

KISIM II

TABLO VE EĞRİLERİN TANIMI

1. SEMBOLLER

Şekil 1 elektrot tipleri ve Şekil 2 jeoelektrik modelleri için kullanılan sembolleri göstermektedir.

Teorik eğriler ve tablolar Şekil 8'de gösterilen iki, üç ve dört-tabakalı yapılar üzerine kurulmuştur. Her n tabakalı yapı n rezistivite ve $n - 1$ tabaka kalınlığı ile karakterize edilir. Tabaka derinlikleri, istenildiğinde tabaka kalınlıklarının toplanması ile elde edilir. Teorik açıdan, her tabakanın elektriki olarak homogen ve isotrop olduğunu kabulde, komşu tabakaların kesin sınırlarla süreksizliğe uğradığı esas alınmıştır.

2. JOELEKTRİK MODEL EĞRİ KÜMELERİ İÇİN KILAVUZ ANAHTARLAR

Herhangi bir jeoelektriksel model eğri kümesinin derlenmesinde faydalı olacak olan tavsiyeler aşağıdadır. Takip edilen esas, takdim edilen kümeye mümkün olan en yakın yoldur. Daha ileri bölümlerde bu ve diğer basılmış eğrilerin esasına faydalı olacak açıklamalar yer alacaktır.

Tabaka Sayıları :

i) Bir küme iki-tabaka eğrilerinin standart koleksiyonunu ihtiva etmelidir.

Bunlar teorik ve tatbiki çalışmalarda faydalı olmakla beraber yalnız başlarına nadiren yeterlidirler.

ii) Teorik eğrilerin esas kısmını, sistemin E_i , ρ_i parametrelerine bağlı olarak, dikkatle mantık ışığı altında seçilmiş üç-tabaka eğrilerinin büyük bir koleksiyonu meydana getirmelidir.

Yardımcı nokta metodu, çok tabakalı problemlerin üç-tabaka haline indirgenerek çözümüne imkân verdiğinden, bu eğriler kıymetlendirme işleminin basit ve fakat esas malzemesi olarak kullanılabilir. Tatminkâr olmamakla beraber iki-tabaka teorik eğrileri ile de yardımcı nokta metodu kullanılabilir.

iii) Bir model eğri kümesi, geniş bir tabaka kalınlık ve rezistivite aralığı üzerine kurulmuş, yeterli sayıda dört-tabaka eğrilerini de ihtiva etmelidir.

Anormal sayıda teorik eğriye ihtiyaç duyulmasından dolayı, basit bir değerlendirme malzemesi olarak kullanılması sınırlanmıştır. Bu eğrilerin verilmesinde ki gaye, dört tabaka eğri karakterleri hakkında genel bir bilgi vererek; arazi eğrilerin hassas olarak yardımcı nokta ve diğer metodlar ile değerlendirmesi yanında, yaklaşık bir kıymetlendirmeye imkân sağlamaktadır. Flathe (1963, p. 473) tarafından arazi eğrilerinin yardımcı nokta metodu ve üç-tabaka eğrileri ile olduğu gibi, dört-tabaka eğrileri ile de değerlendirilmesi geniş olarak verilmiştir.

Tabaka Parametrelerinin Seçimi :

iv) Mantıki bir yolla; bir değerden kendisi kondüktif veya rezistif olması halleri limit durumlar olarak bilhassa önemlidir. Önemleri saha pratiklerinin bu limit haline

yakın olması yanında, özel eğri kümelerini gerektirecek yönde şekillenmelerinden ileri gelmektedir.

v) Rezistivite ve kalınlık parametreleri, değerlendirme kolaylığı verecek şekilde tam sayı veya ondalık sistem esasına göre verilmiş olmalıdır.

vi) Rezistivite ve kalınlık parametreleri, hakiki saha çalışmalarının esasları üzerinden en faydalı neticeyi verecek şekilde seçilmelidir.

vii) Mümkün olduğu kadar geniş bir genel tatbikat sahasına hizmet edebilmek için bütün değerler boyutsuz şekilde ifade edilmelidir.

tabakasının rezistivitesi ρ_1 cinsinden verilmesi kalınlığı E_1 ve rezistivitelerinde, yine birinci

Bütün uzunlukların, birinci tabakanın ile bu temin edilebilir. Eşdeğer neticeler $E_1 = 1$ ve $\rho_1 = 1$ alınmakla elde edilir. Birim değer haricinde kalan değerler, uygun bir faktörle çarpılmak suretiyle elde edilebilir. Not edilmelidir ki, kalınlık ve rezistivite bağımsız parametreler olduğundan, bunlardan birinde değişme yapmadan diğerini değiştirmek mümkündür.

Eğrileri Çizim Metodu :

viii) Eğriler çift logaritmik eksenli kâğıtlar üzerine çizilmelidir. Böyle bir çizim, eğrilerin şekil ve büyüklüklerini ölçülerin birimlerinden bağımsız kılar. Bu işlem, ayrı eğri kümelerin, herhangi bir değişikliğe gerek olmamaksızın, sığ veya derin etütlerde düşük veya yüksek rezistivitelere tatbikat imkânını verir. Logaritmik kâğıtlar üzerine eğrilerin çizilmesi, çakıştırma metodu ile yüzey tabakası kalınlık ve rezistivite değerlerini kolay bir şekilde bulmamıza imkân verir.

ix) Logaritmik kâğıdın ölçeği dikkatle seçilmelidir.

Uygun bir ölçek, arazi bilgilerinin yeterli bir sıhhatle kullanılmasına imkân verir. Bu kâğıtlar, kullanma kolaylığı verecek şekilde küçük ve kolayca temin edilecek cinsten olmalıdır. Neticelerin kolayca karşılaştırılması bakımından, diğer jeofizikçiler tarafından kullanılan ölçek tercih sebebi olabilir.

62,5 mm/devir'lik kâğıtlar yukarıdaki özellikleri taşıyor görünmektedir. Ticari olarak 551 T ile ifade edilen bu tip kâğıt, Aerni - Leuch, Berne, İsviçre adresinden temin edilebilir.

Diğer Düşünceler :

x) Eğrilere ek olarak, bilgiler nümerik tablolar halinde de verilmelidir.

Bu tablolar, basılmış eğrilerden daha sıhhatli neticeler verir. Kullanana göre değişik ölçekli kâğıtlar üzerine eğrilerini çizim ve farklı kombine imkânı olarak tablolar çok faydalıdır. Aynı zamanda bu tablolar eğri kısımları ve rezistivitenin özel karakteristikleri üzerinde detaylı çalışma imkânı da verir.

xi) Eğriler, kullanılan elektrot dizimlerine mümkün olduğu kadar tatbik edilebilmelidir.

xii) Yukarıdakilerine ek olarak; tablo değerleri ile eğriler hassas bir şekilde karşılaştırılarak büyük bir dikkatle grafik haline getirilmelidir. Eğrilerin kolayca eskimeyen değişmez materyaller üzerine çizilmesi de oldukça önemlidir.

3. TABAKA PARAMETRELERİNİN SEÇİMİ

Eldeki bu tablo ve eğri kümesi 25 adet iki-tabaka, 912 adet üç-tabaka ve 480 adet dört-tabaka halini ihtiva etmektedir. Bölüm I.5 de anlatılan sınıflama üzerinden üç-ta-

baka eğrileri 76 ve dört tabaka eğrileri de 30 sınıf altında toplanabilir.

Yukarıda izah edildiği gibi yüzey tabakasının kalınlık ve rezistivite birim olarak alınmıştır. Geriye kalan diğer rezistivite değerleri aşağıdaki şekilde kabul edilmiştir.

0.00	0.65	5.0
0.025	0.8	10
0.05	1.0	20
0.1	1.25	∞
0.4	2.50	

Üç-tabaka halleri, mümkün olan bütün kombinasyonları ihtiva etmeyip, tecrübelerimizde pratikte görülen en sık rastlanabilecek 76 ihtimali kapsamaktadır.

Üç-tabaka hallerinde, ikinci tabakanın kalınlıkları olarak aşağıdaki değerler alınmıştır:

0.1	0.7	5
0.2	1	10
0.3	2	15
0.5	3	25

Bütün ihtimaller hesaba katıldığında $76 \times 12 = 912$ hal elde edilir. Bunlar, 25'er sınıf H ve K tipi eğriler ile 13'er sınıf Q ve A tipi eğriler meydana getirir.

Dört-tabaka hallerindeki parametreler, yukarıda belirtilen rezistivite değerleri ile aşağıdaki kalınlıklardan hareketle seçilmişlerdir.

$$E_2 = 1, 2, 3, 5$$
$$E_3 = 1, 3, 5, 10, 25$$

Aşağıda belirtilen ve 30 sınıfta toplanan eğriler, 480 dört-tabaka haline tekabül eder.

4 H K Tipi	3 H A Tipi
8 K E Tipi	4 K Q Tipi
4 Q H Tipi	2 Q Q Tipi
3 A K Tipi	2 A A Tipi

4. TABLOLARIN DÜZENLENMESİ

Görünür rezistivitenin her tablosu, model eğri ailesini ve münferit tabaka rezistivite değerlerini verecek şekilde başlıklanmıştır. Tablo ve eğriler, aynı sınıf semboller ile belirlenmişlerdir. Rezistivite değerleri yüzey tabakasının rezistivitesi ρ_1 çarpanı olarak verilmişlerdir.

Her tabloda; üst sıra yüzey tabakasının kalınlığı, E_1 ile çarpılacak şekilde ifade edilen elektrot uzaklığının numerik değerini vermektedir.

Elektrot uzaklığı Schlumberger sistemi için, «L» ve Werner sistemi için de «a» olarak gösterilmiştir.

İlk iki sütun tabaka kalınlıklarını vermektedir. E_2 ve E_3 yüzey tabaka kalınlığı E_1 'in çarpanı halinde ifade edilmiştir. Bazı sıralarda $E_1 = 10$ ve diğerlerinde $E_1 = 1$ olduğu belirtilmelidir. Bu E_2 ve E_3 değerlerini tam tutmak için yapılmıştır. İstenildiği takdirde kalınlık ve elektrot uzaklığının 10'a bölünmesi halinde tablolar geçerli olacaktır.

Tablolarda, her durumdaki görünür rezistivite yüzey tabaka rezistivitesi ρ_1 çarpanı olduğu halde ifade edilirken, Schlumberger veya Werner sistemleri için verilen değerler S ve W ile belirlenmişlerdir.

Tablodaki değerler en aşağı üç rakam olarak verilirken, virgülden sonra üç hane yeterli görölmüştür. Bununla beraber gerekli hallerde virgülden sonra dört hane de verilmiştir.

Tablolar, iki-tabaka, üç-tabaka ve dört-tabaka için değerler verecek şekilde tanzim edilmişlerdir. Münferit eğri ailelerine ait tablolar beraber gruplanmışlardır. Her grup içinde en küçük değer ilk ve en büyükte son olarak verilmiştir. Dört-tabaka hallerinde, en küçük gruplama olarak E_2 için sabit bir değer kullanılırken E_3 'e ait tüm değerler alınmış ve E_2 değerleri değiştirilerek bu işleri tekrarlanmıştır.

5. TEORİK EĞRİLERİN TANZİMİ

Teorik eğrilerin her bir sayfası bir veya daha fazla eğri ailesini ihtiva etmektedir. Sayfalar üzerindeki eğri aileleri, meselâ ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 rezistivitelerine tekabül edecek şekilde, 1 - 40 - 20 gibi tabaka rezistiviteleri ve $K = 25$ şeklinde harf sembollerle olmak üzere, iki şekilde belirlenmişlerdir. Geriye kalanlar da indeks işaretleri olarak ordinat boyunca sıralanmışlardır.

Münferit eğriler, üç - tabaka hallerinde E_2 'nin ve dört-tabaka hallerinde de, E_2 ve E_3 'ün tayin edilmiş değerlerine göre birleştirilmişlerdir. Yapıya ait diğer parametreler sayfa larına altlarında verilmiştir.

$AB/2$ 'ye eşit olan «L» için yatay eksen şekil 1 ile verilmiştir. Düşey eksen görünür rezistiviteyi göstermektedir. Kalın çizgilerle gösterilen eksenlerden yatak olanı $\rho_a = 1$ 'e düşey olan da $L = 1$ 'e tekabül eder Eğri ailelerine ait genel bilgiler II.4 bölümünde verildiği gibidir.

İki-tabaka eğrileri, münferit eğriler özel ρ_2 değerleri ile gösterilecek şekilde değişik bir şekilde tanzim edilmişlerdir.

6. DAHA ÖNCEKİ ÇALIşMALARLA İLĞİ

Bir çok jeoelektriksel model eğriler diğer yazarlar tarafından hazırlanmıştır (Elektrik kuyu logları için hazırlanmış eğriler yüzey ölçülerine tatbikleri mümkün olmadığından buradaki münakaşamız dışında bırakılmıştır). Bu setler gaye ve genelikleri bakımından farklıdırlar. Bazılarının baskıları bitmiş olup bazıları da Batı'da yoktur.

Tümü birden kullanışlı olmamakla beraber, aşağıdaki setler Schlumberger elektrot sistemi için mevcuttur.

i) Sovyet Rusya'da Petrol Endüstrisi Araştırma Enstitüsü (Institute of Oil Industry Investigation) tarafından 1941 yılında basılan G. P. Kolleksiyonu; bu set 72 grup altında 720 üç-tabaka eğrisi ihtiva eder. Kısım en de olsa Compagnie Générale de Géophysique (Paris), tarafından yapılan hesaplar üzerine kurulmuştur.

ii) A. M. Pylaev tarafından hazırlanıp bir devlet organizasyonu olan V.S. G.I. tarafından yayınlanan Rus Kolleksiyonu. Bu setler her eğri durumunu tayin etmek için, Ebert (1941) noktası ve S ve T çizgileri kullanılarak alışık olunmayan bir yolla grafikler halinde gruplandığından bilhassa karakteristiktir.

iii) Compagnie Générale de Géophysique tarafından hesaplanarak 1955 ve 1963 yıllarında Avrupa Jeofizikçiler Birlięinin işbirliği ile basılan eğri takımı da, 480 adet üç-tabaka eğrisi ihtiva etmektedir.

iv) Flathe (1963) tarafından seçilerek 72 adet beş-tabaka eğrisinden meydana getirilen set.

Wenner elektrot sistemi için hazırlanmış ve fakat mevcudu kalmamış koleksiyon 2400, iki, üç ve dört-tabaka kombinezonları için Mooney ve Wetzel (1956) tarafından hazırlanmıştır. Seçilmiş eğriler olarak, Tagg, Roman, Watson ve diğerleri tarafından hazırlanmış sayıları bir kaç geçmeyen eğriler de vardır.

Wenner ve Schlumberger sistemlerinin ikisine birden hizmet edebilecek tablolar, 100 adet üç-tabaka eğrisi olarak, Wetzel ve McMurry (1937) ve 31 adet üç-tabaka haline göre eğri de, Koefoed (1955) tarafından verilen yegane çalışmadır. Mooney ve Wetzel (1956) tarafından görünür rezistivite tabloları ile karşılaştırılabilecek şekilde, potansiyel fonksiyon tabloları da verilmiştir.

Mevcut bilgilerden anlaşıldığına göre, genel olarak kullanmaya hazır yegâne eğri kümesi C.G.G. tarafından hazırlanan Schlumberger sistemine tatbik edilebilir 480 adet üç-tabaka eğrileridir. Yeni hazırlanan bu seti, C.G.G.'nin setinden ayıran hususlar kısaca aşağıda verilmiştir.

- i) Dört tabaka eğrileri ihtiva etmektedir.
- ii) Yeni küme, hemen hemen, iki misli üç tabaka eğrisi ihtiva etmektedir.
- iii) Farklı parametreler kullanılmıştır.
- iv) Tam ve ondalık sayılar kullanılmıştır. (Oysa C.G.G.'nin setleri 7/3, 1/19 şeklinde kesirler ihtiva etmektedir).
- v) Eğrilere ilâve olarak nümerik tablolar verilmiştir.
- vi) Nokta hesaplarında daha çok hane hesaba katılarak eğriler tanımlanmıştır.
- vii) Schlumberger sistemi ile beraber Wenner sistemi için de tablo ve eğriler verilmiştir.

7. HESAPLAMA TEORİSİ

Teori ve hesaplama yolunun daha geniş olarak tüm izahı başka kaynaklardan temin edilebilir Mooney, Orellana, Pickett ve Tornheim, 1956). Okuyuculardan, ilgilenenler yukarıdaki kaynaklara müracaat edebilirler. Temel münasebetler Stefanescu et al (1930) tarafından verilmiştir. Tabakalı yarı-sonsuz bir ortam üzerindeki I akımının r uzaklığında meydana getirdiği V potansiyelinin dağılımı aşağıdaki şekilde verilir:

$$V(r) = \frac{\rho_1 \cdot I}{2\pi r} (1 + 2r) \int_0^{\infty} \theta J_0(rt) dt \quad (11)$$

Burada ρ_1 yüzey tabakasının rezistivitesi; J_0 , sıfır sırasından birinci derece Bessel fonksiyonu; ve θ , «Kernel» fonksiyonudur. Kernel fonksiyonu, tabaka rezistivitelerine, kalınlıklarına ve entegrasyon parametresi t'ye bağlıdır. Homogen ve isotrop bir ortamda $V(r)$, (1) denklemine dönüşür.

Herhangi bir elektrot sistemi için, münferit akım kaynaklarının hasıl ettikleri potansiyeller cebrik toplamaya tâbi tutularak ΔV elde edilebilir. Denklem (3)'te ΔV yerine konulduğunda, görünür rezistivite için teorik bir ifade elde edilir.

Schlumberger sistemi için netice :

$$\rho_0/\rho_1 = 1 + 2L^2 \int_0^{\infty} \theta J_1(Lt) dt \quad (12)$$

olup, tablolarda S olarak ifade edilen RS (L) serabolü ile verilirken; Wenner sistemi için de :

$$\rho_a/\rho_1 = 1 + 4a \int_0^{\infty} \theta \left[J_0(at) - J_0(2at) \right] dt \quad (13)$$

olan ifade tablolarda W ile gösterilen R W (a) sembolü ile verilir. Burada J₁ Bessel fonksiyonudur.

Nümerik olarak, bu denklemlerin çözümü yukarıda bahsedilen kaynaklarda izah edilmiştir. θ , Kernel fonksiyonu terim terim analitik entegrasyona imkân verecek şekilde seriye açılmıştır. Bu açılım, işlemin elektronik hesap makinalarında yapımına imkân verir. Diğer rutin işlemler, gerekli katsayılar seriyi meydana getirecek şekilde seçilerek yapılır. Elde edilen formüllerin kullanılması ile işlem istenildiği kadar tabaka sayısına tatbik edilebilir.

8. DİĞER ELEKTROT SİSTEMLERİNE UYGULAMA

Tablo ve eğriler Şekil 1'de verilen elektrot sistemlerine tatbik edilirken, diğer elektrot sistemleri için teorik neticeler elde etmekte de kullanılabilir.

Wenner sistemi için verilen neticeler herhangi bir değişikliğe ihtiyaç olmadan üç-elektrotlu Wenner sistemi içinde kullanılabilir. Bu neticeler aynı zamanda Lee elektrot sistemi için de uygulanabilir. Bu halde, görünür rezistivite ifadesi, Wenner için bulunan ifadeden, 2 çarpan faktörü ile elde edilebilir.

Schlumberger sistemine ait neticeler, herhangi bir değişikliğe uğramadan üç-elektrotlu Schlumberger için tatbik edilebilir.

Azimutal-dipol elektrot sistemi için, tabakalı yapılar üzerinde, görünür rezistivite daha evvel verilen (12) denklemi ile ifade edilebilir.

$$\rho_a/\rho_1 = \frac{r_2^3}{r_1^3 + r_2^3} RS(r_1) + \frac{r_1^3}{r_1^3 + r_2^3} RS(r_2) \quad (14)$$

RS, 12 denkleminde izah edildiği gibi RS (L) sembolünden gelmektedir. Şekil 1 de (X + L)» MN olduğu takdirde, yukarıdaki denklem tatbik edilebilir. $\theta = 90^\circ$ olması halinde $r_1 \gg r_2$ olacağından (14) denklemi,

$$\rho_a/\rho_1 = RS(r_1) \quad (15)$$

şeklini alır ki, Schlumberger eğrileri direkt olarak kullanılabilir. $\theta = 90^\circ$ olması halinde sistem, özel olarak ekvatoryal - dipol olarak isimlendirilir.

θ açısının 90° ye yakın olması ile $X > L$ şartı hallerinde, r_1 ve r_2 , X olarak alınabileceğinden (14) denklemi yaklaşık olarak;

$$\rho_a/\rho_1 = RS(X) \quad (15a)$$

şeklinde yazılabilir.

$$70^\circ \leq \theta \leq 110^\circ \quad \text{ve} \quad X/L \geq 3,3, \quad X/MN \geq 5$$

olması halinde, yukarıdaki denklem geçerlidir (Tarkhov, 1963). Arazi bilgilerinde, genel olarak, küçük tashihler yapıldığı Berdichevskii tarafından izah edilmiştir (Berdichevskii, 1958).