

# Geçici Elektromanyetik Yöntem

Pulse Electromagnetic Method

Bülent TEZKAN \*

## ÖZET

Bayemormanlarında (Güneydoğu Almanya) daha Önceden helikopter elektromanyetiği ile saptanan anomaliler\*üzerinde GEM (Geçici Elektromanyetik) yöntemi uygulanmıştır. Grafit yataklarını belirlemek için yapılan bu ölçmelerin temel amacı, helikopter ile saptanan anomalileri yerden de bulmak ve bölgeye diğer jeofizik yöntemleri uygulayarak bulunan derinlikleri karşılaştırmaktır.

GEM yönteminin üstün yanı yalntz iletkenden kaynaklanan alanı ölçmesi ve yükselti değişiminden etkilenmemesidir.

Özellikle grafit ve suffit yataklarının aranmasında GEM çok başarılı bir yöntemdir, peğerlendirmede kullanılan taslak eğrilerin geliştirilmesi ile derinliklerin daha duyarlı olarak bulunabileceği umulmaktadır.

## ABSTRACT

In order to follow up the graph it anomalies which was obtained by an airborne survey, PEM (Pulse Electromagnetic Method) was used in Southeast Germany. In the discussion of the results taken from this survey, it.is showed that PEM is a very succesfull method for the exploration of graphit and sulphide deposits.

Better estimation can be done in determining the depth of the ore bodies, if the new type curves are developed.

## 1. GİRİŞ

Özellikle yüzeye yakın iletkenlerin saptanmasında sığ elektromanyetik (EM) yöntemleri uygulanı gelen en başarılı jeofizik yöntemlerdendir. Bu yöntemde ölçülen büyüktük birincil alan İte yeraltındaki iletkenlerden kaynaklanan İkincil alanın bileşkesidir. Özellikle ikincil atan birincil alana göre çok küçük olduğundan kimi durumlarda gözden kaçmakta ve anomalilerin değerlendirilmesinde bazı güçlüklerle karşılaşmaktadır.

Zaman ortamı elektromanyetiğin sığ bölümü olan GEM yönteminde algılama biçimi verilen sinyalin kesilmesinden sonra belirli bir zaman aralığında yeraltında uyarılan ikincil alanın zaman içinde sönmününün Ölçülmesi şeklindedir. Son yıllarda geliştirilen bu yöntemin diğer sığ EM yöntemlere karşı en büyük üstünlüğü, yukarıda da belirtildiği gibi salt ikincil alanı ölçmesi ve yükselti değişiminden etkilenmemesidir. Böylece diğer slingram yöntemlerinde "olduğu gibi sargının konumunu yükseltiye göre ayarlamaya ve bazı yöntemler için son derece önemli! olan yükselti düzeltmesini uygulamaya gerek yoktur.

Yöntem Güneydoğu Almanya'da, Bayern ormanlarında daha Önceden havadan EM He saptanan anomaliler üzerinde uygulanmıştır. Çalışılan bölgenin yakınlığında Avrupa'nın tek grafit yatağı işletilmektedir. Ölçmelerin amacı bu yatağın yakın-

larındaki olası yeni yatakların yerinin ve derinliğin saptanmasıdır

Bu yayında Türkiye'de henüz uygulaması olmayan bu yöntemin ilkelerine ve değerlendirme tekniğine değinilecektir. Uygulama örnekleri olarak Almanya'da yapılan arazi çalışmaları verilecek ve bunların değerlendirilmesi yapılacaktır.

## 2. KULLANILAN AYGITLAR VE ÖLÇÜM DÜZENİ

GEM aygıtı bir alıcı ve vericiden oluşur. Vericinin boyutları 37x25x21 cm ve ağırlığı yaklaşık 11 kg dır. Çıkış gerilimi ise 24 Volttur. Alıcının boyutları 28x27x18 cm ve ağırlığı 7 kg dır.

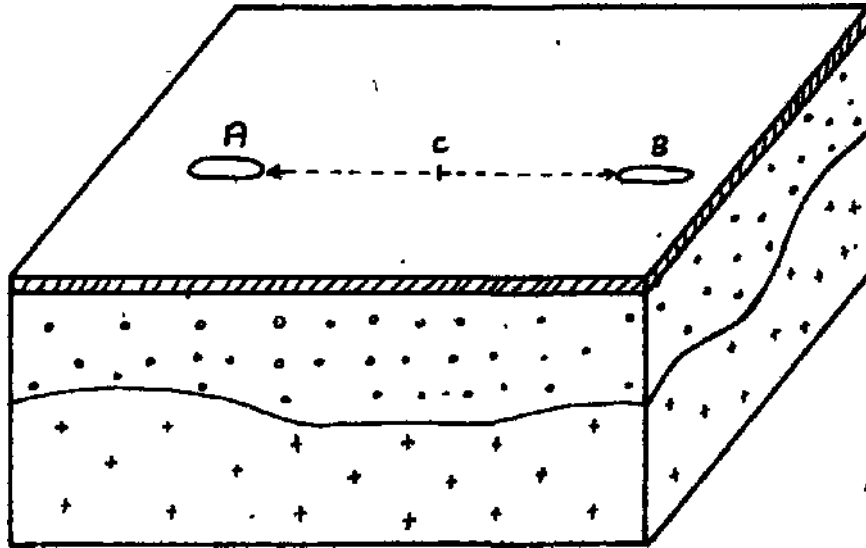
Bu yöntem için etkin derinlik yaklaşık olarak sargı aralığının 3/4 katı olarak alınır, ölçümler sırasında alıcı ve verici aynı yatay düzlemde tutulurlar. Bu tür tutuşta iki algılama biçimi vardır. Bunlardan birincisinde 5 m. ikincisinde 10 m. çaplı verici sargıları kullanılır. Birincisinde alıcı verici uzaklığı 50m. ikincisinde 100 m. tutulur. Etkin derinlik için yaklaşık bir Jteğer vermek gerekirse birinci biçimde 35m. ikinci biçimde ise 75m'ye kadar ulaşılabilir. Alıcı ve verici durağan aralıkta bir doğrultu boyunca kaydırılır ve elde edilen ölçmeler alıcı verici arasındaki uzaklığın orta noktasına atanır (Şekil 1).

Birinci Ölçme düzenini kutlanmak hem zor arazi koşulları için elverişli hem de yeraltında yanyana durma olasılığı olan iletkenlerin tanınması ve ano-

A = Verici

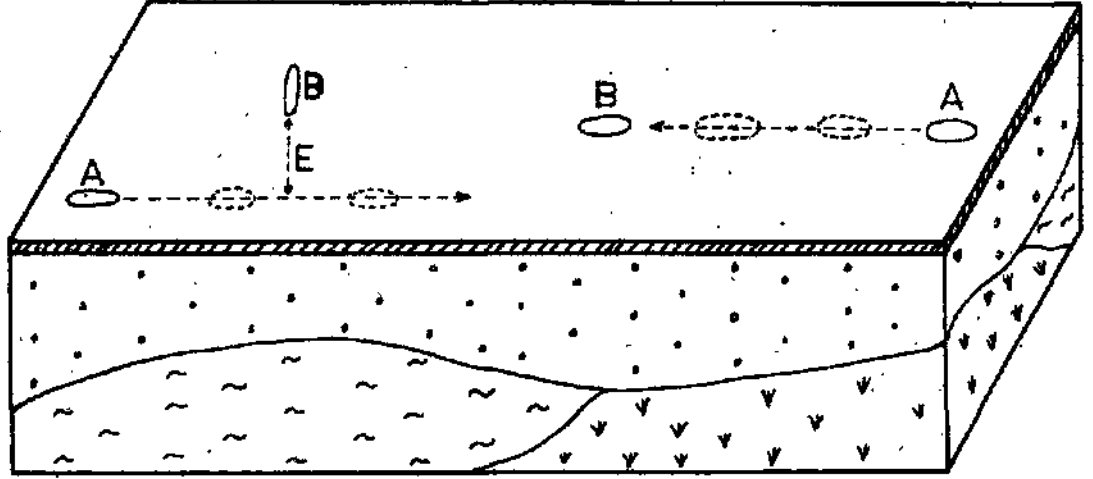
A, B arası 50 - 100 m.

B = Alıcı

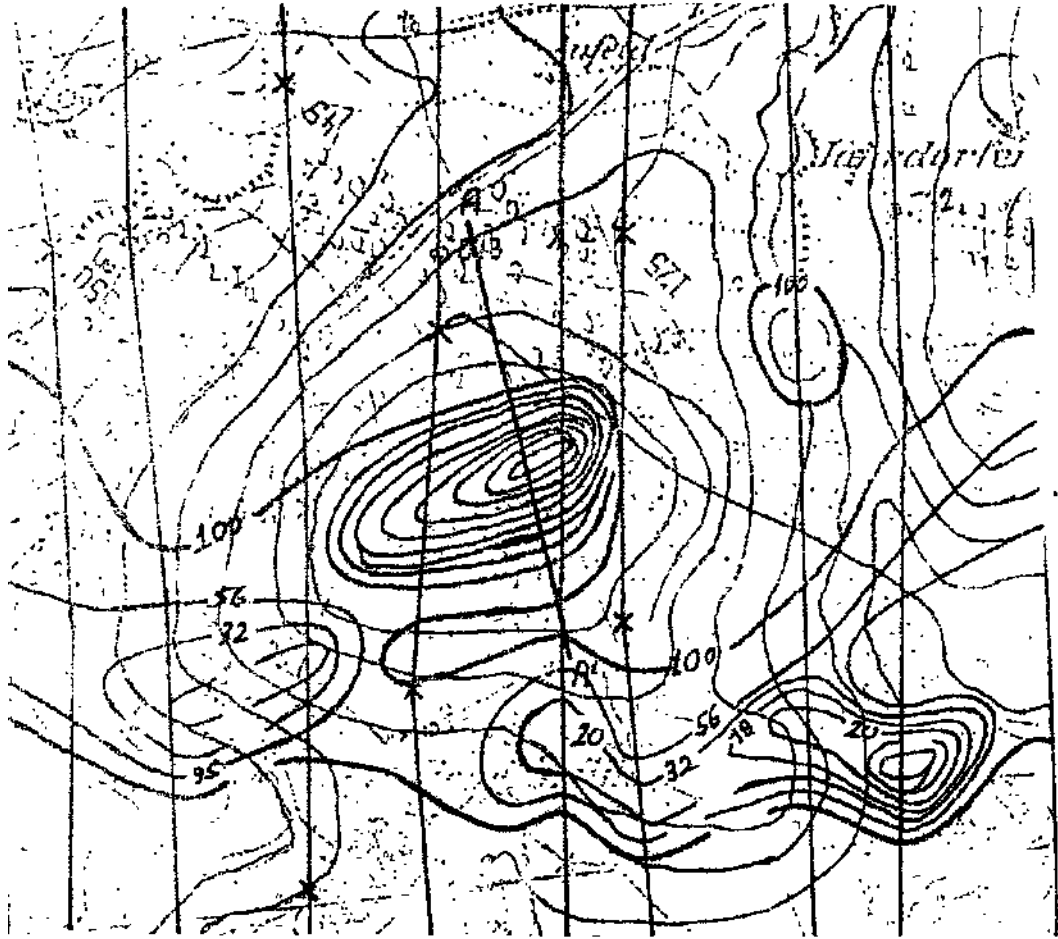


Şekil 1 GEM ölçüm düzeni

A= Alıcı , B = Verici , E=30- 40 m.



Şekil 2 DIPEM ÖLÇÜM düzeni



Şekil 3 Havadan elektromanyetik ile elde edilen anomali

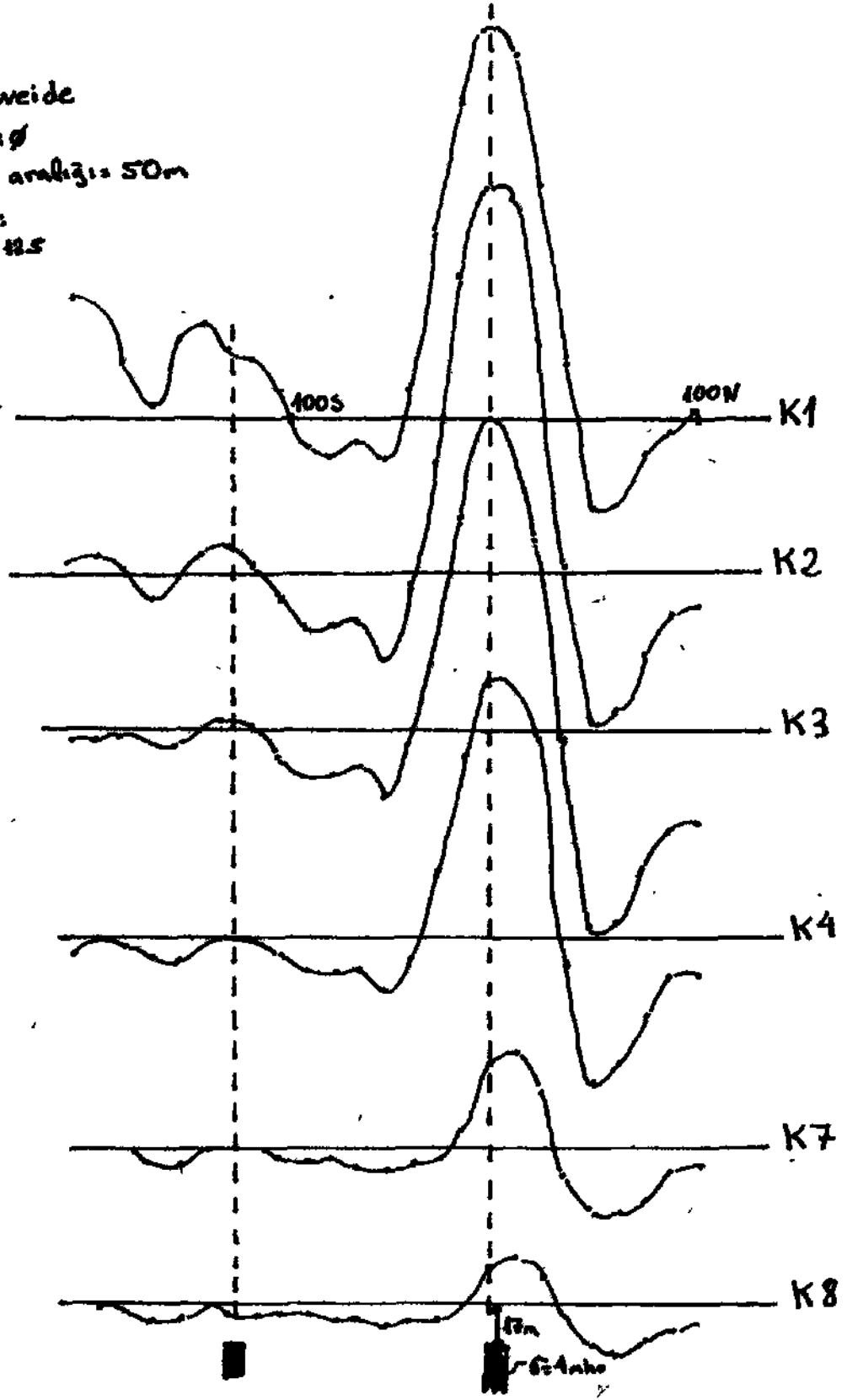
Stierweide

Profil: Ø

Sargı aralığı: 50m

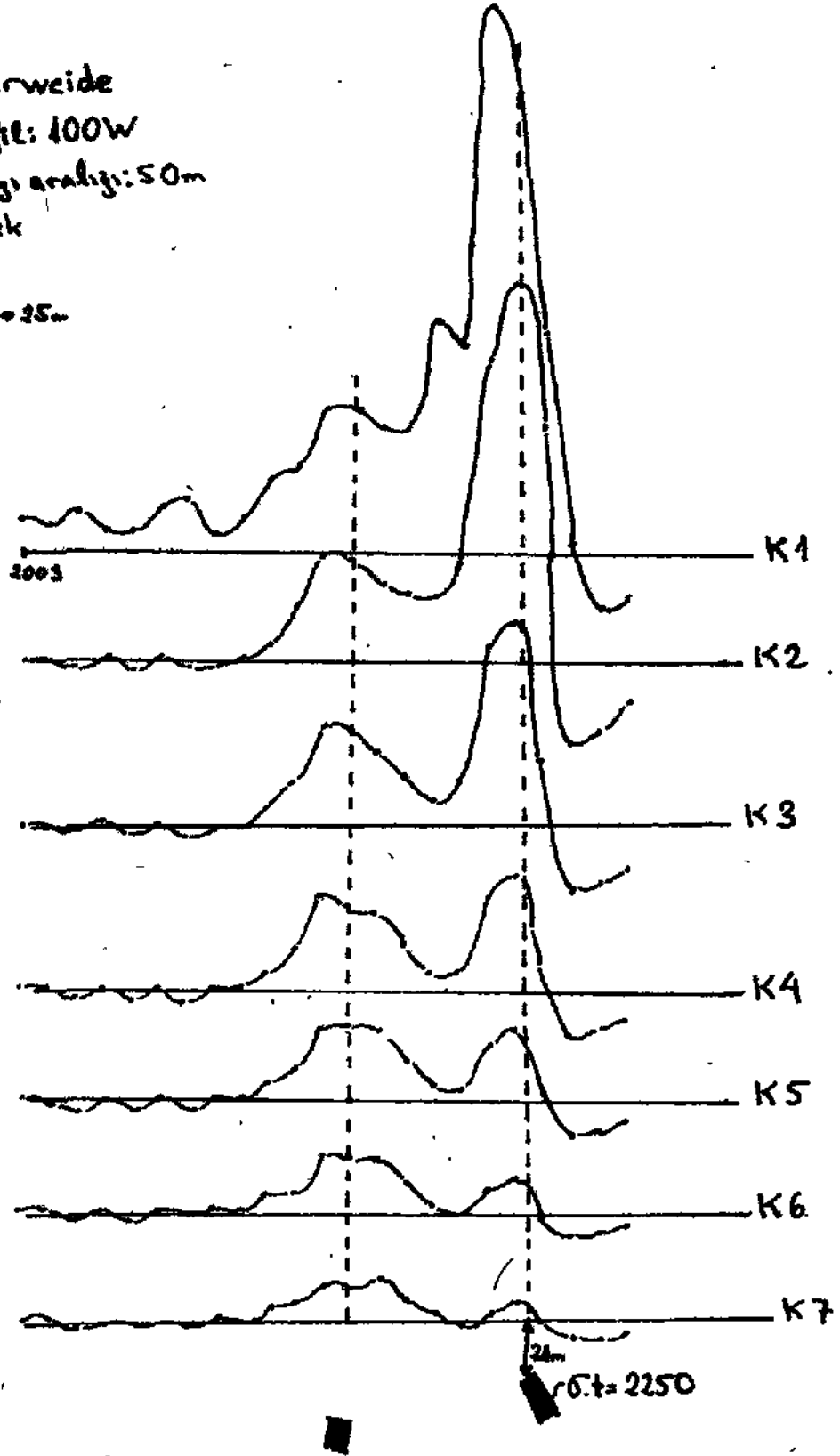
Ölçek:

→ 12.5  
↓ 25



Şekil 4 GEM arazi eğrisi

Stierweide  
Profil: 100W  
Sargı analizi: 50m  
Ölçek  
↑ 20  
→ 25m



Şekil 5 GEM arazi eğrisi

mafi üzerinde birbirinden ayrılması açısından Önemlidir. Daha duyarlı derinlik için daha değişik bir dizilim türü uygulanır. D İPE M denilen bu düzeneğin değerlendirilmesine ilerde ayrıntıları ile değinilecektir. Bu dizilim türünde İki türlü çalışma olanağı vardır. Birinci olasılık verici sargısını en yüksek anomali veren noktanın 3040 m yanına düşey olarak konulması ve alıcı ile doğrultu boyunca/belirli aralıklarda İkincil alan m düşey ve yatay bileşenlerinin Ölçülmesidir. İkinci olasılıkta ise verici sargısı anomalinin sonuna yatay olarak konulur ve alıcı ile doğrultu boyunca ölçü alınır (Şekil 2).

### 3. B. ALMANYA'DAKİ UYGULAMALAR

Son- İki yıl süresince Güney-Doğu Bayem ormanları üzerinde grafit yataklarının yerini bulmak amacıyla ile helikopter elektromanyetiği yapılmış ve çeşidi anomaliler saptanmıştır. Bu anomalilerden bir tanesi Şekil 3'ten izlenebilir.

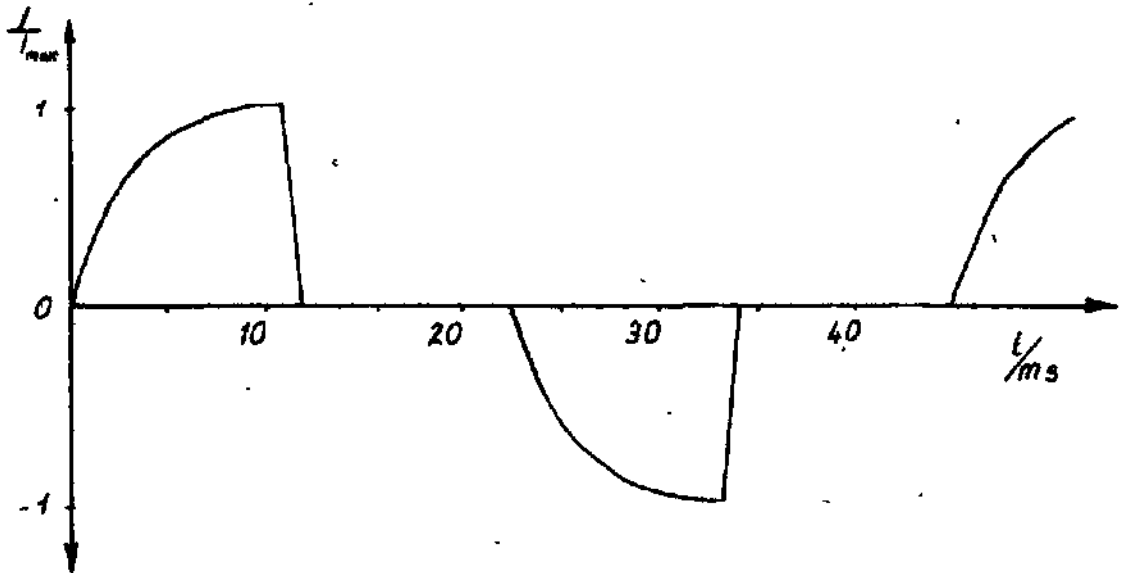
Amaç helikopter ile bulunan anomalileri yerden de saptamak, aynı bölgede çeşitli jeofizik metotları uygulayarak bulunan derinlikleri karşılaştırmak ve en uygun sondaj noktalarının yerlerini belirlemektir. Bu çalışmalardan GEM ve Ç.A.F (Çok Alçak Frekans EM) Ölçülerine katkıda bulunulmuştur.

GEM ölçüleri Şekil 3'te görülen anomalileri dik doğrultularda yapılmıştır. Alıcı ve verici 50 m uzaklıkta tutularak, bir doğrultu boyunca kaydırılmış ve elde edilen ölçüler alıcı verici arasındaki uzaklığın orta noktasına atanmıştır. Daha sonra elde edilen-uygun anomaliler üzerinde daha duyarlı derinliklerin saptanması için DİPEM ölçümleri yapılmıştır. Gelecek bölümlerde verilen taslak eğrilerle değerlendirilen arazi örnekleri ve değerlendirme sonuçları Şekil 4 ve 5'ten izlenebilir.

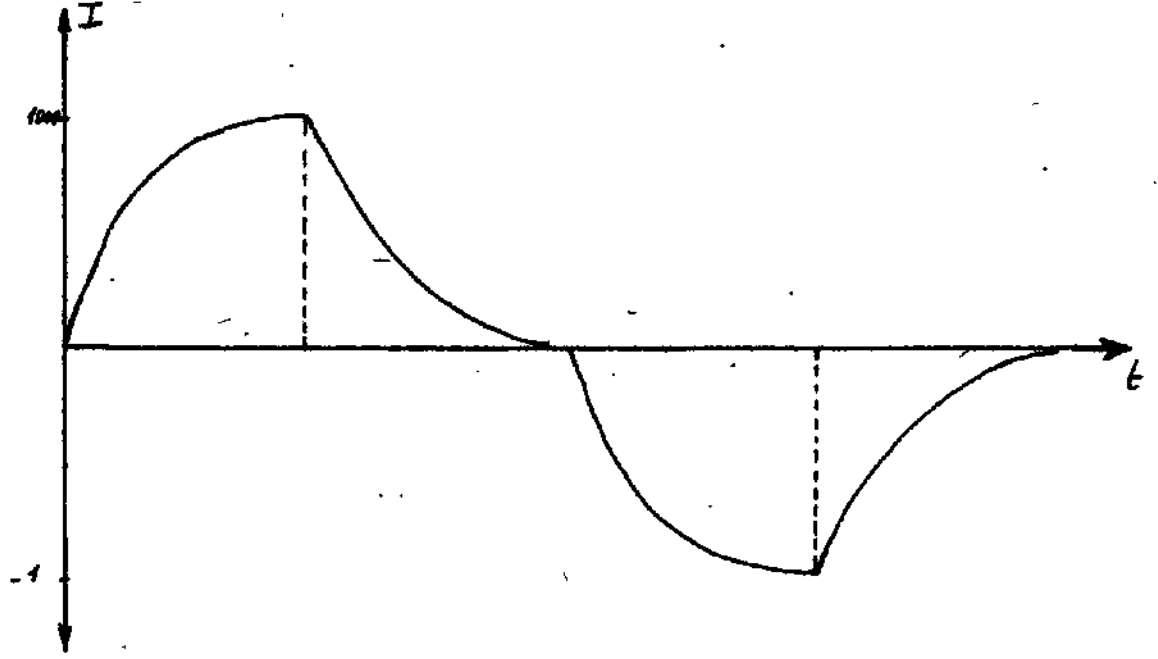
### 4. VERİLEN SİNYALİN BİÇİMİ

GEM, EM alanların zamana bağlı olarak sönümünü inceleyen bir INPUT düzeneğidir. Burada verilen sinyalin kesilmesinden sonra 0.15 ve 64 msn (milisaniye) arasında ve sekiz değişik zaman aralığında yeraltında uyarılan ikincil alanın sönümü ölçülür. Her örnekleme zamanındaki Ölçüler aletin bir kanalından alınır. GEM 22 Hz'lik bir uyarıcı vurgu kullanır ve bu sinyal artı ve eksi yarı dalgalardan oluşur.

Şekil 6'dan da İzlenildiği gibi verici sargıdaki akım şiddeti  $t=0$  ve  $t= 10.8$  aralığında çok çabuk, daha sonra doruk noktasına ulaşana dek yavaş yavaş yükseliyor ve 1 msn içinde aniden sıfıra düşüyor.



Şekil 6 Birincil akımın sonsuz dirençli ortamda davranışı



Şekil 7 Birincil akımın iletken, ortamda davranışı

yor. Boşalma zamanı ise  $t_0 = 11.8$  ve  $t = 22.4$  ms arasında. Daha sonra ters yönde 2. vuru başlıyor. İşte bu boşalma zamanında uyarılan ikincil alanın sönümü sekiz kanalda ölçülür. Arazi ölçümlerinde akımın çok çabuk olarak alçaldığı noktayı bulmak çok önemlidir. Eğer bu gözönüne alınmazsa ikincil sinyale ek olarak bir miktarda birincil sinyal ölçeceğimizden yüksek değerler elde ederiz.

Şekil 6 birincil akım yeglinliğinin havada yani sonsuz özdirenç ortamındaki davranışını göstermektedir. Eğer ortam iletken ise Şekil 7'den de izlenildiği gibi akım yeglinliği aniden sıfıra düşmez. Tersine iletkenliği bağlı olarak yavaş yavaş sıfıra yaklaşır.

##### 5. GEM ÖLÇÜLERİNİN ETKİLENMESİ

GEM yüksek gerilim hatlarından çok kuvvetli etkilenir. Yüksek gerilim hattının altında veya yakınında GEM ile yapılan ölçülerde daima yüksek eksi değerler elde edilmiştir. Ancak bunun fiziksel nedeni araştırılmamıştır..

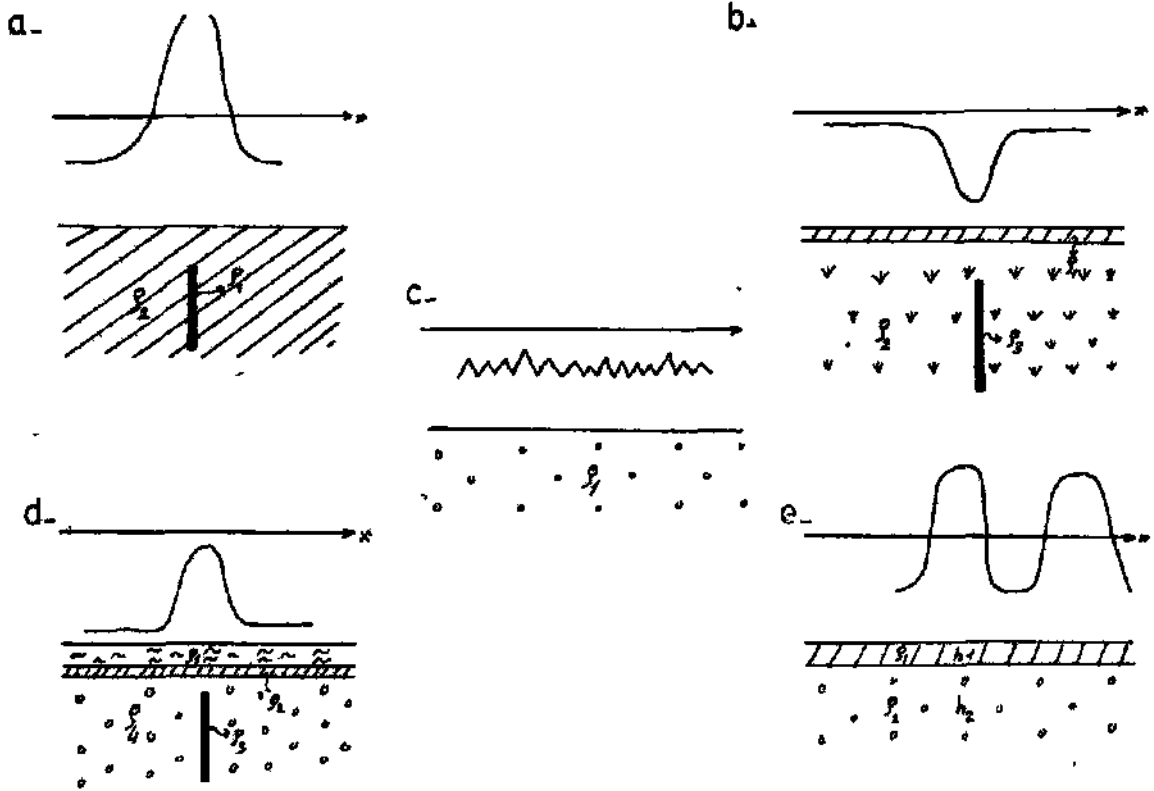
Yüksek gerilim hatları çevresinde daima yüksek eksi değerler edilmesi de tam olarak açık değilse de önemli olan GEM'in yüksek gerilim hatlarından etkilendiğini bilmek ve elde edilen anomalileri bunu dikkate alarak değerlendirmektir.

##### 6. GEMİN BAZI ÜSTÜNLÜKLERİ

GEM'in diğer sığ EM yöntemlerine karşı çeşitli üstünlükleri vardır. Bunlar:

- Aletin dinamik aralığı (dynamic range) küçüktür.
- Yükselti değişiminin Ölçülere etkisi yoktur.
- Yalnız ikincil alan ölçülür.

Burada gürültü etkisinden de kısaca sözetmek gereklidir. Gürültü bu düzeneğe pek az etki ve %3 gürültüye kadar ölçüler yapılabilir. Aygıtın üzerinde her an o ortamda ne kadar gürültü olduğu okunabilir. Ancak Almanya'da yaptığım ölçülerde yüksek gürültü nedeni ile bazı bölgelerde hiç bir ölçü almamıştır.



Şekil 8 GEM ile elde edilmesi olası anomaliler

## 7. GEMİN KURAMSAL YÖNÜ

### 7.1. GEM ite Elde Edilmesi Olası Anomaliler

Şekil 8'de GEM yöntemi ile elde edilmesi olası anomalilerin şekilleri verilmektedir,

a) Düşey dilim üzerinde elde edilen özgün bakışık anomali

b,c) Bu anomalilerde düşey dilim tarafından oluşturulabilir, ancak burada ölçüm değerleri iletken örtü katmanından son derece etkilenir,

d) Bu durumda sadece eksi değerler elde edilir, anomali görülüyor, böyle bir eğri yarı sonsuz ortam olarak değerlendirilir.

e) İlk katman olası anomalisi: İletken yeryüzüne yakın ise doğal olarak GEM ite iletken üzerinde yüksek değerler elde edilir. Ne kadar çok kanalda anomali tanınabilir», yeraltındaki iletkenin öz direnci o ölçüde küçük demektir.

Bu arada düşey dilim üzerinde GEM ile daima artı değerler elde edilmesinin nedeni fiziksel olarak gösterilebilir:

$$\text{GEM değerleri} = \frac{dH^*/dt}{dH_j/dt}, c$$

burada

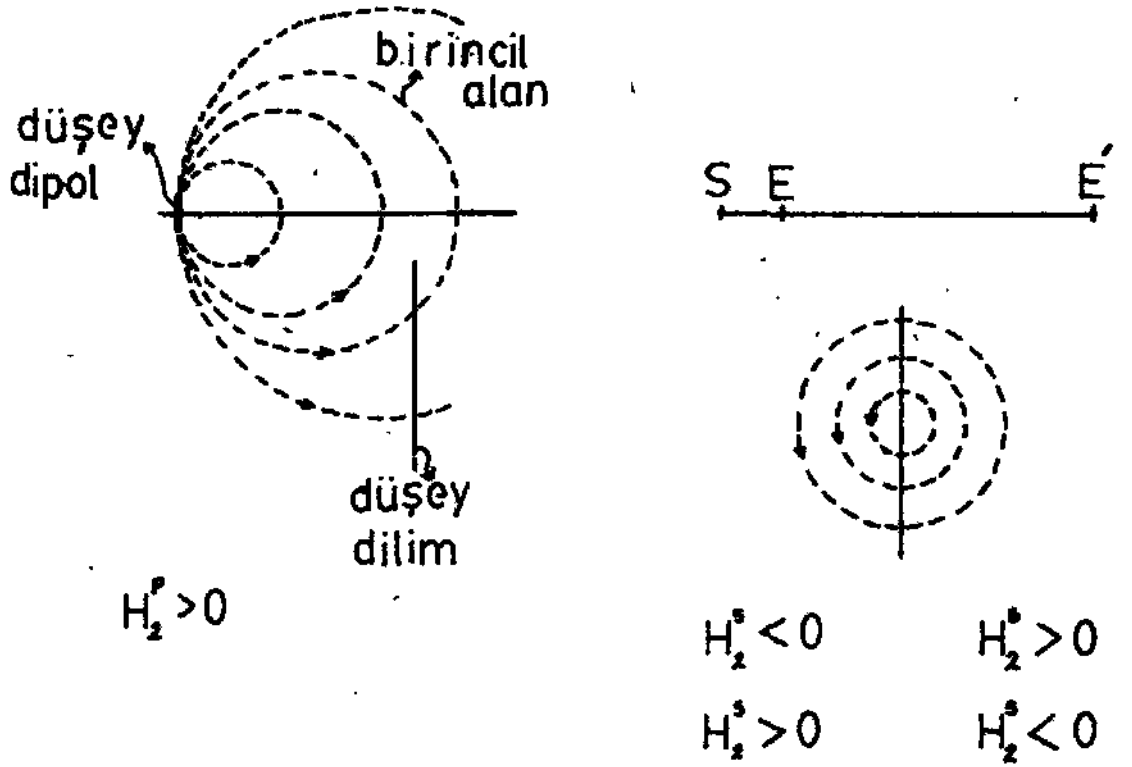
$dH^*/dt$  İkinci alanın zamana göre türevi

$dH_j/dt$  Birincil alanın zamana göre türevi

C = Her kanal için farklı değerlerde bir değişmez

Yatay alıcı ve verici sargıları düşey manyetik dipol görevini üstlenirler. Birincil alanın kesilmesinden sonra düşey dilim içinde sadece ikincil akımlar akar ve bunlar daha önceden oluşan magnetik alanı doğru tutmaya çalışırlar (Lenz Kanunu). Eğer alıcı ve verici düşey dilimin bir ucunda ise ikincil alan artı değerdedir, ancak türevi eksidir. Alıcı diğeri uca geçtiğinde ikincil alanın eksi olmasına karşın türevi artıdır. (1) bağıntısında değerlerin yerine konulması ile düşey dilim üzerinde neden daima artı değerler elde edildiği görülebilir (Şekil 9).





GEM değerleri = ?]»\*\* t \* C  
 $uH_{jj}/d t$

$dH_t/dt =$  ikincil alanın zamana göre türevi

$dH^*/d t =$  Birincil

C = Her kanal için değişik bir sabit.

Şekil 9 GEM ile düşey dilim İTA-rinde daima artı değerler elde edilmesinin fi/iksei gerekçesi

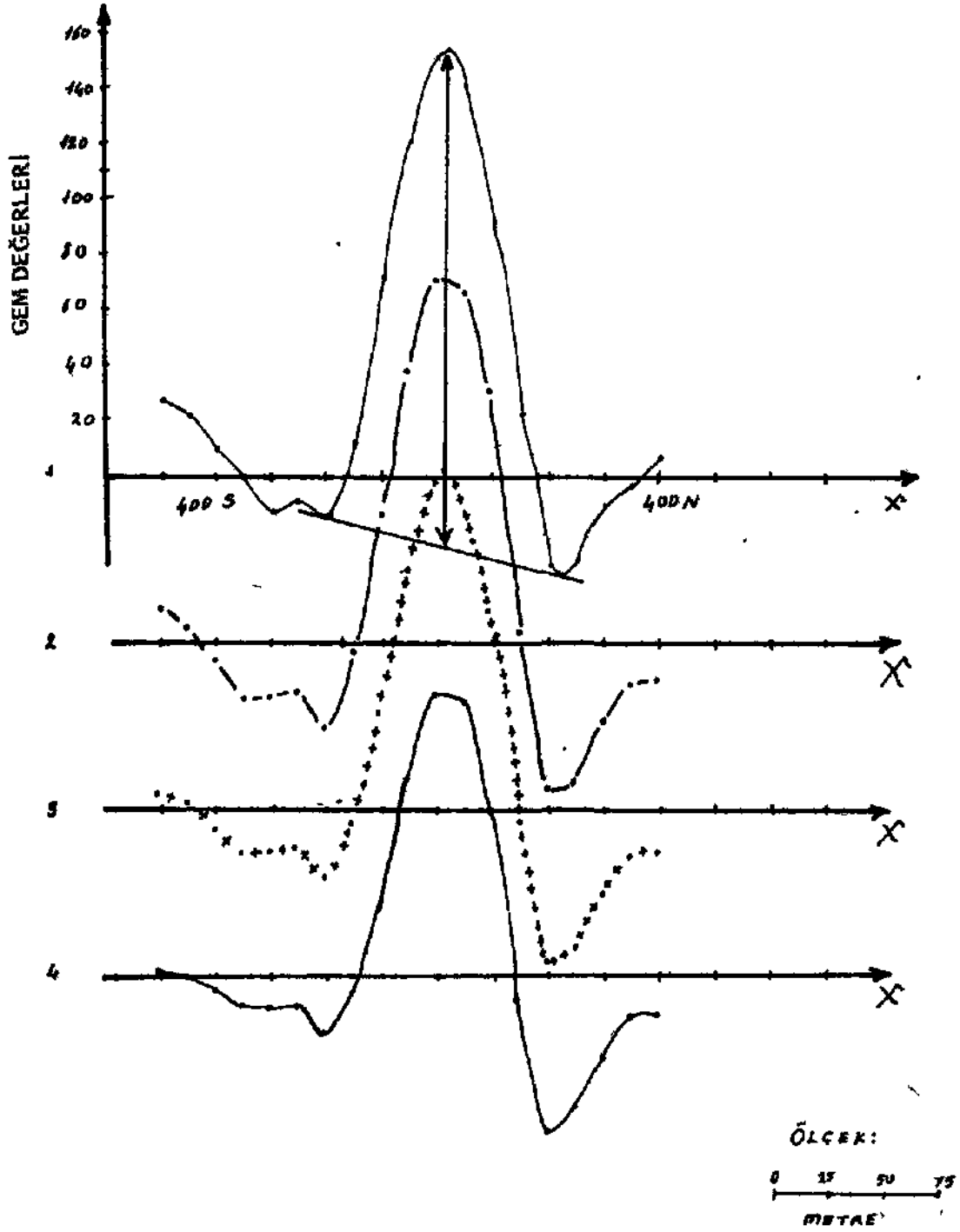
### 7.2. Verilerin Değerlendirilmesi, Taslak Eğriler, Model Çalışmalar

Burada verilecek çizelgeler ilk olarak havada düşey dilim için bir taslak eğri, İkinci olarak yarısonsuz ortam için bir taslak eğri ve son olarak iki katman durumu için taslak eğrilerdir.

Elimizde gerek düşey dilim gerekse diğer modeller için ortam iletkenliğini gözönüne alan taslak eğri

yok. Diğer bir deyimle, değerlendirmede çevre özdirenci sonsuz olarak alındığından belirli Ölçüde hata yapılır.

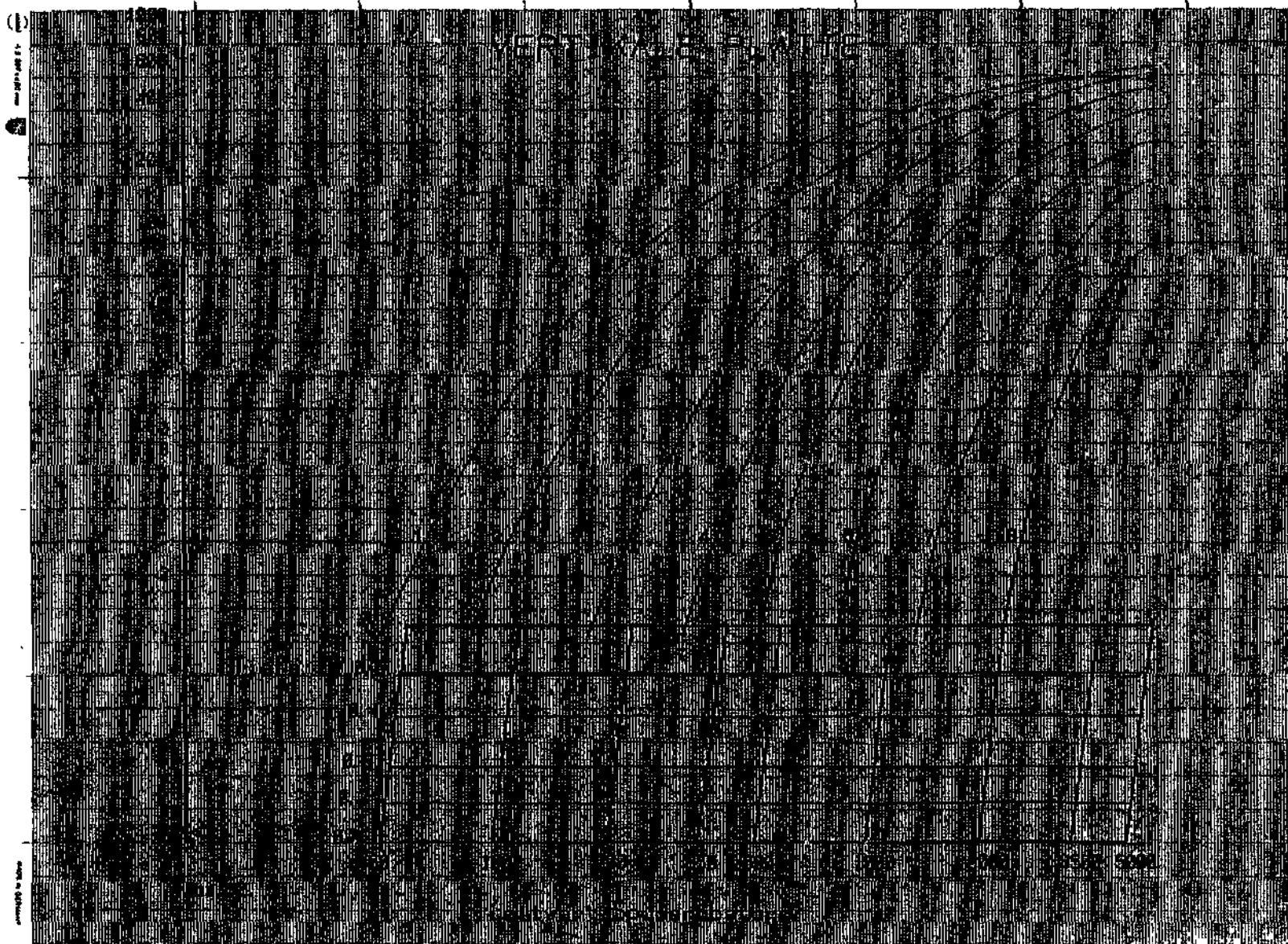
Düşey dilim modeli için değerlendirme şöyle yapılır: Şekil 10'dan da İzlenildiği gibi İlk olarak anomalinin 2 çukur noktasına bir teğet çizilir ve teğetin orta noktası İle anomalinin doruk noktası arasındaki uzaklık okunur.



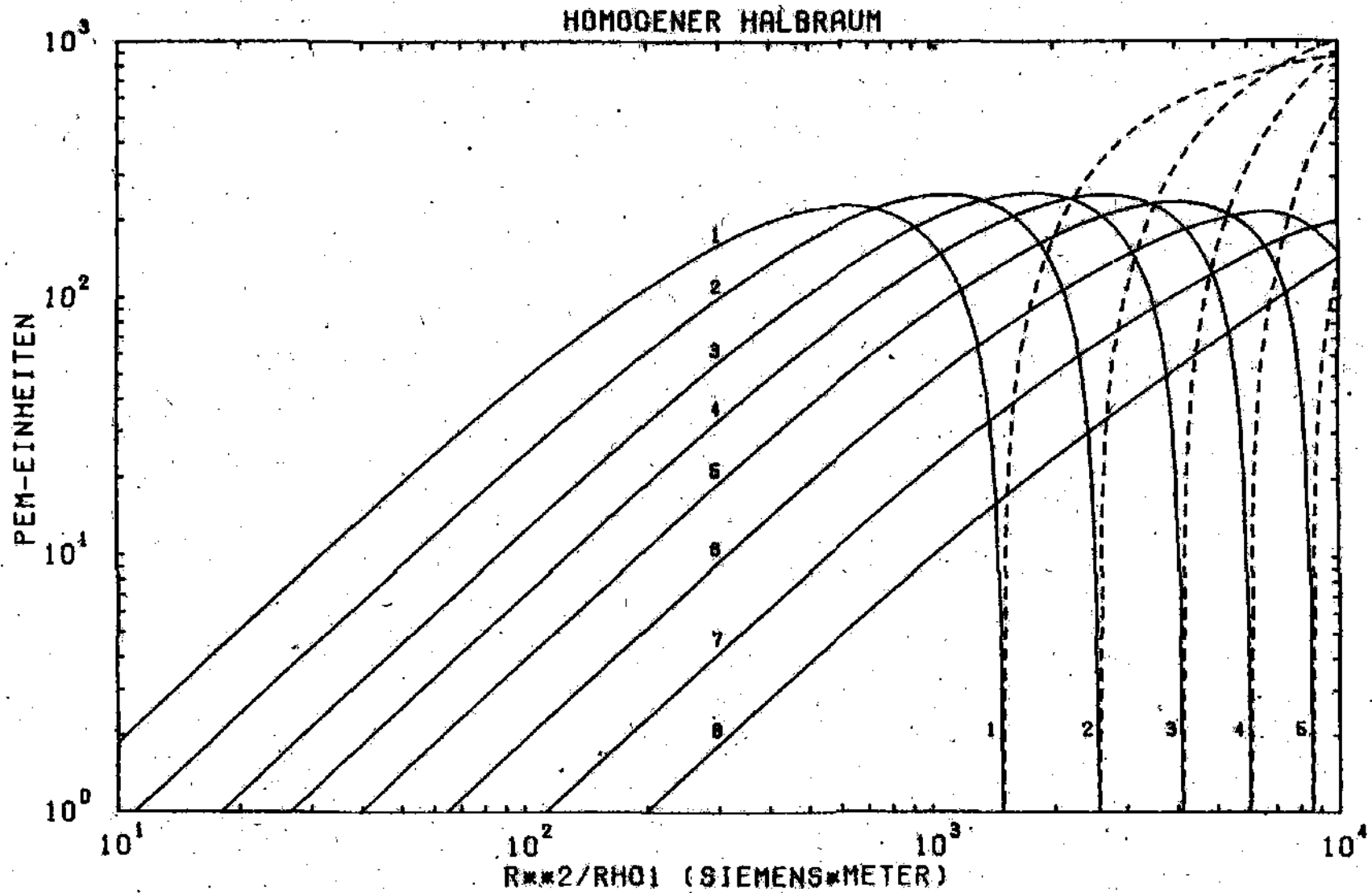
Şekil 10 GEM eğrilerinin değerlendirilmem

Bu işlem 8 kanal için yenilenir. Daha sonra bir kağıda Şekil 11'deki birim dikkate alınarak  $\epsilon$  kağıdının alt noktası sıfır noktasının üzerinde olmasına özen gösterilerek ölçülen değerler işaretlenir ve kağıdın üzerindeki değerler Şekil 11'deki kuramsal eğrilerle uyum sağlayana kadar kağıt x ve y yönünde kaydırılır. Uyum sağlandığı noktada kağıdın alt noktası hem derinlik hem de iletkenlik x kalınlık değerini verir.

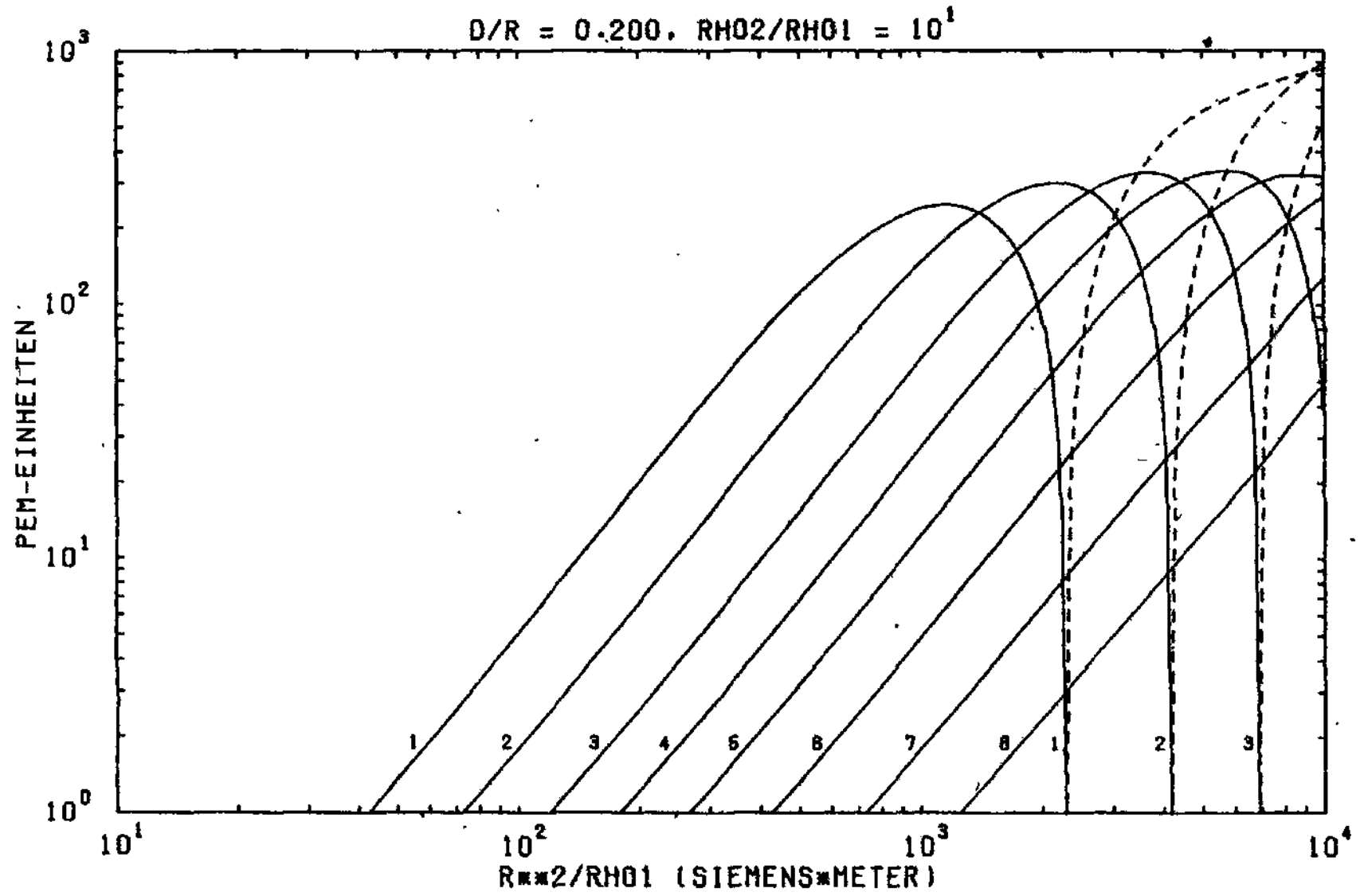
Yarı sonsuz ortamın değerlendirilmesinde de değerler daha önceden açıklandığı gibi okunur. Ancak burada üzerinde değerlerin işaretlendiği kağıdın sadece yatay yönde kaydırılması önemlidir. Değerler taslak eğrilerle çakışınca yatay ekseninden  $g-l/a$  değeri okunur, alıcı verici uzaklığı da bilindiğine göre buradan  $g_j$  hesaplanabilir.



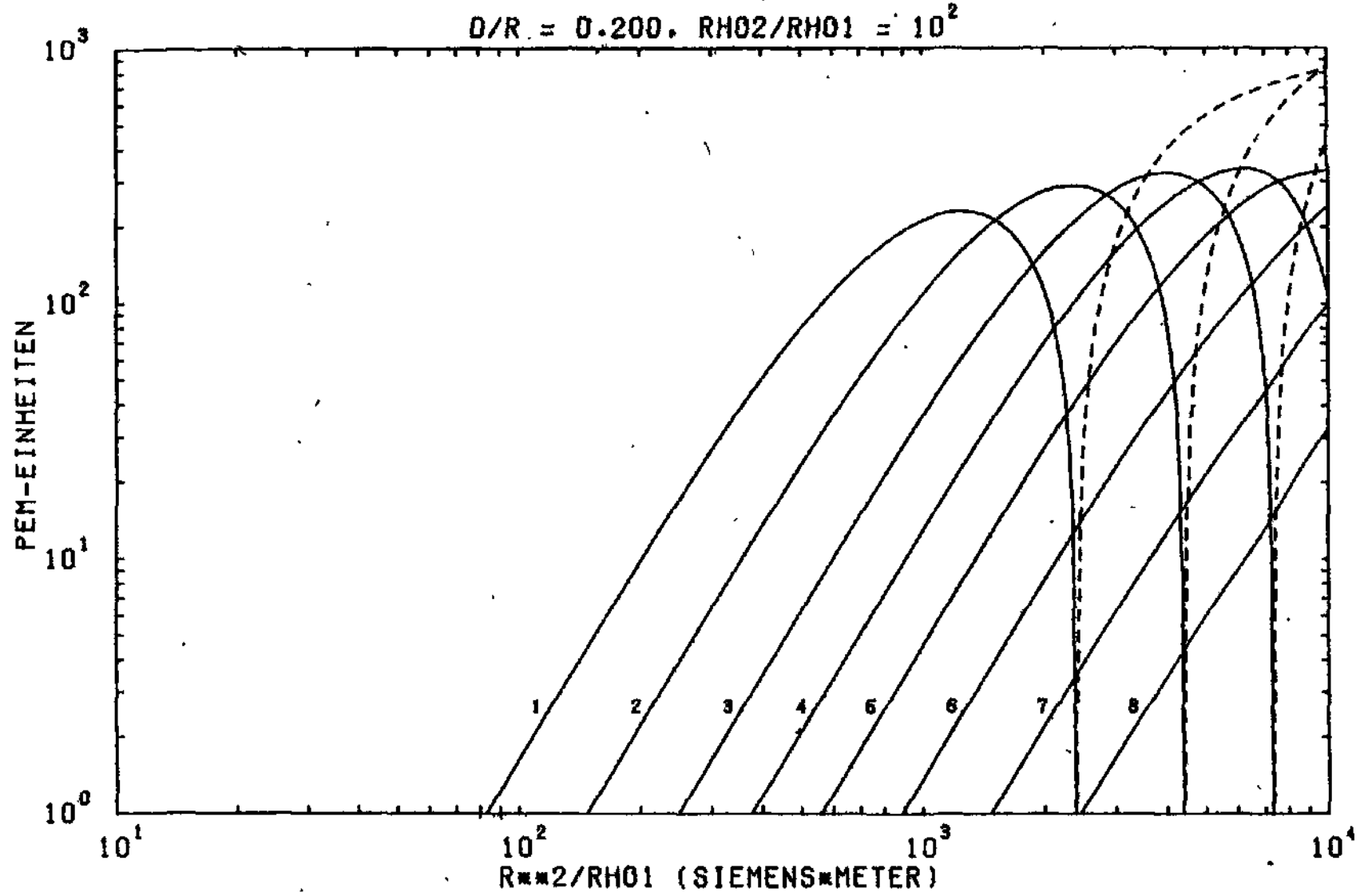
Şekil 11. Düşey dilim değerlendirme taslak eğ-



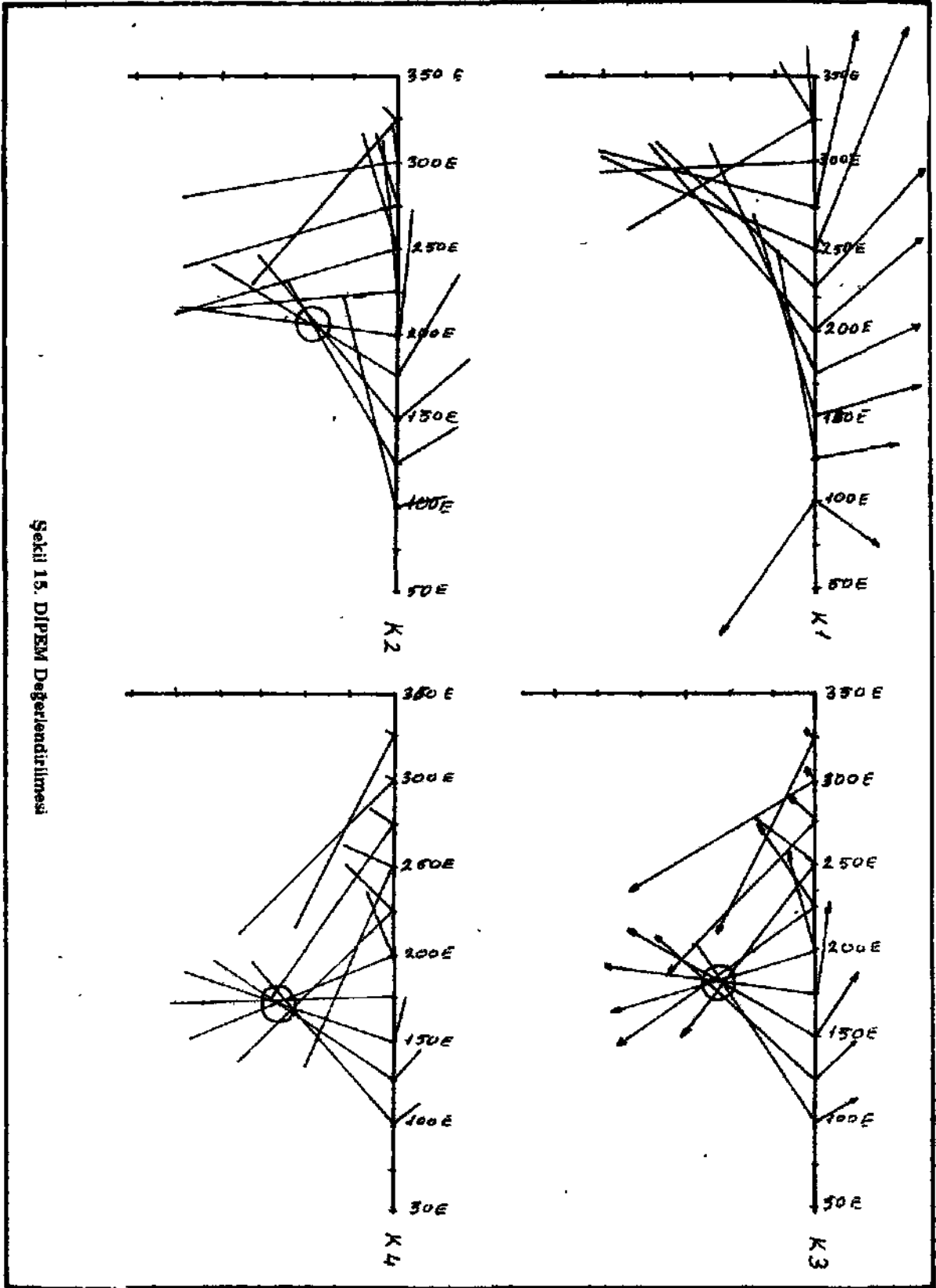
Şekil 12 Yarı sonsuz ortam değerlendirme taslak eğri (Greinwald, 1978)



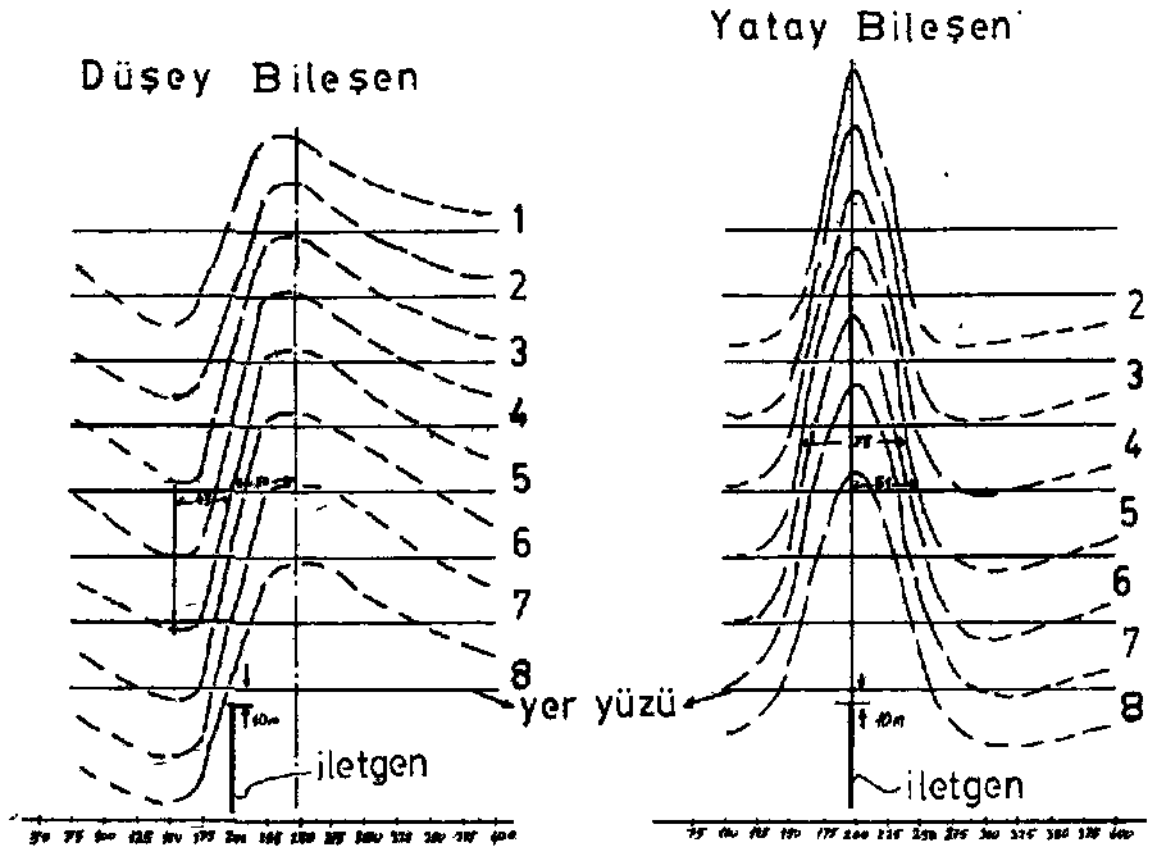
Şekil 13. İki katman değerlendirme taslak eğrisi  
(Weidelt, 1981)



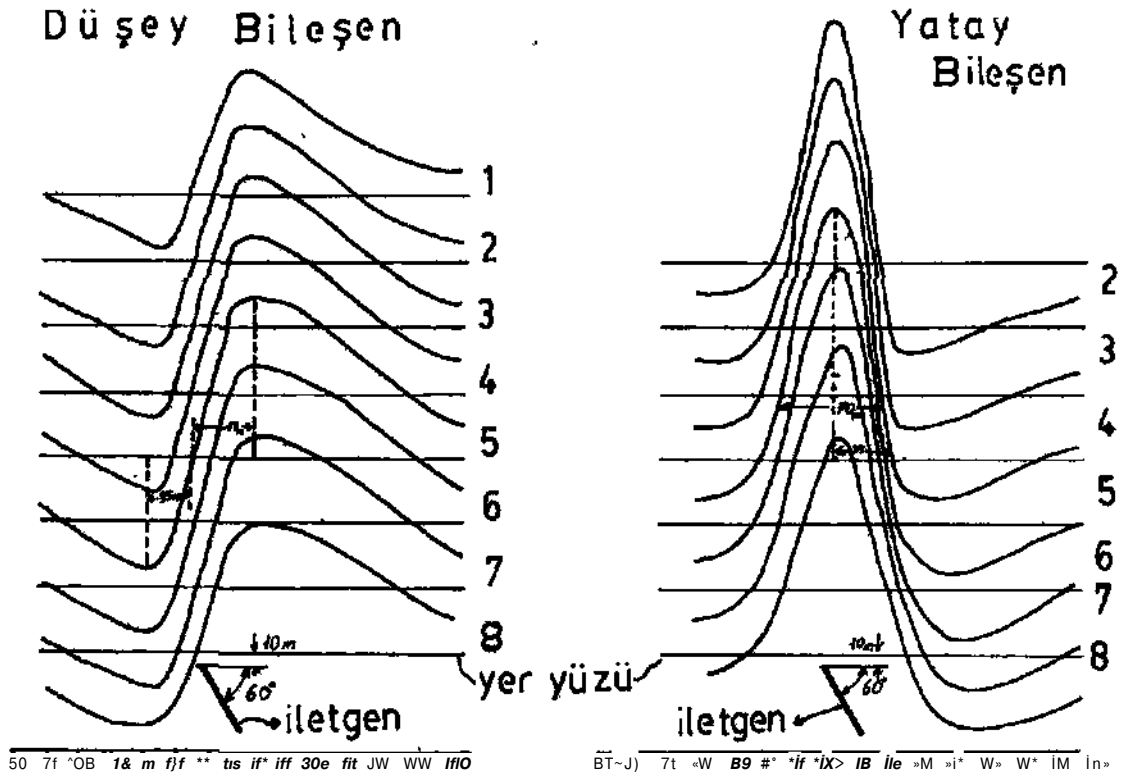
Şekil 14. İki katman değerlendirme taslak eğrisi (Werdelt, 1981) <sup>1</sup>



Sekil 15. DPPEM Değerlendirilmesi



Şekil 16. Model Eğriler (Crone, 1976)



Şekil 17 Model Eğriler (Crone, 1976)



İki katmanlı ortam için elimizde

$d/r = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$  ve  $g_1/g_2 = 10^0, 10^1, 10^2, 10^3$  değişkenleri için hesaplanan taslak eğriler vardır (Weidelt 1981). Daha Önceden gösterilen yarı sonsuz ortam değerlendirilmesine benzer şekilde işlemler sürdürülür. Uyum sağlanan noktada ait eksenden  $g_1$  üst eksenden ise  $g_2$  ve  $d_1$  saptanabilir.

Daha önceden de değinildiği gibi ayrıntılı derinlik araştırması için DIPEM yapılır. Burada her ölçüm noktasında İkincil alanın yatay ve düşey bileşeni ölçülür. Bunların yöneysel olarak toplanması ile manyetik alanın yönü bulunabilir ve buna çizilen dikin iletkenin yönünü göstermesi gerekir, işlemler her Ölçüm noktası için yinelenirse çizilen diklerin kesiştiği nokta hem iletkenin yerini hem de derinliğini verecektir (Şekil. 15). Şekil 15'de DIPEM değerlendirilmesi için 8 kanal yerine 4'ü çizilerek gösterilmiştir.

Crone (1976) çeşitli modeller için İkincil alanın yatay ve düşey bileşenini ölçmüş ve bunları uzaklığın fonksiyonu olarak yayınlamıştır. Şekil 16 ve 17'de bu model eğrilerden 2 si görülmektedir. Bu durum elimizde değerlendirme için yeni bir olanak yaratır. DIPEM yöntemi ile elde edilen verilerin uzaklığın fonksiyonu olarak çizilmesi ve Crone (1976) tarafından yayınlanan eğrilerle karşılaştırılması ile yeraltındaki iletken hakkında birşeyler söylenebilir.

iletkenlik x Kalınlık için, Crone (1976) bir bağıntı yayınlamıştır.

Eğer  $S_1, S_2, \dots, S_n$  her kanaldan okunan değerler ise:

$$\begin{aligned} t &= 2.09/\log S_1 \log S_2 + 0.14, \\ &= 3.4S/\log S_2 \log S_3 + 0.14, \\ &= 4.88/\log S_3 \log S_4 + 0.14, \\ &= 7.67/\log S_4 \log S_5 + 0.14, \\ &= 13.2/\log S_5 \log S_6 + 0.14, \\ &= 22.3/\log S_6 \log S_7 + 0.14, \\ &= 33.4/\log S_7 \log S_g + 0.14 \end{aligned}$$

olarak verilebilir. İletkenin kalınlığı için anomaliden bir tahmin yapılabilir. Eğer yeraltındaki iletken gerçekten İnce düşey dilim ise, anomalinin 2 sıfır noktası arasındaki uzaklık alıcı verici arasındaki uzaklığa eşit olması gereklidir. Eşit değil İse artan kısımdan kalınlık kabaca tahmin edilir, böylece iletkenlik üzerine bir şey söyleme olanağı doğar.

## 8. SONUÇLAR

GEM yöntemi özellikle yüzeye yakın iletkenlerin aranmasında son derece güçlü bir yöntemdir. Uygulamada özellikle grafit ve süfit yalıklarının aranmasında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle çevre özdirencini de dikkate alan taslak eğriler hesaplandığında yöntem daha da güçlenecektir. Yükselti değişiminden etkilenmemeside bir çok sığ EM yönteminde yapılması olası hataların bu yöntem için geçerli olmaması demektir. Almanya'nın Bundesanstalt Für Geowissenschaften und Rohstoffe adlı kuruluşunun 3 sene kadar evvel Balkesir bölgesinde uyguladıkları bu yöntemin henüz Türkiye de başka uygulaması yoktur. Yöntemin Türkiye'de yaygınlaşması halinde birçok maden yatağının bu yöntem ile bulunabileceğine inanmaktayım.

## DEĞİNİM

Arazi çalışmaları için gerekli desteği sağlayan Bundesanstalt Für Geowissenschaften und Rohstoffe adlı kuruluş ile yöntemin ilkesini ve değerlendirme tekniğini Ummada yardımcı olan Doç. Dr. P. Weidelt, Doç. Dr. A. Ercan ve Dr. C. Grisse-mann'a teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

1. Böhm V., and Zeil P., 1980, Geophysikaltschê Bodenmessun en im Gebiet Sadah, A.R Jement Archiv der B6R No 87346
2. Crone J.D., 1976, Pulse Electromagnetic Instrument-PEM
3. Greinwald S., 1978, Pulse-Elektromagnetik- Berechnungen von Diagrammen zur quantativen Interpretation
4. Weidelt P., 1981, PEM Interpretationskurven Für den Zweischichtfall, Archiv der B6R No 89726

