

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANALOG SAYISAL ÇEVİRİM VE JEOFİZİK UYGULAMALAR

Nuri KAYABAŞ

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 11/07/2011

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç Dr. Tolga BEKLER

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

NURİ KAYABAŞ tarafından **YDR. DOÇ. DR. TOLGA BEKLER** yönetiminde hazırlanan “**ANALOG SAYISAL ÇEVİRİM VE JEOFİZİK UYGULAMALAR**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç Dr. Tolga BEKLER

Danışman

Doç Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ

Jüri Üyesi

Yrd. Doç Dr. İbrahim TÜRKYILMAZ

Jüri Üyesi

Sıra No:

Tez Savunma Tarihi: 11/07/2011

Prof. Dr. İsmet KAYA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, yazılı ve işitsel biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Nuri KAYABAŞ

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması sırasında yardımlarını benden esirgemeyen, bana her zaman destek veren çok değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Tolga BEKLER'e, Yrd. Doç. Dr. Emin ULUGERGERLİ'ye, Doç.Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ'a, Öğr. Gör. Yunus Levent EKİCİ'ye teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca tez hazırlama aşamasında yanımda olan ve bana manevi destekte bulunan sevgili eşime, parlak fikirleri ve yazılım düşünceleri ile bana yol gösteren değerli büyüğüm, Bilgisayar Mühendisi Ali Erdiñ TÜRERER'e teşekkür ederim.

Nuri KAYABAŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR

ADC	Analog Sayısal Çevirici
DAC	Sayısal Analog Çevirici
P	İlk (Primer) dalga formu ismi
S	İkincil (seconder) dalga formu ismi
L	Love Yüzey Dalgası
R	Rayleigh Yüzey Dalgası
Hz	Hertz
s	Saniye
μ	Mikro
p	Piko
n	Nano
k	Kilo
m	Mili
M	Mega
Ω	Ohm
ρ	Özdirenç
ΔV	Potansiyel fark
V	Volt
A	Amper

I	Akım
k	Geometrik faktör
T	Tesla
SP	Self Potansiyel
IP	İndüklenmiş Potansiyel
IP*	Ingress Protection
AB	Akım Elektrotları
MN	Potansiyel Elektrotları
SAC	Seismic Analysis Code – Sismik Analiz Kodu
SEGY,SEG2	Sismik Dalga Formu Formatı
TXT	Metin Formatı Uzantısı
MASW	Çok kanallı Yüzey Dalgası Ölçüm Yöntemi
Vs	İkincil Dalga Hızı
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CE	Avrupa Yeterlilik Belgesi
TSE	Türk Standartlar Enstitüsü
%	Yüzde Oran
S/N	Sinyal Gürültü Oranı
Kg	kilogram
°C	Santigrat Derece
USB	Evrensel Seri Yolu Bağlantısı
DC	Doğru Akım

AC	Alternatif (Dalgalı) Akım
HV	Yüksek Voltaj
PDA	Cep Bilgisayarı
DSİ	Devlet Su İşleri
2D	İki Boyutlu
3D	Üç Boyutlu

ÖZET

ANALOG SAYISAL ÇEVİRİM VE JEOFİZİK UYGULAMALAR

Nuri KAYABAŞ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Tolga BEKLER

11/07/2011, 67

Yapılan çalışma kapsamında analog sayısal devre elemanlarının jeofizik ölçüm cihazları ve kayıtçıları içerisindeki kullanımı anlatılmıştır. Jeofizik ölçüm cihazlarının seçimindeki kriterlerden bahsedilmiştir. Aynı zamanda jeofizik ölçüm cihazları içerisinde kullanılan analog sayısal dönüşüm tekniklerinden bahsedilmiştir. Analog sayısal dönüşüm tekniklerinden delta-sigma dönüşümü irdelenmiştir.

Bununla birlikte örnek bir kayıtçı devresi yapılmıştır. Örnek kayıtçı ile laboratuvar ortamında karşılaştırmalı deneyler yapılarak sonuçları toplanmıştır. Örnek kayıtçı devresi için geliştirilen yazılım ve sonuçları hakkında bilgiler verilmiştir. Diğer ticari ölçüm cihazları ile alınan sonuçlar incelenmiştir.

Anahtar sözcükler: Analog Sayısal Dönüşüm, Jeofizik Ölçüm Cihazı, Delta-Sigma Çevrimi.

ABSTRACT

ANALOG TO DIGITAL CONVERSION AND GEOPHYSICS APPLICATIONS

Nuri KAYABAŞ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School

Chair for Geophysics Engineering Thesis of Master of Science

Advisor : Assist. Prof. Dr. Tolga BEKLER

11/07/2011, 67

This thesis is aimed to explain the usage of the analog-digital circuits in geophysical data recording equipments. The thesis also presents the best criteria for selection of geophysical instrumentation based on analog-digital conversion methods. Delta-sigma transfer function is in the analog converter techniques discussed within the related chapter.

A sample recording unit was designed and tested in a laboratory condition. A software was developed in order to acquire the data from the recorders and output results were discussed by comparing other commercial recorders

Keywords: analog-digital conversion, geophysical measurement devices, delta-sigma transfer function

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Üzerinde yaşanan yer kabuğu, altındaki katmanlar fiziksel, kimyasal, elektriksel, optiksel gibi birçok özelliğe sahiptir. Yer altını anlamaya çalışırken kullandığımız tek basit kural maddelerin ortak ve ayırt edici özelliklerini belirleyebilmektir. Bütün maddelerin kendilerine ait birçok ayırt edici özelliği vardır. Eğer biz bu ayırt edici özelliklerin yer kabuğunun altında nerede olduğunu belirleyebilirsek, işte o zaman yer altında ne olduğunu belirleyebiliriz.

Yer kabuğunun fiziksel özelliklerini belirleyebilmek için bu özelliklerin ya nitel gözlemler ile ya da nicel gözlemler yapılmalıdır. Nitel olarak renk, sertlik, şekil, oluşum gibi özellikleri belirleyen mühendislik dalına “Jeoloji”, Nicel yani fiziksel özelliklerini ölçüm cihazları yardımı ile ölçerek yorumlayan mühendislik dalına ise “Jeofizik” Mühendisliği adı verilmektedir. Teknoloji ilerledikçe uygun yöntem ve uygun cihazın seçimi önem kazanmıştır. Jeofizik Mühendislerinin yorumlamaları hatasız, eksiksiz, hızlı ve güvenilir şekilde yapabilmesi için ölçülen fiziksel değerlerin doğru bir şekilde dijital ortama aktarılması gerekmektedir. Çalışma kapsamında arazi ölçümlerinin toplanması ve hazırlanması konusunda elektronik ekipmanların kullanımı ve bu ekipmanların teorik ve pratik olarak işleyiş mekanizmalarından bahsedilmiştir. Elektronik devre elemanları yardımı ile yapılan analog sayısal dönüşüm ve jeofizikteki öneminden ve alet seçiminde dikkat edilmesi gereken aşamalardan bahsedilmiştir.

Yer altında bulunan yapıların, öz direnç, hız, manyetik, yerin çekim alanı ve sıcaklık gibi temel ayırt edici fiziksel özellikleri bulunmaktadır. Bu fiziksel özelliklerin belirlenmesi için geliştirilen yöntemlere jeofizik yöntemler adı verilir. Yapılan çalışmanın kapsamında ikinci bölümünde yer bilimleri, üçüncü bölümde alınan sinyallerin sayısal ortama aktarılması, dördüncü bölümde fiziksel özelliklerin belirlenmesi için geliştirilen yöntemler ve bu yöntemlerde kullanılan kayıtçı sistemleri, beşinci bölümünde yöntemlerle yapılan bir uygulama örneği anlatılmıştır. Sonuç bölümünde ise analog sayısal çevrimin özellikleri jeofizik uygulamalardaki öneminden bahsedilmiştir.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. İnsan Beyni ve Algılama

Günlük hayatta karşımıza algılayıp yorumlayabildiğimiz birçok veri gelmektedir. İnsan beyninin işlem hacmi oldukça yüksektir. Beynimiz saniyeler içinde o kadar çok işlem yapabilmektedir ki ileri teknoloji ile yapılan birçok bilgisayar insan beyninin hızında henüz çalışmamaktadır. Buna rağmen beynimizde oluşan birçok işlemin simülasyonunu “bilgisayar ve elektronik” ile çözmeye çalışıyoruz.

Yolda yürüyorsunuz ve karşıdan karşıya geçmek istiyorsunuz. Öncelikle ne yaparız? Ülkemizde önce sol tarafa daha sağ tarafa ve tekrar sol tarafa bakarız. Yol uygunsa geçeriz. Eğer değilse trafiğin sakinlemesini bekleriz. Peki, hiç düşündünüz mü, sol tarafa baktığımız takdirde neden ikinci kez sol tarafa bakma ihtiyacı hissederiz. Aslında sebebi basit bir fizik prensibine dayanmaktadır. Birim zamanda alınan yol hıza eşittir. Bu temel ilkeyi kullanarak ikinci kez sol tarafa baktığımızda bize doğru gelmekte olan aracın geçen süre içerisinde ne kadar yol aldığını hesaplamaktır. Bu hesap sonrasında çok fazla karmaşık işlemler yapmadan aslında aracın hızını hesaplamış oluyoruz. Daha sonrasında ise kendimizi ayarlayarak ya bekliyoruz ya da geçiyoruz. Peki, bunun altında yatan asıl mekanizmanın temeli nedir?

Beynimizin algılayabildiği bütün sinyaller aslında elektrik sinyalleridir. Üzerimize doğru gelmekte olan araç bize elektrik sinyalleri göndermez. Basit bir optik kanunu ile gözümüze gelen ışık ışınları beynimize giderken elektrik sinyallerine dönüştürülürler. Burada dönüşen aslında gelen aracın beynimizin algılayacağı şekle sokulmasıdır. Bunun için ise gelen sinyal sürekli zamanda değişen bir sinyaldir. Jeofizik Mühendisliğinde kullanılan Sismik Yöntemlerde de işte tam da bu temel ilkeler kullanılmaktadır. Bir sismik kırılma çalışması düşünelim yer altına bir ses sinyali gönderiyorsunuz. Temel optik kanunlarını kullanarak o ses dalgasının aşağıdaki tabakalara gidiş geliş zamanını kaydediyoruz. Buradan da o tabakanın temel fiziksel parametrelerini belirliyoruz. Tabi ki burada elimizde voltaj ile örneklenmiş bir veri seti bulunmaktadır. Bunu sayısal kayıtçı sistemleri yardımı ile gerçekleştirmekteyiz. Sayısal kayıtçı sistemlerinin voltaj ile eklenmiş

veriyi algılayabilmesi için o verinin dijital şekle sokulması gerekmektedir. Sismik yöntem ve kayıtçı sistemleri bölüm 3 kısım 2’de detaylı olarak anlatılacaktır.

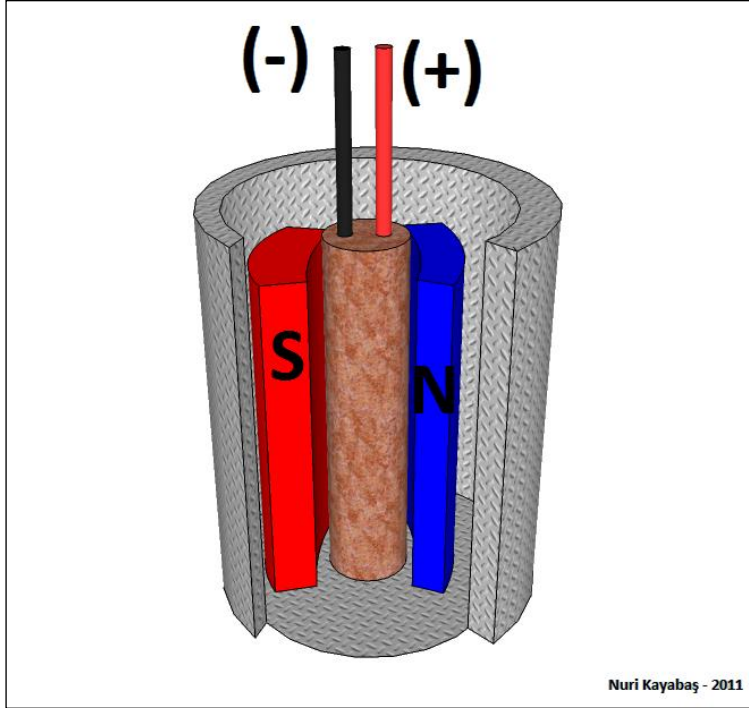
İnsan beyinin elektrik sinyallerine dönüştürmesi için gerekli dönüşümü yapabilecek mekanizme beynimizde mevcuttur. Öncelikle bu mekanizmayı uygulanabilir hale getirmek için biraz elektronik ve biraz da sinyal işleme teknikleri bilmemiz gerekmektedir.

2.2. Veri Nedir? Neden Ölçüm Yapmamız Gerekir?

Bilginin işlenmemiş halini veri olarak tanımlamak mümkündür. Algıladığımız ve yorum yapabildiğimiz her bilgiye veri diyebiliriz. Jeofiziksel anlamda verinin açıklaması ise yer altından kayıt sistemleri yardımı ile aldığımız ilgili yöntem gereğinde belirli bir şekilde örneklenmiş halidir. Belirli bir hareket ya da değişikliğin gözle görülebilir hale getirilmesi aslında o hareket ve değişiklik ile ilgili toplanan veridir. Jeofizik yöntemlerde ise bu hareket veya değişikliğin öncelikle anlam kazanabilir hale getirilmesi için kayıt edilebilir halde olması gerekmektedir.

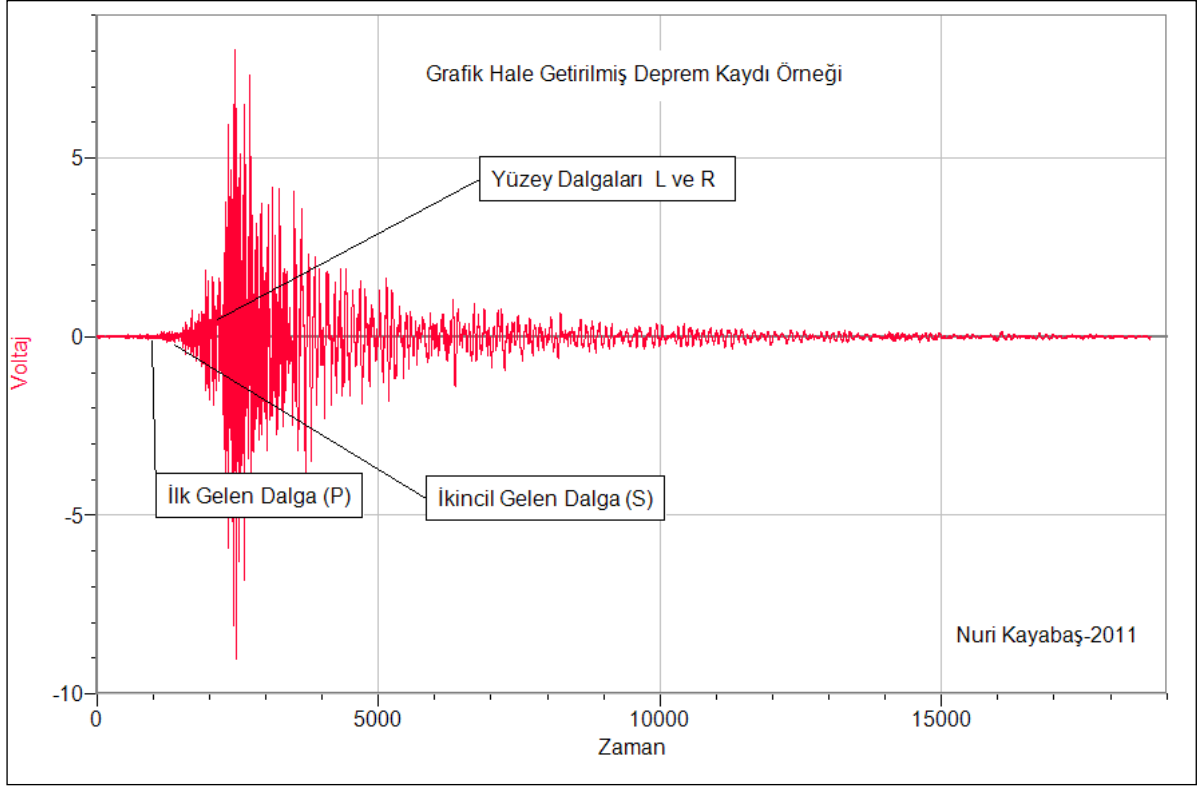
Ölçüm yapmak; Jeofizik Mühendisliğinin temeli kuran bir olgudur. Jeofizik Mühendisleri ölçüm yapmadan yer altı yapısı hakkında yorum yapamazlar. Kesin bir yargıya varmak için kesinlikle ölçüm yapılmalı ve yer altından veriler toplanmalıdır (Lowrie, 1997).

Örneğin bir deprem kaydının toplanabilmesi için geliştirilen temel teknikler vardır. Depremlerin belli başlı karakteristik özellikleri mevcuttur. Öncelikle yer altından P- Primer ismi verilen ilk dalgalar gelmektedir. Hemen arkasından ikincil (S- Seconder) dalgalar, daha sonrasında ise yüzey dalgaları olarak isimlendirilen L ve R dalgaları gelmektedir. Yer altındaki hareketin algılanabilmesi için o hareketin aynısının örneklenmesi gerekmektedir. Yer altından gelen hareketliliğin örneklenmesi için basit bir fizik prensibi olan elektromanyetik indüksiyon yasasından yararlanılmıştır. Aslında elektromanyetik indüksiyon, elektrik alanın manyetik alanı, manyetik alanın da elektrik alanı doğurmasıdır. Bir mıknatısın etrafında iletken bir teli hareket ettirdiğinizde manyetik akı farkından dolayı o tel üzerinde bir elektrik akımı oluşur. Aynı mantıkla geliştirilen yer hareketliliğini örnekleyebilmek için algılayıcılar geliştirilmiştir (Telford ve Ark., 1990). Bu algılayıcılara jeofon ismi verilmiştir (Şekil-1).



Şekil-1 Jeofon iç yapısı

Bir bobin etrafında bulunan mıknatısın iki kutbu hareket ettiği tel üzerinde bir gerilim oluşur. Ölçülen bu gerilimler her hangi bir kayıtçı yardımıyla zamanı karşı voltaj değeri olarak kaydedilirse, yer altından gelen veriyi almış oluruz. Veri kaydedilirse bu veri, bilgi haline gelmiş olur. Deprem kayıtlarının genel hatlarını ayırt edebilirsek deprem ile ilgili diğer özellikleri de belirlemiş oluruz. Şekil-2'deki grafikte bir deprem kaydı ve karakteristik özellikleri mevcuttur. Bu tip kayıtlara Sismogram adı verilmektedir. Öncelikle gelen dalgalar ve sıralamaları yardımı ile bunun bir deprem kaydı olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil-2 Örnek deprem kaydı ve dalga şekilleri

2.3. Analog ve Sayısal Veriler

Analog veri, giriş sinyalinin bazı başka sinyaller ile toplama, çarpma veya faz farkı gibi elektriksel işlemler geçirilerek değiştirilmesi ile elde edilen sinyallerdir. Giriş sinyali ile çıkış sinyali arasında matematiksel bir bağıntı vardır. Analog veriler sürekli verilerdir. Belirli zaman aralıklarında belirli örnekler alınarak sürekli halde giriş yapılan verilerdir. Analog veriler genellikle voltaja karşılık gelen frekans ve genlik değerleri ile oluşturulan grafikler şeklinde kaydedilirler. Elektriksel voltajın yanında, analog veriler ışık şiddeti, sıcaklık, basınç ve kuvvet gibi genel fiziksel özelliklerinin her birinin zamanla orantılı olarak örnekler alınmasıdır. Günümüzde Jeofizik Mühendisliği biliminde alınan bütün veriler analog olarak araziden toplanmaktadır. Fakat verilerin çokluğu ve ağır işlemlerin olması nedeni ile daha kolay ve güvenli şekilde işlenebilmesi için bu verilerin sayısal ortama aktarılması gerekmektedir.

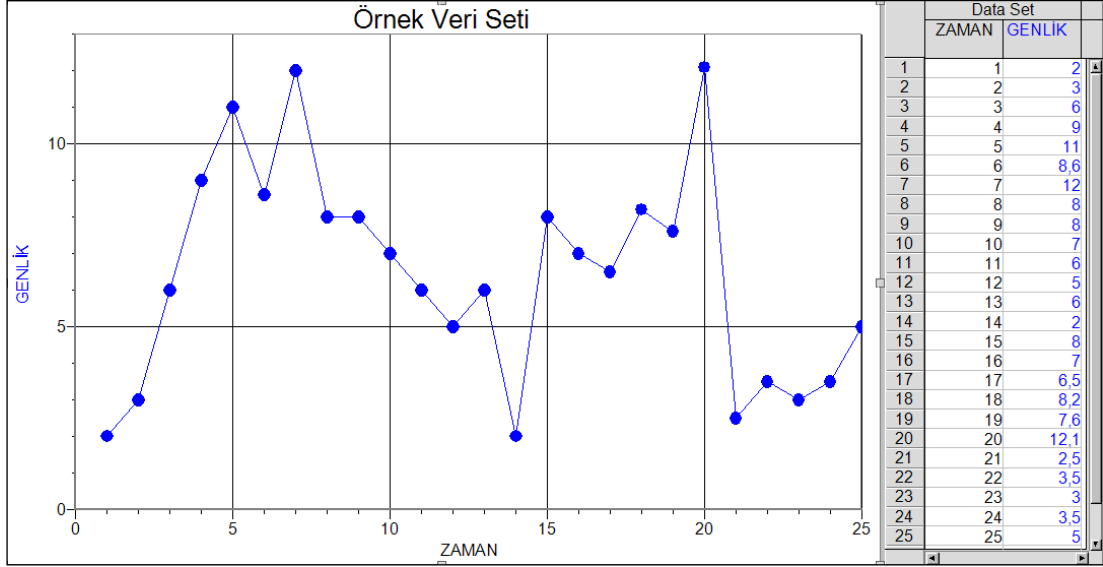
İnsan vücudunun algılayabileceği bütün fiziksel değişimler sürekli ve aynı zamanda analog verilerdir. (Ses, ışık, sıcaklık, basınç, kuvvet v.b.) Yer altındaki bütün niceliklerde aynı şekilde analog olarak algılanabilirler. Kısacası zaman karşılık bir genlik değeri ile

ifade edilebilen bütün kayıtlar bir analog veridir. Kullanılan yöntem ve kayıt etmek için farklı sistemler mevcuttur. Kayıt cihazlarının genel özellikleri dördüncü bölümde detaylı olarak anlatılacaktır. Analog verilerin kaydedilmesinde bilinmesi gereken temel işlemler vardır. Örneğin Çizelge-1'de zamana karşılık genlik değerlerini belirtir bir veri seti verilmiştir. Veri setinde 25 saniyede 1 adet değer okunmuş grafik olarak verilmiştir.

Çizelge-1 Zamana karşılık genlik değerleri örnek veri seti

<u>Sıra No</u>	<u>Veri Seti (Zaman- sn)</u>	<u>Veri Seti (Genlik -V)</u>
1	1	2
2	2	3
3	3	6
4	4	9
5	5	11
6	6	8.6
7	7	12
8	8	8
9	9	8
10	10	7
11	11	6
12	12	5
13	13	6
14	14	2
15	15	8
16	16	7
17	17	6.5
18	18	8.2
19	19	7.6
20	20	12.1
21	21	2.5
22	22	3.5
23	23	3
24	24	3.5
25	25	5

Çizelge-1’de verilen örnek veri seti için aşağıda bir grafik oluşturulmuştur.



Şekil-3 Örnek veri seti grafiği

Şekil-3’deki örnek verinin genişliği 25 saniyedir. Buna kayıt uzunluğu denir. 1 saniyede 1 örnek alınmıştır. Bu yüzden örnekleme aralığı 1 saniyedir. Örnekleme frekansı ise 1Hz olarak belirlenebilir. Temelde bir olaya benzeterek onun yerine koymak demektir.

Örneğin insan kulağına gelen sesler tamamen analog seslerdir. Fakat biz bu sesleri bir mikrofon yardımı ile kaydederseniz, bilgisayarların ya da herhangi bir ses kayıtçısına aktarırsak analog ses dijital seslere çevrilecektir. Sayısal elektronik yardımı ile yapılmış bütün cihazlar işlem algoritmasını 1 ve 0 dan oluşan sayı dizileri yapmaktadırlar. Bir analog verinin sayısal veriye dönüştürülebilmesi için temel sinyal modülasyon kuramlarından geçirilmesi gerekmektedir. Bir analog sinyalden belirli örnekler alınarak ve tam olarak analog sinyalin karşılığı olmadan hazırlanan verilere sayısal sinyal denir.

Sayısal veriler bünyesinde bulundurdukları konum itibari ile “1” konumu için var, “0” konumu için yok şeklinde bir algoritma ile girdileri oluştururlar. Analog sinyallerin örnekleme voltaj veya akım ile sağlanmaktadır. Elektronik ekipmanlar voltajı ve akımı bir bilgiye karşılığını anlayamazlar. Bu yüzden analog verilerin dijitale çevrilmesi zorunludur. Analog verileri sayısal verilere çeviren elektronik ekipmanlara ADC (Analog/Digital Modulator) ismi verilmektedir. Analog veriler sayısal verilere çevrildiği gibi sayısal verilerde analog verilere çevrilebilirler. Bu işlemleri yapan devre elemanlarına ise DAC (Digital/Analog Modulator) ismi verilmektedir (Razavi, 1995).

2.4. Analog Sayısal Dönüşüm

Alınan ölçümler sonucunda voltaj veya akım olarak örneklenen veriler sayısal verilere çevrilirken birim zamandaki büyüklüklerine göre değerler atanırlar. Bu alacağı değerleri bazı modülasyon teknikleri yapılarak belirlenirler.

Sayısal bir veriye geçiş yapılırken önemli olan belirleyici etmenler bulunmaktadır. Bunlar veri alınırken örnekleme frekansı ve örnekleme zamanı gibi etmenlerdir. Bu değerlerin iyi belirlenmesi hem veri kalitesi hem de verinin çözünürlüğü açısından önemli hale gelmektedir. Analog sayısal dönüşüm yapılırken çözünürlük verinin ne kadar hassasiyetle sayısal hale çevrildiğini göstergesidir. Bir analog sayısal çevrici elektronik bileşenin ne kadar hassasiyetle çevirdiğini onun bit değeri ifade etmektedir. Çünkü toplanan örneklerde saniyedeki örnekleme aralığı ne kadar çoksa verideki çözünürlük o derece iyidir. Örneğin 8 bitlik bir ADC var, verilerin çözünürlüğünü öğrenmek istiyorsak $2^8=256$ tane örnek yapmaktadır. Çizelge-2’de bit değerlerine göre ölçüm hassasiyetleri verilmiştir (Johns ve Ark.,2008).

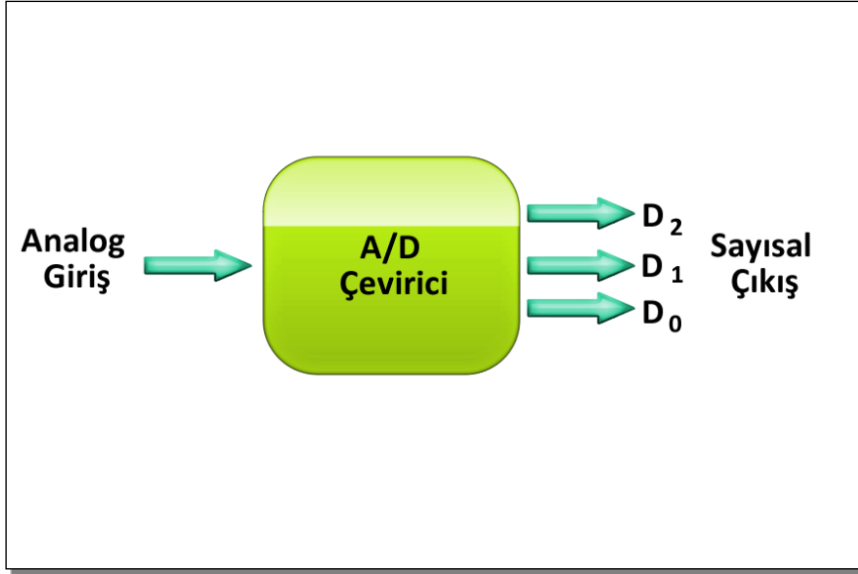
Çizelge-2 ADC bit çözünürlük değerleri

ADC değeri	Giriş Frekansı						
	1Hz	44.1kHz	192kHz	1MHz	10MHz	100MHz	1GHz
8	1243 µs	28.2 ns	6.48 ns	1.24 ns	124 ps	12.4 ps	1.24 ps
10	311 µs	7.05 ns	1.62 ns	311 ps	31.1 ps	3.11 ps	0.31 ps
12	77.7 µs	1.76 ns	405 ps	77.7 ps	7.77 ps	0.78 ps	0.08 ps
14	19.4 µs	1.76 ns	101 ps	19.4 ps	1.94 ps	0.19 ps	0.02 ps
16	4.86 µs	110 ps	25.3 ps	4.86 ps	0.49 ps	0.05 ps	-
18	1.21 µs	27.5 ps	6.32 ps	4.86 ps	0.49 ps	-	-
20	304 ns	6.88 ps	1.58 ps	0.16 ps	-	-	-
24	19.0 ns	0.43 ps	0.10 ps	-	-	-	-
32	74.1 ps	-	-	-	-	-	-

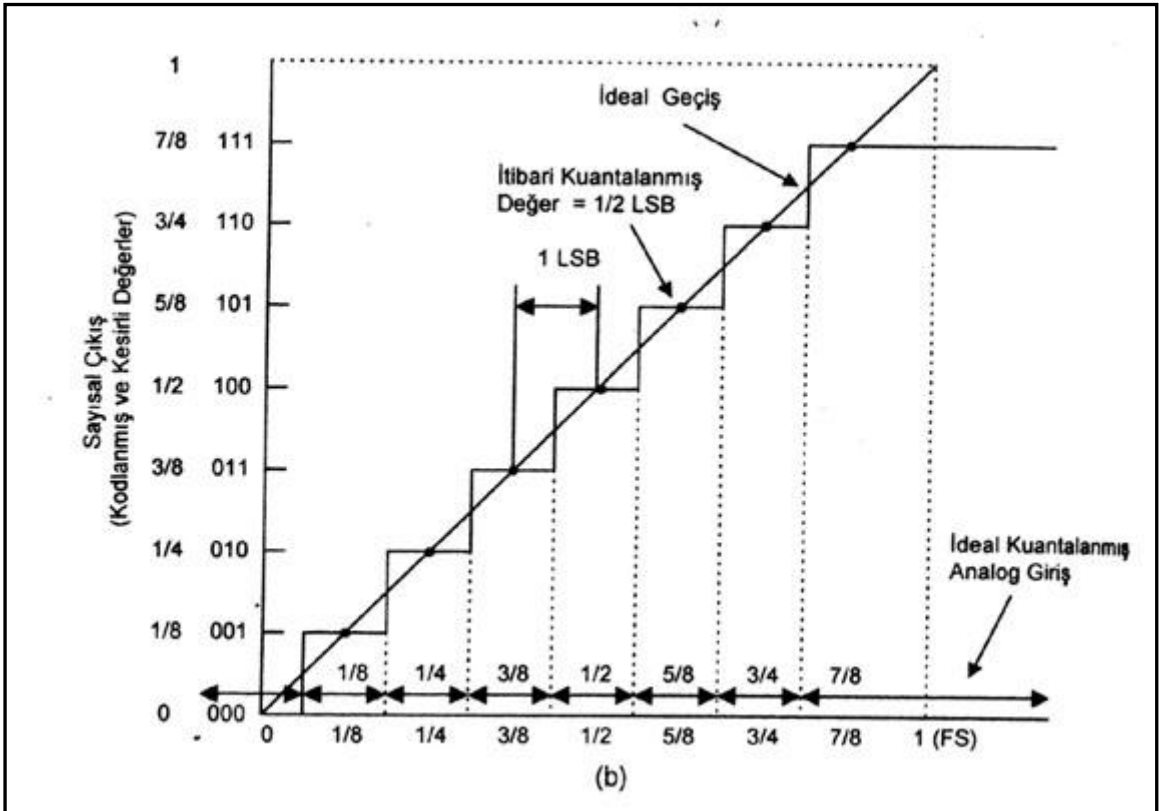
Analog sinyaller sayısal sinyallere genellikle birbirinin arka arkaya izleyen modülasyonlar ile tamamlar. Günümüzde bu işlemler mikroişlemciler ve yapılan devre tasarımları ile yapılmaktadır.

ADC kısaltması, bir analog sinyalin ikili (binary) durumlarla ifade edildiği bir kuantumlama (basamaklama) işlemidir. Bu işlem, D/A işleminin tersidir. Çevirim tekniğine göre, A/D çeviriciler iki genel gruba ayrılırlar. Birinci grubun dayandığı teknik, uygulanan bir analog sinyalin, ADC içinde üretilen eş bir sinyal ile karşılaştırılmasında dayanır. Ardışık yaklaşımlı (successive-approximation), sayaç (counter), ve flaş (flash) türündeki çeviriciler bu gruba girer. İkinci teknikte, analog sinyal, frekans veya zaman parametrelerine çevrilir. Bu yeni parametreler, bilinen değerlerle karşılaştırılır. İntegral alıcı (integrator) gerilim-frekans çeviricileri bu gruba dahildir. Ardışık yaklaşımlı ve flaş tipinde olan A/D çeviriciler integral alıcı ve frekans-gerilim çeviricilerine göre daha hızlıdır; fakat çevirim doğrulukları daha azdır. Ayrıca flaş tipi pahalıdır ve yüksek doğruluk için tasarımı zordur. En yaygın olarak ardışık yaklaşımlı ve integral alıcı çeviriciler kullanılmaktadır. Ardışık yaklaşımlı A/D çeviricileri, çevirim hızının önemli olduğu uygulamalarda ve cihazlarda kullanılırlar. İntegral alıcı çeviriciler ise, sayısal metreler, panel metreleri ve gözleme sitemleri gibi, çevirim doğruluğunun önemli olduğu uygulamalarda kullanılır (Loke, 1999).

Şekil-4'de 3-bitlik bir A/D çeviricinin blok diyagramı verilmiştir. Bu A/D çevirinin, bir analog sinyal girişi ve 3-bit sayısal sinyal çıkışı vardır. Şekil-5 'de ise 0 V' tan 1V'ta kadar olan, analog giriş sinyaline karşı gelen sayısal çıkış sinyal grafiğini göstermektedir. Burada her bir adım 1/8V olarak ayrılmıştır ve 000'dan 111'e kadar, 8 tane farklı ikili çıkış durumu vardır. Farklı durumların basamaklama işlemini veren grafik Şekil-5'de verilmiştir. Bu bit sayısı, çeviricinin çözünürlüğü olarak tanımlanır. ADC sırasında belirli aralıklardaki voltajların bit değerleri bellidir. Bu değerlere karşılık gelen değerler sayısal veri paketini oluştururlar.



Şekil-4 3bit ADC blok diagramı



Şekil-5 Analog giriş ve sayısal çıkış değer grafiği (Norsworth ve Ark.,1997)

2.5. Analog Sayısal Dönüşümün Jeofizik Mühendisliğindeki Önemi

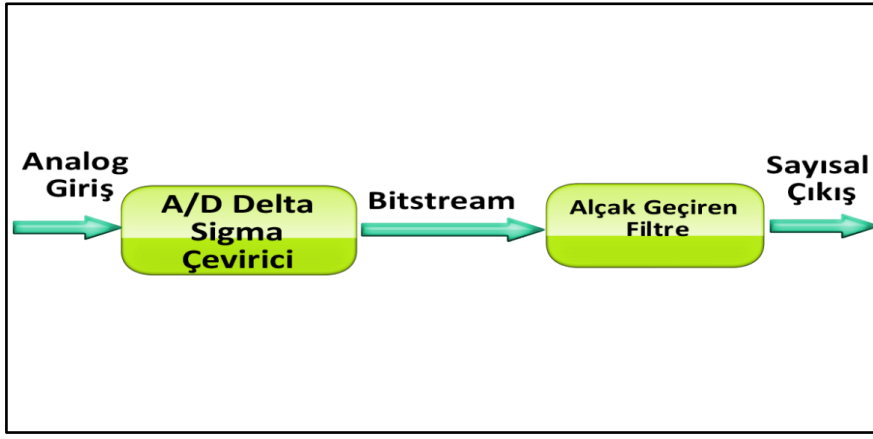
Jeofizik mühendisleri için veril kaliteli olması ve güvenilir olması önemlidir. Yer altından alınan veriler hassas küçük değişimler ile verilmiştir. Uygulanan yöntemler de alınan verideki voltaj değerine göre farklılık göstermektedir. Çünkü ölçülen değerler oldukça düşük değerlerdir. Örneğin bir proton manyetometresinde ölçülen değerler 0.01nT (nanotesla) hassasiyetle ölçülmelidir. Nedeni ise yer altında belirlenen anomalinin belirlenebilmesidir. Buna benzer olarak sismik ve elektrik yöntemlerde yerden örneklenen voltaj değerleri mili ve mikro volt seviyelerinde ölçümler yapılmaktadır (Keller ve Frischknecht, 1966).

Günümüzde yer altına ait toplanan veriler örnekleme aralığına göre oldukça fazla sayıdadır. Bu kadar çok verinin doğru ve hızlı bir şekilde değerlendirilmesi için sayısallaştırılması gerekmektedir. Analog verileri sayısal verilere dönüştürmek için birçok farklı modülasyon şekli vardır. Bunlar öncelikle elektronik ekipmanlar yardımı ile yapılmaktadır. Bu işlemleri gerçekleştiren devre elemanlarına ADC (analog/digital converter) ve DAC (digital/analog converter) denir. ADC'ler belirli örnekleme aralıkları ile voltaj değerlerini ölçerek kayıt altına alırlar. Aynı zamanda alınana bu verileri bazı modülasyon teknikleri ile elektronik olarak sayısallaştırırlar.

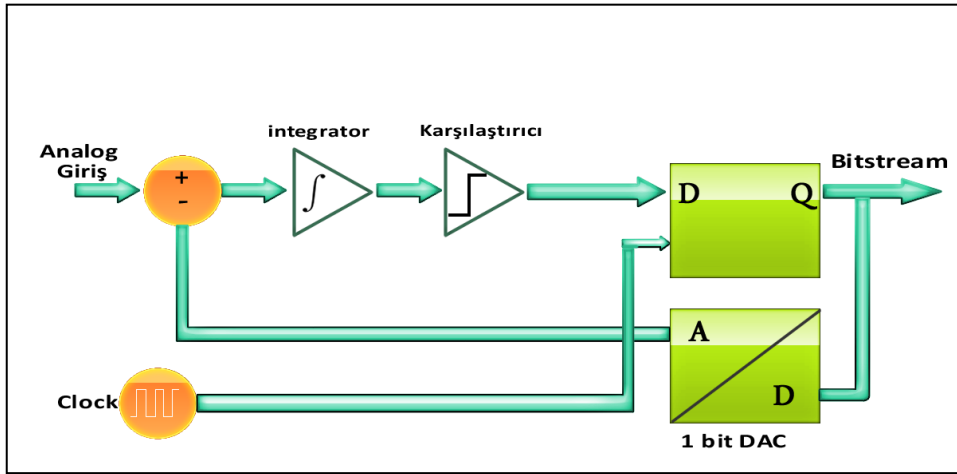
2.6. Jeofizikte Kullanılan Elektronik Dönüşüm Teknikleri

Analog sayısal dönüşüm işlemi jeofizik yöntemlerinde alınan verinin çokluğu ve çözünürlüğün iyi olmasını beklediğimiz için oldukça hızlı güvenilir şekilde olmalıdır. Birçok hassas ölçümde kullanıldığı gibi jeofizik kayıt ve ölçüm sistemlerinde kullanılan ADC'ler genellikle Delta-Sigma Modülasyonu ile çalışmaktadır. Delta-Sigma modülasyonu tercih edilmesinin sebebi yüksek çözünürlüğe sahip sonuçlar elde etmektir. Bir ADC'nin hassasiyet değerini onun bit değeri belirlemektedir. Jeofizik ölçüm sistemleri ve kayıt cihazlarında bu değer genellikle ölçüm yöntemine göre değişmekle birlikte 16 bit ile 24 bit arasında tercih edilmektedir. Birçok farklı şekilde ADC'ler bulunmaktadır. Analog sayısal dönüşüm için çift eğilimli olan delta sigma modülasyonu tercih edilmesinin sebebi ise yüksek çözünürlüklü ve yüksek hızda olmasıdır. Çözünürlük değerine örnek verecek olursak elimizde 4 metrelik bir cetvel olduğunu varsayalım. 2 bitlik bir çevirici için o cetveli 2 eşit parçaya bölmemiz gerekirse 24 bitlik çevirici için 24 eşit parçaya bölmemiz gerekir. 24 eşit parçaya bölünen cetvel daha yüksek dönüşüm yapmaktadır.

Delta-Sigma modülasyon yöntemi diğer modülasyon yöntemlerine göre farklıdır. Bu yöntemde hızlı olmasının sebebi her bir V_{ref+} ve V_{ref-} değeri için karşılanan değer öncelikle toplanarak karşılaştırılır. Daha sonrasında alçak geçirimli filtre uygulayarak veriyi sayısallaştırır. Bu işlem sırasında uygulanan teknikler elektronik devre elemanları ile gerçekleştirilir. Şekilde-6'da verilen blok diyagramda delta sigma modülasyon işlem aşaması ve elektronik devre elemanları blok diyagramı verilmiştir. Şekil-7'de devre elemanı içerisinde gerçekleştirilen delta-sigma basamakları verilmiştir. Bu algoritma ile yapılan işlem aşamaları sonunda analog veriler sayısal verilere dönüştürülmüştür.



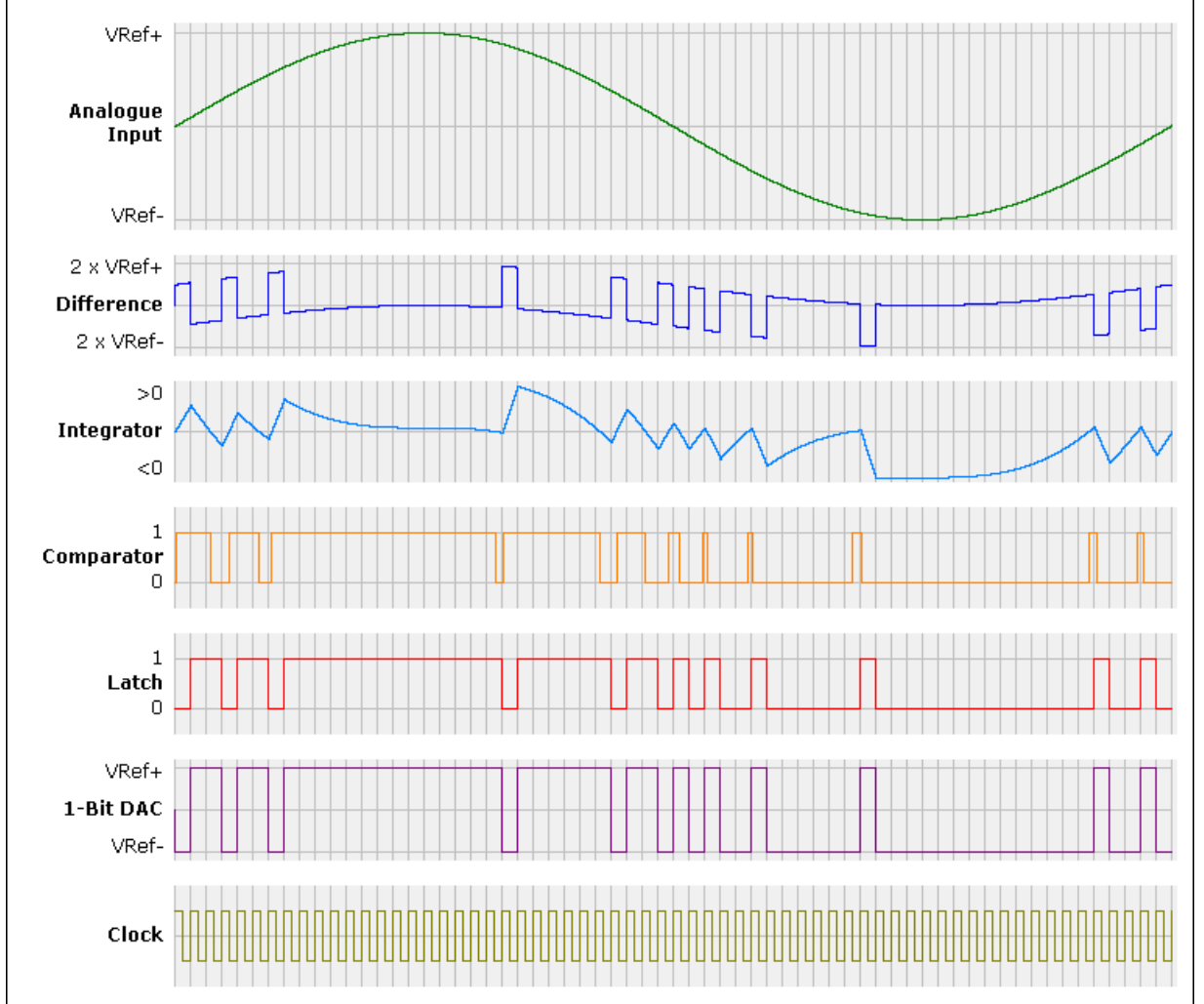
Şekil.6 Delta sigma modülasyonu ADC blok diyagramı



Şekil.7 1bit DAC için delta sigma blok diyagramı

Şekil-7'de blok diyagramda devreye giren voltaj değerlerini delta sigma modülasyonu ile sayısallaştırma işleminin öncelikle giren değerlerin öncelikle işleyebilmek için bir büyütme işlemi yapılmalıdır. Genellikle yükseltici devreler ile büyütme işlemi yapıldıktan

analog olarak sinyal ADC devresine gelmektedir. Diferansiyel olarak büyütülen voltaj değerleri için bit değerlerine karşılık gelecek olan yükselim grafiğinde 0 ve 1 aralığındaki değerler atanmaktadır. Şekil-8’de 1 dalga boyu olan sinus dalgası şeklindeki analog sinyale uygulanan delta sigma modülasyonu basamakları verilmiştir.



Şekil.8 Analog sinüs eğrisine uygulanmış delta sigma modülasyonu
(<http://www.beis.de/Elektronik/DeltaSigma/DeltaSigma.html>)

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

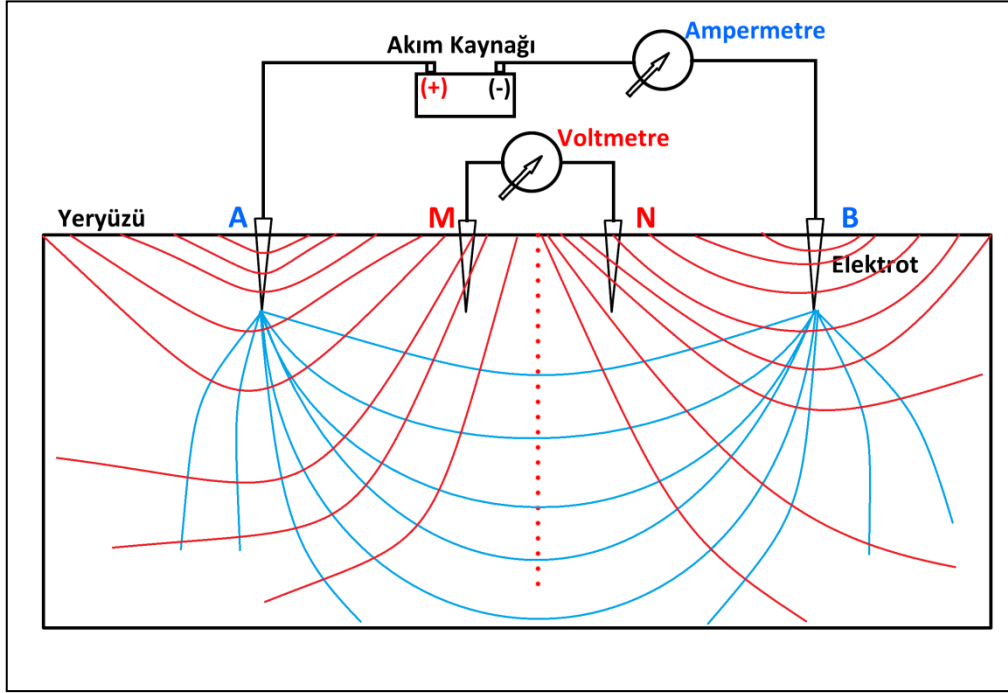
3.1. Elektrik Özdirenç Yöntem, Ölçüm ve Kayıt Düzenekleri

Elektrik özdirenç yöntemi jeofizik yöntemler arasında en çok tercih edilen yöntemlerden bir tanesidir. Elektrik özdirenç yöntemi yer altında bulunan formasyonların elektriksel özelliklerinin belirlenmesi ile yorum yapılmasını sağlayan bir yöntemdir. Oldukça pratik ve çok iyi sonuçlar veren bir yöntemdir. Petrol aramalarında, madenlerin araştırılmasında, arkeojeofizik çalışmalarda ve yer altı suyu araştırmalarında iyi sonuçlar veren bir yöntemdir. Her maddenin elektrik akımına karşı göstermiş olduğu bir direnç vardır. Buna karşın kesit ve yüzey alanına göre özdirenç değeri olduğu bilinmektedir. Bu özellikte bize her maddenin sabit bir özdirenç değeri olduğunu anlatmaktadır.

Yöntemin temel işleyiş mekanizması basit bir fizik yasası olan Ohm yasasına dayanmaktadır. Bir iletken tel üzerine belirli bir miktar akım verilirse, aynı tel üzerinde üzerin de oluşan voltajı ölçülebilir. Ohm yasasına göre akım (I) ve voltaj (V) arasında doğru orantı vardır.

$$V=I.R \text{ (Ohm Kanunu)} \quad (3.1)$$

Aynı uygulama yer yüzeyinden bir akım kaynağı ile yere akım verildikten sonra voltajın ölçülmesi ile belirlenmektedir. Eğer akımın ve voltajın değerini biliyorsak, akıma karşı gösterilen direnci belirleyebiliriz. Yeryüzüne iki noktadan akım verilere diğer iki noktadan voltaj değeri ölçülür. Elektrotlar arasındaki dizilime göre belirlenen ve geometrik faktör adı verilen bir sabit sayı hesaplanır. Bu noktada farklı ölçüm teknikleri ve yöntemler geliştirilmiştir. Her bir yöntem farklı araştırma derinliklerine göre çözünürlüğün değiştirilmesini amaçlamıştır. Dizilime göre elde edilen özdirenç değerleri sonrasında yer altının yapısının belirlenmesi için derinlik ve özdirenç değerlerini belirten yer altı haritaları elde etmek için uygulanmaktadır. Çizelge-3'de bazı maden ve minerallerin elektriksel özellikleri verilmiştir. Şekil-9'daki şematik gösterimde ise yer altında oluşan akım ve eş potansiyel eğrileri verilmiştir.



Şekil-9 Yeraltında elektrik akımı ve oluşan voltaj eğrileri gösterimi

Çizelge-3 Maden mineral elektriksel özellikleri (Keçeli, 2009)

Formasyon Türü	Özdirenç Değeri (Ω/m)		Maden Minerali	Özdirenç Değeri (Ω/m)	
	<i>Islak</i>	<i>Kuru</i>		<i>Islak</i>	<i>Kuru</i>
Deniz suyuna Doymun Kum	1	2	Pirit	0.001	0.01
Kil	1	100	Galen	0.001	100
Kumlu Çakıllı Kil	10	1350	Kasiterit	0.001	10.000
Kum, ıslak nemli	20	200	Kalkopirit	0.005	0.1
Kum ve Çakıl	50	1000	Pirit	0.01	100
Grafitik Şist	10	500	Magnetit	0.01	1.000

Toprak	50	100	Hematit	0.1	1.000.000
Çakıl	100	600			
Bozuşmuş Yatak Kayacı	100	1000			
Kumtaşı	200	8.000			
Gözenekli Kireç Taşı	100	1000			
Kireçtaşı	500	10.000			
Masif Kireçtaşı	1.000	1.000.000			
Sleyt	500	500.000			
Kuarsit	500	800.000			
Metamorfik Kayaçlar	50	1.000.000			
Granit	200	100.000			
Bazalt	200	100.000			
Gabro	100	5.000.000			

Elektrik yöntemlerde kullanılan kayıtçı düzenekleri milivolt seviyesinde voltaj ölçmek üzere tasarlanmışlardır. Ne kadar düşük voltaj değeri ölçerse hassasiyeti de o kadar iyidir. Fakat 10 milivolttan küçük olmamalıdır. Gönderici ünitesi (Transmitter) yer altına akım göndermektedir. Öz direnç ve indüklenmiş potansiyel (IP) ölçümlerinde kullanılır. Alıcı ünitesi (Receiver) yer altına akım verildikten sonra oluşan voltaj değeri ölçmektedir. Doğal uçlaşma olarak bilinen self-potansiyel (SP) yönteminde ise sadece alıcı ünitesi ile yapılabilmektedir. Önceleri sadece ekrana bu değerleri verip bir dizi işlem yapılırken, teknolojinin gelişmesi ile ölçüm yapılır yapılmaz arazi sırasında seviye haritaları, görünür öz direnç eğrileri hatta derinlik bilgisini anında görebilmekteyiz (Dey ve Morrison, 1979).

3.1.1. Elektrik Özdirenç Ölçüm Sistemi

Voltaj ve amper arasında ki bu orantı maddelerin dirençlerini verebilmektedir. Jeofizik mühendisliğindeki uygulamasında ise araştırma amaçlarına yönelik farklı uygulama yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan en çok bilinen ve uygulananları;

- 1- Schlumberger Yöntemi
- 2- Wenner Yöntemi
- 3- Dipol-Dipol Yöntemi
- 4- Çoklu elektrot yöntemi
- 5- Gradient yöntemleridir.

Bu yöntemlerdeki farklılıklar potansiyel elektrotları ile akım elektrotları arasındaki mesafeler ile belirlenir. Bu yöntemlerin birbirinden farklı olmasının sebebi ölçümlerdeki hassasiyetlerdir. Örneğin, dipol dipol yöntemi yanal süreksizliklere karşı hassas ölçümler alırken Schlumberger yöntemi düşey süreksizliklere daha hassastır. Uygulamayı yapacak olan mühendis hangi yöntemi uygulaması gerektiğine araştırma yaptığı sahaya göre belirlemelidir. Yöntemlere göre araştırma derinlikleri de değişmektedir. Arazide uygulama yapılırken A, B akım elektrotları M, N ise potansiyel elektrotları olarak adlandırılmaktadır. A ve B elektrotları arasındaki mesafe kuramsal olarak araştırma derinliğini vermektedir.

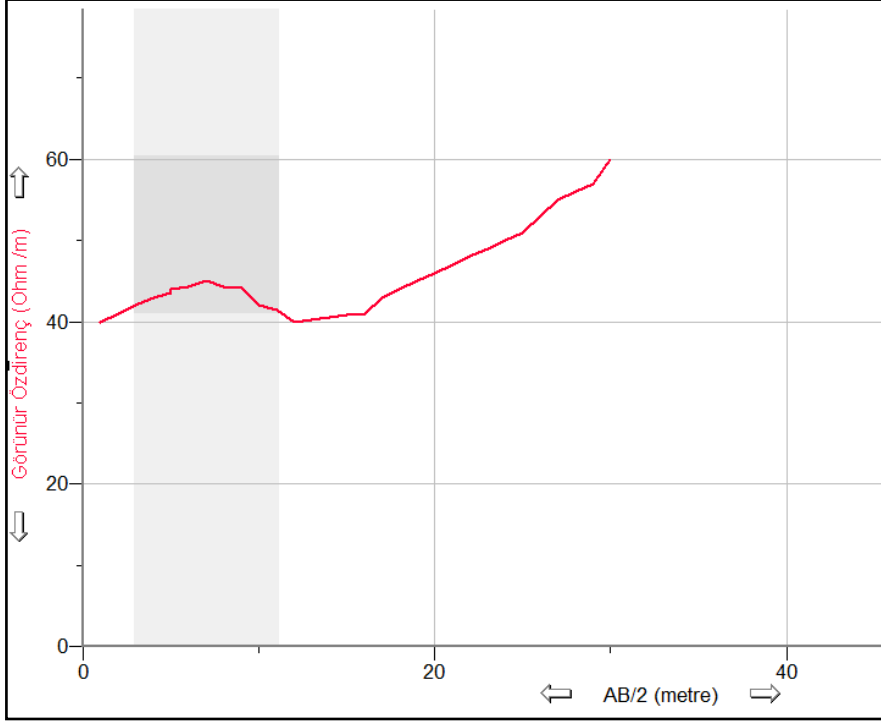
Elektrik özdirenç ölçüm sistemlerinde gönderici ünite yer altına bir akım göndermektedir. Buna karşılık olarak alıcı ünite ise akım karşı yer altında oluşan potansiyeli belirli noktalardan hesaplamaktadır.

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (3.2)$$

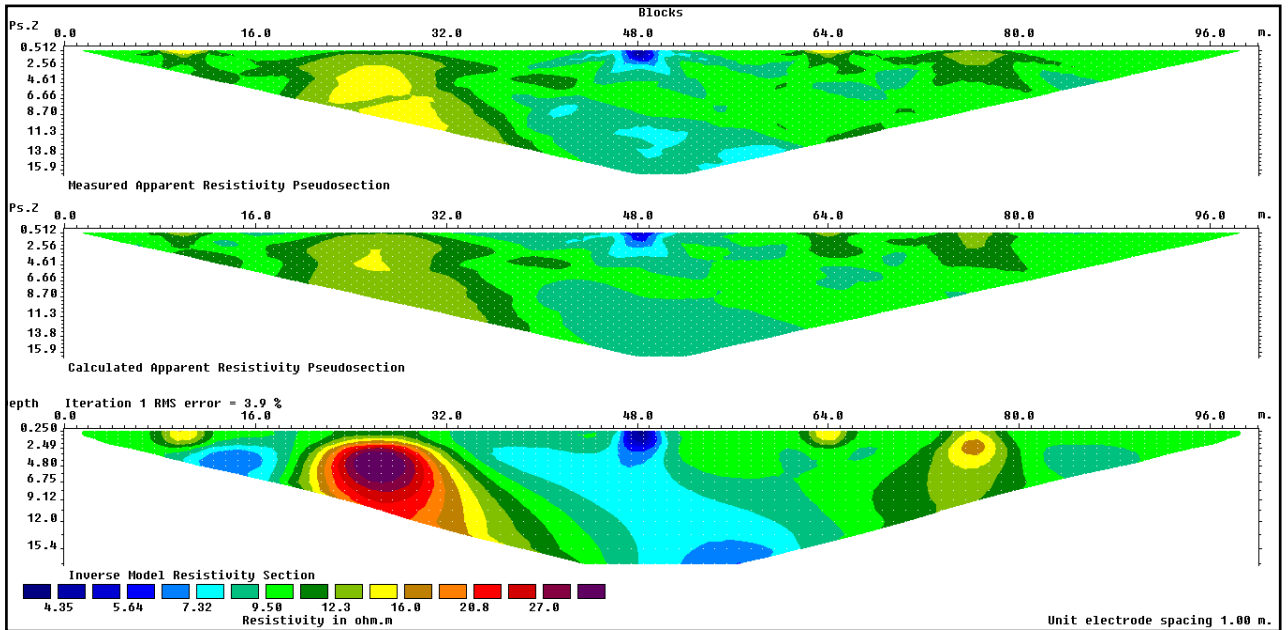
Yukarıda denklem (3.2)'de; ρ özdirenç, K geometrik faktör, ΔV potansiyel fark, I akım olarak ifade edilmektedir. Özdirenç değeri yukarıdaki denklem hesaplanarak bulunmaktadır (Barker, 1989).

Özdirenç ölçümleri 1, 2 ve 3 boyutlu olarak yapılmaktadır. 1 boyutlu ölçümlerde tabakların özdirenç değerleri belirlenmektedir. Şekil-10'da olduğu gibi AB arası mesafe ve

özdirenç grafiği çizilerek ortam hakkında yorum yapılmaktadır. 2 boyutlu ölçümlerde ise tabakalar arasında geçişler ve farklı anomaliler de incelenmektedir. Diğer bir değişle düşeyde ki değişimlerde görülmektedir. 3 boyutlu ölçümlerde ise genel bir alan ölçümü yapılarak yanal ve düşey değişimler incelenmektedir (Archie, 1942).

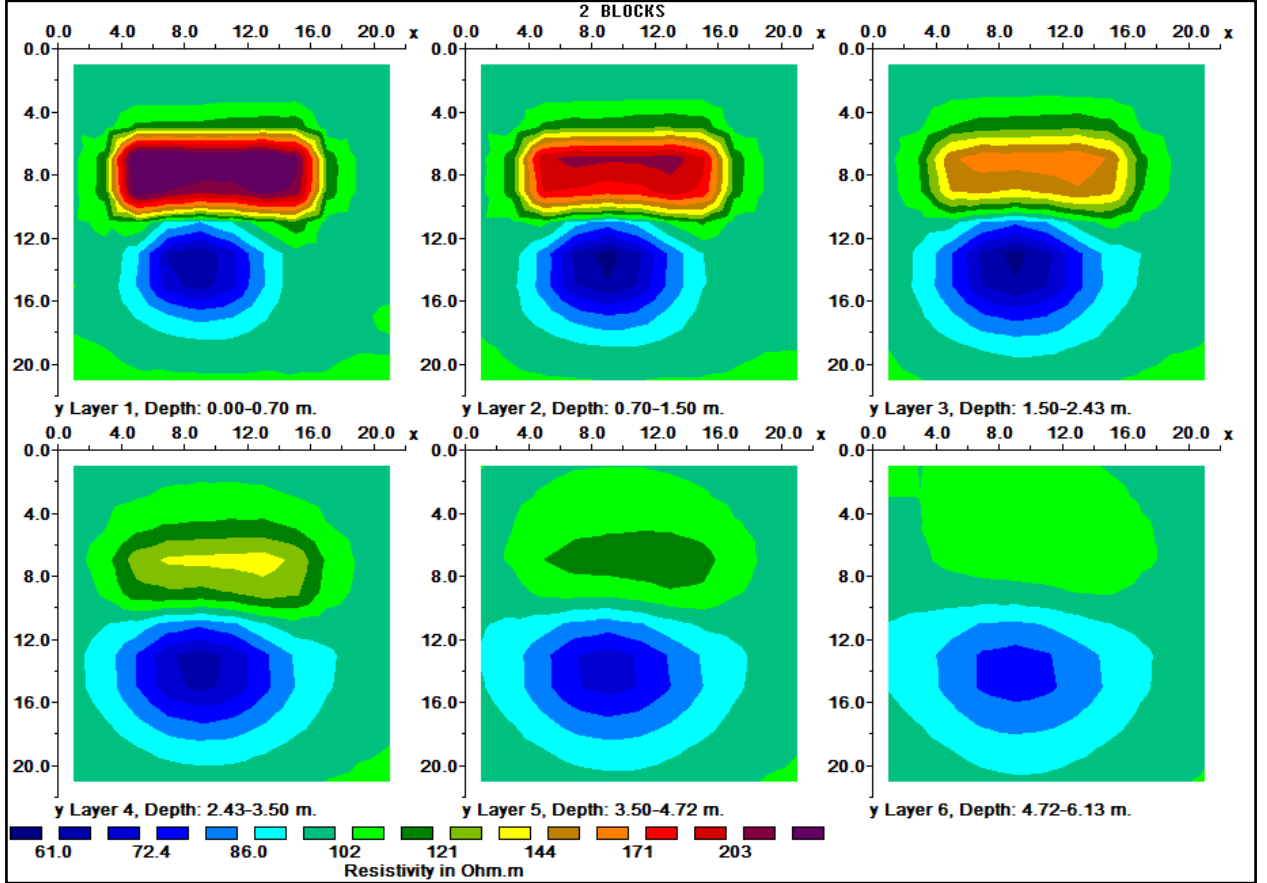


Şekil-10 Bir boyutlu görünür özdirenç eğrisi



Şekil-11 İki boyutlu özdirenç seviye haritası ve ters çözümü

Şekil-11'de iki boyutlu öz direnç haritalarında görüldüğü gibi haritalar elde edilmektedir. İlk olarak görülen çizim araziden ölçülen değerlerdir. Diğer bir deyişle seviye haritası olarak da bilinmektedir. İkinci çizim ise uygulamayı yapan mühendisin hesapladığı değerlerdir. Son olarak verilen harita ise ikisi arasında hata oranı ile birlikte verilmiş olan derinlik öz direnç haritasıdır.



Şekil-12 Üç boyutlu öz direnç verisi ters çözümü

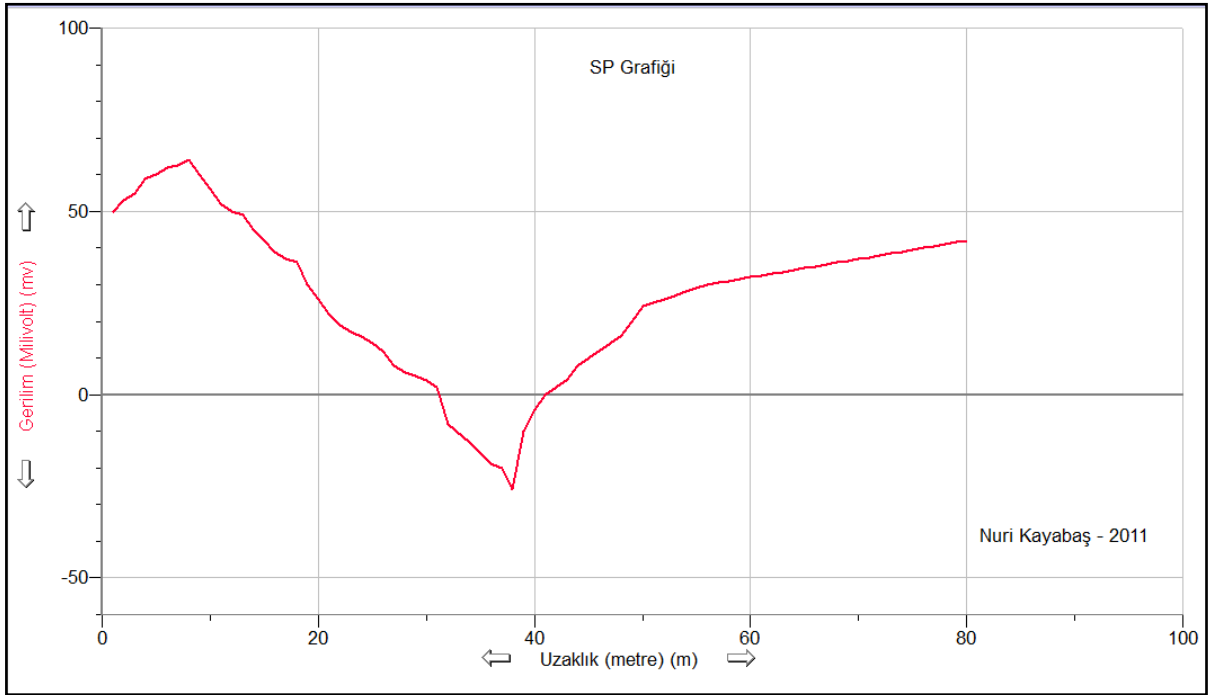
Öz direnç yönteminde araziden ölçülen veriler ile modelleme işlemi yapılmaktadır. Ölçülen veriler ile hesaplanan veriler arasında yapılan hesaplamalar ile ters çözüm işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlemin Şekil-12'de 3 boyutlu örneği olduğu gibi derinlik kesitleri ile öz direnç haritaları çizdirilir (Barker, 1997).

3.1.2. Self Potansiyel (SP) ve Etkisel Kutuplaşma (IP) Yöntemi Ölçüm Sistemi

Self potansiyel yöntemi 1970'li yıllardan beri kullanılan bir yöntemdir. Yöntemin temeli yer altında oluşan elektrokimyasal ya da fizikokimyasal özelliklerinden oluşan elektrik akımları ölçülerek yorumlanmasıdır. Genellikle maden aramaları, jeotermal alanların tespiti için kullanılmakla birlikte birçok alanda uygulanabilirliği vardır.

Yer altındaki su hareketliliğinin ortaya konulup yorumlanmasında tercih edilen bir yöntemdir. Heyelan, baraj ve drenaj gibi su hareketliliğinin olduğu bölgelerde vazgeçilmez yöntemlerdendir. Self Potansiyel yöntemi çok hızlı ve ucuz bir yöntem olmasından dolayı tercih edilen bir uygulama olmuştur (Keçeli, 2009).

Ölçüm sistemlerinde sadece alıcı ünite vardır. Yer altında doğal olarak oluşan elektrik akımını ölçtüğümüz için akım veren gönderici ünite kullanılmaz. Bu yüzden pratik ve uygulaması kolay bir yöntemdir. Özdirenç yönteminde olduğu gibi iletken elektrotlar yerine polarize olmayan elektrotlar tercih edilmektedir. Ölçüm cihazları mikro volt seviyesinde değerleri alabilen voltmetreler olmaktadır. Ölçüm yöntemine göre elektrotlar arasında gerilim meydana gelmemelidir. Bu yüzden polarize olmayan elektrotlar kullanılır. Pot ya da fincan olarak adlandırılan bu elektrotlar genellikle bakır sülfat çözeltisi ile yapılmaktadır. Kaydırma yöntemi ile alınan ölçümler yorumlanarak yer altındaki anomaliler belirlenmektedir (Cheng ve Diğ., 1990).



Şekil-13 Self potansiyel – SP grafiği

Şekil-13’de SP verisinde belirlenen anomali başlangıç noktasından 38 metre uzaklıkta belirlenmiştir. Bu mesafede belirlenen metalik bir maden ya da farklı bir ortam yoğunluğu mümkündür.

Uzaklığa karşı araziden alınan voltaj değerlerinin yorumlanabilmesi için grafiğinin çizdirilmesi gerekmektedir. Yukarıda ki örnek SP grafiğinde anomalinin bulunduğu bölgeler negatif yönelim yapmıştır. Bununla birlikte çizdirilen bu grafik konturlanarak SP haritalarına ulaşılabilir. Sonucunda sondaj noktaları ve araştırma noktaları belirlenmiş olur.

Etkisel kutuplaşma diğer adı ile IP yöntemi olarak bilinmektedir. IP yönteminde yer altını bir kapasitör gibi düşünürsek aslında kapasitörün üzerindeki voltajı boşaltma zamanın ölçülmesi olarak tanımlayabiliriz. Elektrik iletkenliğinin farklı olduğu ortamlarda iletim de farklı olacağından potansiyel farklı zamanlarda ve şekillerde olacaktır. IP ölçümleri yer altına akım verilip kesildikten sonraki geçen zaman için geçerlidir.

IP ölçüm sistemleri günümüzde genellikle öz direnç ölçüm cihazları ile bütünleşiktir. Öz direnç ölçümü yapıldıktan sonra akım kesilince toprak kendi potansiyelini yakalayana kadar geçen sürede potansiyel ölçümü devam etmektedir.

Elektrik yöntemler temel olarak elektrik akımının hareketi ve temel kanunları üzerine kurulmuş bir yöntemdir. Bu yöntemler günümüzde aktif olarak kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ile kullanılan ekipmanlarda hızlı ve güvenilir hale gelmiştir.

3.2. Sismik Yöntem, Ölçüm ve Kayıt Düzenekleri

Sismik yöntemler Jeofizik Mühendisliği biliminin en kapsamlı araştırma yapılan alt dalıdır. Mekanik titreşim dalgalarının yayılma ilkelerine göre yer altı yapısının yerkürenin merkezine kadar olan kısmını inceler. Yer içinin kendi dalga kaynaklarını ya da yapay kaynakların ölçüm sistemleri yardımı ile kayıt edilmesi ile uygulanır. Yapılacak olan uygulama ve yöntemler araştırması yapılacak araziye göre belirlenmelidir. Zemin ile ilgili birçok fiziksel değere sismik yöntemler ile ulaşılabilir.

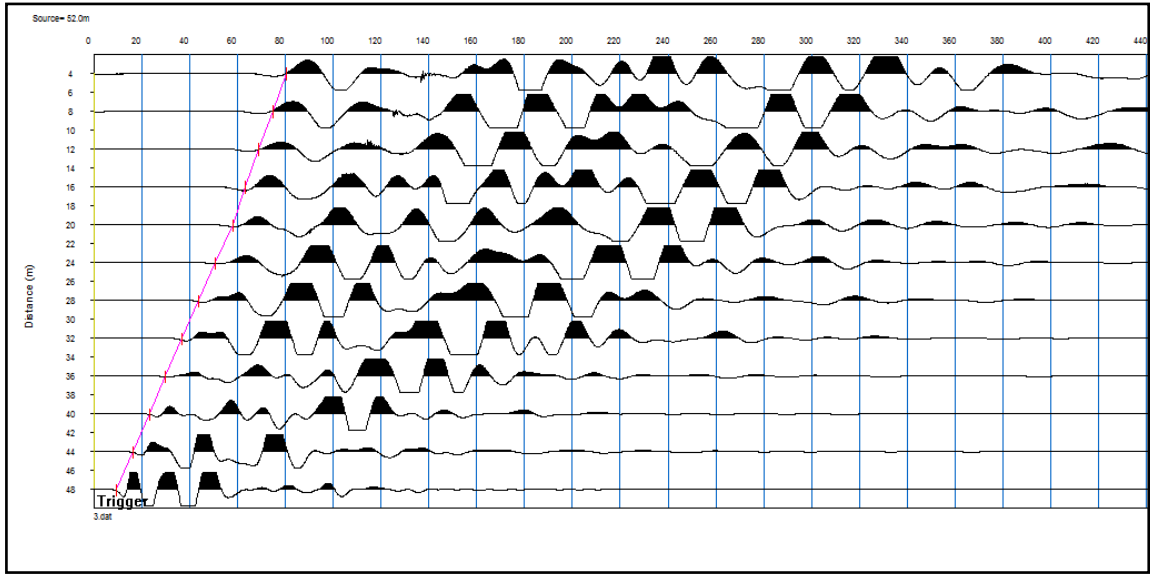
İnşaat mühendislerinin bir arazi için kaç katlı bina yapabileceğini söylemesi için kesinlikle sismik ölçümlerin alınması ve o zeminle ilgili dinamik parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu ölçümleri yapabilmek için bazı ekipman ve bilgilere ihtiyaç vardır.

Elektrik yöntemlerde olduğu gibi sismik yöntemlerde de yer altında bulunan tabakaların hız bilgilerine ulaşarak o tabaka hakkında yorum yapılır. Bunlar temel fizik kuralları kullanılarak yapılmaktadır. Optik ve mekanik kanunlar sismik yöntemlerin temel

ilkelerini oluşturmaktadır. Optikte Snell yasası ile belirlenen kritik değerler sismik yöntemler içinde geçerlidir. Bir mekanik dalga kaynağının yer altındaki tabakalara gelişi yansımaları veya kırılması bu temel kanunlar ile belirlenmektedir.

Doğal enerji kaynakları depremler ve mikrotremordür (düşük genlikli serbest yer salınımları). Yer altından gelen doğal kaynaklar olup tabakalar hakkında ve sistem mekanizması hakkında bilgiler içermektedir. Yapay enerji kaynakları (elastik dalga) ise uygulamayı yapacak olan kişi tarafından üretilmektedir. Araştırma yöntemi ve araştırma derinliğine göre kaynağın türü farklılık göstermektedir. Balyoz, fişek patlatma, dinamit patlatma ve vibroseis gibi kaynaklar elastik dalga üretiminde en çok kullanılan sismik enerji üreticileridir.

Sismik çalışmanın yapılması için gerekli temel malzemeler sismik kayıtçı, sismik kayıtçının kablosu, jeofonlar ve yapay kaynaklı ise sismik kaynak için gerekli malzemelerden oluşmaktadır.



Şekil-14 12 kanallı bir sismik kayıt örneği

Şekil-14'de verilen kayıt örneğine sismogram denir. Sismik kayıtçılara gelen sinyaller kendine hafızasına olduğu gibi dışarıdan iletişim protokolleri ile bağlanarak bağlanan bir bilgisayara da kaydedilebilir. Kayıt formatları yazılmış programlara uygun formatlarda kaydedilmektedir. Bunlardan en çok bilinenleri SAC, SEG-Y, SEG2 ve TXT formatıdır. Zamana karşı jeofonlara gelen sinyal genlikleri olarak kayıt altına alınırlar. Kayıtçıya gelen dalga formu sinüzoidal dalgalar şeklindedir. Kayıtçılar genellikle 24 bit analog sayısal

çeviriciye sahip kayıtçılardır. Kendi üzerinde veri ile basit işlemler yapabilen komplike ve hassas ürünlerdir. Kullanılan sistemlerdeki voltaj değerleri ve kullanılan ekipmanlar hassas olduğu için malzeme seçiminde ve kullanımında dikkatli olunmalıdır. Jeofonların ürettiği voltaj değerlerinin milivolt seviyelerinde olması çevresel gürültülerden kolaylıkla etkilenebileceği anlamına gelmektedir.

Sismik yöntemlerde ölçümler yapılırken kullanılan ekipmanlar istenilen araştırma yerine göre farklılık göstermektedir. Sismik yöntemlerin içerisinde en çok kullanılanı sismik kırılma yöntemidir. Kırılma yöntemi gibi sismik yansıma, yüzey dalgası analizi ve microtremör gibi farklı uygulamaları mevcuttur. Her bir yöntem için kayıtçıların genel özellikleri aynıdır. Yönteme göre farklılık gösteren jeofonların, frekansları ve kayıt uzunluklarıdır.

Kayıtçıların diğer cihazlardan farkı kanal sayısının fazla olmasıdır. Sismik yöntemler 6, 12, 24, 48, 96, 128 kanallı olabilir. Ülkemizde ilgili resmi odalarca kabul gören en düşük 12 kanallı sismograflardır. Kanal sayısının fazla olması profil uzunluğunun fazla olmasını gerektirmektedir. Bunun da nedeni ise profil uzunluğu ne kadar fazla olursa araştırma derinliğinin de o denli fazla olmasıdır.

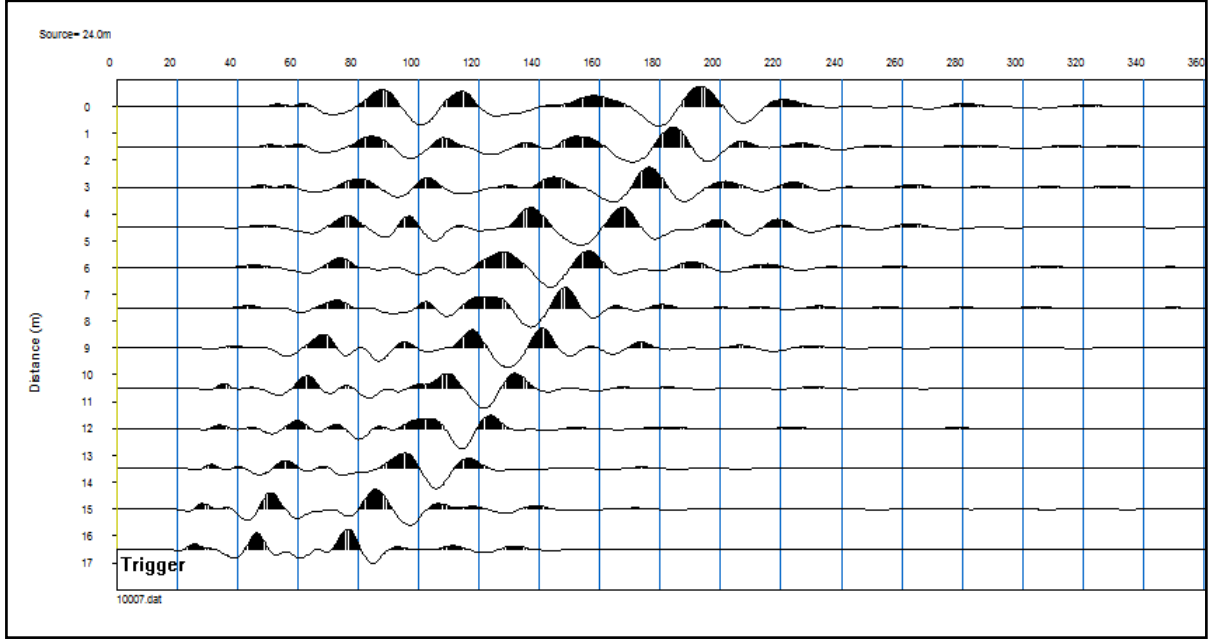
Sismik verilerin yorumlanmasında farklı işlemler uygulanmaktadır. Aşağıda bir yüzey dalgası analizi (MASW) kaydı ve sonrasında uygulanan veri işlem aşamaları verilmiştir.

Örnek çalışmanın uygulama alanı Ek-1’de verilen profil Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü içerisinde bulunmaktadır. Bu çalışma herhangi bir araştırma amacına yönelik olarak yapılmamıştır.

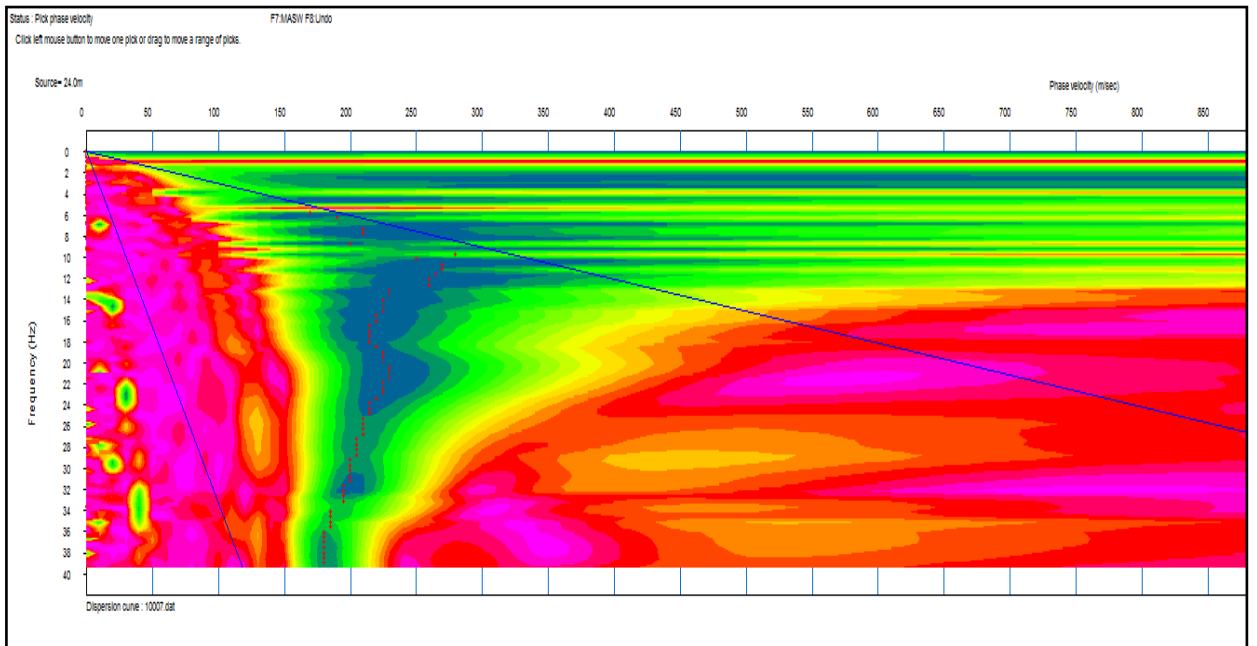


Ek-1 Yüzey dalgası analizi (MASW) çalışma alanı uydu görüntüsü

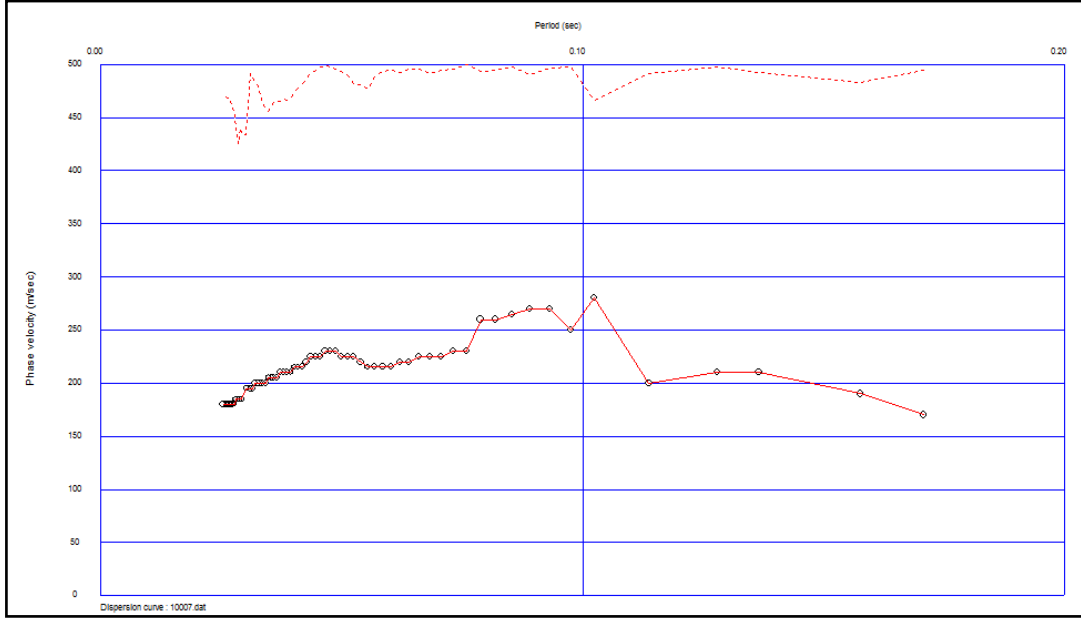
Yapılan çalışmada 12 kanallı bir kayıtçı ve bununla birlikte 4,5 Hz'lik düşey MASW jeofonları kullanılmıştır. Uygulamada 1,5 metre jeofon aralığı ve uzak offsetler ile elastik dalgalar üretilmiştir. Elastik dalgaların oluşumunu gösterir sismogram şekil-15'de gösterilmiştir. MASW yöntemi yüzey dalgalarının dispersiyon eğrileri incelenerek derinlik hız kesitlerinin belirlendiği bir yöntemdir.



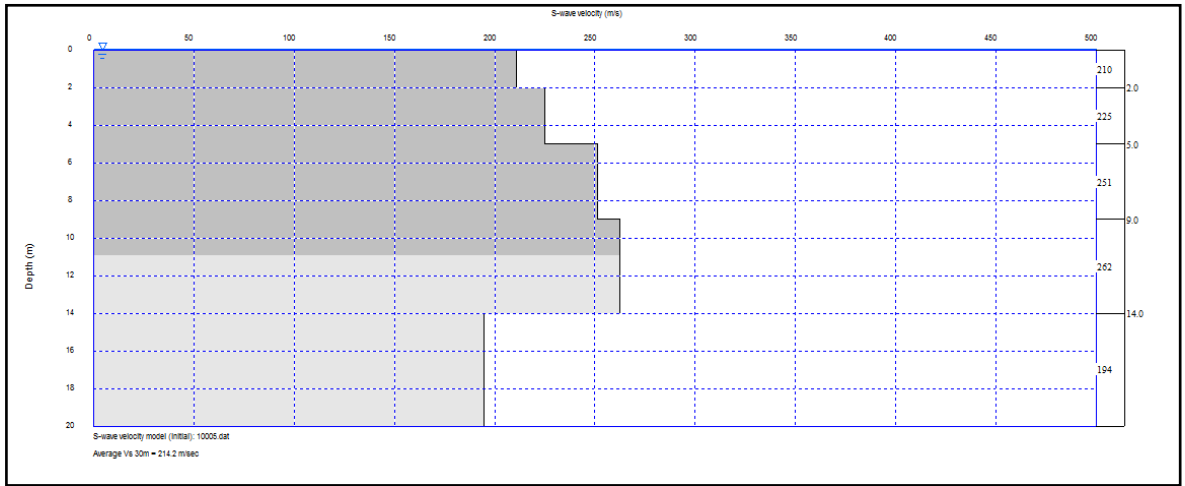
Şekil-15 MASW ham veri kaydı örneği



Şekil-16 Spektrumu alınmış MASW kaydı



Şekil-16 Yüzey dalgası dispersiyon eğrisi



Şekil-17 S-dalgası derinlik hız kesiti

Uygulamada hedef derinlik 20 metre olarak belirlenmiştir. Alınan kayıtların spektrumu alındıktan (Şekil-15) sonra Şekil-16'daki dispersiyon eğrisi oluşturulmuştur. Şekil-17 verilen S dalgasına ait derinlik hız kesitinden tabakaların hız bilgileri verilmektedir. Yapılan çalışma sonucunda ise Vs30 hızı ise 213,6 m/s olarak bulunmuştur.

Sismik çalışmalarda kayıtçılar kadar veri işlem aşaması da oldukça önemlidir. Kayıtçılar tarafından ölçülen ve kayıt sırasında varlığı belirlenebilen birçok gürültü veri işlem aşamasında temizlenebilmektedir.

BÖLÜM 4**ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA****4.1. Alıcı ve Kayıt Sistemi Seçimindeki Kriterler**

Kayıt cihazı ve jeofizik ekipmanlar alınırken dikkat edilmesi gereken başlıca özellikler şunlardır;

- 1- İhtiyaca yönelik olması
- 2- Teknik özellik
- 3- Elektriksel korumalar
- 4- Çevresel korumalar
- 5- Gerekli izin ve belgeler.

En önemli kriter alınan cihazın araştıracağınız anomali için uygun yöntem cihazı olup olmadığıdır. Eğer uygun yöntem için uygun cihaza karar verilmişse, cihazın teknik özelliklerinin belirlenmesi aşamasına geçilebilir. Jeofizik ölçüm cihazları elektronik cihazlar oldukları için öncelikle elektronik olarak korumalarının olup olmadıklarına bakılmalıdır. Elektrik ölçüm cihazlarında yüksek voltaj ve düşük akım devreleri aynı ünitenin içerisinde bulunmaktadır. En küçük bir hata bütün cihazın arıza yapmasına sebep olabilmektedir.

Elektronik cihazların öncelikle kendi içerisinde elektrik koruması olmalıdır. Ana elektrik girişi üzerinde bir sigorta yuvası olmalıdır. Bunun yanı sıra içindeki entegre verilerini korumak üzere watchdog koruması olmalıdır.

Elektriksel korumaların yanı sıra devre ve çevre birimleri korumak üzere IP* (Ingress Protection) koruma sınıfı olarak belirlenmiş olması gerekmektedir. IP* koruma sınıfı, elektriksel bir muhafazanın sağladığı çevresel korumayı derecelendirmek için Avrupa Komisyonu (CENELEC-Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) tarafından geliştirilmiş bir standarttır.

IP* Sınıflaması genelde 2 (ya da 3) rakamdan oluşur.

1) Katı cisim ya da malzemelere karşı koruma derecesi Çizelge-4'de verilmiştir.

- 2) Sıvılardan koruma (su) derecesi ise Çizelge-5 içerisinde verilmiştir.
- 3) Mekanik etkilerden koruma harfleri Çizelge-6'da açıklanmıştır.

Örnek olarak vermek gerekirse IP67 koruma sınıfı olan bir ürünün muhafazası için ilk rakam olan 6, katı cisimlere karşı korumasını ikinci rakam olan 7 ise sıvılara karşı koruma sınıfını göstermektedir.

Aşağıda verilen tablolarda koruma sınıfları ve içerikleri verilmiştir. Burada koruma sınıfı belirlenirken bu sınıflama seçilecek olan ürünlerin CE ve TSE onaylı belgelerinde belirtilmiş olmalıdır. Bununla birlikte koruma sınıfı jeofizik cihazlarında oldukça yüksektir. Arazi şartlarında çalışmak için yapılan ürünler su geçirmemeli, paslanmaz malzeme olmalı ve darbelere dayanıklı olmalıdır.

Çizelge 4 IP koruma sınıfları ilk rakam açıklamaları

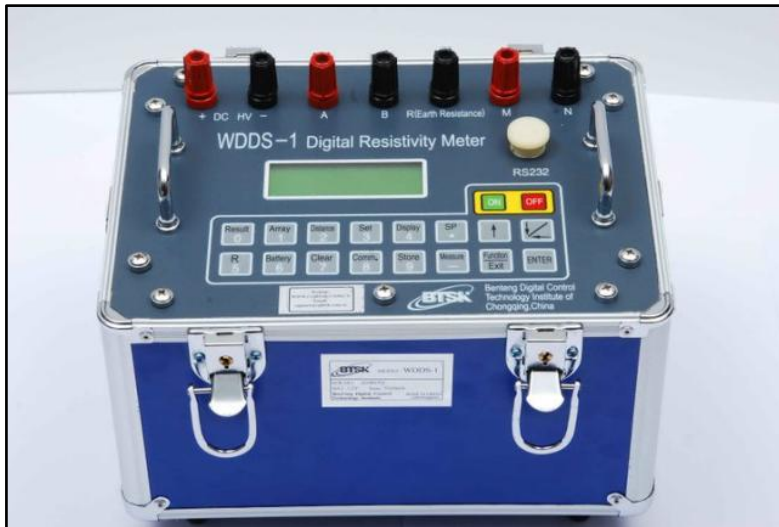
1.RAKAM		TEHLİKELİ BÖLÜMLERE KARŞI KORUMA DERECESESİ	
RAKAM	AÇIKLAMA	RAKAM	
0 (X)	Korumasız.	0 (X)	Korumasız.
1	Çapı \geq 50 mm olan katı cisimlere karşı koruma.	1	Tehlikeli bölümlere elin dışıyla erişmeye karşı korumalı (Küre çapı 50 mm olan erişme sondası tehlikeli bölümlerden yeterli aralıkla ayrılmış olmalıdır.)
2	Çapı \geq 12,5 mm olan katı cisimlere karşı koruma.	2	Tehlikeli bölümlere bir parmak ile erişmeye karşı korumalı (Çapı 12 mm uzunluğu 80 mm olan eklemli bir deney parmağı tehlikeli bölümlerden yeterli aralıkla ayrılmış olmalıdır.)
3	Çapı \geq 2,5 mm olan katı cisimlere karşı koruma.	3	Tehlikeli bölümlere bir parmak ile erişmeye karşı korumalı. (Çapı 2,5 mm olan bir deney sondası girmemelidir.)
4	Çapı \geq 1 mm olan katı cisimlere karşı koruma.	4	Tehlikeli bölümlere bir tel ile erişmeye karşı korumalı. (Çapı 1,0 mm olan bir deney sondası girmemelidir.)
5	Toza karşı korumalı. (Cihazın uygun şekilde çalışmasına engel olacak veya güvenliğini bozacak miktarda toz girmemelidir.)	5	Tehlikeli bölümlere bir tel ile erişmeye karşı korumalı. (Çapı 1,0 mm olan bir deney sondası girmemelidir.)
6	Toz geçirmez. (Bkz. Ek-2)	6	Tehlikeli bölümlere bir tel ile erişmeye karşı korumalı.

Çizelge 5 IP koruma sınıfları ikinci rakam açıklamaları

2. RAKAM	
MAHFAZANIN SUYA KARŞI KORUMA DERECEŚİ	
RAKAM	AÇIKLAMA
0 (X)	Korumasız.
1	Düşey olarak düşen su damlalarına karşı korumalı.
2	Mahfaza 15 dereceye kadar eğik iken düşen olarak akan su damlalarına karşı korumalı.
3	Su püskürtmesine karşı korumalı. <i>(Düşey doğrultunun her iki tarafında 60 derecelik açı içindeki su püskürtmelerinin hiçbir Zararlı etkisi olmamalıdır.)</i>
4	Su sıçramasına karşı korumalı. <i>(Mahfazaya karşı herhangi bir doğrultudan sıçrayan suyun zararlı etkisi olmamalıdır. Bkz. Ek-3.)</i>
5	Su fişkırtmasına karşı korumalı. <i>(Mahfazaya karşı herhangi bir doğrultudan fişkıran suyun zararlı etkisi olmamalıdır.)</i>
6	Güçlü su fişkırtmasına karşı korumalı. <i>(Mahfazaya karşı herhangi bir doğrultudan fişkıran suyun zararlı etkisi olmamalıdır.)</i>
7	Suya geçici daldırma etkilerine karşı korumalı.
8	Suya sürekli daldırma etkilerine karşı korumalı.

Çizelge 6 IP koruma sınıfları ilave harf açıklamaları

İLAVE HARF	
TEHLİKELİ BÖLÜMLERE ERİŞMEYE KARŞI KORUMA DERECEİ	
İLAVE HARF	AÇIKLAMA
A	Tehlikeli bölümlere elin dışıyla erişmeye karşı korumalı <i>(Küre çapı 50 mm olan erişme sondası tehlikeli bölümlerden yeterli aralıkla ayrılmış olmalıdır.)</i>
B	Tehlikeli bölümlere bir parmak ile erişmeye karşı korumalı <i>(Çapı 12 mm. uzunluğu 80 mm olan eklemlerle bir deney parmağı tehlikeli bölümlerden yeterli aralıkla ayrılmış olmalıdır.)</i>
C	Tehlikeli bölümlere bir alet ile erişmeye karşı korumalı. <i>(Çapı 2,5 mm uzunluğu 100 mm. olan bir deney sondası, tehlikeli bölümlerden yeterli aralıkla ayrılmış olmalıdır.)</i>
D	Tehlikeli bölümlere bir tel ile erişmeye karşı korumalı. <i>(Çapı 1,0 mm uzunluğu 100 mm. olan bir deney sondası, tehlikeli bölümlerden yeterli aralıkla ayrılmış olmalıdır.)</i>



Ek-2 Koruma sınıfı düşük muhafaza



Ek-3 Koruma sınıfı yüksek muhafaza

Elektriksel ve cihaz korumalarının yanı sıra cihazın teknik özelliklerinde ki birçok özellikte belirleyicidir. Teknik özelliklerden en önemlileri cihazların örnekleme aralıkları ve örnekleme sayılarıdır. Her yöntem için uygulanabilen örnekleme aralıkları farklıdır. Cihazların hassasiyet ve çözünürlükleri yöntemin sonuçlarını direkt olarak etkilemektedir. Başka bir önemli unsur ise cihazların çevre koşullarından etkilenmemesidir. Genelde açık hava da çalışıldığı için iklim şartlarından etkilenmemelidir. Bununla birlikte ADC işlemcisinin bit değeri önemli bir değerdir. Bunun değerlerine bakılmalıdır. Bit değerinin 16 ile 24 olmasına dikkat edilmelidir. ADC'yi yapacak olan işlemcinin Delta-Sigma modülasyonu yapıyor olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca çözünürlük değerindeki hata oranlarının oldukça düşük olması gerekmektedir. Bu hata oranının $\pm 0.1-0.2$ değerlerinde arasındaki hata oranı kabul edilebilir değerler arasında yer almaktadır.

Bir diğer önemli faktör ise cihazların sinyal gürültü oranıdır. S/N olarak bilinen bu oran $1\mu V$ 'un üstünde olmamalıdır. Ayrıca alınan ölçümlerin bütün frekanslarına uygulanabilmelidir. Şehir şebekesine yakın yerlerde çalışılacağı için 50Hz veya 60Hz filtreleme yapıyor olması da verilerin daha güvenilir olması sağlamaktadır.

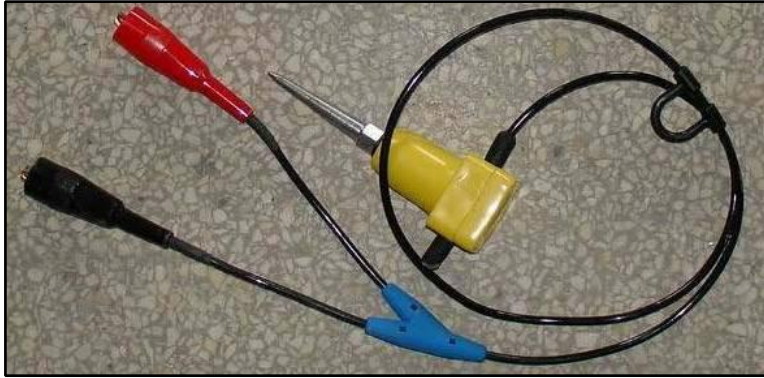
Arazide genelde hızlı olunması gerektiğinden tercih edilecek cihazın pratik kullanışlı olması gerekmektedir. Bunu sağlayan koşullar ise cihazın ve ekipmanların hafif olması gerektiğidir. 4kg'ın üstündeki ölçüm cihazları uzun çalışmalarda yorucu ve uzun süreleri işleri aksatmaktadır. Araştırma derinliğinin fazla olabilmesi için elinizde bulunan ekipmanlarında güçlü ve fazla olması gereklidir. Arazide kullanılacak ekipmanlar ne kadar pratik ve kullanışlı olursa işlemler o kadar çabuk gerçekleşmektedir.

Örneğin sismik bir çalışma yaparken jeofonları ana kabloya bağlamanın iki farklı yolu vardır.

1- Maşalı Sistem (Ek-4)

2- Soketli Sistem (Ek-5)

Maşalı sistem jeofon çekirdeğinde gelen artı ve eksi uçları iki farklı maşa ile ana kabloya bağlarken, soketli sistem ise soket şeklinde olup bağlantılar daha sağlıklı ve hızlı bir şekilde gerçekleştirecektir.



Ek-4 Maşalı sistem



Ek-5 Soketli sistem

Eğer dahili bir bataryası var ise 6 veya 8 hücreli Lityum bataryalar tercih edilmelidir. Son yıllarda üretilen ölçüm cihazları ileri teknoloji ürünleri oldukları için enerji ihtiyaçları oldukça azdır. Hatta yeni üretilen ürünlerin bir kısmında cihaz şarjına bile ihtiyaç duymamaktadır. Arazi çalışan jeofizik mühendisleri için elektrik ihtiyacı her zaman sıkıntı yaratmıştır. Bunun önüne geçmek sıkıntılar çözmek için tercih edilecek cihazın mümkün olduğu kadar az enerji tüketimine özen gösterilmelidir.

Sıcaklık her zaman elektronik cihazların performansını etkileyen önemli bir etken olmuştur. Çalışma sıcaklığı olarak -20°C ile +60°C arası uygun çalışma sıcaklığı olarak kabul edilebilir.

Günümüzde kullanılan ekipmanların bir kısmı arazide toplanan verileri kendi hafızasına toplarken bazıları ise harici bir bilgisayar içerisindeki kayıt ünitelerine kaydetmektedir. Bilgisayar ile kayıt ve yönetme işlemini gerçekleştiren cihazlarda dikkat edilmesi gereken bilgisayarın sağlıklı bir şekilde çalışıyor olmasıdır. Eğer bilgisayarda bir problem oluşursa arazide yapılan ölçümlerin kaydedilmesi mümkün olmayabilir.

Çalışılacak cihazın test ve kalibrasyonu önemli bir unsurdur. Cihazların TSE standartlarında olan ürünler olması gerekmektedir. Resmi olarak olmasa da Jeofizik Mühendisleri Odası tarafından onay verilmiş cihazlar olmalıdır. CE belgeleri olmalıdır. Bazı ürünlerden ilgili bakanlıklarca onaylanabilmektedir. Eğer tercih sebebi olacaksa diğer onaylı evrakların da olması gereklidir.

Tüketici hakları gereği alınan her ürünün en az 24 ay garantisi vardır. Ayrıca genellikle temin edilen ürünler yurt dışı kökenli oldukları için herhangi bir arıza durumunda tedarikçi firmaların teknik servis konumları ve yasal izinleri sorgulanmalıdır. Eğer yetkili sağlayıcı değilse ise ürün mutlaka yurt dışında işlem görecektir. Bu da gerek maddi gerekse zaman olarak oldukça fazla kayıplara yol açacaktır.

4.2. Ölçüm Cihazı Tasarımı ve Yöntemlere Uygulanması

Ölçüm cihazı tasarımı yapılırken öncelikle hangi yöntem üzerinde uygulanılacağına karar verilmesi gerekmektedir. Yöntem uygulaması karar verildikten sonra o yöntemin çalışma tekniğine ve ölçüm parametrelerine uygun ekipmanlar ile çalışılmalıdır. Tasarımın temelinde yer altından alınacak olan analog veriler sayısal hale dönüştürüleceği için öncelikle ADC arabirim ünitesinin ne kullanılacağı belirlenmelidir. Örneğin bir sismograf yapılırken en az 12 analog girişi bulunan 24bit Delta-Sigma ADC kullanılması uygun olurken, manyetometre yapımında 1 analog kanallı 16bit ADC yeterli olacaktır. Yöntem belirlendikten sonra tasarlanılacak olan cihazın hangi protokoller ile haberleşeceği, sensörlerin içeriği ve hassasiyeti gibi konular üzerinde dikkatlice düşünülmelidir. Cihazın elektronik tasarımının yanında bir önceki bölümde bahsettiğimiz gibi korumak için gerekli taşıma çantası ve muhafazası için de belirlemeler yapılmalıdır.

Cihaz tasarımı yapıldıktan sonra test işlemleri yapılmalıdır. Bu işlemler aynı yöntemle aynı noktada kontrollü denemeler neticesinde belirlenmelidir. Şu unutulmamalıdır ki “ her ölçülen değer doğru değer değildir.” Bu yüzden aynı işleve sahip diğer ölçüm cihazları ile aynı noktada ölçümler yapılmamalıdır. Ölçülen değerlerin doğruluğunu belirledikten sonra cihaz arazi şartlarına dayanacak şekilde kalibrasyonu yapılarak hazır hale getirilmelidir. Test aşamasında çıkacak sorunlar üzerinde tekrar düşünülmeli ve yenilemeye gidilmelidir.

4.3. Teknik ve Yöntem

Bu çalışma kapsamında doğru akım öz direnç yöntemi için bir cihaz tasarlanmıştır. Elektrik yöntemleri arasında bulunan öz direnç yönteminden daha önceki bölümlerde bahsedilmiştir. Tasarımı yapılan cihaz tasarım olarak yapılmıştır. Öz direnç ve SP değerlerini ölçmektedir. Alıcı ve verici ünitesi içerisinde olan cihaz bilgisayar bağlantılı olarak tasarlanmıştır. Bilgisayar üzerinde yazılan bir program ile bağlantı sağlamaktadır. Kontrol ve kayıt işlemleri bilgisayar üzerinde yapılmaktadır. Şekil-18’de gösterildiği gibi analog sayısal arabirim, kontrol ünitesi, yüksek voltaj ünitesi ve haberleşme ünitesi olarak dört ana bölümde tasarlanan cihaz USB 2.0 protokolü ile bilgisayara bağlanmaktadır. Bilgisayar üzerinde Logger Pro yazılımı yardımı ile yazılan program araziden alınan verileri modellemeye hazır hale getirmektedir.

Verici ünitesinin teknik özellikleri;

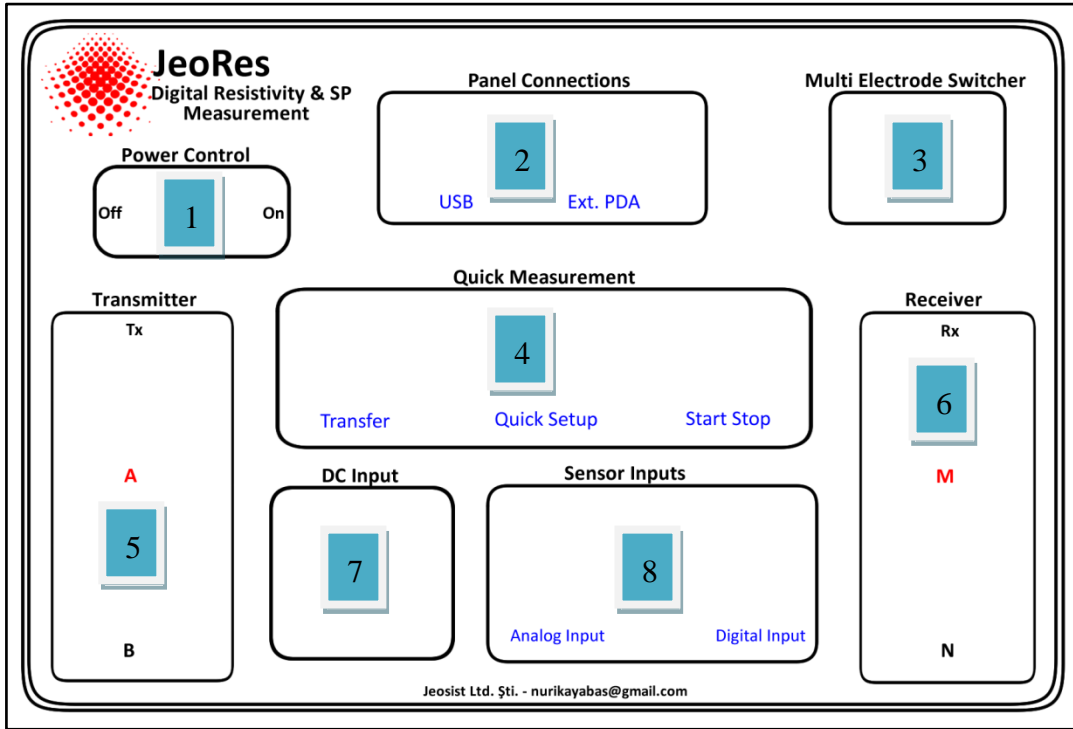
- Maksimum Akım : 1200mA
- Maksimum Voltaj : 300 V
- Akım Verme süresi : 0.0001s – 15s

Genel Özellikleri;

- 4 Analog Giriş
- 2 Sayısal Giriş
- 16 bit ADC (Analog Digital Converter)
- USB 2.0 Bağlantı ve External PDA Bağlantı
- Veri Aktarım, Hızlı Kurulum ve Başlangıç/Durdurma Düğmesi
- DC giriş
- HV (Yüksek Voltaj) Çıkış
- Tetikleme ve Yığma Özelliği
- Ortalama ve istatistik yazılımı
- Logger Pro Yazılım Desteği, LabView, Matlab Programlama Desteği
- Ön Veri işleme ve Düzenleme
- Windows XP, Vista (32 or 64-bit), Windows 7 (32 or 64-bit)
Mac OS X (10.4, 10.5, 10.6) desteği

JeoRes Özdirenç ve SP Ölçüm Cihazı resimleri ve ön panel Şekil-19'daki gibi tasarlanmıştır. Ön panel üzerinde sekiz farklı erişim paneli mevcuttur. Bunlar;

- 1- Power Control (Cihaz Açma – Kapama)
- 2- Panel Connections (Bilgisayar veya PDA erişim)
- 3- Multi Electrode Switcher (Çoklu Elektroda Geçiş)
- 4- Quick Measurement (Bilgisayarsız Hızlı Erişim)
- 5- Transmitter (Verici Ünite Çıkış AB)
- 6- Receiver (Alıcı Ünite Giriş MN)
- 7- DC Input (Doğru Akım Giriş 12 VDC)
- 8- Sensor Inputs (Analog ve Sayısal Sensör Girişleri)



Şekil – 19 Cihazın ön paneli

Ek-6 ve Ek-7’de JeoRes’in üstten ve panel çalışırken görüntüleri mevcuttur. Ek-8’de ise alüminyum muhafaza içerisindeki JeoRes görülmektedir.



Ek- 6 JeoRes ön panel resim



Ek-7 Cihaz panel üstten görünüşü

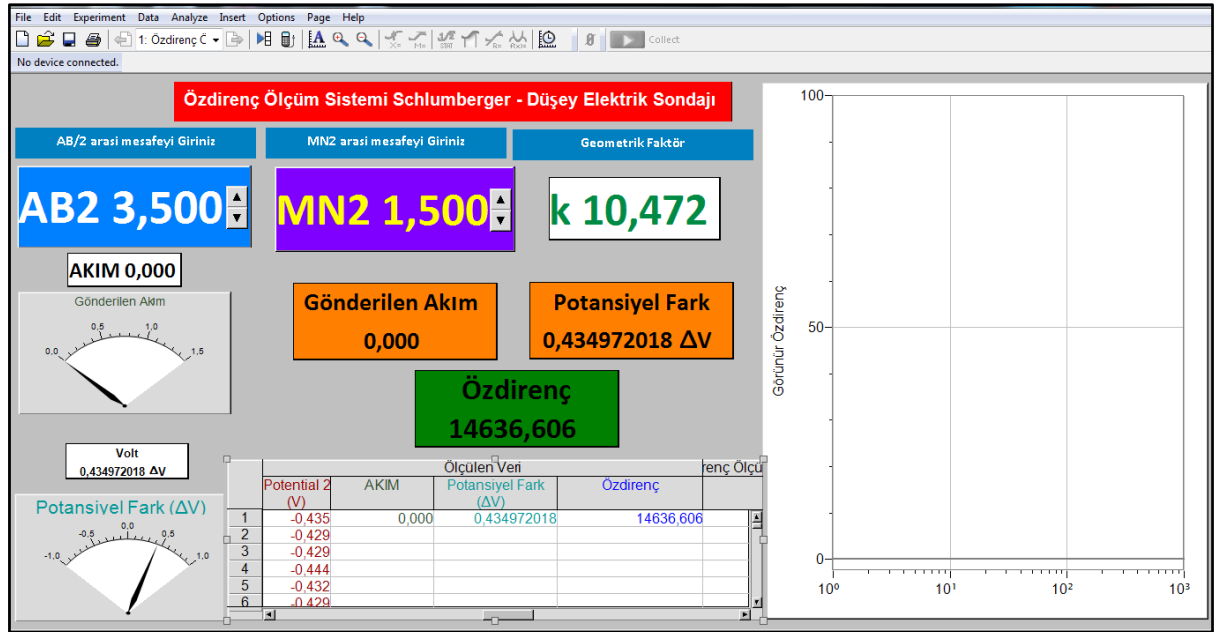


Ek - 8 Cihaz muhafaza

Jeores alüminyum muhafaza içerisinde bütünleşik olarak tasarlanmıştır. USB kablosu ve girişleri yardımı ile bilgisayara bağlanmaktadır. Logger Pro ile yazılan programda Düşey Elektrik Sondajı ile özdirenç hesaplaması yapacak şekilde programı oluşturulmuştur.

Oluşturulan program ile gönderilen akım değerleri ve yeraltından gelen potansiyel fark değerlerinin ortalaması alınarak, akım (I) ve potansiyel fark (ΔV) hesaplanmaktadır. Program otomatik olarak geometrik faktör (k) olarak bilinen geometrik faktör hesaplamasını da yapmaktadır. Sonrasında ise özdirenç hesaplamasını (ρ) gerçekleştirerek bir sonraki açılım için kayıt konumuna geçmektedir. Ekranda bulunan Görünür özdirenç-AB/2 logaritmik grafiğine ölçülen değerleri çizerek yorum yapmayı kolaylaştıracaktır.

Örnekleme aralıkları, örnek sayısı, tetikleme, alıcı verici tanımları, açma-kapama gibi birçok parametre bilgisayar üzerinden yazılan program ile kontrol edilmektedir.



Ek-9 Jeores bilgisayar yazılım programı

Logger Pro ile yazılan Ek-9'da ekran görüntüsü olan program ilerlemeye ve farklı ölçüm yöntemlerine geçiş için açık bir grafik programlama yazılımıdır. Örnek veriler Schlumberger Düşey Elektrik Sondajı (VES) için yazılmıştır. Aynı noktada yapılan ölçümlerde bir saniyede 100 tane ölçüm yaparak ortalama değerleri ekrana yazdırmaktadır.

4.4. Verilerin Kontrollü Olarak Toplanması

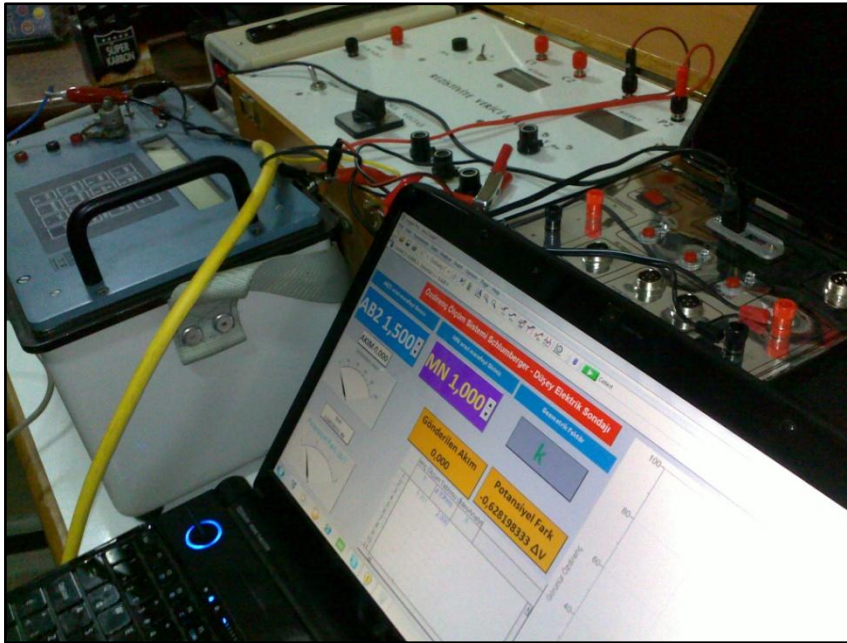
JeoRes, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Jeofizik Alet Tasarım, Bakım ve Onarım Laboratuvarında bulunan özdirenç test havuzunda testlere tabi tutulmuştur. Bu testler aynı noktalarda üç farklı cihaz ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Özdirenç ölçümlerinin test işlemleri üç farklı aşamada birbirini takiben ve eşzamanlı olarak gerçekleştirilmelidir (Brunner, 2001). Bunlar;

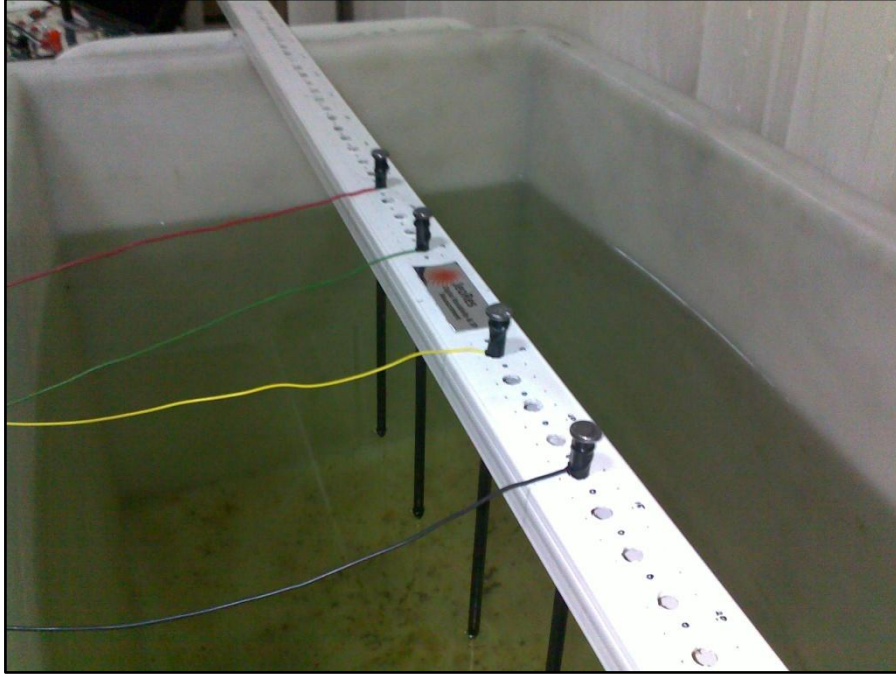
- 1- Kullanıma hazırlama
- 2- Gürültü Kontrolü
- 3- Cihazları Karşılaştırma şeklinde yapılmalıdır.

Yukarıda belirtilen üç aşamada testler gerçekleştirilmiştir. Kullanıma hazırlama aşamasında ürünlerin kalibrasyon işlemleri yapılmıştır. Sonrasında batarya ve topraklamaları gerçekleştirilmiştir. Kontrollü deneylerin gerçekleştirilebilmesi şartların aynı olması gerekmektedir. Bu yüzden kablo dirençlerinin aynı olması gerekmektedir.

Test kapsamında Ek-10 görülen JeoRes, DSİ yapımı tahta kutu ve IRIS Syscal ölçüm cihazları kullanılmıştır. Yapılan ölçümler test havuzunda hazırlanan Ek-11'deki ölçücüm düzeneği ile birlikte tuzlu su ile yapılmıştır.



Ek-10 Test cihazları



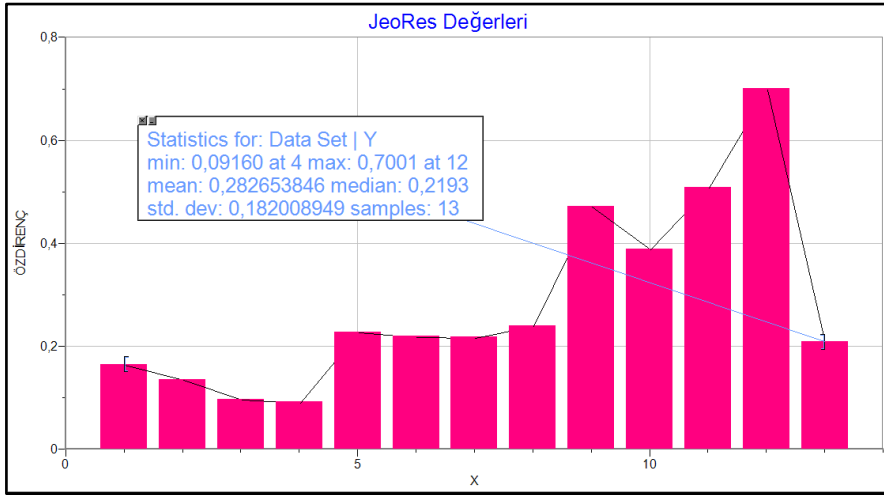
Ek-11 Test havuzu ve test düzeneği

Yapılan ölçümlerde farklı bir anomali aranmadığı yalnızca ölçüm farklılıkları aranacağı için herhangi bir yöntem esas olarak yapılmamıştır. Potansiyel ölçü alıcıları içeride, akım vericileri ise dışarıda olarak ölçüm alınmıştır. Aynı anda alınan ölçümlerin sonuç değerleri değerlendirilebilmesi için yalnızca alıcı üniteleri değerlendirilmiştir. Akım kaynağı olarak doğru akım kaynağı kullanılmıştır. Ölçümler sonucunda üç farklı cihazın verdiği sonuçlar Çizelge-7’de verilmiştir. Bu çizelgede ölçülen ve hesaplanana değerler irdelenmiştir.

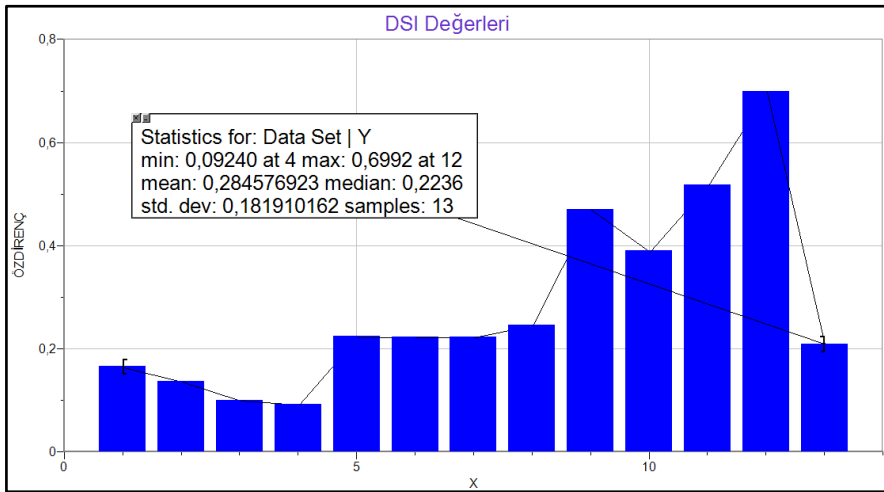
Çizelge 7 Karşılaştırma değerleri

Sıra No	Cihaz	AB/2(m)	MN/2(m)	Geo. Fak. (k)	Akım (I) A	Voltaj (ΔV) V	Özdirenç (ρ) Ωm
1	JeoRes	0.11	0.05	0.0379	0.1	0.434972018	0.1649
	DSI					0.4365	0.1654
	IRIS					0.4359	0.1652
2	JeoRes	0.15	0.05	0.0575	0.1	0.236464786	0.1360
	DSI					0.2387	0.1373
	IRIS					0.2376	0.1366
	JeoRes					0.117267744	0.0971

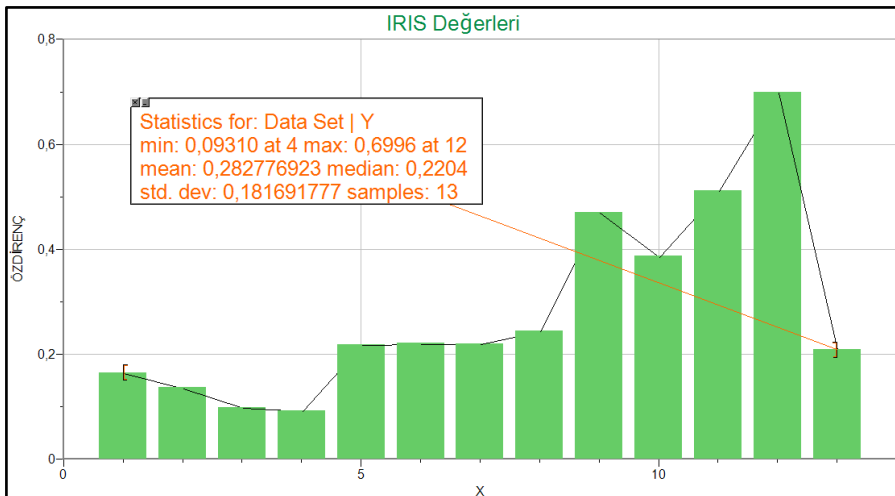
3	DSI	0.19	0.05	0.0745	0.09	0.1216	0.1007
	IRIS					0.1195	0.0989
4	JeoRes	0.25	0.05	0.0970	0.09	0.085001475	0.0916
	DSI					0.0875	0.0924
	IRIS					0.0864	0.0931
5	JeoRes	0.25	0.11	0.0877	0.09	0.227593926	0.2281
	DSI					0.2298	0.2239
	IRIS					0.2245	0.2188
6	JeoRes	0.31	0.11	0.1172	0.1	0.187142924	0.2193
	DSI					0.1901	0.2228
	IRIS					0.1886	0.2210
7	JeoRes	0.35	0.11	0.1354	0.09	0.144828706	0.2179
	DSI					0.1486	0.2236
	IRIS					0.1465	0.2204
8	JeoRes	0.45	0.11	0.1766	0.08	0.108860400	0.2403
	DSI					0.1117	0.2466
	IRIS					0.1106	0.2441
9	JeoRes	0.45	0.25	0.1341	0.08	0.281392386	0.4717
	DSI					0.2809	0.4709
	IRIS					0.2805	0.4702
10	JeoRes	0.35	0.25	0.0719	0.09	0.4872549	0.3893
	DSI					0.4882	0.3900
	IRIS					0.4842	0.3868
11	JeoRes	0.49	0.25	0.1570	0.08	0.259585744	0.5094
	DSI					0.2638	0.5177
	IRIS					0.2611	0.5124
12	JeoRes	0.51	0.35	0.1135	0.07	0.431782289	0.7001
	DSI					0.4312	0.6992
	IRIS					0.4315	0.6996
13	JeoRes	0.51	0.49	0.0155	0.07	0.942541372	0.2087
	DSI					0.9437	0.2090
	IRIS					0.9432	0.2089



Şekil-20 JeoRes tarafından ölçülen öz direnç değerleri ve istatistikleri



Şekil-21 DSI kutu tarafından ölçülen öz direnç değerleri ve istatistikleri



Şekil-22 IRIS tarafından ölçülen öz direnç değerleri ve istatistikleri

Şekil-20’de JeoRes, şekil-21’de DSI ve Şekil-22’de IRIS’in havuz içerisinde yapılan ölçümlerin grafikleri verilmiştir. Bir profil için on üç farklı noktadan ölçümler alınmıştır. JeoRes hassasiyeti 0.001 mV olduğundan dolayı nano voltluk bir hassasiyete sahiptir. Tabloda verilen potansiyel fark değerlerinde üç cihazında ölçümleri alınarak karşılaştırılmıştır.

4.5. Veri Testi ve Korelasyonu

Ortamın homojen olduğu bilindiği için tek tabakalı ortam gibi düşünebiliriz. Bu yüzden alınan bütün ölçümlerin ortalamasını alarak yorum yapabiliriz.

Aşağıda verilen tablo test havuzu içerisindeki tuzlu suyun ortalama özdirenç değerlerini göstermektedir. Ortalama değerlere bakılarak ölçülen değerlerin düşük olduğu belirlenmektedir. Deniz suyunun özdirencinin de düşük olduğu bilinmektedir. Deniz suyu içinde bulunan tuzun çözünme miktarına göre değişmekle birlikte ortalama özdirenci 0.2 Ωm – 1 Ωm arasında değişiklik göstermektedir.

Yapılan ölçümler sonucunda üç cihaz tarafından ölçülen özdirenç değerleri birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Tuzlu suyun özdirencinin düşük olduğu bilinmektedir. Çizelge-8’de gösterilen değerler alınan ölçümlerin ortalaması olarak verilmiştir. Kendi aralarında hata oranının %0.1-%0.5 arasında olduğu görülmüştür.

Çizelge 8 Ortalama özdirenç değerleri

	Cihazlar	En Küçük Değer	En Büyük Değer	Ortalama Değer
1	<i>JeoRes</i>	0.09061 Ωm	0.7001 Ωm	0.2826 Ωm
2	<i>DSI</i>	0.09240 Ωm	0.6992 Ωm	0.2845 Ωm
3	<i>IRIS</i>	0.09310 Ωm	0.6996 Ωm	0.2827 Ωm

Sonuç olarak JeoRes aldığı verileri analog sayısal çevirimi ile muadili diğer cihazlar ile aynı ölçümleri almaktadır. Arazi uygulamalarında da aynı sonuçları vereceği şüphesizdir.

4.6. JeoRes Veri Toplama Programı 2D-3D

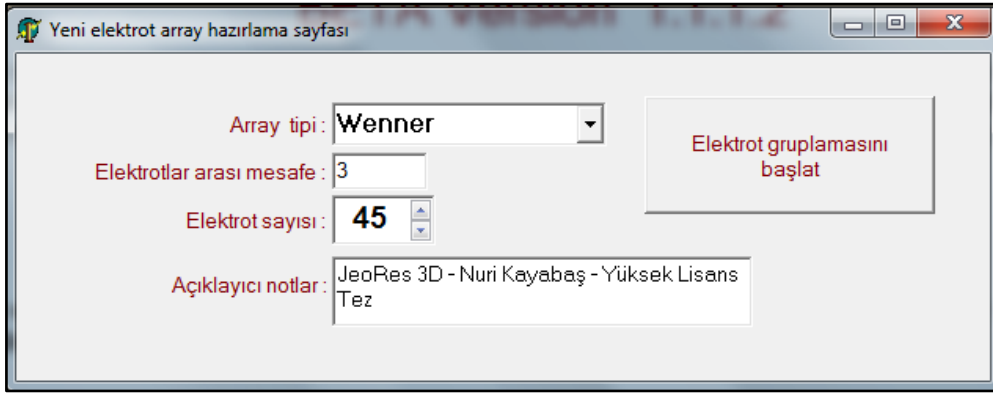
JeoRes ölçüm cihazlarının araştırma ve geliştirme çalışmaları hali hazırda devam etmektedir. JeoRes'in iyileştirilmesinde ikinci aşaması tek kanallı ölçüm yaptıktan sonra çok kanallı ölçümleri de yapabilir hale gelmesidir. Bunun sonucunda ise arazideki ölçüm tekniklerinin geliştirilmesi ve hızlanması artacaktır. Bu nedenle geliştirilen ve hala testleri süren JeoRes 3D Switcher üzerinde çalışılmaktadır. JeoRes 3D Switcher için aynı zamanda kendi iki boyutlu ve üç boyutlu veri toplama programı yazımı tamamlanmıştır.

Program kapsamında araziden gelecek verileri bir veri tabanına kaydederek JeoRes'in aldığı ölçümleri bilgisayar hafızasında tutarak ölçümleri daha hızlı ve güvenilir hale getirmesi amaçlanmıştır.

JeoRes 3D Switcher ile hedeflenen diğer bir ilke ise mevcut bir boyutlu cihazların çoklu elektrot haline getirilmesidir. Bunun için gerekli olacak bir anahtarlama ünitesi ve ona uygun çoklu ölçüm kablosudur. Basit değişim işlemi ile bir boyutlu cihazlar bu değişim yardımı ile çoklu elektrot haline gelebilecektir.

JeoRes 3D Switcher öz direnç yönteminde kullanılmak üzere bünyesinde yöntemleri bulundurmaktadır. Belirlenen yöntem seçildikten sonra otomatik olarak elektrot arası durumlardan geometrik faktör ve diğer hesaplamaları yaparak, bir tablo ve ölçüm algoritması oluşturulmaktadır. Ölçümün farklı algoritmalarla yapılmasının sebebi ise elektrotlar arasındaki polaritenin düzeltilmesidir.

JeoRes3D Yöntem tipinin, elektrot arası mesafenin ve elektrot sayısının bilgisi alındıktan sonra (Ek-12) seviye haritasını ve ilgili hücrenin elektrotlarını belirtir bir gruplama yapılmaktadır.

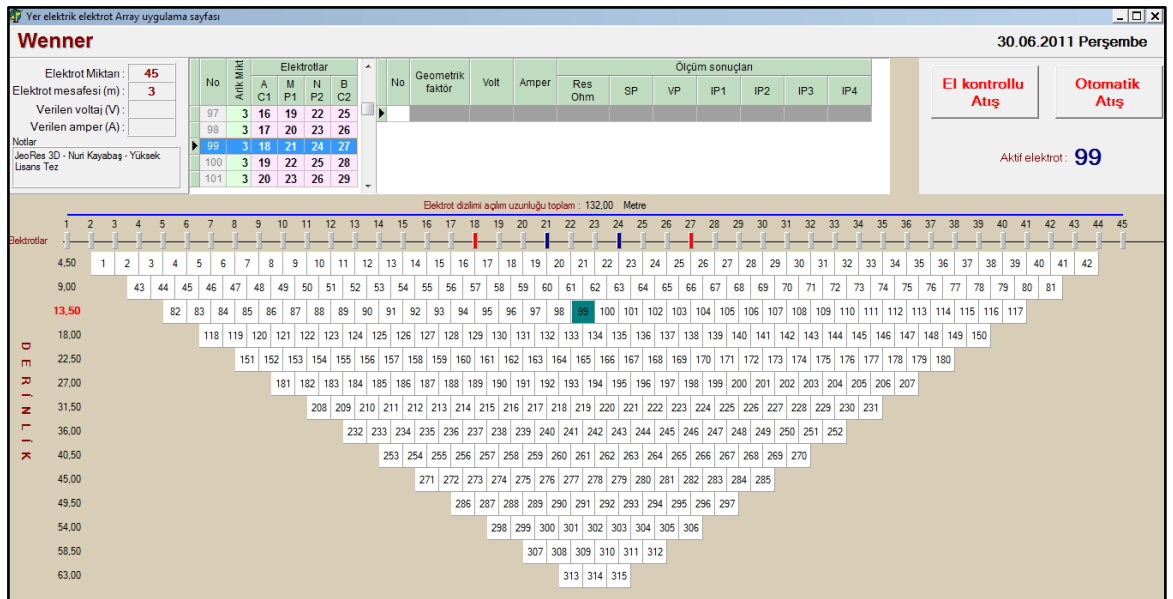


Ek- 12 JeoRes3D açılış ekranı

Yeraltında oluşturulan hücreler öz direnç kuramı gereği hangi elektrotların aktif edileceğini belirler (Ek-13). Bu belirleme ile JeoRes 3D iki farklı şekilde ölçüm yaptırabilme yeteneğine sahip olur :

- 1- Elle Kontrollü Atış
- 2- Otomatik Atış

Elle kontrollü atış için herhangi bir elektrot grubunu aktif hale getirmeniz ve JeoRes Ölçüm cihazından ölçümü yapmanız gerekmektedir. Otomatik yaparken ise sürekli olarak belirlenen bütün hücreler için ölçüm sayısı kadar akım gönderir ve ölçüm yapar. Ölçüm sonucu hesaplanan görünür öz direnç değerlerini $I, \Delta V$, $AB/2$, MN , SP , IP ve k değerlerini Excel formatında kayıt altına alınır.



Ek-13 JeoRes 3D veri toplama programı elektrot dizilimi

Yukarıdaki örnekte 45 elektrot için 315 tane farklı ölçüm gerçekleştirilerek seviye haritasını oluşturulmaktadır. Daha sonrasında, yorum programlarına hazırlık için veri seti kaydedilir. Programın modelleme bölümü henüz eklenmemiştir. İki boyutlu ve üç boyutlu ters çözüm algoritmasının eklenmesi ile hem veri toplama hem de yorumlama programı haline getirilmesi dahil edilmesi planlanan hedefler arasındadır.

4.7. Programın Uygulanabilirliği

Kullanım açısından hızlı ve güvenilir bir yazılım ortaya çıkmıştır. Hem eğitim faaliyetlerinde hem de arazi uygulamalarında kullanılabilir. Ayrıca ölçüm cihazının veri kalitesine bağlı olarak kadar veri hazırlayabilmektedir. Ölçüm cihazının aldığı veri ne kadar iyiye JeoRes 3D o kadar iyi sonuçlar üretebilmektedir. JeoRes 3D Switcher mevcut cihazlar üzerinde elektronik değişiklikler yapılarak uygulanabilir hale getirilebilmektedir.

Bilindiği gibi çoklu elektrot yönteminde araştırma derinliği sığ kalmaktadır. JeoRes 3D çoklu elektrot yönteminden farklı olarak çok elektrotla geleneksel yöntemlerin uygulamasını yapmaktadır. Bu yüzden araştırma derinliği yöntemin müsaade ettiği kadar olacaktır. Kuramsal olarak $AB/2$ mesafesinin $1/3$ kadar olmaktadır.

JeoRes 3D ve JeoRes Switcher bir tasarımdan çok yapılan işlerde maddi kazançlar sağlamayı ve zaman kazanmayı hedefleyen bir modelin ürünüdür. Bu anlamda geliştirilmesi ve uygulanabilmesi için bir engel görülmemektedir.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Cihaz Seçiminin Doğru Yapılmasının Önemi

Yer altından alınan ölçümlerin hassas veriler olduğunu bilmekteyiz. Arazi de kullanılacak olan cihazların ve diğer aksesuarların seçimi yapılırken öncelikle verinin kaliteli (S/N yüksek) olmasına dikkat edilmelidir. Verilerimiz ne kadar doğru olursa o kadar hassas bir iş yapmış oluruz. Verilerimizin kaliteli olabilmesi için ölçüm cihazlarının düzenli ve iyi ölçü alabiliyor olması gerekmektedir. Bunun için cihazın ölçüm kalibrasyonlarının ve bakımlarının yapılması kesinlikle şarttır.

Ölçümlerin yanı sıra cihazların uzun ömürlü olabilmeleri için seçim yapılırken bütün korumaların yapılmış olması gerekmektedir. Bu korumalar elektronik devre korumaları ve fiziki korumalardır.

Yanlış cihaz seçimleri maddi kayıplara sebep olduğu gibi yapılan işlerde de zorluklar yaşatabilecektir. Yanlış ölçümler sonucu gerçekliği olmayan raporlar ortaya çıkacak hem suç işlemiş hem de gerçek mühendislikten uzak gerçeklikle bağdaşmayan çalışmalar yapılmış olunmaktadır.

Yukarıdaki sebeplerden dolayı, cihaz seçimi yapılırken öncelikle cihazın ihtiyaçları karşılayabilir olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Kalibrasyon ve test raporları önemli belgelerdir. Türkiye’de jeofizik ekipmanlarının henüz kalibrasyon ve testleri yapan bir kurum yoktur. Bu yüzden yerli yapım ürünlerde kalibrasyon ve test raporlarının yanı sıra arazisini bildiğiniz bir yerde yada güvendiğiniz kişilere test ettirilmesi bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. Yurt dışından gelen ürünlerde kalibrasyon ve test yapılarak gelmektedir. Bunun nedeni, gerekli denetim mekanizmalarının oluşmuş olmasıdır.

5.2 Analog Sayısal Çevrimin Önemi

Jeofizik ölçüm cihazı ve kayıtçılarında en önemli malzeme ADC olduğunu söyleyebiliriz. Cihaz içerisinde kullanılan ADC ne kadar iyiye o kadar iyi ölçüm alıyordur diyemeyiz. Dolayısıyla, cihazlar uygulanan yöntem ve yöntemin hassasiyeti kadar iyidir. Her yöntem için en iyi ADC kullanılmak zorunda değildir. Yöntemin veri kalitesi ve çokluğuna göre en uygun ADC seçimi elektronik olarak oluşacak olan tasarım sonucu ortaya konulmalıdır.

Analog verilerden sayısal verilere çevrim ne kadar hassas olursa o kadar iyi sonuçlar alınabilmektedir. Fakat jeofizik verilerinde her zaman fazlasına ihtiyacımız yoktur. Çünkü anomalinin ne olduğunu belirleyebilmek için gerekli ve yeterli olabilecek kapasitede ADC'ler mevcuttur. Bu ADC'lerin cihaza uygun yöntem ile uygulanmış olması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında tasarımı gerçekleştirilen JeoRes isimli öz direnç ve SP ölçüm cihazı 16bit ADC'si ile yeterli olduğunu göstermiştir. Mevcut kullanılan ADC ile yer altından gelebilecek voltaj değerlerinin ölçümlerini doğru bir şekilde yaptığını söyleyebiliriz. Bunun sonucunda yapılan yazılım ve hesaplanan öz direnç değerlerinin karşılaştırılmasında ise %0.01-%0.05'lik bir hata oranı ile karşılaşılmıştır. Bu oran jeofizik verilerinde yeteri kadar küçük hata oranları olarak kabul edilebilir. Bir ortamın fiziksel parametreleri belirlenirken dolaylı olarak hesaplanan değerler için öncelikle bilinen verileri diğerleri ile karşılaştırmalıyız. Bu çalışmada üç farklı cihaz ile ölçüm alınmış ve aynı değerle hesaplanmıştır. Bu da bize tasarımı yapılan örnek cihazın doğru sonuçlar elde ettiğini göstermektedir.

5.3 Örnek Tasarımın Sonuçları

JeoRes isimli ölçüm cihazı için en önemli sonuçlardan bir tanesi kendi başına geleneksel elektrik yöntemlerden hepsine uyarlanabilir olmasıdır. Ayrıca geliştirmeye açık bir kayıtçı olarak da tanımlanabilir. Uygun sensör ve kanal sayıları ile diğer ölçüm yöntemlerine uyarlanabilirler.

% 0.01 doğrusallığı ve 16 bit ADC'si ile arazi koşullarını uygun ve kullanılabilir bir cihazdır. JeoRes yazılımı ve çoklu elektrot için geliştirilmesi ile teknolojik ve hızlı bir alet olarak nitelendirilebilir. Saniyede 50.000 tane örnek alabiliyor olması ve 10^{-9} Volt duyarlılığa kadar hassas bir şekilde ölçüm alabiliyor olması jeofiziksel parametrelerin daha sağlıklı ölçülmesine imkan sağlamaktadır. Ayrıca sayısal olarak bütün verileri alabildiği için veri işlem aşaması için daha hızlı ve güvenilir çözümler sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Archie G. E., 1942. The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. *Petroleum Trans.*, (146): 54–62.
- Barker R. D., 1989. Depth of investigation of collinear symmetrical four-electrode arrays. *Geophysics*, 1031–1037.
- Barker R. D., 1997. Modern Geophysics in Engineering Geology. Electrical imaging and its application in engineering investigations, *The Geological Society*, 37–43.
- Brunner I., 2001. Beitrage zur geoelektrischen Potentialtomographie fur die Ermittlung von Leitf ahigkeitsunterschieden im Untergrund. Ph.D. thesis (Doktora Tezi) Fakultat fur Physik und Geowissenschaften. University of German.
- Cheng K., Simske, S. J., Isaacson, D., Newell, J. C., and Gisser, D. G. 1990. Errors due to measuring voltage on current-carrying electrodes in electric current computed tomography, 60–65.
- Lowrie, W. 1997. Fundamentals of Geophysics, Cambridge University Press. 1(4): 59-76.

Dey A., ve Morrison H. F., 1979. Resistivity modeling for arbitrarily shaped
threedimensional structures. *Geophysics*, 753–780.

Keçeli D. Ali , 2009. Uygulamalı Jeofizik Zemin Etütleri, 13-46. JFMO Eğitim Yayınları
ISBN978-9944-89-747-1

Keller G. V., ve Frischknecht F. C., 1966. Electrical methods in geophysical prospecting.
Pergamon Press, Oxford.

Loke M. H. 1999. Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies.
<http://www.abem.se>.

Razavi B., 1995. Principles of Data Conversion System Design, New York, NY:IEEE
Press, ISBN 0-7803-1093-4

Telford W. M., Geldart L. P. ve Sheriff, R. E. 1990. Applied Geophysics. Cambridge
University Press. 5(2): 86-112

ÇİZELGELER

Sayfa No

Çizelge-1 Zamana karşılık Genlik Değerleri Örnek Veri Seti.....	6
Çizelge-2 ADC bit çözünürlük değerleri.....	8
Çizelge-3 Maden mineral elektriksel özellikleri (Keçeli A. 2009).....	15
Çizelge-4 IP koruma sınıfları ilk rakam açıklamaları.....	28
Çizelge-5 IP koruma sınıfları ikinci rakam açıklamaları.....	29
Çizelge-6 IP koruma sınıfları ilave harf açıklamaları.....	30
Çizelge-7 Karşılaştırma değerleri.....	41
Çizelge-8 Ortalama Özdirenç Değerleri.....	44

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil-1 Jeofon İç Yapısı.....	4
Şekil-2 Örnek Deprem Kaydı ve Dalga Şekilleri.....	5
Şekil-3 Örnek Veri Seti Grafiği.....	7
Şekil-4 3bit ADC Blok Diagramı.....	10
Şekil-5 Analog Giriş ve Sayısal Çıkış Değer Grafiği.....	10
Şekil-6 Delta Sigma Modülasyonu ADC blok diyagramı.....	12
Şekil-7 1bit DAC için Delta Sigma Blok Diyagramı.....	12
Şekil-8 Analog Sinüs Eğrisine uygulanmış Delta Sigma Modülasyonu.....	13
Şekil-9 Yeraltında elektrik akımı ve oluşan voltaj eğrileri gösterimi.....	15
Şekil-10 Bir boyutlu görünür Özdirenç Eğrisi.....	18
Şekil-11 İki Boyutlu Özdirenç Seviye Haritası ve Ters Çözümü.....	18
Şekil-12 Üç Boyutlu Özdirenç Verisi Ters Çözümü.....	19
Şekil-13 Self Potansiyel – SP Grafiği	20
Şekil-14 12 Kanallı bir Sismik Kayıt Örneği.....	22
Şekil-15 MASW ham veri kaydı örneği.....	24
Şekil-16 Spectrumu alınmış MASW kaydı.....	24
Şekil-16 Yüzey Dalgası Dispersiyon Eğrisi	25
Şekil-17 Derinlik Hız Kesiti	25
Şekil- 18 Cihaz Tasarım Algoritması.....	35

Şekil-19 Cihazın Ön Paneli.....	37
Şekil-20 JeoRes tarafından ölçülen öz direnç değerleri ve istatistikleri.....	43
Şekil-21 DSI Kutu tarafından ölçülen öz direnç değerleri ve istatistikleri.....	43
Şekil-22 IRIS tarafından ölçülen öz direnç değerleri ve istatistikleri.....	43

EKLER**Sayfa No**

Ek-1 Yüzey Dalgası Analizi (MASW) Çalışma Alanı Uydu Görüntüsü.....	23
Ek-2 Koruma Sınıfı Düşük Muhafaza.....	30
Ek-3 Koruma Sınıfı Yüksek Muhafaza.....	31
Ek-4 Maşalı Sistem.....	32
Ek-5 Soketli sistem.....	32
Ek- 6 JeoRes Ön Panel Resim.....	37
Ek-7 Cihaz Panel Üstten Görünüşü.....	38
Ek- 8 Cihaz Muhafaza.....	38
Ek-9 JeoRes Bilgisayar Yazılım Programı.....	39
Ek-10 Test Cihazları.....	40
Ek-11 Test Havuzu ve Test Düzeneği.....	41
Ek- 12 JeoRes3D Açılış Ekranı.....	46
Ek-13 JeoRes 3D Veri Toplama Programı Elektrot Dizilimi.....	46

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER:

Adı Soyadı : Nuri KAYABAŞ
Doğum Yeri : Merkez / Burdur
Doğum Tarihi : 25/03/1984

EĞİTİM DURUMU:

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Fizik Anabilim Dalı
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İŞ DENEYİMİ :

- Gökçeada Atatürk Anadolu Öğretmen Lisesi – Fizik Öğretmeni 2006-2010
- Erayser Ltd. Şti. – Satış Koordinatörü- 2010-..
- Jeosist Ltd. Şti – Eğitim Teknik Hizmetler Koordinasyon Müdürü 2007-..

BİLİMSEL FAALİYETLERİ:

-

İLETİŞİM BİLGİLERİ:

E-posta : nurikayabas@gmail.com