

DÜŞEY ELEKTRİK SONDAJLARDA İLİŞKİ KATSAYISININ UYGULANMASI

Application of the Correlation Coefficient to the Electrical Sounding

Rahmi PINAR* ve Zafer AKÇIĞ*

ÖZET

Bu çalışmada; düşey elektrik sondaj noktaları arasındaki benzer yapıların gruplandırılması için Habberjam (1976, 1979) tarafından geliştirilen, benzerlik parametresinin saptanmasındaki kriterlerin, fiziksel anlamının ne olduğu ve jeolojik yapılarla uyumu veya uyumsuzluğu tartışılmıştır. Ayrıca, aynı işlemin benzerlik parametreleri yerine ilişki parametreleri kullanılarak yapıldığında elde edilen sonuçların kuramsal model ve jeolojik yapıdaki uyumu araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, oluşturulan kuramsal elektrik ortam modellerine Habberjam (1976) yöntemi uygulanarak benzerlik parametresi yardımıyla benzer ortamlar saptanmaya çalışılmıştır. Ancak elde edilen sonuçlar incelendiğinde; uygulamada "C" katsayısının seçimindeki kriter eksikliği nedeni ile yöntemin her yapıda aynı sonucu vermediği ve bazen benzer ortamlarda da farklı "C" katsayılarının elde edildiği gözlenmiştir. Bu çelişkiyi giderilebilmek için aynı işlem, benzerlik parametresi yerine fiziksel olarak daha anlamlı olan ve istatistikte yaygın olarak kullanılan ilişki katsayısının uygulanması ile elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ilişki katsayılarının çok daha anlamlı ve iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Ayrıca ilişki katsayısının değişik uygulamaları (kayan pencere, ilişkilendirme, vb.) yardımıyla, iki katmanlı ortamlarda katmanları ayırmada ve değişik derinliklerdeki yatay süreksizliklerin saptanmasında oldukça başarılı sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Model veriler üzerinde gerçekleştirilen başarılı uygulamalar sonucu yöntem gerçek arazi verileri üzerinde de uygulanmıştır. Yapılan uygulamalar sonucu yöntemin; gerek benzer ortamların ayrılmasında gerek iki katmanlı ortamlarda katman ayrımlılığında gerekse jeolojik olarak gözlenmiş yanal süreksizliklerin saptanmasında oldukça başarılı ve duyarlı sonuçlar verdiği saptanmıştır.

ABSTRACT

In this study, the physical sence of the criteria in determining the likeness parameter developed by Habberjam (1976, 1979) with a view to grouping similar bodies between vertical electrical sounding points, has been discussed as well as how fit these criteria for geological structures. With the same view, by applying Habberjam method to the theoretic electric domain models formed, we tired to determine similar domains through likeness parameter. However, when we examined the results we observed that the method didn't give the same results in each structure; due to the lack of criteria in choosing the "C" coefficient in application and it was also observed that the "C" coefficient sometimes differed even in similar domains. Because of this contradiction, the same procedure was tired by using correlation coefficient that are more reasonable and commonly used in statistic, as a consequence of which the correlation coefficients were observed to have given much better results. Moreover, by using various applications of correlation coefficients (such as moving window, correlation etc..) many successful results were obtained in separating the layers in two-layer domains and determining horizontal discontinuity in various depths.

Owing to the successful applications on theoretical data, the same method was applied on field data, and it was proved to be rather successful since (as) it gave precise results both in separation of similar domains and determination of layers in two-layer domains in addition two the determination of horizontal discontinuity, geologically observed.

GİRİŞ

Kayaçların yatay ya da düşey yöndeki elektriksel iletkenliklerinden yararlanarak jeolojik yapının ortaya konması elektrik yöntemlerin uygulanmasındaki temel amaçtır.

Bu amaç doğrultusunda arazide gerçekleştirilen ölçümler sonucu elde edilen görünür öz direnç değerleri, çeşitli değerlendirme yöntemleri (abak çakıştırma, modelleme vb.) yardımıyla değerlendirilerek, ortamdaki katmanlara ilişkin kalınlık ve öz direnç parametreleri saptanır. Saptanan bu parametrelerden yararlanarak ortama ilişkin kuramsal jeolojik model ortaya konur.

Ancak, araziden elde edilen verilerin yukarıda değinilen yöntemler kullanılarak yorumlamadan önce, bu tür bir ön değerlendirme yöntemi uygulanarak, en baştaki düşey elektrik sondaj (DES) eğrilerinin gruplandırılması araştırmacıya oldukça büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

Habberjam (1976), bu noktadan hareketle aynı dizilim sistemlerini (Wenner α , β ve kare dizilimleri) kullanılarak yapılan elektrik sondajları, logaritmik değişimlerin temelindeki ilişki yardımıyla karşılaştırmış ve "A_{ij}" ile gösterilen benzerlik parametresini geliştirmiştir.

Çakır (1984), benzerlik parametresini İzmir-Seferihisar yöresine ait öz direnç düşey elektrik sondaj verilerine uygulamıştır. Aynı yöntemi Kutlu (1987), Aydın-Germencik jeotermal alanına ait öz direnç derinlik sondajı verilerine uygulayarak, sondaj noktaları arasında karşılaştırma işlemini gerçekleştirmiştir.

Habberjam (1979) da çalışmasını biraz daha ilerleterek aynı dizilim türlerinin çeşitli jeolojik yapılarıdaki davranışlarını inceleyerek benzerlik parametresine ait sınırlamaları vermiştir.

Bu çalışmada ise Habberjam (1979) un uyguladığı kare ve Wenner dizilimleri yerine Schlumberger dizilimi kullanılmıştır. Söz konusu yöntem model veriler üzerinde denenerik benzer ortamların ayrılmasına çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, yöntemin her yapıda olumlu sonuç vermediği ve bazen benzer ortamlarında farklı yorumlandığı gözlenmiştir. İkinci adımda, aynı işlem model verilerde, fiziksel olarak daha anlamlı olan ilişki katsayısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, ilişki katsayısı uygulamasının daha başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bu yöntem uygulanırken göz önüne alınması gereken en önemli noktalardan biri, açılım doğrultularının süreksizlik sınırlarını kesmesinden kaynaklanacak sorunların önüne geçebilmek için, açılım doğrultularının süreksizlik sınırlarına koşut olması gerektiğidir. Başka bir deyişle öz direnç açılımları hep aynı ortamda kalmak zorundadır.

Geliştirilen yöntemin başarısı bu şekilde kanıtlandıktan sonra değişik uygulamalara geçilmiştir. İlk adımda, belirli bir derinlik penceresi kullanılarak değişik derinliklerdeki öz direnç değerlerinin karşılaştırılması yapılarak yanal süreksizliklerin saptanmasına çalışılmıştır. İkinci adımda ise derinlik penceresi aynı bir DES eğrisi üzerinde kaydırılarak, katmanlı yapılarda katman kalınlıklarının saptanmasına çalışılmıştır. Uygulamanın son adımında ise yöntem gerçek arazi verilerine uygulanmıştır. Öncelikle jeolojik olarak saptanan bir fayın yeri bu yöntem yardımıyla jeofizik verilerle de saptanarak arazi verilerinde de kolaylıkla uygulanabilirliği gösterilmiştir.

YÖNTEMLER

Bu bölümde önce benzer yapıların karşılaştırılması için geliştirilmiş benzerlik parametresi yöntemine, daha sonra bu çalışma içeriğindeki geliştirilen ilişki katsayısı ve kıyaslama penceresi yöntemlerine sırasıyla değinilecektir.

Benzerlik Parametresi

Arazide ölçülen görünür öz direnç değerlerinin elektrod açılım aralığına bağlı olarak değişimi, jeolojik yapı hakkında bilgi edinmemize yardımcı olur. Uygulamada yaygın olarak kullanılan dizilim türleri ile yapılan öz direnç ölçümlerinde (Schlumberger, Wenner, Kare vb.) logaritmik ölçekleme kullanımı uygun bir kriter olarak kabul edilmiş ve öz dirençteki değişim oranının, öz direnç büyüklüğünden etkilenmesinin önüne geçilmiştir. Böylece aynı dizilim sistemi kullanılarak gerçekleştirilen düşey elektrik sondaj (DES) verileri logaritmik değişimlerin temelindeki bu ilişki yardımıyla kıyaslanabilir (Şekil 1).

Logaritmik değişimlerin temelindeki ilişki, A_{ij} ile simgelenen "benzerlik parametresi" yardımıyla aşağıdaki bağıntı ile verilir (Habberjam, 1976).

$$A_{ij} = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n [\log_{10} \rho_a(k, i) - \log_{10} \rho_a(k, j)]^2 \quad (1)$$

Bu bağıntıda; $\rho_a(k, i)$; i sondajının r'inci açılımındaki ve $\rho_a(k, j)$: j sondajının r'inci açılımındaki öz direnç değeridir.

A_{ij} ile simgelenen benzerlik parametresinin temel özellikleri ise :

1. i ve j sondaj eğrileri, hem şekil hem de büyüklük yönünden aynı ise logaritmalarının farkı sıfırdır (A_{ij} = 0). Yani her iki ortam tam olarak benzerdir.
2. Düşük öz dirençli ortamlardaki iki DES eğrisine ait A_{ij} nin değişim oranı, yüksek öz dirençli ortamlardaki iki DES eğrisine ait A_{ij} ile aynı olacaktır. Yani düşük öz direnç ve yüksek öz direnç seviyelerindeki benzerlik farkı olmayacaktır.
3. Eğer ortamlar hem yüksek hem de düşük öz direnç seviyeleri içeriyorsa, diğer bir deyişle ortamlar karışık ise benzerlik farklı olacaktır, şeklinde tanımlanmaktadır.

Benzerlik parametresini uygulayabilmek için iki boyutlu bir yapı üzerinde saptanan DES noktaları göz önüne alınır (Şekil 2b). Örnek olarak alınan şekil göz önüne alındığında bazı benzer yerlerin varolduğu açıkça görülmektedir. Benzerlik parametresi yardımıyla bu benzer yerlerin ayrtlanabilmesi için DES noktalarının karşılaştırılması gerekir. Bu karşılaştırma işleminin yapılabilmesi için araziden (veya modelden) elde edilen DES verilerinden yararlanılarak A_{ij} profilleri (i sabit) oluşturulur (Şekil 2a). Oluşturulan bu profiller üzerinde sabit bir C düzeyi saptanır. C düzeyinin sağlıklı olarak saptanabilmesi için inceleme alanının jeolojisi iyi bilinmelidir. Ayrıca bir sabit olan C'nin, olabildiğince küçük seçilmesi gerekir (uygulamada bu düzey 0.01 veya 0.03 olarak alınmaktadır). Sonuçta A_{ij} < C koşuluna uygun noktaların benzer olduğu kabul edilir (Habberjam, 1976).

İlişki (Korelasyon) Katsayısı

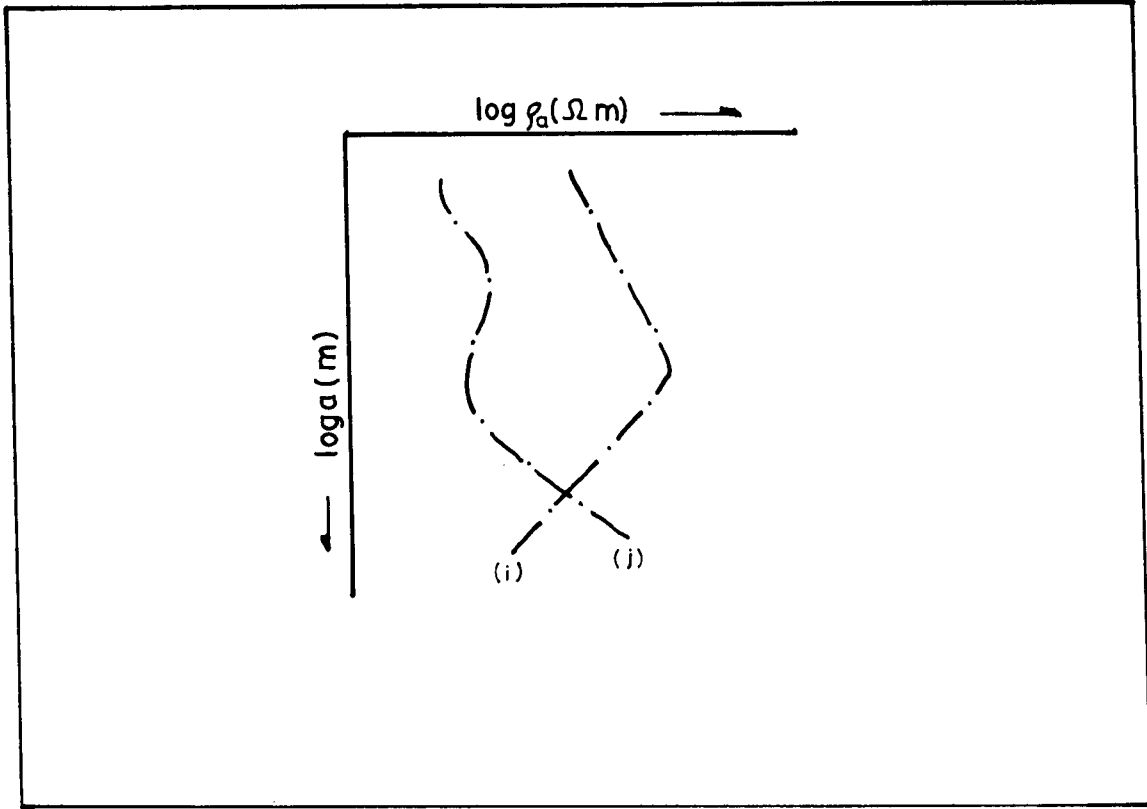
İstatistikte yaygın olarak kullanılan ilişki katsayısı; iki sondaj eğrisi (i ve j) arasında ortak değişiminin (otokovaryans), sondaj eğrilerinin herbirinin standart sapmalarının çarpımına oranı olarak tanımlanır ve

$$R_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sigma_i \sigma_j} \quad (2)$$

bağıntısı ile verilir.

Bu bağıntıda; K_{ij}, i ve j sondaj arasındaki ortak değişimi, σ_i ve σ_j ise i ve j sondaj eğrilerinin standart sapmalarını, göstermektedir.

(2) bağıntısında K_{ij} ile simgelenen ortak değişimi; i ve j sondaj eğrilerinin ortalamaları çevresinde beraberce gösterdik-



Şekil 1. İki sondaj eğrisinin karşılaştırılmasının log-log olarak gösterilmesi (Habberjam 1976).
Fig. 1. Log-log representation for comparison of two soundings (after Habberjam 1976).

leri değişimin bir ölçüsüdür ve her bir sondaj eğrisinin ortalamadan olan farklarının toplamı olarak tanımlanır.

$$K_{ij} = \sum_{k=1}^N [\rho_a(k, i) - \bar{\rho}_a(i)] [\rho_a(k, j) - \bar{\rho}_a(j)] \quad (3)$$

Burada; $\rho_a(i)$ ve $\rho_a(j)$, i ve j sondaj eğrilerinin aritmetik ortalamalarını göstermektedir. Ancak (3) bağıntısı hesaplamada oldukça uzun işlemleri gerektirdiğinden, uygulamada hesaplama açısından daha kolaylık sağlayan aşağıdaki bağıntı kullanılır.

$$K_{ij} = \frac{1}{N-1} \left[\sum_{k=1}^N [\rho_a(k, i), \rho_a(k, j)] - \frac{\sum_{k=1}^N \rho_a(k, i) \sum_{k=1}^N \rho_a(k, j)}{N} \right] \quad (4)$$

(2) bağıntısı ile tanımlanan ilişki katsayısı ölçü birimlerine bağlı değildir ve boyutsuzdur. İlişki katsayısının değeri -1 ile $+1$ arasında değişir. $+1$ değeri iki sondaj eğrisi arasında tam (% 100) bir ilişkinin bulunduğunu, sıfır değeri ise iki eğri arasında hiçbir ilişkinin bulunmadığını gösterir. İlişki katsayısının -1 ($-$ % 100) olması ise iki değişken arasında ters bir ilişkinin varlığını gösterir. Yani öz direnç veya kalınlıklardan birinin değeri küçülürken, diğerinin büyümesi anlamına gelir. Ancak bu çalışmada böyle bir durumla karşılaşmamak için uygulamada kullanılan model yapı kalınlıkları sabit seçilmiştir.

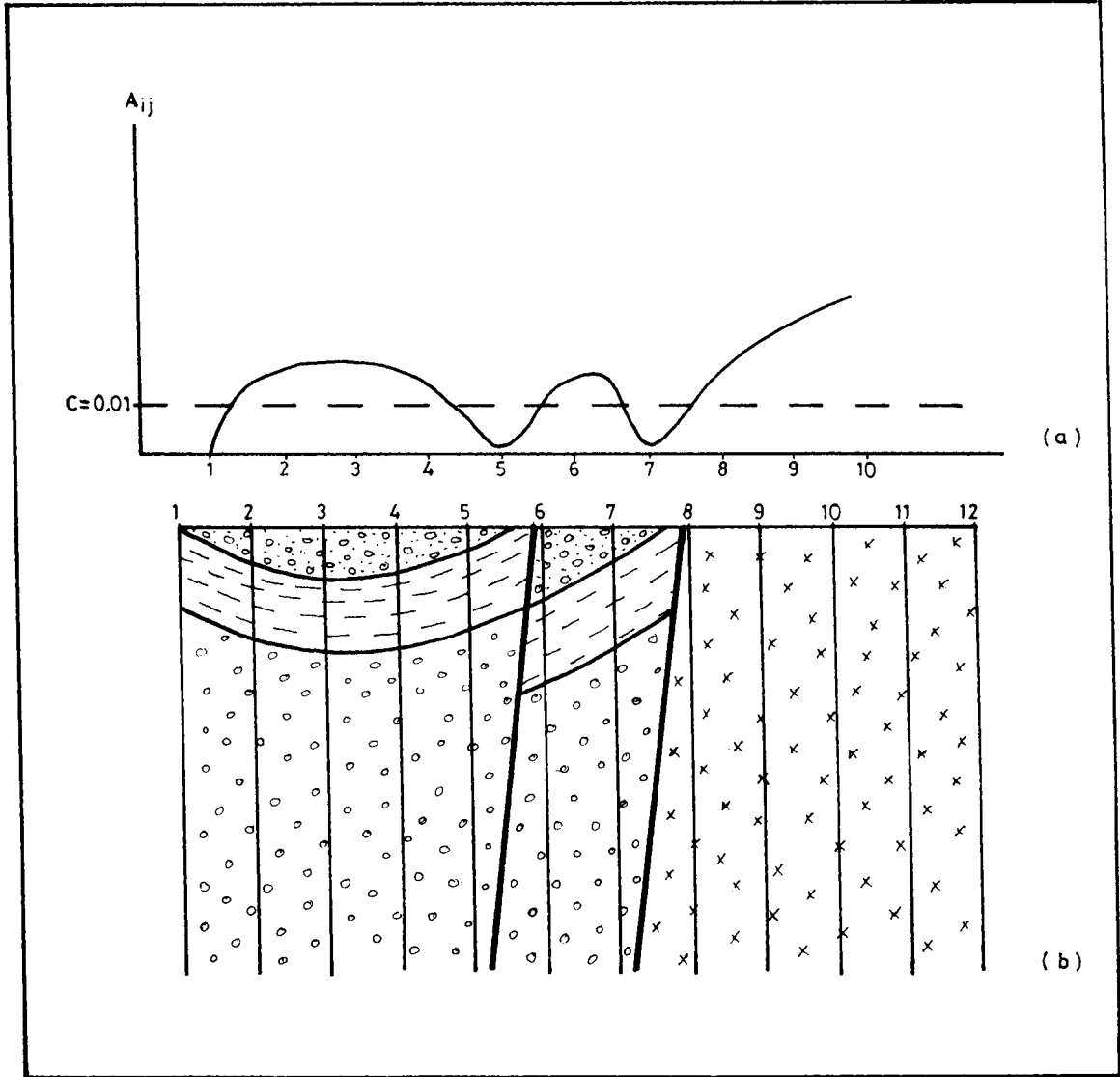
Kıyaslama Penceresi

Benzerlik parametresi ve ilişki katsayısı uygulamaları, bir alanda yapılan aynı kotlu DES'lar arasında, tüm derinlikler için uygulanabildiği gibi, seçilen belli derinlik aralığındaki öz direnç değerleri arasında da yapılabilir. Burada gerçekleştirilen işlem bir derinlik pencerelemesi işlemidir. Bu işlem içeriğinde seçilen derinlik aralığı, kıyaslama penceresi olarak isimlendirilir. Bu derinlikler derinlere doğru değiştirilerek de çeşitli DES noktaları (örneğin i ve j sondajları) arasında, değişik derinliklerdeki uyumlu ve uyumsuz kesimler ayırt edilebilir.

Kıyaslama penceresi, ilişki sınavında çeşitli DES'lar arasında uygulanabildiği gibi, aynı bir DES üzerinde uygulanarak tabaka kalınlıklarının saptanmasında da kullanılabilir. Bu işlemin gerçekleştirilebilmesi için ise birinci katmanın kalınlığının yaklaşık olarak bilinmesi, DES eğrisinin eşit aralıklarla örneklenmesi ve pencere olarak birinci katmanın kalınlığını geçmemesi gerekir. Bu koşullar çerçevesinde saptanan pencere, içindeki değerler değişmemek koşulu ile aynı bir DES eğrisi üzerinde kaydırılarak, ilişki sınavı işlemi gerçekleştirilir. Böylece DES eğrisi üzerinde karşılaştırma işlemi yapılarak, düşey yöndeki değişimler incelenerek tabaka kalınlıkları saptanabilir.

UYGULAMA

Bu çalışma içeriğinde uygulama iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, değinilen yöntemler, oluşturulan değişik kuramsal model yapılardan elde edilen, DES eğrileri üzerinde uygulanarak yöntemlerin başarı ve başarısızlıkları araştırılmıştır. İkinci aşamada ise ilişki katsayısı yöntemi uy-



Şekil 2. Yapıya benzerlik parametresi uygulanması (a), jeolojik profil (b) (Habberjam 1976).
Fig. 2. Application of the likeness parameter to the geological section (a), geological section (b) (after Habberjam 1976).

guluması Kuşadası yöresinden alınmış gerçek arazi verileri üzerinde denenmiş elde edilen sonuçların jeolojik yapıyla karşılaştırması yapılmıştır.

Model Uygulamaları

Model çalışma uygulamalarında, yatay katmanlanma sunan üç değişik tür model oluşturulmuştur (Şekil 3, 6 ve 9). Modeller düşeyde yatay katmanlanma, yatayda ise süreksizlikler içermektedir. Bu çalışmadaki amaç, yatay süreksizliklerin saptanmasıdır. Dolayısı ile yatay süreksizliklerin etkisinden kurtulmak için özdirenç açımları süreksizlik sınırlarına koşut seçilmiştir. Modeller üzerindeki DES noktalarına ait kuramsal görünür özdirenç değerleri Ghosh (1970) yaklaşımı kullanılarak bilgisayar yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplama kullanılan model parametreleri ise ait oldukları modeller üzerinde verilmiştir.

Hesaplanan bu değerler, (1) ve (2) bağıntılarından yararlanarak oluşturulan bilgisayar programında giriş verisi ola-

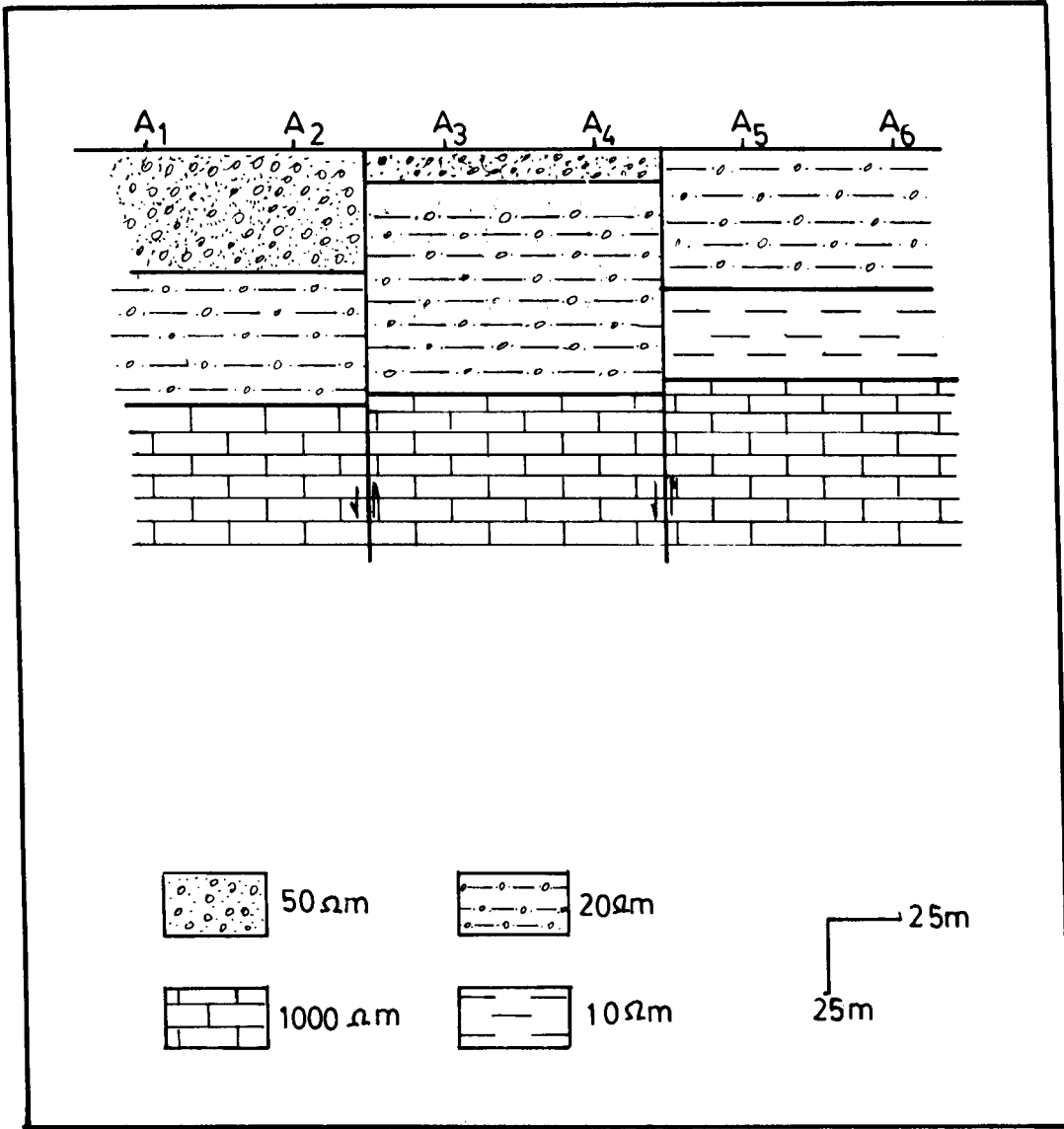
rak kullanılarak, izleyen bölümlerde ayrıntılı olarak değinilecek değişik uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Benzerlik Parametresi ve İlişki Katsayısı Uygulaması

Uygulamanın ilk adımında Şekil 3'te görülen yatay katmanlı modelden elde edilen veriler üzerinde, benzerlik parametresi ve ilişki katsayısı uygulaması, tüm derinlikler (1 - 120 m) için gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).

Şekil 4 ve benzer diğer şekillerde düşey eksen (A_{ij} ve R_{ij}), karşılaştırılmanın yapıldığı (i noktası) DES'na ait benzerlik parametresi veya ilişki katsayısıdır. Yatay eksen (j) ise bu karşılaştırmanın yapıldığı her bir DES gözlem nokta numarasıdır.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, benzerlik parametresi uygulamasında 1 ile 2, 3 ile 4 ve 5 ile 6 nolu DES ların birbirine benzediği görülmektedir. Buna karşın oluşturulan modelden de izlenebileceği gibi 1 ile 2 ve 3 ile 4 nolu DES'lar arasında gözlenen genel benzerlik, benzerlik parametresi uy-



Şekil 3. A₁-A₆ kesidine ait yatay katmanlı model yapı.
Fig. 3. The structure model of the horizontal layers on A₁-A₆ profile.

gulamasında C kriterinin (= 0.01) seçiminden dolayı izlenmemektedir.

İlişki katsayısı uygulamasında ise 1 ve 2, 3 ve 4, 5 ve 6 nolu DES lar arasında tam bir ilişkinin (% 100) varlığı gözlenmekte ayrıca, 1 ve 2 ile 3 ve 4 nolu DES larda gözlenen belirli bir orandaki uyumu varlığı ilişki uygulamaları sonuçlarından da izlenmektedir.

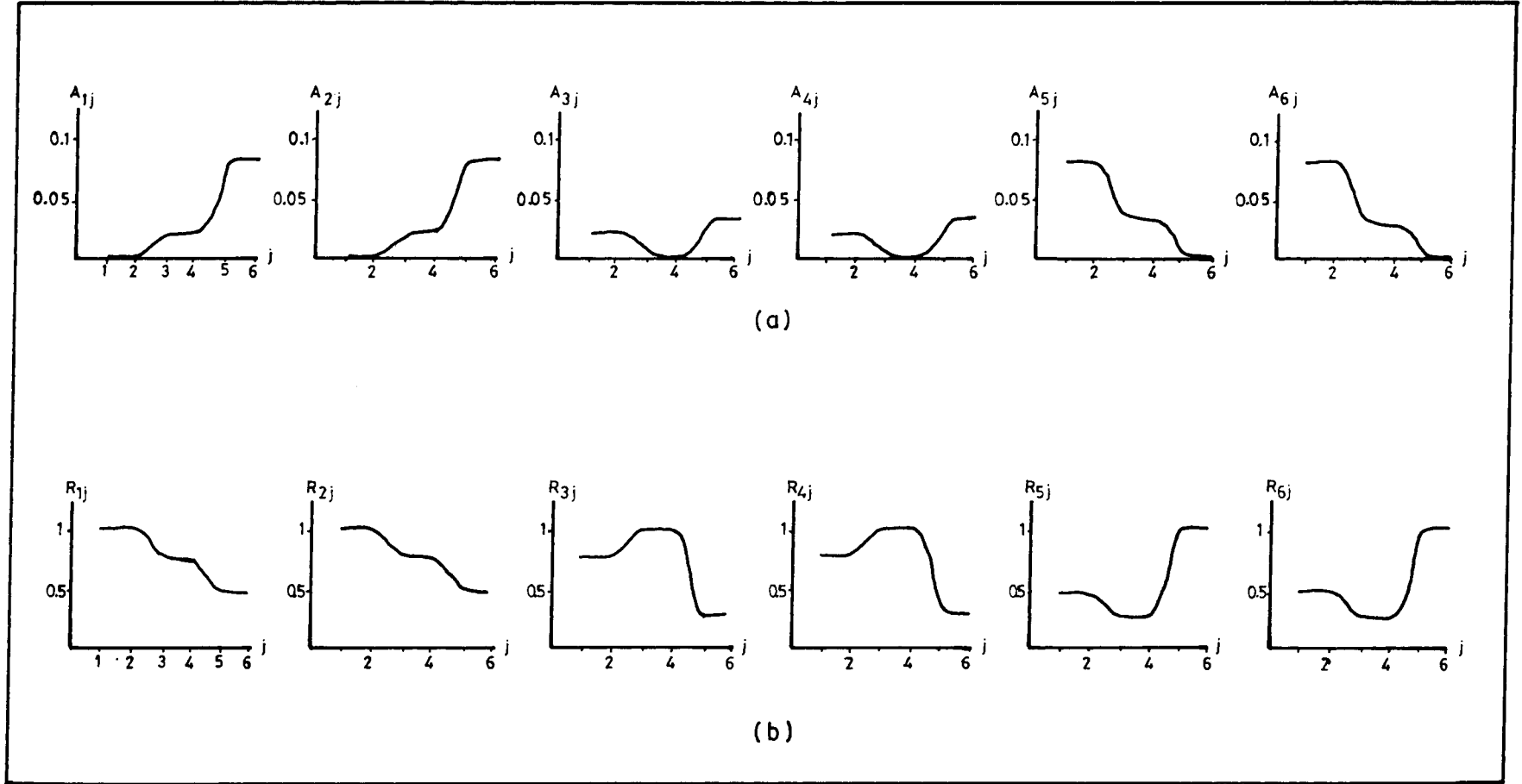
Uygulamanın ikinci adımında ise ilişki katsayısı yöntemi, Şekil 3 teki model verilerine, kıyaslama penceresi yardımıyla değişik derinlikler için (1-20 m, 20-70 m ve 70-120 m) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 5 te görülmektedir.

Şekil incelendiğinde sonuçların genelde başarılı olmasına karşın bazı ilginç noktalarla da karşılaşılmaktadır. Örneğin ilk pencere uygulamasında (1-20 m), 1 ve 2 nolu DES lar ile 5 ve 6 nolu DES lar arasında tam bir uyumun varlığı görülmektedir. Oysa gerçekte bu iki DES nokta gruplarının altında fark-

lı jeolojik yapılar bulunmaktadır. Bu durum ise, jeolojik yapıların farklı (özdirençler farklı) olmasına karşın aynı tip öz direnç eğresi sunmaları ile açıklanmaktadır. Benzer yorumlar, ikinci derinlik penceresi için de (20-70 m) yapılabilir. Son derinlik penceresi (70-120 m) uygulamasında ise elde edilen sonuçlar tam bir uyum içindedir.

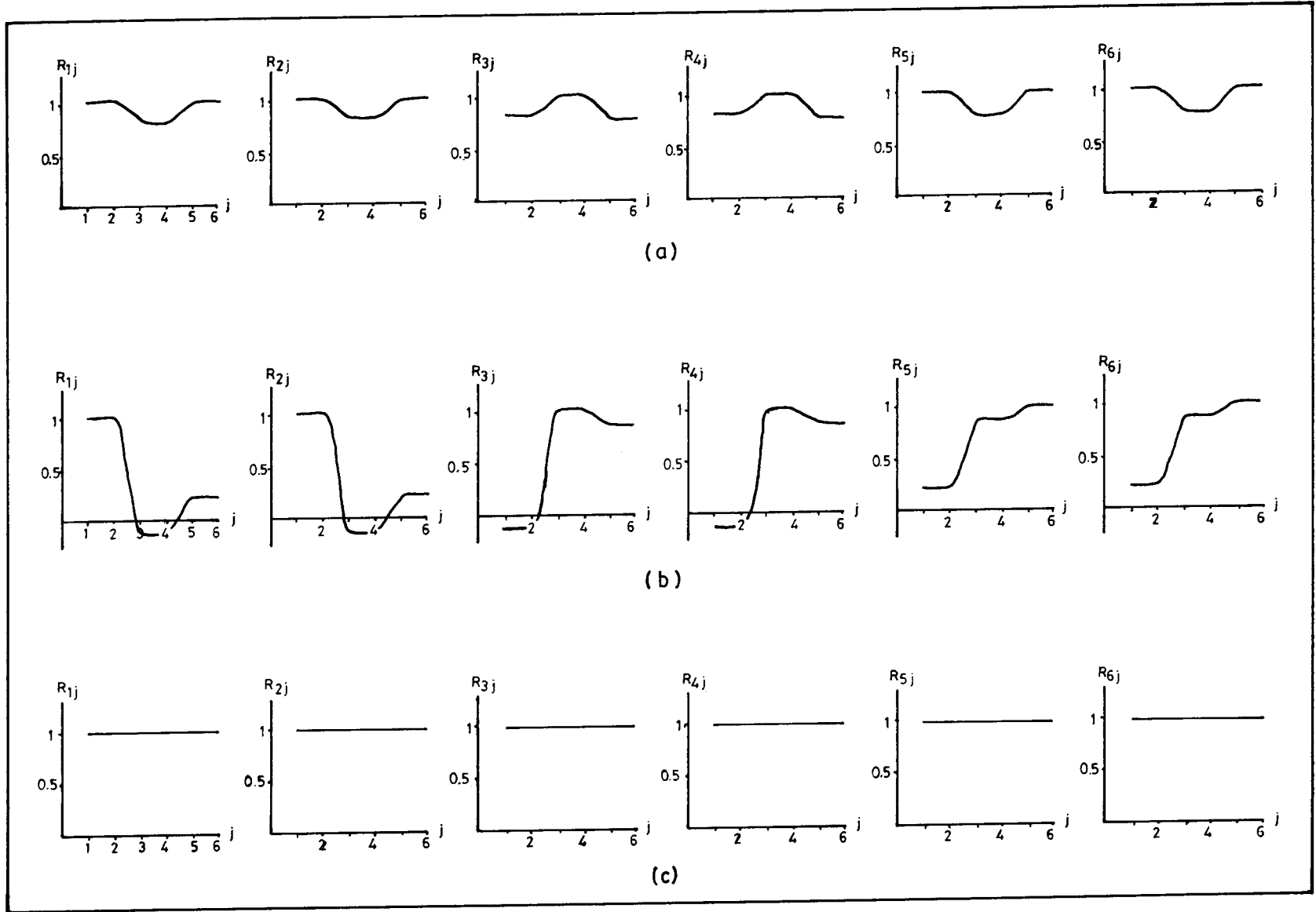
Uygulamanın bu adımında, bir önceki uygulamaya benzer şekilde oluşturulan model üzerinde (Şekil 6), sırasıyla önce tüm derinlikler için benzerlik parametresi ve ilişki katsayısı, daha sonra da üç değişik derinlik için kıyaslama penceresi (1-20, 20-70 ve 70-120 m) yardımıyla ilişki katsayısının konumu araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 7 ve 8 de verilmektedir.

Elde edilen sonuçların incelenmesinden, bir önceki uygulamada elde edilen bulgulara benzer bulguların burada da elde edildiğini söylemek olanaklıdır. Ayrıca burada gözlenen

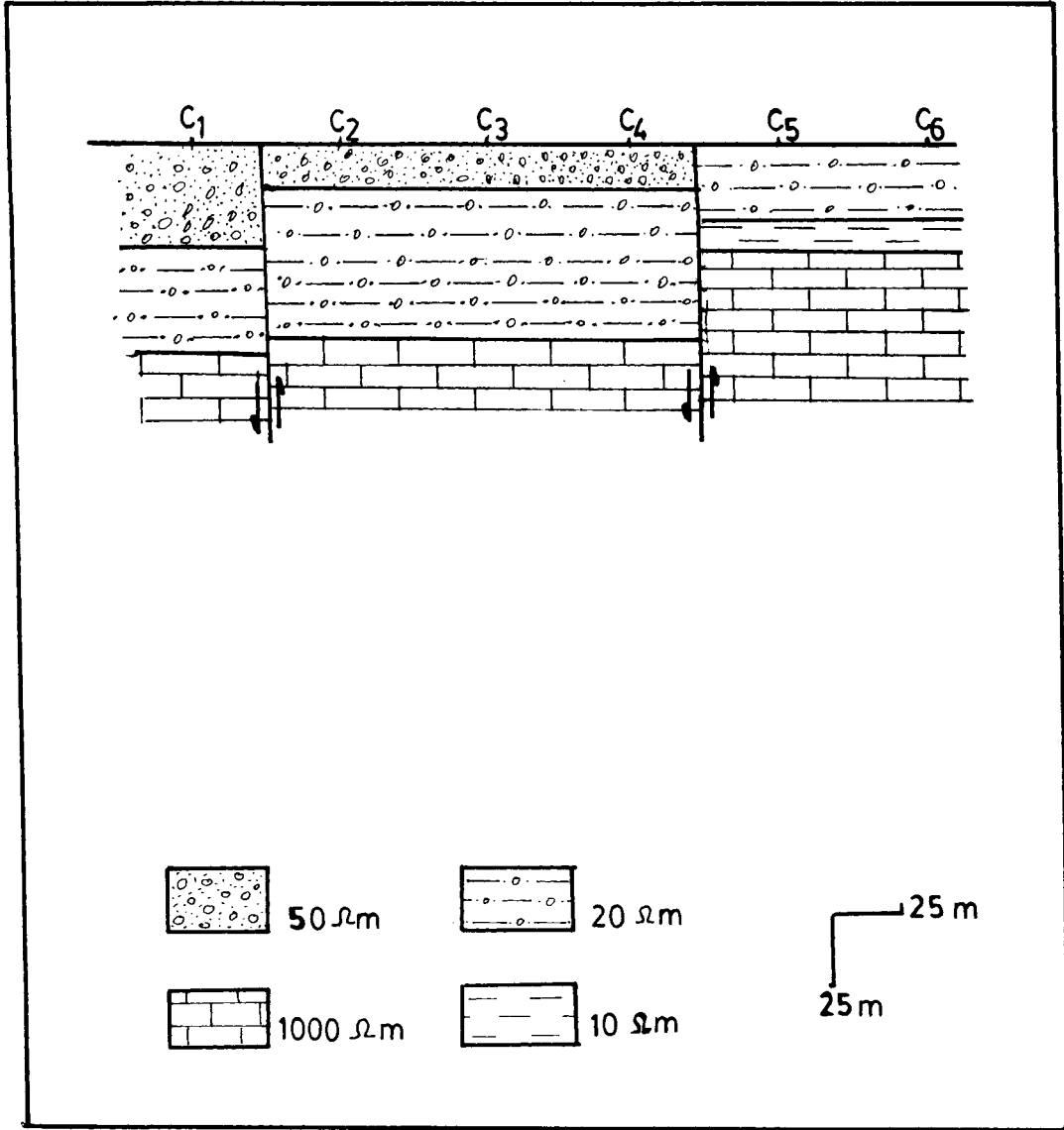


Şekil 4. Tüm derinlikler için benzerlik parametresi ve ilişki katsayısının A_1 - A_6 kesidine uygulanması (a. benzerlik parametresi b. ilişki katsayısı).

Fig. 4. Application of the likeness parameter and correlation coefficient to A_1 - A_6 profile for all depths (a. likeness parameter b. correlation coefficient).



Şekil 5. Kıyaslama penceresinin A_1-A_6 kesidine uygulanması (a. $1 < h < 20$ m, b. $20 < h < 70$ m, c. $70 < h < 120$ m).
 Fig. 5. Application of the comparison window to A_1-A_6 profile (a. $1 < h < 20$ m, b. $20 < h < 70$ m, c. $70 < h < 120$ m).



Şekil 6. C_1-C_6 kesidine ait yatay katmanlı model yapı.
Fig. 6. The structure model of the horizontal layers on C_1-C_6 profile.

yanal süreksizliğin (Şekil 6, C_4 ve C_5 noktaları arası) ilişki uygulamasında belirgin bir şekilde sıfır veya ters ilişki ile simgelenmesidir (Şekil 7). Bu gruptaki uygulamanın son adımında ise değişik tür eğri (biri azalırken, diğeri artan) oluşturabilecek bir modelden (Şekil 9) yararlanılarak, benzerlik parametresi ve ilişki katsayısı önce tüm derinlikler için daha sonra da ilişki katsayısı, kıyaslama penceresi yardımıyla (1-20, 20-70, 70-120 m) değişik derinlikler için uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 10 ve 11'de verilmektedir.

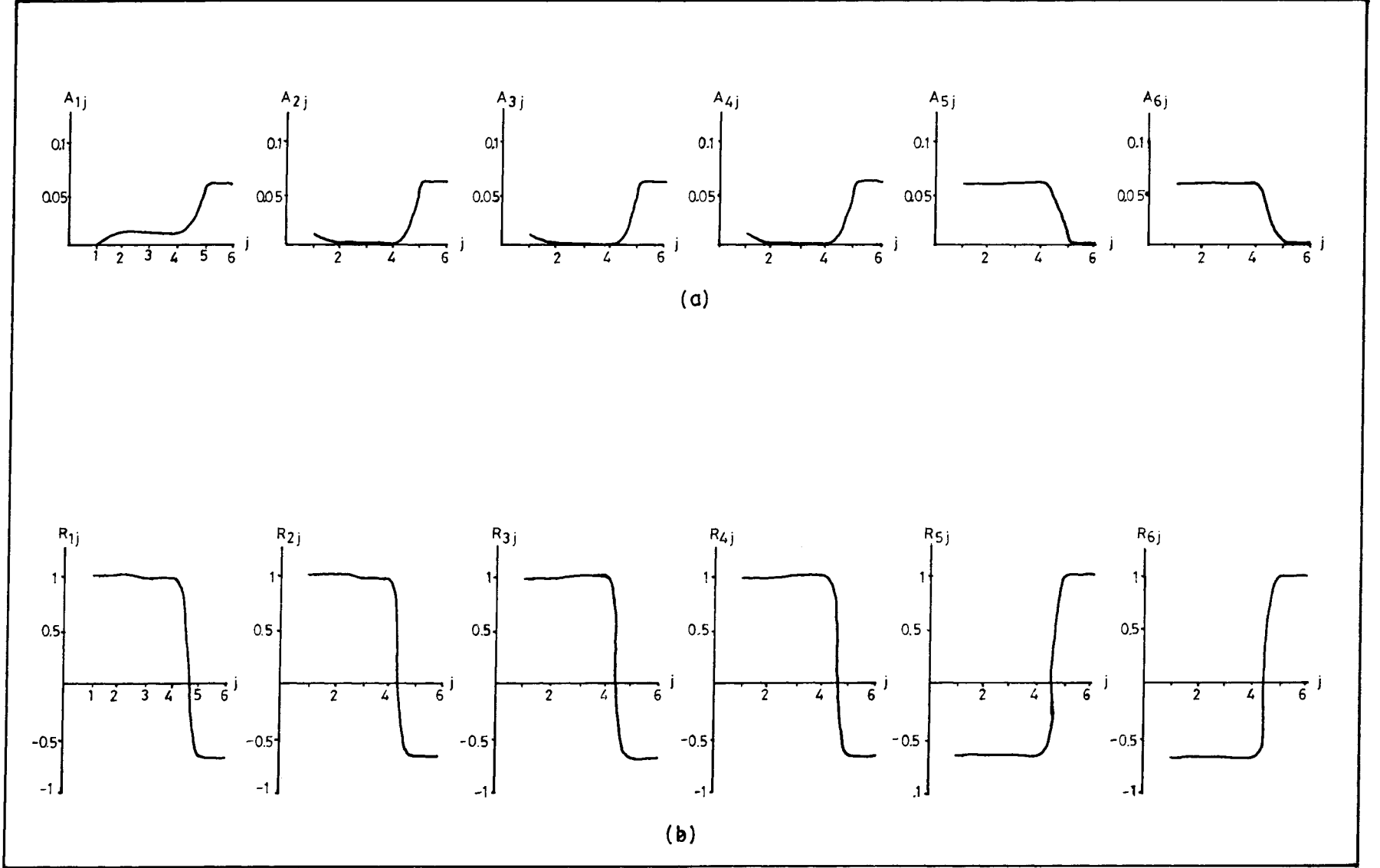
Bulgular değerlendirildiğinde, modeldeki D_1 , D_2 , D_3 ve D_4 noktalarında gözlenen genel benzerlik ilişki katsayısı uygulamasında belirgin bir şekilde saptanırken aynı durum Habberjam yöntemi sonuçlarından gözlenmemektedir. Ayrıca bir önceki uygulamada gözlenen, farklı yapılar arasındaki yanal süreksizliğin sıfır veya ters ilişki ile simgelenmesi olayı, bu model sonuçlarından elde edilen bulgulardan da (Şekil 9, D_4 ve D_3 arası) belirgin bir şekilde gözlenmektedir.

Ancak buraya değin elde edilen sonuçlarda gözardı edilmemesi gereken nokta ise, ilişki katsayısı yönteminin, farklı tür yapılar arasındaki yanal süreksizlikleri saptamada gösterdiği başarıyı, aynı tür yapılar içindeki süreksizliklerin (örneğin Neojen içi faydalanmalar) saptanmasında göstermediğidir.

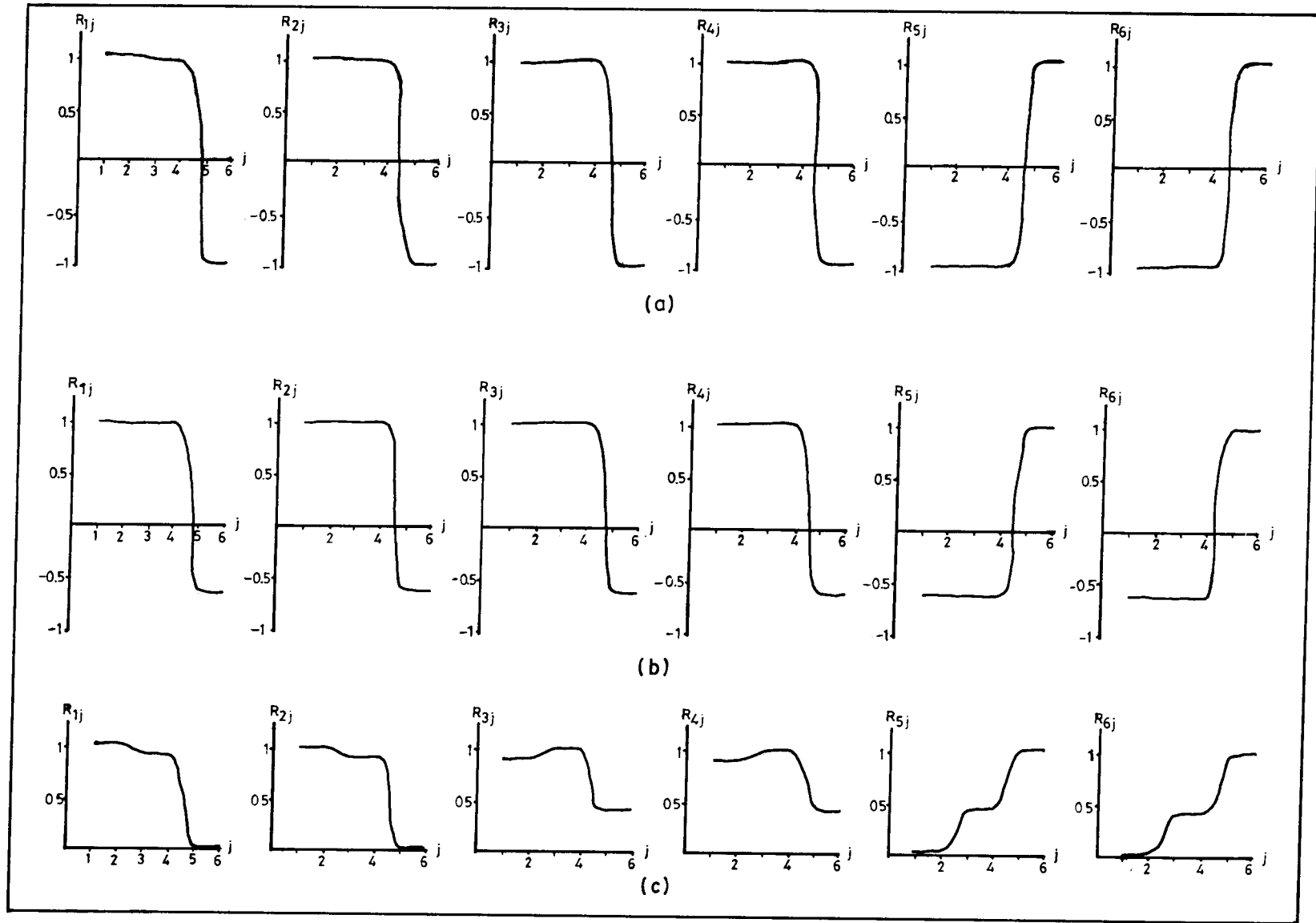
İlişki Katsayısı Yardımıyla Katman Parametrelerinin Saptanması

İlişki katsayısı farklı DES lar arasında uygulanabildiği gibi aynı bir DES üzerinde uygulanarak, katmanlara ait kalınlık parametrelerinin saptanmasında kullanılabilir. Bu amaç doğrultusunda yöntem, Şekil 3 te görülen A_3 ve Şekil 12 de görülen B_3 ve B_6 DES larına uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 13, 14 ve 15 de verilmektedir.

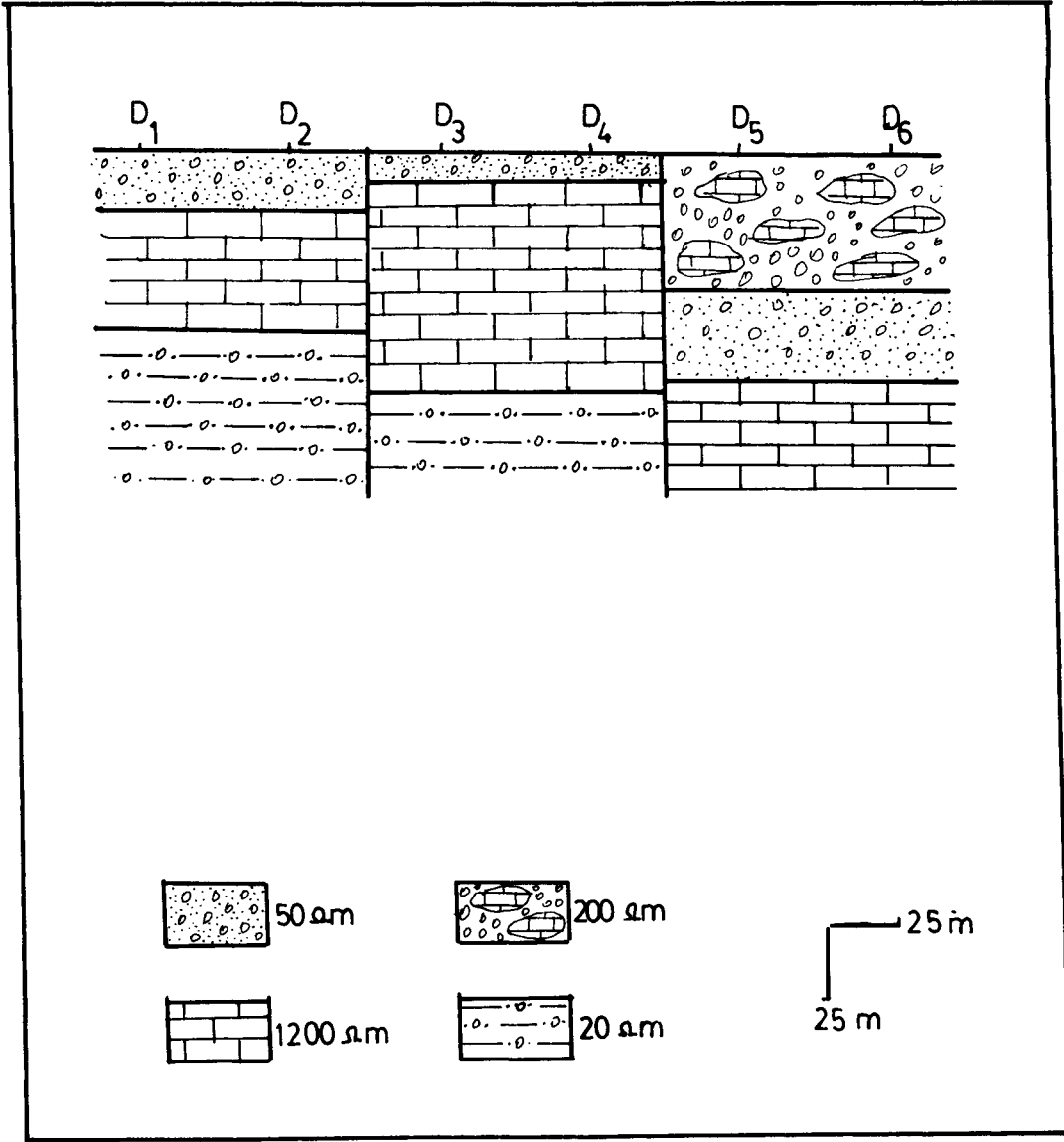
Uygulamada önce DES eğrileri eşit aralıklarla örneklenmiştir. Eşit aralıklarla örneklenen eğriler üzerinde uygulanacak kayan pencere boyu 15 m ve kayma miktarı ise 10 m ola-



Şekil 7. Tüm derinlikler için benzerlik parametresi ve ilişki katsayısının C_1-C_6 kesidine uygulanması (a. benzerlik parametresi, b. ilişki katsayısı).
 Fig. 7. Application of the likeness parameter and correlation coefficient to C_1-C_6 profile for all depths (a. likeness parameter, b. correlation coefficient).



Şekil 8. Kıyaslama penceresinin C_1-C_6 kesidine uygulanması (a. $1 < h < 20$ m, b. $20 < h < 70$ m, c. $70 < h < 120$ m).
 Fig. 8. Application of the comparison window to C_1-C_6 profile (a. $1 < h < 20$ m, b. $20 < h < 70$ m, c. $70 < h < 120$ m).

Şekil 9. D_1 - D_6 kesidine ait yatay katmanlı model yapı.Fig. 9. The structure model of horizontal layers on D_1 - D_6 profile.

rak seçilmiştir. A_3 noktasında yapılan ilk uygulamadan elde edilen derinlik 70 m dir (Şekil 13). Bu değer ise üçüncü katmana kadar olan derinliği simgelemektedir (bkz. Şek. 13). Yüze örtüsüne ait kalınlığın gözlenememesi ise, seçilen kıyaslama penceresinin boyunun, katman kalınlığından büyük olması ve daha önce de değinildiği gibi ilişki sınımasına giren değerlerin aynı tür öz direnç eğrisi sunmaları ile açıklanmaktadır. Benzer tarz yorumlamalar diğer uygulamalar için de (Şekil 14 ve 15) aynen geçerlidir.

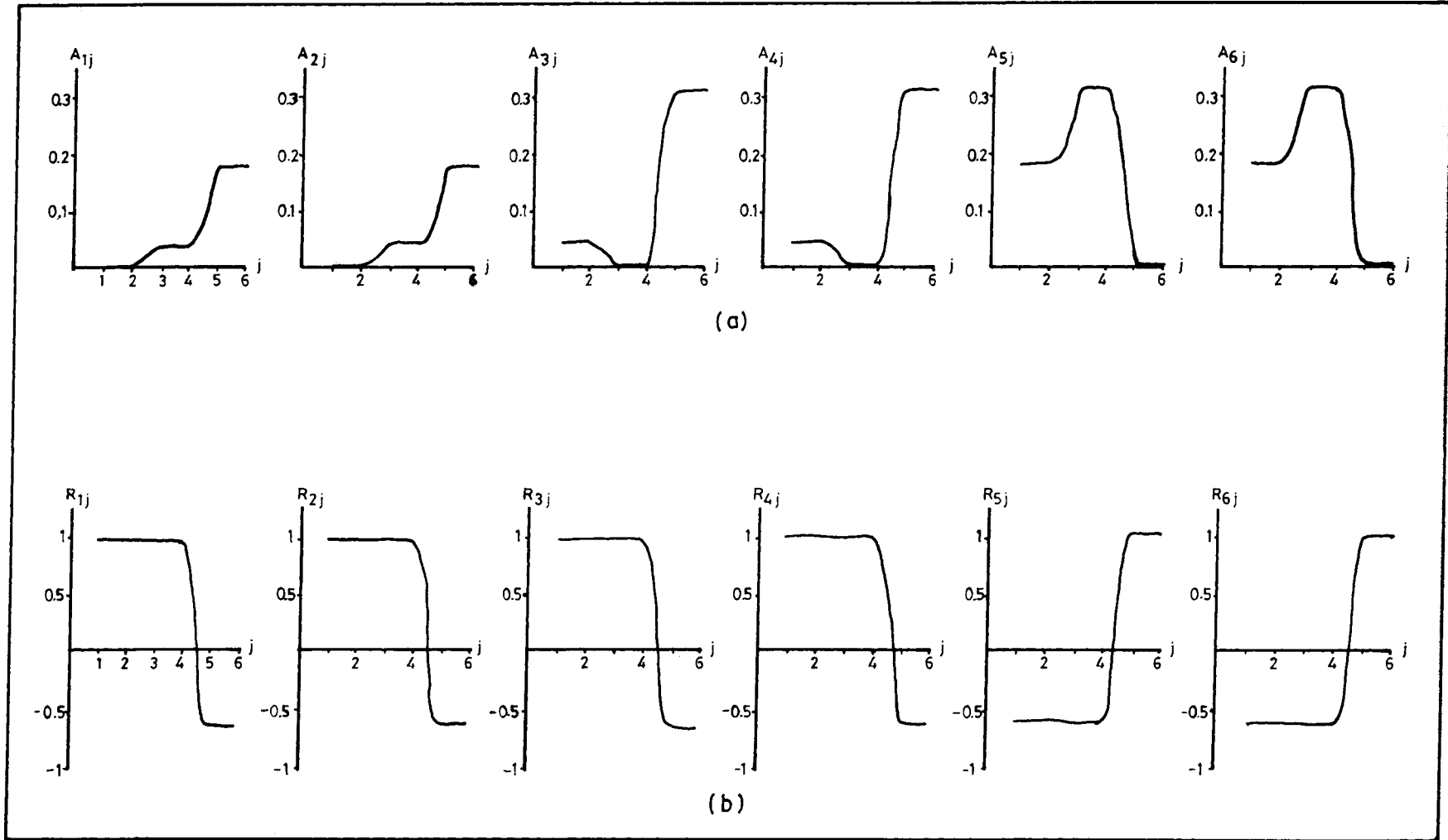
Sonuçta yöntemin, iki katmanlı yapılarda derinlik penceresinin birinci katman sınırları içinde kalması koşuluyla iki katmanlı yapılarda; birinci katmanın kalınlığının saptanmasında başarılı oldu görülmüştür

Arazi Uygulamaları

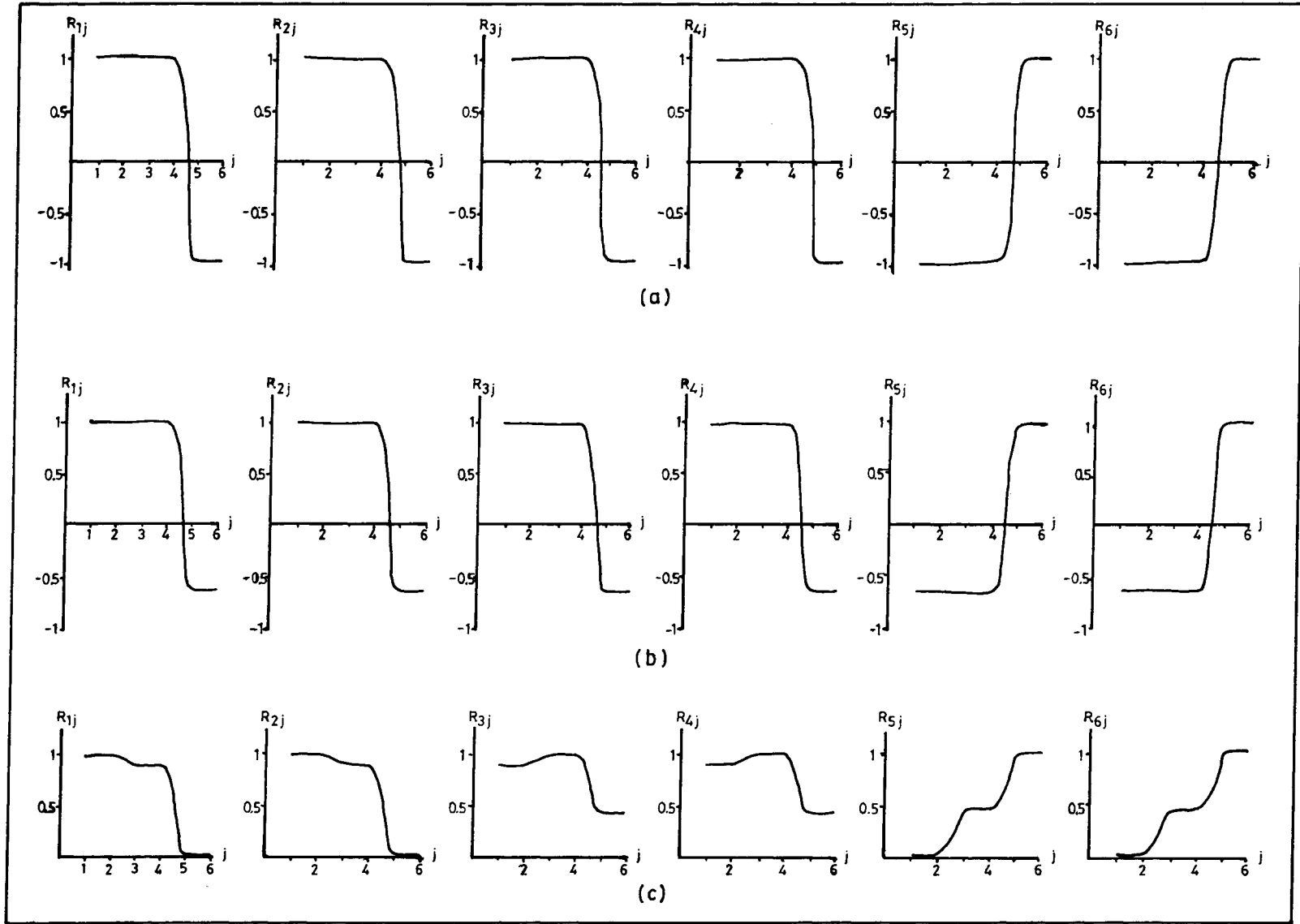
Çalışma alanı Aydın İli Kuşadası İlçesinin kuzeydoğusunda yer alan Mağriboğlu yöresindedir.

Yörenin genel stratigrafik istifi incelendiğinde, en altta Menderes Metamorfikleri'ne ait mermerler bulunmaktadır. Topografik olarak 300-400 m'ye varan yükselti sunan mermerler, kuvvetli kristalleşme ve deformasyon sonucu çatlaklı ve kırıklı bir yapıya sahiptirler. Mermerlerin üzerine, Neojen yaşlı birimler aşıl uyumsuz olarak oturmuştur.

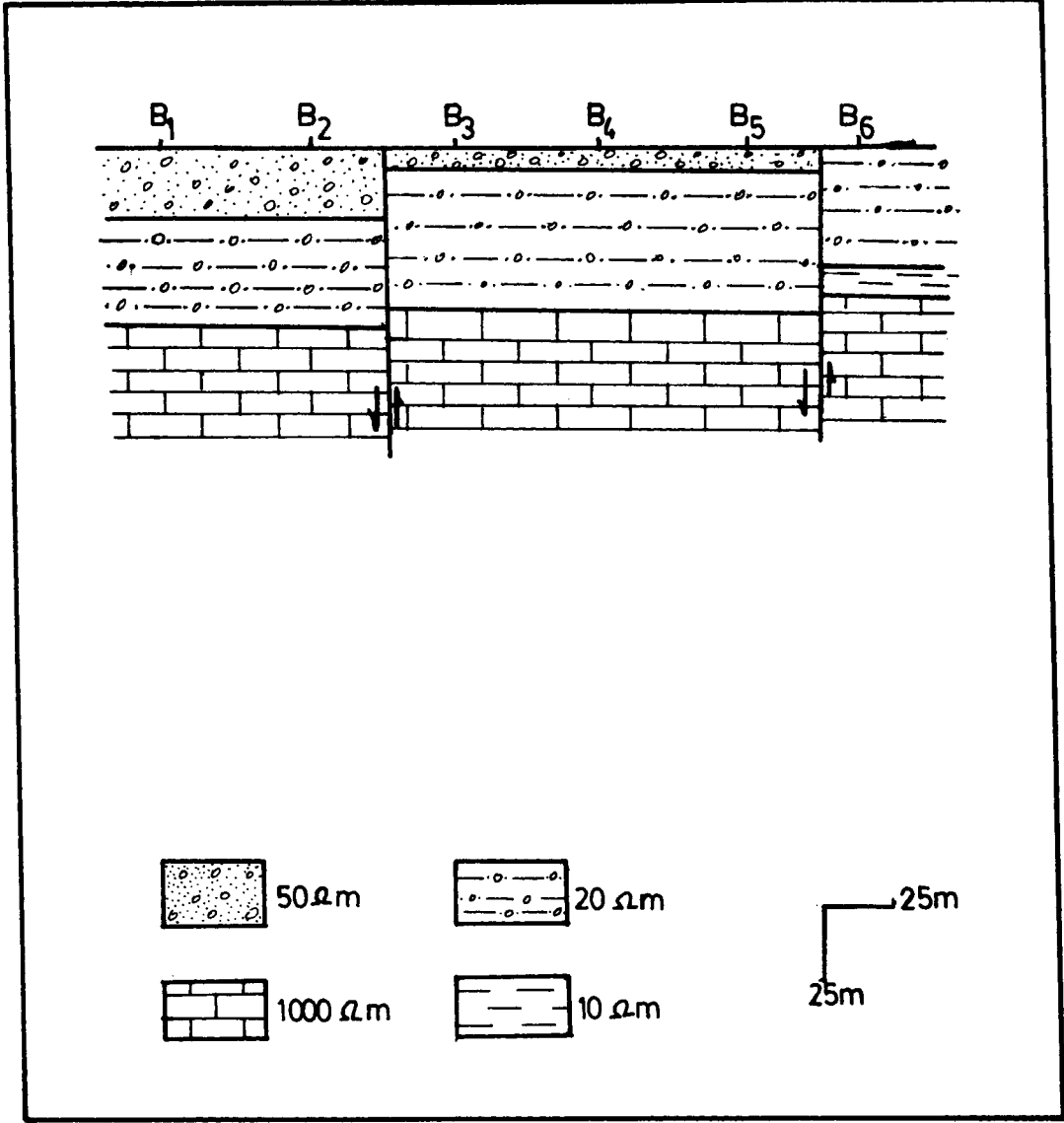
Alanda yapılan jeolojik çalışmalar sonucu, doğu-batı yönlü yaklaşık 50-70 m atımlı bir fay saptanmıştır. Fayın güney bloğu düşmüş ve düşen bloğun üstü Neojen serileri ile örtülmüştür. Saptanan bu ana fay 87° - 74° ile güneye eğimlidir (Şekil 16). Saptanan bu ana faya paralel, 250 m kuzeyde ikinci bir fay bulunmaktadır. Faylar boyunca ezilme ve kırılma zonları gözlenmektedir. Söz konusu bu faylar boyunca çeşitli yerlerden denize tatl su boşalmaları olmaktadır. Alanda su içeren yapılar olarak, bu faylar ve faylarla ilişkili olan kırıklar ve kırık sistemleri düşünülmektedir.



Şekil 10. Tüm derinlikler için benzerlik parametresi ve ilişki katsayısının D_1 - D_6 kesidine uygulanması (a. benzerlik parametresi, b. ilişki katsayısı).
 Fig. 10. Application of the likeness parameter and correlation coefficient to D_1 - D_6 profile for all depths (a. likeness parameter, b. correlation coefficient).



Şekil 11. Kıyaslama penceresinin D1-D6 kesidine uygulanması (a. $1 < h < 20$ m, b. $20 < h < 70$ m, c. $70 < h < 120$ m).
 Fig. 11. Application of the comparison window to D_1 - D_6 profile (a. $1 < h < 20$ m, b. $20 < h < 70$ m, c. $70 < h < 120$ m).



Şekil 12. B_1 - B_6 kesidine ait yatay katmanlı model yapı.

Fig. 12. The structure model of the horizontal layers on B_1 - B_6 profile.

Bu nedenle fayların konumlarının ve fiziksel özelliklerinin ortaya konması için DES ölçümleri ve ölçüm noktaları arasında ilişki sınaması yapılmıştır.

İlişki Sınaması Uygulaması

Çalışma alanında araştırma derinliği 80 m, ölçüm aralığı 40 ar m olan 15 adet ölçüm yapılmıştır (Şekil 16). DES larının açılım doğrultuları yaklaşık D-B yönünde seçilmiştir.

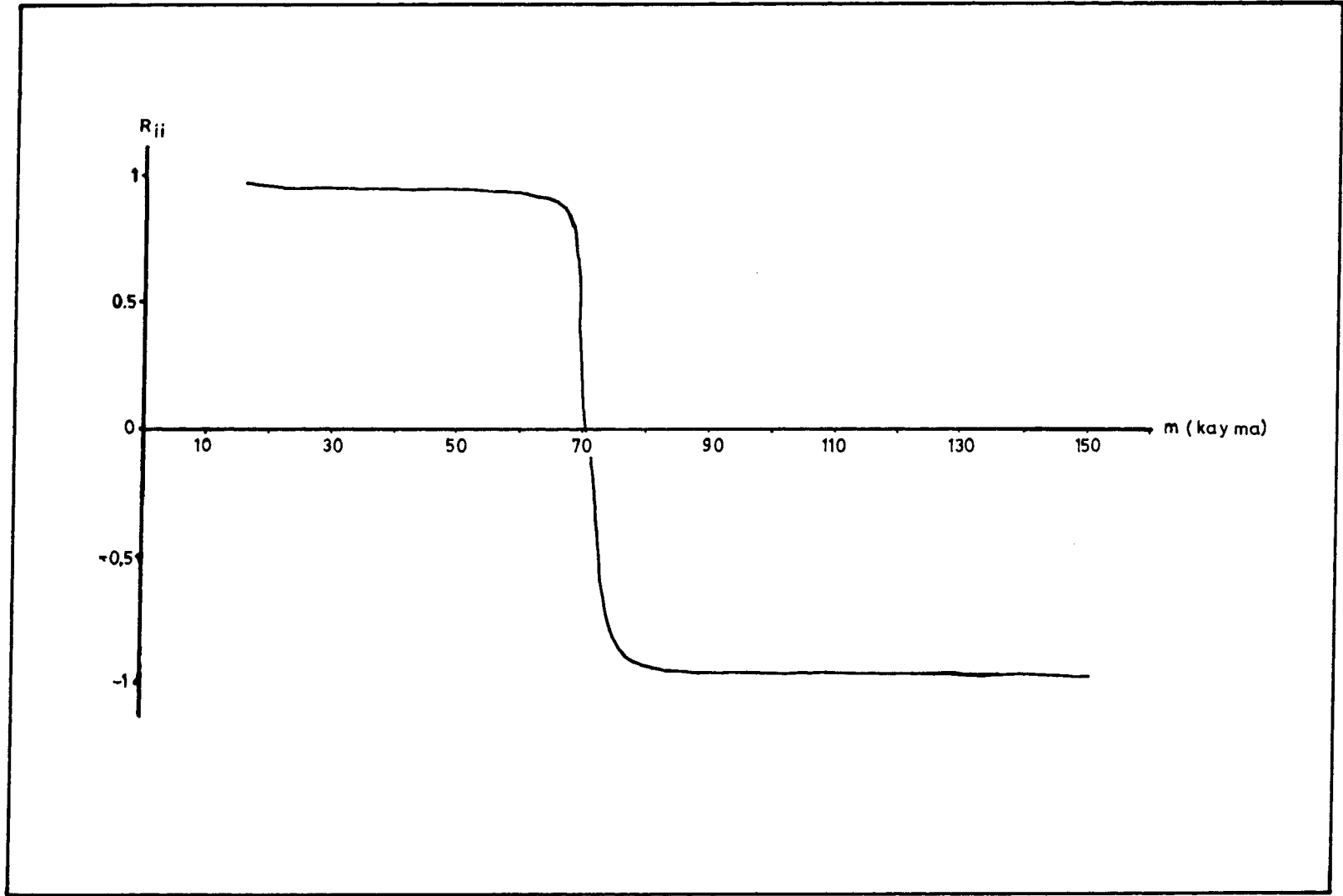
Yapılan bu ölçümlerden elde edilen öz direnç değerleri yardımıyla ilişki katsayısı, birinci aşamada tüm derinlikler için, ikinci aşamada ise kıyaslama penceresi kullanılarak (5-40 m) hesaplanmış ve bu değerlerden yararlanarak da ilişki profilleri oluşturulmuştur.

Tüm derinlikler kullanılarak oluşturulan ilişki profilleri Şekil 17a, 17b ve 17c de görülmektedir. Şekiller incelendiğinde A-A' profilinde, hiçbir fay belirtisi gözlenmezken (kesidi oluşturan tüm DES noktalarına ait ilişki katsayısının 1 olması,

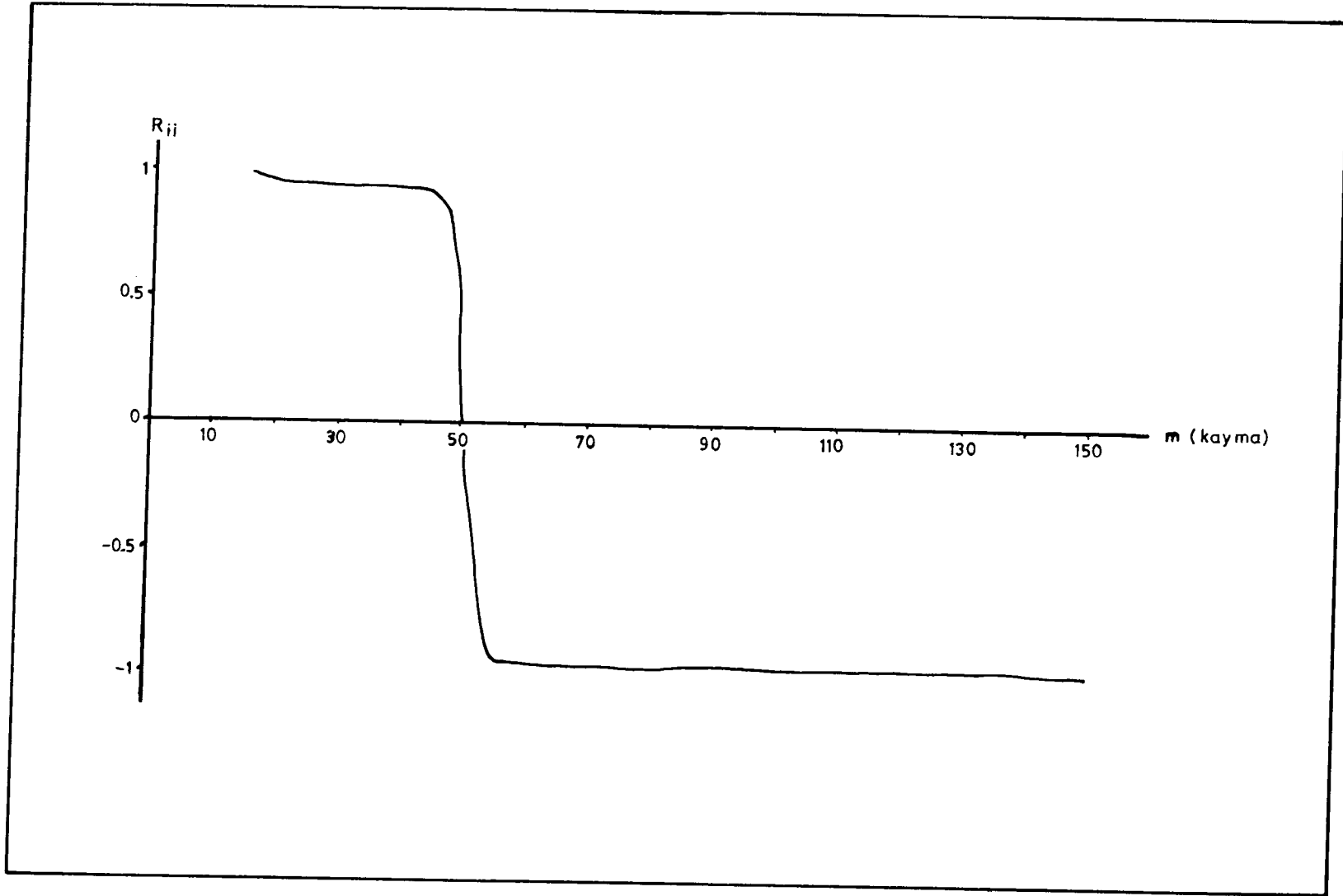
tüm DES noktalarının birbiri ile aynı ortamda olduğunu gösterir), B-B' profilinde 4 nolu nokta civarında ve C-C' profilinde ise 3 ve 4 nolu noktalar civarında fay belirtisi gözlenmektedir.

Kıyaslama penceresi ($5 < h < 40$ m) kullanılarak oluşturulan ilişki profilleri Şekil 18a, 18b ve 18c de verilmektedir. Şekiller incelendiğinde, yukarıda değinilen bulgulara benzer bulgularla karşılaşmaktayız. Yine A-A' profilinde belirgin bir fay belirtisi gözlenmezken, B-B' profilinde 4 nolu nokta ve C-C' profilinde de 3 nolu nokta civarında fay belirtisi gözlenmektedir.

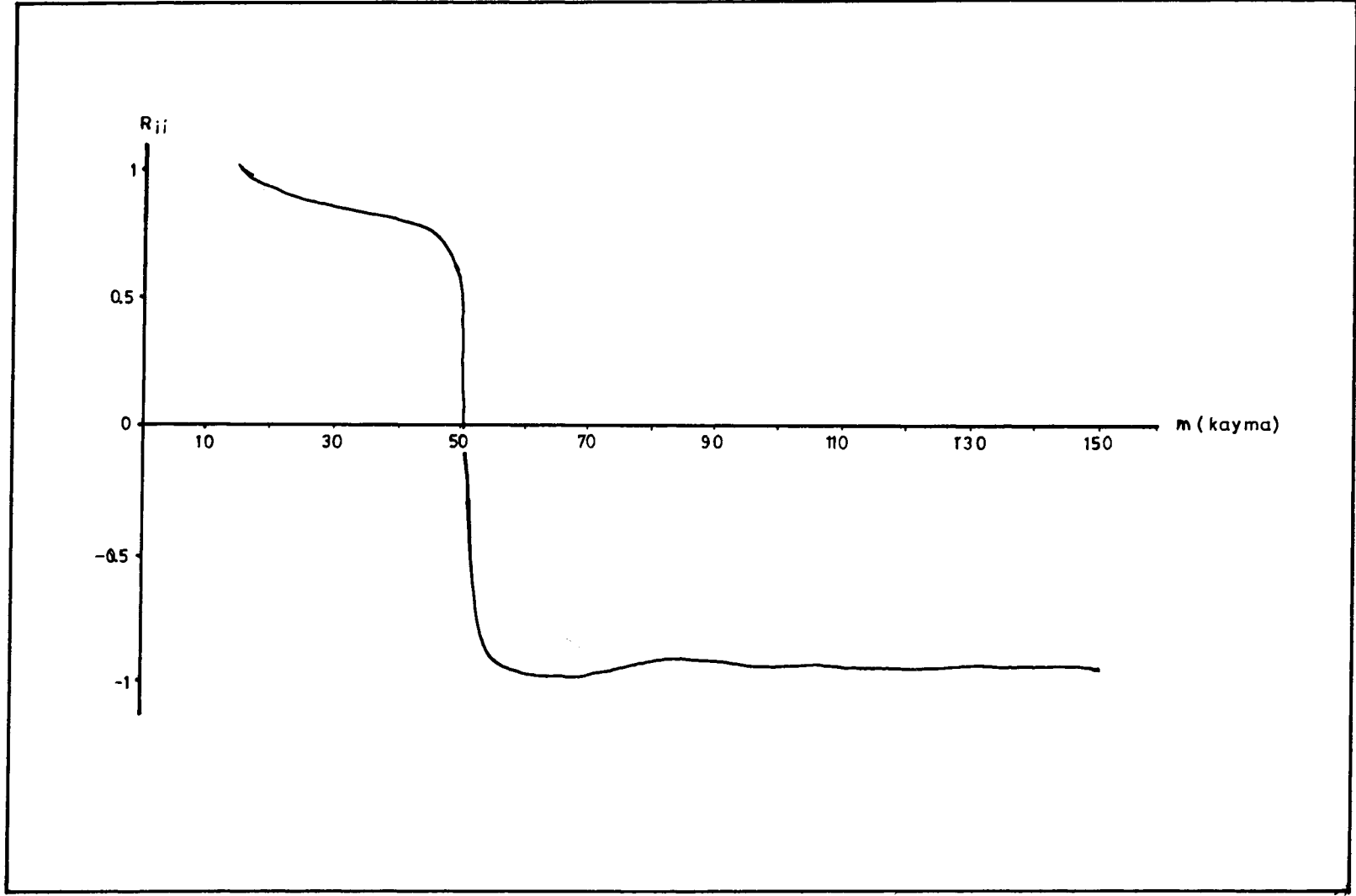
Tüm bulgular birarada değerlendirildiğinde sonuçların oldukça uyumlu olduğu söylenebilir Ancak C-C' profilinde kıyaslama penceresi sonuçlarında 3 nolu nokta civarında gözlenen belirtiyeye, tüm derinlikler için yapılan uygulamada 3 ve 4 nolu noktalar arasında rastlanmaktadır. Sonuçta elde edilen bulgulardan yararlanılarak saptanan fayın konumu Şekil 16'da görülmektedir. Şekilden de izlenebileceği gibi, jeolojik olarak



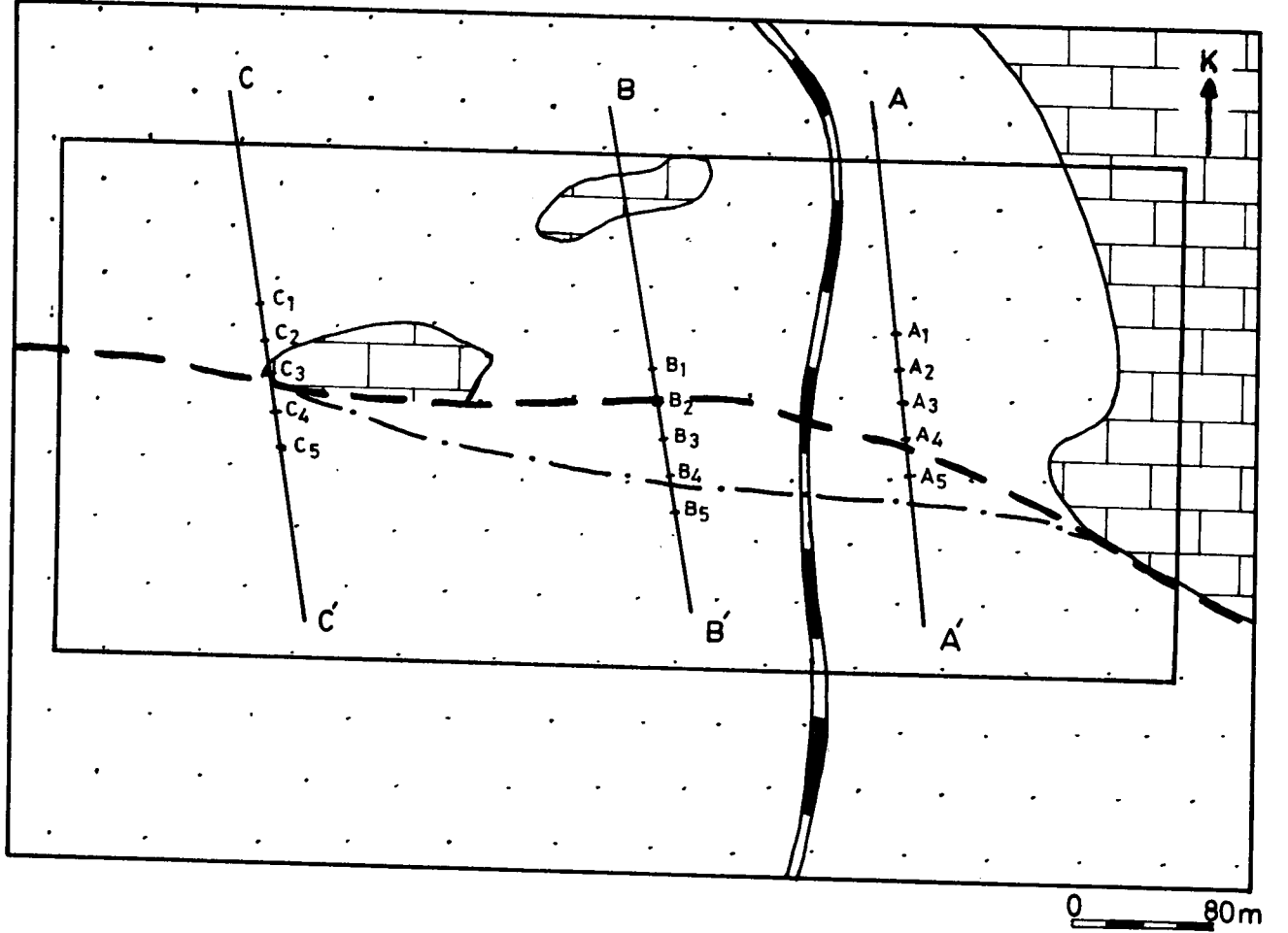
Şekil 13. A_3 DES na ait katman kalınlıklarının korelasyon katsayısı yöntemi kullanılarak belirlenmesi ($h_1 = 70$ m).
Fig. 13. Determination of the layer's thickness of A_3 sounding by using correlation coefficient method ($h_1 = 70$ m).



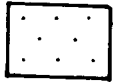
Şekil 14. B_3 DES na ait katman kalınlıklarının korelasyon katsayısı yöntemi kullanılarak belirlenmesi ($h_1 = 50$ m)
Fig. 14. Determination of the layer's thickness of B_3 sounding by using correlation coefficient method ($h_1 = 50$ m).



Şekil 15. B_6 DES na ait katman kalınlıklarının korelasyon katsayısı yöntemi kullanılarak belirlenmesi ($h_1 = 50$ m).
Fig. 15. Determination of the layer's thickness B_6 sounding by using correlation coefficient method. ($h_1 = 50$ m).



AÇIKLAMALAR



NEOJEN

Kiltaşları ve arada Kumtaş-
Miltası arakatlıları
Yer yer açık kıvrımlı



Uyumsuzluk Sınırı

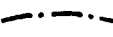


Menderes
Metamorfikleri

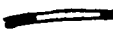
Kireçtaşı, bol çatlak ve
kırıktı, kristalize



Jeolojik Fay

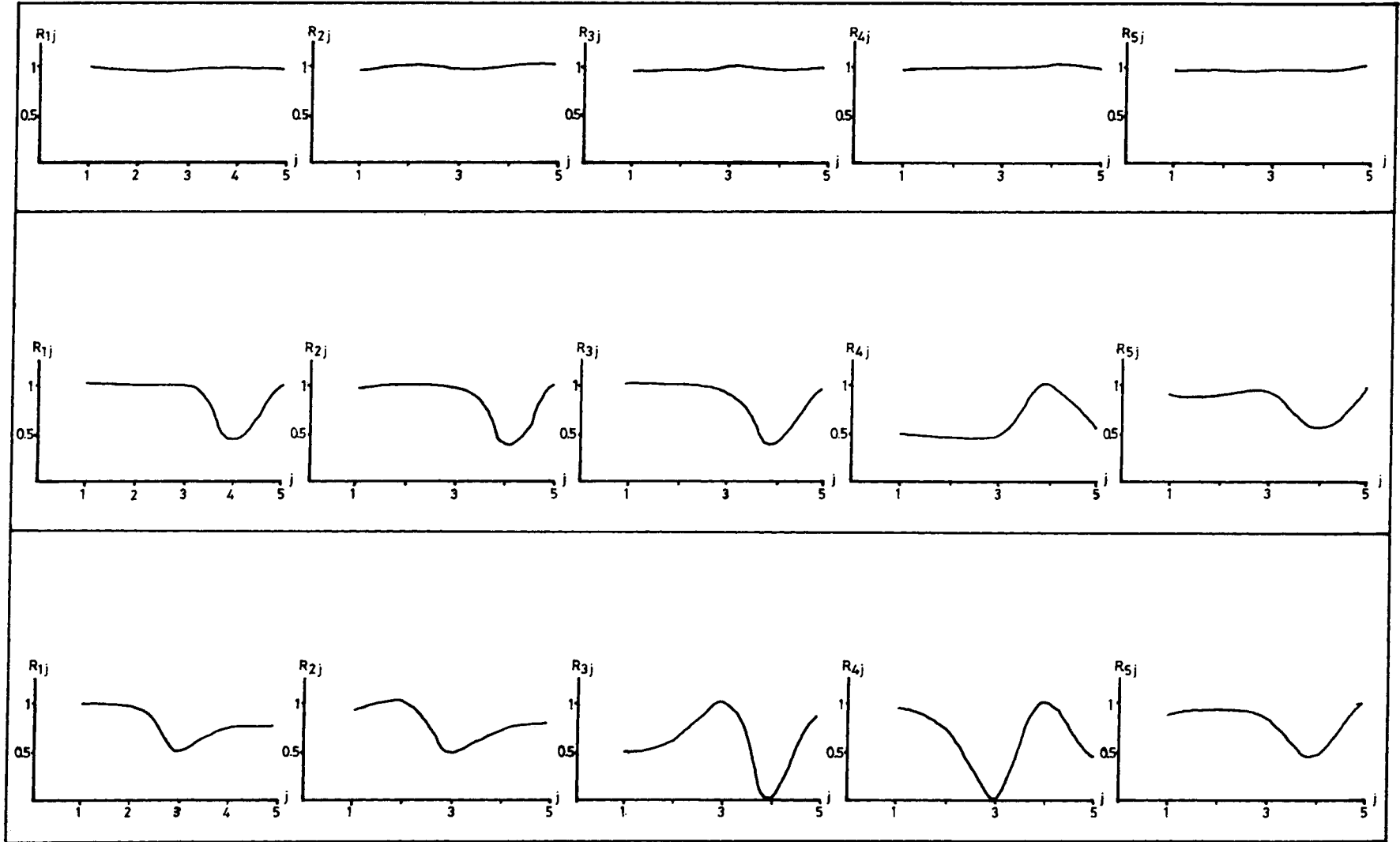


Jeofizik Fay



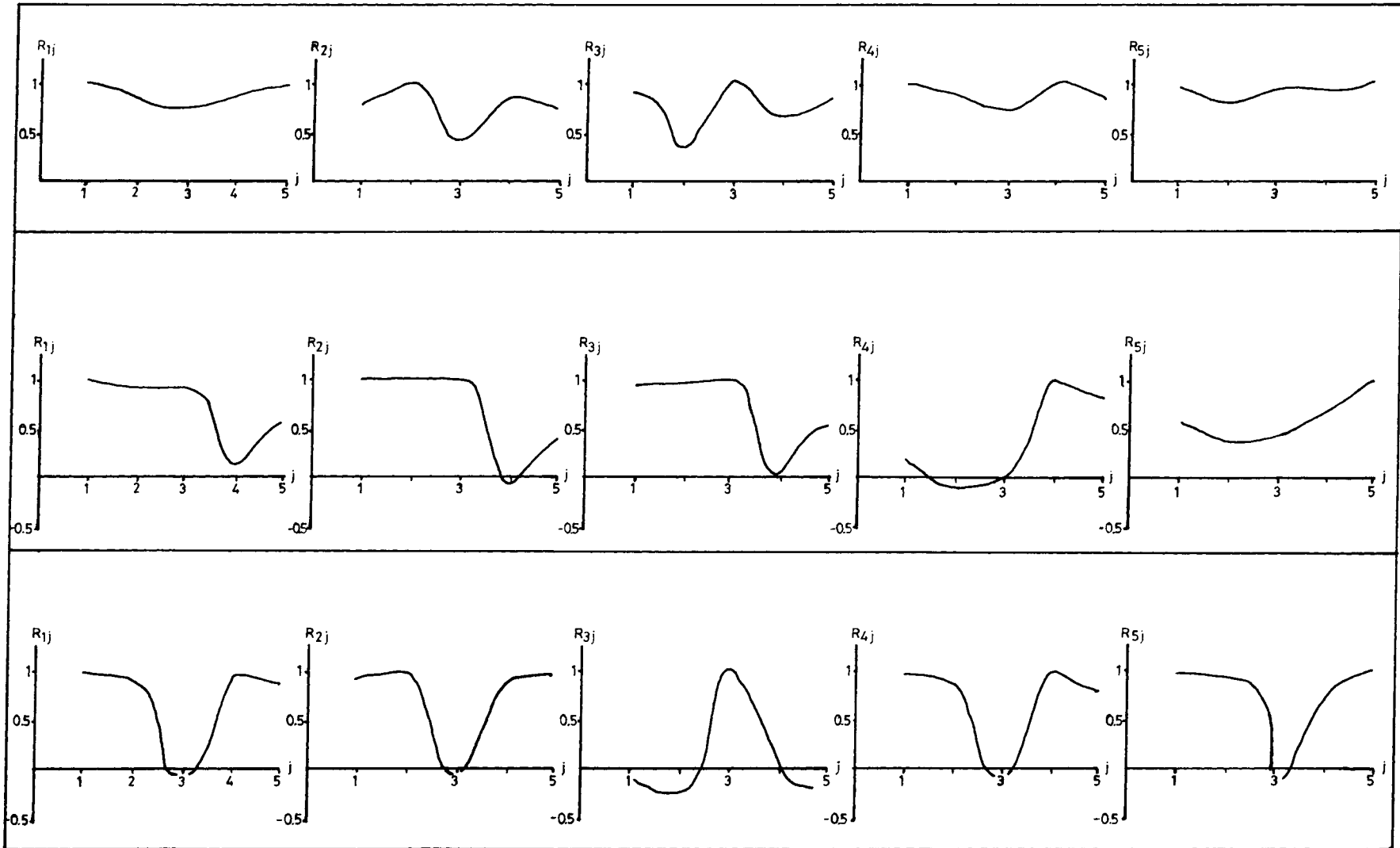
Karayolu

Şekil 16. Jeolojik harita.
Fig. 16. Geological map.



İlişki Katsayısı

Şekil 17. İlişki katsayısının A-A' kesidine uygulanması (tüm derinlikler) (a), İlişki katsayısının B-B' kesidine uygulanması (tüm derinlikler) (b) ilişki katsayısının C-C' kesidine uygulanması (tüm derinlikler) (c).
 Fig. 17. Application of the correlation coefficient to A-A' profile (all depths) (a), application of the correlation coefficient to B-B' profile (all depths) (b), application of the correlation coefficient to C-C' profile (all depths) (c).



Şekil 18. Kıyaslama penceresinin A-A' kesidine uygulanması ($5 < h < 40$ m) (a), kıyaslama penceresinin B-B' kesidine uygulanması ($5 < h < 40$ m) (b), kıyaslama penceresinin C-C' kesidine uygulanması ($5 < h < 40$ m) (c).

Fig. 18. Application of the comparison window to A-A' profile ($5 < h < 40$ m) (a), application of the comparison window to B-B' profile ($5 < h < 40$ m) (b), application of the comparison window to C-C' profile ($5 < h < 40$ m) (c).

saptanan fay, jeofizik verilerden saptanan fay ile oldukça iyi uyum göstermektedir.

SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma sonucu elde edilen bulgular aşağıda sırasıyla verilmektedir;

1) Benzerlik parametrelerinin saptanmasında çok önemli olan C katsayısının (Habberjam'ın önerdiği) seçiminde kriterler belirsizdir.

2) Değişik uygulamalar sonucu elde edilen bulgulardan, istatistiksel bir yaklaşım olan ilişki parametresi kullanmanın, benzerlik parametresine göre daha anlamlı olduğu görülmüştür.

3) Gerek tüm derinlikler, gerekse değişik derinlik pencereleri kullanılarak yapılan ilişki uygulamaları sonucu, yanal süreksizlik sınırları başarılı bir şekilde saptanmıştır.

4) Süreksizlik sınırlarının saptanmasında, gözardı edilmemesi gereken nokta ise yöntemin aynı tür yapılar içindeki süreksizlikleri (Neojen içi faylanmalar gibi) saptamada aynı başarıyı gösteremediğidir.

5) Derinlik penceresinin, aynı sondaj eğrisi üzerinde kaydırılarak uygulanması sonucu, iki katmanlı yapılarda birinci katmanın kalınlığı belirlenebilmektedir.

6) Yöntemin, üç veya daha fazla katmanlı yapılarda uygulanması ise bazı sorunlar taşımaktadır. Bu nedenle sorun-

ları giderici yeni çalışmaların yapılması gereklidir.

7) Yöntem gerçek arazi verilerine uygulanarak oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Arazide jeolojik olarak gözlenmiş fayın, yöntemin uygulanması sonucunda biraz daha güneyden geçtiği saptanmıştır.

Tüm bulgular birarada değerlendirildiğinde; ilişki katsayısı yönteminin, benzerlik parametresi yöntemine göre fiziksel olarak daha anlamlı ve doğru sonuçlar verdiği ve katman kalınlıkları ile süreksizliklerin saptanmasında başarıyla uygulanabileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Çakır, E. 1984, İzmir-Seferihisar Alanında Gravite ve Özdirenç Çalışmaları, D.E.Ü. bitirme çalışması, İzmir.
- Ghosh, D.P. 1970, The application of linear filter Theory to the direct interpretation of geoelectrical resistivity sounding measurements, Geophysical Prospecting 19, 192-217.
- Habberjam, G.M. 1976, The comparison of sounding result and their interpretation in the absence of borehole control, Geoprospection 14, 215-228.
- Habberjam, G.M. 1979, Apparent resistivity observations and the use of square array techniques, Geoprospection Monographs 1, 9, 46-66.
- Koefed, D. 1979, Geosounding Principles. 1. Resistivity sounding measurements, Vol. 14A in Methods in Geochemistry and Geophysics, Elsevier, Amsterdam.
- Kutlu, M.A. 1987, Aydın-Gemencik Jeotermal Sahasının Özdirenç Değerlendirmesi, D.E.Ü. bitirme çalışması, İzmir.