

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİR MERMER SAHASINDA (HAYMANA/ANKARA) YER RADARI YÖNTEMİ
İLE KIRIK-ÇATLAK SİSTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Mühendisi Aydanur DEMİRKOL AÇIKGÖZ

**AĞUSTOS 2008
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİR MERMER SAHASINDA (HAYMANA/ANKARA) YER RADARI YÖNTEMİ
İLE KIRIK-ÇATLAK SİSTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Jeofizik Mühendisi Aydanur DEMİRKOL AÇIKGÖZ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Jeofizik Yüksek Mühendisi"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 03.07.2008

Tezin Savunma Tarihi : 01.08.2008

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Aysel ŞEREN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Hakan KARSLI

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY

Enstitü Müdür V. : Doç. Dr. Salih Terzioğlu

Trabzon 2008

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada; mermer ocağı olarak işletilmesi düşünülen bir arazide (Mollaresul Yaylası, Haymana-Ankara) Yer Radarı yöntemi ile endüstriyel hammadde olarak kullanılacak malzemenin kırık ve çatlak durumu belirlenmiştir.

Bu tezi hazırlamamda değerli katkılarını ve yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen, saygıdeğer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Aysel ŞEREN'e sonsuz saygı ve minnetlerimi sunarım.

Arazi çalışmaları esnasında yardımlarını esirgemeyen Ankara Makro Mermer çalışanlarına, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğrencilerinden Burak YILDIRIM'a, çalışma alanının jeolojisinin derlenmesindeki yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR'e, verilerin işlenmesi aşamalarındaki katkılarından dolayı Doç. Dr. Hakan KARSLI'ya ve tezimi hazırlamamdaki yardımlarından dolayı Jeofizik Mühendisi Sakibe Didem SAVAŞER'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince manevi desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen annem Necla DEMİRKOL, babam Kenan DEMİRKOL ve eşim Dr. Burak AÇIKGÖZ'e gönülden ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aydanur Demirkol AÇIKGÖZ
Trabzon 2008

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı	1
1.3. Yer Radarı Yöntemi	2
1.3.1. Yer Radarı Yönteminin Tarihçesi	4
1.3.2. Yer Radarının Kullanıldığı Alanlar	5
1.3.3. Yer Radarının Dayandığı Temel Elektromanyetik Alan Yayılım Teorisi	6
1.3.4. Maxwell Denklemlerinin İntegral Biçimi	7
1.4. Karmaşık İz Analizi	12
1.4.1. Karmaşık İz Analizinin Temelleri	12
1.4.2. Faz ve Grup Grup Zaman Kesitlerinin Teoremi	16
1.5. Çalışma Alanının Genel Özellikleri	18
1.5.1. Coğrafi Konum	18
1.5.2. Genel Jeolojik Özellikler	19
1.6. Literatür Özeti	20
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	22
2.1. Verilerin Toplanması	22
2.2. Verilerin Değerlendirilmesi	23
2.2.1. GPR verilerinin İşlenmesinde Temel Veri İşlem Adımları	23
2.2.2. Karmaşık İz Analizinin Yer Radarı Kesitlerine Uygulanması	32
3. BULGULAR	38
4. SONUÇLAR	49

5.	ÖNERİLER.....	50
6.	KAYNAKLAR.....	52
	ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Bu çalışma; mermer ocağı olarak işletilmesi düşünülen bir arazide (Mollaresul Yaylası, Haymana-Ankara) yeraltı koşullarının (malzemenin kırık ve çatlak durumunu) belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmada; sığ yer altı ortamının ayrıntılı (yüksek çözünürlükteki) görüntüsünü elde etmede, çalışılan ortama herhangi bir hasar vermeyen ve hızlı bir şekilde uygulanabilen yer radarı (GPR) yansımaya profilleme yöntemi kullanılmıştır. Ölçüler yaklaşık K-G doğrultulu 10 profilde Ramac CU II GPR sistemi ile 100 MHz korumasız anten kullanılarak toplanmıştır. Mermerin düşük elektriksel iletkenliği ve ortam koşullarının oldukça kuru olması nedeniyle, yer yer yaklaşık 35 ile 45 m arasında nüfuz derinliği sağlanmıştır.

Toplanan verilerin değerlendirilmesinde temel veri işlem aşamalarının yanı sıra, sismik yansımaya verilerinin değerlendirilmesinde kullanılan anlık genlik ve faz-grup kesitleri, sinyal/gürültü oranını arttırmak için birlikte değerlendirilmiştir. Anlık genlik ve faz-grup kesitlerinin yorumundan, inceleme sahasındaki kırıkların yeri, yönelimi ve boyutlarını belirlemek için daha belirgin kuvvetli yansımaya sınırları belirlenmiştir. Böylece; ayrışmış malzeme ile daha sağlam blokların ayırım sınırlarını, belirli eğime sahip kırık-çatlak sistemleri ve düşük açılı içi boş bağlantı noktaları tespit edilmiştir. Kırıklar ve bağlantı noktaları yer radarı kesitlerinde genel hatlarıyla belirgin olarak 10-12 m, 18-20 m ve 30-35 m derinlikleri civarında üç grup yansıtıcı yüzeylerle temsil edilmektedir. Elde edilen sonuçlarla ortamın süreksizlik durumu, model geometrilerle açıklanmıştır.

Bu çalışma ile kaliteli sağlam blokların yerleri ve yapısal süreksizlik dağılımları haritalanmıştır. Bu sayede ocakların işletmeye açılıp açılmayacağına veya işletimin planlanmasına yön verilmektedir. Bu yönlendirmelerle işletmecisi firma, gereksiz kazıların önüne geçerek zamandan ve birim maliyetten önemli ölçüde kazanç sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yer Radarı, Mermer Ocakları, Kırıkların görüntülenmesi, Haymana-Ankara

SUMMARY

Investigation of fracture systems in a Marble Site (Haymana-Ankara) Using by Ground Penetrating Radar

This study was conducted to determine the subsurface conditions (the fractured or cracked aspect of the material) in a field (Mollaresul Plateau, Haymana, Ankara, Turkey) which is thought to be managed as a marble quarry. The ground penetrating radar (GPR) reflection profiling method was used because it was applied rapidly without causing any damage to the studied area for obtaining the detailed (high resolution) image of the shallow underground. Approximately N-S directed measurements on 10 profiles were collected with 100 MHz unshielded antenna using Ramac CU II GPR system. Due to low electrical conductivity of the marble and conditions of the environment being dry, Georadar provides penetration depths of about 35 and 40 m.

In addition to the basic data processing steps in assessing of data, the instantaneous amplitude and combined analysis of the phase-group sections used in evaluating of seismic reflection data were assessed with together. From interpretations of the instantaneous amplitude and phase-group sections; strong reflectors were observed for determining locations, extensions and sizes of the fractures that are in the investigation area.. The continuous subhorizontal reflections to a maximum depth of 45 m to be mapped through marble mass were monitored on the interpreted radargrams for imaging extension of fractures in the mass.

Finally, in this study we investigate the potential of GPR measurements regarding the continuity of the joints and the properties of the joints in massive marble blocks in simple geometric models. The results of these studies suggest if the quarries are appropriate for an establishment or set the arrangement of the establishment if appropriate. The company yields from time and unit cost significantly without any unnecessary digs by these suggestions.

Key Words: GPR, Marble quarries, fracture- crack images, Haymana-Ankara,

ŞEKİLLER DİZİNİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1	Yer radarı genel düzeneği	2
Şekil 1.2	Elektromanyetik dalga yayılımı.....	3
Şekil 1.3	Maxwell denklemlerinin fiziksel ifadelerinin şematik gösterimi.....	7
Şekil 1.4	Gerçel ve sanal izlerin karmaşık izin düşey ve yatay düzlemdeki iz düşümleri	12
Şekil 1.5	Hilbert Transform çifti.....	13
Şekil 1.6	h(t) fonksiyonun yapımı.....	14
Şekil 1.7	H(f) fonksiyonun oluşturulması ($c = a + b$).....	15
Şekil 1.8	Ricker dalgacığı üzerinde gerçel bileşen, sanal bileşen ve anlık genlik (zarf) eğrisinin gösterimi.....	16
Şekil 1.9	Sismik yığma izinden grup izinin hesaplanmasının bir uygulaması	17
Şekil 1.10	Haymana' nın Türkiye' deki yeri.....	19
Şekil 1.11	Çalışma Alanın Genel Jeoloji Haritası.....	20
Şekil 2.1	Ölçü profillerinin birbirine göre konumu.....	23
Şekil 2.2	Arazi çalışmasından bir görüntü.....	23
Şekil 2.3a	Haymana6 radargramının ham verisi.....	24
Şekil 2.3b	Haymana6 ham verisine enerji decay (enerji azalımı) uygulandıktan sonraki görüntü.....	24
Şekil 2.3c	Haymana6 ham verisine dewow (ortalama bileşenin çıkarılması) uygulandıktan sonraki görüntü.....	25

Şekil 2.3d	Haymana6 ham verisine Subtract DC-Shift (düşük frekanslı bileşenlerin çıkarılması)uygulandıktan sonraki görüntü.....	25
Şekil 2.3e	Haymana6 ham verisine Background Removal (temel gürültülerin kaldırılması) adımı uygulandıktan sonraki görüntü.....	26
Şekil 2.4	100MHz antenle buz üzerinden kayıt edilen iz.....	27
Şekil 2.5	Haymana profiline ait GPR kesitinin temel veri işlem sonrası görünümü.....	27
Şekil 2.6	Haymana1 e ait radargramın temel veri işlem sonrasındaki görünümü...	28
Şekil 2.7	Haymana2 hattındaki yer radarı verilerinin temel veri işlem sonrası görünümü.....	28
Şekil 2.8	Haymana3/4 profiline ait GPR kesitinin temel veri işlem sonrası görünümü.....	29
Şekil 2.9	Haymana5 profiline ait GPR verilerinin temel veri işlem sonrası görünümü.....	29
Şekil 2.10	Haymana6 profiline ait yer radarı verilerinin temel veri işlem sonrası görünümü	30
Şekil 2.11	Haymana7 hattındaki yer radarı kesitinin temel veri işlem sonrası görünümü	30
Şekil 2.12	Haymana8/9 profiline ait radargramın temel veri işlem sonrası görünümü	31
Şekil 2.13	Haymana10 profiline ait GPR kesitinin temel veri işlem sonrası görünümü.....	31
Şekil 2.14	Haymana11'e ait GPR verilerinin temel veri işlem sonrası görünümü....	32
Şekil 2.15	Haymana verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri.....	33
Şekil 2.16	Haymana1 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri.....	33
Şekil 2.17	Haymana2 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri.....	34

Şekil 2.18	Haymana3/4 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri	34
Şekil 2.19	Haymana5 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri	35
Şekil 2.20	Haymana6 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri.....	35
Şekil 2.21	Haymana7 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri.....	36
Şekil 2.22	Haymana 8/9 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri.....	36
Şekil 2.23	Haymana 10 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri.....	36
Şekil 2.24	Haymana 11 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri	37
Şekil 3.1	Haymana profili (a) radargram, (b) yorumlanmış radargram, (c) anlık genlik kesiti, (d) faz-grup kesiti	38
Şekil 3.2	Haymana1 hattındaki (a) radargram, (b) yorumlanmış radargram, (c) anlık genlik kesiti, (d) faz-grup kesiti.....	39
Şekil 3.3	Haymana2 profiline ait radargram (a), yorumlanmış radargram (b),anlık genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d).....	40
Şekil 3.4	Haymana3/4 profili (a) radargram, (b) yorumlanmış radargram, (c)anlık genlik kesiti , (d) faz-grup kesiti	41
Şekil 3.5	Haymana5 profiline ait radargram (a), yorumlanmış radargram (b),anlık genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d).....	42
Şekil 3.6	Haymana6 hattı, radargramı (a), yorumlanmış radargramı (b),anlık genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d).....	43
Şekil 3.7	Haymana7 profiline ait radargram (a), yorumlanmış radargramı (b),anlık genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d).....	44
Şekil 3.8	Haymana8/9 GPR kesiti, radargramı (a), yorumlanmış radargramı (b),anlık genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d).....	45
Şekil 3.9	Haymana10 GPR kesiti, radargramı (a), yorumlanmış radargramı (b), anlık genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d).....	46

Şekil 3.10 Haymana11 hattı anlık radargramı (a), yorumlanmış radargramı (b), genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d).....

47

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Farklı anten frekansları için yaklaşık derinlik aralıkları.....	3
Tablo 2.2 Genel jeolojik malzemelerin dielektrik, iletkenlik, hız ve soğrulma değerleri.....	11

SEMBOLLER DİZİNİ

AEC	Genlik zarf düzeltmesi
AGC	Otomatik zaman kontrolü
B	Manyetik akı yoğunluğu
CMP	Ortak derinlik noktası
D	Elektrik yer değıştirme
E	Elektrik alan şiddeti
GPR	Ground Penetrating Radar – Yer Radarı
H	Manyetik alan şiddeti
Hz	Hertz
J	Akım yoğunluğu
k	Dalga sayısı
MHz	Mega Hertz
ns	Nanosaniye
q	Yük yoğunluğu
Sgn	İşaret fonksiyonu
WARR	Geniş açılı kırılma yansıma
σ	İletkenlik
μ	Manyetik geçirgenlik
ϵ	Permitivite (Dielektrik sabit)
μ_r	Bağıl manyetik geçirgenlik
ϵ_r	Ortamın dielektrik katsayısı
ω	Açısal hız
α	Soğrulma Sabiti
*	Konvolüsyon

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Mermer ocaklarının işleme açılması ve işletilmesi aşamalarında; kırıklı-çatlaklı olan kısımların, sağlam bloklardan etkili bir şekilde ayırt edilmiş olması işletmeci açısından oldukça önem taşımaktadır. Maden işletimi sırasında, en uygun işletim planının hazırlanması ve çıkarılan malzemedeki istenilen kalitenin yakalanması için, kırıklı-çatlaklı birimlerin belirlenmesi, hem zaman hem de maliyet yönünden ciddi kazançlar sağlamaktadır.

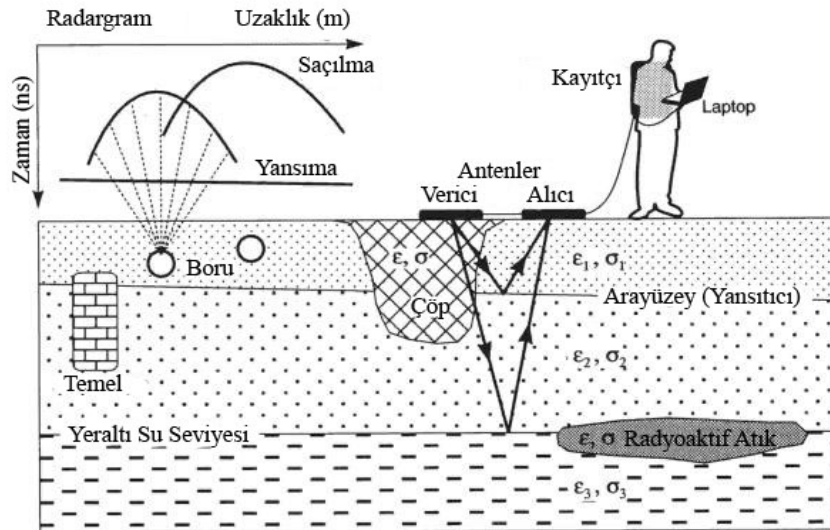
İnşaat ve süslemecilikte kullanılan mermerin ekonomik anlamda değerlendirilebilmesi için kırıksız, sağlam olması ve istenen boyutlarda blok vermesi gerekir. Bu amaca yönelik olarak yapılan çalışmada, kaliteli mermer elde etmek için ocak açılması düşünülen bir sahada, bloklar arasındaki süreksizliklerin haritalanması için, yüksek frekanslı elektromanyetik dalga ile çalışan yer radarı (GPR) yöntemi kullanılmıştır. İşletilmesi düşünülen ocakta üretimin nereden başlaması gerektiği, ilerleyişi ve en uygun yatırımın planlanmasına yönelik olarak ön çalışmaların yapılması, işletmeci için oldukça fazla önem taşımaktadır

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışması kapsamında, mermer ocağı olarak işletilmesi planlanan Ankara ili Haymana İlçesi'ne bağlı Molloresul Yaylası'ndaki yaklaşık 40 x 50 m lik bir alanda, yer altı koşullarının (kırık ve çatlak durumunu) belirlenmesi amacıyla yer radarı yönteminin uygulandığı bir çalışma yapılmıştır. Elde edilen radargramlara, temel veri işlem aşamalarının yanı sıra profillere ait anlık genlik ve faz-grup kesitlerinden de yararlanılarak kırık- çatlak sisteminin en iyi biçimde görüntülenmesi sağlanmıştır. Bu sayede işletmeci firmaya, ocakların işletmeye açılıp açılmayacağı hakkında veya işletim planlanmasında yönlendirmeler yapılarak, gereksiz kazıların önüne geçip birim maliyetten ve zamandan kazanç sağlanması amaçlanmıştır.

1.3. Yer Radarı Yöntemi

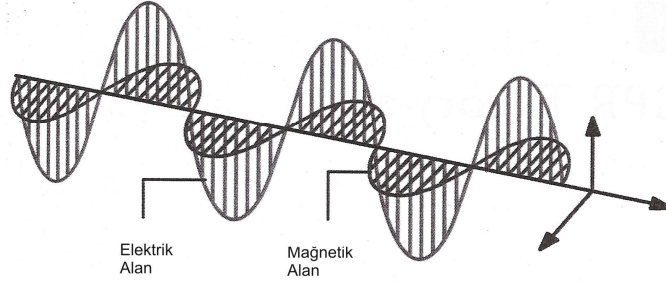
Yer Radarı (GPR); araştırılan yüzeyin sığ derinliklerini yüksek çözünürlükte görüntüleyen elektromanyetik bir yöntemdir. Bu yöntemde bir kaynak tarafından araştırılan ortama gönderilen ve zaman içinde değişen yüksek frekanslı elektromanyetik alanlar kullanılarak incelemeler yapılmaktadır (Şekil 1.1.). Değişken zamanlı elektromanyetik alanlar, elektrik ve magnetik alanların bileşeninden oluşmaktadır (Şekil 1.2.). Bu iki alan, yeraltında bulunan malzemelerin etkisi altında değişmekte ve yer altındaki yapıların elektriksel özelliklerinin değişiminin gözlenmesine izin vermektedir (Daniels,1996; Annan, 2003). Bir verici antenle yeraltına gönderilen yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların bir kısmı, yeraltında farklı dielektrik özelliklere (ϵ ; permitivite, σ ; iletkenlik, μ ; manyetik geçirgenlik) sahip yüzeylerden yansırken, diğer kısmı da daha derin ortamlara ilerleyebilmektedir. Alıcı bir anten ise yansıyan sinyalleri almaktadır. Alınan sinyaller kontrol biriminde biriktirilmekte ve çift yol seyahat zamanı nano saniye cinsinden kaydedilmektedir (Davis ve Annan, 1989).



Şekil 1.1. Yer radarı genel düzeneği (Kesemen, 2007)

Kayıt edilen bu izlerin uzaklığa bağlı olarak yan yana konulmasıyla oluşturulan kesite radargram denir. Yansıyan ve iletilen sinyallerin genliği, yansımaya katsayısına ve yansımaya sınırındaki nesnelere bağlı olmaktadır. Yeraltındaki yansımaya yüzeyleri

değişik olup, bu yüzeylere örnek olarak toprak-kaya ara yüzeyleri, insan yapımı objeler ve ortamdaki kırık-çatlak sistemlerinin oluşturacağı malzeme-boşluk sınırları verilebilir.



Şekil 1.2. Elektromanyetik dalga yayılımı (Conyers, 2004)

GPR sinyalleri kuru kum, granit yada mermer gibi iletkenliği düşük malzemelerde veya ortamlarda yaklaşık 50-60 m derinliklere kadar ulaşabilmektedir (Tablo 1.1.). Islak kil, şeyl ve diğer yüksek iletkenlikli malzemeler GPR sinyallerini soğurmakta ve dolayısıyla bu sinyalin ulaşabileceği derinliği (nüfuz derinliği) 1 m ya da daha az olarak sınırlandırmaktadır. Ayrıca nüfuz derinliği, kullanılan antenin frekansına da bağlıdır. 25-200 MHz lik düşük frekanslı antenler yeraltında daha derinden yansımalar alırken elde edilen radargramların çözünürlüğü düşük olmaktadır. Yüksek frekanslı antenlerde çözünürlük artarken araştırma derinliği azalmaktadır (Davis ve Annan, 1989; Daniels, 1996; Annan, 2003).

Tablo 1.2. Farklı anten frekansları için yaklaşık derinlik aralıkları (Ramac/GPR CU II Hardware Manual)

Anten frekansı (mHz)	Hedef nesne boyutunun alt limiti (m)	Yaklaşık derinlik Aralığı* (m)	Yaklaşık maximum penetrasyon derinliği (m)
25	1	5-30	35-60
50	0.5	5-20	20-30
100	0.1-1	2-15	15-25
250	0.005-0.	1-10	5-15
500	0.04	1-5	3-10
800	0.02	0.4-2	1-6
1000	Cm	0.05-2	0.5-4

* Düşük rezistiviteli materyallerin olmadığı normal jeolojik çevresel koşullarda

1.3.1. Yer Radarı Yönteminin Tarihçesi

1864 yılında James Clerk Maxwell ve 1886 yılında Heinrich Hertz yaptıkları çalışmalarda, elektromanyetik dalga ve elektromanyetik dalgaların yansıma prensibi hakkında ana teorileri geliştirmişlerdir. Ancak 1924 yılında İngiliz Fizikçi Sir Edward Victor Appleton'un, iyonosferin yüksekliğini kestirmek için yaptığı çalışmada, elektromanyetik dalgaların yansıma prensibini kullanıncaya kadar, bu teorilerden hiç yararlanılmamıştır. 1935 yılında İngiliz Fizikçi Sir Robert Watson-Watt ilk pratik radar sistemini geliştirmiştir. İngiltere'nin 2. Dünya Savaşına girmesiyle birlikte İngilizler düşman gemilerini ortaya çıkarmak amacıyla doğu ve güney kıyılarına radar şebekesi kurulmuştur. Radar sistemi, elektromanyetik dalgalar yayınlayarak hareket eden yada hareketsiz hedefler hakkında çeşitli bilgiler alabilen bir uzaktan algılama sistemidir. Günümüzde ise radar sistemleri askeri amaçlar dahil olmak üzere meteorolojiden trafik alanına kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır.

Radar sistemlerinin yıllar içindeki bu gelişimlerine jeofizik araştırmalar da paralellik göstermiş ve geliştirilen yer radarı (GPR- ground penetrating radar) sistemi ile yeraltının dielektrik özelliğine bağlı araştırmalar yapılmıştır. Yer radarı ile ilk inceleme 1929 da Alman Jeofizikçi W. Stern tarafından gerçekleştirilmiştir. Uzunca bir süre unutilan bu yöntem, 1950 lerin sonlarına doğru, US Hava Kuvvetlerine ait uçakların buzullara çarpmasıyla birlikte 1960 yılında John C. Cook sayesinde tekrar gündeme gelmiştir. Cook ilk kez makalesiyle, radar kullanılarak yer altındaki yansıtıcıların ortaya çıkarılmasını teklif etmiştir. Cook ve diğerleri radar sistemlerini, yeraltının yansıma dalgalarıyla ortaya çıkarılması şeklinde geliştirmeye devam etmişlerdir.

Orijinal ve en ümit verici çalışmalardan birisi de 1976 yılında Moffatt ve Puskar tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada oluşturdukları radar sistemlerinde geliştirilmiş bir anten kullanmışlardır. Bu antenle hedefe karşılık daha iyi oranda ve önemli yansımaları daha doğru olarak ortaya çıkarabilmişlerdir. Moffatt ve Puskar'ın sistemleri birkaç uygulamada kullanılmıştır. Oluşturdukları yer radarı ünitesi ile yeraltı tüneli, fay ve madenlerin yeri hakkında tahminlerde bulunulmuştur. Aynı zamanda nemlilik içeriğinin değişiminden yararlanarak yeraltındaki kirlenmeyi ortaya çıkarmayı denemişlerdir. Görüşleri; yer radarının kayaçlardaki ve kirlenmelerdeki anomalileri ve değişimleri ortaya koymada kullanışlı bir araç olduğudur. Ulriksen (1982), yer radarı verisini analiz etmek ve

işlemek için daha iyi yöntemler tanımlamıştır. Wyatt, Waddell ve Sexton (1996) GPR verisinin elde edilmesi, işlenmesi ve analizi hakkında bir liste yayınlamışlardır.

Daha sonraki 10 yıl içinde, teknolojik gelişmelerle, yer radarı kullanıcıları eskiye oranla veri toplamada, veri işlemede ve elde edilen verilerin analizinde daha başarılı sonuçlara sahip olmuşlardır. Ayrıca bu teknolojik gelişmelerin biri sayesinde yer radarı verilerinin üç boyutlu görülmesine imkan verilmektedir (Smemoe, 2000). Brewster ve Annan (1994), Birken ve Versteeg (2000) yer radarı sonuçlarını ilk kez üç boyutlu görüntüleyenler arasında yer almaktadır.

1.3.2. Yer Radarının Kullanıldığı Alanlar

İlk uygulamalarından günümüze kadar yer radarı ile araştırma çalışmaları farklı sahalarda uygulama alanı bulmuştur. Bu alanlara örnek olarak:

- Buz kalınlığının araştırılmasında
- Arkeoloji ve antik kalıntılarda
- Biyoloji ve biyofizik alanlarda
- Köprü çözümlerinin belirlenmesinde
- İnşaatlarda
- Kara mayınları araştırılmasında
- Çevresel etkilerde ve çevresel görüntülemelerde
- Adli tıpta
- Jeoteknik araştırmalarda
- Mezar yeri araştırmalarında
- Yer altı suyu araştırmalarında
- Alt yapı incelemelerinde
- Karstik yapıların bulunmasında
- Atık borularının konumları ve geçtikleri yerlerin tespitinde
- Maden aramalarında
- Göl ve nehirlerin don kırıklarının araştırılmasında
- Karayolları, havaalanları, demiryolları ve kaldırımlarda
- Sedimantolojik yapıların incelenmesinde
- Tünel aramalarında

- Yer altı boşluklarının taranmasında
- Volkanik hareketlerin araştırılmasında
- Tarım alanında
- Mermer ocaklarındaki kırık-çatlak sistemlerinin araştırılmasında

şeklinde sıralanabilir.

1.3.3. Yer Radarının Dayandığı Temel Elektromanyetik Alan Yayılım Teorisi

Bir ortamda yayılan elektromanyetik dalgalar ve oluşan alanlar arasındaki ilişkiler Maxwell denklemleriyle tanımlanabilir. Bu denklemler, elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti, manyetik akı yoğunluğu, elektrik yüklemeye yoğunluğu ve elektrik akım yoğunluğu gibi alan ve kaynak büyüklüklerini birbirine bağlayan denklemlerdir. Elektromanyetik kuram, Ampere, Faraday ve Coulomb gibi araştırmacılar tarafından deneysel çalışmalarla bulunan ve Maxwell tarafından bir araya getirilerek yayınlanan denklemlere dayanmaktadır. Jeofizik mühendisliğinde kullanılan denklemlerle ilgili ayrıntı çalışmalar için Stratton (1941)'e bakılabilir. Elektromanyetik kuramı oluşturan denklemlerin zaman ortamındaki türev biçimi:

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (1)$$

$$\nabla \times H = j + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (2)$$

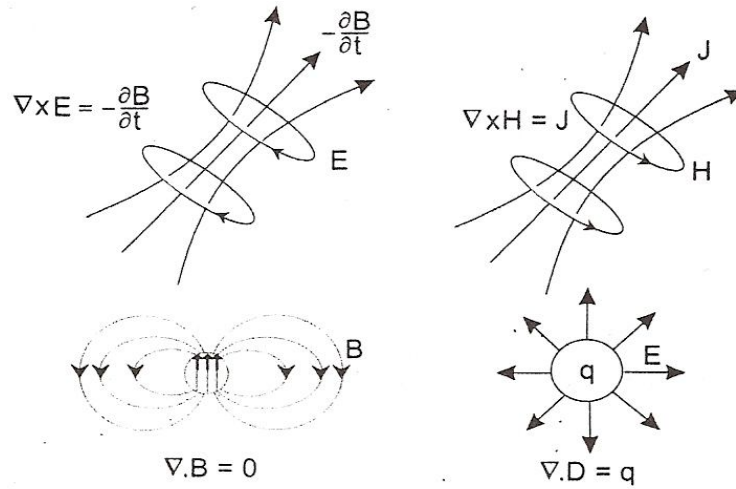
$$\nabla \cdot B = 0 \quad (3)$$

$$\nabla \cdot D = q \quad (4)$$

Bağıntıları ile verilir. Burada kullanılan fiziksel büyüklerin isimleri ve MKSA sistemindeki birimleri şu şekilde verilmektedir: elektrik alan şiddeti; E (Amper/m²), manyetik alan şiddeti; H (Amper-sarım/m), manyetik akı yoğunluğu; B (Weber/m²), akım yoğunluğu; j (Amper/m²), elektrik yerdeğiştirme; D (Coulomb/m²), yük yoğunluğu q (Coulomb/m³) dür.

Maxwell denklemlerindeki büyüklüklerin davranışları ve birbirleriyle olan ilişkileri Şekil 1.3. de gösterilmektedir. Maxwell denklemlerinin birinci bağıntısı, (1); zamanla değişen akı yoğunluğu ile uyartılan elektrik alanın ilişkisini gösteren Faraday yasasının

matematiksel karşılığıdır. (2) bağıntısı ile gösterilen Ampere yasası, akım ile manyetik alan arasındaki bağıntıyı tanımlar; yani bir manyetik alan, boşlukta akım akışıyla meydana getirilebilir ve bu alan ortamdaki toplam akım (iletim akımı ve değiştirme akımları) ile orantılıdır. (3) bağıntısı, manyetik akı yoğunluğunun kaynaksız olduğunu ve alan çizgilerinin kapalı olduğunu göstermektedir; herhangi bir kapalı yüzeiden çıkan toplam manyetik akı sıfırdır. Buna rağmen, (4) bağıntısı ile elektrik yüklerden, kaynak olarak elektrik alan çizgileri çıktığı tanımlanmaktadır.



Şekil 1.3. Maxwell denklemlerinin fiziksel ifadelerinin şematik gösterimi.

1.3.4. Maxwell Denklemlerinin İntegral Biçimi

Türev biçimindeki Maxwell denklemleri içinde olayın geçtiği ortamda bağımsız evrensel denklemlerdir ve uzayın her noktasında geçerlidir. Bunun yanı sıra, fiziksel ortamlardaki elektromanyetik olayları açıklamak için özel biçim ve sınırlardaki sonlu nesnelere söz konusu olduğundan türev biçimlerin, tümlenme biçimine dönüştürülmesi daha uygun olmaktadır. Bu amaçla (1) ve (2) bağıntılarının her iki tarafına Stokes kuramı uygulanarak, açık yüzey tümlenmesi alınır:

$$\oint_l E \cdot dl = - \int_s \frac{\partial B}{\partial t} \cdot ds \quad (5)$$

$$\oint_l H \cdot dl = \int_s \left(J + \frac{\partial D}{\partial t} \right) \cdot ds \quad (6)$$

(5) ve (6) bağıntılarına ıraksama (diverjans) kuramı uygulanarak kapalı yüzey üzerinden açık hacim tümlemeleri alınır;

$$\oint_l B.ds = 0 \quad (7)$$

$$\oint_l D.ds = \int_v q.dv \quad (8)$$

(7) ve (8) bağıntıları elde edilmektedir. Zamanla değişen alanlar için $\nabla \cdot (\nabla \times A) = 0$ yöney özdeşliği kullanılarak;

$$\nabla \cdot (\nabla \times E) = -\nabla \cdot \frac{\partial B}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} (\nabla \cdot B) = 0 \quad (9)$$

(9) denkleminde $\nabla \cdot B = 0$ eşitliği elde edilmektedir. Benzer biçimde;

$$\nabla \cdot (\nabla \times H) = \nabla \cdot J + \nabla \cdot \frac{\partial D}{\partial t} = \nabla \cdot J + \frac{\partial}{\partial t} (\nabla \cdot D) = 0 \quad (10)$$

olur. Burada akım yoğunluğunun ıraksaması yük birikim oranına eşdeğer olmaktadır. Bu durumda, yüklerin korunumu ilkesinin tüm zamanlarda sağlanması gerekmektedir. Yüklerin korunumunun matematik ifadesi olan süreklilik denklemi:

$$\nabla \cdot J + \frac{\partial q}{\partial t} = 0 \quad (11)$$

şeklindedir. İletkenliği sonlu olan ortamlarda akımın akışı süresince yük yığılması olmayacağından; $\frac{\partial q}{\partial t} = 0$ alındığında, (10) bağıntısında $\nabla \cdot J = 0$ ifadesi kalkmaktadır. Bu durumda (10) bağıntısında,

$$\nabla \cdot D = \epsilon_r \epsilon_0 \nabla \cdot E = 0 \quad (12)$$

ve aynı biçimde,

$$B = \mu_r \mu_0 H = 0 \quad (13)$$

ilişkisi söz konusu olmaktadır. Bu durumda tek düze (homojen) ve tektip (izotrop) ortamlar için içinde olayın geliştiği ortamı tanımlayan bünye veya malzeme denklemleri

$$B = \mu H \quad (14)$$

$$D = \varepsilon E \quad (15)$$

$$J = \sigma E \quad (16)$$

biçiminde yazılabilir. Maxwell denklemleri malzeme denklemleri göz önüne alınarak çözümlenebilir. Burada, ortamın bağıl manyetik geçirgenliği; $\mu_r = \mu/\mu_0$, ortamın bağıl dielektrik katsayısı; $\varepsilon_r = \varepsilon/\varepsilon_0$, ortamın dielektrik katsayısı (Farad/m); ε , ortamın iletkenliği (Siemens/m); σ , ortamın manyetik geçirgenliği (Henry/m); μ dir. Ayrıca, μ_0 değeri, serbest boşluğun manyetik geçirgenliği olup, $4\pi \times 10^{-7}$ Henry/m ve ε_0 değeri serbest boşluğun dielektrik geçirgenliği olup, 8.85×10^{-12} Farad/m değerindedir. (14), (15), (16) denklemleri kullanılarak (1) ve (2) denklemleri,

$$\nabla \times E = \mu \frac{\partial H}{\partial t} \quad (17)$$

$$\nabla \times H = \sigma E + \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t} \quad (18)$$

olarak yazılır ve denklemlerin her iki yanının rotasyoneli alınarak;

$$\nabla \times \nabla \times A = \nabla(\nabla \cdot A) - \nabla \cdot \nabla A = \nabla \nabla \cdot A - \nabla^2 A \quad (19)$$

elde edilen (19) özdeşliği kullanırsa,

$$\nabla^2 E = \mu \frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times H) = \mu \sigma \frac{\partial E}{\partial t} + \mu \varepsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad (20)$$

$$\nabla^2 H = -\sigma(\nabla \times E) - \varepsilon \frac{\partial}{\partial t}(\nabla \times E) = \mu\sigma \frac{\partial H}{\partial t} + \varepsilon\mu \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} \quad (21)$$

denklemleri elde edilmektedir. Bu durumda, elektromanyetik kuram gereğince, bir ortamdaki dalgaların yayılımını ve sönümünü anlamak için; elektrik ve manyetik alan yönleriyle ilişkili olarak Maxwell denklemleri kullanılarak, zaman ortamı için aşağıdaki elektromanyetik dalga denklemleri elde edilebilir:

$$\nabla^2 E = \mu\sigma \frac{\partial E}{\partial t} + \mu\sigma \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad (22)$$

$$\nabla^2 H = \mu\sigma \frac{\partial H}{\partial t} + \varepsilon\mu \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} \quad (23)$$

Helmholtz denklemi olarak isimlendirilen her iki denklemin birbirine benzer olduğuna dikkat edilmelidir. Birinci dereceden türevin katsayısının, dalganın sönümünü denetleyeceği bilgisi hatırlandıktan sonra kayaçlarda manyetik geçirgenliğin değişmediği varsayıldığından, elektromanyetik dalganın sönümü iletkenlik tarafından denetlendiği sonucuna varılmaktadır (Özurlan ve Ulugergerli, 2005).

Son derece önemli iki durum birbirinden ayırt edilebilir;

İlki, düşük frekanslardaki ($f < 10^5$ Hz) yer değiştirme akımları iletim akımlarından daha küçüktür ($\mu\varepsilon\omega^2 \ll i\omega\mu\sigma$), çünkü ε , ortamın iletkenliği, bir çok kayaçlar için küçüktür ve σ , ortamın manyetik geçirgenliği, elektromanyetik çalışmalarda uygun hedefler için genellikle $\sim 10^{-2}$ S/m dir. Bu sistemde “tümevarım” olarak bilinen, yayılım parametresi yaklaşık olarak,

$$k = -i\omega\mu\sigma \quad (24)$$

şeklinde verilmektedir.

İkincisi, 10 MHz veya daha yüksek frekanslarında yer değiştirme akımları, düşük iletkenlikteki yer materyallerinde ($\sigma < 1$ mS/m) iletim akımlarından daha baskındır bu durumda yayılım parametresi;

$$k^2 = \mu \epsilon \omega^2 \quad (25)$$

olarak ifade edilmektedir. Böylece, yüksek frekanslı ve düşük iletkenlikli sistemlerde, elektromanyetik dalga yayılımı; başta kayacın dielektrik geçirgenliğine bağlıdır (Sharma, 2004). Bu özellik yer radarı yönteminin çalışma prensibine oldukça uygundur. Bazı malzemelere ait bağıl dielektrik, iletkenlik, yayılım hızı ve soğrulma sabiti değerleri Tablo 2.1. de verilmiştir.

Tablo 1.2. Jeolojik malzemelerin dielektrik, iletkenlik, hız ve soğrulma değerleri n/a bu malzemeler için bir değer olmadığını ifade etmektedir (Wilchek, 2000)

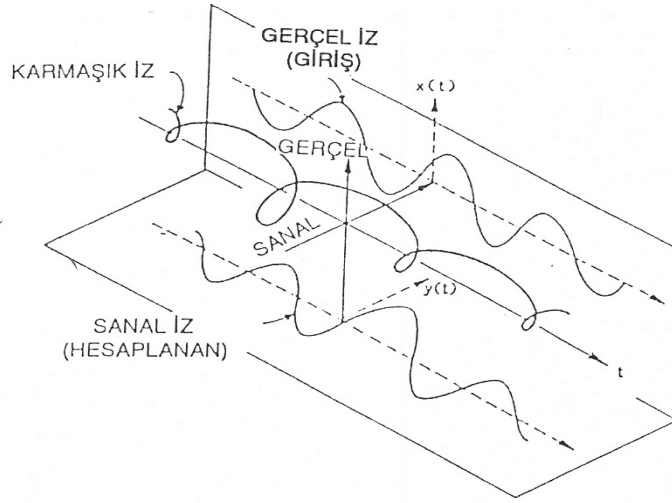
Malzeme	Bağıl dielektrik, Sabit, $\epsilon_r (\epsilon / \epsilon_0)$	İletkenlik, σ , (mS/m)	Yayılım hızı, V, (m/nsn)	Soğrulma, Soğrulma sabiti, α
Hava	1	0	0.3	0
Buz	3-4	0.01	0.16	0.01
Su (taze)	80	0.5	0.033	0.1
Su (tuzlu)	80	3000	0.01	1000
Topraklar				
Kil	5-40	2-1000	0.06	1-300
Toprak (kuru)	3-5	0.01	0.15	0.01
Toprak (doygun)	20-30	0.1-1.0	0.06	0.03-0.3
Silt	5-30	1-100	0.07	1-100
Mineraller				
Kalsit	7.8-8.5	$5 \cdot 10^{-10}$	0.11	$3 \cdot 10^{-10}$
Kuvars	4.2-5	$3 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-12}$	0.13-0.15	$2 \cdot 10^{-8} - 4 \cdot 10^{-12}$
Kireçtaşı	4-8	0.5-2	0.12	0.4-1.0
Tuz (kuru)	5-6	0.01-1	0.13	0.01-1
Kumtaşı	4.7-12	$1 \cdot 10^{-5} - 0.7$	0.09-0.14	$5 \cdot 10^{-8} - 0.6$
Şeyl	5-15	1-100	0.09	1-100
Magmatik kayalar				
Bazalt	12	$8 \cdot 10^{-6} - 0.025$	0.09	$4 \cdot 10^{-6} - 0.01$
Dasit	6.8-8.2	0.05	0.12	0.03
Diyabaz	10.5-34.5	$2 \cdot 10^{-5} - 50$	0.05-0.09	$1 \cdot 10^{-2} - 26$
Diorit	6	0.0002-0.002	0.12	0.0001-0.001
Gabro	8.5-40	0.001-1	0.05-0.10	$3 \cdot 10^{-4} - 0.6$
Granit	4.6	0.01-1	0.13	0.01-1
Norit	61	0.02-1	0.04	0.004-0.2
Obsidiyen	5.8-10.4	n/a	0.11	n/a
Peridotit	8.6	0.15-0.33	0.10	n/a
Metamorfik kayalar				
Gnays	8.5	0.0003-0.02	0.10	n/a
Arjilit	n/a	1-100	n/a	n/a

1.4. Karmaşık İz Analizi

Karmaşık bir iz,

$$z(t)=x(t)+j y(t) \quad (26)$$

şeklinde zaman bağımlı karmaşık bir fonksiyon olarak tanımlanabilir. (26) eşitliğinde $x(t)$ kaydedilen izin kendisi -gerçek kısmı-, $y(t)$ sismik izin sanal kısmı ve $z(t)$ karmaşık sismik izi ifade etmektedir. Sanal kısım $y(t)$, $x(t)$ izinin 90° faz kaydırılmış şeklidir. Faz dönüşüm işlemi Hilbert dönüşümü ile yapılır (Bracewell,1965). Hilbert dönüşümü bir süzgeçtir. Giriş izinin pozitif frekanslarını -90 derece ve negatif frekanslarını da $+90$ derece kaydırır. Şekil 1.4., karmaşık izin sarmal şekilli iken, onun yatay ve düşey düzlemdeki iz düşümleri düzenlidir.



Şekil 1.4. Gerçek ve sanal izlerin karmaşık izin düşey ve yatay düzlemdeki iz düşümleri (Taner vd.1979 dan uyarlanmıştır).

1.4.1. Karmaşık İz Analizinin Temelleri

$$H(t)=(-1/\pi t) * x(t) \quad (27)$$

$H(t)$, $x(t)$ sinyalin Hilbert dönüşümüdür. (26) ve (27) eşitliklerinden

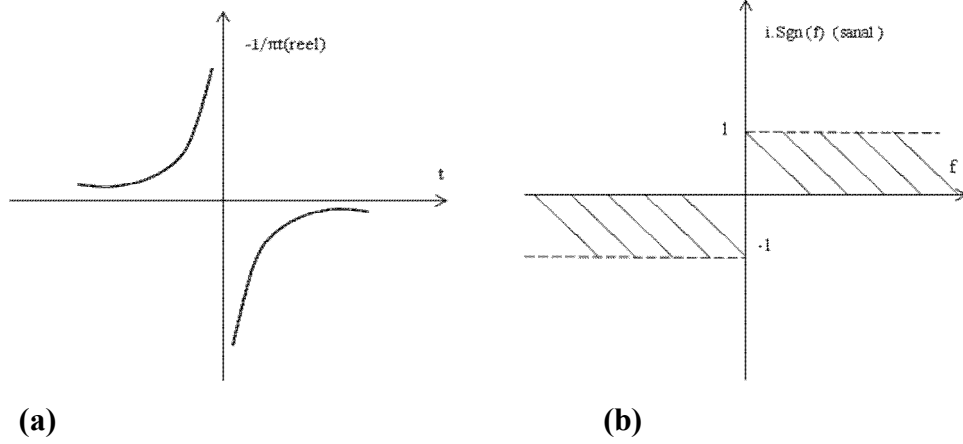
$$y(t)= - H(t) \quad (28)$$

elde edilir. Böylece,

$$z(t) = X(t) - jH(t) \quad (29)$$

olur.

(13) eşitliğiyle tanımlandığı gibi Hilbert dönüşümü bir konvolüsyon integralidir. $-1/\pi t$ fonksiyonun asimtotik özelliğinden dolayı, bu konvolüsyon sonlu değildir (1.5(a)).



Şekil 1.5. Hilbert Transform çifti (a) Reel kısım, (b) Sanal kısım (Yılmaz, 1978).

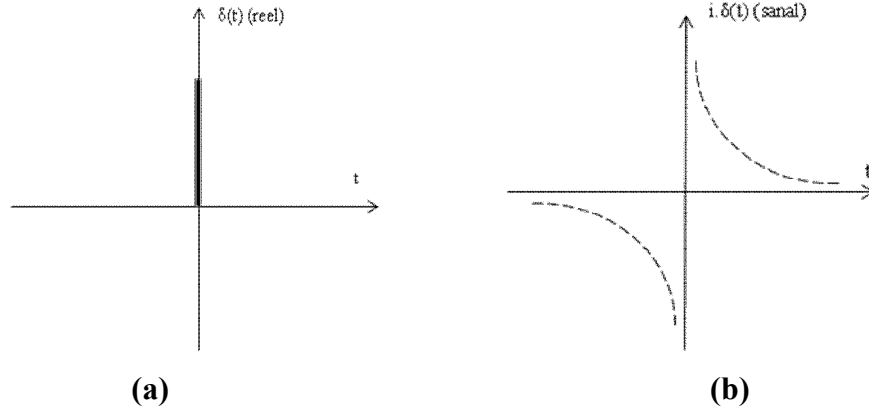
Bununla beraber, $H(t)$ integralinin Fourier dönüşümü Şekil 1.5 (b) de gösterilmiştir. (13) ve (15) eşitliklerini birleştirerek,

$$z(t) = x(t) + (j/\pi t) * x(t)$$

veya

$$z(t) = [\delta(t) + (j/\pi t)] * x \quad (30)$$

şeklinde yazılır.



Şekil 1.6. $h(t)$ fonksiyonun yapımı (Yılmaz,1978).

Yukardaki son eşitlikte, büyük parantez içeriği $h(t)$,

$$h(t)=[\delta(t)+(j/\pi t)] \quad (31)$$

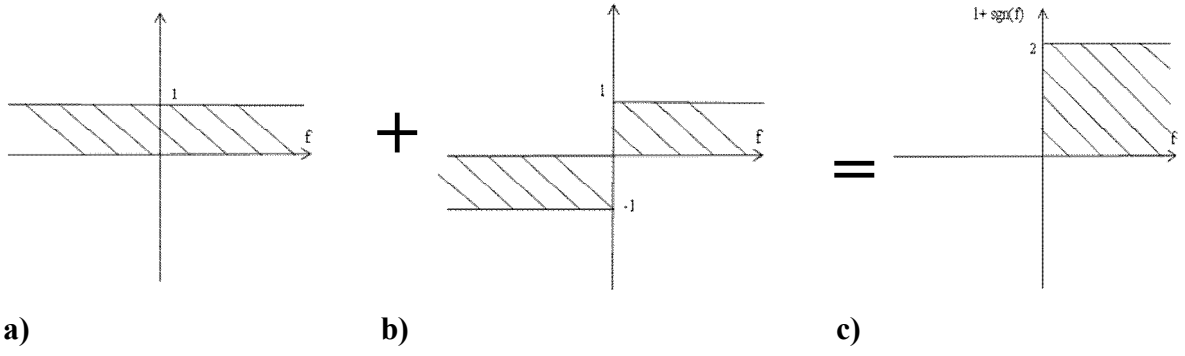
olarak alınmaktadır. Yukarıdaki analizden , $-1/\pi t$ fonksiyonunun Fourier dönüşümü Şekil 1.6. (b) görülen $j.\text{sgn}$ olduğu bilinmektedir. Bu sebeple $+j/\pi t$ fonksiyonun Fourier dönüşümü yalnızca $\text{sgn}(f)$ olur. Son olarak (31) ile tanımlanan $h(t)$ fonksiyonunun Fourier dönüşümü;

$$H(f)=1+\text{sgn}(f) \quad (32)$$

Şekil 1.8. de gösterilen bu dönüşüm gerçek(reel) bir fonksiyondur. (32) eşitliğinin Fourier dönüşümü;

$$Z(f)=H(f).X(f) \quad (33)$$

burada $X(f)$, $x(t)$ sinyalinin, $Z(f)$ ise karmaşık sismik iz $z(t)$ 'nin Fourier dönüşümleridir. (33) eşitliğinde görüldüğü gibi karmaşık sismik iz sismik sinyalin kendisi kullanılarak doğrudan elde edilebilir.



Şekil 1.7. $H(f)$ fonksiyonunun oluşturulması ($c = a + b$) (Yılmaz,1978).

$H(f)$ negatif frekanslar için sıfırdır (Şekil 1.7c). Bu nedenle karmaşık iz negatif frekanslar içermez. Karmaşık iz $z(t)$ hesaplandıktan sonra, karmaşık izin anlık genlik $R(t)$, anlık faz $\varphi(t)$ ve anlık frekans $W(t)$ davranışları aşağıdaki eşitliklerle elde edilir.

$$W(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{dQ(t)}{dt}$$

$$Z(t) = R(t) \cdot \cos \varphi(t) \quad (34)$$

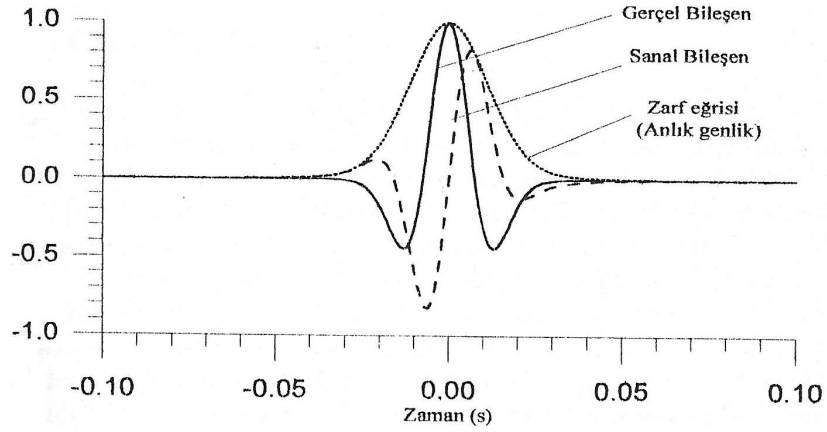
Burada;

$$R(t) = [x^2(t) + y^2(t)]^{1/2} \quad (35)$$

Ve

$$Q(t) = \arctan (y(t)/x(t)) \quad (36)$$

(35) eşitliği Anlık Genlik (zarf) değerini (Şekil 1.8.) ve (36) eşitliği anlık faz değerini vermektedir.



Şekil 1.8. Ricker dalgacı üzerinde gerçel bileşen, sanal bileşen ve anlık genlik (zarf) eğrisinin gösterimi (Karlı, 2002)

1.4.2. Faz ve Grup Zaman Kesitlerinin Teorimi

Karmaşık iz, karmaşık düzlemde sürekli olarak dönen ve boyunda değişim olan bir vektördür. Bu durumda $R(t)$, vektörün genliğini göstermekte olup sismik izinin zarfına eşittir ve anlık olarak yansıma dalgacığının genliğinin bir ölçüsüdür. $\phi(t)$ ise karmaşık düzlemde verilen bir zamanda gerçel bileşen ile sanal bileşenin arasındaki açının tanjantı olan ve zamanla değişen bir argümanı göstermektedir. Faz bilgisi zamandaki bir nokta ile ilişkilidir ve anlık faz olarak ifade edilebilir. Buradaki faz bilgisi, Fourier dönüşümü ile hesaplanan frekans bağımlı faz bilgisi ile karıştırılmamalıdır. (34) eşitliğinden ,

$$Z(t) = R(t) \cdot \cos \phi(t) = R(t) \cdot F(t) \quad (37)$$

$F(t)$, normalize edilmiş faz izini veya anlık fazın kosinüsünü göstermekte olup, aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$Z(t) = S(t)/R(t) \quad (38)$$

(38) eşitliğinde görüldüğü gibi, zarf $R(t)$ izleri zamanın fonksiyonu olarak pozitif değerlidirler. Ancak bu pozitif zarf değerleri, başlangıç izine benzer şekilde, pozitif ve negatif değerli olarak salınımlı hale getirilebilir. Bunun için, verilen bir Δt penceresi içinde,

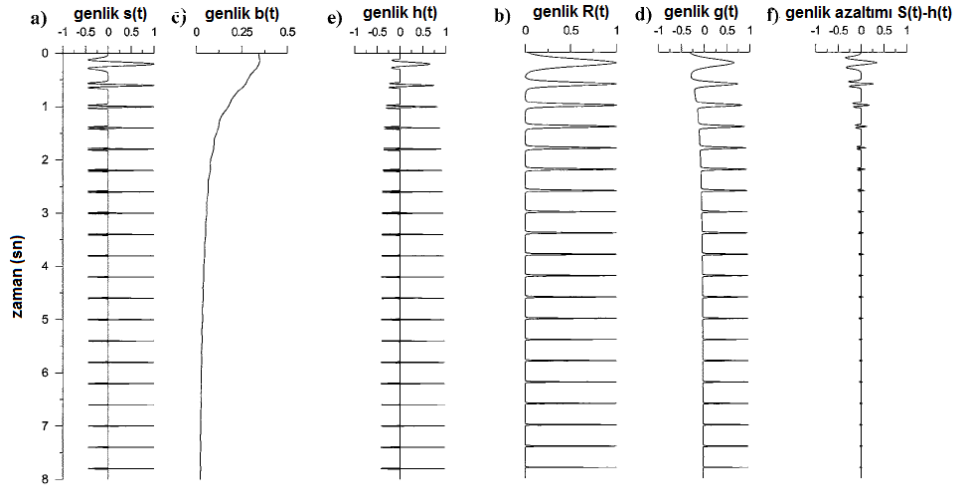
$R(t)$ 'nin kayan ortalaması olarak zarfın düşük frekans bileşeni $b(t)$ hesaplanarak $R(t)$ ' den çıkartılarak

$$g(t)=R(t)-b(t) \quad (39)$$

ve

$$b(t)=\frac{1}{\Delta t} \sum_{t-\Delta t}^{t+\Delta t} R(t) \quad (40)$$

şeklinde yazılmaktadır. Buradaki $b(t)$, büyük zaman pencereleri için $R(t)$ ' nin düşük frekans bileşenlerine yaklaşır. Eğer $b(t)$, $R(t)$ den çıkartılırsa zarf izinden salınımlı yeni bir iz $g(t)$ hesaplanır. Bu yeni $g(t)$ izleri grup izi olarak hesaplanır (Shtivelman vd., 1986). Şekil 1.9, $R(t)$, $b(t)$ ve $g(t)$ izleri hakkında ilişkiyi açıklamaktadır.



Şekil 1.9. Sismik yağma izinden grup izinin hesaplanmasının bir uygulaması (a) 5 ile 100 Hz arasında 5 Hz artışlı baskın frekanslara sahip birim genlikli Ricker dalgacığının oluşturduğu giriş izi (b) giriş sinyalinin zarfı (c) sinyal zarfının düşük frekanslı bileşenleri, d) grup izi e) çıkış izi f) e) ve a) izleri arasındaki genlik farkı (Karşlı, 2002).

Böylece, herhangi bir iz, normalize edilmiş faz izi ve grup izi bileşenlerine ayrılabilir ve tekrar bu bileşenlerin doğrusal olarak birleştirilmesiyle elde edilebilir özelliklere sahip

olduğu görülmektedir. Ayrılabilen izler daha sonra aşağıdaki koşullar için yeniden birleştirilerek başlangıç izi ile karşılaştırılabilir (Shtivelman vd., 1986).

$$h(t) = g(t) \cdot F(t) \quad g(t) > 0 \quad (41)$$

$$h(t) = 0 \quad g(t) \leq 0 \quad (42)$$

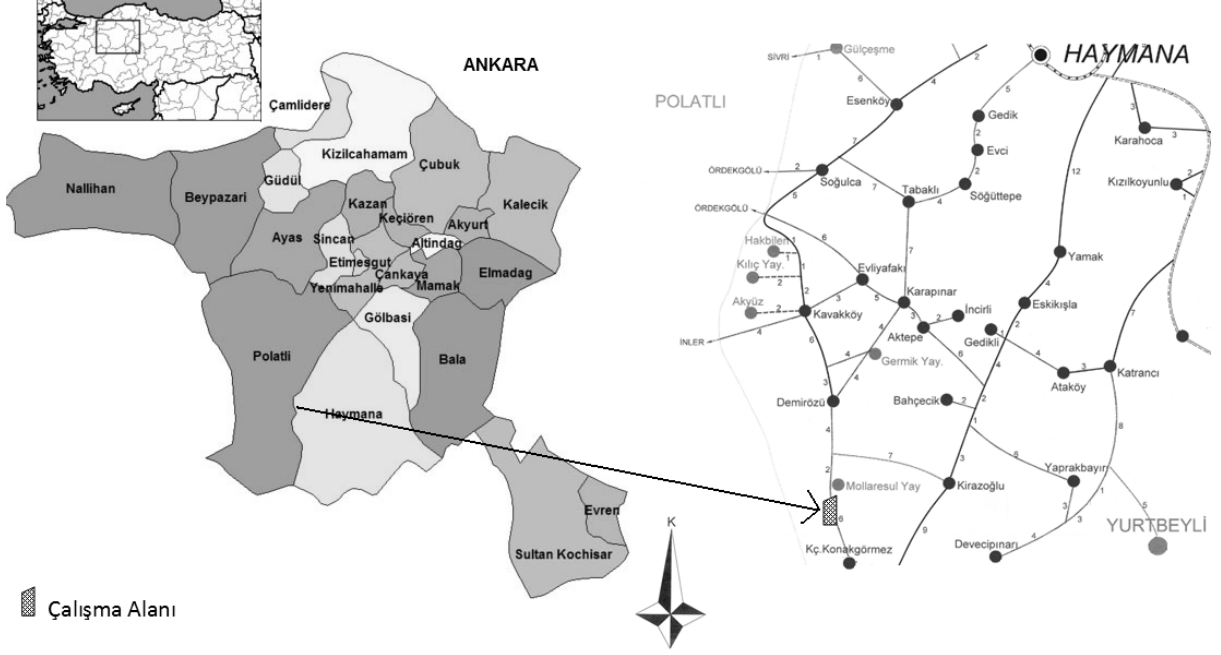
(41) ve (42) eşitlikleri ile normal faz ve grup izleri kullanılarak giriş sinyali tekrar oluşturulabilir (Karlı, 2002). Burada, grup hızları zarf izinin düşük bileşenli bileşenlerinden elde edildiği için grup hızlarının sıfır ve negatif bölümleri yan salınım ve düşük frekanslı rastgele gürültüleri karşılık gelir. Grup izlerinden çıkarılmış sıfır ve negatif değerler, geçici çözünürlüğü sağlayabilir ve düşük frekanslı rastgele gürültüleri azaltabilir (Karlı vd, 2006).

Sismik izlerde sinyal/gürültü oranını arttırmak için uygulanan karmaşık iz analizi, bu çalışmada yer radarı izlerine uygulanarak çözünürlüğü yüksek radargramlar elde edilmeye çalışılmıştır.

1.5. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

1.5.1. Coğrafik Konum

Çalışma sahası; Ankara'ya 120 km uzaklıkta olan Haymana İlçesinin Demirözü köyüne bağlı Mollaresul (Temirözü) Yaylası sınırları içersinde, işletilmesi planlanan yer yer mostra vermiş bir mermer sahasıdır (Şekil 1.10).

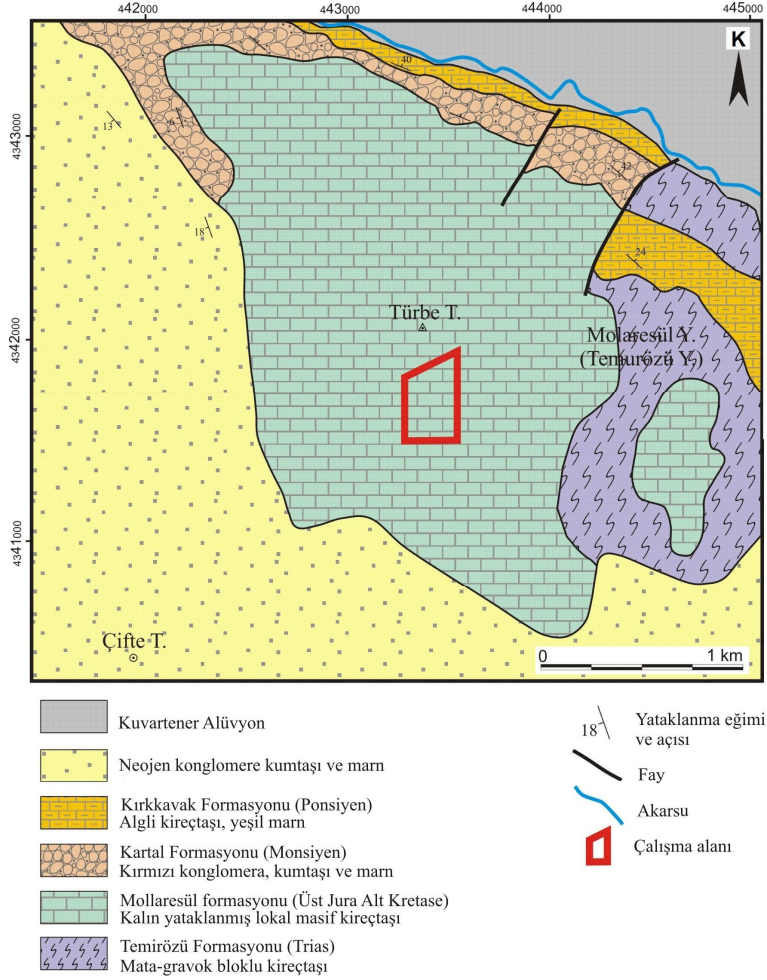


Şekil 1.10. Haymana'nın Türkiye'deki yeri

1.5.2. Genel Jeolojik Özellikler

Kuzeybatı – güneydoğu uzanımlı Haymana-Polatlı Havzası'nda, Triyas'tan Kuvarterner'e kadar süren zaman aralığında farklı litolojik özellikte tortul birimler çökelmiştir (Ünal vd., 1976). Bu çökellerin tabanında kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşan Triyas yaşlı Temirözü Formasyonu bulunmaktadır. Temirözü Formasyonu üzerine çalışma konusunu oluşturan Üst Jura-Alt Kretaase yaşlı Mollaresul Formasyonu uyumsuzlukla gelmektedir. Türbe tepesi ve çevresinde geniş yayılımlar gösteren birim kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşmaktadır.

İnceleme alanında yüzeylenen kayaç grupları jeoloji haritasında (Şekil 1.11.) gözlemlendiği gibi, geçmiş oldukları tektonik fazların çeşitli izlerini taşımakta ve kırıklı bir yapı kazanmaktadır. Tektonik hareketlenmeleri yansıtan faylar Türbe Tepe'nin kuzeydoğusunda gözlenmektedir. İnceleme alanında bu faylara benzeyen Neojen çökeller tarafından örtülmüş bir çok kırık hattı bulunmaktadır (Ünal vd., 1976)



Şekil 1.11. Çalışma Alanının Genel Jeoloji Haritası (Ünalın vd. den uyarlanmıştır,1976)

1.6. Literatür Özeti

Son yıllarda açılması planlanan ya da işletilmekte olan mermer, granit vb ocaklarda; sığ yeraltını yüksek çözünürlükte hızlı ve tahribatsız bir şekilde görüntüleyebilen GPR yöntemi etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu tür çalışmalara ise başarılı örneklerden bazıları sıralanmıştır:

Yunanistan'daki mermer ocaklarında kırıkların haritalanması ve belirlenmesi için bir GPR uygulaması yapılmıştır. Yapılan uygulamada, mermer ocağının yönetiminde verimliliği arttırmak için kırıklı olan kısımlarından, bozulmamış mermer alanlarının hızlı bir şekilde ayırt edilmesi amaçlanmıştır (Grandjean ve Gourry, 1996).

“Endüstriyel mineral madenciliğinde GPR” başlıklı bir çalışma, Amerika Jeoloji Topluluğu (GSA)'nun yıllık toplantısında Shaffer ve Wenning (2002) tarafından

sunulmuştur. Bu sunuda; endüstriyel hammadde çıkarılan ocaklardaki doğal süreksizliklerin ve karstik özelliklerin, rezervlerin ekonomik kullanımında problemlere yol açabildiği vurgulanmıştır. Ayrıca bu problemlerin, boşluklu ve kırıklı taş ocaklarında güvenlik, hidrolojik ve çevresel problemlere de neden olabildiği belirtilmiştir. Bu durumlara sebep olabilecek özellikleri, yerlerini ve oluşabilirliklerinin kestirimi için kullanılan GPR tekniğinin, taş ocağı işletmeleri için çok yararlı olduğu ifade edilmiştir (Shaffer ve Wenning, 2002).

Alp vd., (2003) yer radarı yöntemini kullandıkları bir mermer işletmesinde, yer radarı ile yapılan bu araştırma sisteminin, mermer işletmeciliğinde hızlı ve hasarsız bir yöntem olarak; ocak planlamasını iyileştirerek, çatlaksız blokların üretilmesini kolaylaştırabileceği sonucuna varmışlardır. Ayrıca bu çalışmada GPR yönteminin farklı iletkenliğe sahip ortamların sınırlarını, dalımlarını ve derinliklerini belirlemede de olumlu sonuçlar verdiğini bildirmiştir.

Kadioğlu ve Kadioğlu (2005), mermer işletmeciliğini geliştirmek amacıyla bir mermer ocağındaki süreksizlikleri ve kalınlıkları yer radarı yöntemi ile belirlemeyi amaçlayarak; bu yöntemin, mermer tabakasındaki kırıkları ve boşlukları derinliğe göre belirleme ve haritalamada başarı ile uygulandığını kaydetmişlerdir.

Porsani vd., (2006) Güney Brezilya’ da bir granit ocağının kırıklı yapısının araştırılması için GPR yöntemini uygulayarak bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, yapısal süreksizlikler ve kırıkların dağılımı ve yüksek kaliteli (bozuşmamış, masif) granitin olduğu yerlerin belirlenmesi için elde edilecek olan bilgilerin maden mühendisleri için oldukça önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu bilgi, taş ocağının işletilmesi için yapılacak planlamaya rehber (kırıklılık, çatlaklılık durumu) olmasıyla maden çıkarma maliyetini en aza indirerek maden işleten şirket için önemli ölçüde ekonomik tasarruf sağlamaktadır.

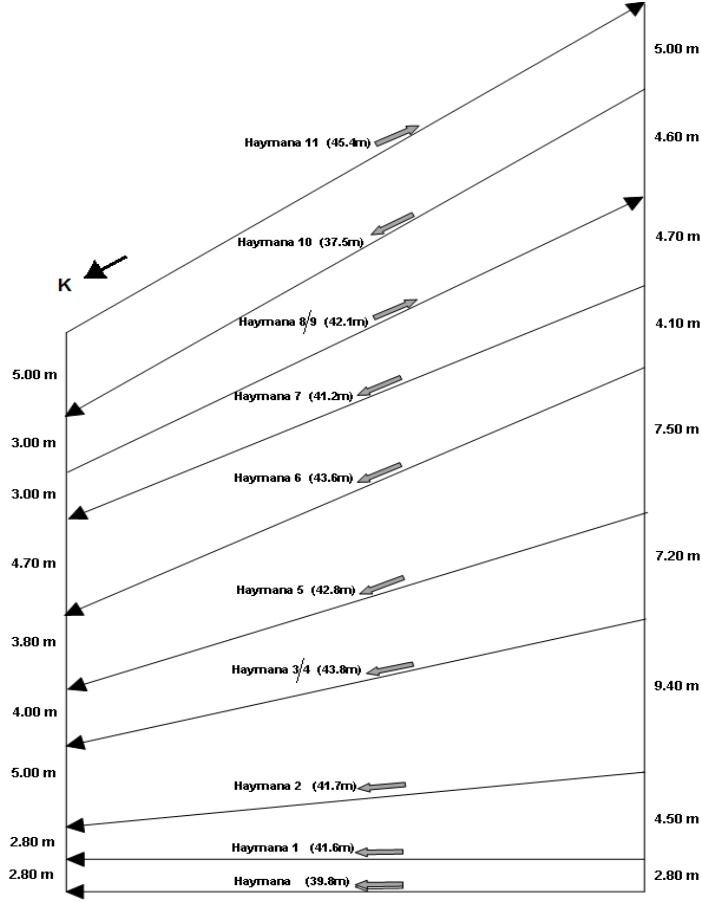
Kadioğlu (2008), Ankara’nın Polatlı ilçesinde, mermer ocağı olarak çalıştırılacak bir sahadaki kireçtaşının tabaka kalınlığını, devamsızlıklarını ve boşluklarını GPR yöntemi ile görüntüleme çalışması yapmıştır. İki boyutlu (2B) radar profillerinin üç boyutlu (3B) görüntülenmesi ile yapıdaki devamsızlıklar ve tabaka kalınlıkları belirlenmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

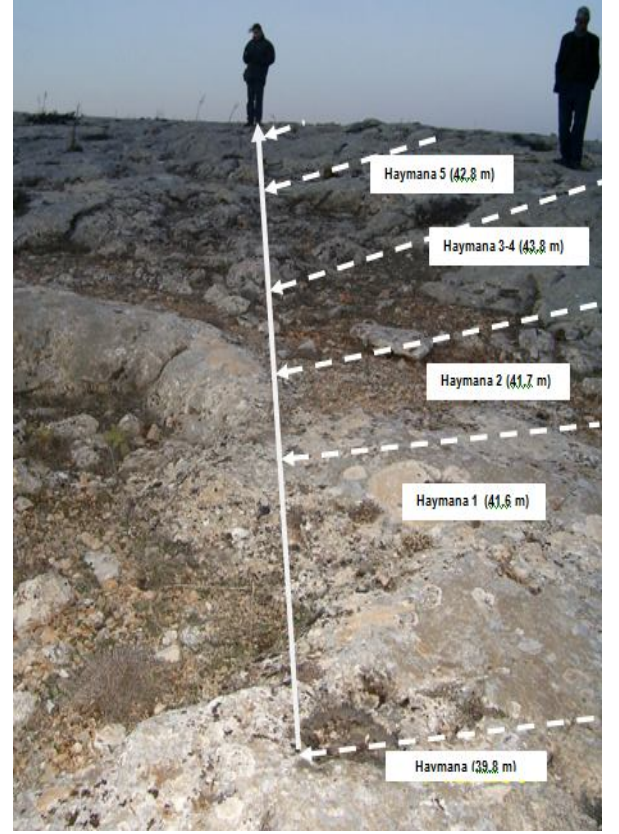
2.1. Verilerin Toplaması

Veriler yaklaşık K- G doğrultulu 2.8 m ve 9.40 m değişen profil aralıklarında 10 profilde Ramac CU II GPR sistemi ile 100 MHz korumasız anten kullanılarak toplanmıştır (Şekil 2.1 ve 2.2). 10 adet profilde ölçüler alınmıştır. Profillerin yaklaşık uzunluğu 45m dir (Şekil 2.1). Tsoflias ve diğ. (2004) tarafından önerildiği gibi profiler yeryüzünde görünür kırık doğrultularına dik olarak alınmıştır. İz aralıkları 0.1 m aralıktır. Her profildeki örnekleme zaman aralığı 0.918ns ve toplam zaman penceresi 761.913 ns dir. GPR veri işlem adımları ReflexW programı ile yapılmıştır (Sandmeier, 2002). Veri işlem; genel olarak EnergyDecay (enerji azalımı), Dewow (düşük frekansların atılması), Subtract DC-Shift (zamandaki kaymanın çıkarılması) ve Background Removal (temel gürültülerin kaldırılması) adımlarını kapsamaktadır. Migrasyon (göç) adımları bu çalışmada uygulanmamıştır. Çünkü 2B migrasyon veri işlem sırasında küçük düşey çatlakları görünmez hale getirmektedir (Grasmueck, 2005). Bununla birlikte güçlü yansımalarla sahip çok geniş hiperboller, göçe (migrasyona) uğramamış GPR veri görüntülenmesini sınırlandırabilir (Kadioğlu, 2008). Bu çalışmadaki profillerde herhangi bir geniş hiperbol yoktur.

100 MHz korumasız anten kullanılarak yaklaşık 35-40 m derinden yansımalar alınmıştır. Bilindiği gibi nüfuz derinliği sadece kullanılan anten frekansına değil aynı zamanda çalışılan ortamdaki malzeme koşullarına da bağlıdır. Ortam koşullarının oldukça kuru ve mermerin düşük elektriksel iletkenliğe sahip olmasından dolayı bu nüfuz derinliği sağlanmıştır. Kullanılan sistem ve arazi şartlarından dolayı, ortamın elektromanyetik dalga hızını belirlemek için, geniş açılı kırılma yansıma (WARR) veya ortak derinlik noktası (CMP) ölçümleri alınamamıştır. Ancak Grandjean ve Gourry tarafından, 1996' da yapılan çalışmada, mermerin hızının 0.115 m/ns ile 0.128 m/ns arasında değiştiği ve mermerin göreceli homojenitesine bağlı olarak tüm profiler için 0.12 m/ns lik sabit bir hız alınmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Zaman-derinlik kesitleri 0.12 m/ns hız kullanılarak oluşturulmuştur. Bu hız değeri, dikey kırıkların sebep olduğu yansımalarla ilişki olarak ReflexW programı ile de kontrol edilmiştir.



Şekil 2.1. Ölçü profillerinin birbirine göre konumu



Şekil 2.2. Arazi çalışmasından bir görüntü

2.2. Verilerin Değerlendirilmesi

2.2.1. GPR Verilerinin İşlenmesinde Temel Veri İşlem Adımları

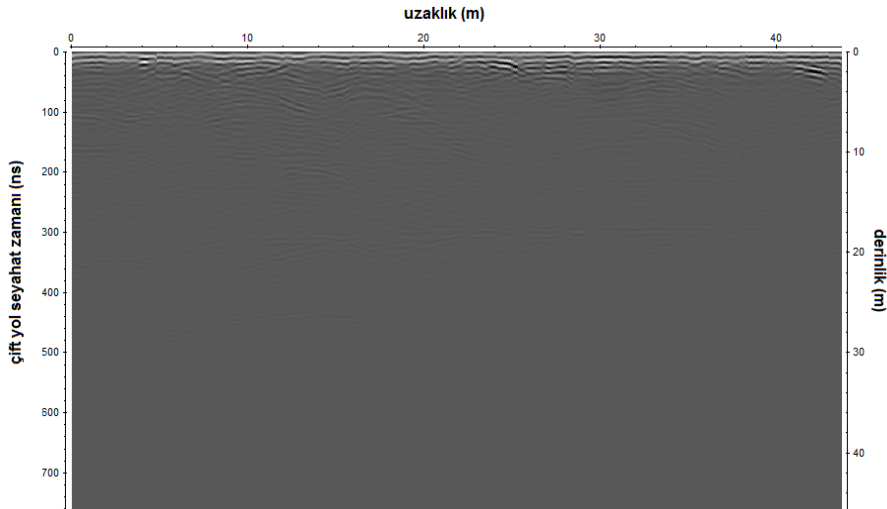
Ham GPR kesitlerinden yeraltındaki yapısal durumu izlemek zordur (Şekil 2.3a). Bundan dolayı ham veriler; yoruma hazır hale getirilinceye kadar amaca yönelik olarak bazı veri işlem aşamalarından geçirilmektedirler.

Bu çalışmada, toplanan GPR verilerine uygulanan temel veri işlem aşamaları; EnergyDecay (2.3b), Dewow (Şekil 2.3c), Subtract DC-shift (Şekil2.3d) ve Background Removal (Şekil2.3e) dir. Sahanın düzgün olması nedeniyle verilere yükseklik düzeltmesi uygulanmasına gerek duyulmamıştır. Ayrıca, inceleme alanlarının etrafında yüzeysel gürültü kaynakları gibi etkilerin olmaması, sinyal/gürültü oranı yüksek veri elde edilmesini sağlamıştır.

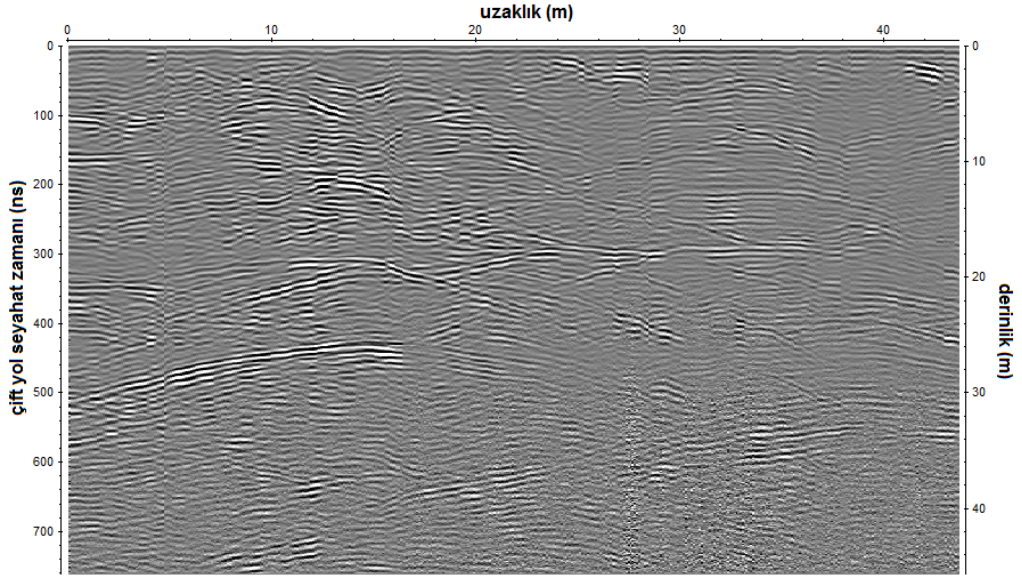


Şekil 2.3a. Haymana6 radargramının ham verisi

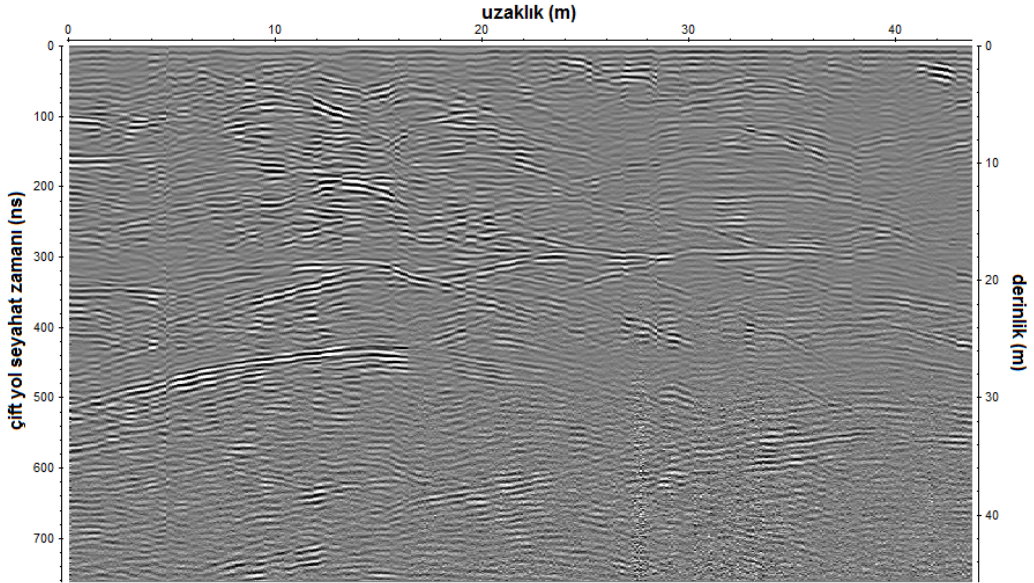
Uygulanan temel veri işlem adımlarından EnergyDecay (enerji azalımı); elektromanyetik dalganın yayıldığı ortamda uzaklığa bağlı olarak genlikteki azalımı geri kazanmak için uygulanan bir süzgeçleme işlemi olarak gerçekleştirilirken ölçü profilindeki tüm izlerden bir enerji azalımı oranı hesaplanmaktadır. Daha sonra bu azalım eğrisi ile her bir noktanın genlik değeri bölünerek her bir iz için genlik ayarlaması yapılmaktadır. Bu süzgeç, iz üzerinde aşağıya doğru ilerledikçe genliklerde belirli bir büyümeye sebep olmaktadır. Çünkü elektromanyetik dalgalar daha uzak mesafelere ilerledikçe ortam içerisinde daha fazla enerji kaybetmektedirler.



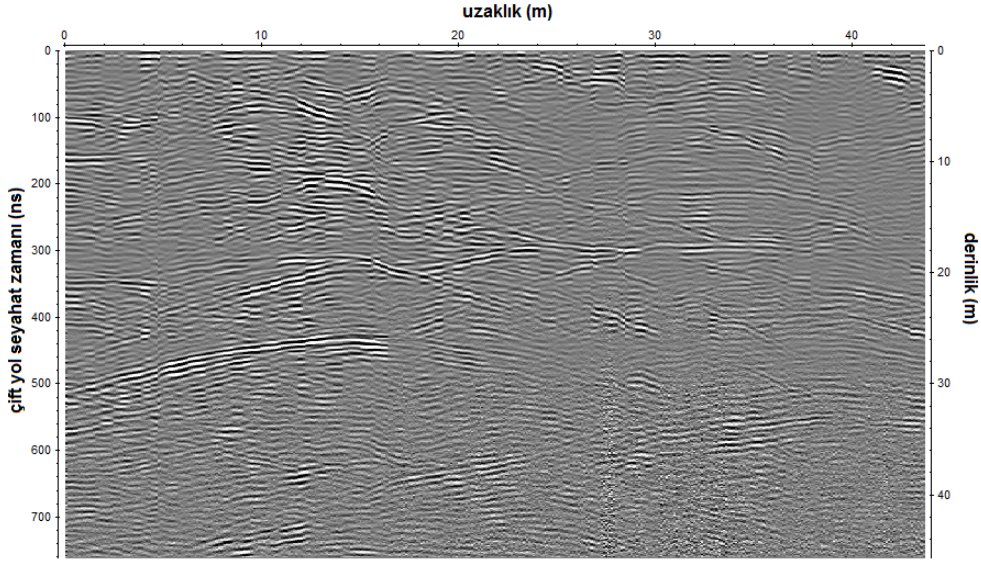
Şekil 2.3b. Haymana6 ham verisine enerji decay (enerji azalımı) uygulandıktan sonraki görüntü



Şekil 2.3c. Haymana6 ham verisine dewow (düşük frekansların atılması) uygulandıktan sonraki görüntü



Şekil 2.3d. Haymana6 ham verisine Subtract DC-Shift (zamanda kaymanın çıkarılması) uygulandıktan sonraki görüntü

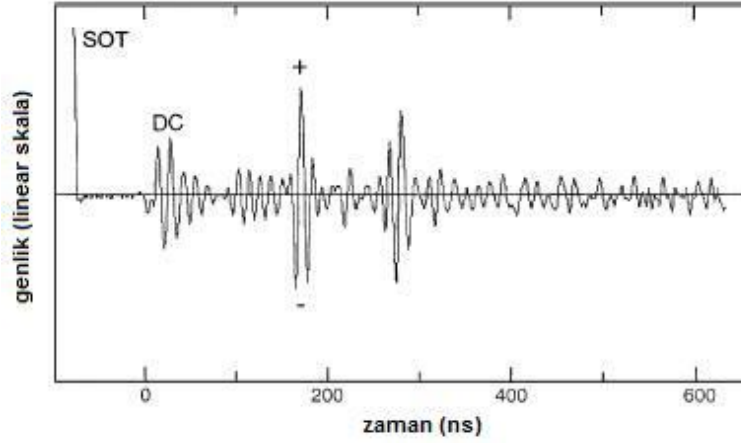


Şekil 2.3e. Haymana6 ham verisine Background Removal (temel gürültülerin kaldırılması) adımı uygulandıktan sonraki görüntü

Diğer bir veri işlem uygulaması olan Dewow (ortalama bileşenlerin çıkarılması); izden düşük frekanslı dalgaların atılmasını sağlamaktadır. Bunu matematiksel olarak yaparken, hareketli ortalama değeri (running mean value) bulmak için zaman penceresi seçimi önemlidir. Bu süzgeç veriden yararlı bilgileri de uzaklaştırabileceği için bu aşamada kullanıcı dikkatli olmalıdır.

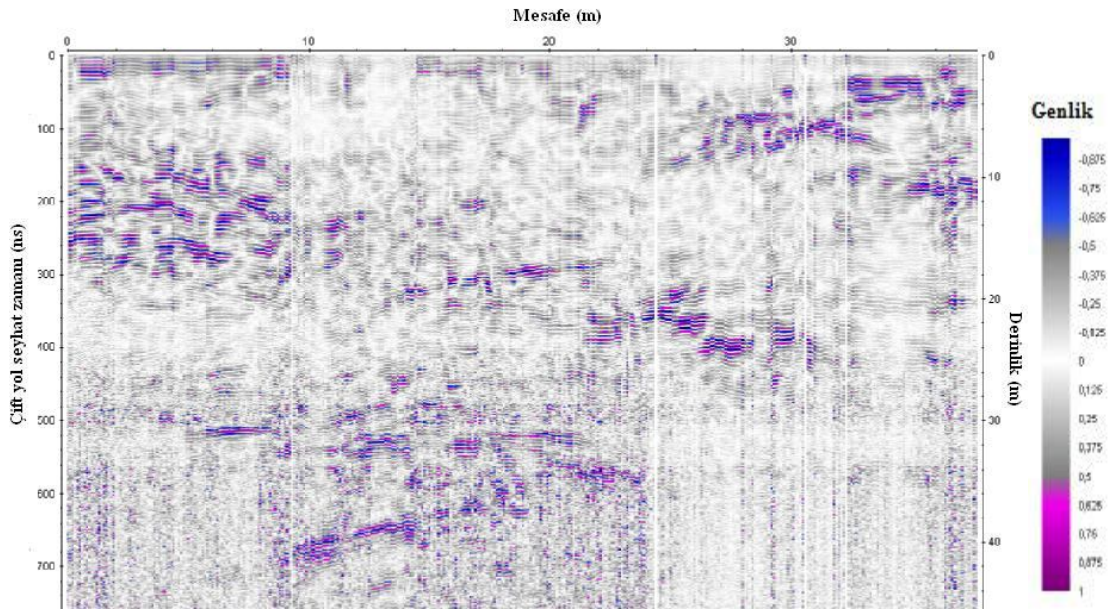
Sıfır ortalama (zero mean) olarak ta adlandırılan Subtract DC-shift, zamanda oluşan sabit bir kaymanın çıkarılması işlemidir (Şekil 2.4). Son olarak uygulanan Background removal; GPR verilerinin çözümlenmesinde önemli bir adım olarak düşünülmektedir. GPR verilerinde genellikle uyumlu gürültünün genel bir türü olan “ringing etkisi” gözlenmekte ve radargramlardaki sinyalleri olumsuz olarak etkilenmektedir. Hatta, uyumsuz gürültünün bu türü izlerde kuvvetli olduğu zaman uzaklaştırılmamakta ve daha derin yapıları tamamen maskeleymektedirler. Bundan dolayı kesitlerde yatay ve periyodik olaylar olarak görülen ringing; veri işleme kaldırılması gereken en önemli olaylardan birisidir. Yansıma olayları; daha rastgele ve daha az ilişkili olduğunda, ringing etkisinin, tüm GPR kesiti boyunca hemen hemen uyumlu olduğu kabul edilerek, sadece ringing gürültüsünü içeren bir iz için tüm kesitin ortalama bir izi dikkate alınmaktadır. Yapılan kabul ışığında, bu ortalama izin basit bir şekilde çıkarılmasıyla radargramda ringing’in yatay görünümü giderilmiş olur (Kim vd., 2007).

Açıklanan bu veri işlem adımlarının verilere uygulanışı ReflexW programı (Sandmeier, 2002) ile gerçekleştirilmiştir. Ölçülen veriler; bu program formatına dönüştürüldükten sonra veri işlem adımları uygulanarak yoruma hazırlanmışlardır.

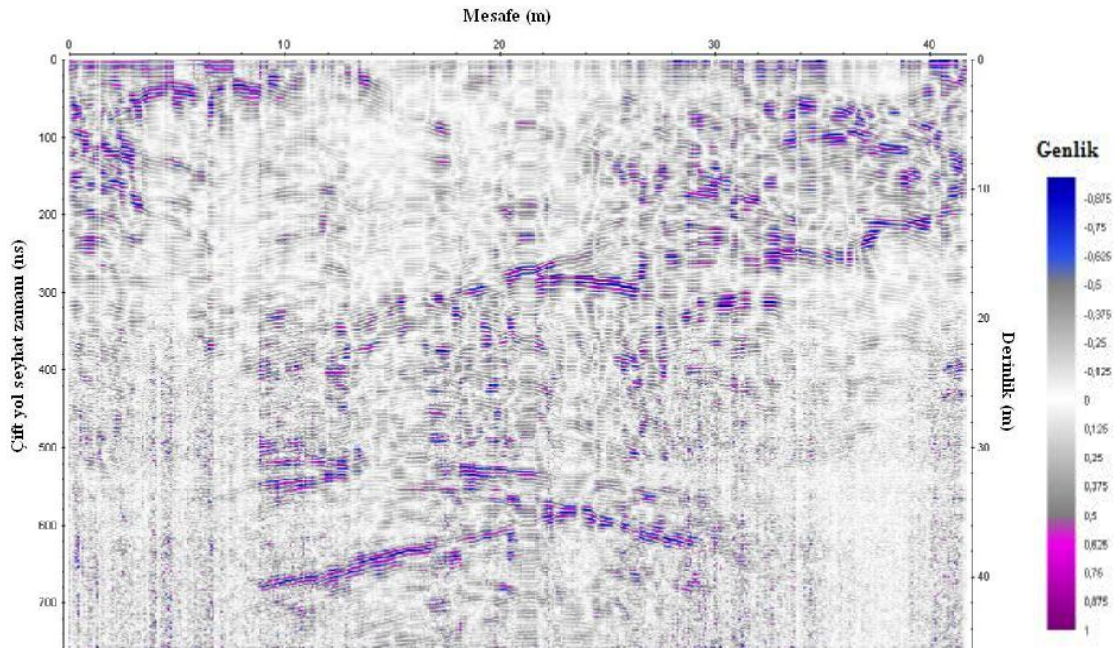


Şekil 2.4. 100MHz antenle buz üzerinden kayıt edilen iz. SOT (start-of-trace signal); alıcıya direk gelen sinyal izinin başlama zamanı. DC (Direct Coupling), havadan ve yerden doğrudan gelen dalgaların üst üste binmesidir. (Arcone vd., 1989)

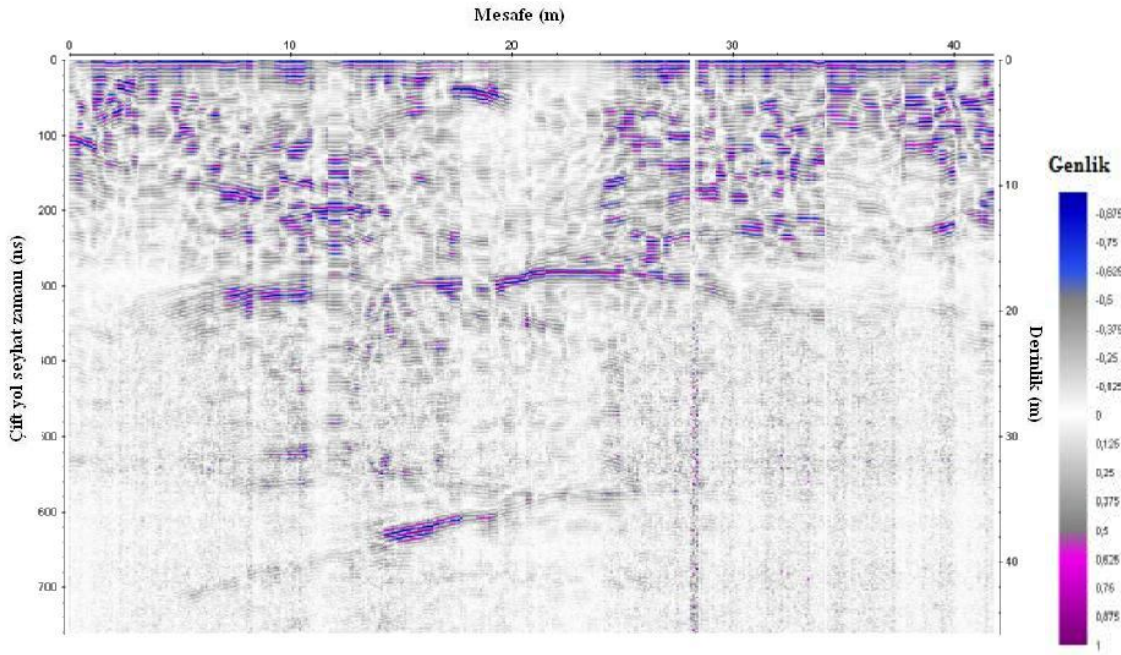
Bu tez kapsamında, toplanan 10 profildeki radargramların temel veri işlem aşamalarından sonraki kesitleri Şekil 2.5. – 2.14. arasında verilmektedir.



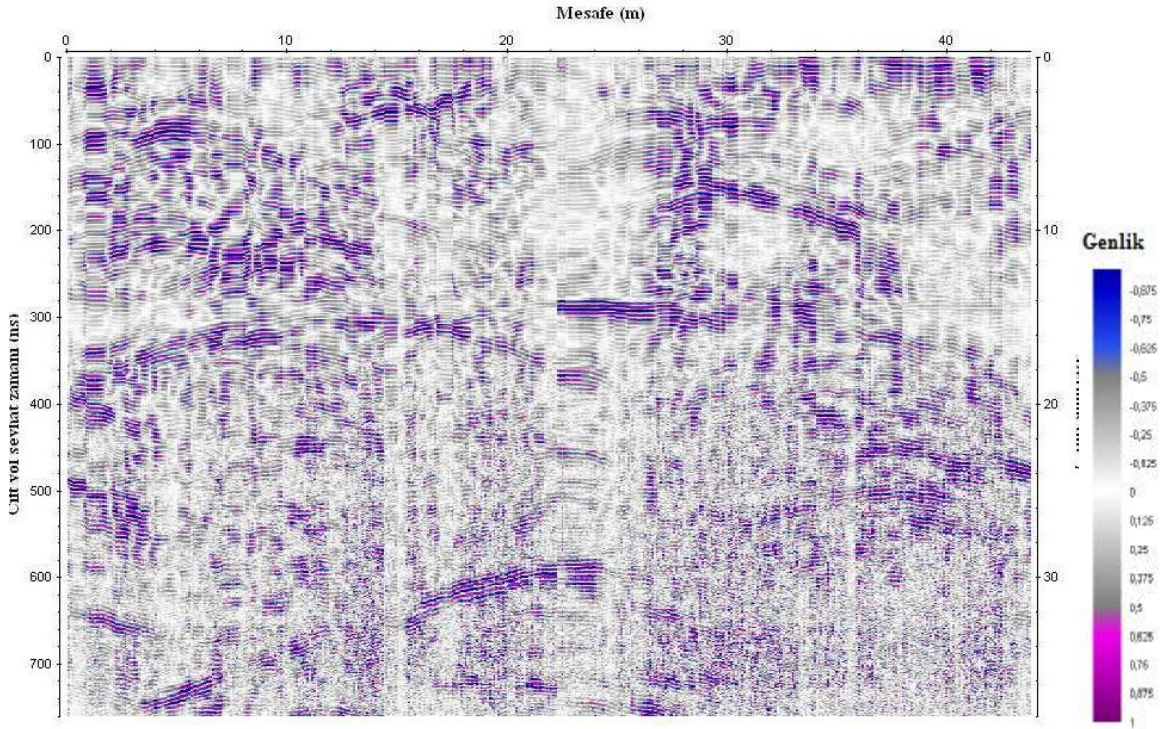
Şekil 2.5 Haymana profiline ait GPR kesitinin temel veri işlem sonrası görünümü



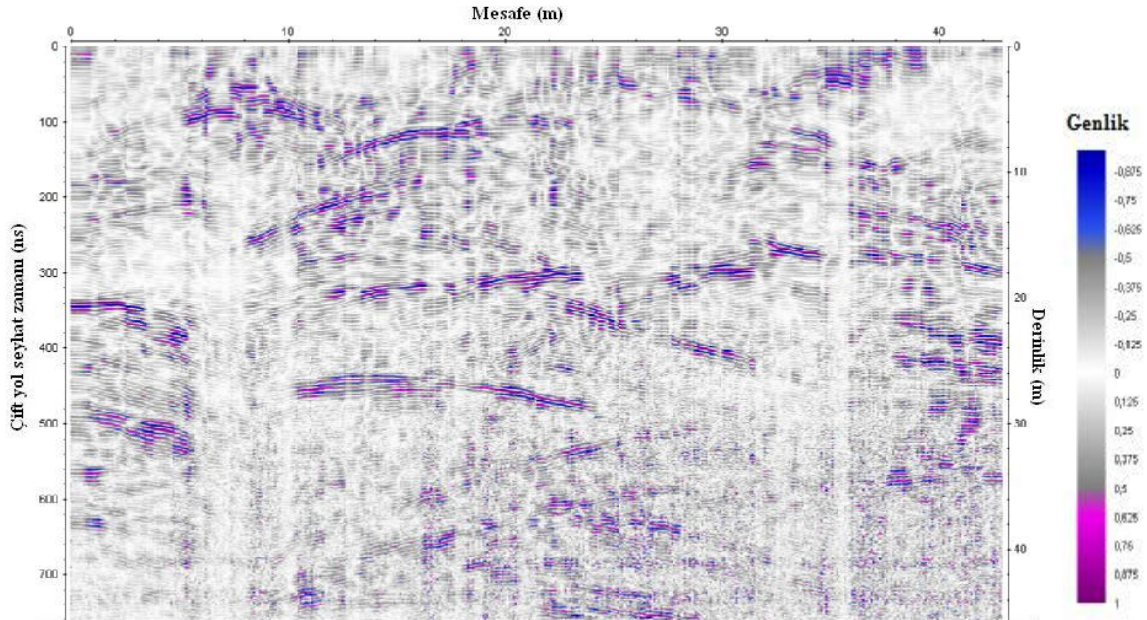
Şekil 2.6. Haymana1 e ait radargramın temel veri işlem sonrasındaki görünümü



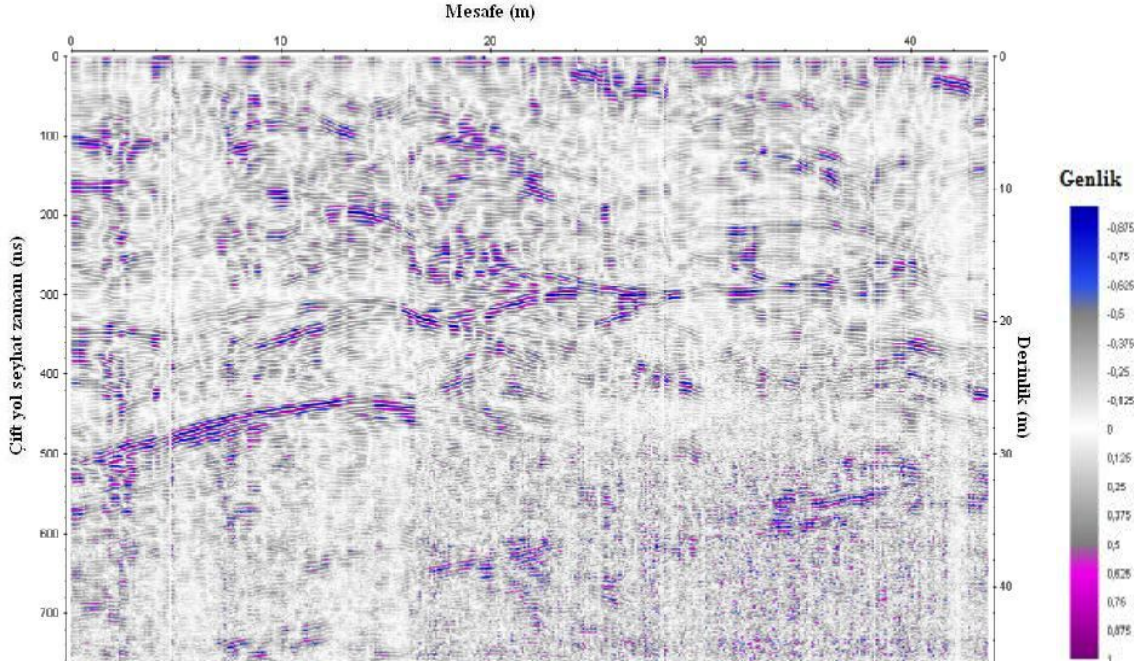
Şekil 2.7. Haymana2 hattındaki yer radarı verilerinin temel veri işlem sonrası görünümü



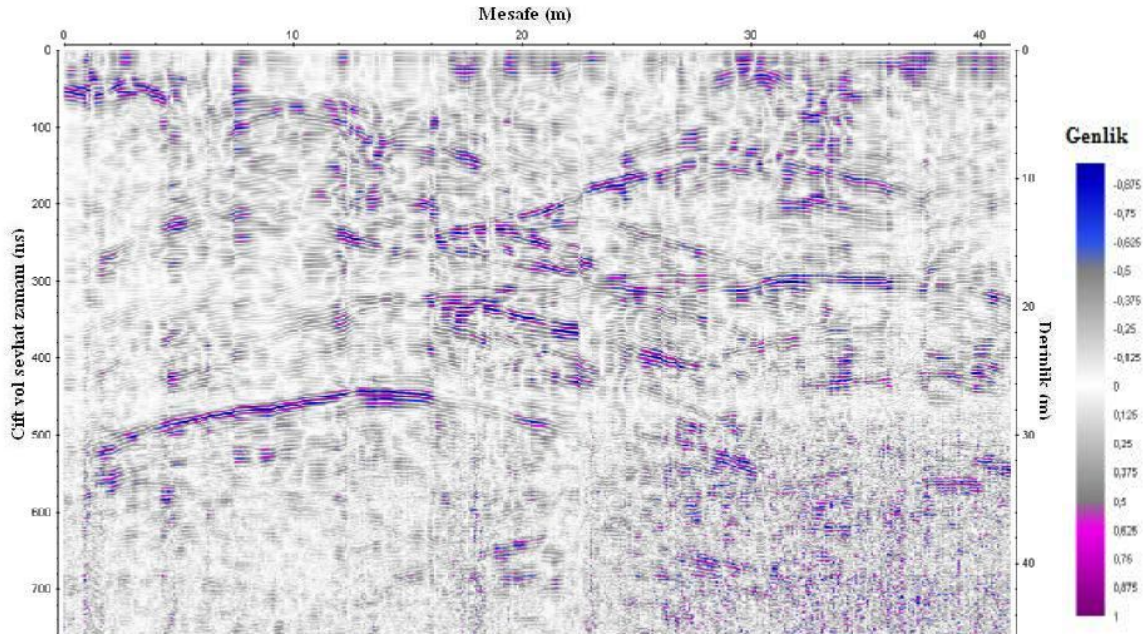
Şekil 2.8. Haymana3/4 profiline ait GPR kesitinin temel veri işlem sonrası görünümü



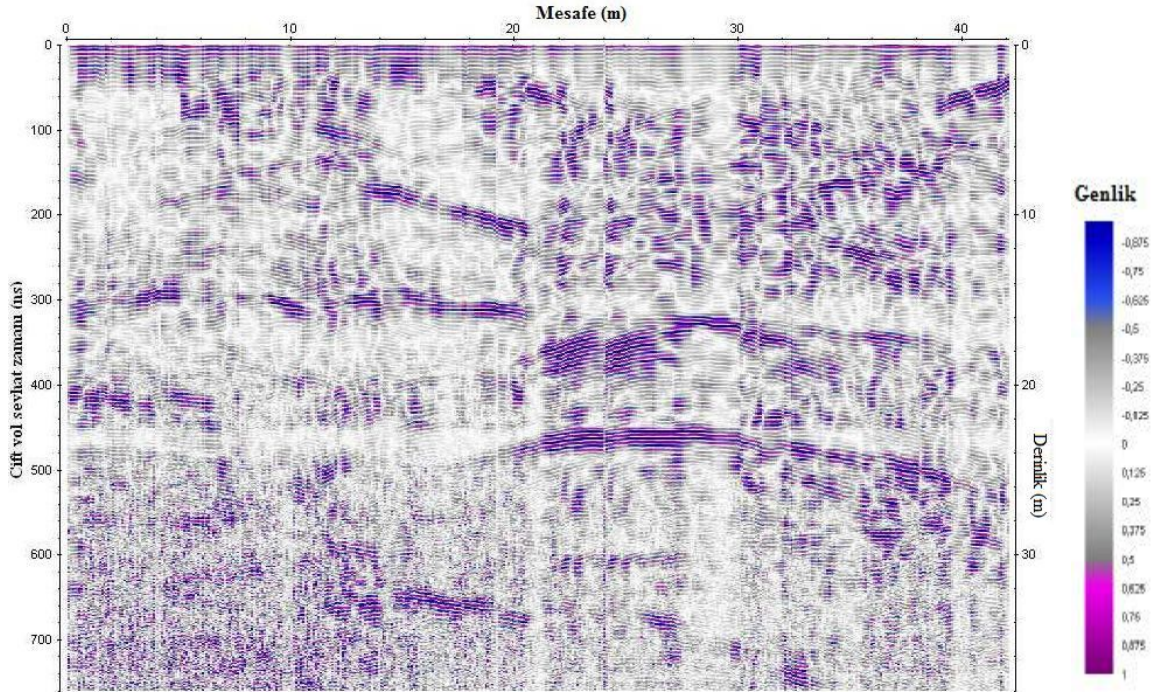
Şekil 2.9. Haymana5 profiline ait GPR verilerinin temel veri işlem sonrası görünümü



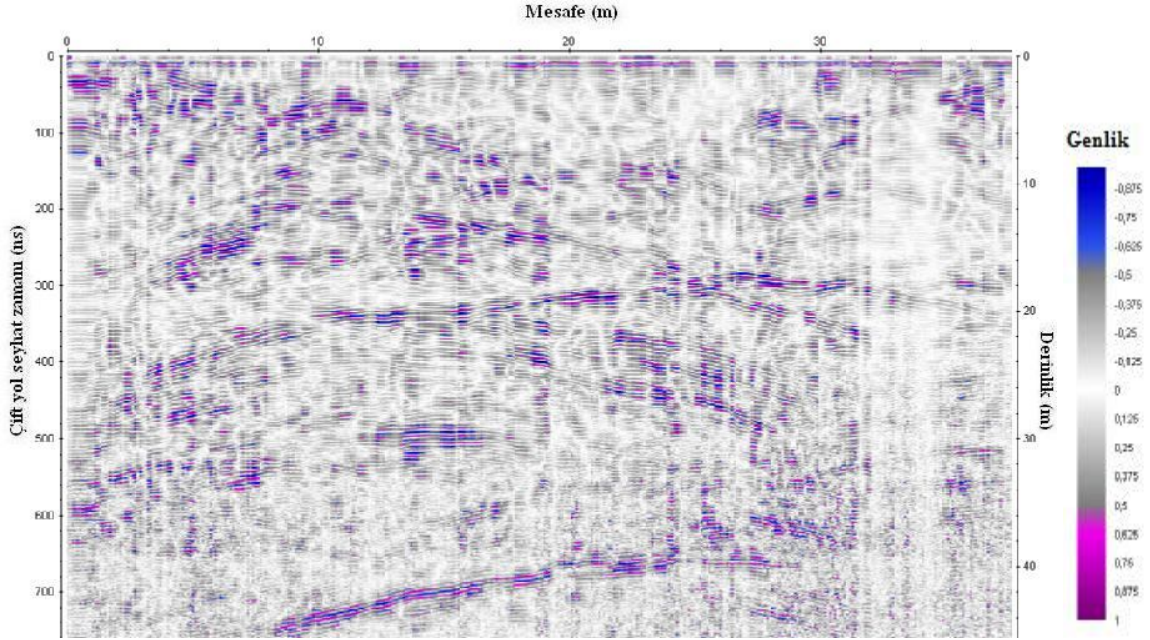
Şekil 2.10. Haymana6 profiline ait yer radarı verilerinin temel veri işlem sonrası görünümü



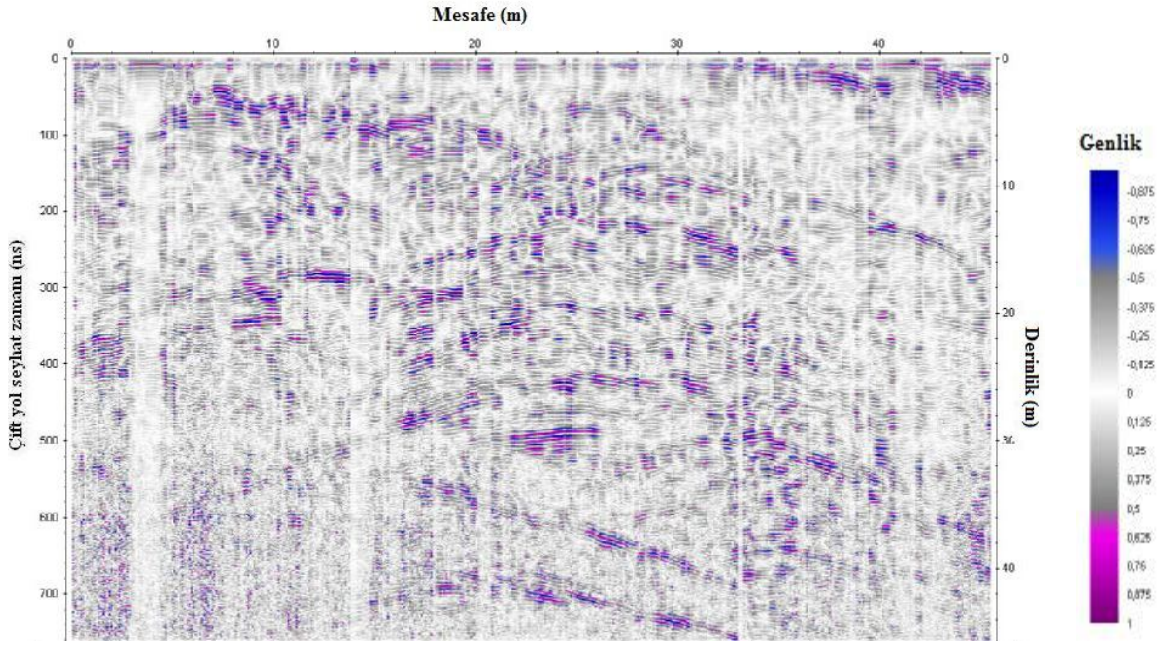
Şekil 2.11. Haymana7 hattındaki yer radarı kesitinin temel veri işlem sonrası görünümü



Şekil 2.12. Haymana8/9 profiline ait radargramın temel veri işlem sonrası görünümü



Şekil 2.13. Haymana10 profiline ait GPR kesitinin temel veri işlem sonrası görünümü

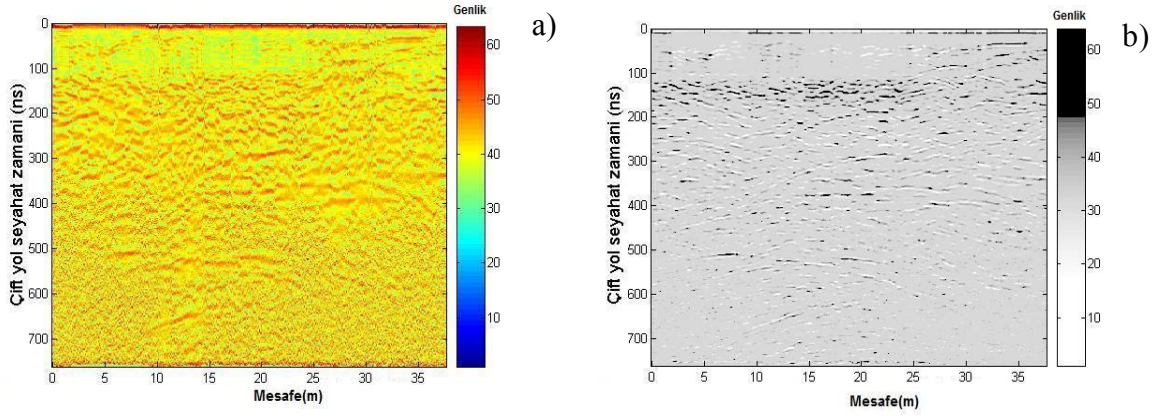


Şekil 2.14. Haymana11'e ait GPR verilerinin temel veri işlem sonrası görünümü

2.2.2. Karmaşık İz Analizinin Yer Radarı Kesitlerine Uygulanması

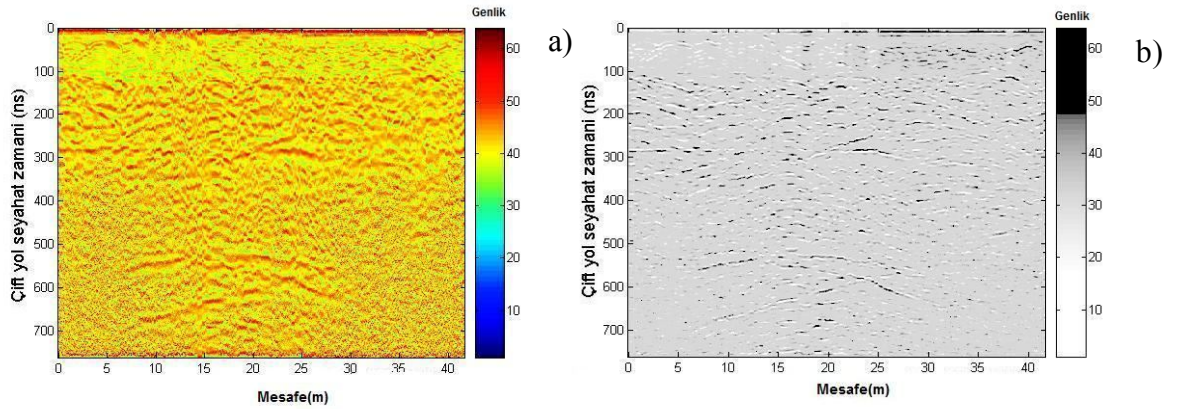
Derinlerden gelen GPR sinyallerini tanımlamak veya yorumlamak zordur. Bu sebeple GPR verisinden daha derin yansımalarındaki bu sinyal genliklerinin, görünür olması için bazı temel ön işlemler uygulanır. Bunların yanında sismik ve yer radarı çalışmalarında otomatik kazanım kontrolü (AGC) belirli bir zaman penceresinde belirli bir zaman örneği için genlik normalizasyonu demek olan sıklıkla kullanılan bir işlemdir. AGCnin herhangi bir fiziksel temeli olmamasına rağmen AGC, genellikle ilerleyen zamanlardaki zayıf genlikleri güçlendirmek için gösterim amaçlı olarak uygulanır.

AGC ile GPR sinyallerinin görünebilirliği, ilerleyen zamanlarda genlik zarf düzeltmesi (Amplitude Envelope Correction-AEC) denilen diğer bir teknik ile kuvvetlendirilir. AECnin kazanç fonksiyonu şu şekilde hesaplanarak uygulanır: AGC uygulanmış izin Hilbert zarfı hesaplanır. Daha sonra bu zarf izi uygun bir pencere fonksiyonu sayesinde yuvarlatılır. Son olarak AGC izi bu zarf izine bölünerek AEC uygulanmış iz elde edilir. Bu işlem iz iz bütün kesite uygulanır. İşlem pratik uygulamalar için uygundur ve AGCninkinden daha iyi sonuçlar üretir. Bu veri işlem adımları tez çalışmasındaki tüm radargramlara uygulanmış ve elde edilen görüntüler Şekil 2.14a-2.23a arasında verilmektedir.

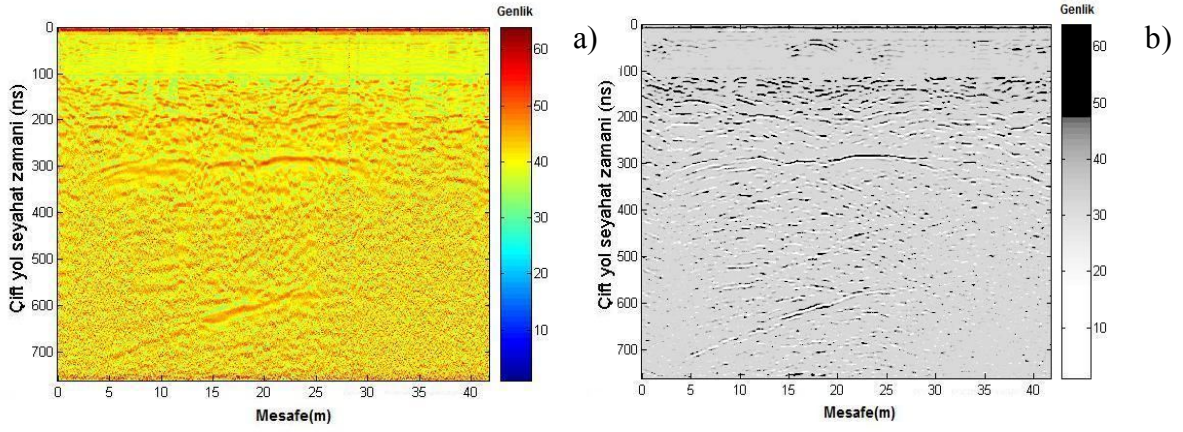


Şekil 2.15. Haymana verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri

Karlı vd.(2006) özel durumlar için faz-grup kesitlerinin bileşik analizinin orjinal bölümlere göre sismik model hakkında tam ve kesin bilgiler verdiğini göstermişlerdir. Bileşik iz yan salınımı indirgenmiş bir izdir ve orjinal izin ana ortak özelliklerini içerir. Bu işlem bize karmaşık yeraltının düzensizliğini açıklamayı sağlamaktadır. Burada bu yaklaşım GPR verisine uygulanmıştır (Şekil 2.14b-2.23b) ve daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

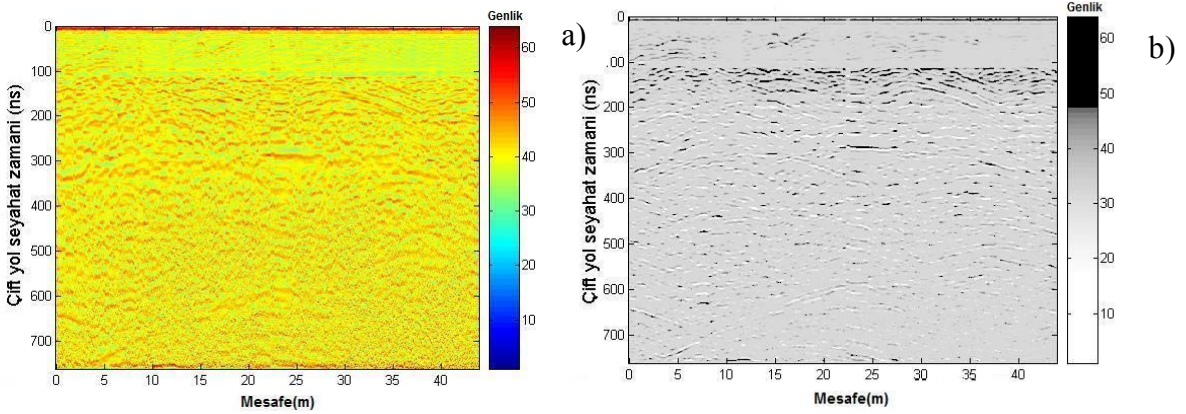


Şekil 2.16. Haymana1 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri



Şekil 2.17. Haymana2 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri

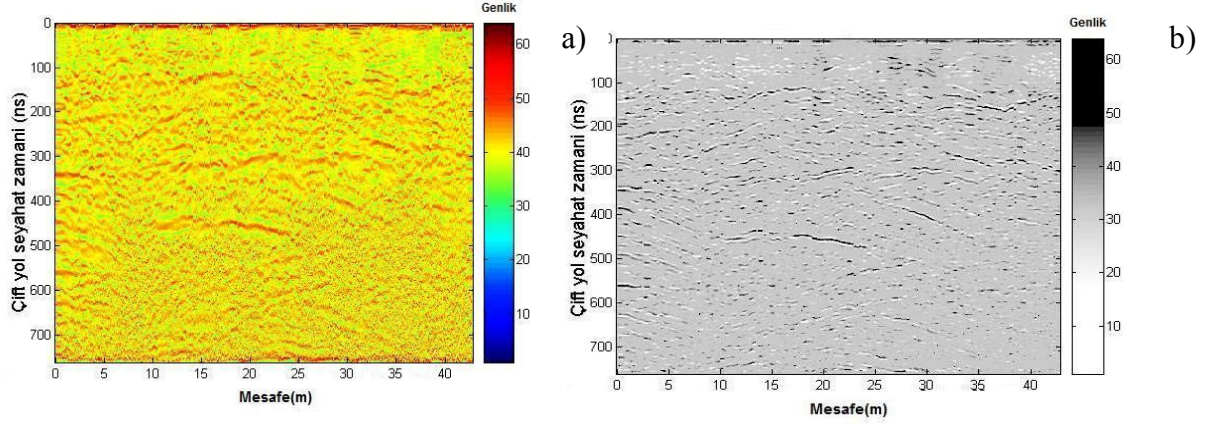
Kırıklı alanlar, magmatojen oluşumlar, karstikler yapılar gibi karmaşık yüzeyaltı ortamlar GPR verisinin yorumlanmasında problemlere neden olurlar. Böyle ortamlardaki dalga alanlarının karmaşık bir girişimsel karakteri mevcuttur. Bu dalgaların faz grup özellikleri ile tanımlanan karmaşık dalga gruplarından oluştuğu düşünülmelidir (Gelchinsky vd., 1985).



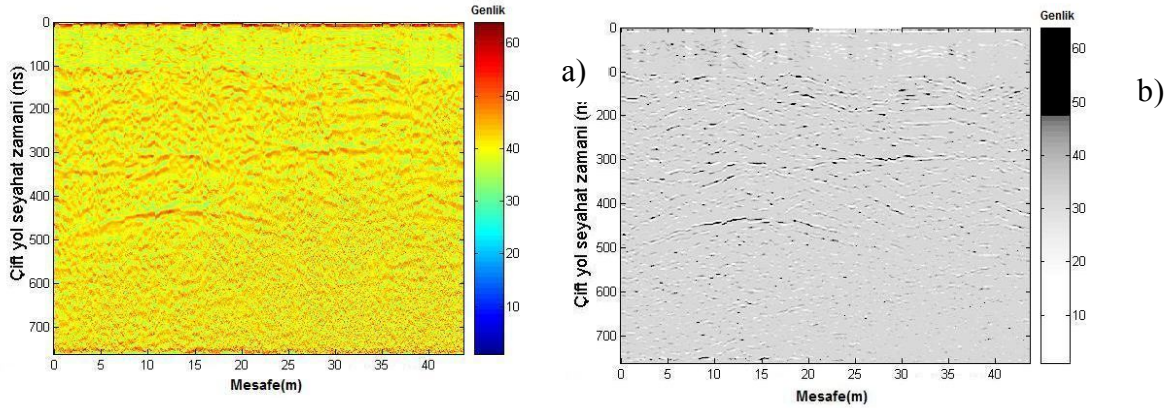
Şekil 2.18. Haymana3/4 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri

Bu özellikler hem ortamın karakteristiğine hem de kayıt sisteminin geometrisine bağlıdır ve birbirinden ciddi biçimde farklı olabilir. Bu özellikler, karmaşık bir fonksiyon zamanının gerçek parçası olarak bir GPR izi tanımlanarak çalışılabilir. Bu işlem ilk olarak sismik yığılmış kesitin yorumlanmasında başarıyla uygulanabilir (Taner vd., 1979). Bu

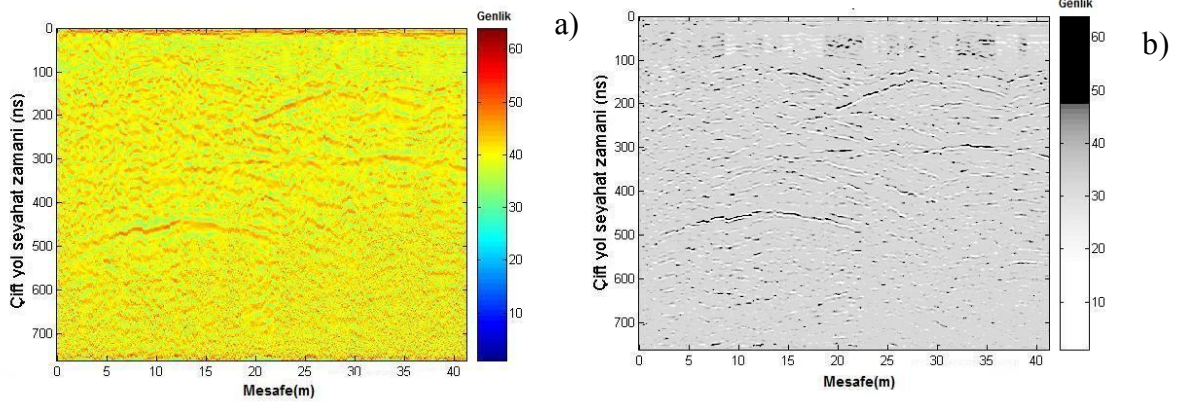
işlem GPR verilerinin sismik verilere benzerliğine bağlı olarak GPR verilerine uygulanabilir.



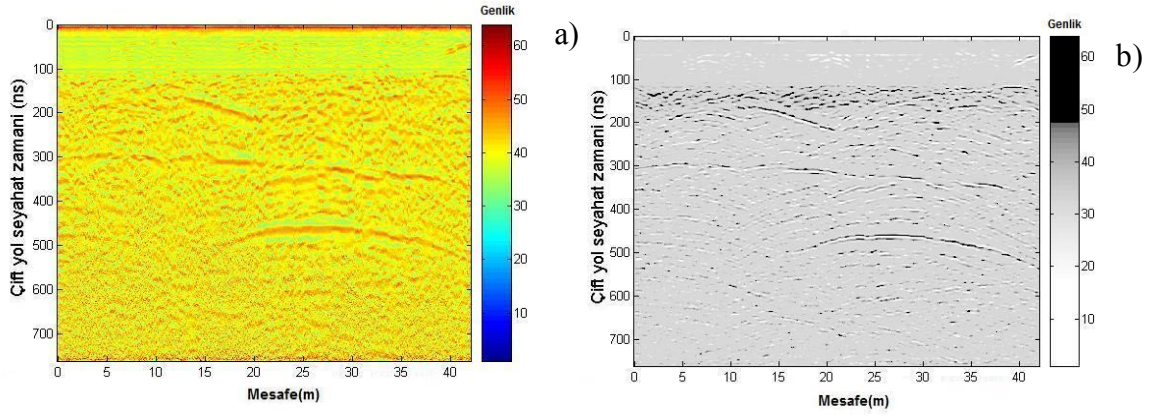
Şekil 2.19. Haymana5 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri



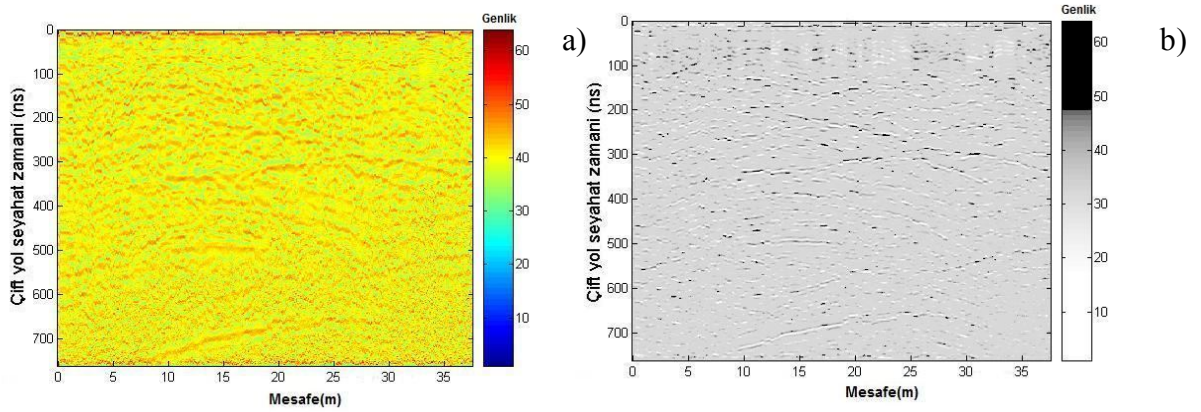
Şekil 2.20. Haymana6 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri



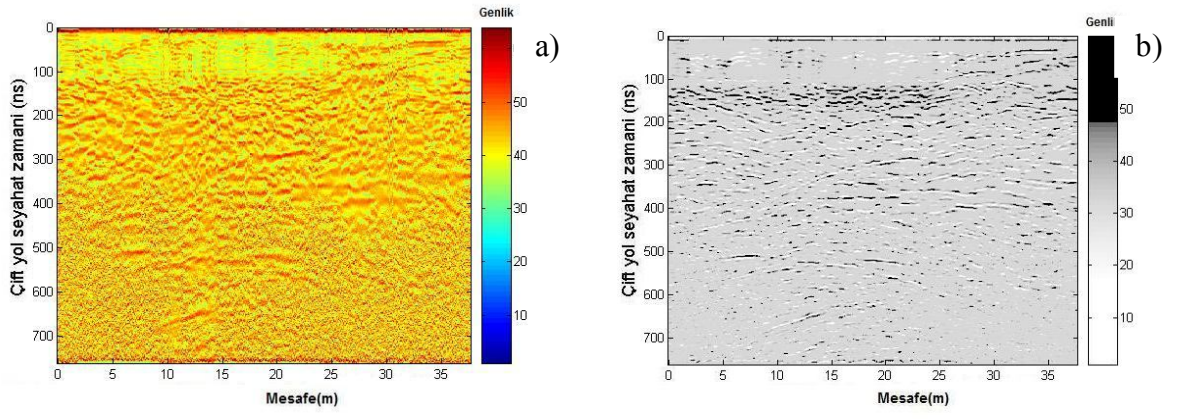
Şekil 2.21. Haymana7 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri



Şekil 2.22. Haymana 8/9 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri



Şekil 2.23. Haymana 10 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri

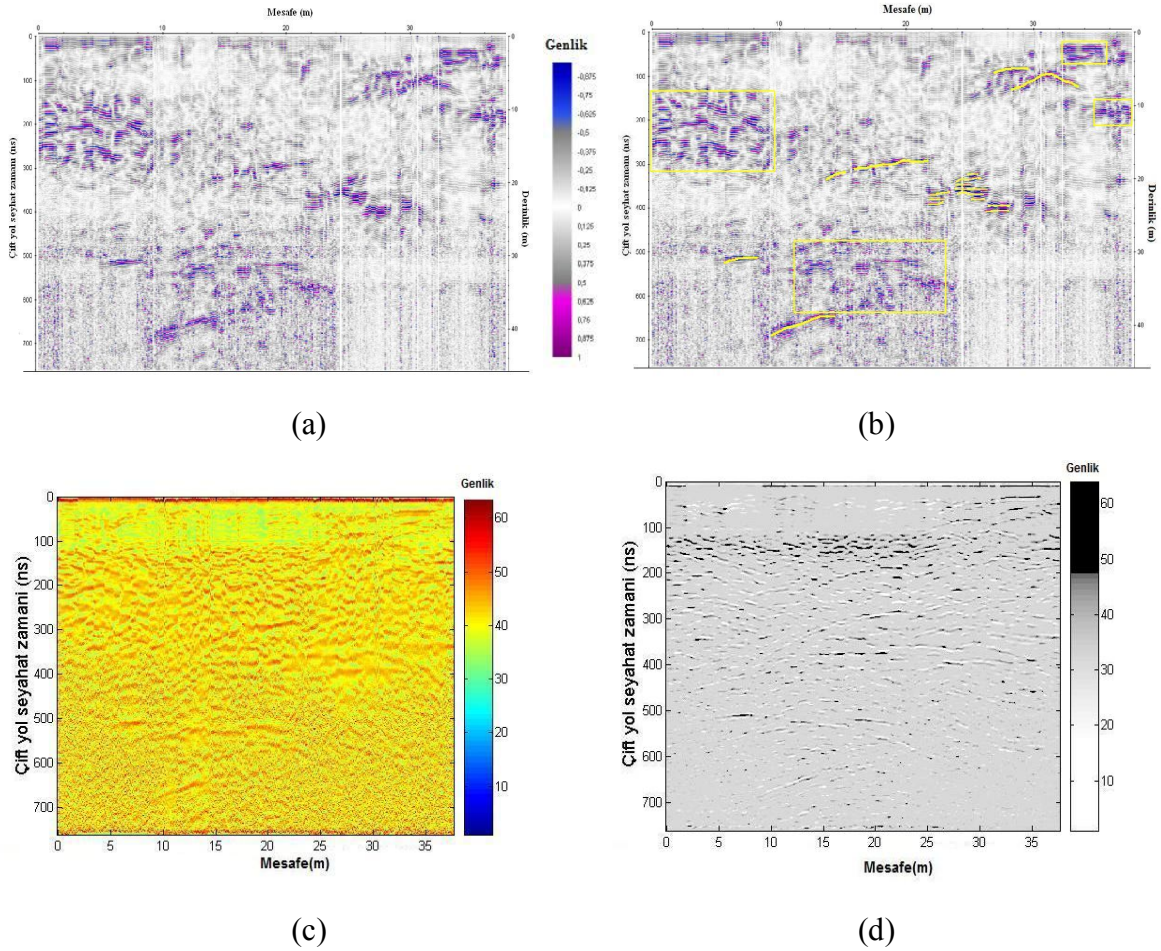


Şekil 2.24. Haymana 11 verisinin karmaşık iz analizi sonucu elde edilen a) anlık genlik ve b) faz grup kesitleri

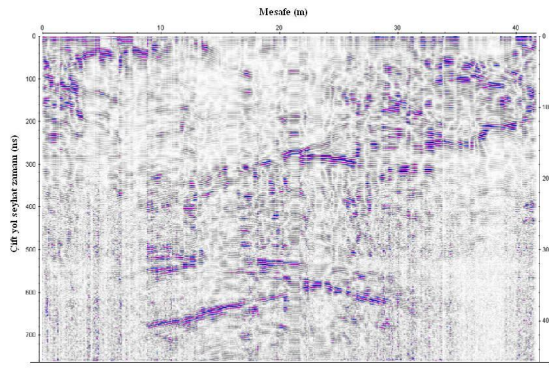
3. BULGULAR

Bu çalışmadaki GPR verileri işlenerek oluşturulan radargramlar; yoruma hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.1.- 3.10.). Genel olarak, incelenen radargramlar üzerinde gözlenen yansımalar, yaklaşık 40 ± 5.5 m derinlikteki eğimli veya yatay yansıtıcıların ayrıntılı görünümünü ortaya koymaktadır.

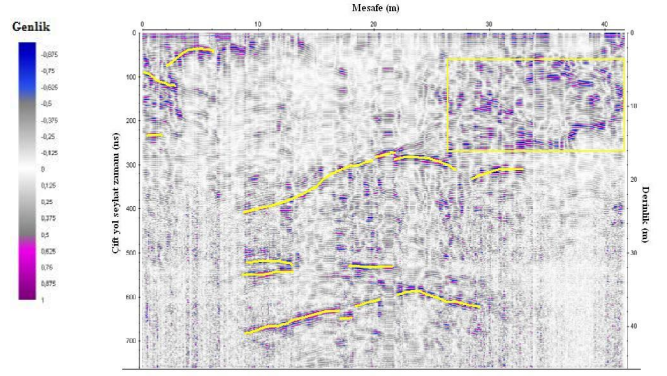
Şekil 3.1'deki yorumlanmış Haymana radargramında, yaklaşık 2 ve 30 m derinlikler arasında yer yer kırıklı malzemenin yoğun olarak gözleendiği yerler sarı kutular içinde belirtilmiştir. Bununla birlikte yaklaşık olarak uzaklık ekseninde 2 ve 30 m mesafeler arasında, farklı derinliklerde yer yer kopuklu yapıya sahip çizgilerle belirtilen süreksizlerin bulunduğu bölgeler mevcuttur.



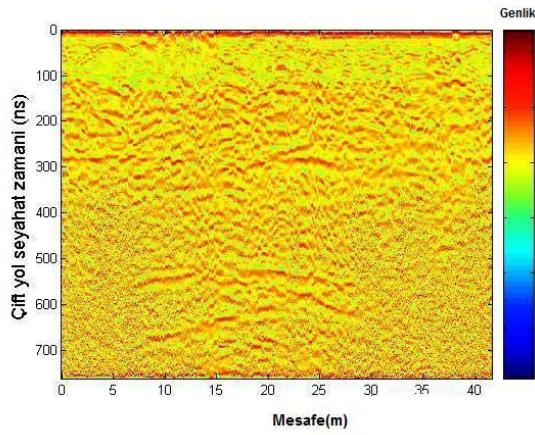
Şekil 3.1. Haymana hattındaki (a) radargram, (b) yorumlanmış radargram, (c) anlık genlik kesiti, (d) faz-grup kesiti



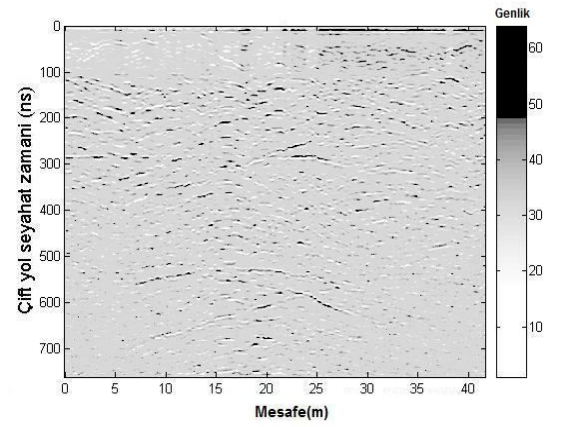
(a)



(b)



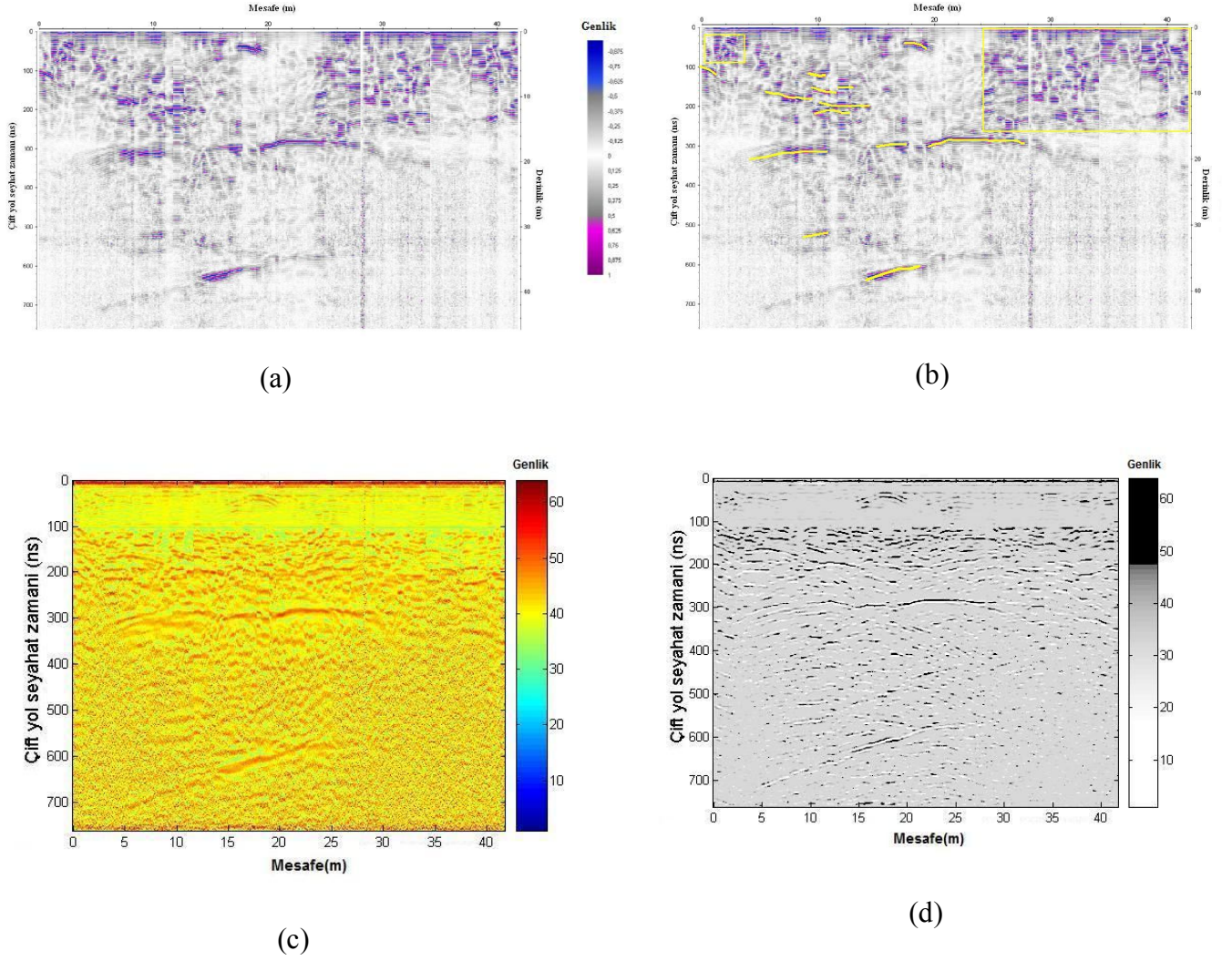
(c)



(d)

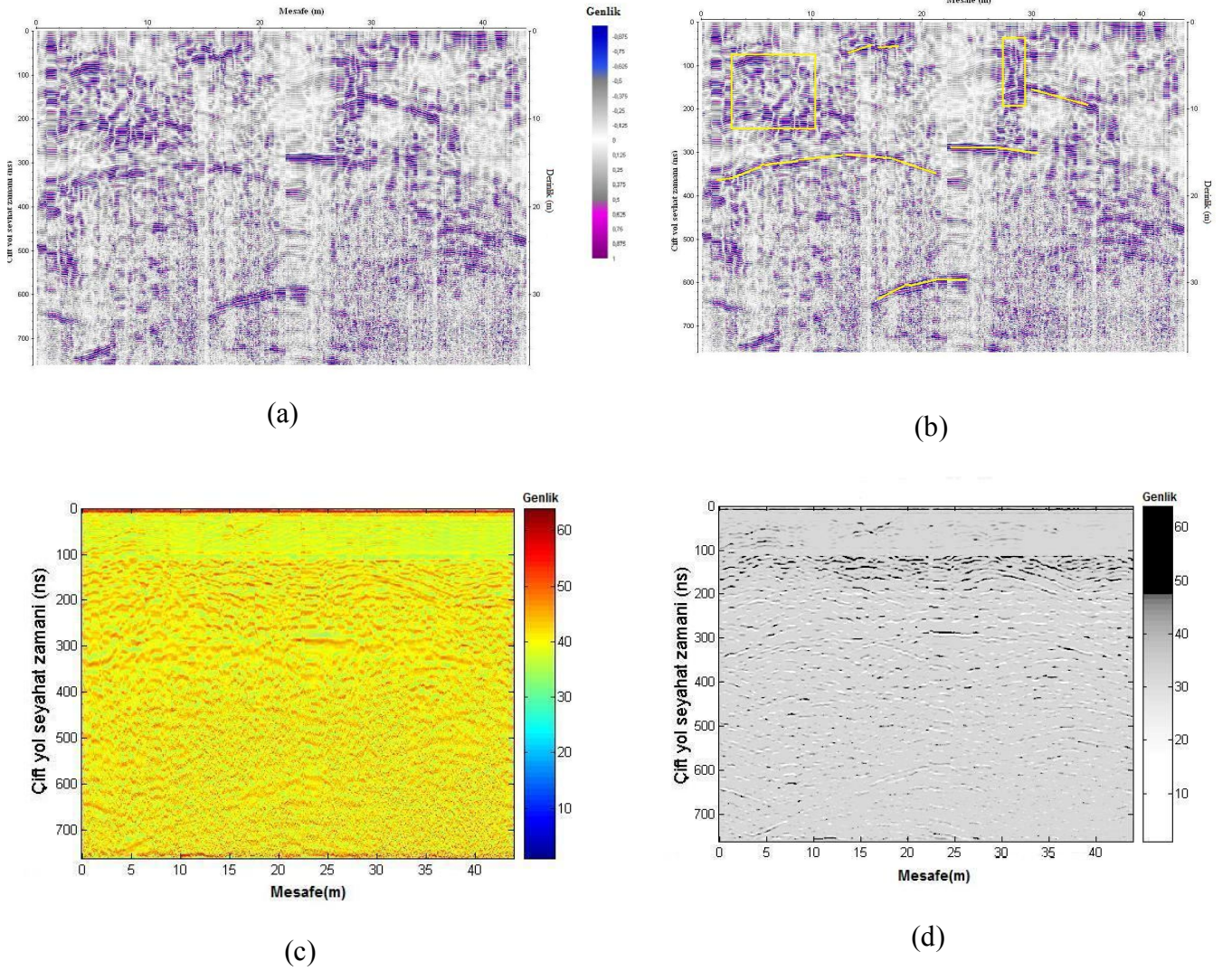
Şekil 3.2. Haymana1 hattındaki (a) radargram, (b) yorumlanmış radargram, (c) anlık genlik kesiti, (d) faz-grup kesiti

Haymana1 hattında yoğunlaşmış kırık-çatlak sistemi, soldan sağa doğru giderken, yaklaşık 26 ile 40 m mesafelerde ve yaklaşık 4 ile 16 m derinlikler arasındaki bölgede görülmektedir. Bu radargramda yer yer kopuklu bir biçimde, yaklaşık yatay yüzey boyunca devam eden güçlü yansımalar gözlenmiştir. Yaklaşık 18 ile 23 m derinlikler arasında ve 9 ile 28m mesafeler arasındaki güçlü yansımalar çizgilerle ifade edilmiştir. Ayrıca sözü edilen derinliklerdeki güçlü yansımalar, anlık genlik ve faz grup kesitlerinde de izlenmektedir.



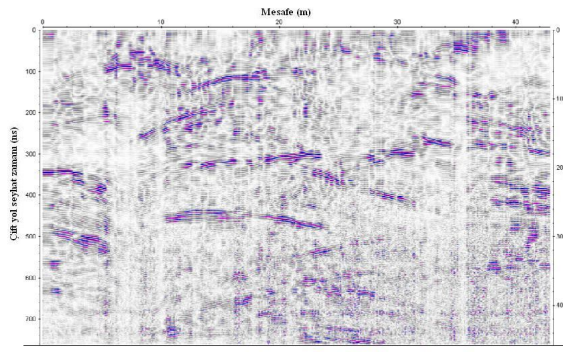
Şekil 3.3. Haymana2 profiline ait radargram (a), yorumlanmış radargram (b), anlık genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d)

Haymana2 profilinde de Haymana1 profilindeki gibi radargramın sağ tarafında, bir kırık-çatlak sistemi olduğu görülmektedir. Bu sistem, yaklaşık olarak 1 ile 16 m derinliklerde ve yaklaşık 22 ile 42 m ler arasındaki mesafede bulunmaktadır. Yine Haymana1 profilinde görünen, 18 ile 20 m derinlikler arasındaki güçlü yatay yansımalar, zaman zaman kopuklu bir hal almış biçimde bu profilde de gözlenmektedir. Genelde yoruma hazırlanmış tüm radargramların farklı derinliklerinde, yüksek genlikli yansımalar gözlenmiştir. Anlık genlik ve faz grup kesitlerinde yaklaşık 300 ns seviyesinde güçlü yansımalar göze çarpmaktadır. Ayrıca, anlık genlik ve faz grup kesitlerinden izlenebilen güçlü yansımaların, formasyondaki daha belirgin kırıklara işaret ettiği düşünülmektedir.

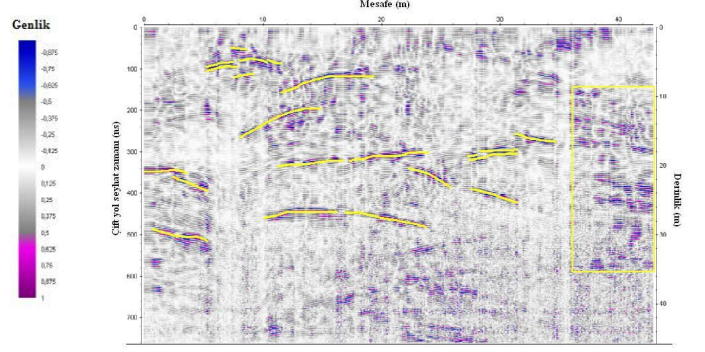


Şekil 3.4. Haymana3/4 profili (a) radargram, (b) yorumlanmış radargram, (c) anlık genlik kesiti , (d) faz-grup kesiti

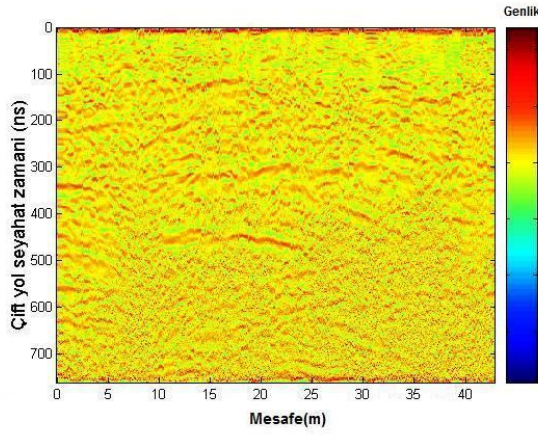
Haymana 3/4 profilinde, araziden ölçüm alımı sırasında yaklaşık olarak 23 m mesafede, tetikleyici ipin kopmasıyla ölçüm alımı durmuş, durumun giderilmesi ile ölçüm alımına kalınan noktadan tekrar devam edilmiştir. Sonuçta her iki kesitin birleştirilmesiyle toplam olarak 43.8 m uzunluğuna sahip Haymana 3/4 profili elde edilmiştir. Haymana 3/4 profiline ait radargramın yaklaşık 1 ile 10 m mesafeler arasında, yaklaşık 2 ile 14 m derinliklerinde yoğun bir kırık-çatlak sistemi olduğu görülmektedir. Anlık genlik ve faz grup kesitlerinden de yaklaşık 300 ns ye karşılık gelen seviyede güçlü yansımaların alındığı, bu seviyedeki formasyonda da kırıklı bir yapının olması dikkat çekicidir.



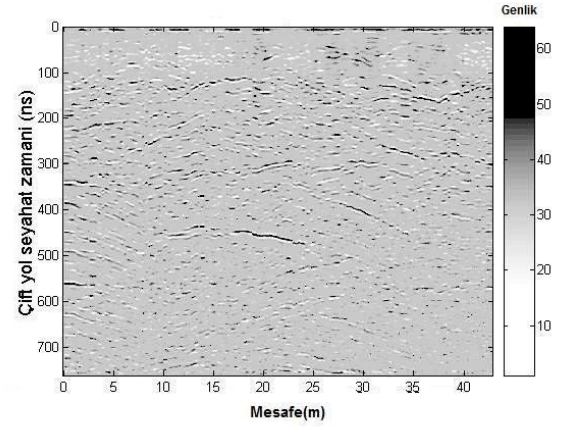
(a)



(b)



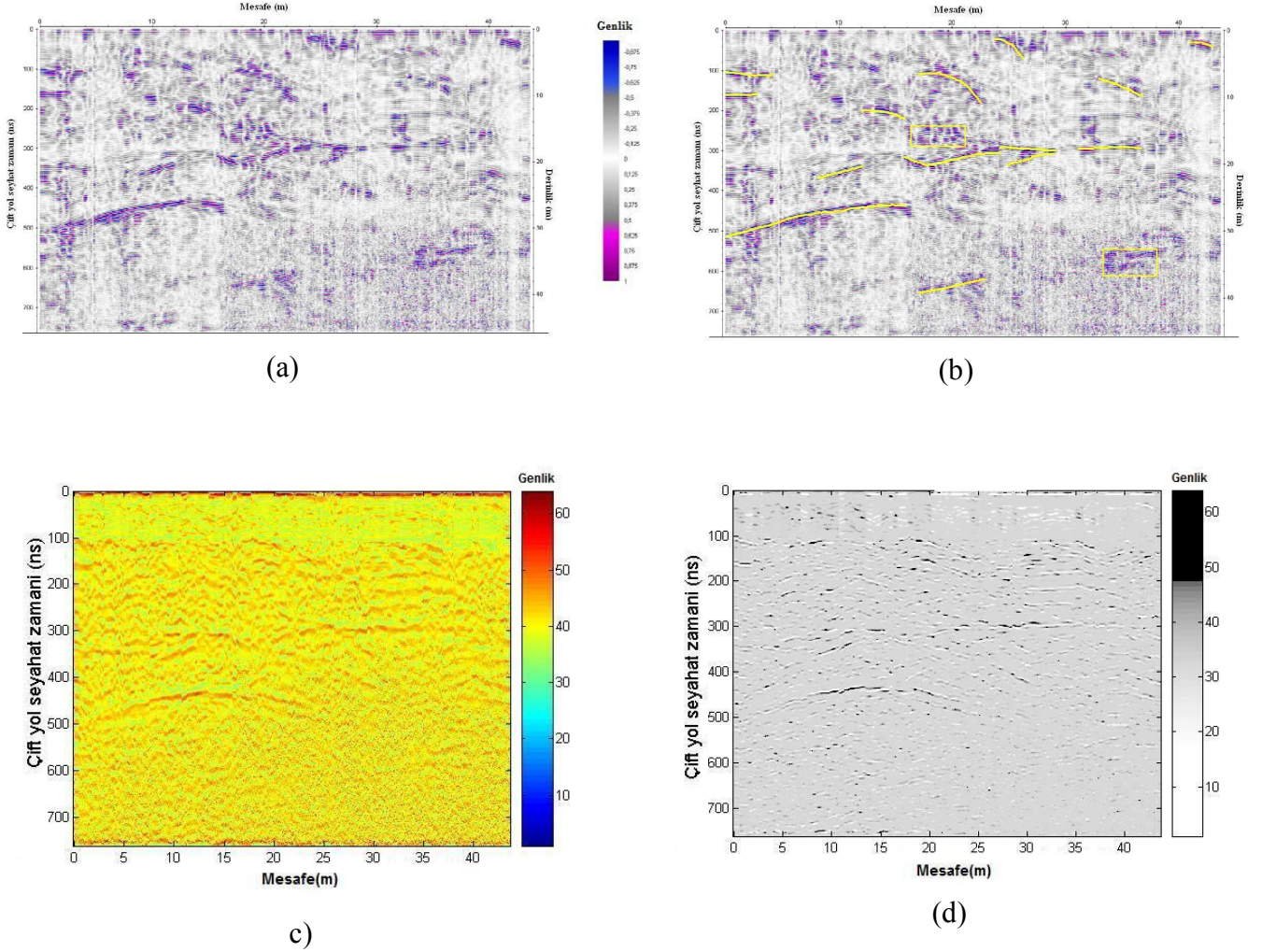
(c)



(d)

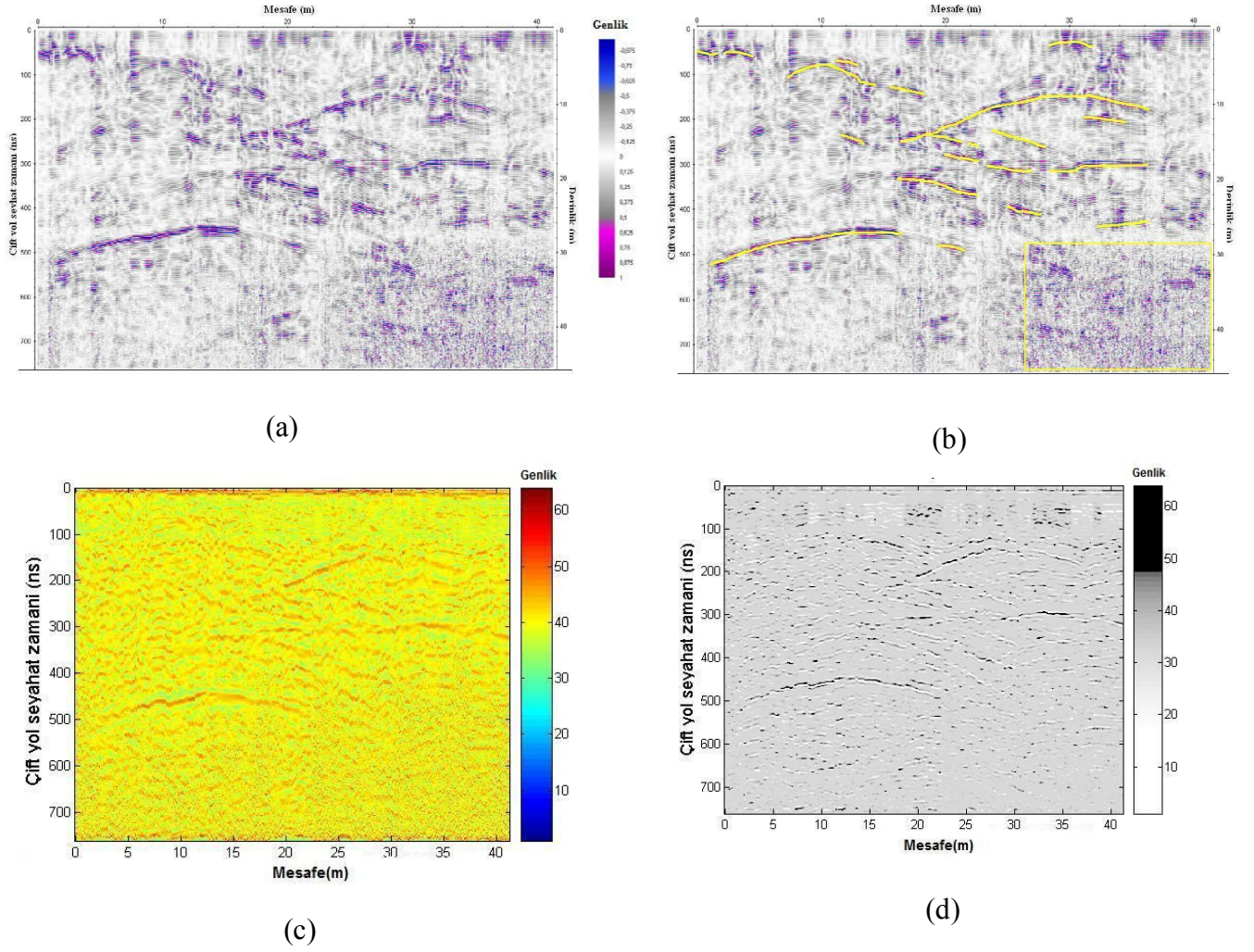
Şekil 3.5. Haymana5 profiline ait radargram (a), yorumlanmış radargram (b), anlık genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d)

Haymana5 profiline ait yorumlanmış radargramın ilk kısımlarında, yaklaşık 9 ile 32 m derinlikler, 36 ile 43 m mesafeler arasında bir kırık-çatlak sistemi izlenmektedir. Ayrıca bu radargramda 4 ile 30 m derinliklerinde sürekli çizgilerle belirtilmiş, yatay yönde ve eğimli, güçlü yansımalar gözlenmiş ve bu yansımaların kırıklı yapıları işaret ettiği düşünülmüştür. Söz konusu bu kırıklar, radargramlarda buldukları seviyelerin karşılığında, anlık genlik ve faz grup kesitlerinde de izlenebilecek güçlü belirtiler vermişlerdir.



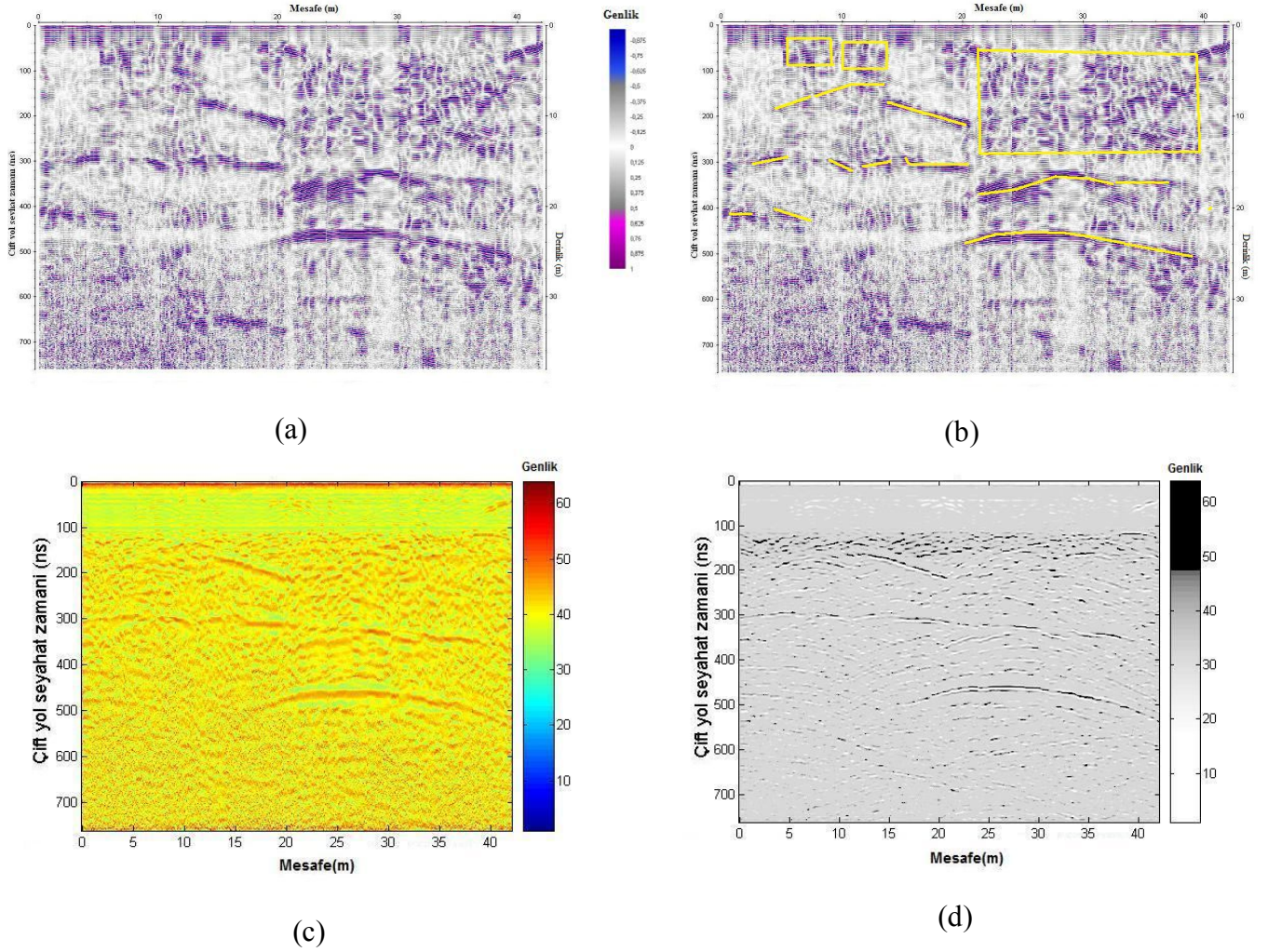
Şekil 3.6. Haymana6 hattı, radargramı (a), yorumlanmış radargramı (b), anlık genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d)

Haymana6 profilinde 18 ile 30 m derinlikler arasında güçlü yatay yansımalar gözlenmektedir. Bu yatay yansımalar anlık genlik ve faz grup kesitlerinde 300 ile 500 ns arasındaki seviyelerde de takip edilebilmektedir. 0 ile 18m mesafeler arasında, 30 m başlayıp 28 m ye kadar yükselim gösteren değerler ise sürekli çizgilerle belirginleştirilmiştir. Diğer kırık ve çatlak sistemleri radargram üzerinde sarı ile işaretlenmiştir. Düşük genlikli değerler ince kırıklı yapıyı, yüksek genlikli değerlerin ise geniş kırık-çatlak sistemlerini işaret ettiği düşünülmektedir.



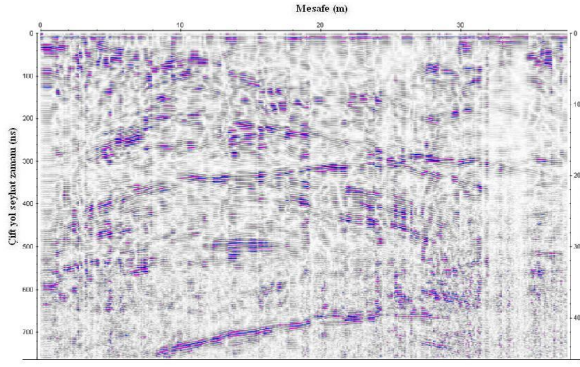
Şekil 3.7. Haymana7 profiline ait radargram (a), yorumlanmış radargramı (b), anlık genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d)

Haymana7 hattının temel veri işlem ve karmaşık iz analizleri sonrasında oluşan kesitinde, Haymana6 kesitinde gözlenen olaylara benzer olaylar izlenmektedir. 28 ile 32 m derinlikler arasında yine kuvvetli bir yansıtıcı yüzey alınmış, bu güçlü yansıtıcı ile ilgili bilgiler anlık genlik ve faz grup kesitlerinde de güçlü belirtiler olarak kendini göstermektedir.

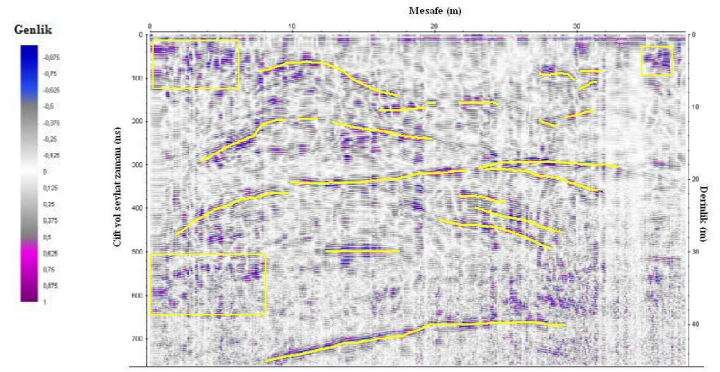


Şekil 3.8. Haymana8/9 GPR kesiti, radargramı (a), yorumlanmış radargramı (b), anlık genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d)

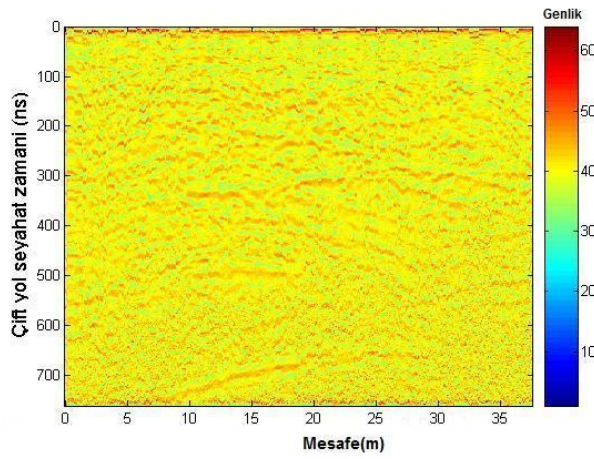
Haymana8/9 profilinde de Haymana3/4 profili gibi, tetikleyici ipin kopmasıyla ölçüm alımı durmuş, durumun giderilmesi ile ölçüm alımına kalınan noktadan tekrar devam edilmiştir. Daha sonra tek hat üzerinden alınan iki ölçü birleştirilerek 42.1 m uzunluğunda Haymana 8/9 profili elde edilmiştir. Radargramda, soldan sağa ilerlerken yaklaşık 21 ile 39 m mesafelerde, yaklaşık 3-12 m derinlikteki bölgesinde bir kırık-çatlak sistemi gözlenmektedir. Yaklaşık 18 ile 21 m derinlikler arasında iki güçlü yansıma izleri gözlenmiş ve bunlar radargram üzerinde sarı çizgilerle belirlenmiştir. Ayrıca radargram üzerinde izlenebilen bu güçlü yansımaların, anlık genlik ve faz grup kesitlerinde de yaklaşık 300 ns ve 480 ns seviyelerinde eğimli bir şekilde var olduğu izlenmektedir.



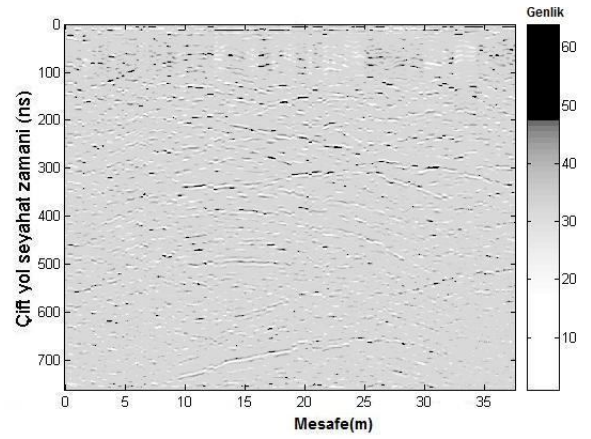
(a)



(b)



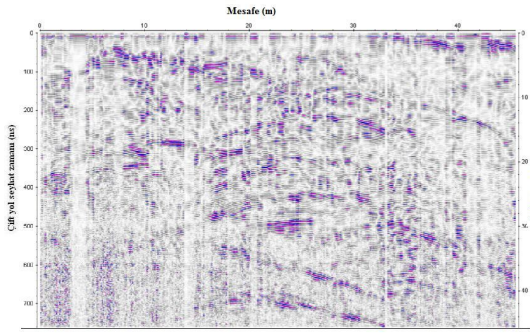
(c)



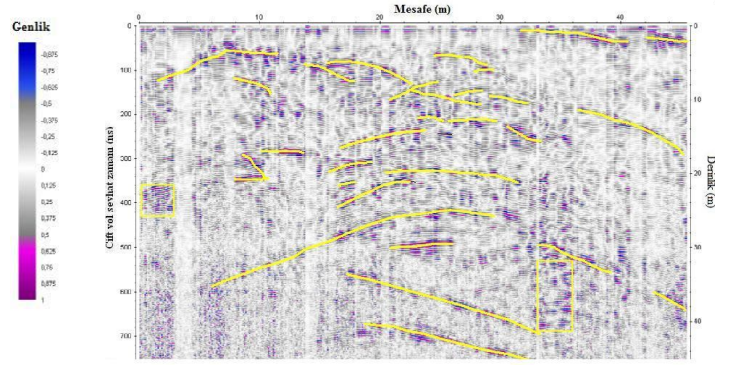
(d)

Şekil 3.9. Haymana10 GPR kesiti, radargramı (a), yorumlanmış radargramı (b), anlık genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d)

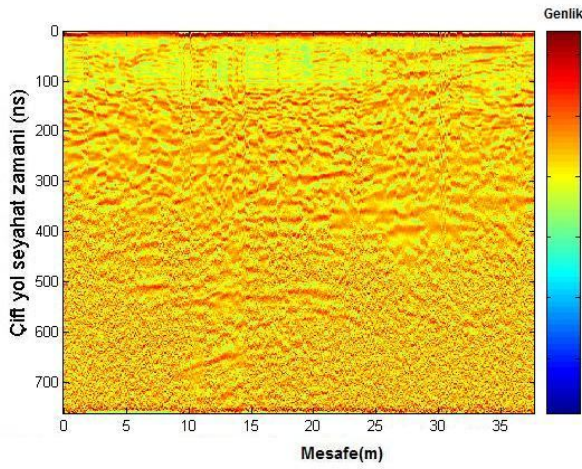
Haymana10 profiline ait radargramda, yoğun bir şekilde kırıklı-çatlaklı yapılara ait belirtilerle yer yer birbirinden kopuk güçlü yansımalar görülmektedir. Özellikle yaklaşık 20 m ve 40 m derinlik seviyelerin kopuklu bir halde uzanan güçlü yansımalar gözlenmiştir. Bu derinlik seviyelerine karşılık gelen zamanlara, anlık genlik ve faz grup kesitlerinde bakıldığında da güçlü belirtiler gözlenmiştir.



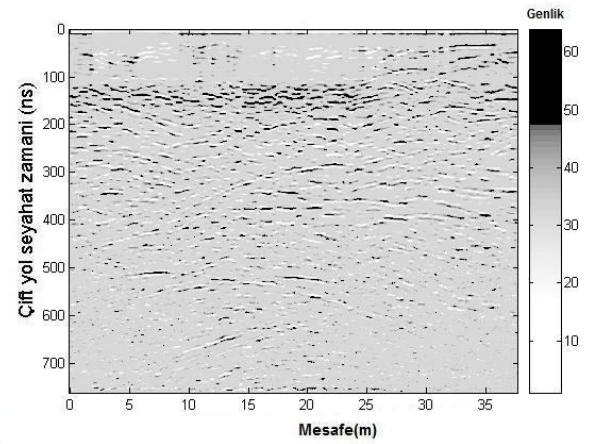
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.10. Haymana11 hattı anlık radargramı (a), yorumlanmış radargramı (b), genlik kesiti (c), faz-grup kesiti (d)

Haymana11 yorumlanmış radargramından profil altındaki formasyonun, yoğun bir şekilde kırıklı-çatlaklı birimlere sahip olduğu gözlenmektedir. 26 ile 42 m derinlikler arasında güçlü yansımalar izlenmektedir. Aynı yansımalar anlık genlik ve faz-grup kesitlerinde yaklaşık 500 ile 600ns arasında da gözlenmiştir.

Genel olarak tüm kesitlerde farklı boyutlu çatlak ve kırıkları içinde bulunduran genel hatlarıyla belirgin yansıtıcı yüzeyler tespit edilmiştir. Bu yüzeyler; özellikle 10-12 m, 18-20 m ve 30-35 m derinlikleri civarında gözlenen kuvvetli yansımalar olarak oldukça dikkat çekicidir. Bu yansımaların yataylığı, yanıl olarak profil boyunca birimler arasındaki kopukluklarla bozulmalar göstermektedir. Ayrıca bunlara ait derinlikler dikkate alınarak kesitler üzerinde kırıklı çatlaklı yapı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Yaklaşık K-G yönünde uzanan 10 profilden elde edilen radargramların genel görünümünde kırıklı bir yapının varlığı anlaşılmaktadır. Özellikle Haymana 5, Haymana 10 ve Haymana 11 profillerinden elde edilen GPR kesitlerinde gözlenen yüksek genlikli yansıma yüzeylerinin fazlalığı kırıklı çatlaklı yapının göstergesi olarak yorumlanabilir. Dielektrik farklılığı olan kısımları ayıran bu yüzeylerin arasında kalan bölgelerin içinde de daha düşük genlikli kısa yanal uzanımlı kırık sistemleri belirlenerek kesitler üzerinde işaretlenmiştir (ince sürekli çizgiler). Kesitlerin düşey yöndeki değişimi incelendiğinde baskın olan üç yansıtıcının, iletkenlik farklılığı olan yüzeyleri temsil ettiği düşünülmektedir.

İnceleme alanında yüzeylenen kayaç gruplarının geçirmiş oldukları tektonik fazların çeşitli izlerini taşımasından dolayı kırıklı bir yapı kazanmış olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca jeolojik incelemelerden tektonik hareketlenmeleri yansıtan faylar Türbe Tepe'nin kuzeydoğusunda gözlenmektedir. İnceleme alanında bu faylara benzeyen Neojen çökelleri tarafından örtülmüş birçok kırık hattı bulunmalıdır. Bu durum, yapılan GPR verileri üzerine faz-grup analizi ile alanın kırık-çatlak durumu GPR kesitleri üzerinde belirginleştirilerek sürekli çizgilerle işaretlenip işletim aşamasında, ekonomik kullanım alanlarında zaman ve maddi kaybına yol açabilecek kırık sistemleri tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, Ankara ili Haymana İlçesi'ne bağlı Demirözü Köyü'nde işletilmesi planlanan bir mermer sahasında, yer radarı yöntemi kullanarak kırık-çatlak sistemi ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Elde edilen radargramlara, temel veri işlem aşamalarının yanı sıra profillere ait anlık genlik ve faz-grup hızı kesitlerinden de yararlanılarak kırık- çatlak sisteminin en iyi biçimde görüntülenmesi sağlanmıştır. Bu tez kapsamında yapılan arazi çalışmaları ve radargramlara uygulanan veri işlem ve veri değerlendirmeleri sonucunda elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir;

1. Profil boyunca yeraltındaki yansıma yüzeylerini seçmek ve dolayısıyla kırıklı-çatlaklı yapıların yerlerinin tespit edilmesi mümkün olmuştur. Bu tespit sonrasında, 10-12 m, 18-20 m ve 30-35 m derinlikleri civarında genel hatlarıyla belirgin üç grup yansıtıcı yüzeyler tespit edilmiştir.
2. Verilerin işlenmesi aşamasında, çözünürlüğü, sinyal/gürültü oranını ve yorumun doğruluğunu arttırmak amacıyla, sismik izlere uygulanan karmaşık iz analizi, yer radarı verilerine de uygulanmıştır. Bu sayede, kesitlerdeki en yüksek genliğe sahip yansıma sınırlarını öne çıkaran, anlık genlik ve faz –grup kesitleri elde edilmiştir.
3. Veri işlem aşamalarından geçen radargramlar, anlık genlik ve faz-grup kesitleri ile birlikte yorumlanarak; inceleme sahasındaki kırıkların yeri, yönelimi ve boyutları hakkında daha güvenilir sonuçlara varıldığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, incelenen profillerde; daha sağlam blokların yerleri, belirli eğime sahip kırık-çatlak sistemleri ve düşük açılı içi boş bağlantı noktaları ortaya konulmuştur.
4. 100 MHz antenle yapılan bu çalışmada, mermerin düşük elektriksel iletkenliği ve ortam koşullarının oldukça kuru olmasından dolayı, yer yer yaklaşık 45 ± 5.5 m arasında nüfuz derinliği sağlanmıştır.
5. Sahadaki kaliteli sağlam blokların yerleri, profil uzunluğunda ve yeryüzünden kırıklara olan derinliklerle birlikte görüntülenmiş ve yapısal süreksizlik dağılımları kesitler üzerinde sürekli çizgilerle haritalanmıştır. Bu sayede işletmeci firmaya, ocakların işletmeye açılıp açılmayacağı hakkında veya işletim planlanmasında yönlendirmeler yapılarak, gereksiz kazıların önüne geçip birim maliyetten ve zamandan kazanç sağlanabilir.

5. ÖNERİLER

Mermer ocaklarının işleme açılması ve işletim planlanması aşamalarında; kırıklı-çatlaklı olan kısımların, masif bloklardan etkili bir şekilde ayırt edilmiş olması, işletmeci açısından oldukça fazla önem taşımaktadır. Bu tezin amacına yönelik olarak, yüksek frekanslı elektromanyetik dalganın kullanıldığı ve çalışılan ortama herhangi bir hasar vermeyen yer radarı yöntemi, mermer sahası olarak işletilmesi düşünülen bir sahada uygulanmış ve başarılı bir sonuçlar elde edilmiştir.

Mermer sahasından ölçüm alımı sonrasında elde edilen verilere temel veri işlem adımlarının uygulanması gerektiği bir kez daha vurgulanmıştır. Uygulanan bu veri işlem aşamalarında, radargramlar üzerinden, ReflexW modülü kullanarak hız belirlemesi yapılmış ve bulunan hızın literatürdeki mermer için belirtilen hız değerine de uygun olduğu görülerek tüm zaman-derinlik dönüşümü aşamalarında 0.12 m/ns hız kullanılmıştır. Ancak sahaların sahip olduğu farklı jeolojik yapılar, hız değerlerini etkileyeceği için her saha uygulamasında, ortak orta nokta (CMP) yöntemi veya geniş açılı kırılma yansıma (WARR) yöntemleri ile veri toplayarak, hız analizi yapmak ve bulunan hız değeri ile verilerin değerlendirilmesi daha etkin sonuçlar verebilir. Böylece incelenen profillerde farklı seviyelerde gözlenen yansıtıcı sınırların bulunduğu gerçek derinlikleri tespit etmek mümkün olacaktır.

Bu çalışmada toplanan yer radarı verilerine sadece gerekli temel veri işlem aşamalarının (Energy Decay, Dewow, Subtract DC Shift ve Background Removal) uygulanması yeterli görülmüştür. Ancak farklı amaçlara yönelik çalışmaların kapsamında elde edilen verinin niteliğine göre ileri veri işlem aşamaları uygulanması gerekebilir.

Alınan verilere uygulanan karmaşık iz analizi sonucunda oluşturulan anlık genlik ve faz- grup kesitlerinde küçük boyutlu kırık ve çatlakların güvenilir bir şekilde izlenilmesinin mümkün olmadığı tespit edilmiştir. Bundan dolayı değerlendirmelerin ve yorumlamaların tüm radargramlar (temel veri işlem sonrası, anlık genlik ve faz-grup kesitleri) üzerinden birlikte yapılması önerilmektedir.

Yer radarı ile mermer sahasındaki kırık-çatlak sistemini ortaya koymayı amaçlayan bu tür çalışmalar; taş, granit ve benzeri endüstriyel malzeme içeren alanlar üzerinde de etkili bir şekilde uygulanabileceği, literatürdeki çalışmalar ışığında önerilmektedir. Tüm bu önerilerin yanı sıra, endüstriyel hammadde elde etmeye yönelik ocakların işletim

aşamasında da çıkarılan bloklar üzerinde, malzemenin iç yapısındaki kılcal kırıklar veya alterasyonları görüntüleyebilmek için, yer radarı yöntemi yüksek frekanslı antenler kullanılarak etkili sonuçlar verebileceği ortadadır.

Yer radarı ile ölçüm alımı esnasında, çevre şartlarının, -yansımaya sebep olabilecek her hangi bir yüzeysel yapı vb.-, ölçümün istemsiz olarak durduğu noktaların ve ölçümü etkileyecek diğer durumların not alınması; veri değerlendirmede ve yorumlamadaki hataların önüne geçilmesine yardımcı olacaktır. Bununla birlikte, yer radarı çalışmalarında, antenleri taşıyan kullanıcıların aynı anda hareket etmeleri, antenleri aynı doğrultu ve yükseklikte taşımaları; veri kalitesini korumak için önemlidir.

Araştırma sahasında aynı profil üzerinde birden fazla merkez frekanslı yer radarı antenleri ile çalışılması, çeşitli seviyelerden farklı çözünürlüklü radargramlar sağlayacağı için yoruma daha fazla katkı yapacağı vurgulanmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Alp, İ., Gelişli, K., Yılmaz, A.O., Kaya, R. ve Çavuşoğlu, İ., 2003. Mermer İşletmeciliğinde Yer Radarı (GPR) Uygulamaları, Maden Mühendisleri, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (MERSEM'2003) Bildiriler Kitabı, 18-19 Aralık 2003, s. 37-48
- Annan, A. P., 1999. Ground Penetrating Radar Survey Design, Sensors & Software Inc., Mississauga, Canada.
- Annan, A. P., 2003. Ground Penetrating Radar Workshop Notes, Sensors Software Inc., Mississauga, Ontario, Canada.
- Arcone, S. A., Lawson, D. E., Delaney, A. J., Strasser, J. C. ve Strasser, J. D. 1998. Ground-penetrating radar reflection profiling of groundwater and bedrock in an area of discontinuous permafrost, Geophysics, 63, 1573-1584.
- Bracewell RN 1965: The Fourier transform and its applications. New York, Macgraw- Hill Book Co., Inc.
- Birken, R. ve Versteeg, R. 2000. "Use of four-dimensional ground penetrating radar and advanced visualization methods to determine subsurface fluid migration." J. of Applied Geophysics, 43 2-4, 215-226.
- Bretones A. R., Martin R. G., Rubio R. G., Garcia S . G. ve Pantoja M. F., 2004. On The Simulation Of A GPR Using An ADIFDTD/Momtd Hybrid Method, Teritz Inteniational Conference on Ground Penetrating Radar, 21 -24 June, Deljt, The Netzlerlands.
- Brewster, M. L. ve A. P. Annan, 1994. Ground-penetrating radar monitoring of a controller DNAPL release: 200 MHz radar. Geophysics 59 8, 1211-1221.
- Conyers, L.B., 2004. Ground Penetrating Radar for Archaeology, Altamira Press, California,USA, 24-26.
- Daniels, J. D., 2004. Ground Penetrating Radar 2nd Edition, Institution of Electrical Engineers, Radar Series 15, Londra, İngiltere.
- Davis J.L. ve Annan A.P. 1989. Ground Penetrating Radar for High Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy, Geophysical Prospecting, 37, 531-551.
- Grandjean ve Gourry, 1996. Grandjean G., Gourry J.C., GPR Data Processing for 3D fracture mapping in a marble quarry (Thassos, Greece), Journal of Applied Geophysics, 36, 1, 19-30.

- Grasmueck M. 1996. 3D Ground Penetrating Radar Applied to Fracture Imaging in Gneiss. Geophysics, 61, 4, 1050–1064.
- Grasmueck, M., Weger, R., ve Horstmeyer, H., 2005. Full-resolution 3D GPR Imaging. Geophysics, 70, 1, 12-19.
- Gelchinsky B. Y., Landa E. ve Shtivelman V.,1985. Algorithms of Phase and Group Correlation, Geophysics, 50, 596–608.
- Kadioğlu. S., ve Kadioğlu, Y.K., 2005. Yer Radarı (GPR) Yöntemi ile Bir Mermer Ocağındaki Kalınlıkları ve Süreksizlikleri Görüntüleme, Ankara Üniversitesi. http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/216a1bca4361c39_ek.pdf 15.05.2008
- Kadioğlu S. 2008, Photographing Layer Thicknesses and Discontinuities in a Marble Quarry with 3D GPR Visualisation, Journal of Applied Geophysics.
- Karsli, H., 2002, Evaluation Of Stacked Seismic Traces With Complex Trace Analysis in Terms Of Resolution: Earth Sciences, 26, 15–26.
- Karsli, H., Dondurur D. ve Çifçi G. 2006. Application of Complex-Trace Analysis to Seismic Data for Random-Noise Suppression and Temporal Resolution Improvement, Geophysics, 71, 79-86.
- Kesemen. O. , 2007. Yer Radarı Verilerinin İşlenmesinde Yeni Yaklaşımlar, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kim J.-H., Cho S.-J ve Yi M.-J. 2007. Removal of Ringing Noise in GPR Data by Signal Processing, Geosciences Journal, 11, 1, 75 – 81.
- Kofman L., Ronen A. ve Frydman S., 2005. Detection of Model Voids by Identifying reverberation phenomena in GPR records, Journal of Applied Geophysics,
- Mala Geoscience, 2003. Ramac/GPR CU II Hardware Manual, version 2.0, s.8
- Orlando L., 2003. Semiquantitative Evaluation of Massive Rock Quality Using Ground Penetrating Radar, Journal of Applied Geophysics, 52, 1– 9.
- Özurlan, G. ve Ulugergerli, E.U., 2005. Jeofizik Mühendisliğinde Elektromanyetik Yöntemler, Birsen Yayınevi, İstanbul,
- Porsani J.L., Elis V. R. ve Hiodo F. Y. 2006. Geophysical Investigations for the characterization of fractured rock aquifers in Itu, SE Brazil, Journal of Applied Geophysics, 57, 119–128
- Porsani, L.J., Sauck, W.A. ve Junior, A.O.S., 2006. GPR for Mapping Fractures and as a Guide for Extraction of Ornamental Granite from a Quarry: A case study from southern Brazil, Journal of Applied Geophysics, 58, 177-187.

- Sandmeier K. J. 2002. Reflexw 3.0 manual, Sandmeier Software, Zipser Strabe 1, D-76227 Karlsruhe, Germany.
- Seol S.J., Kim J.H., Song Y. ve Chung S.H. 2001. Finding the Strike Direction of fractures using GPR, Geophysical Prospecting, 49, 300–308.
- Shaffer, N.R., ve Wenning, A.L., 2002. Ground Penetrating Radar (GPR) in Industrial Mineral Mining, GSA Joint Annual Meeting Session No.1, Economic Geology (Poster)
- Sharma, P.V., Environmental and Engineering Geophysics, Second Edition, Cambridge University Press, United Kingdom, 2004.
- Shtivelman, V., E. Landa, ve B. Gelchinsky, 1986, Phase and Group Time Sections and Possibilities for Their Use in Seismic Interpretation of Complex Media: Geophysical Prospecting, 34, 508–536.
- Smemoe, C. M., 2000. Processing and Visualization of Ground Penetrating Radar Data for Assessing Natural Hydrogeologic Conditions, Department of Civil Engineering, Brigham Young University, New York.
- Stratton, J. A., Electromagnetic Theory, McGraw-Hill Book Company, New York, 1941.
- Ulriksen P. 1982. Application of impulse radar to Civil Engineering. Doctoral thesis , (Lund University of Technology, Dept. of Eng. Geol., Sweden. Coden.Lutvdg/ TVTTG- 1001) 1–175.
- Ünalın G., Yüksel V., Tekeli T., Gönenç O., Seyirt Z. ve Hüseyin, S. 1976. Haymana-Polatlı Yöresinin (güneybatı Ankara) Üst Kretase-Alt Tersiyer stratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19, 159-176
- Taner M. T., Koehler F. ve Sheriff R. E. 1979. Complex seismic trace analysis, Geophysics, 44, 1041–1063.
- Tillard S. 1994. Radar experiments in isotropic and anisotropic geological formations (granite and schists, Geophysical Prospecting, 42 (6), 615–636.
- Tsoflias G.P., Gestel, J-P. V., Stoffa, P.L., Blankenship, D.D. Ve Sen M. 2004. Vertical Fracture Detection By Exploiting The Polarization Properties Of Ground-Penetrating Radar Signals, Geophysics, Vol. 69, No. 3, P. 803-810.
- Wyatt, D. E., Waddell, M. G., Ve Sexton, G. B. (1996). “Geophysics And Shallow Faults İn Unconsolidated Sediments.” Ground Water, 34(2), 326-334.
- Wilchek, L. A., 2000. Ground Penetrating Radar for Detection of Rock Structure, M.S. Thesis, Alberta University, Canada.

ÖZGEÇMİŞ

19.08.1982 tarihinde Samsun'da doğdu. İlköğretimini Samsun Tekkeköy İlköğretim Okulu'nda, Ortaöğretimini Samsun Atatürk Anadolu Lisesi'nde tamamladı. İlköğrenimi boyunca aktif olarak İzcilik faaliyetlerinde bulundu. 1999-2000'de Samsun TEMA Vakfı Genç Tema başkanlığını yaptı. 1999 yılı yılın en iyi Genç TEMA'cısı ödülünü aldı. Tenis sporunda Samsun çapında dereceleri bulunmaktadır. 2000 yılında Samsun Atatürk Anadolu Lisesi'ni bitirdi. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2002 yılında Maden Mühendisliği Bölümünde yan dal eğitimine başladı. 2004 yılında Jeofizik Mühendisliği ve Maden Mühendisliği Bölümlerindeki eğitimlerini, kendi ana dalı bölümünde 2.lik derecesi olarak tamamladı. 2005 yılında Yüksek Lisans eğitimine Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünde başlayarak, tez aşamasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne geçiş yaptı. 2004-2007 yılları arasında TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Ankara Genel Merkezi'nde ve Atikol Dış Ticaret de çalıştı. Ocak 2007'den itibaren Ankara'da sahibi olduğu dış ticaret ve jeofizik servis hizmetleri veren AY Mühendislik'te çalışmaya devam etmektedir. JFMO, SEG ve EAGE üyesidir. Dr. Burak AÇIKGÖZ'le evli olan Aydanur DEMİRKOL AÇIKGÖZ İngilizce bilmektedir.