



**700** den fazla şubesiyle  
**HER YERDE HER ZAMAN**  
Hizmetinizdedir.

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**  
**ZİRAAT BANKASI**

## DEĞİŞKEN FREKANSLI ELEKROMAĞNETİK SAHA MUVACEHESİNDE DISSEMİNE İLETKEN KÜRE

Sırrı KAVLAKOĞLU \*)

### ÖZET :

Değişken frekanslı elektromagnetik saha muvacehesinde, dissémine iletken bir küre problemi ele alınmıştır. Dissémine kürenin, dielektrik zarla kaplı iletken küreciklerden ibaret olduğu kabul edilebilmiş ve bu takdirde dipol davranışlı küreye ait reel ve imajiner bileşenlerin frekans değiştiği zaman bir çember denklemini sağladığı ispatlanmıştır. Çembere ait büyüklükler, küreye ait iletken partükül sayısı ile ilgili bir parametreyi, doğru akım iletkenliğini ve gömülü kürenin derinliğini vermiştir.

### ABSTRACT :

Disseminated conductive sphere problem has been examined in a variable frequency electromagnetic field.

Assuming that the sphere is made up of conductive spherical particles enclosed in a dielectric thin membrain and with a dipole response it was shown that at variable frequency the real and imaginary compenents response can be expressed by the equation of a circle and that some parameters of the circle could be used to calculate the number of conductive porticles In the sphere, direct current conductivity of the sphere and the depth to the sphere.

### Giriş :

Değişken frekanslı elektromagnetik saha muvacehesinde, dissémine iletken bir kürenin etüdü önemlidir. Değişken elektromagnetik saha içine konmuş massif iletken küre genel manada (Debye, 1909) tarafından tetkik edilmiştir. (March, 1929) elektromagnetik dipol muvacehesinde, aynı problemi ele almış ve (Wait, 1951) sinizoidal ve uniform saha muvacehesinde problemi detaylı olarak etüd etmiş ve step fonksiyon risponsunu tayin etmiştir. (Ward, 1959) magnetik geçirgenlik kontrastı halinde masif küreye ait özellikleri ortaya koymuştur. (Kavlıkoğlu, 1965) değişken frekanslı elektromagnetik saha muvacehesinde disemine yatakların elektromagnetik parametrelerinin tayini ile ilgili olarak teorik ispatlar vermiştir.

Burada şimdiye kadar dokunulmamış olan değişken elektromagnetik saha içine konmuş dielektrik zarla kaplı iletken küreciklerden ibaret olduğu farz edilebilen, dissémine küre ele alınarak, buna ait reel ve imajiner bileşenlerin, frekans deylştiği zaman bir çember denklemini sağladığı ispatlanmıştır.

Bu çembere ait büyüklükler, iletken kü-

reciklerin sayısı ile ilgili bir büyüklüğü, kürenin doğru akım iletkenliğini ve derinliğini verdiği görülmüştür.

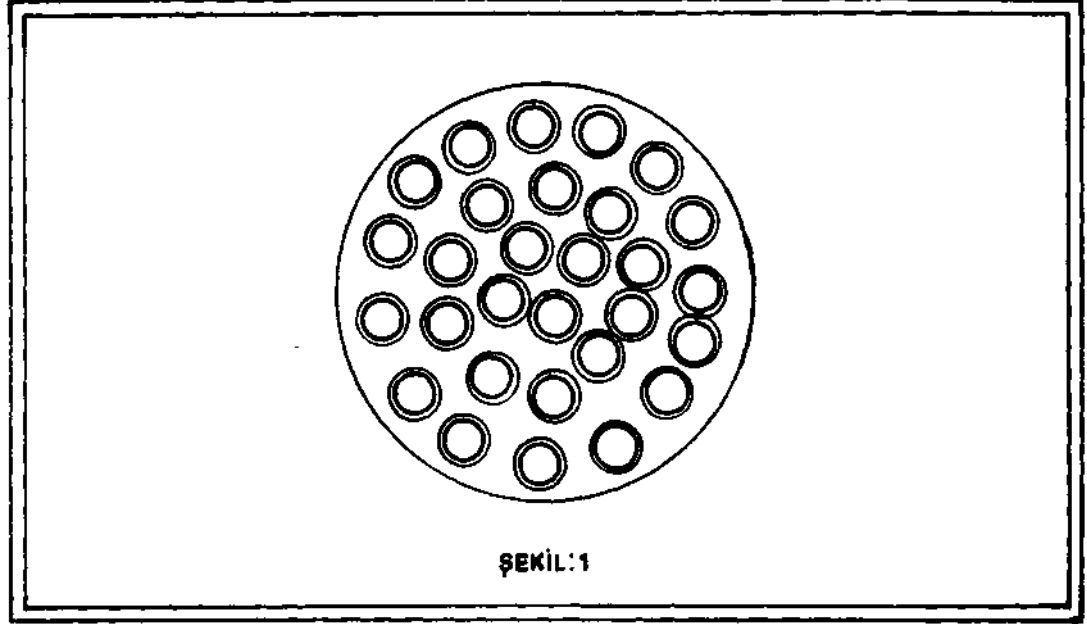
### TEORİ :

iletken partiküllerden ibaret bir küre düşünelim, iletken partiküller küre şeklinde olup bir dielektrik zarla kaplanmış olsunlar. Bu kürecikler homogen bir dağılım gösterebilirler. Kürecikler arasındaki boşlukların bir solisyonla dolu olduğu kabul edilsin. Tabiat-taki dissémine cevherleşmelerin bir çoğunu bu şekilde tasavvur etmek mümkündür. (Şekil 1)

Böyle tasavvur edilmiş bir küre alternatif ve değişken frekanslı elektromagnetik bir saha içine konmuş olsun. Küre dışındaki herhangi bir p noktasındaki  $H(w)$  ve  $H_p(w)$  alanlarına ait reel ve imajiner bileşenler arasında fonksiyonel bağıntı  $\cos \theta$  nin  $0$  z.  $w$  değerleri için bir yarı çember yayını temsil etmektedir.

Küçük frekanslarda bu çember yayına ait üç nokta bilindiği takdirde çember yayı geometrik olarak çizilebilir. Bu çember yayı vasıtasıyla dissémine küreye ait doğru akım iletkenliği birim hacma düşen partikül sayısı hakkında bir büyüklüğün tayininin mümkün olacağı gösterilecektir.

\*) Dr. Jeofizik Yük. Müh. M.T.A. Enstitüsü - Ankara.



#### Effektif İletkenlik ve Effektif Dielektrik:

iletken küreyi meydana getiren küreciklerin iletkenliği  $\sigma_2$  boşlukları dolduran solisyonun iletkenliği  $\sigma_1$  iletken küreciği saran dielektrik zarın dielektriği  $\epsilon_2$  olsun. Böyle bir ortama ait effektif dielektrik ve effektif iletkenlik bahis konusu olacaktır. Genel olarak onu

$$\sigma = \sigma_1(\omega); \quad \epsilon = \epsilon_1(\omega)$$

olarak gösterelim.

Dipol Davranıştı Küreciklerden ibaret Kürenin Reel ve İmajiner Bileşenleri:

Elektromagnetik parametreleri  $\epsilon_2, \mu_2, \sigma_2$  olan sonsuz bir ortamda elektromagnetik parametreleri  $\epsilon_1(\omega), \sigma_1(\omega)$  ve  $\mu_0$  olan R yarıçaplı bir dissémine küre alalım. Kürenin komşuluğunda alan  $H_0$  e'w' şeklinde o'sun. (Şekil 2). Kürenin boyutları tatbik edilen sahanın dış ortamdaki dalga boyundan küçük olsun. Dış ortama ait elektromagnetik parametrelerinin çok küçük olduğunu kabul edelim. Yani dış ortama ait dalga sayısı

$$\gamma_2 = \left[ \nu \sigma_2 \mu_0 \omega - \epsilon_2 \mu_0 \omega^2 \right]^{1/2} \quad (D)$$

olduğuna göre

$$|\gamma_2 R| \ll 1 \quad (2)$$

olarak kabul edelim.

İletken partiküllerden meydana gelen küre için bu kayıtlama yapılamaz. Zira bu orta-

mın iletkenlik mertebesi yüksek olup yer değiştirme akımı da ihmal edilemeyecek kadar büyük olduğu kabul edilmektedir.

Küreye ait yayılma sabiti

$$\gamma_1 = \left( \nu \sigma_1 \mu_0 \omega - \omega^2 \epsilon_1 \mu_0 \right)^{1/2} \quad (3)$$

olsun. Burada genel olarak

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma_1(\omega) \\ \epsilon_1 &= \epsilon_1(\omega) \end{aligned}$$

şeklindedir.

Burada dış ortamla iletken küre arasında permabilité kontrastı olmadığı kabul edilmiş ve  $\mu_0$

$$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ henry/m}$$

olarak alınmıştır.

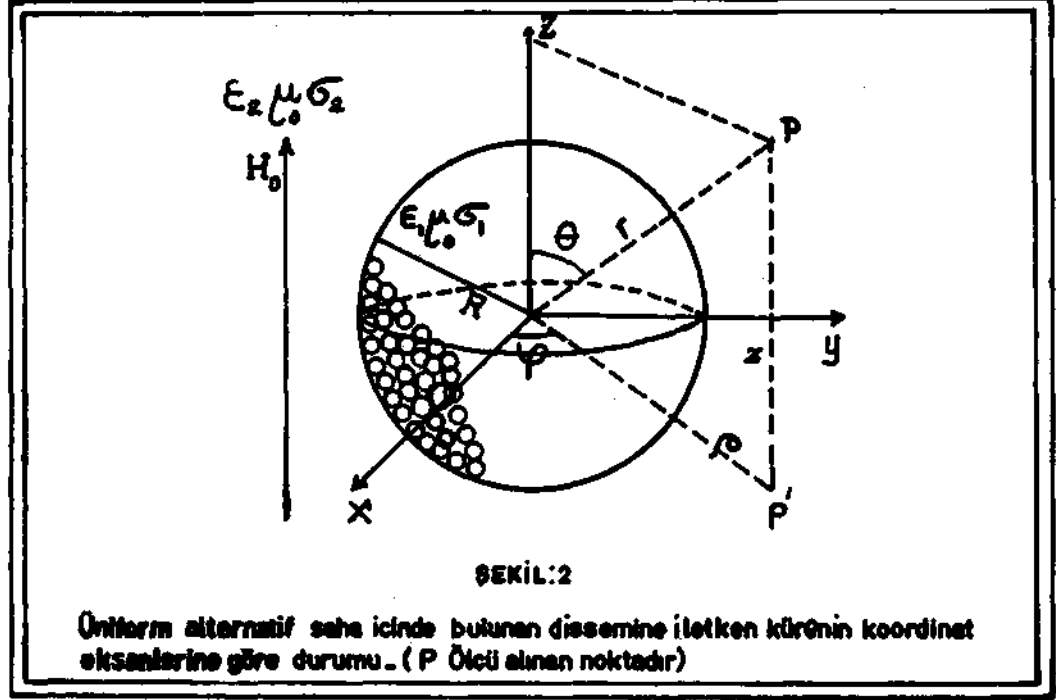
Sonsuz ortam karteziyen koordinatlarla temsil edilmiş olsun, iletken kürenin merkezi koordinatların merkezi olarak alınsın. (Şekil 2).

Burada z polarizasyon eksenidir. Ve bu tatbik edilen sahaya paraleldir.

İki ortamda da serbes yükler olmadığı kabul edilmektedir.

Elektrik ve Magnetik sahalar için Maxwell denklemlerini yazalım.

$$\begin{aligned} \nabla \times \vec{H} &= \vec{j} \vec{E} & \nabla \cdot \vec{E} &= 0 \\ \nabla \times \vec{E} &= -\dot{\vec{j}}(\omega) & \nabla \cdot \vec{H} &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$



Burada  $\gamma$  admittivite ve  $z$  te irmpedivite'yi göstermektedir. Genel olarak

$$\hat{y} = \sigma + i\omega E$$

$$\hat{z} = i\omega \mu_0$$

dır.

Dış ortam için

$$\hat{y}_2 = \sigma_2 + i\omega E_2$$

$$\hat{z}_2 = i\omega \mu_0$$

İletken küre için

$$y_1 = \sigma_1(\omega) + i\omega E_1(\omega)$$

$$z_1 = i\omega \mu_0$$

dır.

Magnetik sahayı her yerde sadece  $z$  bileşeni olan magnetik potansiyel vektörünün terimleri içinde mütalâa etmek lâzımdır.

Sadece Fuko akımı mevcuttur ve bu  $\langle p$  doğrultusundadır.  $\vec{f}$  magnetik potansiyel vektör için

$$E = -\nabla \times \vec{f} \quad \text{bağıntısı vardır.}$$

Burdan

$$\nabla \times \vec{E} = -\nabla \times \nabla \times \vec{f}$$

(4) denklemlerinden

$$-\nabla \times \nabla \times \vec{f} = -\hat{z} \vec{H}$$

$$\nabla \times \nabla \times \vec{f} = \nabla(\nabla \cdot \vec{f}) - \nabla^2 \vec{f}$$

yazılır,

dır.

$$\nabla(\nabla \cdot \vec{f}) - \nabla^2 \vec{f} = \hat{z} \vec{H}$$

olur.

olduğu malûmdur.

Burada bilindiği gibâ

$$\gamma = -\hat{z} \hat{y}$$

dır

o takdirde

$$\nabla (\nabla \cdot \vec{f}) + \gamma^2 \vec{f} = \vec{z} \vec{H} \text{ olur. } \tilde{I}_n(\gamma) = \left(\frac{\alpha \gamma}{2}\right)^{1/2} I_{n+1/2}(\gamma)$$

Buradan

$$\vec{H} = \frac{\gamma^2}{\gamma} \vec{f} + \frac{1}{\gamma} \nabla (\nabla \cdot \vec{f}) \quad \tilde{K}_n(\gamma) = \left(\frac{2\gamma}{\alpha}\right)^{1/2} K_{n+1/2}(\gamma)$$

$$\vec{H} = -\vec{y} \vec{f} + \frac{1}{\gamma} \nabla (\nabla \cdot \vec{f})$$

Açık şekliyle

$$\vec{H} = -(\sigma + i\omega\epsilon) \vec{f} + \frac{1}{i\omega\mu} \nabla (\nabla \cdot \vec{f}) \quad (5)$$

olur.

(Strotton, 1941)

Tatbik edilen saha için vektör potansiyeli

$\vec{f}_0$  olduğuna göre,

Dig ortam için

Sınır

Şartlarını ifade edelim  $R = r$  de

hem tanjansiyel mağnetik saha hemde normal

flaks dansite süreklidirler.

Bu,  $n > 0$  için

$a_n = b_n = 0$  olmasını icap ettirir.

Bu takdirde (7) ve (8) ifadelen

$$\vec{f}_0 = -\frac{1}{\sigma_2 + i\omega\epsilon_2} \vec{H}_0 \quad (6)$$

olacaktır.

Zir:  $\vec{f}_0$  ittir  $\nabla (\nabla \cdot \vec{f}_0) = 0$

Kürenin içindeki mağnetik potansiyel

$\vec{f}_1$  olsun

$$\nabla^2 \vec{f}_1 + \gamma_1^2 \vec{f}_1 = - \quad \text{denkleminin}$$

çözümü malûm olduğu üzere

$$f_1 \vec{z} = \sum_0^{\infty} \frac{b_n \tilde{I}_n(\gamma_1 r)}{r} P_n(\omega s \Theta) i_{r=0} \omega \quad (7)$$

ve kürenin dışındaki mağnetik potansiyel

$\vec{f}_2$  olduğuna göre,

$$f_2 \vec{z} = \sum_0^{\infty} \frac{\alpha_n \tilde{K}_n(\gamma_2 r)}{r} P_n(\omega s \Theta) i_{\mu_0 \omega} - \frac{1}{\sigma_2 + i\omega\epsilon_2} H_0 \vec{z} \quad (8)$$

dir. Burada,

$$f_{1z} = \frac{1}{2} \mu_0 \omega b_0 \sin h(\gamma_1 R) / r \quad r \leq R \quad (9)$$

$$f_{2z} = - \frac{1}{\sigma_2 + i\omega\epsilon_2} H_0 z + \partial \mu_0 \omega \alpha_0 \frac{\bar{e}^{-\gamma_2 r}}{r} \quad r \geq R \quad (10)$$

ifadeleri elde edilir.

Bu takdirde sınır şartları,

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{r} \frac{\partial f_{1z}}{\partial r} - \partial_1^2 f_{1z} &= \frac{1}{r} \frac{\partial f_{2z}}{\partial r} - \partial_2^2 f_{2z} \\ \frac{\partial^2 f_{1z}}{\partial r^2} - \partial_1^2 f_{1z} &= \frac{\partial^2 f_{2z}}{\partial r^2} - \gamma_2^2 f_{2z} \end{aligned} \right\} r = R \quad (11)$$

Bu denklemler  $\alpha_0$  için aşağıdaki müna sebetl verir. (Walt, 1951).

(12)

$$\alpha_0 = \frac{1}{2} H_0 z R^3 \left\{ \frac{2(\operatorname{sh} \alpha - \alpha \operatorname{ch} \alpha) + (\operatorname{sh} \alpha - \alpha \operatorname{ch} \alpha + \alpha^2 \operatorname{sh} \alpha)}{(\operatorname{sh} \alpha - \alpha \operatorname{ch} \alpha) - (\operatorname{sh} \alpha - \alpha \operatorname{ch} \alpha + \alpha^2 \operatorname{sh} \alpha)} \right\}$$

Burada

$$\alpha = [i\omega\sigma_1(\omega) - \omega^2\epsilon_1(\omega)]^{1/2} \mu_0^{1/2} R \quad \text{dir.}$$

$$|\gamma_2 R| \ll 1 \quad \text{olduğu ve her iki ortama} \quad \alpha_0 = -\frac{3}{2} H_0 z R^3 (M + iN)$$

ait mağnetik permiabilite

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

olduğuna göre,

$f < 60$  c.p.s. civarında olduğu hallerde,  $\alpha^2$  nin küçük değerleri için

olduğuna göre burada M dipol davranışlı kürenin reel ve N imajiner bileşenidir.

$$M + iN = \frac{\alpha^2}{45} \quad (13) \text{ olur.}$$

Derhal

$$\alpha_0 = -\frac{3}{2} H_0 z R^3 \frac{\alpha^2}{45} \quad \alpha = [i\omega\sigma_1(\omega) - \omega^2\epsilon_1(\omega)]^{1/2} \mu_0^{1/2} R$$

olarak yazılabileceği aşikârdır.

yi (13) denkleminde yerine koyarsak

$$R^2 \sigma_1(\omega) = \frac{1}{45\mu_0} \frac{N}{\omega}$$

$$R^2 \omega E_1(\omega) = - \frac{1}{45\mu_0} \frac{M}{\omega}$$

denklemleri bulunur.

Reel ve İmajiner Bileşenler Arasındaki Fonksiyonel Bağını:

Dielektrik zarla kaplı İletken partiküllerden ibaret tarif edilmiş cevherleşme halinde (şekil 1) efektif iletkenlik ve efektif dielektrik parametreleri için aşağıdaki denklemleri yazabiliriz:

$$\sigma_1(\omega) = \sigma_0 + \frac{q}{2} \sigma_1 \nu \frac{1}{1 + \frac{1}{\omega^2 \tau^2}}$$

$$\omega E_1(\omega) = \frac{q}{2} \sigma_1 \nu \frac{1}{1 + \frac{1}{\omega^2 \tau^2}}$$

$$\text{Burada } \frac{1}{2\tau} = \frac{t_n \sigma_1}{\epsilon_0 \alpha}$$

(14) cikler arasındaki solüsyonun iletkenliği,  $\nu$  birim hacimdeki iletken partiküllerin hacmi  $a_0$  doğru akım iletkenliği  $t_n$ ,  $\epsilon_n$  iletken küreciği saran dielektrik zarın kalınlığı ve dielektrik katsayısı,  $\alpha$  iletken küre için yarı çapıdır.

(15) denklemlerini (14) denklemlerinde

yenine koyarsak

$$\frac{1}{45\mu_0} \frac{N}{\omega} = R^2 \sigma_0 + \frac{q}{2} \sigma_1 \nu R^2 \frac{1}{1 + \frac{1}{\omega^2 \tau^2}}$$

$$-\frac{1}{45\mu_0} \frac{M}{\omega} = \frac{q}{2} \sigma_1 \nu \frac{1}{1 + \frac{1}{\omega^2 \tau^2}}$$

bulunur.

$$\frac{2 \frac{q}{\omega \tau}}{1 + \frac{1}{\omega^2 \tau^2}} = \sin y(\omega)$$

koyarsak

yukarıdaki denklemler

$$\frac{1}{45\mu_0} \frac{M}{\omega} = 2,25 R^2 \sigma_1 \nu \sin y(\omega)$$

(16)

$$\frac{1}{45\mu_0} \frac{N}{\omega} - R^2 \sigma_0 - 2,25 R^2 \sigma_1 \nu = 2,25 R^2 \sigma_1 \nu \cos y(\omega)$$

şekline girerler. Bunlarda

(17)

$$\left( -\frac{1}{45\mu_0} \frac{M}{\omega} \right)^2 + \left[ \frac{1}{45\mu_0} \frac{N}{\omega} - (R^2 \sigma_0 + 2,25 R^2 \sigma_1 \nu) \right]^2 = (2,25 R^2 \sigma_1 \nu)^2$$

şeklinde bir tek denklem halinde yazılabilir. Bu  $0 < \omega < 120 \text{ n}$  arasında değiştiğine ve,

$$x = \frac{1}{45\mu_0} \frac{N}{\omega}$$

$$y = -\frac{1}{45\mu_0} \frac{M}{\omega}$$

olarak alınabildiğine göre,

$$\text{Merkezi } [ (R^2 \sigma_0 + 2,25 R^2 \sigma_1 \nu), 0 ]$$

da olan ve yarı çapı  $r = 2,25 R^2 \sigma_1 \nu$  ve olan bir yan çemberi göstermektedir.

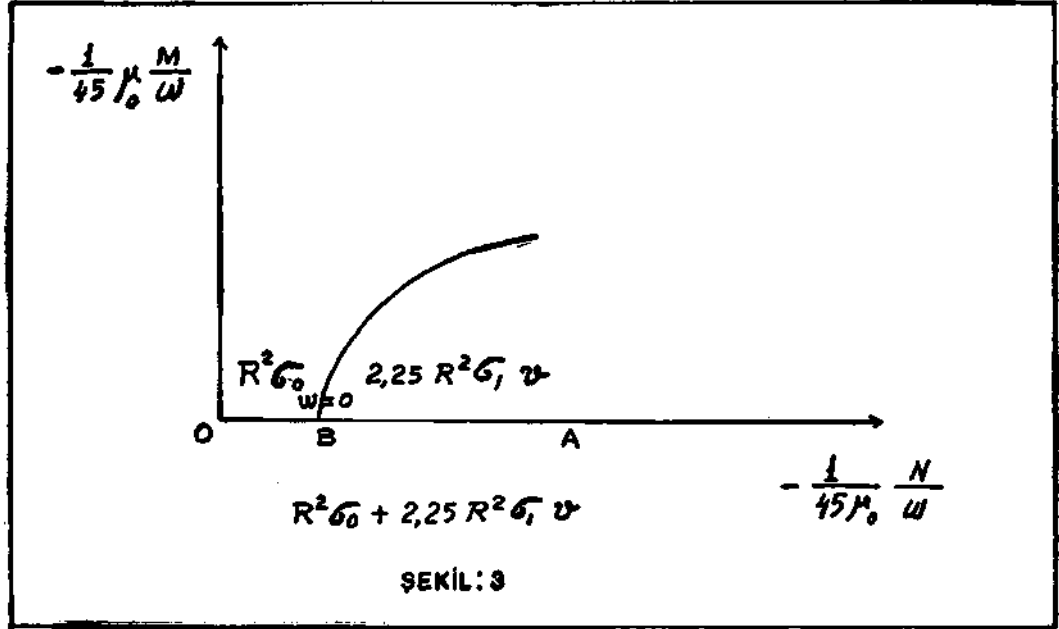
Böylece tarif edilen iletken küreden meydana gelmiş bir iletken küreye ait çok önemli münasebeti tespit etmiş bulunuyoruz.

$$\text{Bunu apsisi } \frac{1}{45\mu_0} \frac{N}{\omega} \text{ ve ordinatı}$$

$$-\frac{1}{45\mu_0} \frac{M}{\omega} \text{ n karteziyen düzleminde çiz-$$

zelim. (Şekil 3).

(Şekil 3) deki yarı çember yayı bize büyüklükleri ile ilgili çok önemli münasebetleri vermektedir.

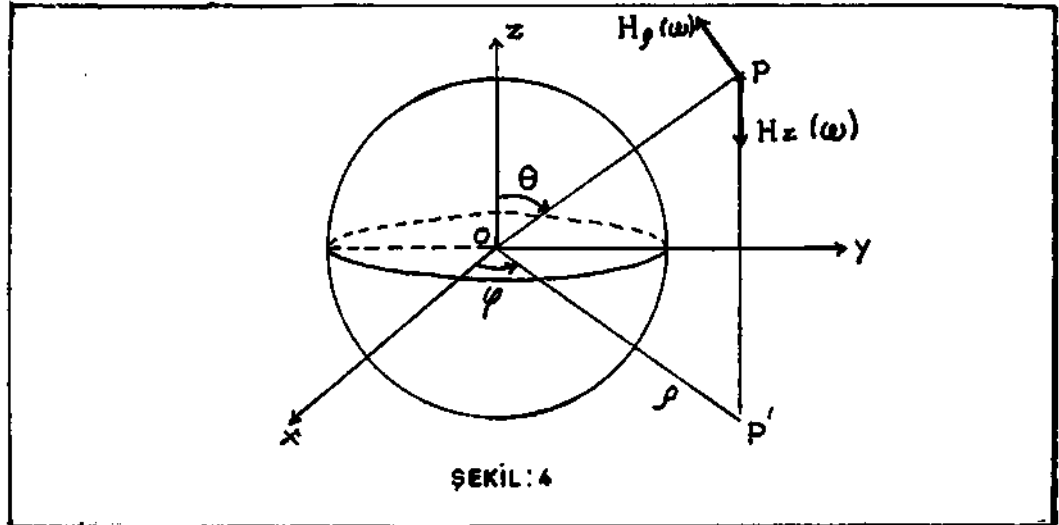


Küre Dışında Herhangi Bir P Noktasındaki Toplam  $H_z(\omega)$  ve  $H_\varphi(\omega)$  Sahaları :

P noktasındaki toplam manyetik sahanın diğey bileşeni (Şekil 4) bilinen bir dipol sahasından

$$H_z(\omega) = -\frac{3}{2} R^3 H_0 z (M + iN) \left( -\frac{1}{r^3} + \frac{3z}{r^5} \right) + H_0 z$$

şeklinde olacağı malumdur.





$$H_z(\omega) = I_z(\omega) + i Q_z(\omega)$$

olduğuna göre,

$$I_z + i Q_z = -\frac{3}{2} R^3 H_0 (M + iN) \left(-\frac{1}{r^3} + \frac{3z^2}{r^5}\right) + H_0 z$$

$$(I_z - H_0 z) + i Q_z = -\frac{3}{2} R^3 H_0 (M + iN) \left(-\frac{1}{r^3} + \frac{3z^2}{r^5}\right)$$

$$\frac{2}{3} \frac{I_z - H_0 z}{H_0 z} + \frac{2}{3} i \frac{Q_z}{H_0 z} = R^3 (M + iN) \left(\frac{1}{r^3} - \frac{3z^2}{r^5}\right)$$

Diğer taraftan

$$M = -45 \mu_0 \omega \cdot 2,25 R^2 \sigma_v \sin \eta$$

$$N = 45 \mu_0 \omega R^2 \sigma_0 + 45 \mu_0 \omega \cdot 2,25 R^2 \sigma_v + 45 \mu_0 \omega \cdot 2,25 R^2 \sigma_v \cos \eta$$

$$\frac{2}{3} \frac{I_z - H_0 z}{H_0 z} + \frac{2}{3} i \frac{Q_z}{H_0 z} = \left\{ -45 \mu_0 \omega \cdot 2,25 R^2 \sigma_v \sin \eta \right.$$

$$\left. + i(45 \mu_0 \omega R^2 \sigma_0 + 45 \mu_0 \omega \cdot 2,25 R^2 \sigma_v + 45 \mu_0 \omega \cdot 2,25 R^2 \sigma_v \cos \eta) \right\} \cdot \left(\frac{1}{r^3} - \frac{3z^2}{r^5}\right) R^3$$

Reel ve imajiner kısımları eşitliyorum.

$$\frac{1}{67,5} \frac{1}{\omega} \frac{I_z - H_0 z}{H_0 z} = 2,25 \sigma_v \sin \eta (\omega) \left(\frac{1}{r^3} - \frac{3z^2}{r^5}\right) R^5$$

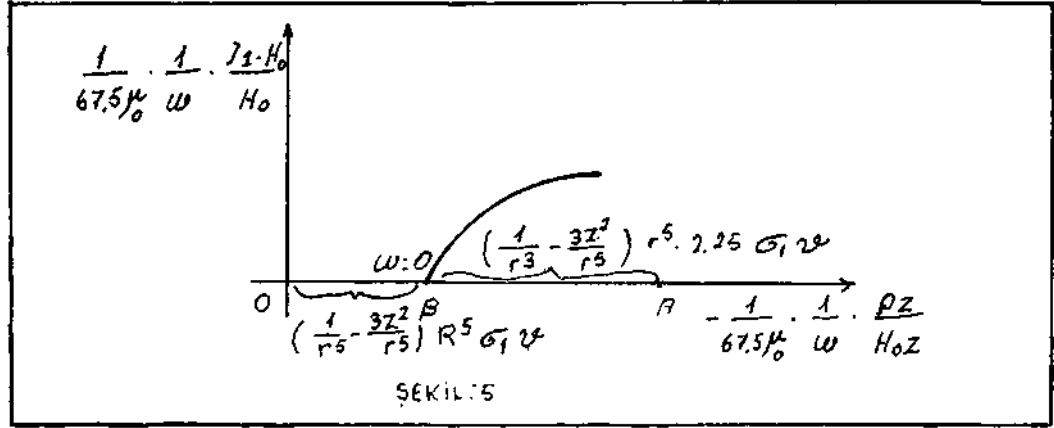
$$\frac{1}{67,5} \frac{1}{\omega} \frac{Q_z}{H_0 z} - (\sigma_0 + 2,25 \sigma_v) \left(\frac{1}{r^3} - \frac{3z^2}{r^5}\right) R^2 = 2,25 \sigma_v \cos \eta (\omega) \left(\frac{1}{r^3} - \frac{3z^2}{r^5}\right) R^5$$

$$- \frac{1}{67,5} \frac{1}{\omega} \frac{I_z - H_0 z}{H_0 z} = \gamma$$

$$\frac{1}{67,5} \frac{1}{\omega} \frac{Q_z}{H_0 z} = x$$

$$(\sigma_0 + 2,25 \sigma_v) \left(\frac{1}{r^3} - \frac{3z^2}{r^5}\right) R^5 = \alpha$$

Koyalım.



P noktasındaki asgari üç alçak frekansta yapılacak ölçüler sonunda geometrik interpretasyon neticesinde O B ve B A büyüklükleri çizilebilen çember sonucu tayin edilebilecektir. Bu iki önemli doğru parçaları, tayin edilmesi gerekli küreye ait R yan çapı, iletken küreciklerden ibaret kürenin  $\langle r_0$  doğru akım iletkenliği ve aynı kürenin birim hacimdeki  $\sigma$  v iletken küreciklerin haomi ile kürecikler arasındaki solüsyon iletkenliği çarpımını veren yeni bir büyüklükle ilgilidir.

Bunların tayininde önemli iki unsur olarak O B ve B A doğru parçaları ortaya konmuştur.

Küre Dışında Herhangi Bir P Noktasındaki Toplam  $H_p(w)$  Sahası :

Dipol davramşlı kürenin P noktasındaki  $H_p(w)$  alanı için bilinen

$$H_p(w) = - \frac{3}{2} R^3 H_0 z (M + iN) \frac{33P}{r^5}$$

münasebetini yazalım. (Şekil 4).

$$\omega = R^5 \frac{33P}{r^5} \sigma_0 + 2.25 R^5 \frac{33P}{r^5} \sigma_1 v$$

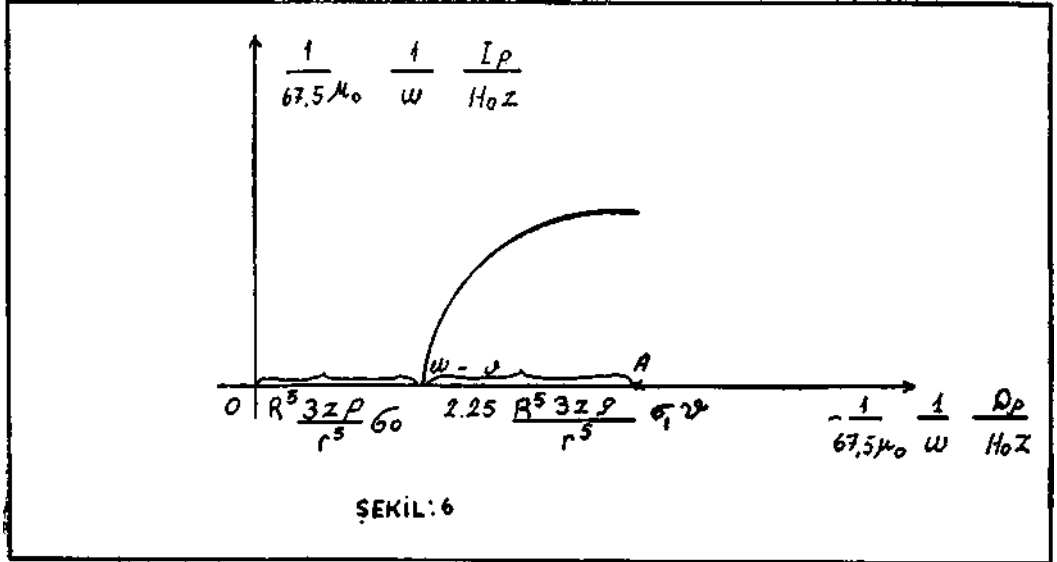
$$j\beta = 0$$

olan bir çember yayı elde ederiz. (Şekil 6).

Böylece geometrik interpretasyonla iletken küreye ait  $\sigma_0$  doğru akım iletkenliği, R yan çapı ve kürecikler arasındaki solüsyonun iletkenliğinin  $\sigma_1$  birini hacmindeki küreciklerin toplam hacmiyle  $v$  çarpımı şeklinde olan yeni bir parametreye bağlı olarak iki O B ve B A büyüklüklerini tayin etmemiz mümkün olmuştur.

iletken Küreciklerden Meydana Gelmiş Dipol Davramşlı Küreye Ait Büyüklüklerin Tayini:

$H_p$  muvacehesinde iletken küreye ait z derinliğinin ve küre merkezinin bulunması.



f frekansı gösterdiğine göre  $0 < f < 60$  aralığında kalmak üzere, değişken frekanslı verici kullanılmış olsun.

Uzayda her P noktasında (Şekil 4).

$$H_p(\omega_1); H_p(\omega_2); H_p(\omega_3); H_p(\omega_4); H_p(\omega_5)$$

komponentleri ölçülmüş olsunlar.

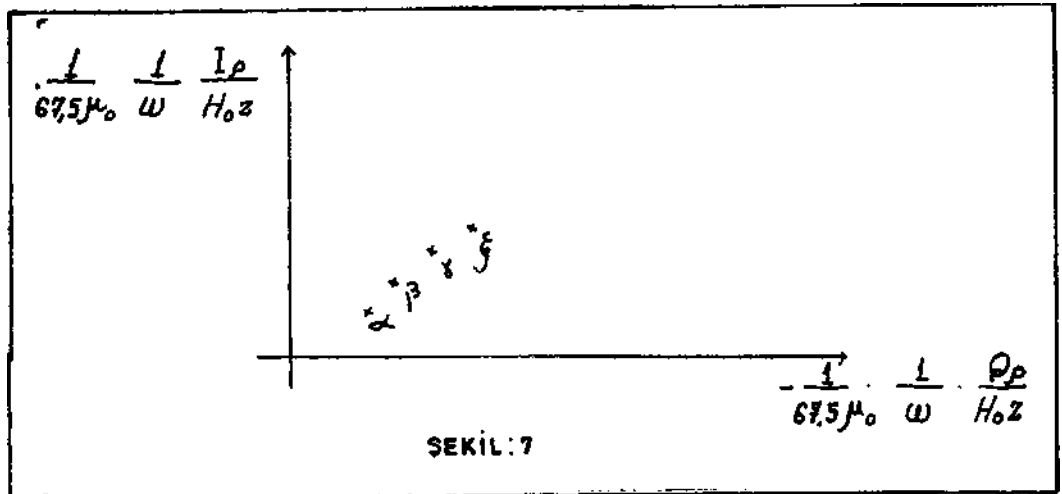
Bu takdirde, şekil 6'ya uygun olarak aşağıdaki şekil 7'yi ortaya koymak mümkün olabilecektir.

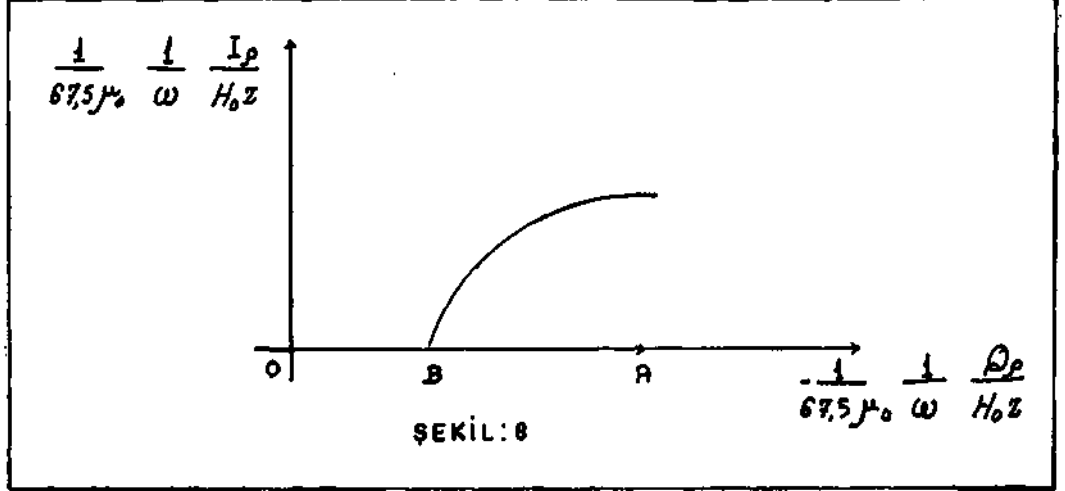
$H_p(\omega)$  komponentinin muhtelif frekanslardaki reel ve imajiner parçaları arasındaki temsilî bağıntı bilindiği gibi  $a, p, y, \lambda, y, z$

noktalarının aynı bir çember yayı üzerinde olmaları gerekecektir.

Noktalar arasında yapılacak interpretasyon sonucu böyle bir çember yayı elde etmek mümkün olabilecektir. (Şekil 8).

Uzaydaki P noktasındaki  $H_p(\omega)$  ölçülmesi neticesinde elde edilen çember yayı.





Yukarıdaki çember yayına ait O B ve B A büyüklüklerinin

(20)

$$\begin{aligned}\overline{OB} &= R^5 \frac{33\rho}{r^5} \sigma_0 \\ \overline{BA} &= 2,25 R^5 \frac{33\rho}{r^5} \sigma_1 v\end{aligned}$$

(21)

şeklinde olacağını bilinmektedir.

p doğrultusu boyunca her nokta için O B değişim ektedir. (Şekil 4).

OB = y diyelim.

$$y = 3R^5 \sigma_0 \frac{3\rho}{r^5} \quad (22) \text{ olacaktır.}$$

z = d, d iletken küre merkezinin derinliğini göstermektedir. (Şekil 4).

Formül 20

$$y = 3R^5 \sigma_0 \frac{d \cdot \rho}{(d^2 + \rho^2)^{5/2}} \quad (23)$$

müstakil değişkenine göre, (23) fonksiyonunun maksimum ve minimum yerleri için

$(\rho^2 + d^2) - 5,2 = 0$  olduğu dolayısıyla maksimum ve minimum arası  $1 - \rho^2 + 1 + \rho^2 = d$  olacağı aşikârdır. (Şekil 9).

Anomali haritasındaki küre anomalisinin merkezi, küre merkezinin d uzaklığındaki x, y düzlemine paralel bir düzlem üzerindeki izi olacaktır.

Böylece kürenin derinliği ve merkezi dolayısıyla koordinat eksenlerinin merkezi bulunmuş olmaktadır.

İletken küreye ait ( $R < r_0$ ) çarpımının tayini.

(Şekil 9) tetkik edilecek olursa buna ait maksimum ve minimum noktalan arasındaki uzaklık M, N vasıtasıyla  $R5 \cdot < r_0$  çarpımının bulunabileceği görülür. Ayrıca (Şekil 8) den

$$\overline{OB} = R^5 \sigma_0 \frac{33\rho}{(\rho^2 + z^2)^{5/2}}$$

bağıntısı yazılabilmektedir.

z = d

(ölçü alınan nokta) ve

$\sigma = \rho_1$

OB bilindiğine göre

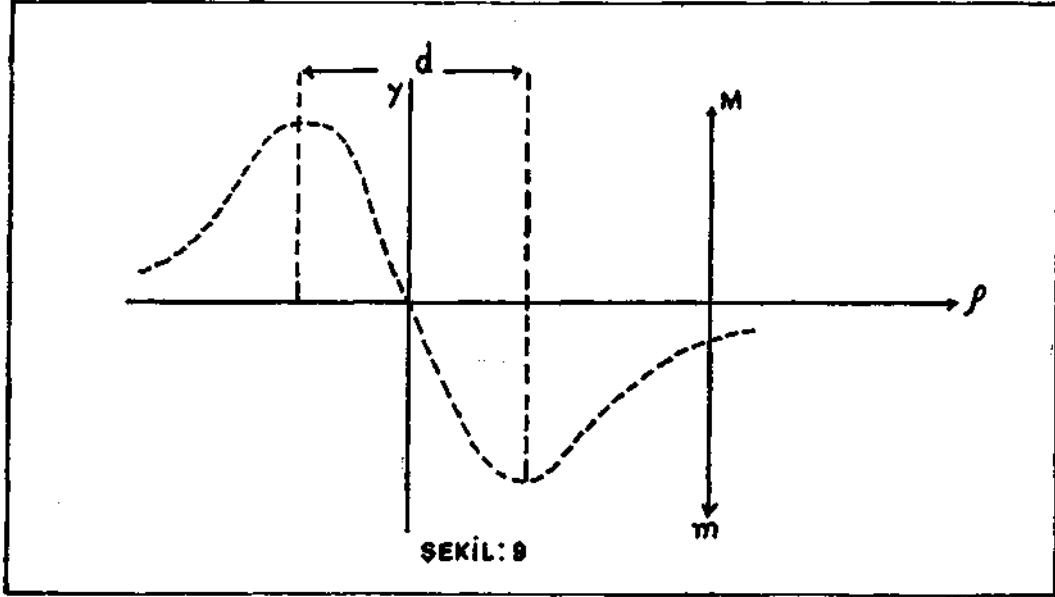
$R5 \cdot < r_0$  tayin edilmiş olmaktadır.

Yukarda bahsedilen iki yoldanda gitmek suretiyle kontrol imkânına sahip olunabilmektedir.

Bu arazi çalışmalarında çok önemlidir.

betken Küreye Ait  $1(\sigma_1 v) r p$  iminin Tayini:

Şekil 8 ve denklem (21) den ki, o



ŞEKİL: 8

$$\bar{BA} = x = 2,25 R^5 (\sigma_1 v) \frac{3 \bar{z} \rho}{r^5}$$

şeklindedir.

Eğer  $x = f(\rho)$  eğrisi çizilecek olursa buna ait maksimum ve minimum noktalar arasındaki uzaklık  $r$

$R^5 ((\sigma_1 v))$  büyüklüğünü verecektir.

Ayrıca (Şekil 8) zün interprotasyonundan sonra elde edilecek BA büyüklüğünden  $R^5 \cdot (\sigma_1 v)$  çarpımı bulunabilecektir. Böylece kontrollü olarak  $R^5 \cdot (\sigma_1 v)$  çarpımını elde etmiş olacağız.

$$\text{iletken Küreye Ait } \frac{\sigma_0}{\sigma_1 v}$$

Bölümünün Tayini:

Şekil 8'ze ait (20) ve (21) formüllerini gözönüne alalım. Onlar,

$$\bar{OB} = R^5 \sigma_0 \frac{3 \bar{z} \rho}{(\rho^2 + \bar{z}^2)^{5/2}}$$

$$\bar{BA} = 2,25 R^5 (\sigma_1 v) \frac{3 \bar{z} \rho}{(\rho^2 + \bar{z}^2)^{5/2}}$$

şeklindedir.

$\rho = \rho_1$  noktası için

$$\frac{OB}{AB} = \frac{\sigma_0}{2,25 \sigma_1 v} \text{ münasebeti}$$

bulunur.

OB ve BA  $\rho = \rho_1$  noktasında yapılan ölçüler sonucu bilindiği için

$$\frac{\sigma_0}{\sigma_1 v} \text{ oranı bulunmuş olur.}$$

#### BİBLİYOGRAFİK TANITIM

- [1] DEBYE : Annalen Der Physik (30.1909-57)
- [2] MARCH : Bull. Amer. Soc. (35.1929 - 455)
- [3] WAIT : Geophysics (1951 s. 666)
- [4] H. WARD : Geophysics (1959 s. 531)
- [5] S. KAVAKOĞLU : Doktora tezi (İstanbul ita kültesi) 1965.
- [6] STRATTON A. Z. : Electromagnetic Theory. First Edition), 1941 Mc. Graw Hill Co.
- [7] HARRINGTON, R. T. : Time Harmonic Electromagnetic Field, 1961 Mc. Graw Hill Co.

## ISTRANCA KRİSTALİN MASİFİNİN PETROJENEZİ

Yılmaz BÜRKÜT \*)

### ÖZET :

Bu İnceleme, özellikle Istranca Kristalin kompleksinin petrojenezini ele almakta ve masifin anatektik, migmatitik formasyonlarla, çeşitli, Barrovien - tip fasies serilerine ait kristalin şistlerden müteşekkil olduğunu ortaya koymuştur. Keza bunların daha genç yaşlı granodoritik magma tarafından kesilerek kontak metamorfizmaya uğratıldığı müşahede edilmiş bulunmaktadır.

### ABSTRACT :

The subject of this contribution, particularly concern with the petrogenesis of Istranca crystalline complex. According to detail Petrological Investigation, it is made up from upper to lower metamorphic level of anatexite biotite - muscovite gneisses, migmatitic muscovite gneisses and various crystalline schists which belong to Barrovian - type facies series (essentially higher pressure). On the other hand granodioritic magma of high temperature penetrated in to the crystalline rocks and effected along the contact belts of them.

### Giriş:

Etüd edilen bölge esas itibarı ile Edirne - Kırklarlı - Pınarhisar hattının kuzeyinde kalan kristalin komplekse inhisar eder. Kuzey sınır olarakda Türk - Bulgar hududu alınmıştır.

Trakya bölgesinde ilk jeolojik incelemeler Ami Boue (1837) tarafından yapılmış, daha sonraları Hochstatter (1869), Viquesnel (1884) ve diğer yazarları müteakipde en son Pamir ve Baykal (1947) tarafından araştırmalarda bulunulmuştur. Son zamanlarda kristalin serilerin dışında ve bilhassa Tersier'e ait formasyonlar üzerinde çeşitli araştırmalarda bulunulmuşsa burada üzerinde durulan konu ile ilgisi olmadığından mevzuu bahis edilmeyecektir.

özellikle incelenen bölgenin büyük bir kısmı ormanlarla kaplıdır. Ergene ırmağının, kısmende Tunca nehrinin beslenme havzası-

dır. Orografik bakımdan oldukça aşınmış dağların bulunduğu bu bölgede en yüksek nokta 1030 m. ile Mahya tepesidir. Batıya doğru tedricen yüksekliğin azaldığı müşahede olunmaktadır.

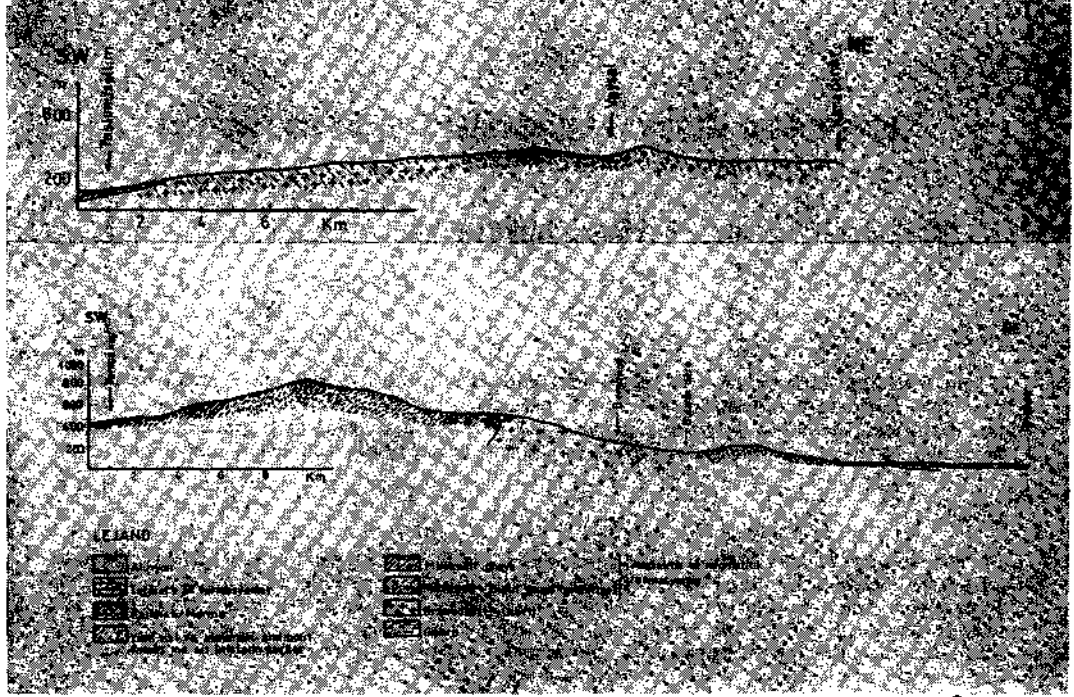
### Metamorfik formasyonlar :

Bu formasyonlar gnays serisi ve Barrovien tip fasies serilerine ait çeşitli kristalin şistlerden meydana gelir. Kompleks esas itibarı ile eksenini takriben NW - SE istikametine uzanan büyük bir yatak senklinal meydana getirir (Şekil 1 ve 2). Bütün bu formasyonlar daha genç yaşlı mağmatik taşlar tarafından kesilmişlerdir. Kristalin formasyonlarla mağmatik kültelerin kontakları gayet barizdir.

Metamorfik formasyonları aşağıdan yukarıya son araştırmaların ışığı altında şu şekilde bölümlendirebiliriz :

- |   |  |
|---|--|
| <p>A. Anatektik ve migmatitik formasyonlar.</p> | <p>a. Biotit + Müskovit gnayslar (<b>lit par lit</b> enjeksiyon tipi gnayslar buraya dahil).</p> <p>b. Müskovitli gnayslar (Barrovien - tip metamorfik fasieslere geçiş zonu gnaysları).</p> |
|---|--|

\*) Dr. Müh. t.T.Ü. Maden Pak., Maden Yatakları Kür.



Şekil: 1. — Istranca kristaUn masifinin Yenice köy - Iğneada ve TaşlımtseUim. (Kırklareli) - Vaysal - Karapınar arasından alınan Jeolojik kesitleri.

B. Barrovientlpl  
fasies  
serileri.

- c. Aim and in - amfibolit fasies'i: Burada kyanit - almandin - müskovit alt fasies'i ile temsil edilmektedir.
- d. Yeşil şiat fasies'i : Bu fasies bölgede iyice gelişmiş olup, aşağıdaki alt fasieslerle temsil edilmektedir.
1. Kuvars-albit-epidot-almandin alt fasies'i
  2. Kuvars-albit-epidot-biotit alt fasies'i
  3. Kuvars-albit-müskovit-klorit alt fasies'i

C. Bütün bu kompleksin en üst seviyelerinde mermer ve yarı mermerler yer alır.

Yukarda şematize etmeğe çalıştığımız metamorfik fasiesler İçinde yer alan serileri kısaca gözden geçirmeye çalışalım (Şekil 2).

A. Anatek ve mignatitik formasyonlar :

a. Biotit ve müskovitU gnayslar (gözlü yapı arz eden gnaysik formasyonlar) : Istranca senklinalinin güney kanadında geniş sahalar kaplar ve takriben NW - SE istikametinde uzanır. En alt horizonu teşkil eden bu formasyonların güney kıyısı tamamen Tersier'e ait seriler tarafından örtülmüştür. Megaskopik olarak iri, K-feldspat'ı pembe-kırmızı renkli yer yer tamamıyla granit'e benzer bir taş hüviyeti arz

eder. Yer yerde aralarında Ut par Ut enjeksiyonlar, merceksel ve takriben 20 cm. ye kadar varan genişliklerde pegmatitik (gayet İri K-feldspat ve kuvars kristalleri ihtiva eden) damarlar, koyu renkli minerallerin teşkil ettiği bantlı kısımlar ve segregasyonlar müşahede edilmektedir. Bazende bu koyu renkli elemanların akışkan yapılar gösterdikleri görülmekte, müskovitli gnayslara geçişlerde elemanların küçüldüğü ve daha ziyade porfiroblastik minerallerin gözlü yapı teşkil ettikleri görülmektedir.

Daha önce temas ettiğimiz gibi bileşim ve P, T, şartlarının müsait olduğu bölgelerde para-menşeyli bu gnays, anatektik granit'e inkılâp etmiştir (yani palingenetik granitik magma teşekkül etmiştir) (Fotoğraf : 1 ve 2).