliği-yapı biçimi (z-q) grafiklerinden elde

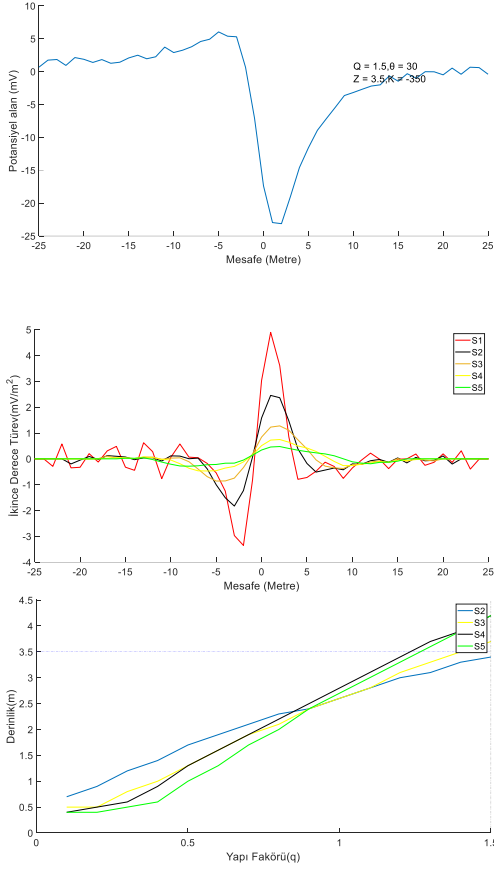
edilen sonuçlar küre modeli dışında kuramsal model parametreleri ile oldukça uyumludur.



Şekil 7. Yatay silindir model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (1,5 kat gürültülü)



Şekil 8. Düşey silindir model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (1,5 kat gürültülü)

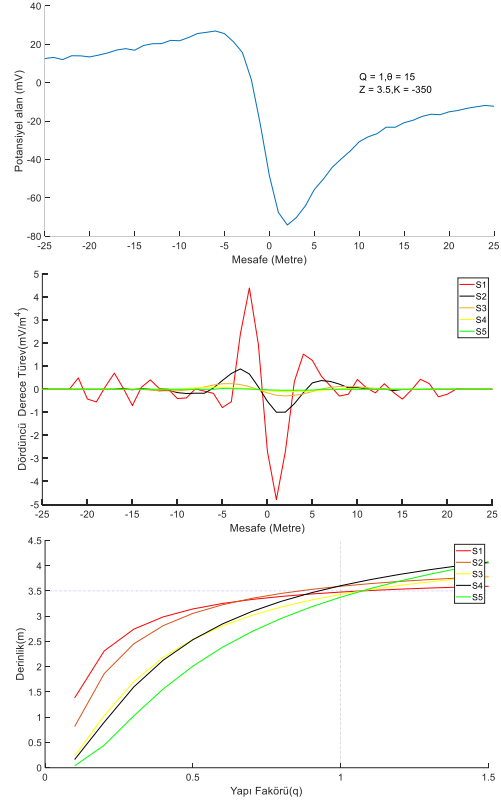


Şekil 9. Küre silindir model 2.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (1.5 kat gürültülü)

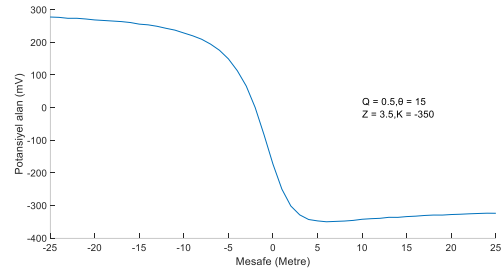
3.2. Dördüncü türev çözümü için gürültülü kuramsal örnekler

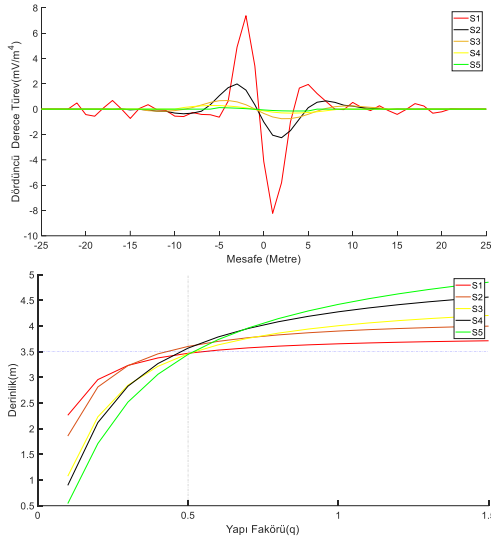
Yatay silindir ve dişey silindir yapı modelleri için SP anomalileri RND alt programı kullanılarak iki kat gürültülü olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan gürültülü anomaliler gürültüsüz kuramsal SP anomalilerine uygulanan yöntem uygulanarak değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirmeler sonucunda yapı derinliği (z) ve yapı biçimi (q) parametreleri kuramsal anomalilerin hesaplandığı yapı modellerinin parametreleri ile büyük bir doğrulukla hesaplanmıştır (Şekil 10 ve Şekil 11).



Şekil 10. Yatay silindir model 4.derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (iki kat gürültülü)





Şekil 11. Düşey silindir model 4. derece türev pencereleme yöntemi ile değerlendirme (iki kat gürültülü)

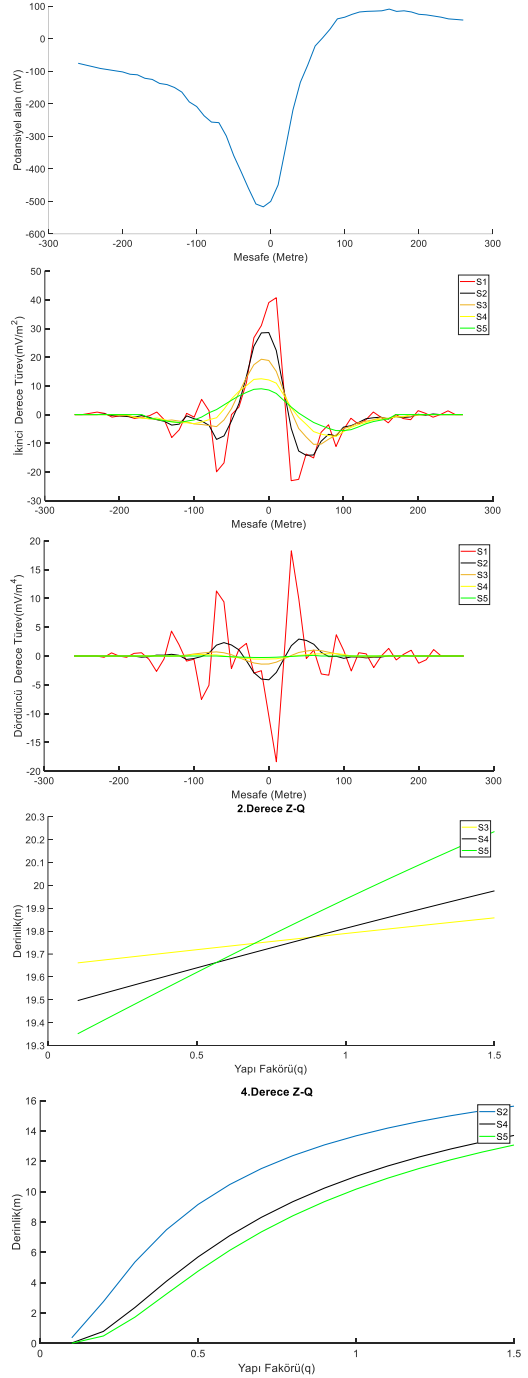
4. Arazi Verilerinin Değerlendirilmesi

Son olarak yöntem arazi verileri olarak literatürden alınan Bavarian Woods [12], Ergani [10], Malachite [2] ve Sarıyer [2] SP anomalileri sayısallaştırılmış, ikinci ve dördüncü sayısal türevleri alınarak açıklanan pencere yöntemi ile değerlendirilmiştir.

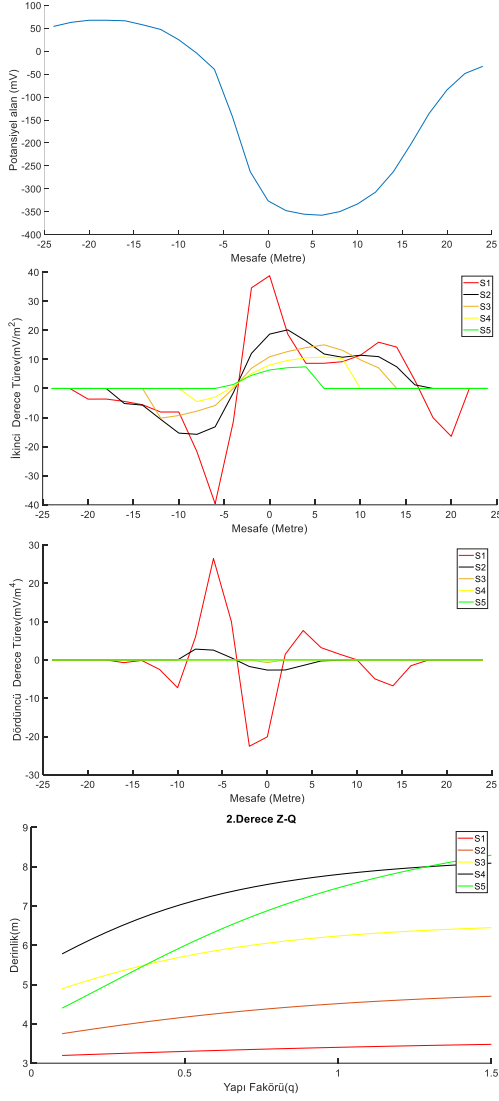
Bavarian Woods anomalisinin değerlendirmesinde ikinci derece türev çözümünde z-q grafiğinde yapı biçim faktörü 0,75 ve yapı derinliği ise 19,7 metre olarak kestirilmiştir. Dördüncü türev çözümlerinin istenilen sonucu vermemesi çözüm yönteminden değil verilerin örnekleme aralığı seçiminden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ergani arazi verisi için pencereleme yöntemi kullanmış olup S pencere uzunluğu (s) 7 ila 10 birim olarak seçilmiştir [10]. Yapı biçim faktörü 0,4, derinliği ise yaklaşık 3,5 metre olarak kestirilmiştir (Şekil 13).

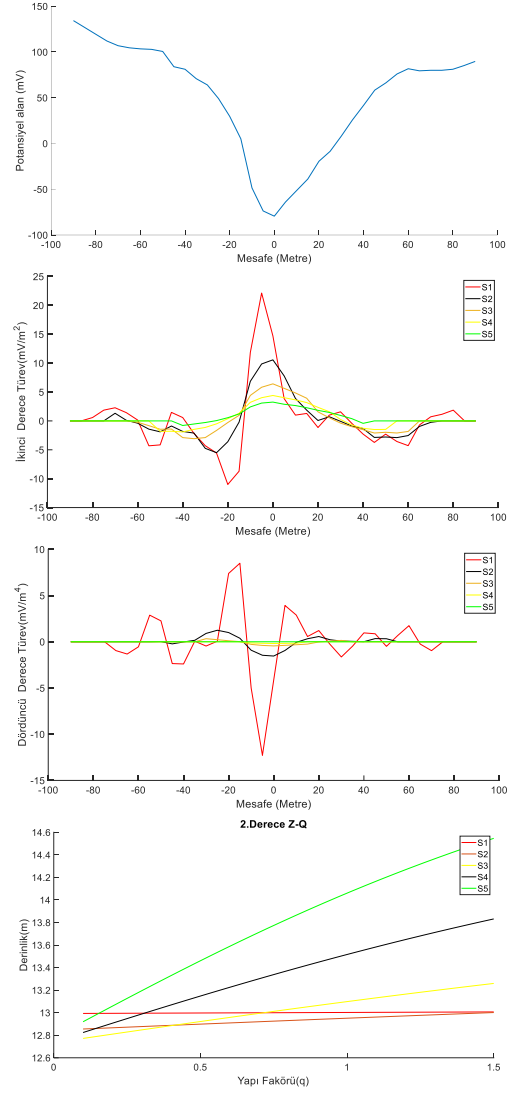
Malachite ve Sarıyer arazi verileri en küçük kareler yöntemi ile değerlendirilmiş ve derinlikler sırasıyla 15.5 ve 24.5 metre olarak hesaplanmıştır [2]. Bu sonuçlar, çalışma kapsamında kestirilen derinlik ve yapı faktörü değerleri ile yakın değerlerdir (Şekil 14 ve 15).



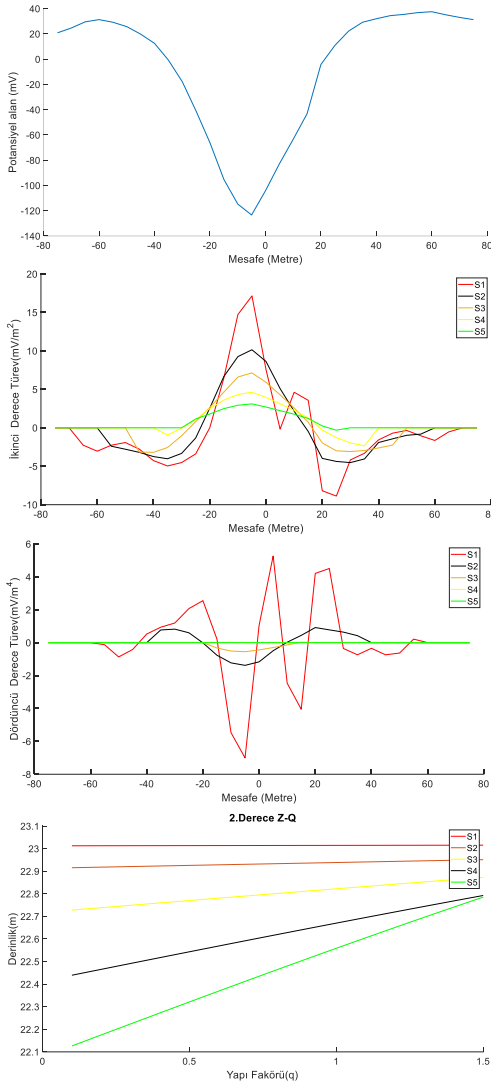
Şekil 12. Bavarian Woods arazi verisinin pencereleme yöntemi ile değerlendirilmesi



Şekil 13. Ergani arazi verisinin pencereleme yöntemi ile değerlendirilmesi



Şekil 14 Malchite arazi verisinin pencereleme yöntemi ile değerlendirilmesi



Şekil 15. Sarıyer arazi verisinin pencereleme yöntemi ile değerlendirilmesi

5. Tartışma ve Sonuçlar

Doğal Potansiyel verilerini pencere eğrileri ile değerlendirilmesi derinlik ve yapı biçim faktörünün saptanmasında hızlı ve kolay uygulanan bir yöntemdir. 20 metre'den 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 sağlanamıştır. 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.

Kaynakça

- [1] Petrowsky, A. (1928). The problem of a hidden polarized sphere, The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, Cilt.5:28, s. 334-353. DOI: 10.1080/14786440508564534
- [2] Abdelrahman, E.M., Saber, H.S., Essa, K.S., & Fouda, M.A., (2004). A least- squares approach to depth determination from numerical horizontal self-potential anomalies. Pure and Applied Geophysics, Cilt. 161, s. 399- 411. DOI: 10.1007/s00024-003-2446-5
- [3] Yüngül, S. (1950). Interpretation of spontaneous polarization anomalies caused by spheroidal orebodies. Geophysics Cilt.15, S. 273-246. DOI: 10.1190/1.1437597
- [4] Meiser, P. (1962), A Method for quantitative interpretation of selfpotential measurements. Geophysical prospecting, Cilt.10, s. 203-218. DOI: 10.1111/j.1365-2478.1962.tb02009.x

- [5] M. K. Paul (1965). Direct interpretation of self-potential anomalies caused by inclined sheets of infinite horizontal extensions. *Geophysics. Cilt. 30*, s. 418-423. DOI: 10.1190/1.1439596
- [6] Bhattacharya, B. & Roy, N. (1981), A note on the use of a nomogram for self-potential anomalies. *Geophysical Prospecting, Cilt.29*, s.102-107. DOI: 10.1111/j.1365-2478.1981.tb01013.x
- [7] Ram Babu, H.V., Atchuta Rao, D. (1988). A Rapid Graphical Method for the Interpretation of the Self-Potential Anomaly over a Two-Dimensional Inclined Sheet of Finite Depth Extent. *Geophysics,Cilt, 53*. s. 1126-1128. DOI: 10.1190/1.1442551
- [8] E.M. Abdelrahman, A.A. Ammar, S.M. Sharafeldin, H.I. Hassanein, (1997). Shape and depth solutions from numerical horizontal self-potential gradients, *Journal of Applied Geophysics, Cilt. 37*, s. 31-43 DOI: 10.1016/S0926-9851(96)00058-4.
- [9] Hafez, M., EL-Qady, G., Awad, S., & 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, Cilt. 31(2A)*, s. 129-145. EID: 2-s2.0-33846427723
- [10] Abdelrahman, E.M., Ammar, A.A., Hassanein, H.I., & Hafez, M. (1998). Derivative analysis of SP anomalies. *Geophysics, Cilt. 63*, s. 890-897. DOI: 10.1190/1.1444399
- [11] Stanley J.M. (1977). Simplified magnetic interpretation of the geologic contact and thin dike. *Geophysics Cilt. 42(6)*, s. 1236-1240. DOI: 10.1190/1.1440788
- [12] Essa, Kh. & Mehane, S. (2007). A rapid algorithm for self-potential data inversion with application to mineral exploration. *ASEG Extended Abstracts. 2007*. DOI : 10.1071/ASEG2007ab090.