

**ANKARA METRO GÜZERGAHLARINDA SPT-V_s KORELASYONU
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

Kürşat AYDIN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2010
ANKARA**

Kürşat AYDIN tarafından hazırlanan ANKARA METRO GÜZERGAHLARINDA SPT-Vs KORELASYONU ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Süleyman PAMPAL

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Nail ÜNSAL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü

Prof. Dr. Süleyman PAMPAL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü

Öğr.Gör. Dr. Ünsal SOYGÜR

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Tarih: 28 / 05 / 2010

Prof. Dr. Bilal TOKLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Kürşat AYDIN

**ANKARA METRO GÜZERGAHLARINDA SPT-Vs KORELASYONU
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA
(Yüksek Lisans Tezi)**

Kürşat AYDIN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Mayıs 2010

ÖZET

Kayma dalgası hızı, depreme dayanıklı yapı tasarımı için bilinmesi gereken kayma modülü, elastisite modülü gibi zeminlerin dinamik özelliklerini belirlemede önemli bir parametredir. Geoteknik Deprem Mühendisliği'nde mikrobölgeleme çalışmalarında, sıvılaşma potansiyelinin tahmininde, zemin hakim periyodunun, zemin büyütmesinin, ana kayada alınan bir tasarım depreminin yüzeye yakın tabakalarda oluşturacağı gerilmelerin ve deprem özelliklerinin hesaplanmasında kayma dalgası hızı kullanılmaktadır. Kayma dalgası ölçüm yöntemlerinden yüzey sismik yöntemlerin uygulamasında sondaj kuyusu gerekmemesi nedeniyle ekonomik açıdan büyük üstünlük sağlamakta olması nedeniyle deneysel yöntem olarak tercih edilmiştir. Sismik deney yöntemlerinin maliyetinin diğer arazi deneylerine göre pahalı oluşu, bu deneylerin genellikle daha önemli projelerde tercih edilmesine yol açmakta, arazi sismik deneylerinin yapılamadığı veya sınırlı sayıda yapıldığı durumlarda da kayma dalgası hızının tahmin edilebilme gereği, kayma dalgası hızı ile diğer deney sonuçları arasında ilişkiler aranmasına neden oluşturmaktadır. Kaba daneli zeminlerin yerleşim sıklığının, ince daneli zeminlerin kıvamının yerinde belirlenmesi amacıyla sondaj kuyuları içinde uygulanan Standart Penetrasyon Deneyinin sonuçları ile kayma dalgası hızı arasındaki ilişkiler, birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. SPT-N sayısına etkiyen faktörlerin kayma dalgası hızını da etkilediği belirlenmiştir. Bu çalışmada da Ankara'da metro

istasyonlarında yapılmış olan mevcut ölçülen SPT-N ile bu metro istasyonlarında yapılan yüzey sismik deney yöntemiyle elde edilen kayma dalgası hızlarının değişimi incelenerek, verilerin birbirleriyle olan ilişkileri ve anlamlılıkları istatistiksel olarak incelenmiştir. Ankara'daki zeminlerinde kayma dalgası hızının, SPT-N sayısına bağlı olarak pratik amaçlar doğrultusunda tahmin edilerek kullanılacak bağıntılar geliştirilmiştir. Ayrıca, bu tür korelasyonlar önceki çalışmalarla karşılaştırmaları yapılmıştır.

Bilim Kodu : 911.1.050
Anahtar Kelimeler : SPT, kayma dalgası hızı , geoteknik
Sayfa Adedi : 106
Tez Yöneticisi : Prof.Dr. Süleyman PAMPAL

**A STUDY ON SPT-V_s CORRELATION ON ANKARA SUBWAY ROUTES
(M.Sc.Thesis)**

Kürşat AYDIN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL SCIENCES**

May 2010

ABSTRACT

Shear modulus which should be known in earthquake-proof structural design, shear wave velocity is an important parameter like modulus of elasticity in determining the dynamic properties of soil. Shear wave velocity is used in microdistricting studies in Geotechnical Earthquake Engineering, in predicting liquefaction potential, in assessing earthquake properties and stresses caused by a designed (virtual) earthquake towards surface layers on the main rock, in calculating predominant soil period and soil amplification. In-situ seismic methods which is one of the shear wave measuring methods, don't require drilling wells. It is, therefore, preferred as an experimental method which offers great superiority from economic viewpoint. On the other hand, due to expense of in-situ seismic experiments compared to other site experiments, they are rather preferred in more important projects. When in-situ seismic experiments prove impossible or limited, the necessity to assess the shear wave velocity is causing to look for relations between shear wave velocity and other experimental results. Many researchers have reviewed the correlations between the results of the shear wave velocity and the standart penetration test applied in the drilling wells in order to specify the distiribution intensity of the coarse grained soils and the consistency of fine grained soils in-situ. The factors influencing the SPT-N value have been identified to also affect the shear wave velocity. In this study, variation of shear wave velocities obtained by in-situ seismic methods with existing measured SPT-N values in Ankara subway routes

has been examined and then the correlations and the meaningfulness of the obtained data has been reviewed. Relations have been improved to be used for practical requirements on guessing the variation of SPT-N values with the shear wave velocity in Ankara soils. Furthermore, such correlations have been compared to the former studies.

Science Code : 911.1.050
Key Word : SPT, velocity of slipping wave, geotechnical
Page Number : 106
Adviser : Prof.Dr. Süleyman PAMPAL

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Süleyman PAMPAL kullandığım programlar ve analizler ile ilgili olarak desteklerinden yararlandığım Araştırma Görevlisi Cem GEL'e, kaynak elde etme aşamasında desteklerini esirgemeyen EGO Genel Müdürlüğü Ulaőtım Daire Başkanlığı çalıőanlarına teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN TANITIMI	5
2.1. Genel Konum	5
2.2. Genel Jeolojik Durum	8
2.2.1. Dikmen grovıkları	8
2.2.2. J ura yaşlı kaya birimleri	8
2.2.3. Ofiyolitli melanj	9
2.2.4. Paleosen-eosen birimleri	9
2.2.5 Miyosen volkanoklastikleri	9
2.2.6 Üst pliyosen gölssel kireçtaşı ve marnları	10
2.2.7 Taraça depoları	10
2.2.8 Güncel alüvyonlar	11
2.3 Yapısal Jeoloji	11
2.4. Çalışma Bölgesi ve Cıvarı Depremselliği	14
2.5. Çalışma Bölgesi Civarındaki Sismik Kaynaklar	14

	Sayfa
2.5.1. Kuzey anadolu fay sistemi	15
2.5.2. Haymana bölgesi fayları	15
2.5.3. Tuz gölü fayı	16
3. ZEMİNLERDE KAYMA DALGASI HIZI İLE SPT-N KORELASYON ÇALIŞMALARI	17
3.1 Giriş.....	17
3.2 Sismik Dalga Hızları ve SPT-N Korelasyonları ile İlgili Çalışmalar	20
4. ÇALIŞMA ALANINDA ÖLÇÜLEN KAYMA DALGASI HIZLARI VE SPT-N DEĞELERİ.....	34
4.1 Giriş.....	34
4.2 Yüzey Kırılma Deneyleri ve Sonuçları.....	36
4.3. Standart Penetrasyon Deneyleri (SPT)	38
4.3.1. SPT deneyinin uygulanması.....	42
4.3.2. Standart penetrasyon deneyine etkiyen faktörler	42
4.3.3. SPT deney sonuçlarına (darbe sayısı $N^{3\circ}$) ilişkin düzeltmeler.....	44
5. ARAZİ ÇALIŞMALARIYLA ELDE EDİLEN VERİLERİN DEĞERLEN DİRİLMESİ	49
5.1 Giriş.....	49
5.2 SPT-N Darbe Sayısı ve V_s Kayma Dalgası Hızı	49
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	54
EKLER.....	60
EK-1. Ortamala SPT-N değerinin hesaplanması ve diğer korelasyonlarla karşılaştırılması	61
EK-2. V_s ölçümleri sırasında oluşturulan atış grafikleri.....	62
EK-3. V_s ölçümleri sırasında elde edilen hız zaman grafikleri	93
EK-5. Arazi çalışmaları fotoğrafları	104

ÖZGEÇMİŞ 106

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. SPT-N ile Vs arasındaki önceki çalışmalara ait korelasyonlar toplu halde verilmiştir.	33
Çizelge 4.1 Yüzey kırılma yapılan metro istasyonlardaki Vs ortalama değerleri.....	37
Çizelge 4.2. Metro İstasyonlarında yapılan SPT-N sonuçları.....	48

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Ankara il merkezi ve ilçeleri haritası	7
Şekil 2.2. Ankara ili ve civarı topoğrafya haritası	7
Şekil 2.3. Ankara jeoloji haritası	14
Şekil 3.1. P-S ve yüzey dalgaları	18
Şekil 4.1 Sondaj ve yüzey kırılma deneyinin yapıldığı yerler.	35
Şekil 4.2. Batıkent metro istasyonunda alınan kayıtlara bir örnek (Düz atış).....	36
Şekil 4.3. Batıkent metro istasyonunda alınan kayıtlara bir örnek (Ters atış).....	38
Şekil 4.4. SPT deneyinin uygulanışı	40
Şekil 5.1. Nihai verilerle tüm zeminlere ait düzeltilmemiş SPT N ile Vs arasındaki ilişki	50
Şekil 5.2. Nihai verilerle tüm zeminlere ait düzeltilmiş SPT N ile Vs arasındaki ilişki	50
Şekil 5.3. Nihai verilerle kumlu zeminlere ait düzeltilmemiş SPT N ile Vs arasındaki ilişki	51
Şekil 5.4. Nihai verilerle kumlu zeminlere ait düzeltilmiş SPT N ile Vs arasındaki ilişki	51
Şekil 5.5. Nihai verilerle killi zeminlere ait düzeltilmiş SPT N ile Vs arasındaki ilişki	52
Şekil 5.6. Nihai verilerle killi zeminlere ait düzeltilmemiş SPT N ile Vs arasındaki ilişki	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
H	Derinlik
SPT-N	Standart penetrasyon deneyi darbe sayısı
N₁	Düzeltilmiş ortalama SPT-N değeri
qc	Koni penetrasyon uç mukavemeti
r	Pearson korelasyon katsayısı
V_s	Kayma dalgası hızı
σ_v	Efektif düşey gerilme

1.GİRİŞ

İnşaat mühendisliğinde depreme dayanıklı bina tasarımı çalışmalarında en önemli unsurlardan biri de zemin yapı ilişkisidir. Bu ilişkiyi doğru analiz edebilmek için zemin tabakalarının dinamik davranışlarının yeterli derinliğe kadar detaylı olarak belirlenmesi gerekmektedir. Deprem anında meydana gelebilecek yapısal hasarlara etki eden faktörlerden birisi de mevcut yapının oturduğu zemin kesitinde yer alan tabakaların davranışları ve yerel zemin koşullarıdır. Deprem sırasında bu zemin koşulları deprem kuvvetlerini sönmümlendirici ya da tam tersi artırıcı davranış gösterebilmektedir. Bütün bunlardan da anlaşılacağı gibi depreme dayanıklı yapı tasarımında zemin tabakalarının dinamik özelliklerinin önemi oldukça fazladır.

Zemin tabakalarının dinamik özellikleri laboratuvar ve arazide yapılan deneyler ile belirlenmektedir. Bu deney yöntemlerinin birbirlerine göre sınırlayıcı yada üstün olduğu taraflarda bulunmaktadır. Geoteknik mühendisliğinde, zemin numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçlarına ek olarak, ayrık daneli zeminlerde numune alma zorluğu, killi zeminlerde numunelerin örselenmesi sebebi ve arazi şartlarının bu deneylerde tekrar oluşturulma zorluklarından ayrıca zemin tabakalarının özelliklerini daha gerçekçi olarak belirlenebilmesi için arazi deneylerinin yapılması ve sonuçların birlikte değerlendirilmesi tercih edilmektedir. Arazi deney yöntemlerinde laboratuvardaki gibi gerilme şartlarının tekrar oluşturulma sorunuyla karşılaşmaz. Gerçek gerilme durumu ve anizotropi çoğu kez kendiliğinden sağlanır. Böylece zemin daha detaylı bir şekilde karakterize edilebilir. Ayrıca arazi deneylerinin sonuçları da hızlı olarak elde edilir. Bu yüzden arazi şartlarında gerçekleştirilen deneyler büyük önem taşımaktadır.

Zeminin en önemli dinamik özelliği kayma modülü(G) olup, kayma modülü ile kayma deformasyonunun değişimi laboratuvar deneyleri ile bulunurken, zeminin elastik davranış durumlarında ise ancak arazide düşük deformasyon genliklerinde ölçülen kayma dalgası hızından hesaplanmaktadır. Dinamik zemin özelliklerinin yerinde belirlenmesinde sismik arazi deneylerinden yaygın olarak faydalanılır. Özellikle, arazide sismik deneylerden bulunan ve geoteknik mühendisliğinde

zeminlerin önemli bir özelliğini temsil eden kayma dalgası hızı kullanılarak zemin tabakalaşması ve zemin cinsleri, gerilme-şekil değiştirme davranışını belirleyen dinamik kayma modülü, sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi, zemin hakim periyodu, anakaya deprem ivmesinin yüzeye taşınması ve zemin büyütmesi gibi zeminlerin önemli mühendislik özellikleri bulunabilir. Ancak sismik arazi deneylerinin maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu ve uygulanabilmeleri için kalifiye deney elemanlarına ihtiyaç duyulduğu bilinmektedir

Geoteknik incelemelerde, zeminlerin mukavemet özelliklerini yerinde belirleyebilmek amacıyla geliştirilen standart penetrasyon (SPT), koni penetrasyon (CPT) ve dinamik sonda (DS) gibi arazi deney teknikleride günümüzde sıkça kullanılmaktadır. Standart Penetrasyon (SPT), Koni Penetrasyon (CPT), Dinamik Sonda (DS) gibi arazi deneylerinden elde edilen zemin özellikleri ile aynı bölgede yapılan sismik deney sonuçlarından bulunan dinamik zemin özellikleri arasında korelasyonlar sağlanabilmektedir. Bu şekilde sismik deneylerin yapılmadığı durumlarda da dinamik zemin özellikleri yapılan standart arazi penetrasyon deney sonuçlarına bağlı olarak hesaplanabilir.

Geoteknik incelemelerde, özellikle SPT gibi arazi penetrasyon deneylerinin yaygın olarak kullanılmasına karşılık sismik deneyler daha önemli projelerde tercih edilmektedir. Sismik deneylerin uygulanmadığı veya sınırlı miktarda uygulandığı fakat diğer arazi deneylerinin yapıldığı durumlarda dinamik özelliklerin tahmin edilebilme gereği, bu özellikler ile arazide uygulanan çeşitli penetrasyon deney sonuçları arasında ilişkiler aranmasına yol açmıştır. Bu amaçla yapılan araştırmalar sonucunda çeşitli korelasyon eşitlikleri geliştirilmiştir. penetrasyon deneyleri ile sismik dalga hızları arasında üretilen bu korelasyonlardan elde edilen sonuçları, arazi sismik deneylerinden bulunanlar gibi değerlendirmek doğru olmamaktadır. Bununla birlikte bu korelasyonları, bir program çerçevesinde yürütülen arazi deney sonuçları ile birlikte kullanarak; dinamik zemin özellikleri hakkında bilgi edinilmesi, ölçülen hız değerlerinin kontrol edilmesi ve sismik deney programının desteklenmesi açısından yararlı olmaktadır [İyisan, 1996].

Yapılan bu tez çalışmasında da benzer bir yöntem uygulanabilmesi için çalışma alanı olarak Ankara yerleşim merkezi seçilmiştir. Seçilen bu bölgede farklı zemin türleri üzerinde yapılan sondaj ve SPT deney sonuçları ile bu sondaj noktalarında yüzey kırılma ve yansıma yöntemiyle ölçülen kayma dalgası hızları bulunarak bir veritabanı oluşturulmuştur. Bu çalışma kapsamında oluşturulan veritabanı üzerinde çeşitli istatistiksel değerlendirmeler yapılarak kayma dalgası hızı V_s ile SPT-N sayısı arasında korelasyonlar bulunmuştur.

Söz konusu bu çalışmada, deprem tehlikesi ve riski bir çok bilimsel çalışmayla ispat edilmiş Ankara kent merkezi yerleşim bölgesi için sismik mikrobölgeleme haritalarının derlenmesi ve bölge üzerinde yeni oluşturulacak yerleşim yerlerinde depreme dayanıklı yapı inşaatının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasının ilk bölümünde çalışma bölgesi olarak seçilen Ankara kentinin coğrafik özellikleri, jeolojik ve geoteknik özellikleriyle birlikte bölgenin Depremselliği detaylı bir şekilde aktarılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde arazide kayma dalgası hızının nasıl ölçüldüğü, çeşitli sismik ölçüm teknikleri ve dinamik özelliklerin belirlenmesinde kayma dalgası hızının kullanılması konusunda daha önceki çalışmalara detaylıca değinilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) anlatılarak mevcut SPT- N sayıları ile V_s kayma dalgası hızı arasındaki farklı bölgelerde yapılan geçmişten günümüze kadar yapılmış olan çeşitli korelasyonlar aktarılmıştır. Ayrıca bu korelasyonlara etkiyen faktörler incelenerek bu faktörlerin önemi belirtilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde Ankara kent merkezi yerleşim alanında belirlenen farklı zemin tabakları üzerinde yapılan sondaj çalışmaları ve bu sondajlardan elde edilen SPT sonuçlarına ilişkin verilerin sağlanması ayrıca sondaj noktalarında yapılan sismik ölçüm ve bu ölçümler sonucu elde edilen V_s kayma dalgası hızları verilerinin elde edilmesi konusuna detaylıca değinilmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünde ise dördüncü bölümden elde edilen verilerin istatistiksel incelemesi yapılarak Vs kayma dalgası hızının SPT-N sayısı kullanılarak bulunmasına yönelik korelasyonlar geliştirilmiştir. İstatistik biliminden bahsedilerek analizde kullanılan yöntem detaylı olarak anlatılmıştır.

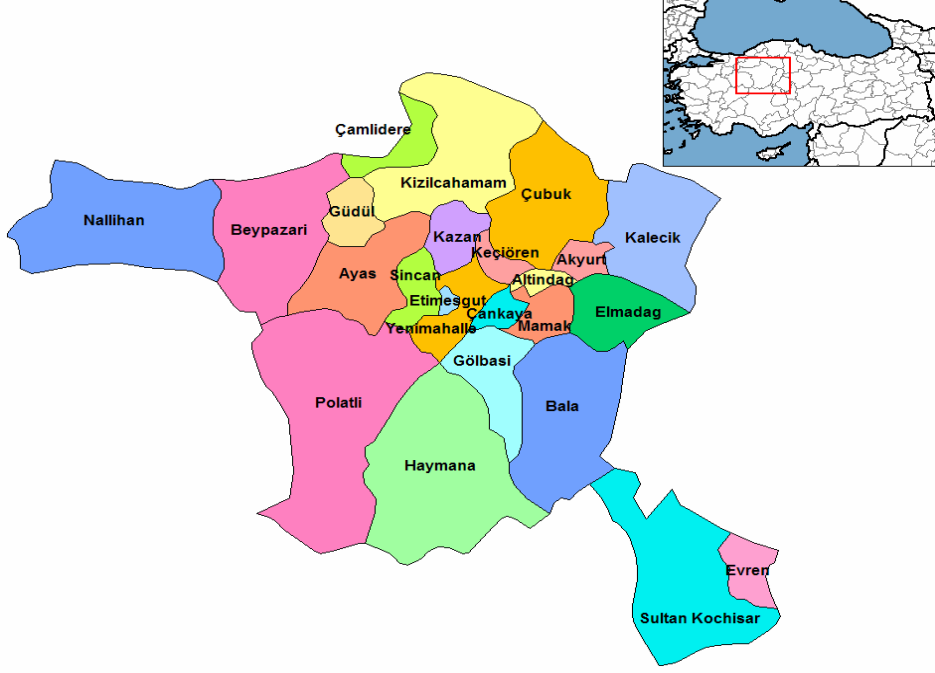
Çalışmanın sonuç bölümünde ise elde edilen tüm korelasyonların geçmiş yıllarda yapılmış diğer bağıntılarla karşılaştırılması ve geoteknik mühendisliği açısından yorumlanması yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen korelasyonların pratik amaçlar doğrultusunda Vs kayma dalgası hızını tahmin etmede kullanılabileceği bundan sonra bu bölgede yapılacak diğer çalışmalara yapacağı katkılar değerlendirilmiştir.

2. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN TANITIMI

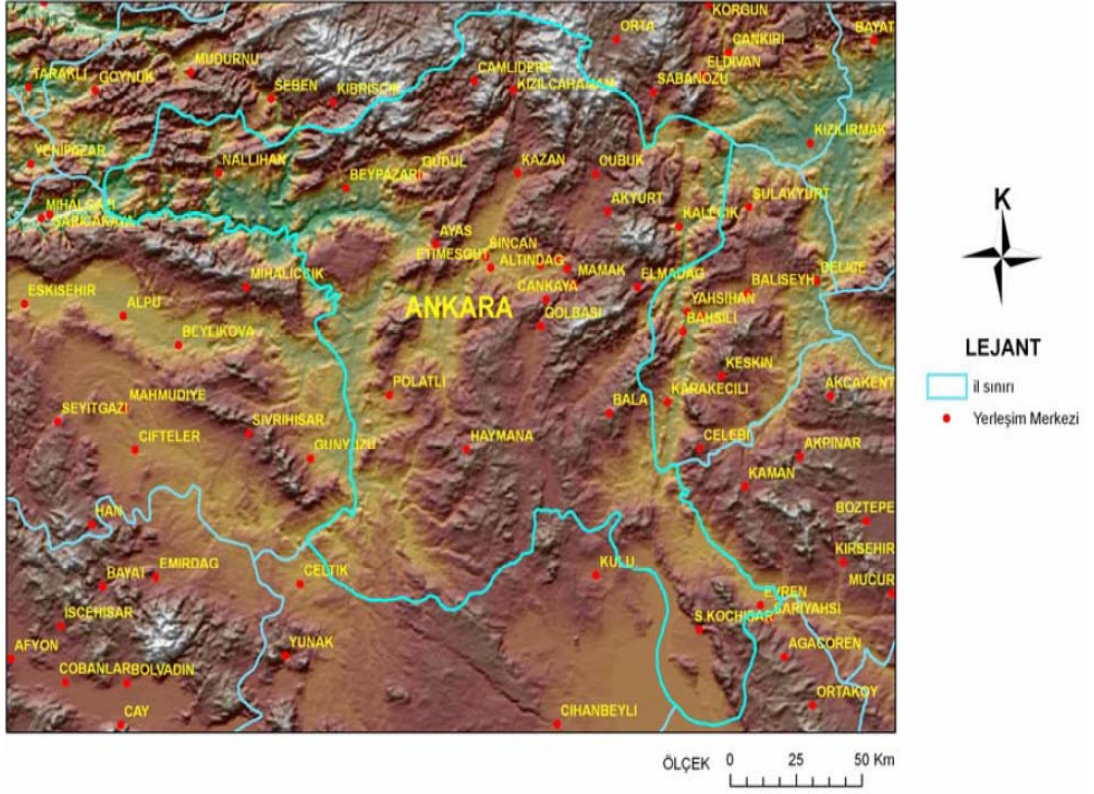
2.1. Genel Konum

Ankara kent alanının genel konumu ve sınırları Şekil 2.1’de gösterilmiştir. 26.897 km² lik bir alanı bulunan Ankara, 39.950oK enlemi ile 32.883oD boylamları arasında yer almaktadır. Ankara’nın doğusunda Kırşehir ve Kırıkkale, batısında Bilecik-Eskişehir, kuzeyinde Çankırı, kuzeybatısında Bolu, güneyinde Konya ve Aksaray illeri yer almaktadır. Göller dışında 24.521 km² lik yüzölçümü ile Türkiye yüzölçümü içerisinde % 3.19’luk bir payı vardır. Ortalama deniz seviyesinden yüksekliği 890 metredir. İlin, en yüksek noktasını 2,015 metre yüksekliğindeki Işık Dağı, en geniş ovasını 3,789 km² lik yüzölçümü ile Polatlı Ovası, en büyük gölünü yaklaşık 490 km² lik yüzölçümü (il içi) ile Tuz Gölü, en uzun akarsuyunu yaklaşık 151 km’ lik (il içi) uzunluğu ile Sakarya Nehri, en büyük barajını 83.8km² lik yüzölçümü ile Sarıyar Barajı oluşturmaktadır. İlin barajları; Eğrekkaya, Sarıyar, Kesikköprü, Çubuk-1, Çubuk-2, Kayaş Bayındır, Kurtboğazi, Çamlıdere, Asartepe, Hirfanlı, Akyar’ dır. İlin başlıca akarsuları; Kızılırmak, Sakarya Nehri, Ankara Çayı, Kirmir Çayı, Ova Çayı ve Balaban Çayı’ dır. Başlıca gölleri; Tuz Gölü, Mogan Gölü ve Eymir Gölü’ dür. Ankara, Orta Anadolu’nun kuzeybatısında bulunan Kızılırmak ve Sakarya nehirlerinin kollarının oluşturduğu ovalarla kaplı bir bölgedir. Bu bölgede orman alanları ile step (bozkır) alanlarını bir arada görmek mümkündür. İlin kuzey sınırını Kuzey Anadolu sıra dağlarının kolları olan dağlar, Orta Anadolu düzlüklerinin devamı olan ovalar çizer. Güney kısmında Tuz Gölü çanağı, Kepez Ovaları ve Hacıbekirözü gibi düzlükler bulunur. Bu düzlükler arasında volkanik Karadağ ile Karaşimир Dağı, Paşa Dağı ve Teke Dağı yükselir. Ortakesimlerden kuzeye doğru yaklaştıkça Haymana, Bala hattının kuzeyinde Kuzey Anadolu sıradağları ile irtibatları bulunan dağ sıraları belirir. Bunların arasında İdris ve Elma dağları yükselir. Güney Batı Kuzey-Doğu doğrultusunda Güre, Elma, İdris, Karyağdı-Mire-Aydos Çile, Ayaş ve Hıdır dağ sıraları arasında çöküntü alanları ve kıvrılmalarından dolayı Balaban, Mogan Gölü, Çubuk, Mürted ve Babayakup Ovaları oluşmuştur. Ankara Ovası doğu-batı yönünde uzanmıştır. Sakarya ve Kızılırmak nehir kolları arasında çukurlarda münferit olarak yüksek sıradağları

görmek mümkündür. Kuzeyde, Çubuk ve Kızılcahamam ilçelerinde yer yer sarp görünüşlü Yıldırım, Işık ve Yakutdağları, Batıda Ayaş, Beypazarı ve Nallıhan ilçelerinin kuzey sınırları Karakiriş, Kartal ve Manastır dağları ile çevrilmiştir. Güney bölgedeki dağlar tattu meyilli, yuvarlak sırtlı ve üzerleri düzdür. Bu alanda yükseklikler 1050-1500 m arasındadır. Bölgede yer yer volkanik arazilere rastlanır. Bu kütle üzerinde 2378 m yüksekliğindeki Köroğlu Dağı ile Mahya Tepesi (2006 m) yükselir. İlin güneydoğusunda Hüseyingazi dağı kültesi bulunur. İlin arazisini Sakarya ve Kızılırmak nehirleri ile Çubuk Çayı, İncesu ve Ova Çayları sular. [Gökten ve diğ., 2009]. Şekil 2.2' de Ankara ili ve civarının topografyası gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Ankara il merkezi ve ilçeleri haritası



Şekil 2.2. Ankara İli ve Civarı Topoğrafya haritası

2.2.Genel Jeolojik Durum

Ankara batısında kentin gelişme yönü üzerinde bulunan alanlarda yerleşimler büyük çoğunlukları bakımından Üst Pliyosen ve Kuvaterner'in tüm sürecini temsil eden kaya-stratigrafi olarak sınırlı alanlarda yüzeylerler. Bunlar Üst Triyas yaşlı birimlerinden oluşur. Zaman zaman üzerinde yerleşke bölümlerinin yer aldığı arazinin derin temeline ait birimler de tektonik kontrollü metagrovak ve metaşist ardalanması ve bunlarla ardalanmış kaba elemanlı polijenik konglomeralar, Geç Kretase yaşlı ofiyolitli melanjin çeşitli kaya birimleri ve olası Miyosen yaşlı volkanoklastik depolardır.

2.2.1. Dikmen grovakları

Literatürde Emir Formasyonu [Akyürek vd., 1984] olarak adlandırılan bu birim metakumtaşı,metagrovak ve bunlarla katkılı 30 cm çapa kadar büyük Permiyen kireçtaşı ve gabro çakıllarından oluşan iyi çimentolanmış kalın bir seviye halindeki konglomera ardalanması şeklindedir. Çok eğimli ve bazen dike yakın durumlu katmanlar halindeki birim, Etimesgut ilçesinde Ankara çayı üzerinde yer alan köprüünün 500 m batısında ve güneyden akarak Ankara çayına birleşen Kepiryatak deresinin karşılıklı yamaçlarında ve sınırlı bir alanda yüzeyler. Üzerinde yoğun yerleşimin yer aldığı bu birim kaya özelliğindedir. Bu derin temelin bu mevkiide yüzeylemesi üzerinde açılı uyumsuz olarak yer alan ve yörenin en yaygın birimi olan Üst Pliyosen gölsel kireçtaşlarının kalınlığı hakkında da fikir verir.[Gökten ve diğ, 2009]

2.2.2. J ura yaşlı kaya birimleri

Bu yaştaki kaya birimleri Ankara'nın kuzey kesimlerinde Karşıyaka, Memlik köyleri dolaylarında yüzeylerler. Çeşitli fasiyesleri barındıran litolojiler kaya özelliğindedirler. Bu projeye konu olan alanda bu birimler görülmezler. Ancak incelenen alanın güneyinde Ankara-Eskişehir karayolunun her iki tarafında Çayyolu dolaylarından başlayarak yeniden yüzeylerler. Çayyolu ve Alacaatlı arasında yer alan

yerleşimlerin çoğu bu kaya özelliğindeki zeminler üzerinde yer alırlar.[Gökten ve diğ. 2009]

2.2.3. Ofiyolitli melanj

Ankara çayı vadisinin kuzeyinde Susuz köyün güneyinde ve D100 karayolunun iki tarafında Köserli, Kızıltepe dolaylarında yine sınırlı alanda yüzeyler. Başlıca altere serpantin ve kırmızı renkli radyolaritlerden oluşurlar. Litoloji türleri kaya özelliğindedir. Bu kesimde Üst Pliyosen gösel kireçtaşlarıyla açılı uyumsuz olarak üzerlenirler. Üzerlerinde şu anda yoğun bir yerleşim bulunmamaktadır. Ancak karayolunun hemen kenarlarında bazı sanayi tesislerinin bu birim üzerinde bulunmaları söz konusudur.

2.2.4. Paleosen-Eosen birimleri

Bu birimler de inceleme alanında mostra vermezler. Paleosen kırmızı renkli karasal konglomeralarla, Eosen ise sığ denizel kireçtaşlarıyla temsil edilir. Bu beyaz krem renkli kireçtaşları, Orhaniye köyü dolaylarında yüzeylenir ve Ankara-İstanbul D100 karayoluna doğru uzanarak Orhaniye köyü batısında alüvyonların altına girer. Bu nedenle bu kesimlerde Akıncı ovasını doğudan çevreleyen yakın tepelerde yer alan ve alacak olan yerleşimlerin bu zemin üzerine rastlamaları mümkündür. Birim kaya özelliğindedir.

2.2.5. Miyosen volkanoklastikleri

Bunlar volkanik breş ve laharik depoların ardalanması şeklinde Dikmen grovıkları biriminin üzerinde ve Etimesgut ilçesi içindeki Kepiryatak deresinin doğu yamacında çok küçük bir alanda yüzeylerler. Laharik depolanmalarda yuvarlak Jura çakılları epiklastik malzeme olarak bulunur. Bunun yanında bazaltik ve andezitik köşeli ve yuvarlaklaşmış çakılları yine litik tuf türünde bir matriksle bağlanmışlardır.

2.2.6. Üst pliyosen gölssel kireçtaşı ve marnları

Bu Neotektonik dönem birimi, çoğunlukla yatay durumlu olmaları yüzünden incelenen alanda en geniş yerleri kaplar ve yerleşkelerin çoğunun üzerinde buldukları birim budur. Birim Ankara çayının hem güneyinde hem de kuzeyinde geniş alanlarda yüzeyleyir. Kuzeyde Orhaniye köyü dolaylarında Eosen yaşlı denizel kireçtaşları üzerinde, daha güneyde ofiyolitli melanj ve Etimesgut ilçesi içerisinde de Dikmen Grovıkları üzerinde açılı uyumsuz olarak yer alır. Geniş yerler kaplaması bakımından mühendislik özelliklerinin iyi saptanmasını gerektirmesine karşın görece kaya özelliğinde güvenilir bir zemindir. Şu anda D100 İstanbul karayolunun özellikle batı kesiminde süren toplu konut inşaatlarının büyük kısmı bu birim üzerinde bulunmaktadır. Birim üzerinde şuan süren inşaatlarda ulaşılan temel derinliklerinde yeraltı suyu görülmemektedir. Daha derin kazılarda içinde yeraltı suyunun bir tehlike yaratmayacağı öngörülebilirse de bu durumun sondajlarla incelenmesi yararlı olacaktır. Yalnızca Ankara Çayı'nın kuzeyinde yer alan kesimlerdeki bazı küçük göl artıklarının incelenmesi gerekmektedir. Çünkü, bunlar bir tektonik kontrolün beslemesiyle ilgili olabilirler. Ankara Çayı'nın güney kesiminde Telsiz Tepe'den geçen doğu-batı hattın güneyinde kalan kesimlerde tamamlanmış olan ve süren kooperatif inşaatları da bu birim üzerinde bulunmaktadır. [Gökten ve diğ., 2009]

2.2.7. Taraça depoları

Ankara Çayı'nın daha yüksek topografik kotlarda yatağını kazarken kademeler halinde depoladığı yüksek seviyelerde kalmış Kuvaterner yaşlı depolanmalardır. Başlıca 2-20 cm çaplarda polijenik çakıllı yarı-çimentolanmış 1-5 m kalınlıklar arasındaki yatay ve çok hafif Ankara Çayı'na doğru eğimli konglomera ve bunlarla ardalı kumtaşı seviyeleri halindedir. Ankara Çayı'nın hem kuzeyinde hem de güneyinde akarsuyun güncel alüvyal yatağının dışında ve üzerindeki seviyelerde, özellikle tepe üstlerini kaplayan halde yüzeyleyirler. Özellikle Ankara çayının güney kesiminde Telsiz Tepe doğu-batı hattının kuzeyindeki kesimde üzerinde eski yapılar ve süren inşaatlar bulunmaktadır. Bu nedenle bölgenin en dikkat edilmesi gereken birimi durumundadır ve bu bölgedeki yapılanmalarda yerinde inceleme yapılması

gerekir. Tepe üstlerini kaplamaları, yatay durumları yüzünden açık bir hidrolik sistem oluştururlar ve bu yüzden yeraltı suyu taşımazlar. Ancak üzerinde yapılacak inşaatlarda, olası bir hareket durumunda öngörülemeyen olası zemin bozulmaları özellikle temel türünün belirlenmesi bakımından irdelenmelidir.[Gökten ve diğ.,]

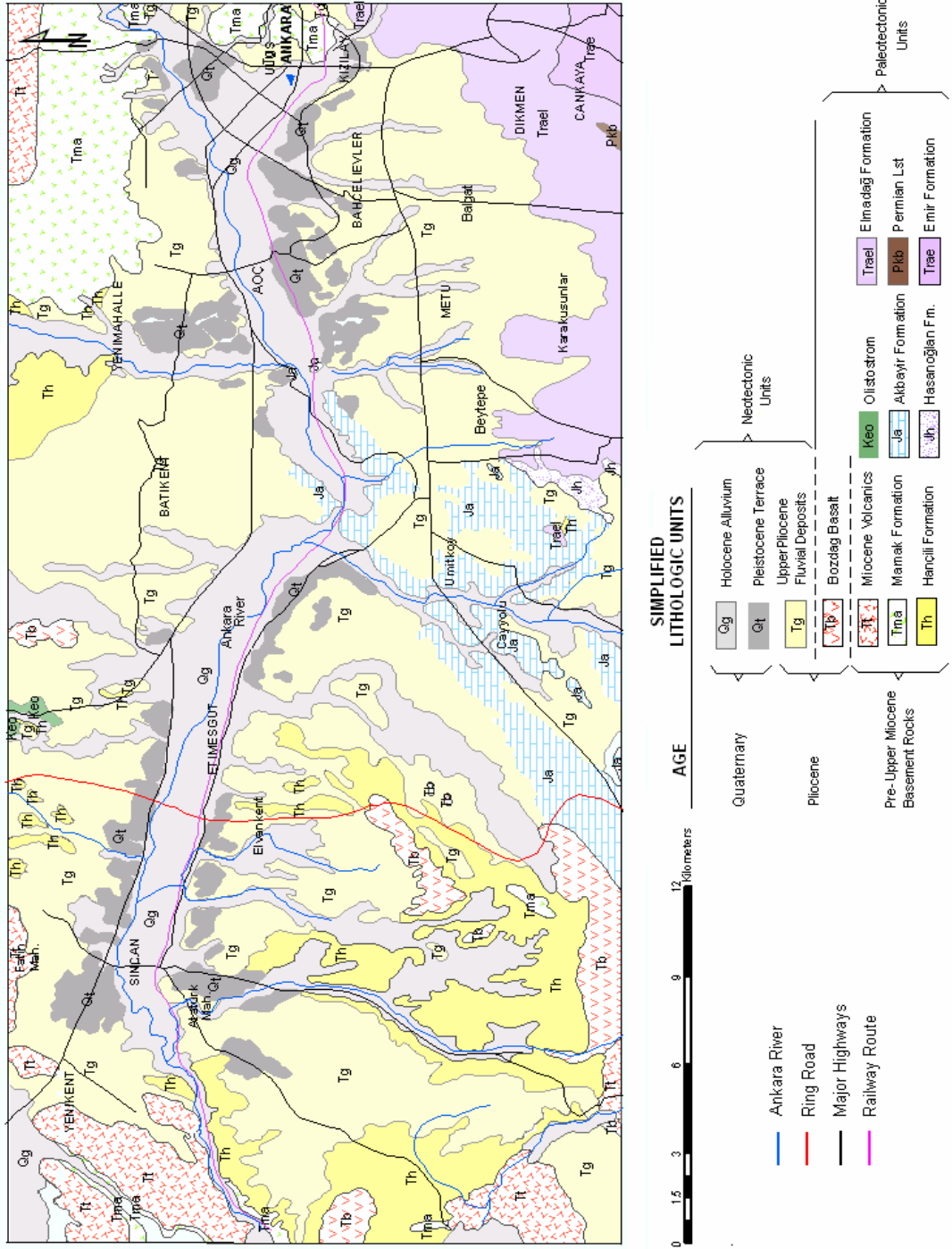
2.2.8. Güncel alüvyonlar

Başlıca Ankara Çayı ile ona kuzeyden ve güneyden katılan derelerin vadi tabanlarında biriken kohezyonsuz çakıl, kum, silt ve killi depolanmalardır Ankara çayı vadisinde yer alan Etimesgut havaalanının doğusunda ve batısında yer alan büyük bir kesim havaalanının koruma bölgesi olmasına karşın bunun dışındaki kesimlerde bu zemin üzerinde de yapılaşmalar bulunmaktadır. Bunlar bazı sanayi tesisleri ile konutlardır. Bu birim bölgenin en kritik birimi olup, her yerde zemin özelliğindedir. Bu birimin kalınlığı alüvyon sınırından güncel dere yatağına doğru kalınlaşmaktadır. Bunun yanında Ovaçayı vadi tabanı da kalın bir alüvyonla kaplıdır. Orhaniye köyü hizasından başlayarak, Akıncı hava üssünü geçip Yenikent'e doğru yaklaşan aralıkta Ova çayı'nın alüvyonları kum ocakları olarak işletilmiş ve işletilmektedir. Dere yatağı yakınında alüvyonun kalınlığı hakkında bir fikir edinilebilmekle birlikte bu alüvyonun güneye doğru göçmüş olan dere yatağı boyunca 100 m' yi geçen bir kalınlıkta olacağı tahmin edilebilir. Bu düşük kohezyonlu zeminler üzerinde ova tabanında bir toprak seviyesi oluşmuşsa da ova tabanındaki yapılaşmalar için çeşitli riskler bulunmaktadır. Günümüzde bu kesimde yüksek katlı kooperatif yapılaşmaları bulunmaktadır

2.3. Yapısal Jeoloji

Neotektonik dönem birimi olan Geç Pliyosen yaşlı göl sel kireçtaşları bölgede geniş alanlar kaplar. Yatay durumda bulunmaları bölgenin yapısal özelliklerini gizlemesine karşın bölgenin Neotektonik dönem yapısal karakteristiğinin kuzey-güney uzanımlı eğim veya veriv atımlı normal faylanmalar olduğu yörede gerçekleştirilen çalışmalardan bilinmektedir. İnceleme alanının kuzeyinde Lezgi-Memlik-İvedik grabenini kontrol eden normal faylar bu alana doğru uzanırlar. Ankara Çayı'nın

kuzeyinde yer alan bazı küçük göllerin kuzey güney dizilimleri de dikkate alındığında bu hatların üzerinde fayların bulunabilecekleri anlaşılabilir. Bunun yanında kuzey-güney doğrultusunda uzanan Ova çayı vadisinin özellikle doğu kenarlarının fay kontrolünde geliştiğine dair yapısal veriler bulunmaktadır. Bunlardan bazıları ova tabanından yüksekte yer alan Geç Pliyosen gölsel kireçtaşları ile onların üzerinde yer alan taraça depoları ve Pliyo-Kuvaterner klastik depolanmalarda görülen ve güncel hareketliliği kanıtlayan formasyon içi yerel açılı uyumsuzluklardır. Akıncı Ovası'nın doğu kenarında kimi yerlerde ani sarplık oluşturan bu olasılıkla eğim atımlı normal fayın tavan bloğu ovanın tabanı durumunda olup, ova tabanının doğuya doğru eğimleşmesine neden olmuş ve ovanın batısında yer alan taraça depoları yüksekte başlayarak kademelerle doğuya doğru yer değiştirmiştir. Bu durum bu fayın etkinliğinin olabileceğini göstermektedir. Bunların yanında Ankara Çayı'nın kuzey ve güneyinde yer alan Neotektonik dönem depolanmalarındaki taban seviyesi farklılıkları ile Geç Pliyosen gölsel kireçtaşlarının çayın kuzey ve güneyinde farklılaşan yapısal durumları Ankara Çayı boyunca da bir tektonik denetlemenin bulunabileceğini göstermektedir. Başka bir deyişle Ankara Çayı vadisinin güney kesimindeki sarplık yaklaşık doğu-batı doğrultusunda uzanan eğim atımlı normal bir fay belirteci durumundadır. Fayın tavan bloğu ova tabanı olup, bu kesimde başta Etimesgut Havaalanı olmak üzere, şeker fabrikası gibi tesislerle yapılaşmalar yer almaktadır. Bu kesimde de topografik eğim hafifçe güneye doğru olup faya doğru bir eğimlenmenin gelişmekte olduğunu işareti durumundadır. Güney kesim fayın taban bloğu durumunda olup, yoğun yapılaşmalar buradadır. Etimesgut ilçesinin büyük kesimi, Elvankent ve bir çok kooperatif bu alanda yer almaktadır. Bu kesimde topografyanın en yüksek yerlerinde kaba çakıllı taraça depolarının yatay konumda yer almaları, Ankara Çayı düzlüğünün güney kenarını oluşturan hattın faylı olduğunu gösteren diğer önemli bir veridir. [Gökten ve diğ., 2009]



Şekil 2.3. Ankara jeoloji haritası [M. Koçkar., 2007]

2.4. Çalışma Bölgesi ve Civarı Depremselliği

Ankara kenti Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güneyinde, Tuz Gölü fayının kuzeybatısında, Kırıkkale–Erbaa Fay Zonu'nun batısında ve Eskişehir Fay Zonu'nun kuzeydoğusundaki konumu itibari ile sismo tektonik açıdan önemli bir yerde bulunmaktadır. Bölgenin sismik hareketliliği Orta Anadolu'nun tektonik yapısı hakkında önemli bilgiler içermektedir. Özellikle Bala (Ankara), Çubuk (Ankara) ve Orta'da (Çankırı) bulunan yerel fay sistemlerinin etkisi altında bulunan Ankara ve civarının sismik etkinliğinin son yıllarda artış gösterdiği gözlenmektedir. 2000 yılından itibaren hızla artan ve halen sürmekte olan sismik hareketlilik bu fay sistemlerinin aktivitelerini sürdürdüğünü göstermekte ve bölgenin yeni tektonik oluşumlara açık olduğunu düşündürmektedir.

2.5. Çalışma Bölgesi Civarındaki Sismik Kaynaklar

Ankara kenti içerisinde ve dolayında her yerde olduğu gibi çeşitli faylar bulunmakla birlikte bunlardan bugüne kadar etkinliği kesin olarak saptanmış olan ve üretebileceği en büyük depremin ne olacağı tahmin edilmiş bir çalışma bulunmamaktadır. Buna karşılık Ankara kenti Orta Anadolu bölgesini çevreleyen tektonik unsurların etkisi altında olup, bunlarda oluşabilecek bir depremden de kaçınılmaz şekilde etkilenecektir. Bunun en belirgin örneği 12 Kasım 1999 depreminde görülmüş olup, depremin meydana geldiği Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin (KAFZ)' Gölyaka-Kaynaşlı segmenti Ankara'ya 250 km kadar uzaklıkta bulunmasına karşın kentin özellikle batı kesiminde alüvyonlar üzerinde yer alan bazı yapılarda hasarlar meydana getirmiştir. Her ne kadar söz konusu tektonik unsurlar inceleme alanı içerisinde değilse de depremin etkisi kaynaktan çok uzaklarda da hissedilebileceği için Ankara kenti için risk oluşturabilecek deprem kaynaklarının burada kısaca gözden geçirilmesi gerekmektedir.

2.5.1. Kuzey anadolu fay sistemi

Erzincan doğusunda Karlıova'dan başlayarak kuzeye bükümlü bir yay şeklinde Bolu batısında Mudurnu vadisine uzanan bu sistemi oluşturan fay zonları, Mudurnu vadisi batı çıkışında üç kola ayrılır. Kuzey kol Marmara Denizi içerisindeki çukurlukları takip ederek Gelibolu yarımadasını keser ve Saros körfezine çıkar. Orta kol İznik gölünün güney sınırını kontrol yarımadası üzerinden Ege denizine ulaşır. Güney kol ise İznik gölünün güneyinden geçtikten sonra Manyas ve Ulubat göllerinin güneyinden geçerek Biga yarımadasının güneyinde Edremit körfezine girer. Bu fay sistemi ülkenin en önemli sismotektonik yapısı olup, fay zonları birbirine sıçramalarla eklenen çeşitli segmentlerden oluşur. KAFZ' nun genişliği doğudan batıya artarak Biga yarımadası üzerinde en büyük genişliğine ulaşır. Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin hemen bütün segmentleri gerek tarihsel dönem içerisinde gerekse aletsel kayıt döneminde depremler üretmiştir. Bu fay sisteminin Ankara'nın kuzeyine rastlayan Bolu-Kurşunlu arasında yer alan kesimi, kente 130 km ile en çok yaklaşan kesimdir. 1668 ve 1944 yıllarında meydana gelen ve aletsel büyüklüğü yediden büyük olan depremler Ankara şehrinde hasarlara neden olmuştur. Bu yüzden Ankara'nın batı kesiminde özellikle alüvyal zeminler üzerinde yer alacak yapılaşmalardan olası bir depremin sonuçları iyi irdelenmelidir.

12 ve 15 Ağustos 1668 tarihinde Ankara şehrini önemli ölçüde etkileyen depremlerin Ankara kuzeybatısında Kazan-Çeltikçi civarlarında yer alan yapılardan kaynaklanmış olduğuna dair değerlendirmeler söz konusudur

2.5.2.Haymana bölgesi fayları

Ankara'nın 70 km kadar güneybatısında yer alan söz konusu alanda doğu-batı doğrultusunda uzanan ve güncel morfolojiyi kontrol eden çoğu eğim atımlı normal faylar bulunmaktadır.. Haymana bölgesi vadi yamaçları ve kenarları fay denetimli olup, arazi de özellikle güney yamaçlardan vadi içine doğru güneye eğimli basamaklar halinde alçalmaktadır. Bu listrik karakterli eğim atımlı normal faylar yamaçlarda en genç birim olan ince Pliyo-Kuvaterner yaşlı gölsel kireçtaşlarını

keserek, kademe kademe vadiye doğru alçaltılmaktadırlar. Bu fayların vadi kenarlarında alüvyonu kestikleri belirli değilse de, Kuvaterner başında aktif oldukları açıktır. Bu vadinin batı uzanımında K-G doğrultusunda kısa uzanımlı eğim atımlı normal faylar Paleosen yaşlı kiraçtaşları üzerinde gelişmiş fay aynalarıyla belirlidir. Bu faylar da güncel morfolojinin ortaya çıkmasında etkilidirler ki bu durum bunların da çok genç yapılar olduklarının verisidir.

Bunun dışında bu bölgede Eosen sonunda meydana gelen K-G sıkışmaların meydana getirdiği KG-GB ve KB-GD yırtılma fayları da bulunmaktadır. Bunların özellikle KD-GB doğrultulu olanlarında oldukça büyük doğrultu atımlar bulunmaktadır.

Ankara yakın çevresinde daha başka deprem üretme potansiyeli sunan yapılar vardır. Örneğin, kentin güneyinde yer alan İmrahor vadisi içerisinde büyüklüğü 2 civarında olan çok sayıda deprem meydana gelmektedir. Kentin içinde veya çok yakınında olan bu fayların büyük depremlere yol açma olasılığı zayıftır.

2.5.3. Tuz gölü fayı

Ankara'nın güneydoğusunda Tuzgölü'nün kuzeydoğu kenarını denetleyen faydır. Sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olan Tuzgölü fayı' nın kuzeybatı ucunda son zamanlarda yoğun bir deprem etkinliği izlenmekte ve bu depremlerin büyüklükleri altıya kadar çıkmaktadır. Bu bölgede daha doğuda yer alan ve bölgedeki tektonik sistemin bir elemanı durumundaki Akpınar fayı' nda 1938 yılında meydana gelen 6.5 büyüklüğündeki deprem bölgede önemli hasar ve can kaybına neden olmuştur. Bu noktanın Ankara kentine uzaklığı 150 km kadardır. Bunların yanında Ankara'nın doğusunda ve 45 km uzaklıkta yer alan ve bir dizi bindirme faylarıyla karakterize edilen Elmadağ bindirme kuşağında da büyüklüğü 3.5 kadar olan depremler olmaktadır ve bu durum bu alanda bir sıkışmanın hala sürmekte olduğunun veya başka bir deyişle zonun aktif olduğunun göstergesidir. Afyon-Akşehir Grabeni'nin kenarları sismik etkinlik gösterme potansiyeli bulunan eğim atımlı normal faylarla sınırlanmıştır. Bu koridorda geçmişte de önemli depremler oluşmuştur [Baran ve Gökten, 1996; Gökten ve Baran, 1999].

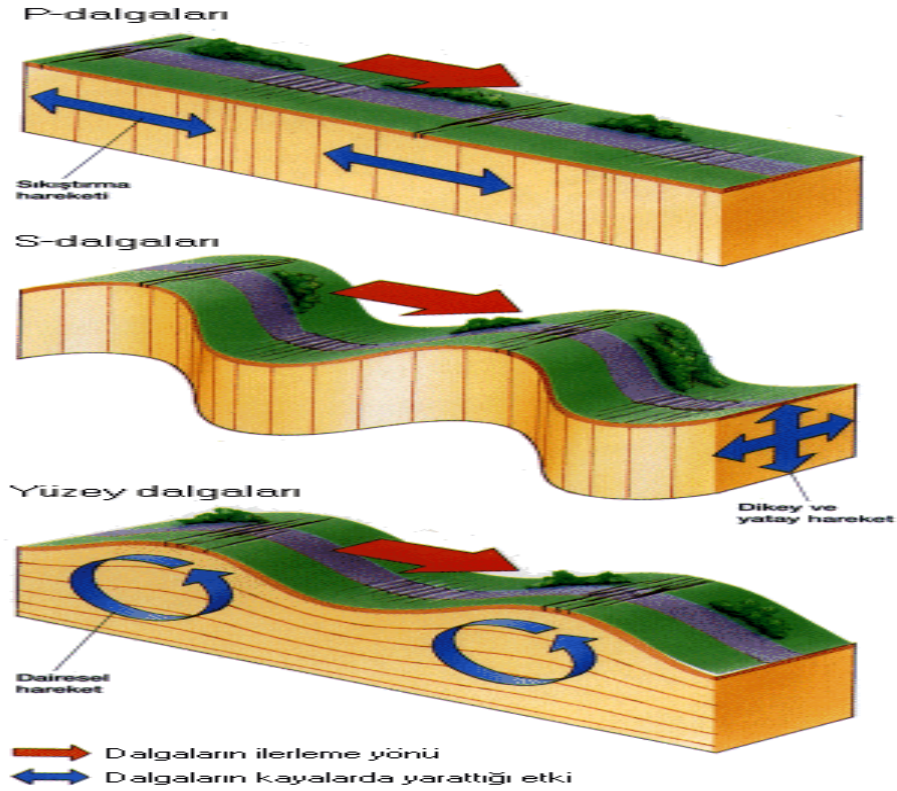
3. ZEMİNLERDE KAYMA DALGASI HIZI İLE SPT-N KORELASYON ÇALIŞMALARI

3.1. Giriş

Zeminlerin dinamik özellikleri, laboratuvar ve arazi deneyleri ile belirlenebilmektedir. Bu özelliklerin belirlenmesinde arazide uygulanan deneyler sırasıyla sismik deneyler, penetrasyon deneyleri ve mikrotremörlerle yapılan ölçümlerdir. Laboratuvar deneyleri ise sarsma tablası deneyi, dinamik üç eksenli deneyi, dinamik basit kesme deneyi ve rezonant kolon deneylerinden oluşmaktadır.

Arazi üzerinden herhangi bir noktada dinamik bir etki yaratıldığı zaman bir dalga alanı meydana gelmekte ve bu dalgalar hem yüzeyde hem de ortamın içinde yayılmaktadır. Geoteknik mühendisliğinde genellikle, elastik yarı sonsuz ortam olarak zemin ve kayadan oluşan ortam tanımlanmaktadır. Bu ortamda oluşturulan dalga alanı, ortam içinde yayılan cisim dalgaları ve ortamın yüzeyinde yayılan yüzey dalgaları olarak bilinen dalga tiplerini içermektedir. [İyisan ve Ansal, 1993] Ortam içinde yayılan dalgalar basınç ve kayma dalgaları, yüzeye yakın tabakalarda yayılan dalgalar ise Rayleigh ve Love dalgalarıdır. Bir ortam içinde üretilen dalganın yayılma yönü ile yer değiştirme yönü aynı ise bu dalga tipine basınç dalgası adı verilmektedir. Ortamda çekme ve basınç olarak yayılırken hacim değişikliğine neden olmaktadır. Basınç dalgaları için P-dalgası (birincil dalga , boyuna dalga) ifadesi kullanılmaktadır.[iyisan, 1994].

Kayma dalgaları elastik bir ortamda bükülerek, parçacık hareketine dik yönde yayılırlar. Geçtikleri ortamda şekil değişikliği meydana getirirler. Herhangi bir hacim değişmesine neden olmazlar. Kayma dalgaları için S- dalgası (İkincil dalga, transvers dalga) ifadesi kullanılır. Bu dalgalar ilerleme ve yer değiştirme yönlerine göre Şekil 3.1 de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. P-S ve yüzey dalgaları

Kayma dalgasında yer değiştirmeler düşey bir düzlemde olursa bu dalgaya düşey polarize olmuş kayma dalgası veya SV dalgası denir. Eğer yer değiştirmeler yatay düzlemde meydana gelirse buna da yatay polarize olmuş kayma dalgası ve SH dalgası denilmektedir. Love dalgası parçacık hareketi bir yatay düzlem üzerinde olup, dalga yayılma yönüne diktir. Bu yüzey dalgaları sadece, yüksek hızlı tabaka üzerinde düşük hızlı tabakaların yer aldığı durumlarda ortaya çıkmaktadır. Rayleigh dalgası parçacık hareketi ise düşey düzlemde olup, bu düzlem dalga yayılma yönünü de içermektedir. Yatay yer değiştirme mevcut değildir ve parçacık hareketi yüzeyde eliptiktir. [İyisan,1994].

Rayleigh dalga hızı, Poisson oranına bağlı olarak kayma dalgası hızının ortalama %92'sine eşittir. [Roesset ve diğ., 1990]. Rayleigh dalgasının genliği zemin yüzeyinden derine indikçe azalmakta ve dalga boyunun 1,5 katı derinlikte yüzeydeki genliğin %10 dan daha az değerine ulaşmaktadır. [Richart ve diğ., 1970]

Zeminler dış yükler altında kayma deformasyonunun 10^{-3} veya daha küçük genliklerinde elastik davranış göstermektedirler. Arazi sismik yöntemlerinin kullanımları sırasında zeminde oluşturdukları deformasyon seviyeleri bu sınırın altında kalmakta ve bu tür ölçümlere düşük deformasyon genlikli ölçümler denilmektedir.[Stokoe ve diğ., 1989] P- dalgasının yer altı suyundan etkilenmesi ve dinamik analizlerdeki önemi yüzünden V_s s dalgası hızı mühendislik uygulamalarında ön plana çıkmaktadır. Kayma dalgası hızının belirlenmesi ile elastisite teorisinde homojen izotrop ortamlar için belirlenen bağıntılar yardımı ile kayma modülü, sıkışma modülü, poisson oranı ve zemin hakim periyodu gibi dinamik zemin özellikleri hesaplanabilmektedir [İyisan, 1994]

$$\text{Kayma Modülü} \quad G = (\gamma / g) * V_s \quad (3.1)$$

$$\text{Poisson Oranı} \quad \mu = [0.5(V_p/V_s)^2 - 1] / [(V_p/V_s)^2 - 1] \quad (3.2)$$

$$\text{Sıkışma Modülü} \quad M = (\gamma / g) * V_p^2 \quad (3.3)$$

$$\text{Zemin Hakim Periyodu} \quad T = 4H / V_s \quad (3.4)$$

Homojen ve İzotrop bir ortam içinde noktasal kaynaktan açığa çıkarılan sismik dalgaların genlikleri iki farklı mekanizma ile azalmaktadır. Kaynaktan itibaren ortamın daha geniş bölgesinde yayıldıklarından dalgaların enerji yoğunluklarında meydana gelen değişim, genliklerde bir azalmaya sebep olmaktadır. Bu olaya geometrik sönüm adı verilmektedir [İyisan, 1994].

Dalga ortam içerisinde yayılırken ortamın özelliklerine bağlı olarak sürtünme kuvvetlerinden oluşan enerji kayıpları dalga genliklerinde bir azalmaya neden olmakta ve bu olaya da malzeme sönümü denilmektedir [Mok ve diğ., 1988]. Ayrıca zemin gibi heterojen ortamlarda ara yüzeylerde kırılma ve yansıma olayları da dalga genliklerini etkilemektedir.

3.2. Sismik Dalga Hızları ve SPT-N Korelasyonları ile İlgili Çalışmalar

Sismik dalgaların ölçümü, sismik alıcılar kullanarak yer değiştirmenin, hız veya iymenin gözlenmesini gerektirmektedir.[İyisan.,1994]. Uygulamada kullanılan birçok sismik alıcılar, maksimum duyarlığın olduğu bir eksene sahip olacak şekilde yönlendirilmiştir. Bu yüzden sismik deneylerde başarılı bir ölçüm, dalga tipine göre maksimum parçacık hareketinin olduğu yönde alıcıların yerleştirilmesi ile mümkün olmaktadır [Hoar, 1982].

Sismik dalga hızlarının ölçüm yöntemleri genelde, bir kaynaktan açığa çıkarılan sismik enerjinin oluşturduğu dalgaları, kaynaktan bilinen mesafelerde bulunan bir veya daha fazla alıcı noktasında gözleyerek dalga varış zamanlarını belirlemeyi içermektedir.Sismik hızlar, dalganın hareket ettiği mesafenin varış zamanına bölünmesinden hesaplanmaktadır.Vs kayma dalgası hızı, d kaynak ile alıcı arasındaki mesafe ve ts kayma dalgası için varış zamanını göstermek üzere Vs dalga hızı aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanır [Yıldız., 2008].

$$V_s = d/t_s \quad (3.5)$$

Bu eşitlik rayleigh ve Love dalga hızlarını bulmak için de kullanılmaktadır.

$$V_r = f * L_r \quad (3.6)$$

Eşitliği ile hesaplanmaktadır. Formüldeki L_r dalga boyunu, f ise frekansı göstermektedir.

Aynı zemin şartlarında P-dalga hızı S-dalga hızından daha büyüktür. Bir elastik ortam içinde teorik olarak P-dalga ile S- dalga hızlarının oranı sadece ortamın Poisson oranına bağlı olduğu gösterilmiştir [Richart ve diğ.,1970].

Zeminlerde ölçülen kayma dalgası V_s hızının tipik değerleri 120 ile yaklaşık 450 m/sn arasındadır. Bununla birlikte yüzeye yakın kesimlerde yer alan ve çok yumuşak kil tabakaları için 60 m/sn den daha az, derinlerde bulunan katı-sert kil ve kumlu

çakıllı zeminlerde ise 600 m/sn değerinden daha fazla ölçüldüğü durumlarda karşılaşılmıştır [İyisan 1994].

Zeminlerde ve çeşitli kayaçlarda ölçülen tipik kayma dalgası hızı değerleri kullanılarak zemin sınıfı için çeşitli tanımlamalar yapılmıştır. [Seed ve diğ.,1976]. tarafından S- dalga hızının 760 m/sn den daha büyük olduğu değerlerde zeminler sağlam kayaçlar olarak sınıflandırılmış ve bu tanımlama depremler sırasında yerel jeoloji ve maksimum ivme ilişkisinde kullanılmıştır. Kayaçlar için diğer tanımlar ise Ohta ve Shima (1967) ve Murphy (1972) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacılar sırası ile S-dalga hızının 1800 m/sn ve 1200 m/sn değerlerinde zeminleri sağlam kayaç olarak sınıflandırmışlardır [Yıldız., 2008].

Kayma dalgası hızı, zeminlerin rijitliği hakkında doğrudan bilgi verdiği için zemin davranışının belirlenmesi için yapılan büyütme analizlerinde kullanılır. Bu yüzden yerel zemin koşullarının büyütme üzerinde ki değişiminin incelenmesinde ve dinamik özellikleri hakkında bilgi edinilmesinde kayma dalgası hızının belirlenmesi temel bir amaçtır. Zemin türü, derinlik ve jeolojik yük kayma dalgasının hızını etkileyen en temel faktörler olup bunlara bağlı olarak, efektif gerilme, aşırı konsolidasyon oranı ve boşluk oranı da doğrudan etkileyen faktörlerdir.[Güllü, 2001]

Kayma dalgası hızı sismik yöntemler ile yerinde ölçülerek veya ölçülenmediği durumlarda ise SPT-N sayısı gibi zemin parametrelerine bağlı olarak amprik korelasyonlarla tahmin edilerek belirlenir. Zeminlerde rijitliğin artmasıyla SPT-N ile kayma dalgası hızında da benzer bir artışın olması araştırmacıları amprik korelasyonların geliştirilmesine yöneltmiştir [Yıldız., 2008].

Sismik dalga hızlarını, özellikle deprem ve geoteknik mühendisliğinde çok önemli bir parametre olan kayma dalgası hızını içeren bu korelasyonlar, her geçen gün artan veri sayısına paralel olarak geliştirilerek kullanıma sunulmaktadır. Önceleri mikrotremor, plaka yükleme deneyleri kullanılarak Vs-N ilişkilerinin incelenmesinde ki çalışmalar, küçük ölçekli olarak 1975 yılına kadar devam etmiştir. Daha sonra karşıt kuyu, aşağı kuyu ve diğer sismik deneylerden bulunan dalga hızları ile diğer

arazi deneylerinden elde edilen sonuçlar arasında ilişkiler bu önceki çalışmalardan yola çıkarak geliştirilmiştir [İyisan., 1994]. 1960 larda başlayan bu çalışmalar hala güncelliğini korumakta ve çeşitli ülkelerde yapılanlarla karşılaştırılabilmektedir. Geçmişte yapılan çalışmalar aşağıda kısaca anlatılmıştır.

V_s 'in N ve σ_v 'nin bir fonksiyonu olarak N değeri cinsinden ifade edilebileceğini saptadıktan sonra bunlara ilişkin bağıntılarından yola çıkarak kumlar için aşağıdaki bağıntıyı geliştirmiştir [Shaibata,1970].

$$V_s=31.7N^{0.5} \text{ (m/sn)} \quad (3.7)$$

Kanai ve diğ. (1966), genelde kumlarda yapılan yaklaşık 70 mikrotremor ölçüm sonuçlarını kullanarak aşağıda verilen bağıntıyı önermiştir.

$$V_s=19 N^{0.6} \text{ (m/sn)} \quad (3.8)$$

Plaka yükleme deneyi ile N sayısından elde edilen taşıma gücünü karşılaştırarak elastisite modülünü saptamayı ve böylece V_s 'i N sayısına göre hesaplamayı düşünmüştür. Plaka yükleme deneyinde deformasyon derinlikle değiştiğinden, dairesel yükleme plağı çapının 3-4 katı derinlikteki ortalama deformasyonu kullanarak kayma dalgası hızı ve SPT-N darbe sayısı arasında aşağıdaki bağıntıyı vermiştir [Sakai,1968].

$$V_s = (15-30.5) N^{0.5} \text{ (m/sn)} \quad (3.9)$$

Ohba ve Toriumi (1970), Japon'yada Osaka yakınlarında alüvyon zeminlerde yapılan Rayleigh hızı ölçümlerine dayanan aşağıdaki bağıntıyı sunmuşlardır.

$$V_s=85.3 N^{0.31} \text{ (m/sn)} \quad (3.10)$$

Ohsaki ve Iwasaki (1973), genelde aşağı kuyu ölçümlerinden sağlanan veriler ile, jeolojik yaşın ve zemin tipinin etkisini de dikkate alarak V_s - N ilişkisini basit

istatistik analizle incelemişlerdir. Analizde, Ohsaki ve Sakaguchi (1972) tarafından önerilen basitleştirilmiş zemin profili içinde her zemin tipi için ortalama olarak alınan N değerleri kullanılmıştır. Bu yöntemle göre kayma modülü (G) veya kayma dalgası hızının sabit olduğu tabaka içinde, aynı hız veya kayma modülüne ortalama bir N darbe sayısı karşı gelmektedir. Araştırmacılar, Kanai ve diğ.(1966) verilerini kullanarak kum ve killer için kayma modülleri arasında, tipik arazi yoğunluklarını belirleyerek karşılaştırma yapmışlardır. Bu çalışmalardan aynı N değerinde kilin daha büyük kayma modülüne sahip olduğu sonucuna varılmış ve Japonya'da kumlar için birim hacim ağırlığı 1.80 t/m^3 kabul edilerek aşağıdaki bağıntıyı elde etmişlerdir.

$$V_s = 81.4 N^{0.39} \text{ (m/sn)} \quad (3.11)$$

Aşağı kuyu sismik ölçümleri ile 70 sahada 100 sondaj kuyusunda toplanan arazi verilerini kullanarak V_s ' in zemin tipi ve jeoloji ilişkisini inceleyerek V_s ile zeminlerin diğer mühendislik özellikleri arasında iyi sayılabilecek bir korelasyon olduğunu savunmuşlardır. Kayma dalgası hızının Holosen yaşlı alüvyon kumlarda 78-329 m/sn ve Pleistosen dilüvyal kumlarda ise 220-649 m/sn arasında değiştiğini ve daha yaşlı zeminlerin açık olarak daha yüksek değerde ve daha geniş sınırlarda V_s 'e sahip olduğunu gösterdiler. Daha yaşlı zeminlerin genç zeminlere göre daha derinlerde olduğu düşünüldüğünde, sahip olduğu efektif yükten dolayı daha fazla V_s ' e sahip olması doğal bir sonuçtur. Bu araştırmacılar, N – V_s ilişkisinde zemin tipinin etkisinin ayırt edilmesinin zor olduğu sonucuna vararak, zemin cinsinden bağımsız olarak tüm verilerle aşağıdaki bağıntıya ulaştılar. Bağıntıda SPT-N sayılarının son girişte 50'den büyük olması durumunda, 50 darbe için giriş miktarına göre eşdeğer N sayısı alınmıştır [İmai ve Yoshimura 1975].

$$V_s = 92N^{0.329} \text{ (m/sn)} \quad (3.12)$$

Toplam 756 data ile dolgular dahil tüm zemin grupları için yeniden analiz yaparak önceden verdikleri sınırları biraz daha genişleterek, alüvyon kumlar için 79-345 m/sn ve dilüvyal kumlar için ise 175-649 m/sn arasında kayma dalgası hızları bularak aşağıdaki bağıntıyı önermişlerdir [İmai ve ark,1975].

$$V_s = 89.9 N^{0.341} \text{ (m/sn)} \quad (3.13)$$

18 sahadan toplanan 100 veri ile regresyon analizi yaparak Ohsaki ve Iwasaki (1973)'ye benzer bir bağıntı elde etmiş ve birim hacim ağırlığı 1.80 t/m³ kabul ederek aşağıdaki korelasyonu elde etmiştir [Ohta ve ark,1972].

$$V_s = 87.2 N^{0.36} \text{ (m/sn)} \quad (3.14)$$

Her birinde V_s , N , derinlik, jeolojik yaş ve zemin tipi ile ilgili bilgiler bulunan 300 set veriyi kullanarak, kayma dalgası hızının bu değişkenler ile ilişkisini incelemişlerdir. Bu incelemede, jeolojik yaşı Halosen ve Pleistosen olarak iki ayrı gruba ayırmışlardır. Bununla birlikte genelde arazi verisini Halosen devrine ait alüvyon zeminler teşkil etmektedir. Zemin tipi ise kil, kum, çakıl olarak üç grupta toplanmış ancak bunlar da alt gruplara ayrılmıştır. Aynı V_s hızında birden fazla N sayısı karşı geldiği durumlarda ortalama değerler alınmıştır. Çok sıkı zeminlerde SPT deneyinde, 30 cm' nin 50 vuruşta geçilememesi halinde N değerleri, 50 darbe için sağlanan giriş miktarından hesaplanmıştır. SPT- N değeri, derinlik, jeolojik yaş ve zemin cinsi ile kayma dalgası arasında yaptıkları analiz sonucunda Ohta ve Goto tarafından aşağıdaki korelasyon eşitliği verilmiştir [Ohta ve Goto, 1978].

$$V_s = 68.8 N^{0.171} H^{0.199} f_A f_G \text{ (m/sn)} \quad (3.15)$$

Amerika'da V_s korelasyonları ile ilk uğraşan bilim adamı Hamilton (1976), deniz sedimentlerinde V_s 'in derinlik ve basınçla değişimini incelemiştir. Düşük genlikli arazi ölçüm yöntemlerinden Rayleigh ve aşağı kuyu ile 12 m derinliğe kadar elde ettiği 29 veri ile, H (m) derinlik olmak üzere aşağıda verilen amprik bağıntıyı önermiştir.

$$V_s = 128 H^{0.28} \text{ (m/sn)} \quad (3.16)$$

Yine kayma dalgası hızına efektif düşey gerilmenin etkisini incelemek için kaba kumlar üzerinde labotatuvarında yapmış olduğu deneyler sonucunda [Hamilton ,1976].

$$V_s = 257.9 \sigma_v^{0.31} \text{ (m/sn)} \quad (3.17)$$

bağıntısını önermiştir. Bu bağıntıda σ_v kg/cm² biriminde olup efektif düşey gerilmeyi göstermektedir.

SPT-N darbe sayısı, derinlik, zemin tipi, jeolojik yaş, YASS değişkenlerini içeren 59 sahadan aşağı kuyu ile tüm zemin grupları için toplanan verilerle, V_s korelasyonları üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmaların sonuçları San Fransisco bölgesinde yapılan mikrobölgeleme çalışmalarında da kullanılmıştır. Fumal, SPT-N sayısının 40'dan düşük olduğu durumlarda kumları gevşek olarak tanımlamış ve gevşek kumlarda en büyük V_s değerini 250 m/sn, çakıllar için en düşük V_s değerini 360 m/sn almıştır. 38 veri ile yaptığı incelemede V_s ve N arasında çok büyük saçılımların olduğunu görünce, $V_s - N$ korelasyonundan vazgeçerek diğer özellikler arasındaki ilişkiyi araştırmış ve derinlik ile kumlarda aşağıdaki bağıntıyı geliştirmiştir [Fumal, 1978].

$$V_s = 182 H^{0.20} \text{ (m/sn)} \quad (3.18)$$

5 yıllık bir periyot içinde yüzey kırılma ve yansıma deneylerinden toplanan 63 veriyi kullanarak yaptıkları çalışmalarda, çakıl oranının kayma dalgası hızına oldukça fazla etkisi olduğunu, çakıl ve kum zeminlerin hız oranının yaklaşık 1.5 olduğunu göstermişler ve derinlik ile kayma dalgası arasında alüvyon zeminler için aşağıdaki bağıntıları geliştirmişlerdir. Bağıntılarda H metre, V_s ise m/sn birimindedir [Campbell ve Duke.,1976].

Genç alüvyon zeminlerde;

$$V_s = 153.8 H^{0.386} \text{ (m/sn)} \quad (3.19)$$

Yaşlı alüvyon zeminlerde;

$$V_s = 195.4 H^{0.358} \text{ (m/sn)} \quad (3.20)$$

Topladıkları arazi verilerine kendi deneyimlerini de katarak tüm zeminler için, derinliğe göre düzeltilmiş SPT-N sayısı N_1 'e göre aşağıdaki bağıntıyı geliştirmişlerdir [Seed ve Idriss,1981].

$$V_s = 61 N_1^{0.5} \text{ (m/sn)} \quad (3.21)$$

Arazi korelasyonları üzerinde yaptıkları çalışmalar sonunda kayma dalgası hızının çeşitli zemin özellikleri ile değişimini incelemişlerdir. Çalışmalarda değişken olarak jeolojik yaş, efektif, düşey gerilme, SPT-N darbe sayısı, CPT uç mukavemeti q_c alınmış, Karşıt Kuyu ve Aşağı Kuyu yöntemleri ile ölçülen kayma dalgası hızının değişimi incelenmiştir. Araştırmacılar yaptıkları regresyon analizi sonucunda efektif düşey gerilme ile kayma dalgası hızı arasında kohezyonsuz zeminler için aşağıdaki bağıntıyı vermişlerdir [Sykora ve Stokoe,1983].

$$V_s = 219.5 \sigma_v^{0.36} \text{ (m/sn)} \quad (3.22)$$

Bağıntıdaki σ_v , kg/cm² biriminde efektif düşey gerilmedir. Efektif gerilmenin sıfır olduğu durumlarda kohezyonsuz zeminler için en düşük dalga hızının 114 m/sn olacağını söyleyen araştırmacılar, zeminlerde jeolojik yaşın artması ile V_s değerinde de artış olacağını belirtmişlerdir. Ayrıca Karşıt Kuyu yöntemiyle ölçülen dalga hızlarının daha yüksek korelasyon katsayısı verdiğini savunarak, bu yöntem ile ölçülen kayma dalgası hızının SPT-N darbe sayısı ile ilişkisini incelemişler ve yaptıkları analiz sonucunda;

$$V_s = 100.5 N^{0.29} \text{ (m/sn)} \quad (3.23)$$

Korelasyon bağıntısını önermişlerdir. Yeraltı su seviyesi (YASS) üstünde ve altında kum zeminlerde yapılan ölçümlerden sağlanan 229 veri ile yapılan bu analizin korelasyon katsayısı % 84 olarak bulunmuştur. Aynı SPT-N değerlerini, Seed ve Idriss (1976) tarafından önerilen düzeltme faktörüne göre düzeltilmiş şekli ile kullanarak, analiz tekrarlanmış ve korelasyon katsayısı % 67 olan aşağıdaki bağıntı verilmiştir.

$$V_s = 109.7 N_1^{0.28} \text{ (m/sn)} \quad (3.24)$$

Bu bağıntıda N_1 derinlik düzeltilmesi yapılmış SPT-N sayısıdır. Ayrıca kullandıkları veriler ile elde ettikleri en düşük hız değerini aşağıda verilen eşitlik yardımıyla tanımlamışlardır.

$$(V_s)_{\min} = 4N + 114 \text{ (m/sn)} \quad (3.25)$$

Bağıntıdan sıfır N sayısında en küçük hız değeri olarak yaklaşık 114 m/sn elde edilmekte, bu ise efektif gerilmenin sıfır olduğu andaki değer ile üst üste düşmektedir.

CPT uç direnci q_c ile kayma dalgası ilişkisini de incelemişlerdir. Kohezyonsuz zeminlerde YASS dikkate alınmadan yapılan deneylerden sağlanan 256 veri ile yapılan lineer ve lineer olmayan regresyon analizi sonucunda aşağıdaki eşitlikleri vermişlerdir [Sykora ve Stokoe,1983].

$$V_s = 1.7 q_c + 134 \text{ (m/sn)} \quad (3.26)$$

$$V_s = 109.7 q_c^{0.29} \text{ (m/sn)} \quad (3.27)$$

Bu bağıntılardaki q_c , kg/cm² biriminde olmak üzere CPT uç direncini göstermektedir. q_c uç mukavemetinin 10 ile 700 kg/cm² arasındaki değerlerin kullanıldığı bu bağıntıların korelasyon katsayıları sırasıyla % 78 ve % 71 bulunmuştur.

SPT deneyleri ile Karşıt Kuyu ve Aşağı Kuyu deneylerinden, YASS'nin 1-3 m derinlikte olduğu farklı sahalardan kohezyonsuz zeminlerden sağladıkları veriler ile yaptıkları çalışmalarda Ohta ve Goto (1978) tarafından verilen 3.15 nolu bağıntıyı kullanmışlardır. SPT deney sonuçlarını %60 enerji oranına göre düzelterek bu bağıntının katsayısını, 68.8 yerine 67.9 olarak değiştirmişlerdir [Baldi ve ark 1989].

Genelde kum zeminlerde uygulanan sismik ve CPT deney sonuçlarını kullanarak, q_c uç mukavemeti ve efektif düşey gerilmeyi (σ_v) değişken olarak alıp, kayma dalgası hızını içeren, q_c ve σ_v Mpa biriminde olmak üzere aşağıdaki bağıntıyı vermişlerdir [Lo Presti ve Lai,1989].

$$V_s = 277 q_c^{0.13} \sigma_v^{0.27} \text{ (m/sn)} \quad (3.28)$$

Sismik dalga hızları ile diğer arazi deney sonuçları arasında çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilmiş korelasyon bağıntıları, genel olarak kayma dalgası ile SPT-N darbe sayısını içermektedir. CPT deneyinin sahip olduğu üstünlüklere rağmen, çakıllı ve çimentolaşmış zeminlerde uygulamasında görülen zorluk ve sonuçlarından direkt olarak zemin sınıfına geçilememesi gibi sınırlayıcı sebeplerden dolayı, CPT sonuçlarına dayanan korelasyon sayısı daha azdır.

Arazi uygulamaları kapsamında Erzincan ilinde çeşitli derinliklerde açılmış sondaj kuyularında Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılarak N darbe sayıları bulunduğunu ve kuyu içi sismik yöntemler uygulanarak V_s ' in ölçüldüğünü belirterek, sondaj kuyularının yakınlığında (CPT) yapılarak uç direnci q_c ve Dinamik Sonda Deneyi yapılarak, 10 cm giriş için gerekli darbe sayıları N_{10} belirlendiği, ayrıca alınan zemin numuneleri üzerinde de gerekli laboratuvar deneyleri yapıldığını kaydetmiştir. V_s 'i içeren bağıntıları genel olarak N, q_c , N_{10} ' dan ibaret üç bağımsız değişkeni kullanılarak elde etmiş olup, elde edilen bu bağıntılara zemin tipi, efektif düşey gerilme σ_v ve derinliğin etkisini de araştırmış, V_s ' i iki bağımsız değişken cinsinden ifade eden bağıntılar da geliştirmiştir. Tüm zemin grubunu içeren 65 adet veri kullanarak yaptığı regresyon analizi sonucu, V_s ve N arasında korelasyon katsayısı (r) % 81 olan [İyisan 1996].

$$V_s = 51.5 N^{0.516} \text{ (m/s)} \quad (3.29)$$

bağıntısını elde etmiş olup, elde edilen bu bağıntı günümüzde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Söz konusu çalışmada elde edilen diğer bağıntılar şu şekildedir;

$$V_s = 115.8 \sigma_v^{0.367} \text{ (m/s) , } (\sigma_v : \text{t/m}^2) \quad (\text{Tüm Zeminler}) \quad (3.30)$$

$$V_s = 61 N^{0.267} \sigma_v^{0.383} \text{ (m/s) , } (\sigma_v : \text{t/m}^2) \quad (\text{Tüm Zeminler}) \quad (3.31)$$

$$V_s = 47.3 N^{0.324} \sigma_v^{0.270} \text{ (m/s) , } (\sigma_v : \text{t/m}^2) \quad (\text{Kil Zeminler}) \quad (3.32)$$

$$V_s = 54 N^{0.332} \sigma_v^{0.221} \text{ (m/s) , } (\sigma_v : \text{t/m}^2) \quad (\text{Kum Zeminler}) \quad (3.33)$$

$$V_s = 205.7 N^{0.074} \sigma_v^{0.177} \text{ (m/s) , } (\sigma_v : \text{t/m}^2) \quad (\text{Çakıl Zeminler}) \quad (3.34)$$

$$V_s = 79.8 H^{0.675} \text{ (m/s) , } (H : \text{m}) \quad (\text{Tüm Zeminler}) \quad (3.35)$$

Arazi ve laboratuvar çalışmaları doğrultusunda Tahran'ın güneyindeki ince daneli zeminlerin dinamik özelliklerini incelemiştir. Güney Tahran'ın sismik mikrobölgelemesi için birçok arazi ve laboratuvar çalışması yapmıştır. Arazi araştırmaları, orta düşük / düşük orta plastisiteli siltli malzemeler üzerindeki sismik kırılma, düşey-kuyu, SASW ve SPT testlerini içermektedir. Geosismik çalışmaları baz alarak yeni V_s -SPT(N) korelasyonlarını ince daneli zeminler için sunmuştur. Plastisite etkilerinin, deformasyon özellikleri üzerindeki değerlendirmesini araştırarak, 12'den düşük plastisite indisine sahip olduğunda plastisite etkilerinin deformasyon özellikleri üzerinde göze çarpan bir etkisi yokken, plastisite indisinin artmasıyla Kayma Modülü Oranı artmakta ve sönüm oranı azalmaktadır. 400'den fazla sondaj kuyusunda çalışılmış, ince daneli zeminlerin tüm tipleri için geliştirdiği V_s -N korelasyonu oldukça tutarlı olmuştur. Ayrıca çalışmaları paralelinde arazinin doğal periyodunu da hesaplamak amacıyla mikrotremor ölçümleri de yapmıştır. Buna göre V_s -N için önerilen amprik korelasyonlar [Jafari ve ark,2002].

$$V_s = 27 N^{0.73} \text{ (m/s) (Killi Zeminler)} \quad (3.36)$$

$$V_s = 22 N^{0.77} \text{ (m/s) (Siltli Zeminler)} \quad (3.37)$$

$$V_s = 19 N^{0.85} \text{ (m/s) (İnce Daneli Zeminler)} \quad (3.38)$$

Düşey efektif gerilme düzeltilmesi yapıldığında elde edilen N_1 , V_s 'i tahmin etmede uygun bağımsız bir değişken olmadığından, düzeltilmemiş N 'ler kullanılmasını Sykora ve Koester (1988) tavsiye ettiğinden Jafari ve diğ. (2002) çalışmalarında düzeltilmemiş SPT-N sayılarını kullanmışlardır.

Tayvan'da yapmış oldukları çalışmalarında PS Logging metodunu kullanarak kayma dalgası hız ölçümleri elde etmişler ve bu verilerin derinlik ve SPT-N sayıları ile olan ilişkisini incelemişlerdir. 45 sondaj kuyusunda PS logging deneyine başvurdukları gibi bazı mahallerde de yüzey dalgası, sismik kırılma ve düşey kuyu yöntemleri de uygulanmıştır. Farklı yöntemlerin uygulanmasıyla elde ettikleri sonuçların hemen hemen aynı olması ölçümlerinin güvenilirliğini artırmıştır. Alüvyon birikintiler için elde ettikleri bağıntı aşağıda verilmiştir [Chen ve ark,2002].

$$V_s = 139.1 + 4.09 z + 2.0415 N_1 \text{ (m/s)} \quad (3.39)$$

Türkiye'nin Marmara Bölgesinde yüksek depremselliği olan düzlük bir alüvyon zemininde yerleşik olan Bursa-Yenişehir'de çalışmışlardır. Çalışmanın yapıldığı alanda, Kuzey Anadolu Fay hattının güney kolu ve Bursa fay hattı ile İnönü-Eskişehir fay hatları en önemli deprem üreten kaynaklardır. Birinci dereceden deprem bölgesinde bulunan Yenişehir İlçesi, kuzey ve güneyden sıradağlarla çevrili bir alüvyon havzanın içerisinde yer almaktadır. İstatistiksel değerlendirmelerden sonra elde ettikleri sondaj verilerini, laboratuvar zemin sınıflandırma testlerini, sismik kırılma çalışmalarını ve SPT sondajlarını içermektedir. Zemin sınıfının hesaba katımını ve istatistiksel değerlendirmeleri temel alarak, kayma dalgası hızı V_s 'in SPT-N' den tahmini için bir dizi denklem geliştirmişler ve bunları daha önceki var olan korelasyonlarla karşılaştırılmışlardır. Yenişehir yerleşim bölgesiyle ilgili Doyuran ve diğ. (2000) ve DLH Genel Müdürlüğü'nün 2002 yılında yapmış olduğu çalışmalardan faydalanarak kendilerinden önceki çalışmalarda var olan 37 sondaj kuyusu ve SPT verilerinden faydalanılmıştır. Söz konusu çalışmada kayma dalgası hızlarının ölçümü, Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nün teknik destekleriyle sismik kırılma metoduyla yapmışlardır. 97 adet V_s ve SPT-N veri çifti üzerinde çalışarak değerlendirmelerde

bulunmuşlardır. Korelasyonları, oluşturdukları bir veritabanı üzerinden basit bir regresyon analizi ile elde etmişlerdir [Hasançebi ve Ulusay, 2006].

$$V_s = 90 N^{0.309} \text{ (m/s)} \quad (\text{Tüm Zeminler}) \quad (r=0,73) \quad (3.40)$$

$$V_s = 90.8 N^{0.319} \text{ (m/s)} \quad (\text{Kumlu Zeminler}) \quad (r=0,65) \quad (3.41)$$

$$V_s = 97.9 N^{0.269} \text{ (m/s)} \quad (\text{Killi Zeminler}) \quad (r=0,75) \quad (3.42)$$

Yaptıkları regresyon analizini yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırdıklarında V_s değerinin SPT-N sayısının 20'den fazla olduğu durumlarda önerilen korelasyonların oldukça farklı değerler almaya başladığına dikkat çekmektedirler. Ayrıca enerji düzeltilmesi yapılarak elde edilen SPT-N (N_{60}) ile V_s arasındaki ilişkiyi tüm zeminler, kumlar ve killer için de ayrıca incelemiştir. Hasançebi ve Ulusay (2006),

$$V_s = 104.79 N_{60}^{0.26} \text{ (m/s)} \quad (\text{Tüm Zeminler}) \quad (r=0,71) \quad (3.43)$$

$$V_s = 131 N_{60}^{0.205} \text{ (m/s)} \quad (\text{Kumlu Zeminler}) \quad (r=0,56) \quad (3.44)$$

$$V_s = 107.63 N_{60}^{0.237} \text{ (m/s)} \quad (\text{Killi Zeminler}) \quad (r=0,75) \quad (3.45)$$

Koçkar., (2008) Ankara kenti Batı yakasında yapmış olduğu doktora çalışmasında V_s Kayma Dalgası Hızı ile SPT-N korelasyonuna ilişkin aşağıdaki bağıntıları elde etmiştir.

$$V_s = 37,05 N^{0,572} \text{ (m/s)} \quad (\text{Killi Zeminler}) \quad (3.46)$$

$$V_s = 59,94 N^{0,428} \text{ (m/s)} \quad (\text{Alüvyon Zeminler}) \quad (3.47)$$

Yıldız., (2008) İstanbulun değişik noktalarında açılmış sondaj kuyularında PS logging yöntemi ile ölçülen V_s kayma dalgası hızlarının SPT-N değişimini incelemiştir. Bu çalışmalar sonucunda aşağıdaki bağıntıları elde etmiştir.

$$V_s=98,5N^{0,331} \text{ (m/s)} \quad (\text{Tüm zeminler}) \text{ (r=0,82)} \quad (3.46)$$

$$V_s=99,2N^{0,328} \text{ (m/s)} \quad (\text{Killi Zeminler}) \text{ (r=0,77)} \quad (3.47)$$

Yaptıkları çalışmayı, enerji düzeltmesi yaparak korelasyon öneren Pitilakis ve diğ. (1999) çalışması ile karşılaştırmışlardır. Her ne kadar kum zeminler için benzerlik gösterse de, killi zeminler için farklılık göstermiştir. Zaten enerji düzeltmesi yapılarak elde edilen regresyonların korelasyon katsayıları da enerji düzeltmesi yapılmayanlara oranla düşük çıkmıştır. Pratik kullanımlar için enerji düzeltmesi yapılmadan V_s saptanmasının daha isabetli olacağını belirtilmişlerdir.

Çizelge 3.1. SPT-N ile V_s arasındaki önceki çalışmalara ait korelasyonlar toplu halde verilmiştir.

Araştırmacı	Bağıntı V_s , [m/s]	Zemin Cinsi
Kanai ve diğ. (1966)	$V_s = 19N^{0.6}$	Tüm
Shibata (1970)	$V_s = 31.7N^{0.54}$	Kum
Ohba ve Toriumi (1970)	$V_s = 85.3N^{0.31}$	Alüvyon
Imai ve Yoshimura (1970)	$V_s = 76N^{0.33}$	Tüm
Fujiwara (1972)	$V_s = 92.1N^{0.337}$	Tüm
Ohta ve diğ. (1972)	$V_s = 87.2N^{0.36}$	Tüm
Ohsaki ve Iwasaki (1973)	$V_s = 81.4N^{0.39}$	Tüm
Imai ve Yoshimura (1975)	$V_s = 92N^{0.329}$	Tüm
Imai ve diğ. (1975)	$V_s = 89.9N^{0.341}$	Tüm
Imai (1977)	$V_s = 91N^{0.337}$	Tüm
	$V_s = 80.6N^{0.331}$	Kum
	$V_s = 80.2N^{0.292}$	Kil
Ohta ve Goto (1978)	$V_s = 85.35N^{0.348}$	Tüm
Seed ve Idriss (1981)	$V_s = 61N_1^{0.5}$	Tüm
Imai ve Tonouchi (1982)	$V_s = 97N^{0.314}$	Tüm
Sykora ve Stokoe (1983)	$V_s = 100.5N^{0.29}$	Kum
	$V_s = 109.7N_1^{0.28}$	Kum
Jinan (1987)	$V_s = 116.1(N+0.3185)^{0.202}$	Tüm
Lee (1990)	$V_s = 57.4N^{0.49}$	Kum
	$V_s = 114.43N^{0.31}$	Kil
	$V_s = 105.64N^{0.32}$	Silt
Sisman (1995)	$V_s = 32.8N^{0.51}$	Tüm
Iyisan (1996)	$V_s = 51.5N^{0.516}$	Tüm
Jafari ve diğ. (1997)	$V_s = 22N^{0.85}$	Tüm
Pitilakis ve diğ. (1999)	$V_s = 145(N_{60})^{0.178}$	Kum
	$V_s = 132(N_{60})^{0.271}$	Kil
Kiku ve diğ. (2001)	$V_s = 68.3N^{0.292}$	Tüm
Jafari ve diğ. (2002)	$V_s = 27N^{0.73}$	Kil
Hasancebi ve Ulusay (2006)	$V_s = 90N^{0.309}$	Tüm
	$V_s = 90.8N^{0.319}$	Kum
	$V_s = 97.9N^{0.269}$	Kil
Koçkar. (2008)	$V_s = 37,05N^{0.572}$	Kil
	$V_s = 59,94N^{0.428}$	Kum
Yıldız. (2008)	$V_s = 98,5N^{0.331}$	Tüm
	$V_s = 99,2N^{0.328}$	Kil

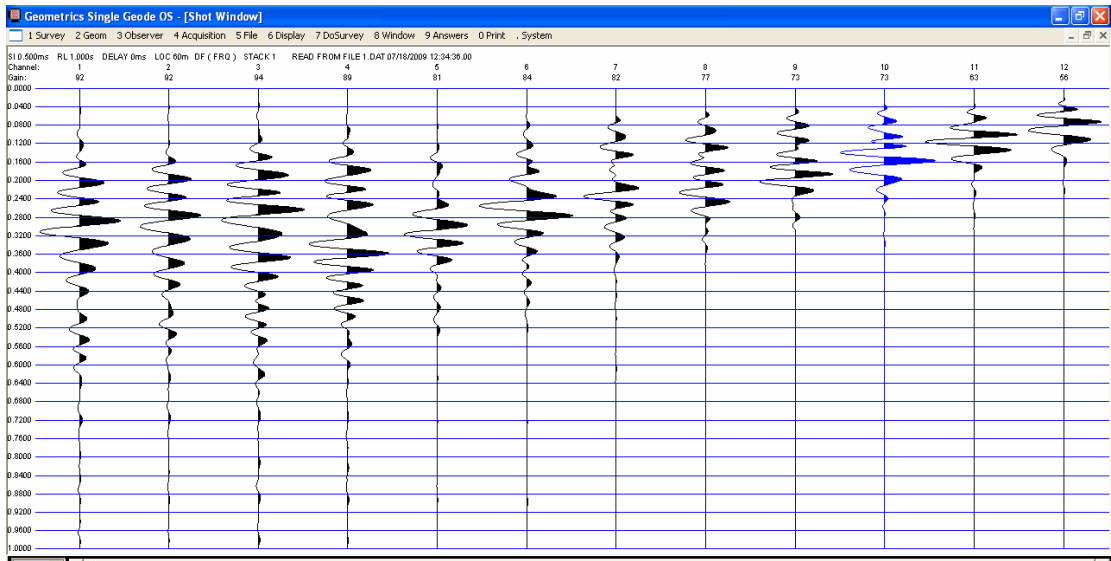
4. ÇALIŞMA ALANINDA ÖLÇÜLEN KAYMA DALGASI HIZLARI VE SPT-N DEĞERLERİ

4.1. Giriş

Bu çalışma kapsamında Ankara kenti yerleşim merkezi sınırları içerisinde, yerel zemin koşullarının belirlenmesi amacıyla Kızılay- Batıkent, Kızılay- Çayyolu, Keçiören- Tandoğan metro güzergahları boyunca Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından metro çalışmaları için yaptırılan toplam 45 adet sondaj ve bu sondajlar sırasında yapılmış SPT-N değerleri kullanılmıştır. Sondaj noktalarında ise yüzey kırılma yöntemi ile ortalama kayma dalgası hızları çalışma sırasında belirlenmiştir. Sondaj noktaları ve Yüzey Kırılma deneylerinin yapıldığı yerler şekil 4.1 de harita üzerinde gösterilmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen bilgiler değerlendirilerek Ankara kenti yerleşim merkezinde ki farklı zemin türlerine göre Vs kayma dalgası hızının SPT_N darbe sayısına bağlı değişimleri incelenerek çeşitli korelasyonlar elde edilmiştir.

4.2. Yüzey Kırılma Deneyleri ve Sonuçları

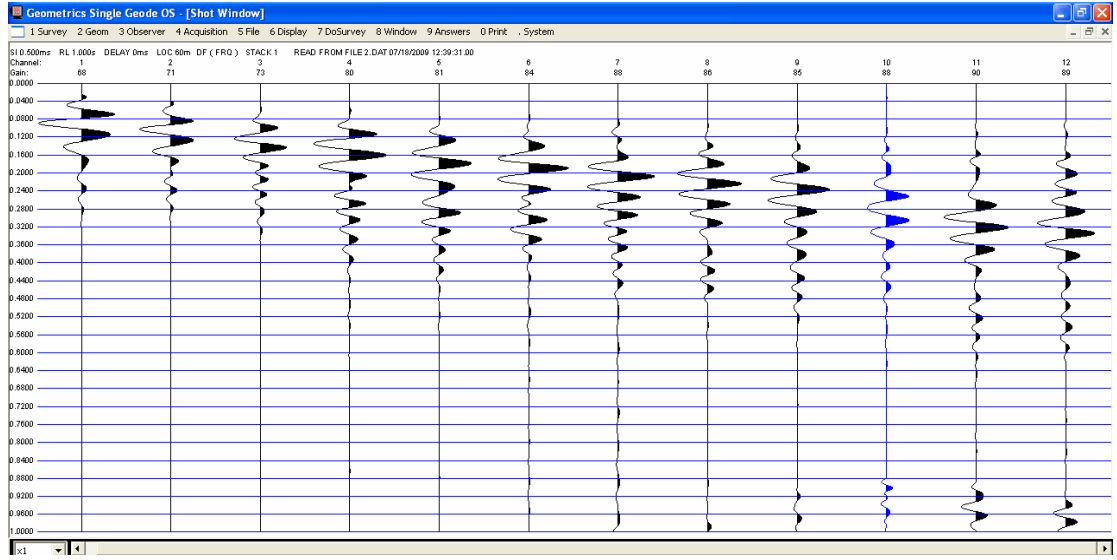
Şekil 4.1’de gösterilen sondaj yerleri doğrultusunda uygulanan yüzey kırılma deneyinde yaklaşık 60m mesafe içinde 5 m aralıklarla yerleştirilen 12 adet yüzey jeofonu ile S-dalga hızları ölçülmüştür. Deneylerin yapılışına ait fotoğraflar şekil 4.2 gösterilmiştir. Tabakalaşma ve anakaya derinliğinin belirlenmeye çalışıldığı bu deneylerde kayıtlar 200 mikro saniye örnekleme aralığında bilgisayara alınmıştır. Kaynak olarak zemin yüzeyine yerleştirilen dairesel kesitli bir demir kütle kullanılmış, üzerine tetikleme sisteminin alıcısının takıldığı bir balyoz ile bu kütleyle düşey doğrultuda vurularak dalga üretilmiştir. Deneyler jeofon seriminin her iki tarafında ki kaynak noktalarında tekrarlanmıştır. Deneylerde dalga kaynağı K2 noktasında iken alınan kayıtlara bir örnek Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Batıkent metro istasyonunda alınan kayıtlara bir örnek (Düz atış)

Çizelge 4.1 Yüzey kırılma yapılan metro istasyonlardaki Vs ortalama değerleri

SERİM YERLERİ	KOORDİNATLAR		Vs ort
KIZILAY	4419027	486991	200
SIHHIYE	4420498	487139	147.5
ULUS	4420724	487319	405
AKM	4421667	486653	165
MİGROS	4422946	485189	555
İVEDİK	4423414	484095	372.5
HASTANE	4424380	481324	227.5
MACUNKÖY	4424733	480132	292.5
OSTİM	4424565	478047	270
BATIKENT	4424514	476200	295
İST. YOLU KENARI	4425653	471310	195
5. ETAP İSTASYONU	4425773	467918	227.5
A	4425831	466618	165
B	4426001	465699	105
C	4426338	464741	212.5
D	4426346	463629	260
E	4426555	462155	197.5
ENERJİ BAKANLIĞI	4418034	485128	162.5
SÖĞÜTÖZÜ	4418000	483776	340
ODTÜ	4417582	481556	290
BİLKENT	4417727	480147	167.5
TARIM BAKANLIĞI	4417496	478169	230
HACETTEPE	4417450	477220	182.5
ÜMİTKÖY	4417437	475062	187.5
ÇAYYOLU SONDAN ÖNCEKİ	4415921	473602	222.5
ÇAYYOLU SON DURAK	4415151	473006	240
İLLER BANKASI	4422971	4877551	245
ANKARA ÜNİ. GIDA MÜHENDİSLİĞİ	4423919	488423	265
KEÇİÖREN MİGROS	4425249	488780	190



Şekil 4.3. Batıkent metro istasyonunda alınan kayıtlara bir örnek (Ters atış)

Her bir noktada yapılan deneylerin mesafe zaman grafikleri aşağıda sırasıyla verilmiştir. Bu mesafe- zaman grafikleri yardımı ile tabaka hızları ve tabaka kalınları tayin edilebilmektedir. Hızlar çizilen doğruların eğiminden hesaplanmaktadır. Bu doğrular regresyon analizi sonucu oluşturulmuştur. Doğruların eğim değiştirmeleri zemin kesintinde yer alan tabakalaşmayı göstermektedir. Tabaka derinliğini belirlemek için ölçümlerin, yüzeye yerleştirilen jeofonların her iki tarafında da dalga üreterek yapılması gerekmektedir. .

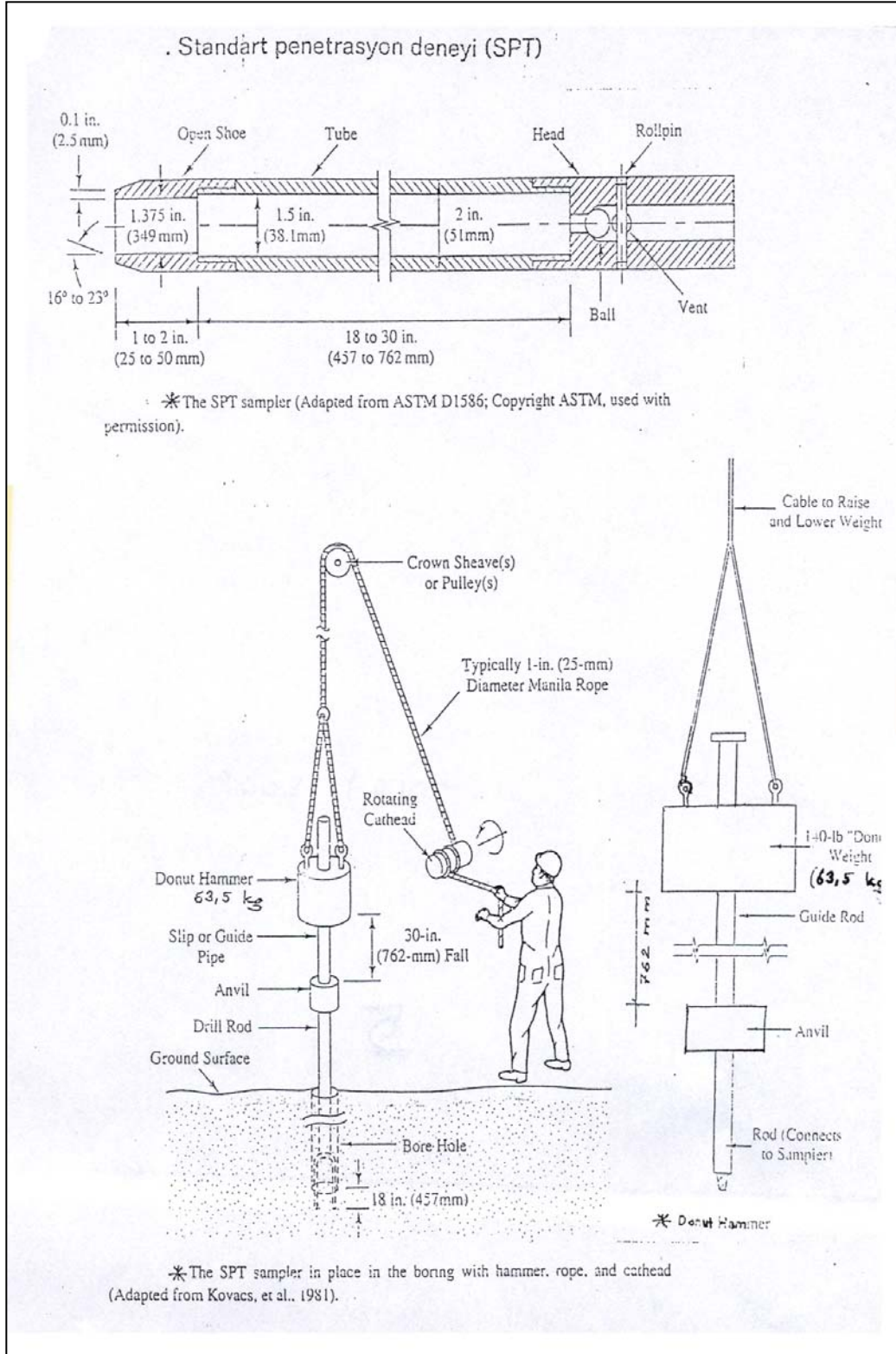
4.3. Standart Penetrasyon Deneyleri (SPT)

Geoteknik araştırmalar sebebiyle açılan sondajlar içinde kaba daneli zeminlerin yerleşim sıklıkları , ince daneli zeminlerin kıvamını belirlemek ve örşelenmemiş numune almak için yapılan SPT deneyi sonuçlarına dayanılarak zemin parametreleri bulunabilmektedir.

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) dinamik bir penetrasyon deneyi olup, zemin incelemelerinde en sık kullanılan ve en eski arazi deneylerinden biridir. SPT oldukça kapsamlı şekilde Kuzey ve Güney Amerika, Büyük Britanya ve Japonya'da kullanılmaktadır. Kuzey Amerika'da SPT zemin incelemelerinin anahtar taşı olmuş

ve olmaya da devam etmektedir (Horn, 1979). Mori (1979)'a göre Japonya'da ön inceleme aşamasında sondajların % 90 dan fazlası SPT ile birlikte yapılmaktadır. Bu deney Türkiye'de ve bir çok ülkede en fazla tercih edilen deneydir [Durgunoğlu ve Toğrol, 1974]. Türkiye'de SPT hemen hemen her zemin inceleme programının ana kısımlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) standart bir numune alıcının, dinamik olarak 76 cm yükseklikten 63.5 kg ağırlığındaki bir tokmağın düşürülerek standart bir numune alıcının zemine 45 cm sokulması şeklinde uygulanır. Numune alıcının iç çapı 3,5 cm. ve dış çapı 5 cm. olup uzunluğu 81 cm.'dir. Numune kaşığının zemine son 30 cm'lik girmesine karşı gelen toplam darbe sayısı, zeminin penetrasyon direnci (SPT-N) olarak tarif edilir.(Şekil 4.4) Bu deney, yumuşak killer ve gevşek kumlardan çok sert killer ve sıkı kumlara kadar çeşitli zemin türlerinde uygulanabilmektedir [Sağlamer, 1979].



Şekil 4.4 SPT deneyinin uygulanışı

SPT-N değeri, ayırık daneli zeminler üzerinde inşa edilen yapıların taşıma gücü ve oturmasının hesabında, ayırık daneli zeminlerin önemli fiziksel ve mühendislik özellikleri olan izafi sıkılık (D_r) ve kayma mukavemeti açısının (ϕ) hesaplanmasında ve ayrıca ayırık daneli zeminlerin sıvılaşma potansiyeli ile dinamik bir özellik olan kayma dalgası hızının (v_s) tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. İnce daneli zeminlerde SPT'nin kullanımı, ayırık daneli zeminlere göre tartışmalı olmakla birlikte, teknolojinin gelişmesi ile son zamanlarda inceleme konusu olmuştur. İnce daneli zeminlerde önemli mühendislik parametreleri olan serbest basınç mukavemeti (q_u), drenajsız kayma mukavemeti (c_u) ve hacimsel sıkışma katsayısının (m_v) belirlenmesinde kullanılmaktadır. SPT ayrıca, yapılan dolguların kontrolünde kullanılmaktadır. Ancak ince daneli zeminler için bulunan sonuçlar, ayırık daneli zeminlerdeki kadar güvenilir olmamaktadır.

Bilindiği gibi SPT, deneyin uygulanmasındaki farklılıklar ve deneyde kullanılan ekipman sebebiyle bir çok faktörün etkisindedir. Dolayısıyla SPT'den elde edilen sonuçlar (SPT-N) bu faktörler tarafından etkilendiğinden, SPT-N değerleri üzerinde düzeltmeler yapılmalıdır. Son yıllarda tij uzunluğu, sondaj kuyusu çapı, numune alıcı tipi, tokmak tipi ve düşürülme şekli, vuruş sıklığı ve jeolojik yük etkileri dikkate alınarak arazide ölçülmüş SPT-N değerleri (SPT-N_{arazi}) için çeşitli düzeltmeler geliştirilmiştir. Deney yapılırken, sistem içerisinde tijlere ve oradan da numune alıcıya iletilen enerji ve tokmak düşürüldüğünde yapılan hatalar farklı değerlendirilmelere yol açmaktadır. Dolayısıyla çakma enerjisinin belli bir standarda bağlanması gerekmektedir. Yapılan bu düzeltmeler, düzeltilmemiş değerler için bir çok araştırmacı tarafından önerilen korelasyonların kullanımı sırasında karışıklığa sebep olabilmektedir.

Son zamanlarda, özellikle SPT tokmaklarının arazideki enerjilerinin ölçülmesi ve SPT'nin dinamiği (Schmertmann ve Palacios, 1979; Kovacs vd., 1981; Clayton, 1990; Farrar vd., 1998) üzerine mevcut araştırmalar, SPT'ye ve sonuçlarına ait bilgileri önemli derecede geliştirmiştir. Bunun sonucu olarak deney sonuçlarının karşılaştırılmasındaki zorlukları giderebilme imkanı doğmuştur.

4.3.1. SPT Deneyinin uygulanması:

1. Kuyu, deneyin yapılacağı seviyeye kadar temizlenir ve deney seviyesinde örselenmiş bir kısmın kalmamasına özen gösterilir.
2. Tüp, kuyu tabanına kadar indirilip zemine 15 cm çakılır. Tüpün 15 cm'lik çakılmasından elde edilen darbe sayıları (N) dikkate alınmaz. Burada amaç, kuyu tabanındaki örselenmiş zemin kısmının geçilmesidir.
3. İlk 15 cm'lik ilerlemeden sonra tüp, zemine 30 cm daha girecek şekilde tekrar çakılır ve 30 cm'lik çakma için toplam darbe sayısı kaydedilir. Kaydedilen darbe sayısı (N) deneyin sonucu olarak dikkate alınır.
4. Eğer tüp 30 cm'lik bir penetrasyona ulaşmadan önce elde edilen darbe sayısı 50 ise, daha fazla darbe sayısı uygulanamaz.
5. Tüp yukarı çekilir ve tüpteki örselenmiş örnek kavanoza veya torbaya konarak zemin tanımlaması ve indeks deneyler için zemin mekaniğinin laboratuvarına gönderilir.
6. Deney, sondaj boyunca 1.75 m ile 1,5 m arasında değişen aralıklarla uygulanır. Türkiye'deki uygulamaya göre deney, her 1.5 m'de bir yapılır.
7. Zemin çakıllı ise, tübün ucundaki pabuç çıkarılarak kenarları 60 eğimli konik uç takılır.

4.3.2. Standart penetrasyon deneyine etkiyen faktörler

SPT sonuçlarına etkiyen başlıca faktörler, sondaj metotları, sondaj çapı, numune alıcının doğal zemine oturmaması, numune alıcının durumu, numune alıcının kaplama borusu içindeki konumu, tij uzunluğu, tokmak düşürme yöntemi, tokmak düşürme sıklığı, eksantrik çarpma, operatör deneyimi olarak gösterilebilir. Sondaj çapı 10 cm' nin üzerine çıktığında ve eksantrik çarpma durumunda SPT darbe sayısında düşme meydana gelmektedir. Basit olmasına ve çok yaygın kullanılmasına karşılık standart penetrasyon deneyi delgi ve nümune alma yöntemlerinden fazlasıyla etkilenmektedir. Gerek delgi, gerekse nümune alma sırasında yapılan hatalı işlemler deneyi standart olmaktan çıkarmakta ve elde edilen veriler yanlış değerlendirilmelere yol açmaktadır. Görüldüğü gibi SPT sonuçlarının geniş bir aralıkta değişmesine neden olan birçok faktör vardır. Bu durum SPT sonuçlarının

yorumlanmasında ve önceki verilerin kullanılmasında zorluklara neden olmaktadır. Bu nedenle SPT verileri etkiyen bu faktörler dikkate alınarak düzeltilmektedir. Aşağıda delgi ve nümune alma sırasında penetrasyon direncini etkileyen faktörler verilmiştir.

- a. Sondaj deliğinin yeterince temizlenemeyişi : SPT deneyi yalnızca belirli bir derinlikte orijinal zeminde yapılmalıdır. Örnek alıcıda biriken çamur, örnek alıcı çakıldıkça sıkışmakta ve N sayısını arttırmaktadır.
- b. Örnek alıcının sondaj kılıfı alt ucundan yukarıda çakılması: Kumlarda artan, kohezyonlu zeminlerde azalan N sayılarına neden olmaktadır.
- c. Sondajda yeteri kadar hidrolik yük sağlanamaması . Özellikle kumlu zeminlerin tümüyle gevşeme olasılığı doğmaktadır.
- d. Deney yapanın gösterdiği özen: Aynı zeminde aynı aygıtla yapılan deneyler, deney yapan kişiye, o andaki gösterilen özen ve deney yapılan zamana bağlı olarak değişebilmektedir.
- e. Örnek alıcının fazla çakılması: Genelde daha yüksek N değerleri elde edilmektedir.
- f. Örnek alıcının çakıyla tıkanması : Gevşek kumların sıklığının gerçekten çok fazla sanılmasına yol açabilmektedir.
- g) Tıkanmış kılıf borusu: Yeraltı suyu altında gevşek kumlarda hidrostatik basınç, kum yükselmesine ve kılıf borusunu tıkanmasına yol açıp yüksek N değerlerine neden olabilmektedir.
- h) Kılıf borusu alt ucu ötesinin fazla yıkanması: Sıkı kumlar, gereğinden fazla yıkanma nedeniyle gevşeyip düşük N değerleri verebilmektedir.
- ı) Delme yöntemi: Sondajın kılıfı ya da sondaj çamuru ile yapılması farklı N değerleri elde etmeye yol açabilmektedir.
- k) Standart olmayan tokmak düşüşü: İletilen enerji üniform olmayışına yol açabilmektedir.
- l) Tokmağın serbest düşmesinin sağlanamaması: Kedibaşında 1.5 sarımdan fazla ip sarmak ve/veya çelik halat kullanmak tokmak düşüşünü sınırlamaktadır.
- m) Doğru ağırlık kullanılmaması: Pratikte 5 kg kadar farklı ağırlıkların kullanıldığı gözlenmektedir.
- n) Ağırlığın aksel düşmemesi: Çarpma enerjisi azaldığından yüksek N değerleri

ölçülmektedir.

- o) Kılavuz kullanılmaması: Doğru olmayan N değerleri ölçülmektedir.
- p) Örnek alıcı ucunun iyi olmaması: Hasarlı uçlar açıklığı azalttığı veya uç dolu alanını arttırdığı için artan N değerlerine yol açmaktadır.
- q) Standarttan daha ağır sondaj çubuğu kullanılması: Daha çok enerji emildiği için N sayıları daha fazla ölçülmektedir
- r) Doğru olmayan delme tekniği: SPT orijinal olarak yıkamaları sondajlar sırasında geliştirilmiştir. Zeminin daha çok örselenmesine yol açacak delme teknikleri (örneğin darbeleri sondaj) N sayılarını etkilemektedir.
- s) Çok büyük sondaj deliği: 100 mm den büyük sondaj deliği çapı önerilmemektedir. Daha fazla çaplarda azalan N değerleri ölçülebilmektedir.
- t) Yeterli denetim olmaması: Örnek alıcının bir çakılla tıkanmasını, sonuçları özenle izleyen bir usta belirleyip önlem alabilmektedir.
- u) Çok büyük pompa kullanmak: Yüksek pompa gücü sondaj tabanını gevşetip düşük N değerlerine yol açabilmektedir.

4.3.3. SPT Deney sonuçlarına (darbe sayısı N^{30}) ilişkin düzeltmeler:

Yeraltısu düzeltmesi: Schultze ve Menzenbach (1961), SPT-N sayısındaki bu azalmanın, yeraltı su seviyesi (YASS) altında yapılan deneylerde ortalama %15 olacağını ve daha gevşek zeminlerde bu etkinin daha da belirgin olacağını belirtmişlerdir. Melzer (1971), SPT-N değerinin su altında daha düşük olduğunu hem arazi hem de laboratuvarında yaptığı deney sonuçlarından göstermiştir.

- a. Deney, yer altı suyu seviyesinin altında yapıldığında, suyun tüpe girerek kumlu zemini gevşetmemesi için dikkatli olunmalıdır. Buna engel olunması amacıyla sondaj kuyusuna su ilave edilerek su seviyesi dengelenir.
- b. Deneyin yer altı suyu tablası altında yer alan ince kum veya siltli kumlarda yapıldığı durumlarda, eğer $N^{30} > 15$ ise N^{30} değerleri için aşağıdaki eşitlik kullanılarak su düzeltmesi yapılır.

$$N^{30} = 15 + 0.5(N^{30} - 15) \quad (4.1)$$

Yapılan bu düzeltmenin amacı; çakma işlemi sırasında kısa sürede uzaklaşması mümkün olmayan suyun, negatif bir gözenek suyu basıncı yaratmasından dolayı zeminin direncinde, yerindeki normal penetrasyon direncine oranla meydana gelen artışın giderilmesidir.

Derinlik düzeltmesi:

$$N^{30} = N^{30} (35 / (7 + \sigma_v')) \quad (4.2)$$

$$\sigma_v' = \sigma_v - u = \sum \gamma_n \cdot z_i - \sum h \cdot \gamma_w \quad (4.3)$$

$$(\sigma_v' \geq 28 \text{ ton/m}^2) \quad \sigma_v' (\text{ton/m}^2)$$

Tij enerji oranı, ER:

Şahmerdanın tipi ve serbest bırakılış yöntemi, en üstteki tijin üzerinde yer alan ve darbenin uygulandığı metal bloğun tipi ve sondaj tijlerinin uzunluğu elde edilen N darbe sayısı değerlerinde farklılıklara neden olur. Bunun standart hale getirilebilmesi amacıyla enerji oranı (ER) kavramı geliştirilmiştir. Enerji oranı dikkate alınarak, N değerleri aşağıdaki ifade kullanılıp normalize edilir ve normalize edilmiş darbe sayıları (N^{30}) hesaplanır.

$$N_{60} = N (ER / 60) \quad (4.4)$$

Türkiye'de de kullanılan Donut tipi şahmerdan için enerji oranı (ER) 45'dir.

$$N_{60} = N (45 / 60) = 0,75N \quad (4.5)$$

Tij uzunluğu, iç tüp ve kuyu çapı ile ilgili düzeltmeler:

Bu düzeltmeler, özellikle siltli kumlar ile temiz kumlar için yapılan sıvılaştırma analizleri açısından önemlidir. Bu düzeltmeler aşağıdaki gibidir.

Tij uzunluğu:	Düzeltilme faktörü(N ¹)
>10 m	1.0
6-10 m	0.95
4-6 m	0.85
3-4 m	0.75

Düzeltilme faktörü(N²)

İç tüpü olan örnekleyici kullanılmış ise	1.0 (N ²)
İç tüpü olmayan örnekleyici kullanılmış ise	1.2 (N ²)

Kuyu çapı	Düzeltilme faktörü(N ³)
65-115 mm	1.0 (N ³)
150 mm	1.05 (N ³)
200 mm	1.15 (N ³)

$$N_{60} = N(ER/60) * N^1 * N^2 * N^3 \quad (4.6)$$

Örtü gerilimi düzeltmesi, CN:

N darbe sayıları, zeminin rölatif (bağıl) yoğunluğunun yanı sıra, deney derinliğindeki efektif gerilmede bağlıdır. Efektif gerilim, efektif örtü gerilimi ile temsil edilir. Aynı göreceli yoğunluğa sahip bir kum, farklı derinliklerde farklı N değerleri verir. Bu nedenle bir düzeltme yapılır. Düzeltme katsayısı CN aşağıdaki ifadede yerine konularak düzeltilmiş darbe sayısı N' elde edilir.

$$N' = CN * N \quad (4.7)$$

Enerji oranı, tij uzunluğu, kuyu çapı ve tüp düzeltmeleri de yapılmış ise,

$$N'_{60} = CN * N_{60} \text{ ifadesi kullanılır.} \quad (4.8)$$

Ortalama SPT-N değerinin hesaplanması ise

$$N(30) = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad (4.9)$$

Kullanılarak bulunmaktadır.

Örtü gerilimi düzeltmesi, CN, için çok sayıda eşitlik önerilmiş olmakla birlikte, en yaygın olarak kullanılanlar, bunları öneren araştırmacıların adlarıyla birlikte aşağıda verilmiştir.

Liao ve Whitman (1986)

$$C_v = \sqrt{1/\bar{\sigma}'}) \quad (\bar{\sigma}': \text{efektif düşey gerilim, kgf/cm}^2) \quad (4.10)$$

Tokimatsu ve Yoshimi(1983)

$$C_N = 170/(70 + \bar{\sigma}') \quad (\bar{\sigma}', \text{kPa olarak veya}) \quad (4.11)$$

$$C_N = 1.7/(0.7 + \bar{\sigma}') \quad (\bar{\sigma}', \text{kgf/cm}^2 \text{ olarak}) \quad (4.12)$$

Peck, vd.(1974):

$$C_N = 0.77 \log(20/\bar{\sigma}') \quad (\bar{\sigma}', \text{ton/ft}^2 \text{ olarak}) \quad (4.13)$$

Bu çalışma sırasında derlenen SPT deneyleri Şekil 4.1 de yerleşim planında gösterilen noktalarda açılmış olan sondaj kuyularında yapılmıştır. Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan bu sondajların hepsi ayrı ayrı oluşturulan bir excel sayfasına aktarılarak her bir sondaj noktasında düzeltilmiş ve düzeltilmemiş ortalama SPT – N darbe sayıları bulunmuştur. Bu sonuçlar Tablo 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Metro İstasyonlarında yapılan SPT-N sonuçları

SPT DENEY NOKTALARI	KOORDİNATLAR		SPT-N	Düzeltilmi.SPT_N
KIZILAY	4419027	486991	17,10	10,46
SIHHIYE	4420498	487139	13,06	9,46
ULUS	4420724	487319	62,30	40,98
AKM	4421667	486653	14,38	8,48
MİGROS	4422946	485189	16,78	10,01
İVEDİK	4423414	484095	56,14	37,69
HASTANE	4424380	481324	31,6	19,38
MACUNKÖY	4424733	480132	34,7	26,53
OSTİM	4424565	478047	32,5	22,65
BATIKENT	4424514	476200	57,08	34,41
İST. YOLU KENARI	4425653	471310	16,58	15,88
5. ETAP İSTASYONU	4425773	467918	23,80	14,81
A	4425831	466618	12,94	8,59
B	4426001	465699	5,48	3,54
C	4426338	464741	22,61	16,12
D	4426346	463629	28,21	20,29
E	4426555	462155	16,38	12,12
SÖĞÜTÖZÜ	4418000	483776	46,10	34,12
ODTÜ	4417582	481556	45,02	25,28
TARIM BAKANLIĞI	4417496	478169	29,69	23,56
HACETTEPE	4417450	477220	15,34	10,08
ÜMİTKÖY	4417437	475062	16,54	10,67
ÇAYYOLU SON DAN ÖNCEKİ	4415921	473602	23,31	12,63
ÇAYYOLU SON DURAK	4415151	473006	26,77	16,19
İLLER BANKASI	4422971	4877551	27,11	17,11
ANKARA ÜNİ. GIDA MÜHENDİSLİĞİ	4423919	488423	25,79	16,94
KEÇİÖREN MİGROS	4425249	488780	16,79	11,77

5. ARAZİ ÇALIŞMALARIYLA ELDE EDİLEN VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 Giriş

Çalışma alanı olarak belirlenen Ankara kent merkezi yerleşim alanında farklı zemin türleri üzerinde yapılan incelemeler sırasında Standart Penetrasyon Deneyi sonuçları ile kaymada dalgası hız ölçümleri değerlendirilmiştir. Ankara kent merkezinde yeni yapılacak yerleşim yerlerinde depreme dayanıklı yapı tasarımında zemin dinamik özellikleri oldukça önem kazanmıştır. Arazide doğal koşullarda uygulanan deney teknikleri ile elde edilen bilgilerden dinamik zemin özelliklerini belirlemek son yıllarda çeşitli bilim adamları tarafından da uygun görülmüştür. Yukarıda bahsi geçen aynı tür zeminler üzerinde ölçülen standart penetrasyon SPT – N darbe sayısı ve yüzey kırılma yöntemiyle elde edilen Vs kayma dalgası hızlarının birbirleriyle ilişkilerini araştırmak, aralarında bir korelasyon geliştirilmiştir.

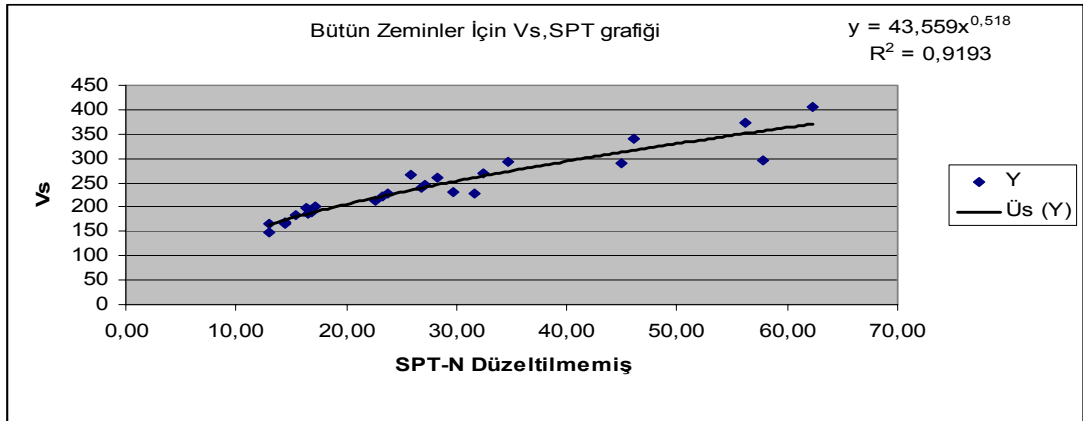
Bu korelasyon eşitliklerini elde etmek için toplanan verilere regresyon analizi uygulanarak lineer ve lineer olmayan ilişkiler araştırılmış, en uygun bağıntılar ve onlara karşılık gelen korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Regresyon analizlerinde ve grafik çizimlerinde Excel bilgisayar programı kullanılmıştır. Sismik dalga hızını seçilen değişkenler cinsinden ifade edebilmek ve lineer olmayan bir eşitlik geliştirmek için regresyon analizinde $y=ax^b$ formunda üstel bir bağıntı kullanılmıştır. Burada y Vs kayma dalgası hızını, x ise korelasyonda kullanılan SPT-N darbe sayısı değişkenlerini göstermektedir. Aynı formüldeki a ve b ise regresyon analizi sonucunda bulunan katsayılardır. Analizi basitleştirmek için korelasyon eğrisinin başlangıç noktasından geçtiği kabul edilir. Bu kabul daha önceki çalışmalarda arazi deneyi korelasyonları ile ilgilenen bir çok araştırmacı tarafından da yapılmıştır.

5.2 SPT-N Darbe Sayısı ve Vs Kayma Dalgası Hızı

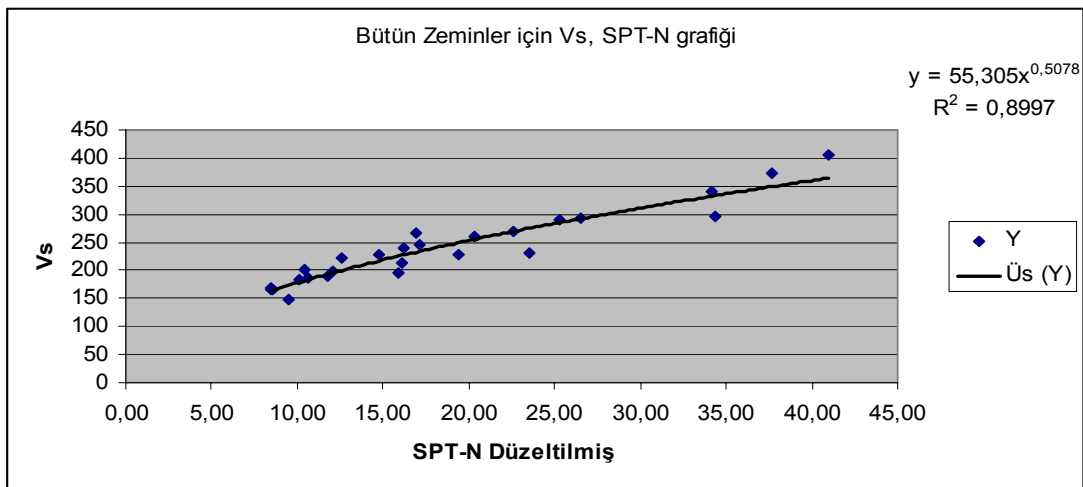
Bu bölümde Standart Penetrasyon Deneyi direncini gösteren SPT-N sayısı ile Vs kayma dalgası hızı arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bunun için yukarı anlatılan

analiz yöntemi kullanılarak hem düzeltilmiş (N_i) hemde düzeltilmemiş (N) değerleri ile analizler yapılmış, korelasyon eşitlikleri ve katsayıları bulunmuştur. Elde edilen bağıntılar ile daha önceki çalışmalarda bulunan sonuçlar karşılıklı olarak değerlendirilmiştir. Arazide toplanan tüm veriler üzerinde lineer olmayan analiz uygulanmış ve üstel fonksiyon olarak bağıntılar elde edilmiştir.

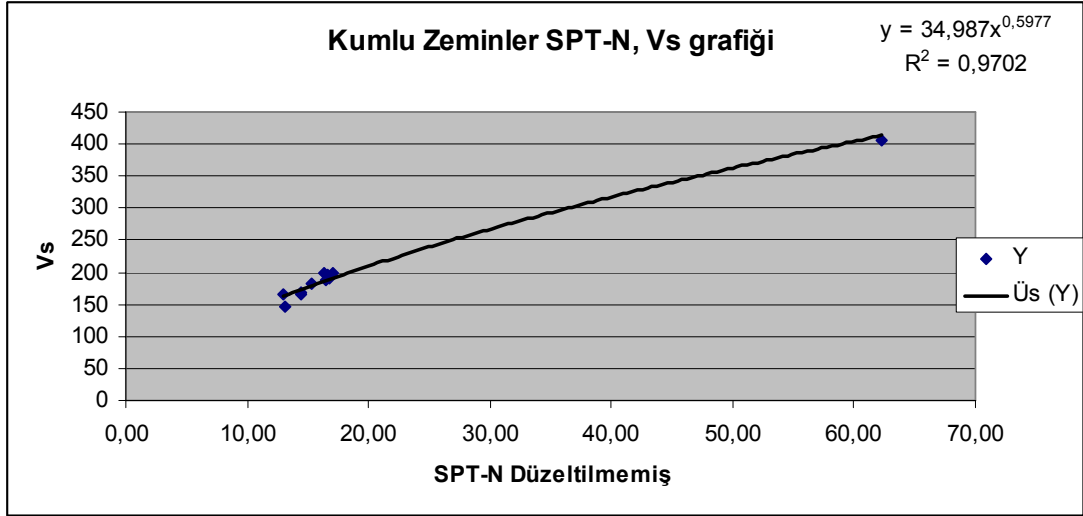
Arazide açılmış olan her sondaj kuyusunda SPT deneyleri yapılmış ve N değerleri bulunmuştur. Buna karşılık dalga hızlarının ölçüldüğü ise bu sondajlarla aynı noktalarda yapılmıştır.



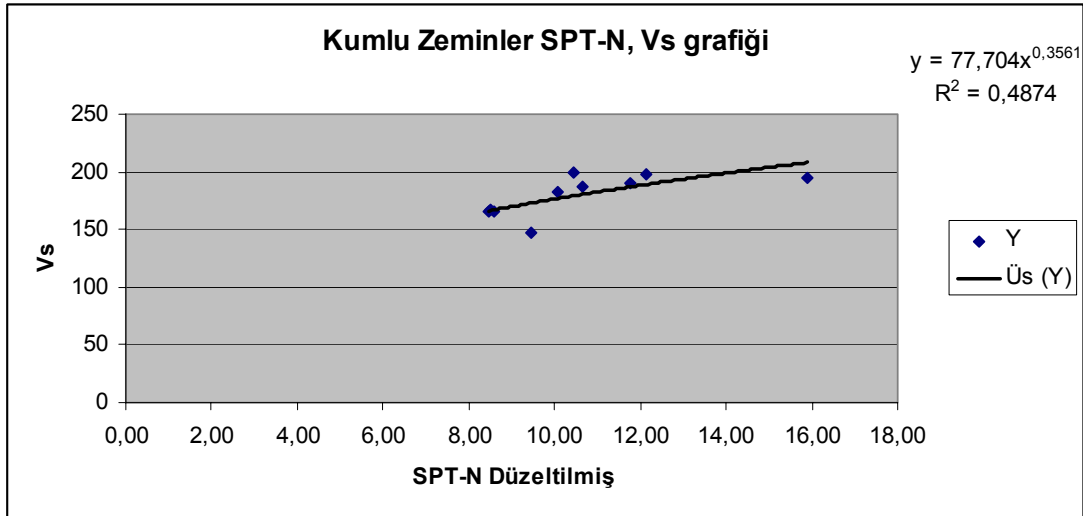
Şekil 5.1 Nihai verilerle Tüm zeminlere ait Düzeltilmemiş SPT N ile Vs arasındaki ilişki



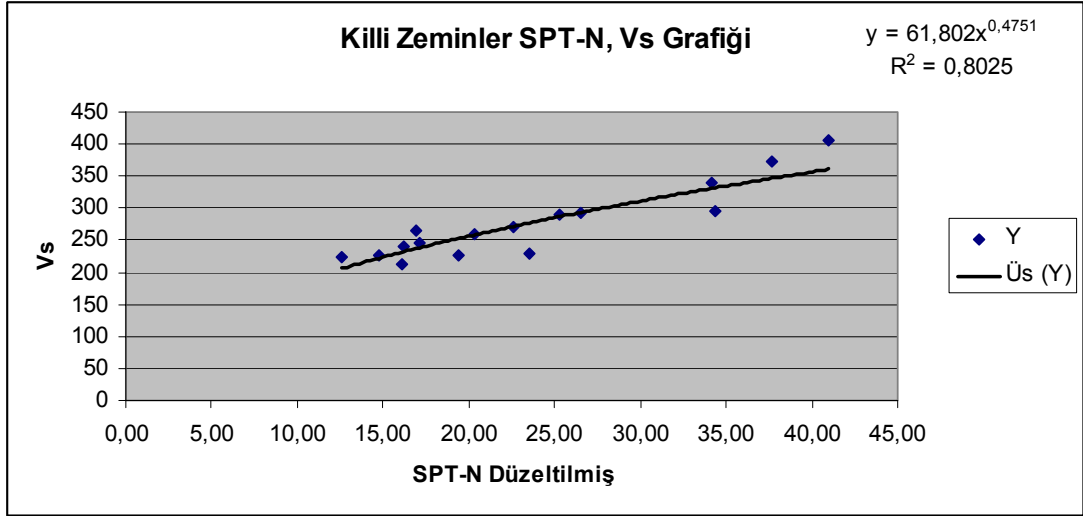
Şekil 5.2. Nihai verilerle Tüm zeminlere ait Düzeltilmiş SPT N ile Vs arasındaki ilişki



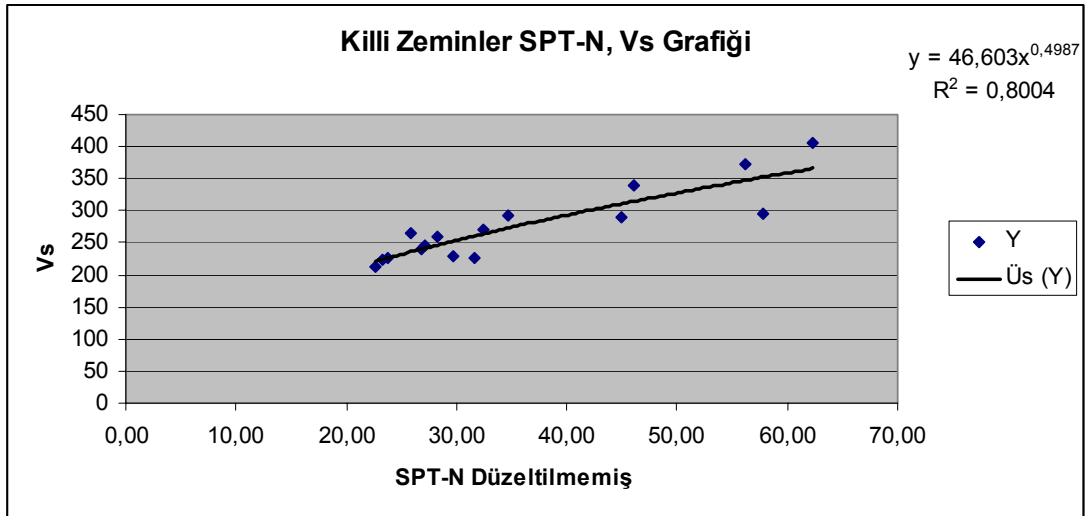
Şekil 5.3. Nihai verilerle Kumlu zeminlere ait Düzeltilmemiş SPT N ile Vs arasındaki ilişki



Şekil 5.4. Nihai verilerle Kumlu zeminlere ait Düzeltilmiş SPT N ile Vs arasındaki ilişki



Şekil 5.5. Nihai verilerle Killi zeminlere ait Düzeltmiş SPT N ile Vs arasındaki ilişki



Şekil 5.6. Nihai verilerle Killi zeminlere ait Düzeltilmemiş SPT N ile Vs arasındaki ilişki

Sondajlar sırasında yapılan Standart penetrasyon deney sonuçları ve aynı sondaj kuyularında yürütülen yüzey kırılma yöntemi ile bulunan Vs kayma dalgası hızları arasında aynı veriler kullanılarak ve N sayıları efektif düşey gerilmeye, yer altı su seviyesi ve enerji düzeltmeleri yapılarak yeni analizler yapılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Zemin tabakalarının kayma dalgası hızı, geoteknik deprem mühendisliğinde önemli bir parametredir. Zeminlerin dinamik davranışını belirlemek için gerekli olan başlangıç kayma modülü, zemin hakim periyodu ve zemin büyütmesi gibi özellikler kayma dalgası hızından belirlenebilmektedir. Ayrıca mikrobölgeleme çalışmalarında, sıvılaşma potansiyelinin tahmininde, ana kayada alınan bir tasarım depreminin yüzeye yakın tabakalarda oluşturacağı gerilmelerin ve deprem özelliklerinin hesaplanmasında da kayma dalgası hızı kullanılmaktadır.

Sismik deney yöntemlerinin maliyetinin diğer arazi deneylerine göre pahalı oluşu, bu deneylerin genellikle daha önemli projelerde tercih edilmesine yol açmakta, arazi sismik deneylerinin yapılamadığı veya sınırlı sayıda yapıldığı durumlarda da kayma dalgası hızının tahmin edilebilme gereği, kayma dalgası hızı ile diğer deney sonuçları arasında ilişkiler aranmasına neden oluşturmaktadır. Ancak kayma dalgası ölçümünde yüzey kırılma yönteminde sondaj kuyusu gerekmemesi nedeniyle maliyetin düşük olması diğer ölçüm yöntemlerine göre üstünlük sağlamaktadır.

Kaba daneli zeminlerin yerleşim sıklığının, ince daneli zeminlerin kıvamının yerinde belirlenmesi amacıyla sondaj kuyuları içinde uygulanan Standart Penetrasyon Deneyinin sonuçları ile kayma dalgası hızı arasındaki ilişkiler, birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. SPT-N sayısına etkiyen faktörlerin kayma dalgası hızını da etkilediği belirlenmiştir.

Bu çalışmada Ankara metro güzergahı üzerinde yapılan metro istasyon noktalarında yüzey kırılma yöntemi ile ölçülen kayma dalgası hızlarının SPT-N ile değişimi incelenmiştir.

Ankara metro güzergahı zeminlerinde kayma dalgası hızının, SPT-N sayısına bağlı olarak pratik amaçlar doğrultusunda tahmin edilerek kullanılacak bağıntılar geliştirilmiştir. Ankara metro istasyonlarında yapılan zemin etütlerinden elde edilen ortalama düzeltilmemiş SPT-N ve düzeltilmiş SPT-N₁ ile ölçülen kayma dalgası

hızları arasında tüm zemin grubuna, ayrık daneli (kum) zeminler ve kil zeminlere ilişkin olarak aşağıdaki bağıntılar elde edilmiştir.

$$V_s = 43.559N_1^{0,518} \text{ (m/s)} \quad (\text{Tüm zeminler için}) \quad r:0,92 \quad (6.1)$$

$$V_s = 55.305N_1^{0,508} \text{ (m/s)} \quad (\text{Tüm zeminler için}) \quad r:0,90 \quad (6.2)$$

$$V_s = 34.987N_1^{0,598} \text{ (m/s)} \quad (\text{Kum zeminler için}) \quad r:0,97 \quad (6.3)$$

$$V_s = 77.704N_1^{0,356} \text{ (m/s)} \quad (\text{Kum zeminler için}) \quad r:0,49 \quad (6.4)$$

$$V_s = 46.603N_1^{0,499} \text{ (m/s)} \quad (\text{Kil zeminler için}) \quad r:0,80 \quad (6.5)$$

$$V_s = 61.802N_1^{0,475} \text{ (m/s)} \quad (\text{Kil zeminler için}) \quad r:0,80 \quad (6.6)$$

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda kayma dalgası hızının değişiminin en çok SPT-N ile ilişkili olduğu ve veri sayısının daha çok olduğu zeminlerde korelasyonun genellikle daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada, Ankara metro güzergahındaki zeminlerinde yapılan arazi deneyleri kapsamında elde edilen verilerle V_s ' i SPT-N' e bağlı olarak tahmin edebilmek için yukarıdaki bağıntılar geliştirilmiştir. Arazi sismik deneylerinin yapılamadığı veya sınırlı sayıda yapıldığı durumlarda, dinamik analiz için gerekli olan kayma modülünü pratik olarak tahmin etmede yararlı olacağı düşünülmektedir. Eldeki mevcut sayıdaki verilere yeni verilerin eklenmesi ile bu bağıntıların geliştirilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca Sondaj kuyularında farklı V_s ölçüm yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlara göre yeniden korelasyonlar oluşturularak yüzey kırılma yöntemi ve diğer yöntemler arasında karşılaştırmalar yapılmalıdır.

Yukarıda deneysel olarak elde edilen bağıntılar daha önce buna benzer çalışmalarla elde edilen bağıntılarla karşılaştırılmış olup yakın sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Akyürek, B., E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, S., O., Y., Dağar, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. Ve Hakyemez, Y., “Ankara Elmadağ, kalecik dolayının temel jeoloji özellikleri.” *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 20-31-46 (1984).
2. Ambraseys, N.N., Finkel, C.F., “Long-Term Seismicity of Istanbul and the Marmara Sea Region,” *Terra Nova*, 3. (1991).
3. ASTM Designation, 1985, Standart Test Method For Fundamental Transvers, Longitudinal, and Torsional Frequencies of Concrete Specimens, ASTM Committee on Standards, 215-85 (1916).
4. Baldi, G., Jamiolkowski, M., Lo Presti, D.C.F., Manfredini, G., Rix, G.J., “Italian Experience in Assessing Shear Wave Velocity from CPT and SPT”, *Proceedings of Discussion Session on Influence of Local Conditions on Seismic Response, XII. ICSMFE, Rio De Janerio*, 157-168 (1989).
5. Baran, B. “Ankara batısının sismotektonik incelemesi,” *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi*, 52 (1996).
6. Beiganousky, W., Marcuson W., III, “Liquefaction Potential of Dams and Foundations; Laboratory Standard Penetration Tests on Reid Bedford Model and Ottawa Sands, Research Report S-76-2, Report 1, U. s. *Army Engineer Waterways Experiment Station, CE, Vicksburg, Miss.*, 43 (1976).
7. Bosscher, P.J., ve Showers D.R., “Effect of Soil Type on Standart Penetration Test Input Energy”, *ASCE, Journal of Geotechnical Engineering*, 113:(4) 385-389 (1987).
8. Campbell, K., ve Duke, C., “Correlations Among Seismic Velocity, Depth and Geology in the Los Angeles Area”, *University of California at Los Angeles School of Engineering and Applied Science Report ENG-7662* (1976).
9. Chen, M.H., Wen, K.L., Loh, C.H., Nigbor, R.L., “Experience of Suspension P-S Logging Method and Empirical Formula of Shear Wave Velocities in Taiwan”(2002).
10. Dikmen, Ü. “Statistical correlations between shear wave velocity and penetration resistance for soils”. *J. Geophy. Eng.*, 6: 61-72 (2009).
11. De Mello, V. F., “The Standart Penetration Test, Proceedings of the Fourth Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering”, *Puerto Rico*, 11-861(1971).

12. Doyuran, V., "Geological and Geotechnical Investigation at Yenişehir Settlement Area," *Middle East Technical University, Ankara (in Turkish, unpublished)* 205-244 (2000).
13. Eyidoğan, H., "Tektonik ve Deprem Tehlikesi", *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 26-30 (2003).
14. Fumal, T., "Correlations Between Seismic Wave Velocities and Physical Properties of Geologic Materials in the Southern San Fransisco Bay Region", *California, U.S.G.S. Open File Report* 206-210 (1978).
15. Gökten, E., B. "Eartquake risks of the neotectonic structures in the surrounding regions of Ankara " *International Conference on Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region*, 134 (1999).
16. Gökten, E., Varol, B., Seyitoğlu, G., Işık, Veysel., "Depremde Zemin Davranışının Kestiriminde Yeni Bir Yöntem: Ankara Kenti Batı Kesimindeki Jeolojik Birimler" *Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Raporu*, 155 (2009).
17. Güllü, H., "Dinar'ın Zemin Büyütmelerine Göre Coğrafik Bilgi Sistemleri ile Mikrobölgelemesi", *Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*. 123-125 (2001).
18. Hamilton, E., "Shear Wave Velocity Versus Depth in Marine Sediments", *A Review, Geophysics*, 41 (5): 985-996 (1976).
19. Hasançebi, N., Ulusay R., 2006, "Empirical Correlations Between Shear Wave Velocity and Penetration Resistance for Ground Shaking Assessments", *Bull Eng. Geol. Environ. Springer –Verlag*, 1125 (2006).
20. Imai, T., Fumoto, H., Yokota, K., The Relation of Mechanical Properties of Soils to P- and S- Wave Velocities for Soil Ground in Japan, Proceedings of the Fourth Japanese Earthquake Engineering Symposium, *(In Japanese; Trans. by H. Umehara)*, 86-96 (1975).
21. Iwasaki, T. Y., 1989, In-Situ Seismic Velocity and Its Relationship with Soil Characteristics in Osaka Bay, Earthquake Engineering and Soil Dynamic II. Procc. Of The Speciality Conference, ASCE, June, 27-30, Park City, Utah.
22. İyisan R. ve Ansal A., 1990, SPT-N Darbe Sayıları İle Kayma Mukavemeti İlişkisi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 3. Ulusal Kongresi Tutanakları, II. Cilt, s. 303-314, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul
23. İyisan, R. ve Ansal A., 1991, Kayma Dalgası Hızlarının Arazide Bulunması, Türkiye İnşaat Mühendisliği XI. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı, I.Cilt, s.575-587, İstanbul.

24. İyisan, R. ve Ansal A., 1993, Erzincan'da Dinamik Zemin Özelliklerinin Kuyu İçi Sismik Yöntemler İle Belirlenmesi, 2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Bildiriler Kitabı, s.372-379, İstanbul.
25. İyisan, R., 1994, "Geoteknik Özelliklerin Belirlenmesinde Sismik ve Penetrasyon Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması", Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
26. İyisan, R. ve Ansal A., 1995, Dinamik Zemin Özelliklerini Belirlemede PS Logging Yöntemi, 3. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Bildiriler Kitabı, s.635-644, İstanbul.
27. İyisan, R., 1996, Zeminlerde Kayma Dalgası Hızı İle Penetrasyon Deney Sonuçları Arasındaki Bağlılıklar, İMO Teknik Dergi, Yazı 89, s.1187-1199.
28. İyisan, R., Özçimen, N. ve Ansal A., 2000, Dinamik Zemin Özelliklerini Belirlemede Arazi Ölçümlerine Dayanan Korelasyonlar, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi, İTÜ, İstanbul.
29. Jafari, M.K., Shaffie, A., Ramzkhah, A., 2002, "Dynamic Properties of the Fine Grained Soils in South of Tehran", JSEE, Vol. 4, pp. 25-35.
30. Kanai, K., et al, 1966, Observation of Microtremors, XI. Matsushiro Earthquake Swarm Areas, Bulletin of Earthquake Research Institute, XLIV, Part 3, University of Tokyo.
31. Koçkar., M., 2008 "Engineering Geological and Geotechnical Site Characterization and Determination of the Seismic Hazards of Upper Pliocene and Quaternary Deposits Situated Towards the West of Ankara (Ankara'nın Batısındaki Geç Pliyosen ve Kuvaterner Zeminlerin Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Karakterizasyonunun Yapılması ve Sismik Tehlike Değerlendirmelerinin Belirlenmesi)," METU, Department of Geological Engineering, January 2006, Ankara, 401 pp.
32. Liao, S.S.C., Whitman, R.W., 1986, Overburden Correction Factors for SPT in Sand, ASCE, Journal of Geotechnical Engineering, Vol.112, No.GT3, pp.373-377.
33. Le Pichon, X., Şengör, A.M.C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R., Tok, B., 2001, The active Main Marmara Fault, Earth and Planetary Science Letters, 192, 595-616.
34. Lo Presti, D.C.F., Lai, C., 1989, Shear Wave Velocity from Penetration Tests, Atti del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Politecnico di Torino, Torino.

35. Melzer, K., 1971, The Standart Penetration Test, discussion to De Mello's paper, Proceedings of the Fourth Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Puerto Rico, Vol. III, pp.80-81.
36. Ohba, S., Toriuma, I., 1972, Research on Vibrational Characteristics of Soil Deposits in Osaka, Part 2, On Velocities of Wave Propagation and Predominant Periods of Soil Deposits, Abstracts of Technical Meeting of Architectural Institute of Japan.
37. Ohsaki, Y., Iwasaki, R., 1973, On Dynamic Shear Moduli and Poisson's Ratio of Soil Deposits, Soil and Foundation, Vol. 13, No. 4, pp.61-73.
38. Ohsaki, Y., Sakaguchi, O., 1972, Major Types of Soil Deposits in Urban Areas of Japan, Faculty of Engineering Research Report 72-03, Univesity of Tokyo (in Japanese).
39. Ohta, Y., Goto, N., 1978, Empirical Shear Wave Velocity Equations in Terms of Characteristic Soil Indexes, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 6, pp. 167-187.
40. Ohta, Y., et al, 1972, Elastic Moduli of Soil Deposits Estimated by N-values, Proceedings of the Seventh Annual Conference, The Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering (in Japanese).
41. Peck, R., Hanson, W., Thornburn, T., 1974, Foundation Engineering, John Wiley and Sons Inc., New York.
42. Sağlamer, A., 1979 Standart Penetrasyon Deneyi Nedir- Ne Değildir, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi Bülteni, 1(4), 267-271
43. Sakai, Y., 1968, A Study on the Determination of S-Wave Velocity by the Soil Penetrometer Test, (in Japanese, as translated by J.Inove).
44. Sanglerat, G., 1972, The Penetrometer and Soil Exploration, Elsevier Publishing Co., Amsterdam.
45. Schmertmann, J., 1971, The Standard Penetration Test, discussion to De Mello's paper, Proceedings of the Fourth Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Puerto Rico, Vol.III, pp.90-98.
46. Schmertmann, J.H., 1978, Use of the SPT to Measure Dynamic Soil Properties? Yes, But., Dynamic Geotechnical Testing, ASTM STP 654, pp.341-355.
47. Schultze, E., Menzenbach, E., 1961, Standard Penetration Test and Compressibility of Soils, Proceedings of the Fifth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris, Vol.1, pp.527-532.

48. Seed, H.B., Mori, K., Chan, C., 1977, Influence of Seismic History on Liquefaction of Sands, Journal of the Geotechnical Engineering Division, Vol.103,GT4, pp.257-270.
49. Seed, H.B., Idriss, I.M., 1981, Evaluation of Liquefaction Potential of Sand Deposits Based on Observations of Performance in Previous Earthquakes, Proceedings of the Conference on In Situ Testing to Evaluate Liquefaction Susceptibility, ASCE, St. Louis, MO, 26 pp.
50. Shibata, T., 1970, The Relationship Between The N-Value and S-Wave Velocity in the Soil Layer, Disaster Prevention Research Laboratory, Kyoto University (in Japanese; as translated by Y.Yamamoto).
51. Sivrikaya, O., 2003, "Standart Penetrasyon Deneyi İle Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi ve Türkiye'deki Uygulaması", Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
52. Stokoe, K.H., II., Arnold, E.J., Hoar, R.J., Shirley, D.J., Anderson, D.G., 1978, Development of a Bottom-Hole Device for Offshore Shear Wave Velocity Measurement, Proceedings of the Tenth Annual Offshore Technology Conference, Paper No. OTC 3210, pp. 1367-1380.
53. Stokoe, K.H., II., Mok, Y.J., Lee, N., Lopez, R., 1989, In Situ Seismic Methods: Recent Advances in Testing, Understanding and Applications, Conferenze di Geotecnica di Torino XIV Ciclo, Torino, Italy.
54. Sykora, D.W., Stokoe, K.H., II., 1983, Correlations of In Situ Measurements in Sands of Shear Wave Velocity, Soil Characteristics, and Site Conditions, Geotechnical Engineering Report GR83-33, The University of Texas, Austin, 484 p.
55. Sykora, D.W., ve Koester, P.J., 1988, Correlations Between Dynamic Shear Resistance and Standard Penetration Resistance in Soils, Earthquake Engineering and Soil Dynamics II, 389-404.
56. Ptilakis, K., Raptakis, D., Lontzetidis, K., Tika-Vassilikou, T., Jongmans, D., 1999, Geotechnical and Geophysical Description of Euro-Seistests, Using Field and Laboratory Tests and Moderate Strong Groun Motions, J Earthquake Eng 3(3):381-409.
57. Vucetic, M., Dobry, R., 1991, Effect of Soil Plasticity on Cyclic Response, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.117, No.1, January, pp.89-107.
58. Yıldız., H, "İstanbul'da Sondaj Kuyularında PS Logging Yöntemi İle Ölçülen Kayma Dalgası Hızının SPT-N ile değişimi" İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 2008.

EKLER

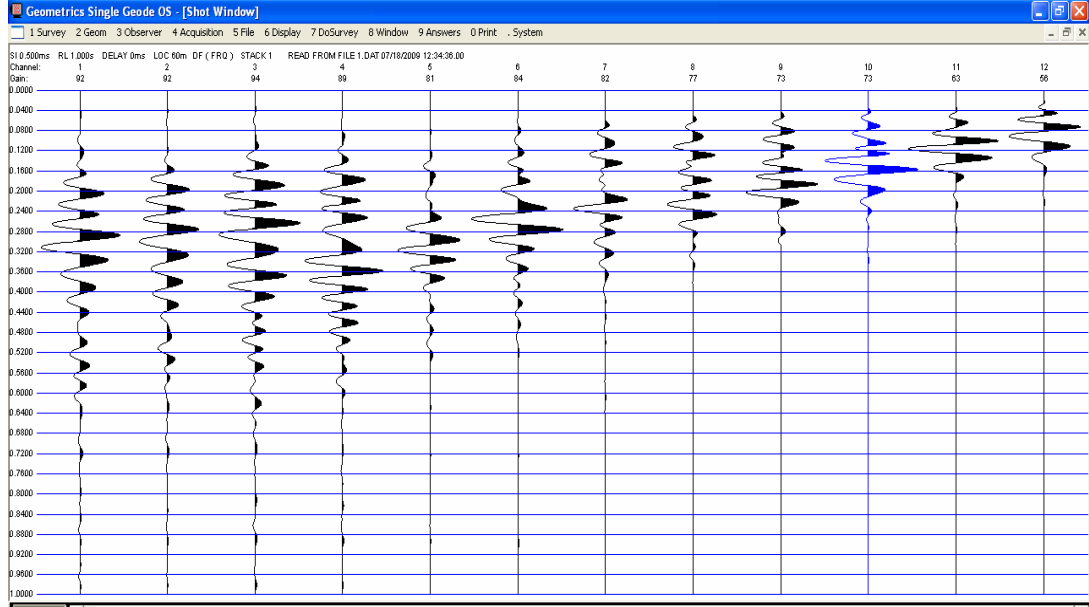
EK-1 Ortamala SPT-N değerinin Hesaplanması ve Diğer korelasyonlarla
karşılaştırılması

SPT N ₃₀ DÜZELTMESİ		DÜZELTİLMEMİŞ N ₃₀ VE V _s DEĞERLERİ													DÜZELTİLMİŞ SON N ₃₀ VE V _s DEĞERLERİ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
DERİNLİK (m)	TANIM	N ₆₀ (kN/m ²)	C _E	C _R	C _P	C _S	C _D	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅	C ₃₆	C ₃₇	C ₃₈	C ₃₉	C ₄₀	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₄₄	C ₄₅	C ₄₆	C ₄₇	C ₄₈	C ₄₉	C ₅₀	C ₅₁	C ₅₂	C ₅₃	C ₅₄	C ₅₅	C ₅₆	C ₅₇	C ₅₈	C ₅₉	C ₆₀	C ₆₁	C ₆₂	C ₆₃	C ₆₄	C ₆₅	C ₆₆	C ₆₇	C ₆₈	C ₆₉	C ₇₀	C ₇₁	C ₇₂	C ₇₃	C ₇₄	C ₇₅	C ₇₆	C ₇₇	C ₇₈	C ₇₉	C ₈₀	C ₈₁	C ₈₂	C ₈₃	C ₈₄	C ₈₅	C ₈₆	C ₈₇	C ₈₈	C ₈₉	C ₉₀	C ₉₁	C ₉₂	C ₉₃	C ₉₄	C ₉₅	C ₉₆	C ₉₇	C ₉₈	C ₉₉	C ₁₀₀	C ₁₀₁	C ₁₀₂	C ₁₀₃	C ₁₀₄	C ₁₀₅	C ₁₀₆	C ₁₀₇	C ₁₀₈	C ₁₀₉	C ₁₁₀	C ₁₁₁	C ₁₁₂	C ₁₁₃	C ₁₁₄	C ₁₁₅	C ₁₁₆	C ₁₁₇	C ₁₁₈	C ₁₁₉	C ₁₂₀	C ₁₂₁	C ₁₂₂	C ₁₂₃	C ₁₂₄	C ₁₂₅	C ₁₂₆	C ₁₂₇	C ₁₂₈	C ₁₂₉	C ₁₃₀	C ₁₃₁	C ₁₃₂	C ₁₃₃	C ₁₃₄	C ₁₃₅	C ₁₃₆	C ₁₃₇	C ₁₃₈	C ₁₃₉	C ₁₄₀	C ₁₄₁	C ₁₄₂	C ₁₄₃	C ₁₄₄	C ₁₄₅	C ₁₄₆	C ₁₄₇	C ₁₄₈	C ₁₄₉	C ₁₅₀	C ₁₅₁	C ₁₅₂	C ₁₅₃	C ₁₅₄	C ₁₅₅	C ₁₅₆	C ₁₅₇	C ₁₅₈	C ₁₅₉	C ₁₆₀	C ₁₆₁	C ₁₆₂	C ₁₆₃	C ₁₆₄	C ₁₆₅	C ₁₆₆	C ₁₆₇	C ₁₆₈	C ₁₆₉	C ₁₇₀	C ₁₇₁	C ₁₇₂	C ₁₇₃	C ₁₇₄	C ₁₇₅	C ₁₇₆	C ₁₇₇	C ₁₇₈	C ₁₇₉	C ₁₈₀	C ₁₈₁	C ₁₈₂	C ₁₈₃	C ₁₈₄	C ₁₈₅	C ₁₈₆	C ₁₈₇	C ₁₈₈	C ₁₈₉	C ₁₉₀	C ₁₉₁	C ₁₉₂	C ₁₉₃	C ₁₉₄	C ₁₉₅	C ₁₉₆	C ₁₉₇	C ₁₉₈	C ₁₉₉	C ₂₀₀	C ₂₀₁	C ₂₀₂	C ₂₀₃	C ₂₀₄	C ₂₀₅	C ₂₀₆	C ₂₀₇	C ₂₀₈	C ₂₀₉	C ₂₁₀	C ₂₁₁	C ₂₁₂	C ₂₁₃	C ₂₁₄	C ₂₁₅	C ₂₁₆	C ₂₁₇	C ₂₁₈	C ₂₁₉	C ₂₂₀	C ₂₂₁	C ₂₂₂	C ₂₂₃	C ₂₂₄	C ₂₂₅	C ₂₂₆	C ₂₂₇	C ₂₂₈	C ₂₂₉	C ₂₃₀	C ₂₃₁	C ₂₃₂	C ₂₃₃	C ₂₃₄	C ₂₃₅	C ₂₃₆	C ₂₃₇	C ₂₃₈	C ₂₃₉	C ₂₄₀	C ₂₄₁	C ₂₄₂	C ₂₄₃	C ₂₄₄	C ₂₄₅	C ₂₄₆	C ₂₄₇	C ₂₄₈	C ₂₄₉	C ₂₅₀	C ₂₅₁	C ₂₅₂	C ₂₅₃	C ₂₅₄	C ₂₅₅	C ₂₅₆	C ₂₅₇	C ₂₅₈	C ₂₅₉	C ₂₆₀	C ₂₆₁	C ₂₆₂	C ₂₆₃	C ₂₆₄	C ₂₆₅	C ₂₆₆	C ₂₆₇	C ₂₆₈	C ₂₆₉	C ₂₇₀	C ₂₇₁	C ₂₇₂	C ₂₇₃	C ₂₇₄	C ₂₇₅	C ₂₇₆	C ₂₇₇	C ₂₇₈	C ₂₇₉	C ₂₈₀	C ₂₈₁	C ₂₈₂	C ₂₈₃	C ₂₈₄	C ₂₈₅	C ₂₈₆	C ₂₈₇	C ₂₈₈	C ₂₈₉	C ₂₉₀	C ₂₉₁	C ₂₉₂	C ₂₉₃	C ₂₉₄	C ₂₉₅	C ₂₉₆	C ₂₉₇	C ₂₉₈	C ₂₉₉	C ₃₀₀	C ₃₀₁	C ₃₀₂	C ₃₀₃	C ₃₀₄	C ₃₀₅	C ₃₀₆	C ₃₀₇	C ₃₀₈	C ₃₀₉	C ₃₁₀	C ₃₁₁	C ₃₁₂	C ₃₁₃	C ₃₁₄	C ₃₁₅	C ₃₁₆	C ₃₁₇	C ₃₁₈	C ₃₁₉	C ₃₂₀	C ₃₂₁	C ₃₂₂	C ₃₂₃	C ₃₂₄	C ₃₂₅	C ₃₂₆	C ₃₂₇	C ₃₂₈	C ₃₂₉	C ₃₃₀	C ₃₃₁	C ₃₃₂	C ₃₃₃	C ₃₃₄	C ₃₃₅	C ₃₃₆	C ₃₃₇	C ₃₃₈	C ₃₃₉	C ₃₄₀	C ₃₄₁	C ₃₄₂	C ₃₄₃	C ₃₄₄	C ₃₄₅	C ₃₄₆	C ₃₄₇	C ₃₄₈	C ₃₄₉	C ₃₅₀	C ₃₅₁	C ₃₅₂	C ₃₅₃	C ₃₅₄	C ₃₅₅	C ₃₅₆	C ₃₅₇	C ₃₅₈	C ₃₅₉	C ₃₆₀	C ₃₆₁	C ₃₆₂	C ₃₆₃	C ₃₆₄	C ₃₆₅	C ₃₆₆	C ₃₆₇	C ₃₆₈	C ₃₆₉	C ₃₇₀	C ₃₇₁	C ₃₇₂	C ₃₇₃	C ₃₇₄	C ₃₇₅	C ₃₇₆	C ₃₇₇	C ₃₇₈	C ₃₇₉	C ₃₈₀	C ₃₈₁	C ₃₈₂	C ₃₈₃	C ₃₈₄	C ₃₈₅	C ₃₈₆	C ₃₈₇	C ₃₈₈	C ₃₈₉	C ₃₉₀	C ₃₉₁	C ₃₉₂	C ₃₉₃	C ₃₉₄	C ₃₉₅	C ₃₉₆	C ₃₉₇	C ₃₉₈	C ₃₉₉	C ₄₀₀	C ₄₀₁	C ₄₀₂	C ₄₀₃	C ₄₀₄	C ₄₀₅	C ₄₀₆	C ₄₀₇	C ₄₀₈	C ₄₀₉	C ₄₁₀	C ₄₁₁	C ₄₁₂	C ₄₁₃	C ₄₁₄	C ₄₁₅	C ₄₁₆	C ₄₁₇	C ₄₁₈	C ₄₁₉	C ₄₂₀	C ₄₂₁	C ₄₂₂	C ₄₂₃	C ₄₂₄	C ₄₂₅	C ₄₂₆	C ₄₂₇	C ₄₂₈	C ₄₂₉	C ₄₃₀	C ₄₃₁	C ₄₃₂	C ₄₃₃	C ₄₃₄	C ₄₃₅	C ₄₃₆	C ₄₃₇	C ₄₃₈	C ₄₃₉	C ₄₄₀	C ₄₄₁	C ₄₄₂	C ₄₄₃	C ₄₄₄	C ₄₄₅	C ₄₄₆	C ₄₄₇	C ₄₄₈	C ₄₄₉	C ₄₅₀	C ₄₅₁	C ₄₅₂	C ₄₅₃	C ₄₅₄	C ₄₅₅	C ₄₅₆	C ₄₅₇	C ₄₅₈	C ₄₅₉	C ₄₆₀	C ₄₆₁	C ₄₆₂	C ₄₆₃	C ₄₆₄	C ₄₆₅	C ₄₆₆	C ₄₆₇	C ₄₆₈	C ₄₆₉	C ₄₇₀	C ₄₇₁	C ₄₇₂	C ₄₇₃	C ₄₇₄	C ₄₇₅	C ₄₇₆	C ₄₇₇	C ₄₇₈	C ₄₇₉	C ₄₈₀	C ₄₈₁	C ₄₈₂	C ₄₈₃	C ₄₈₄	C ₄₈₅	C ₄₈₆	C ₄₈₇	C ₄₈₈	C ₄₈₉	C ₄₉₀	C ₄₉₁	C ₄₉₂	C ₄₉₃	C ₄₉₄	C ₄₉₅	C ₄₉₆	C ₄₉₇	C ₄₉₈	C ₄₉₉	C ₅₀₀	C ₅₀₁	C ₅₀₂	C ₅₀₃	C ₅₀₄	C ₅₀₅	C ₅₀₆	C ₅₀₇	C ₅₀₈	C ₅₀₉	C ₅₁₀	C ₅₁₁	C ₅₁₂	C ₅₁₃	C ₅₁₄	C ₅₁₅	C ₅₁₆	C ₅₁₇	C ₅₁₈	C ₅₁₉	C ₅₂₀	C ₅₂₁	C ₅₂₂	C ₅₂₃	C ₅₂₄	C ₅₂₅	C ₅₂₆	C ₅₂₇	C ₅₂₈	C ₅₂₉	C ₅₃₀	C ₅₃₁	C ₅₃₂	C ₅₃₃	C ₅₃₄	C ₅₃₅	C ₅₃₆	C ₅₃₇	C ₅₃₈	C ₅₃₉	C ₅₄₀	C ₅₄₁	C ₅₄₂	C ₅₄₃	C ₅₄₄	C ₅₄₅	C ₅₄₆	C ₅₄₇	C ₅₄₈	C ₅₄₉	C ₅₅₀	C ₅₅₁	C ₅₅₂	C ₅₅₃	C ₅₅₄	C ₅₅₅	C ₅₅₆	C ₅₅₇	C ₅₅₈	C ₅₅₉	C ₅₆₀	C ₅₆₁	C ₅₆₂	C ₅₆₃	C ₅₆₄	C ₅₆₅	C ₅₆₆	C ₅₆₇	C ₅₆₈	C ₅₆₉	C ₅₇₀	C ₅₇₁	C ₅₇₂	C ₅₇₃	C ₅₇₄	C ₅₇₅	C ₅₇₆	C ₅₇₇	C ₅₇₈	C ₅₇₉	C ₅₈₀	C ₅₈₁	C ₅₈₂	C ₅₈₃	C ₅₈₄	C ₅₈₅	C ₅₈₆	C ₅₈₇	C ₅₈₈	C ₅₈₉	C ₅₉₀	C ₅₉₁	C ₅₉₂	C ₅₉₃	C ₅₉₄	C ₅₉₅	C ₅₉₆	C ₅₉₇	C ₅₉₈	C ₅₉₉	C ₆₀₀	C ₆₀₁	C ₆₀₂	C ₆₀₃	C ₆₀₄	C ₆₀₅	C ₆₀₆	C ₆₀₇	C ₆₀₈	C ₆₀₉	C ₆₁₀	C ₆₁₁	C ₆₁₂	C ₆₁₃	C ₆₁₄	C ₆₁₅	C ₆₁₆	C ₆₁₇	C ₆₁₈	C ₆₁₉	C ₆₂₀	C ₆₂₁	C ₆₂₂	C ₆₂₃	C ₆₂₄	C ₆₂₅	C ₆₂₆	C ₆₂₇	C ₆₂₈	C ₆₂₉	C ₆₃₀	C ₆₃₁	C ₆₃₂	C ₆₃₃	C ₆₃₄	C ₆₃₅	C ₆₃₆	C ₆₃₇	C ₆₃₈	C ₆₃₉	C ₆₄₀	C ₆₄₁	C ₆₄₂	C ₆₄₃	C ₆₄₄	C ₆₄₅	C ₆₄₆	C ₆₄₇	C ₆₄₈	C ₆₄₉	C ₆₅₀	C ₆₅₁	C ₆₅₂	C ₆₅₃	C ₆₅₄	C ₆₅₅	C ₆₅₆	C ₆₅₇	C ₆₅₈	C ₆₅₉	C ₆₆₀	C ₆₆₁	C ₆₆₂	C ₆₆₃	C ₆₆₄	C ₆₆₅	C ₆₆₆	C ₆₆₇	C ₆₆₈	C ₆₆₉	C ₆₇₀	C ₆₇₁	C ₆₇₂	C

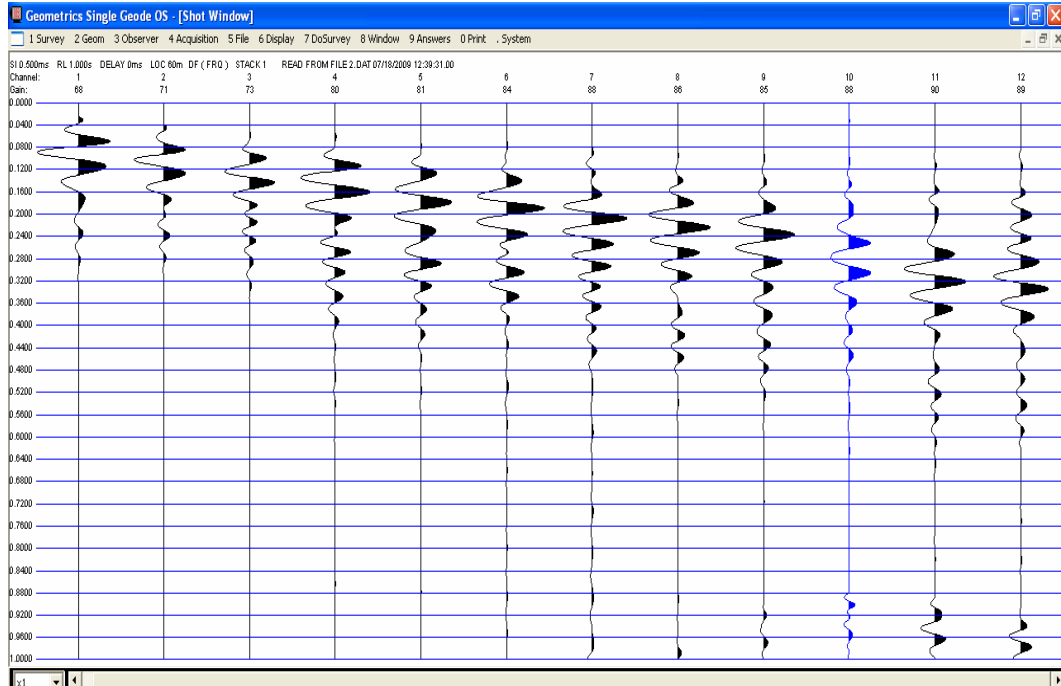
EK-2: Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

BATIKENT

TERS ATIŞ



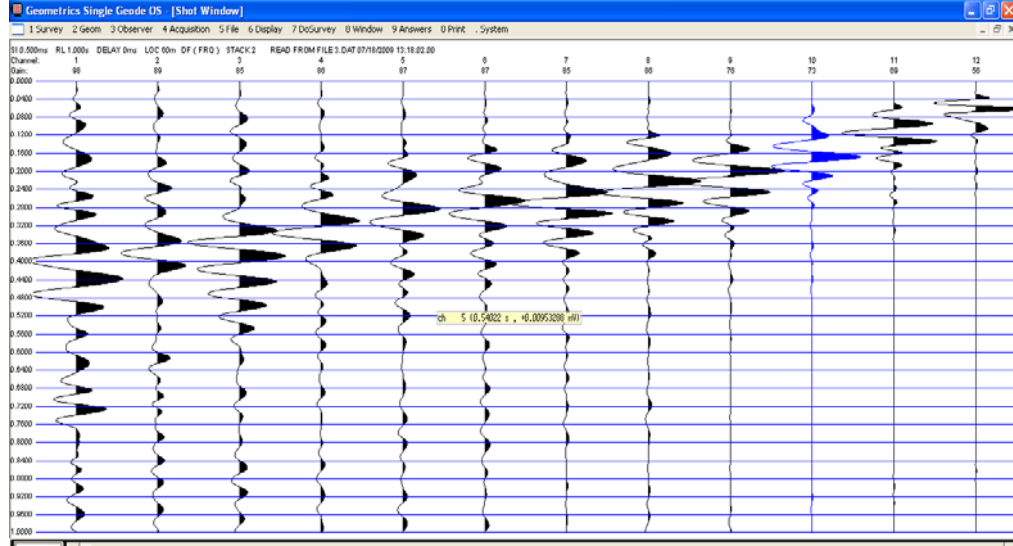
DÜZ ATIŞ



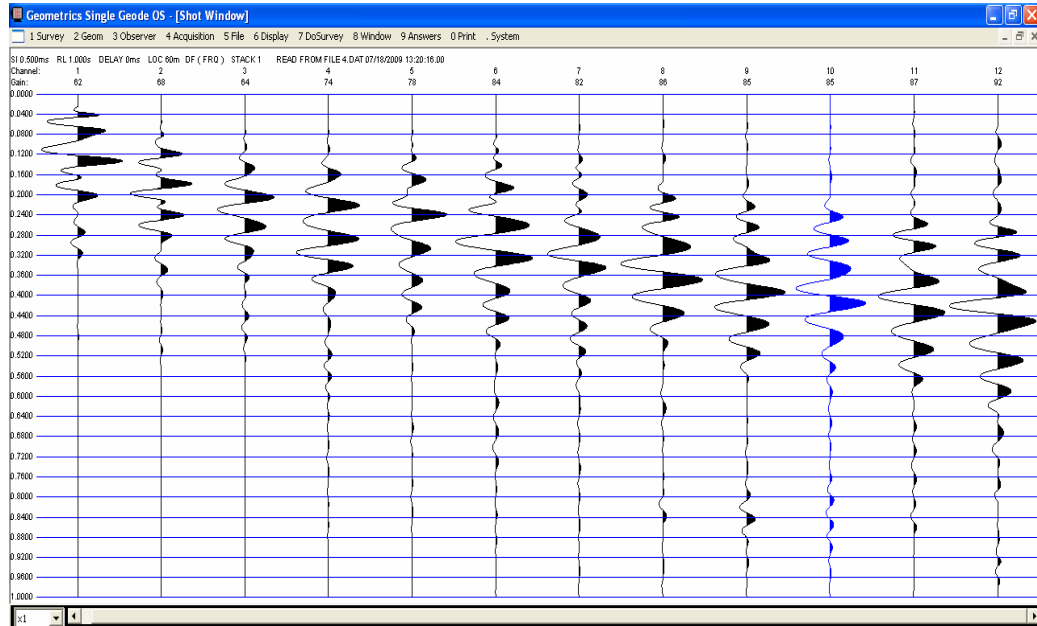
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

OSTİM

TERS ATIŞ



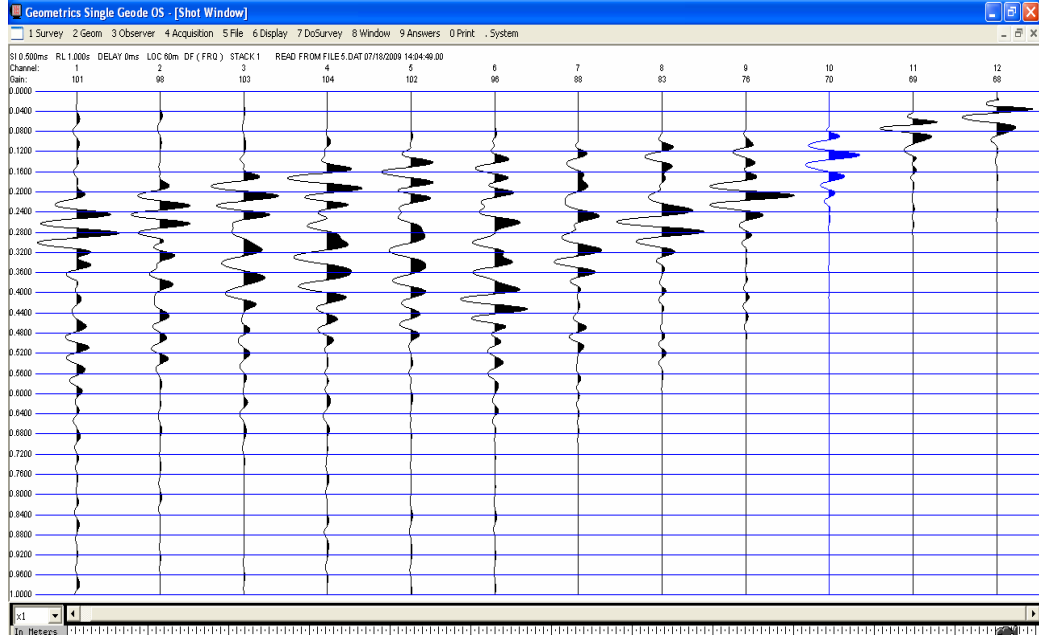
DÜZ ATIŞ



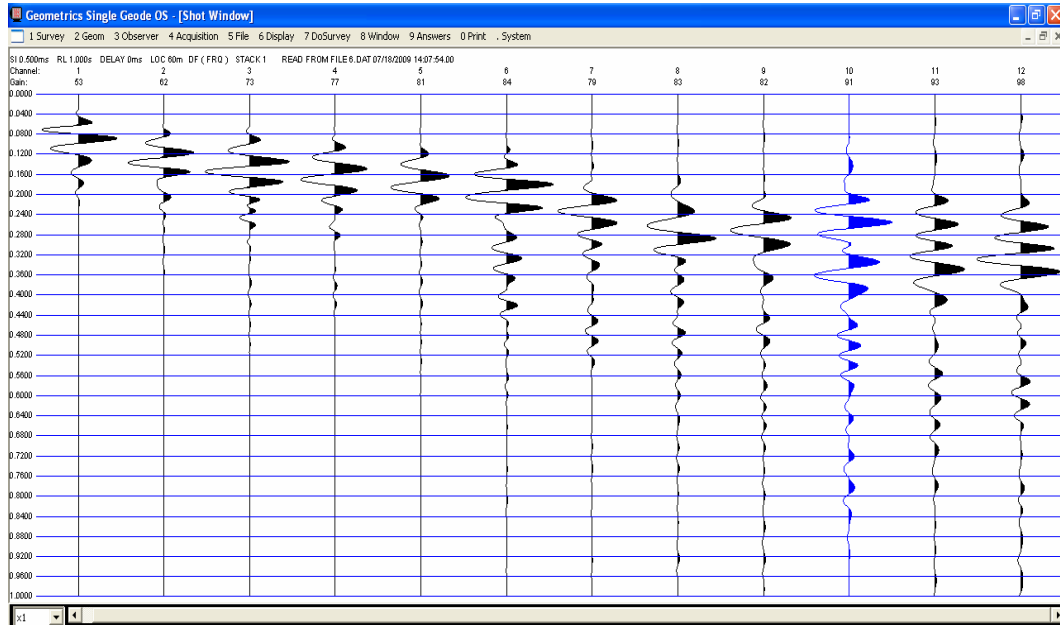
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

MACUNKÖY

TERS ATIŞ



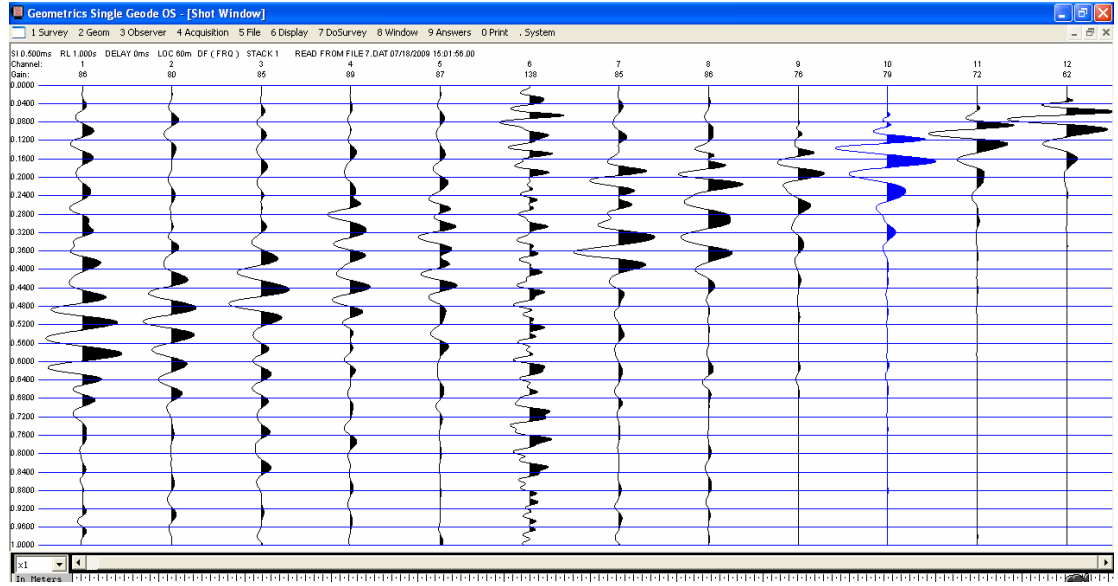
DÜZ ATIŞ



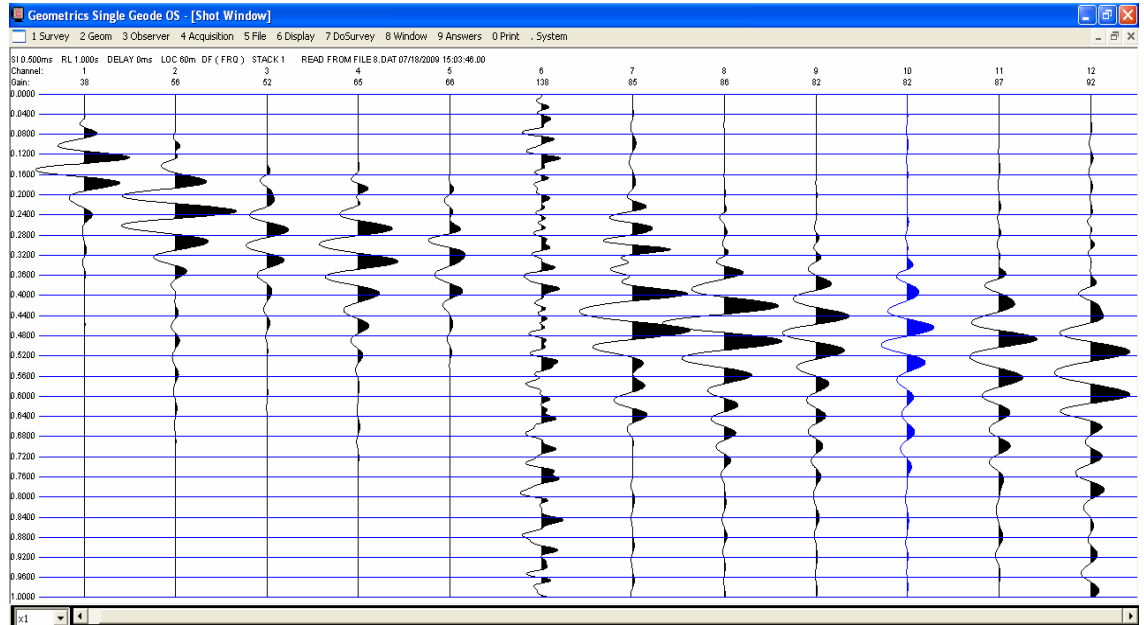
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

HASTANE

TERS ATIŞ

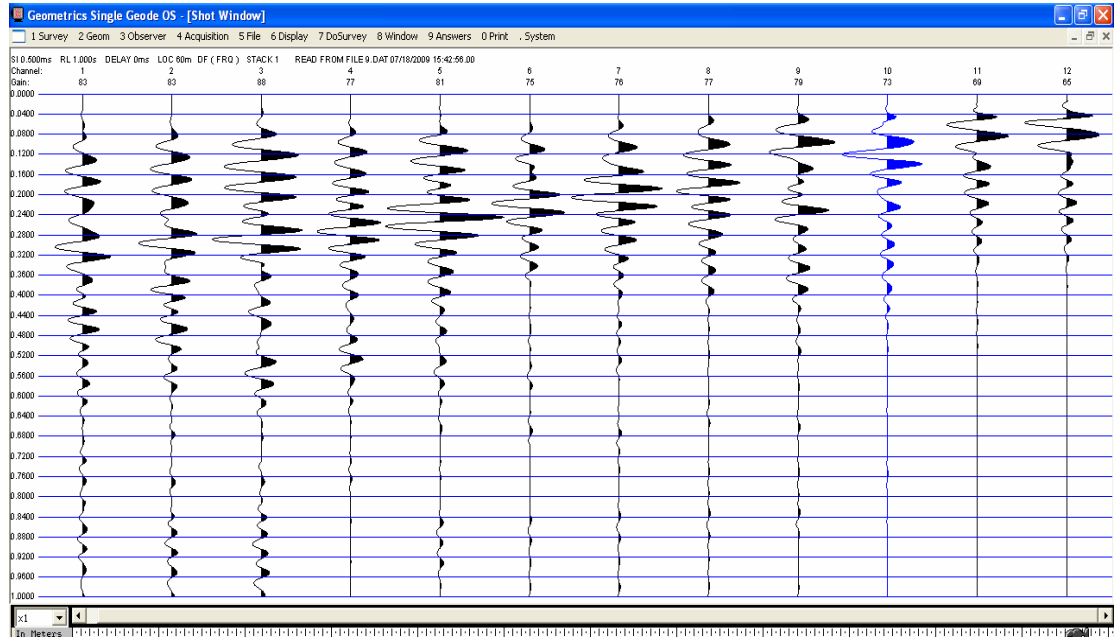


DÜZ ATIŞ

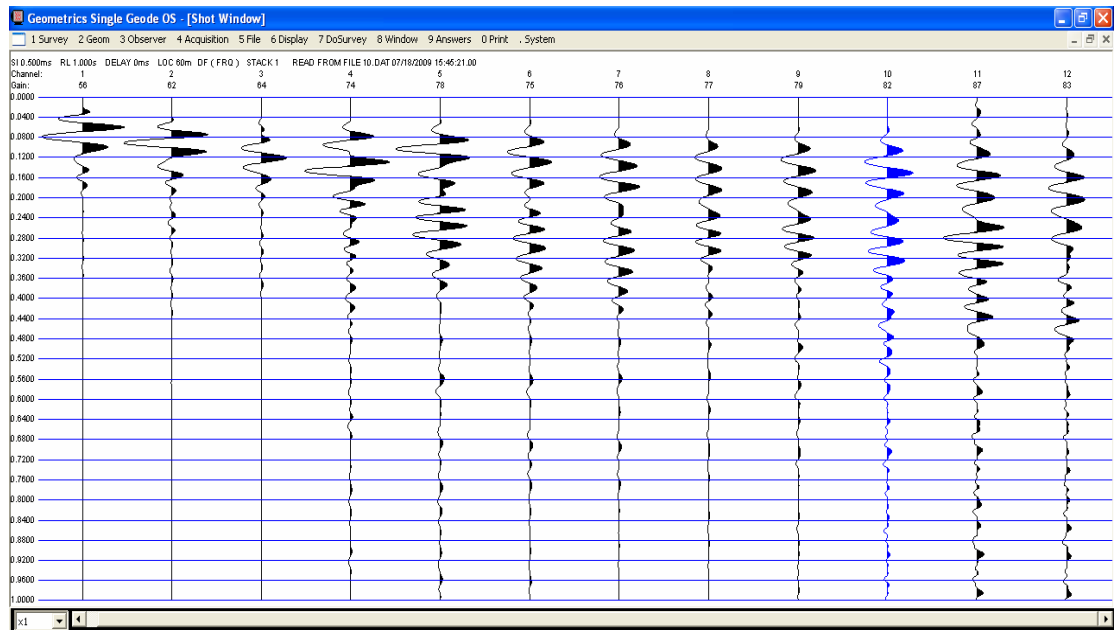


EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri DEMETEVLER

TERS ATIŞ



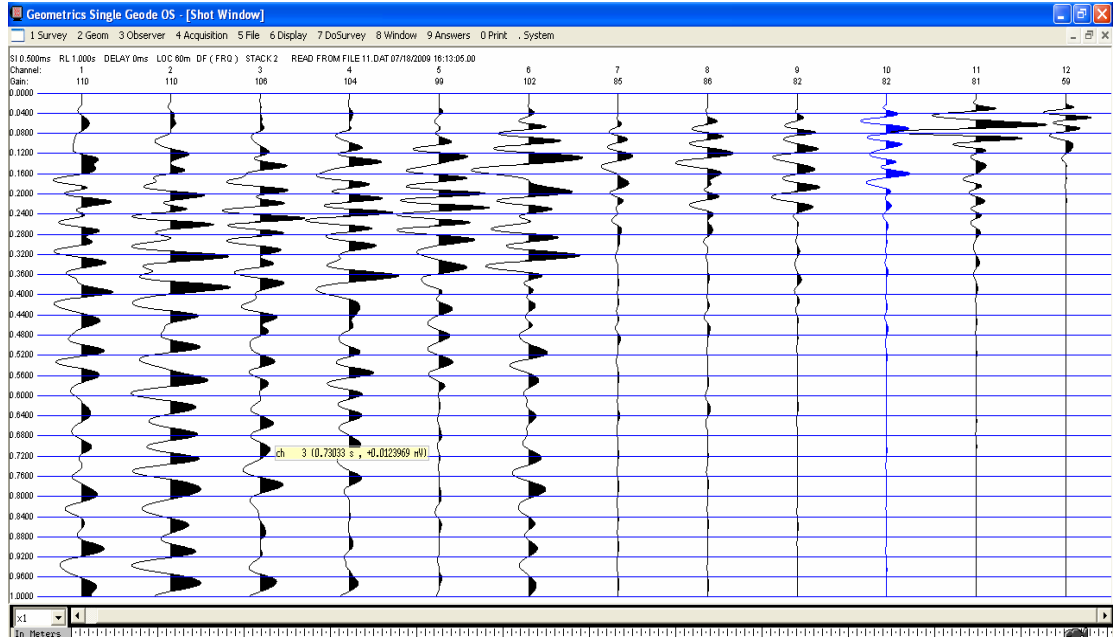
DÜZ ATIŞ



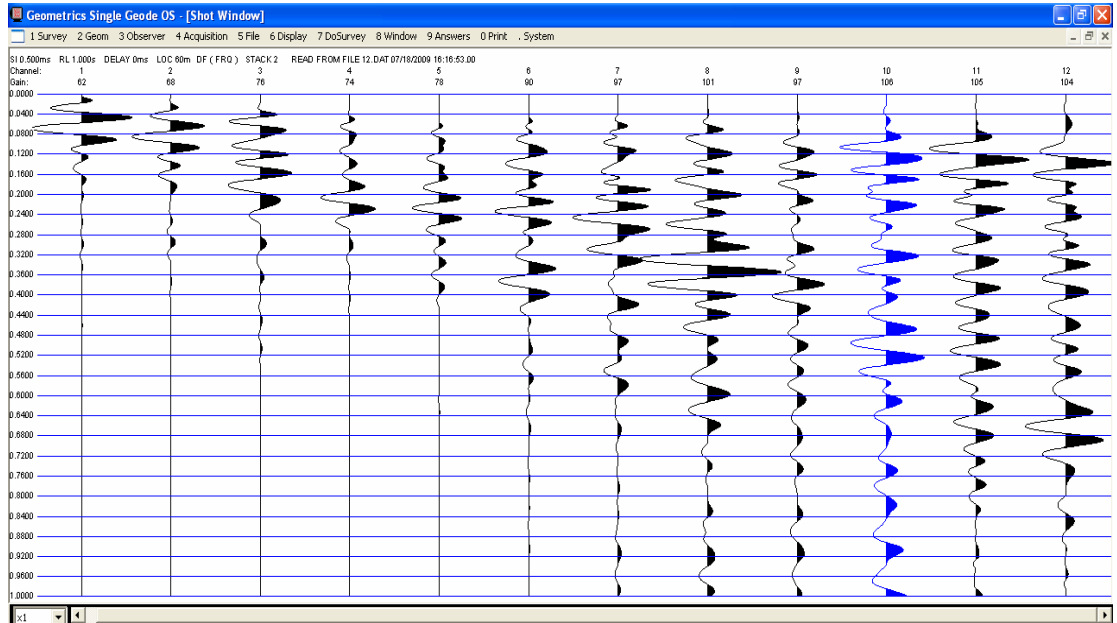
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

YENİMAHALLE

TERS ATIŞ



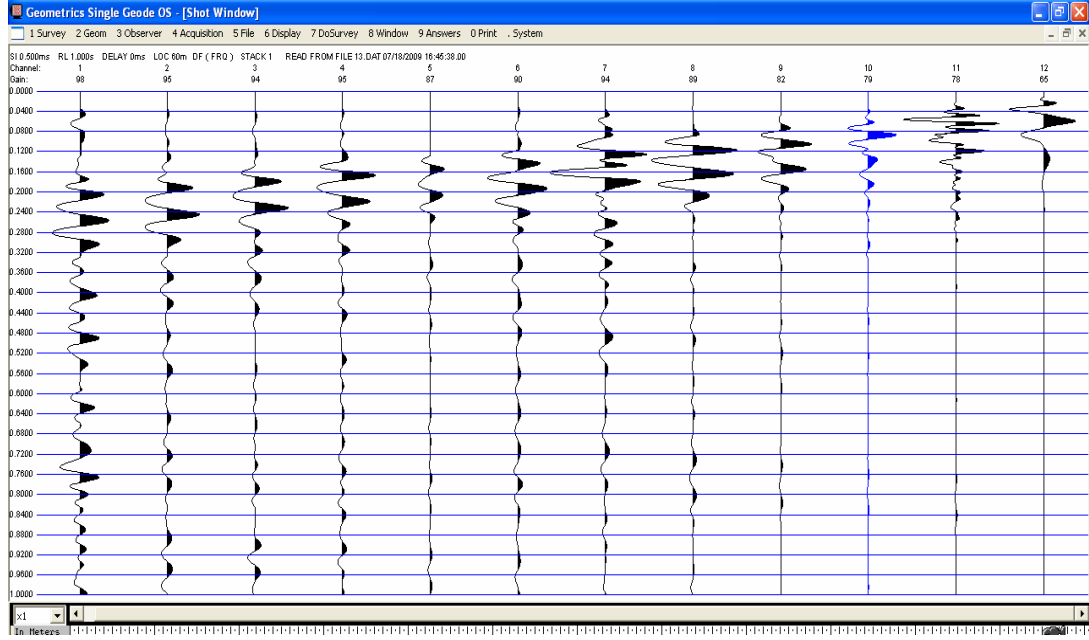
DÜZ ATIŞ



EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

İVEDİK

TERS ATIŞ



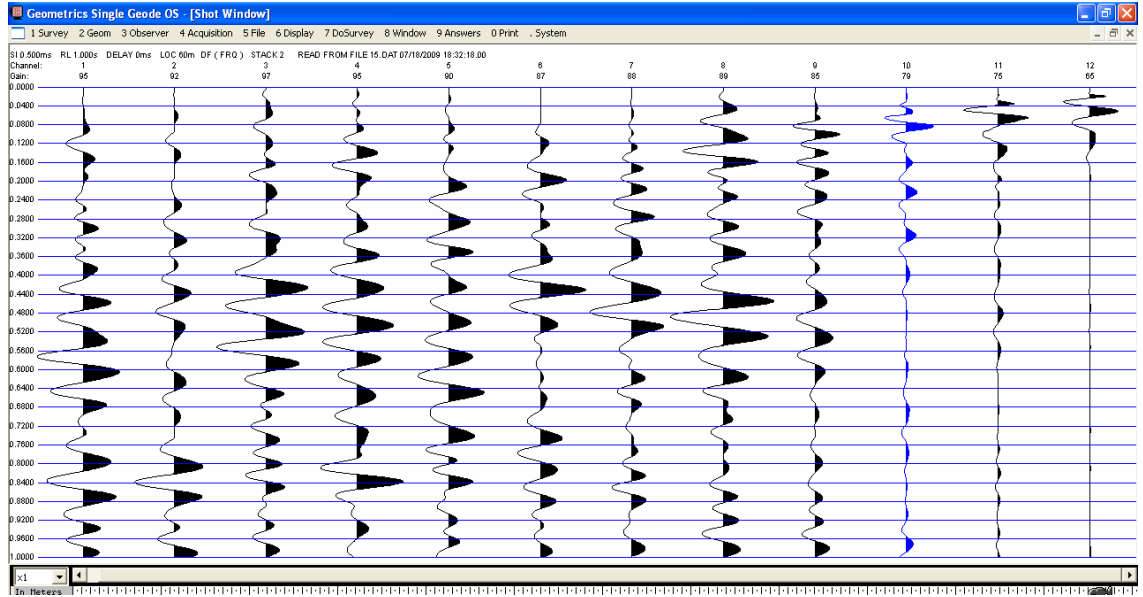
DÜZ ATIŞ



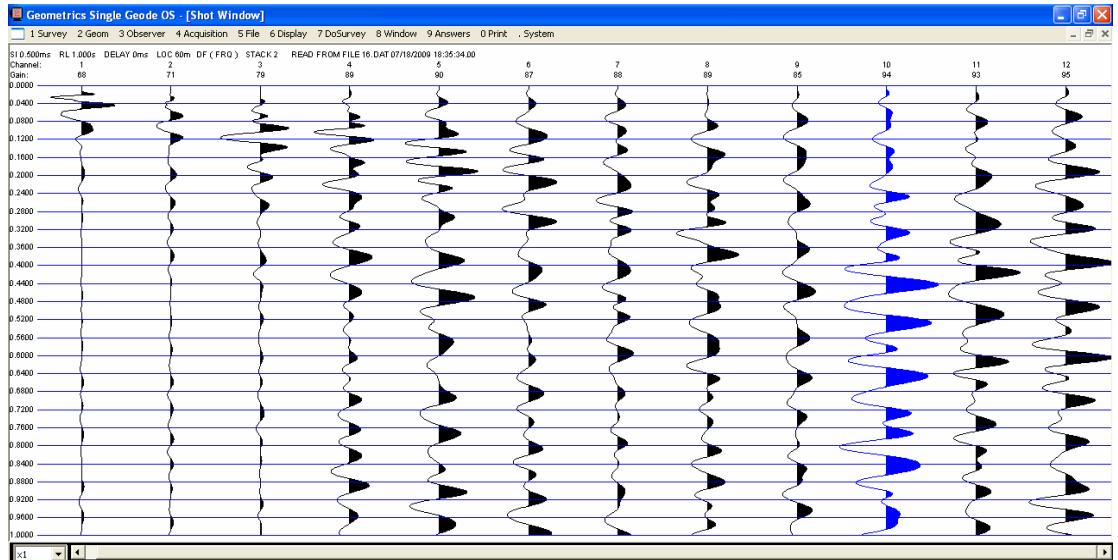
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

MİGROS

TERS ATIŞ



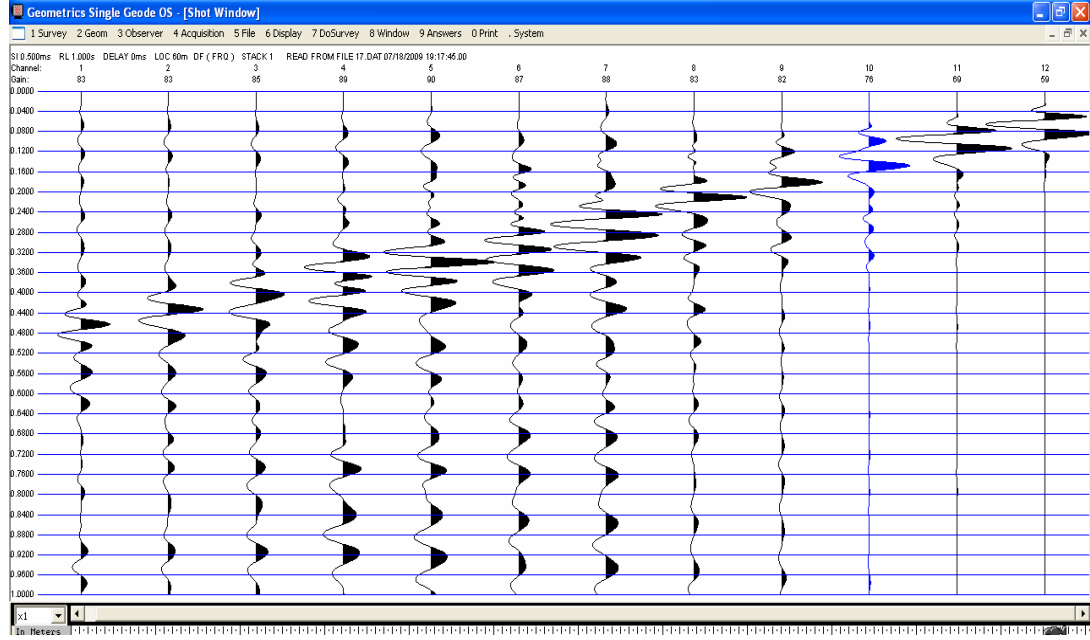
DÜZ ATIŞ



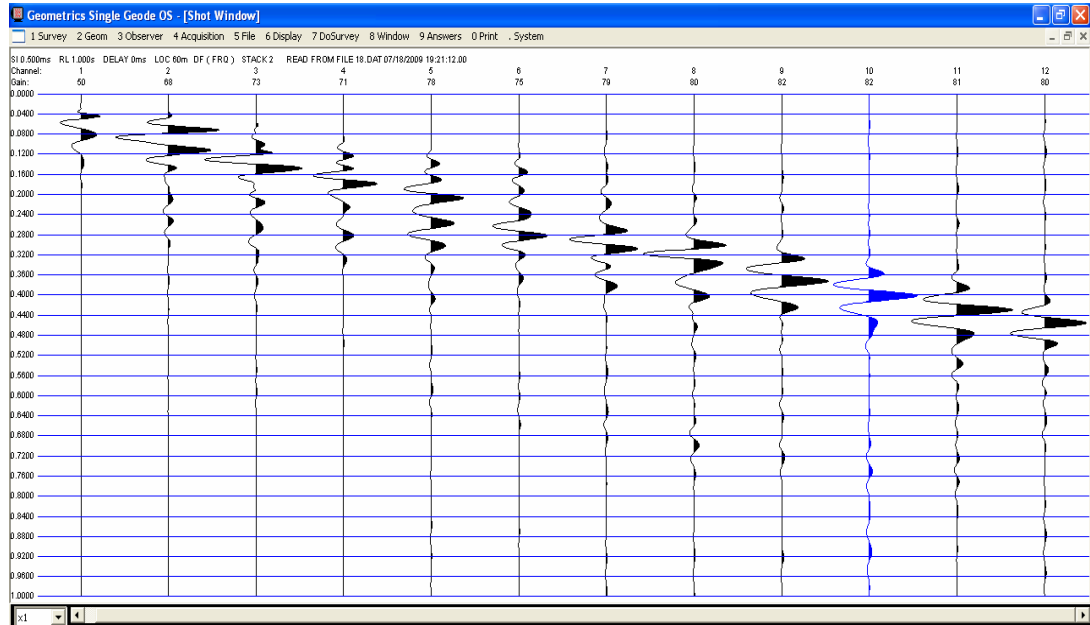
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

AKM

TERS ATIŞ



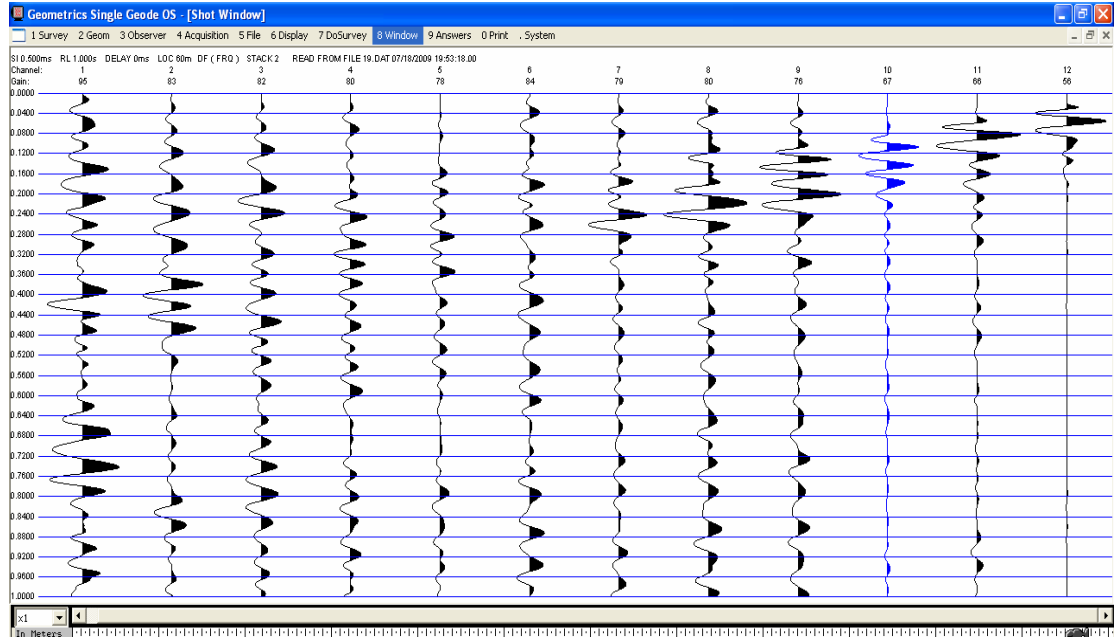
DÜZ ATIŞ



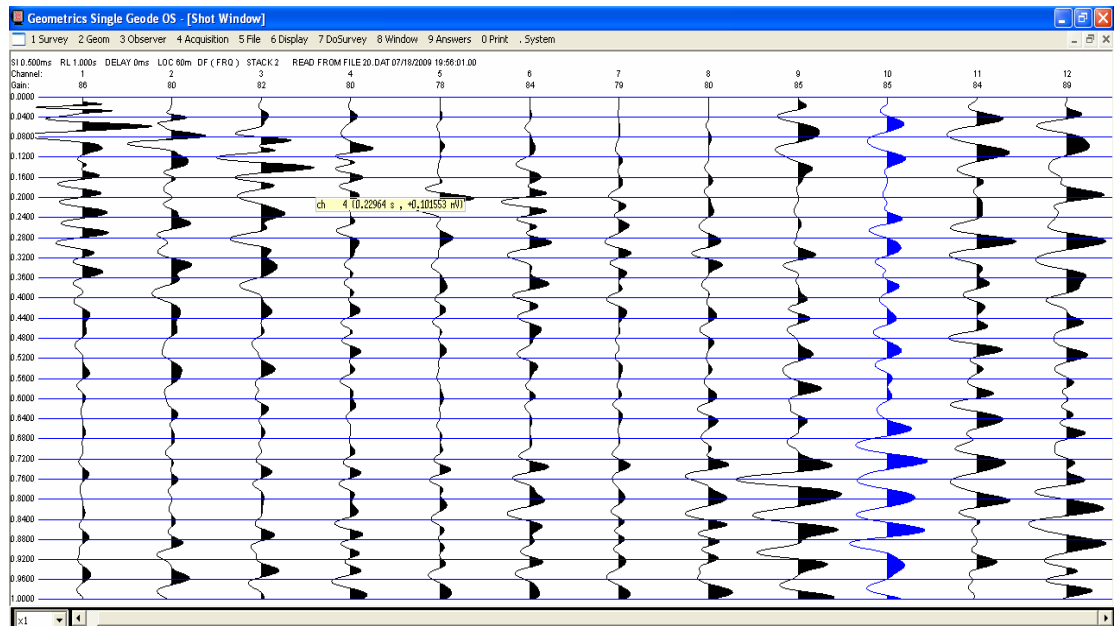
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

ULUS

TERS ATIŞ



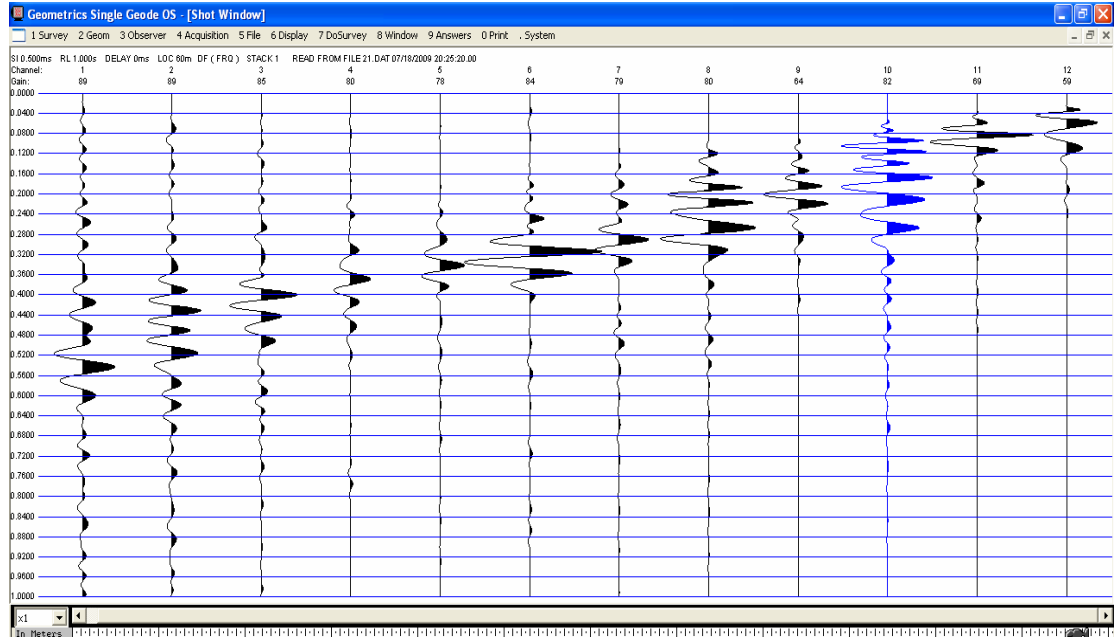
DÜZ ATIŞ



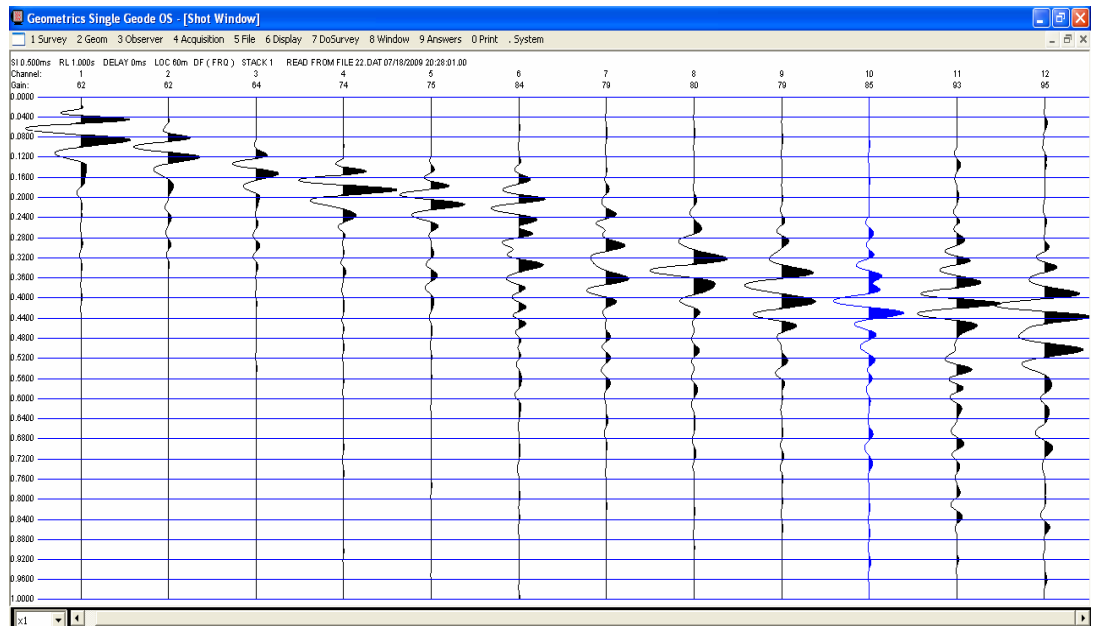
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

SIHHIYE

TERS ATIŞ



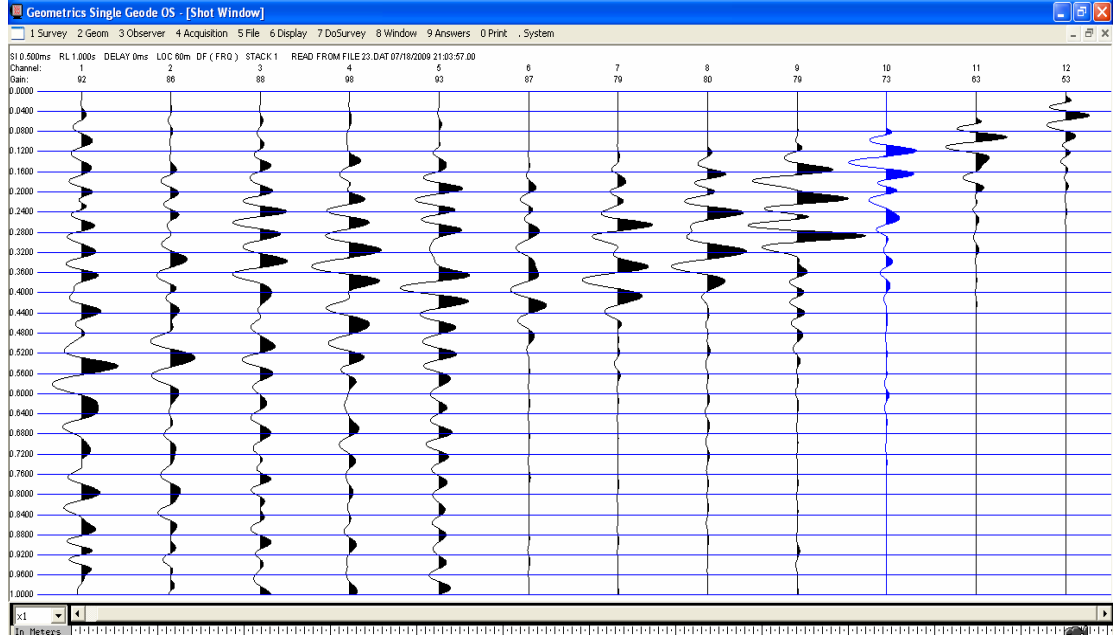
DÜZ ATIŞ



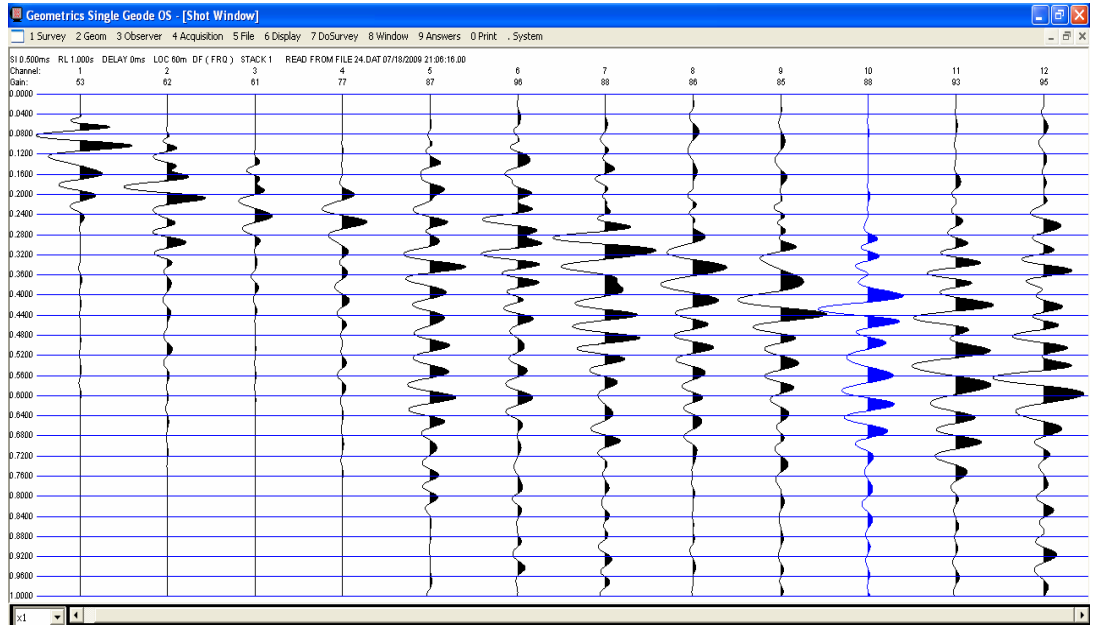
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

KIZILAY

TERS ATIŞ



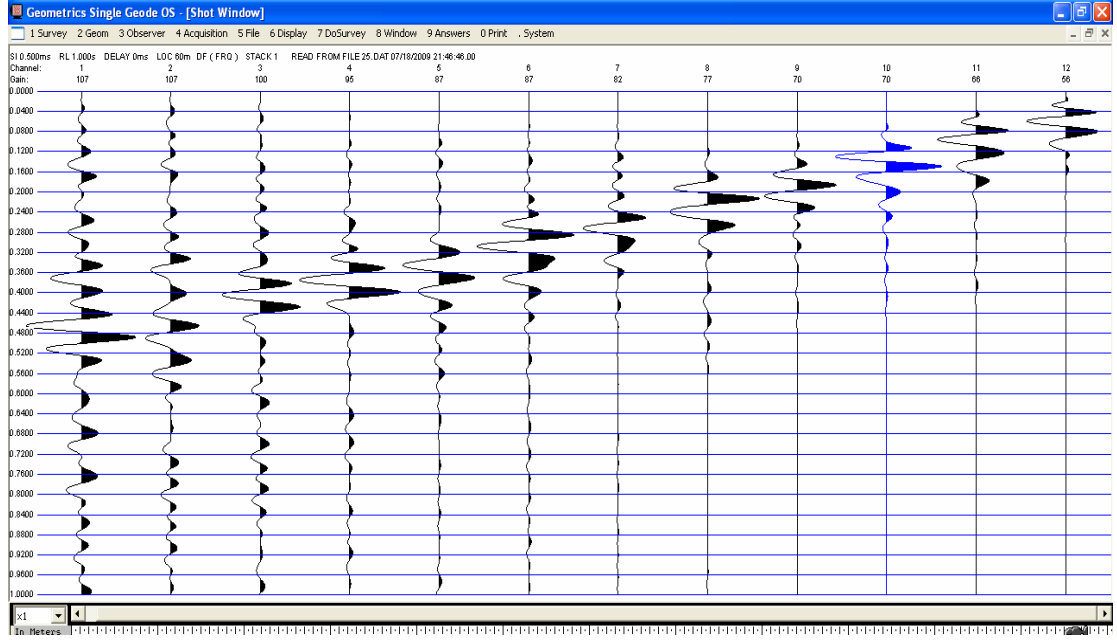
DÜZ ATIŞ



EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

ENERJİ BAKANLIĞI

TERS ATIŞ



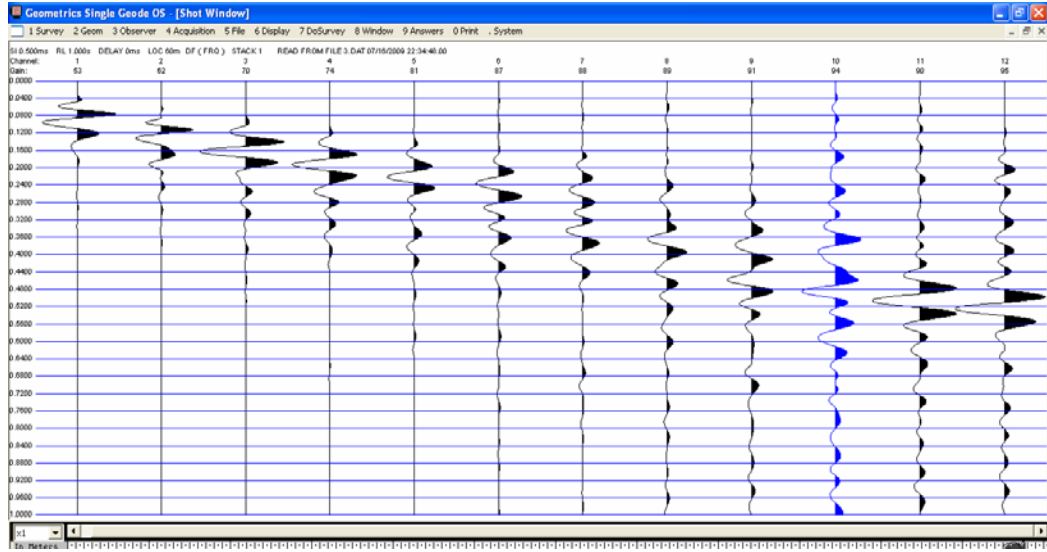
DÜZ ATIŞ



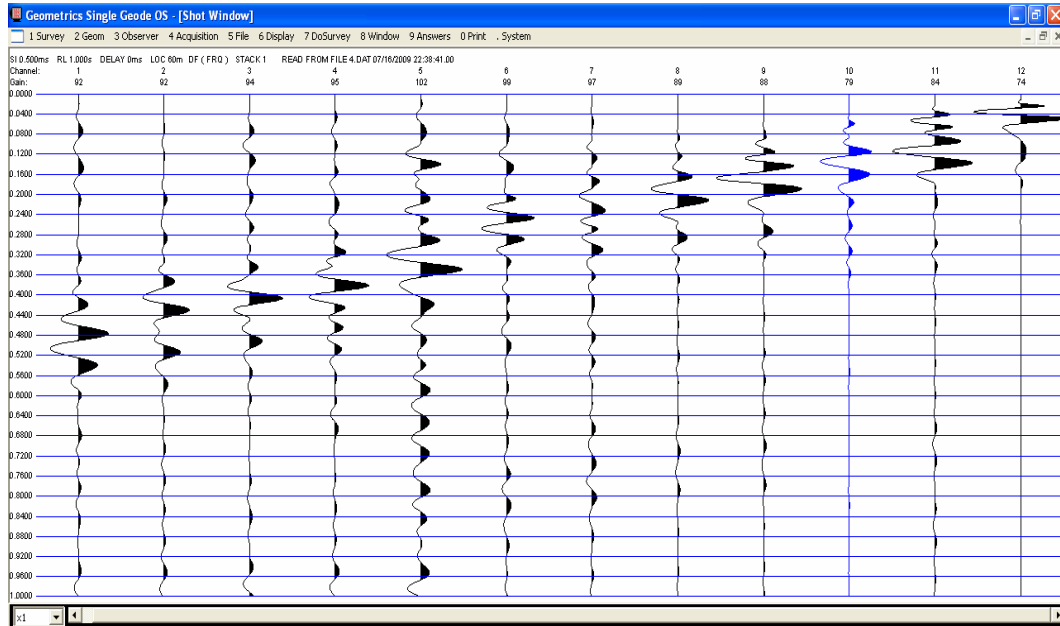
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

ÇAYYOLU SON DURAK

DÜZ ATIŞ



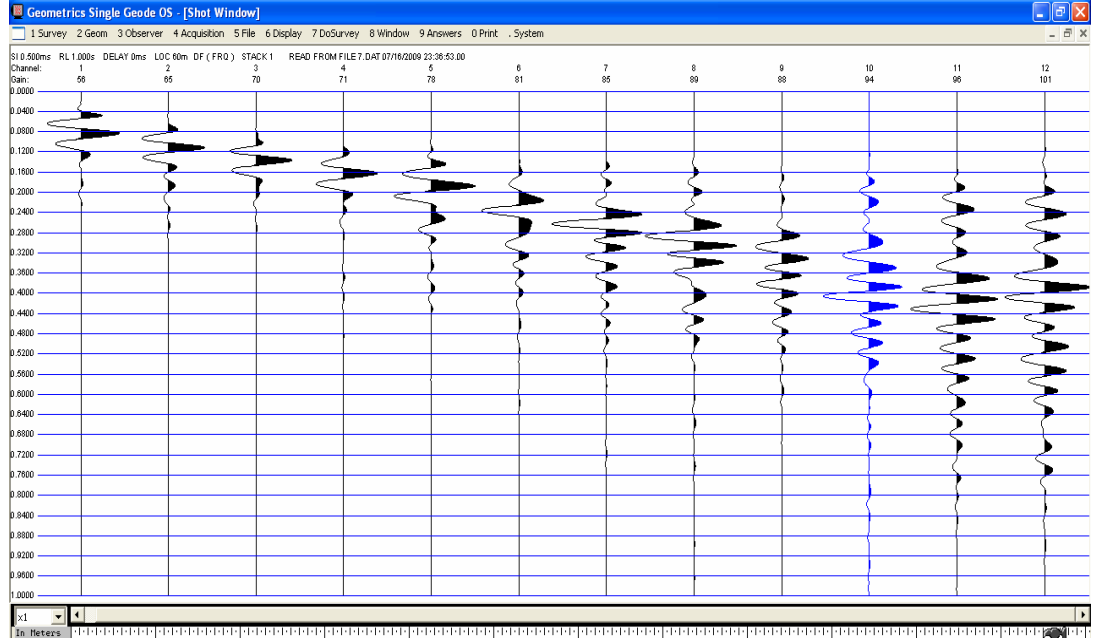
TERS ATIŞ



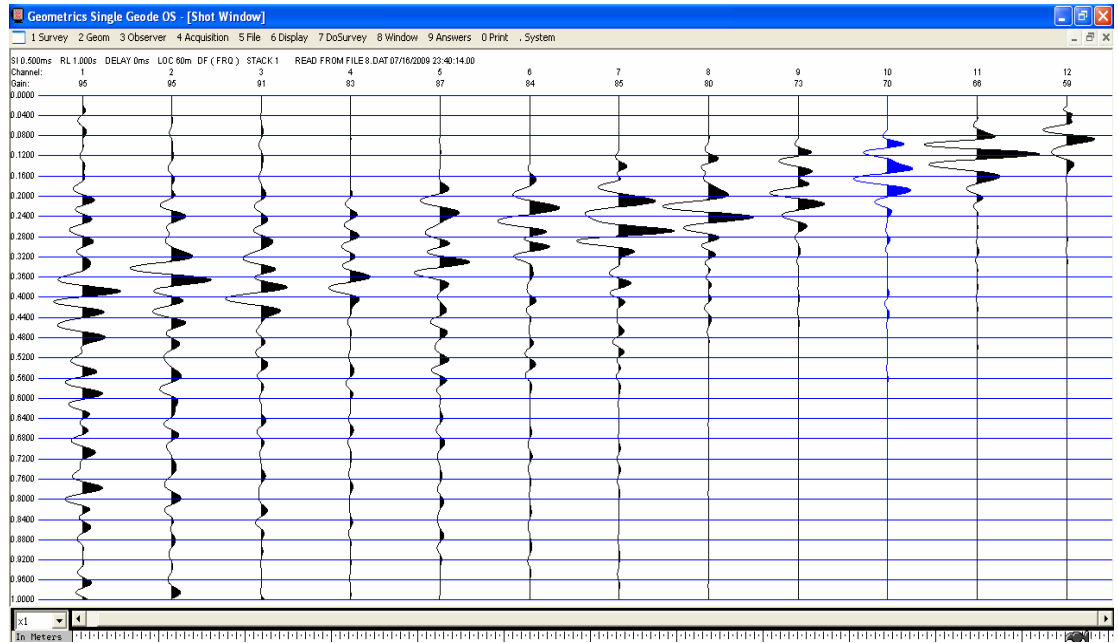
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

ÇAYYOLU SONDURAKTAN ÖNCEKİ

DÜZ ATIŞ



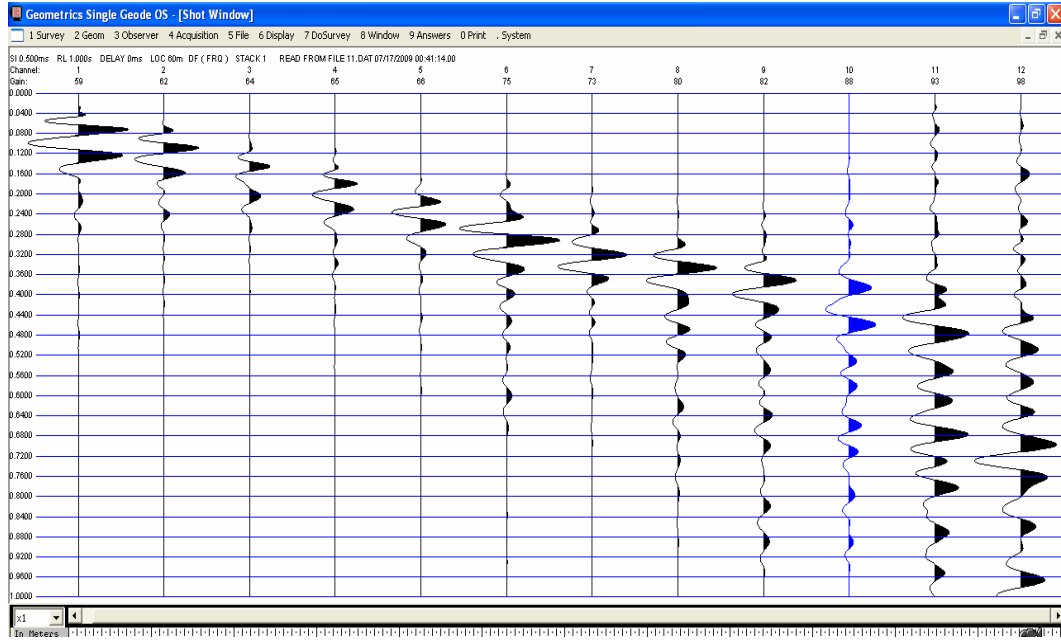
TERS ATIŞ



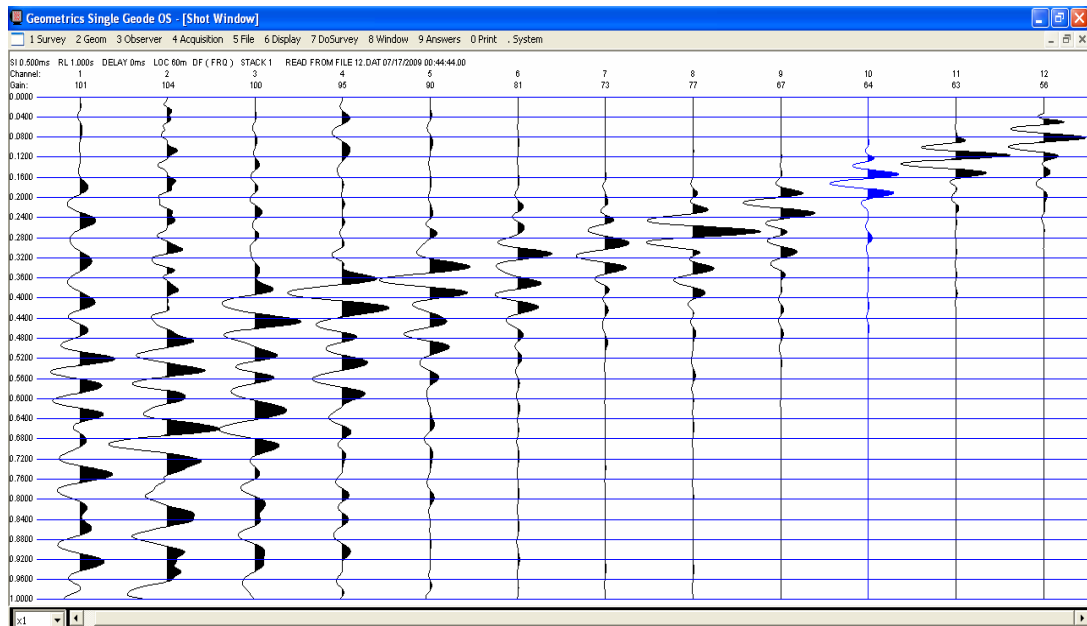
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

ÜMİTKÖY GİRİŞİ

DÜZ ATIŞ



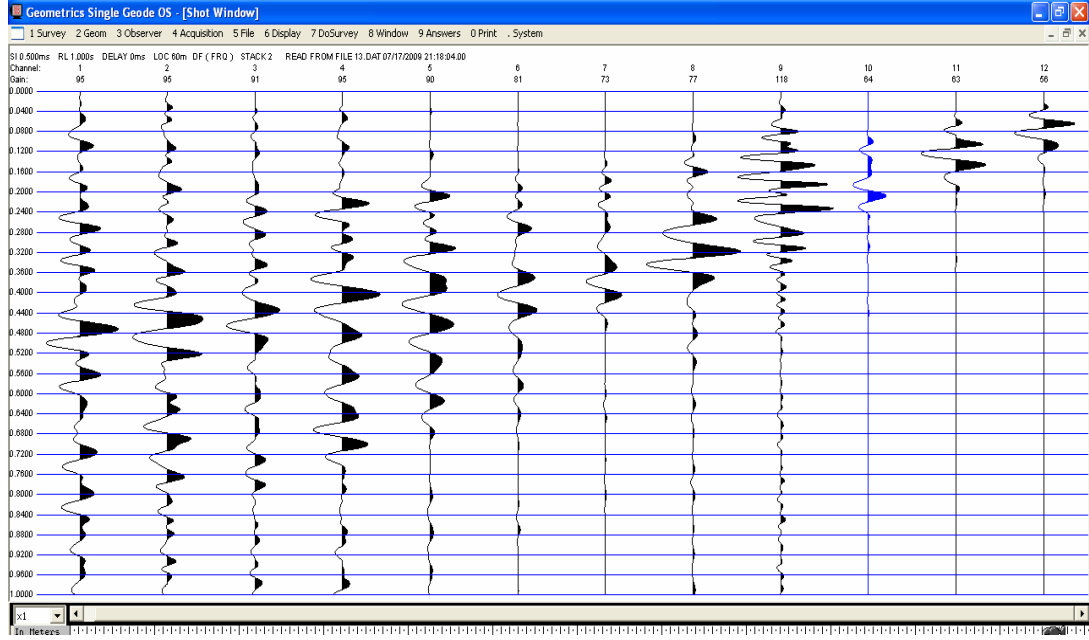
TERS ATIŞ



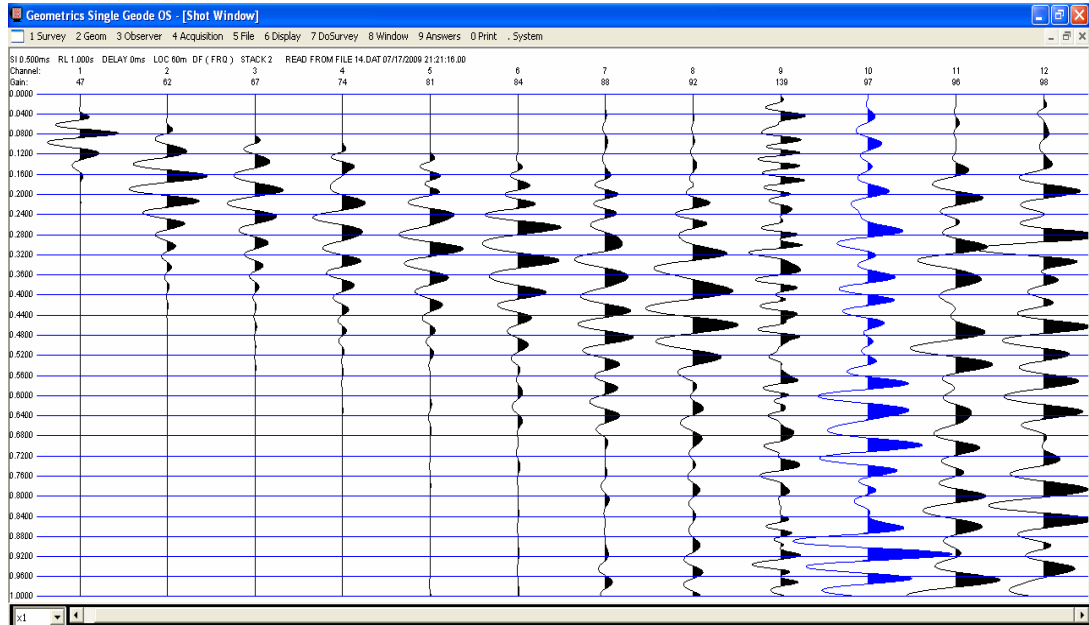
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

HACETTEPE

TERS ATIŞ



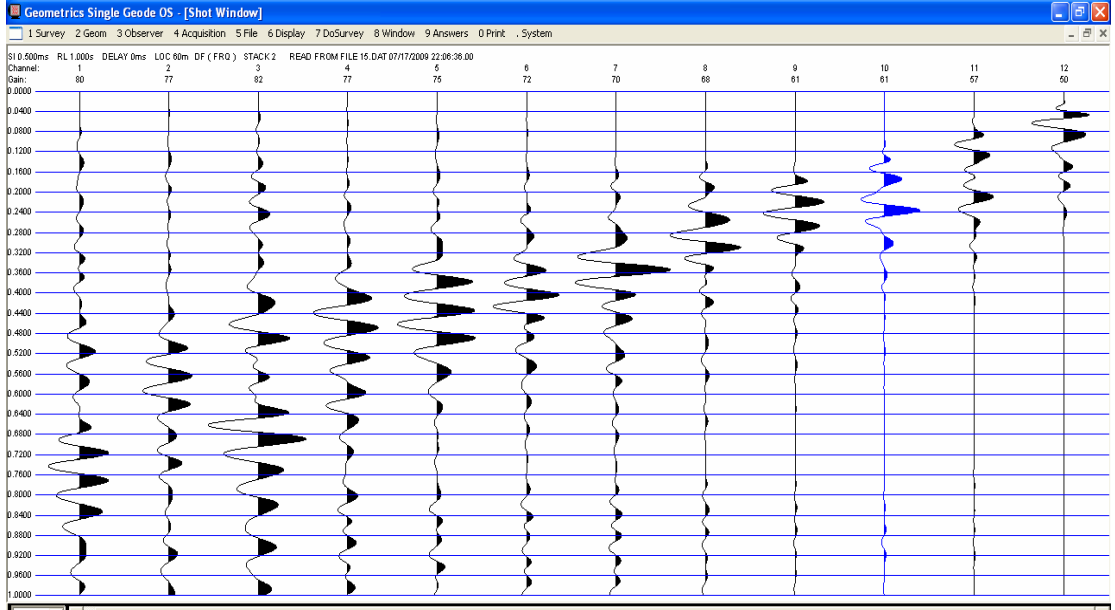
DÜZ ATIŞ



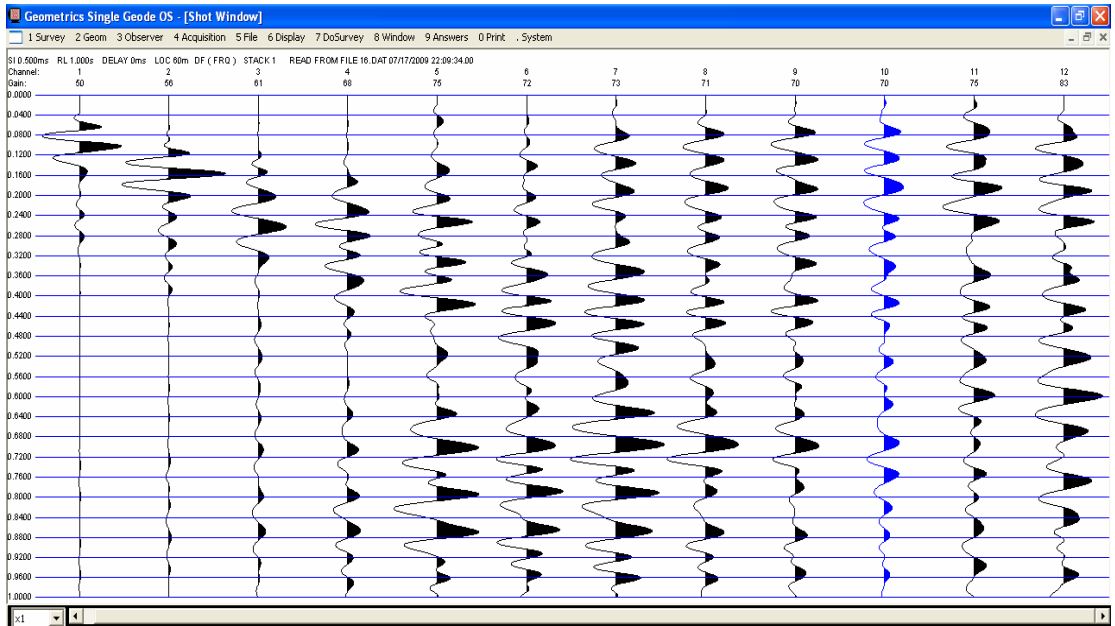
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

BİLKENT

TERS ATIŞ



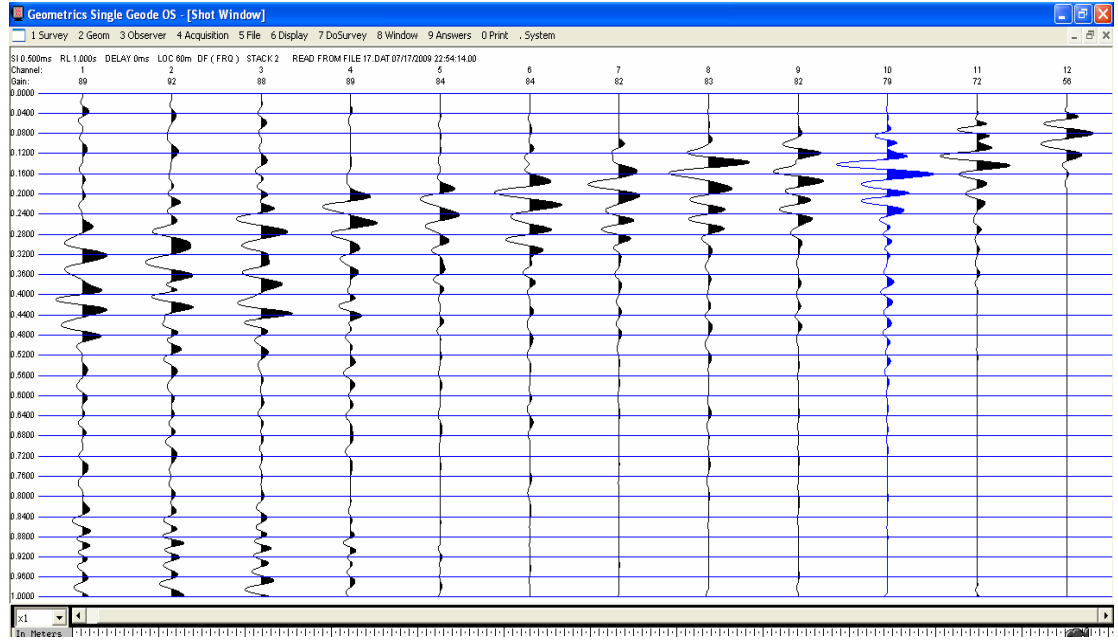
DÜZ ATIŞ



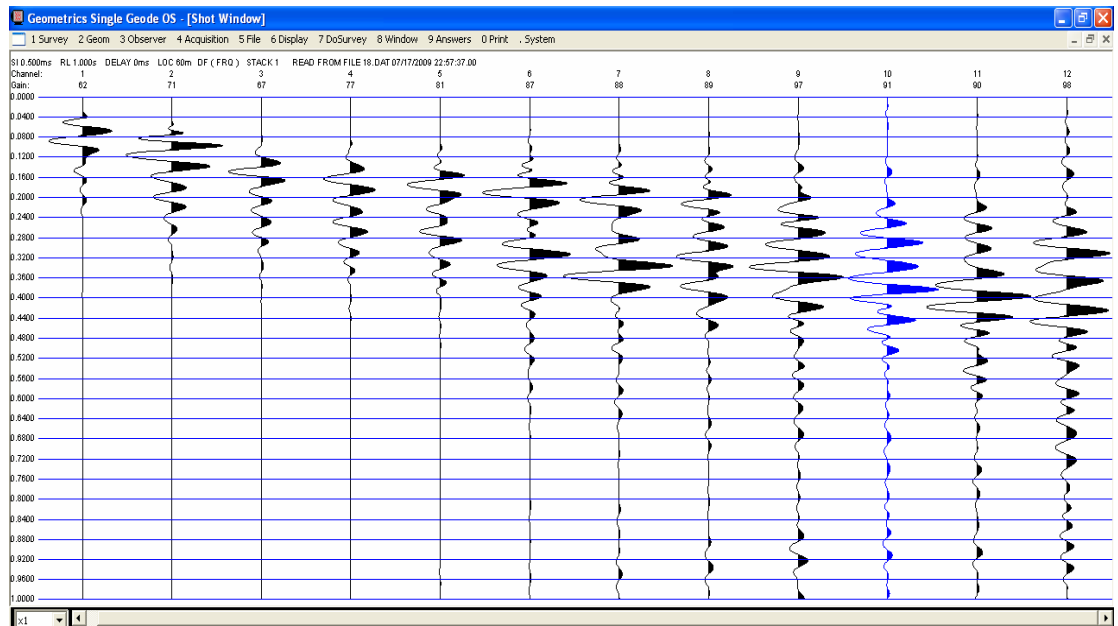
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

ODTÜ

TERS ATIŞ



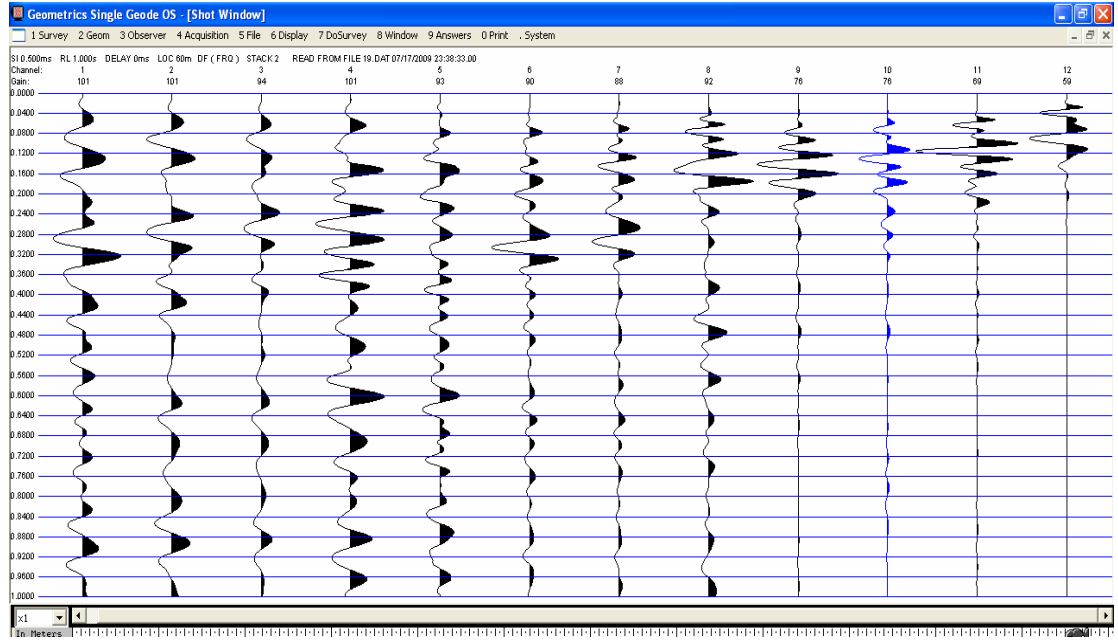
DÜZ ATIŞ



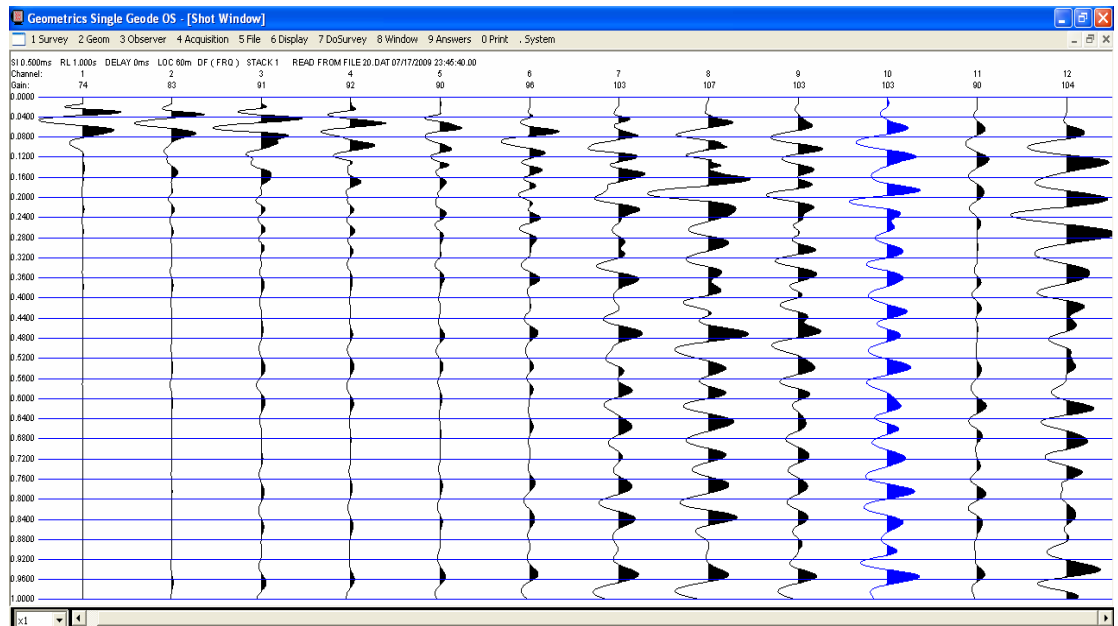
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

SÖGÜTÖZÜ

TER ATIŞ



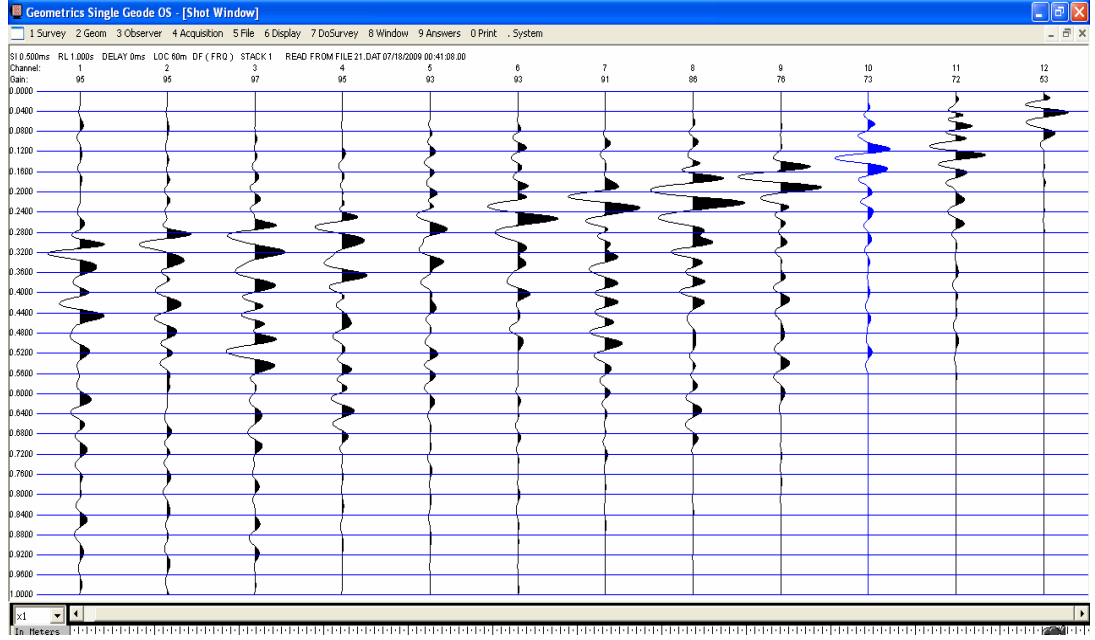
DÜZ ATIŞ



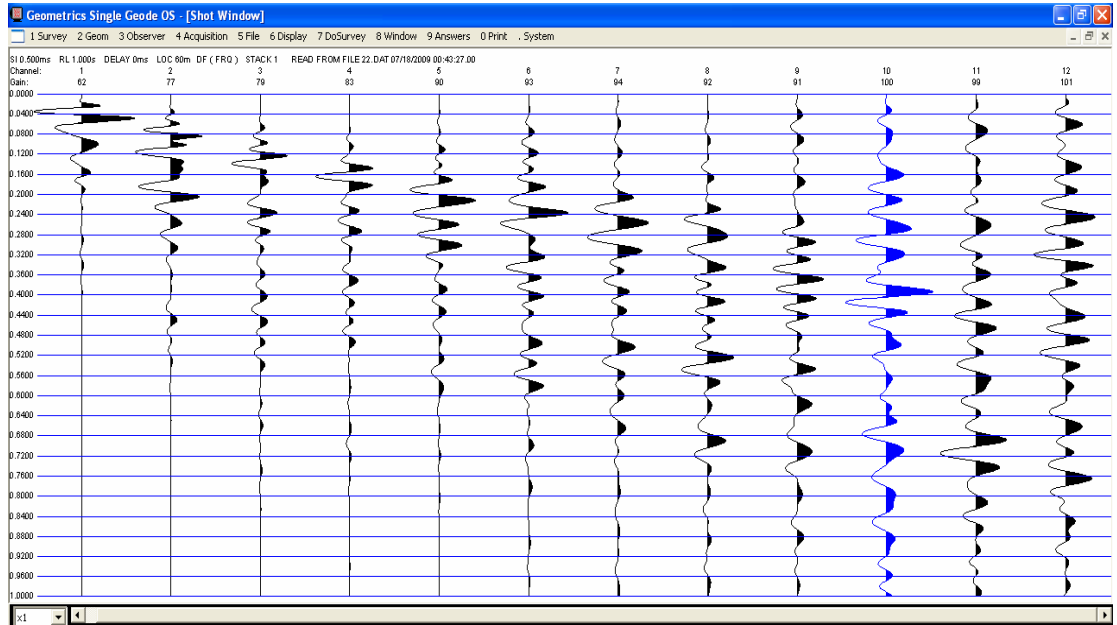
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

TARIM BAKANLIĞI

TER ATIŞ



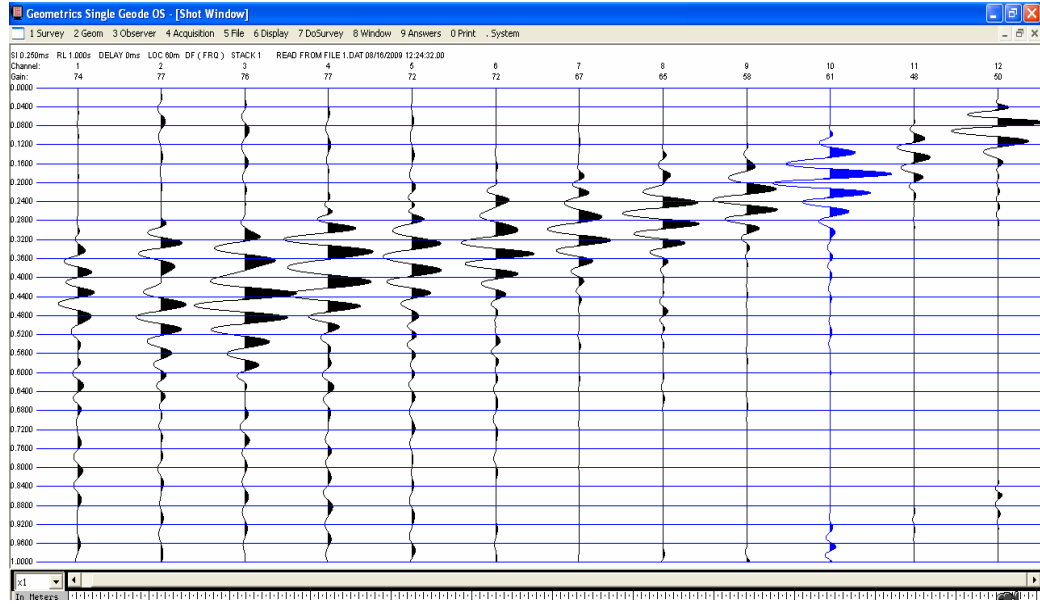
DÜZ ATIŞ



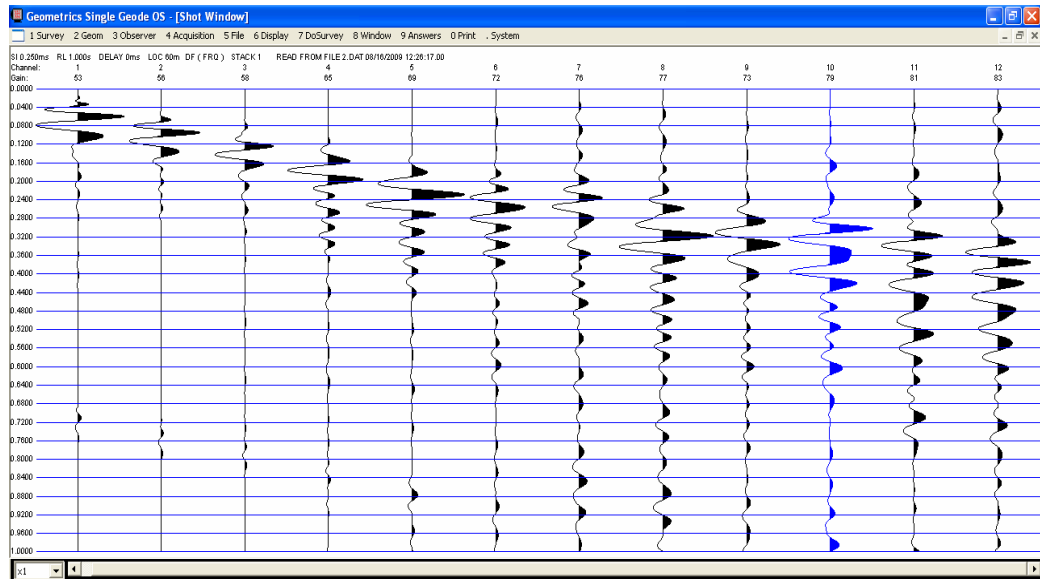
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

TERS ATIŞ



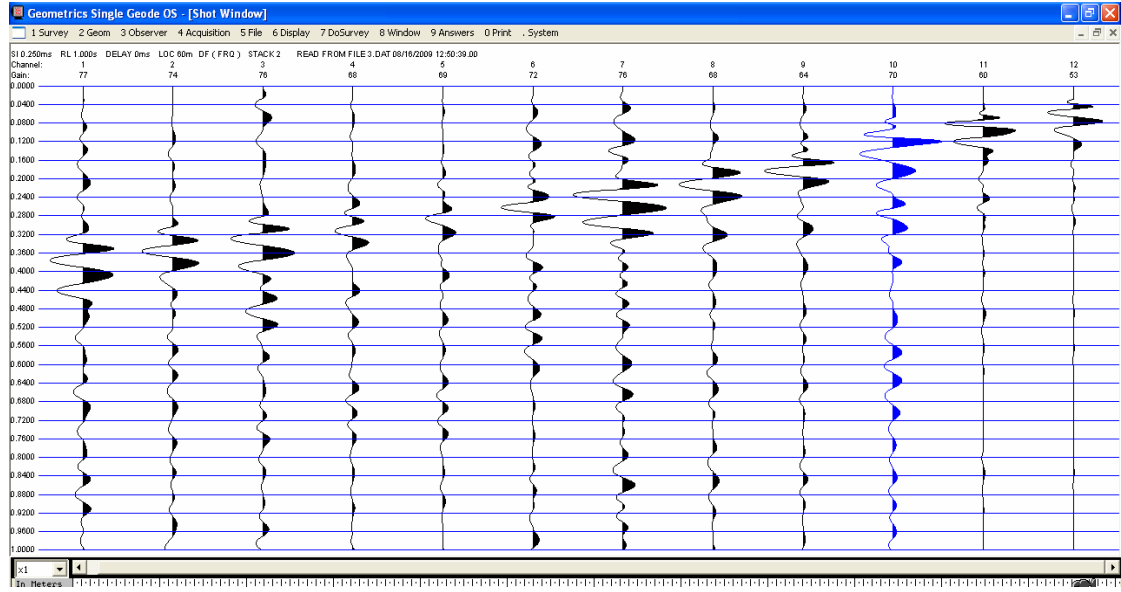
DÜZ ATIŞ



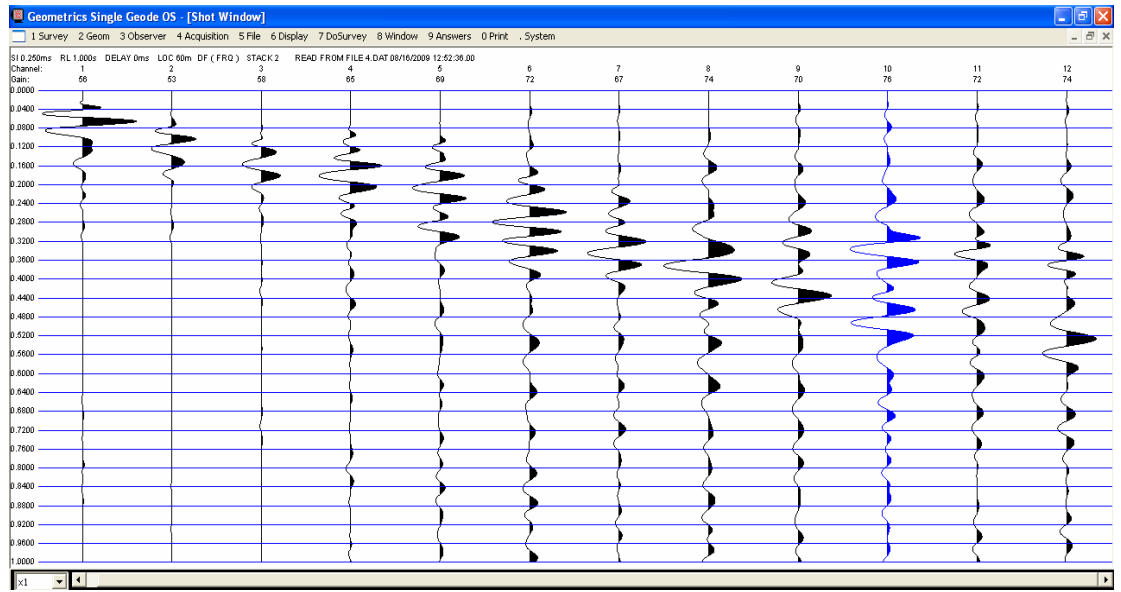
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

KEÇİÖREN SON DURAK

TERS ATIŞ



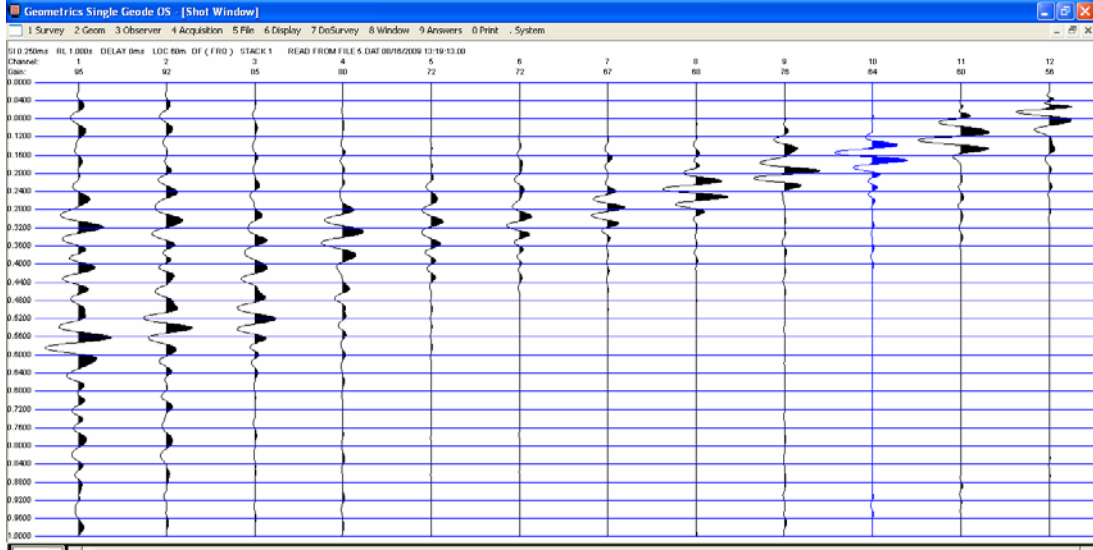
DÜZ ATIŞ



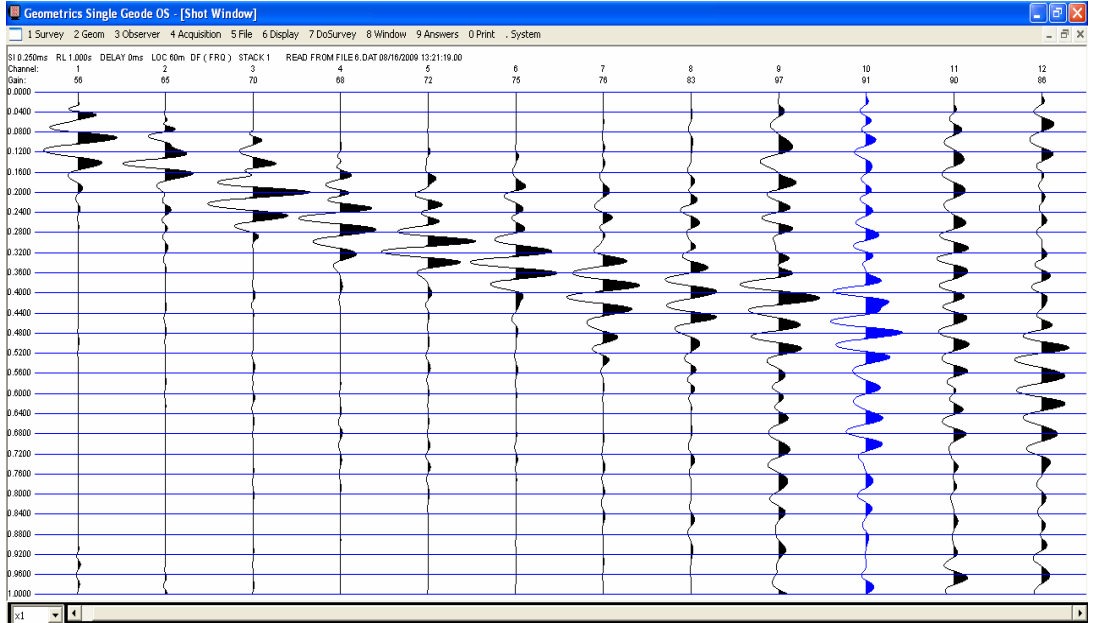
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

İLLER BANKASI

TERS ATIŞ



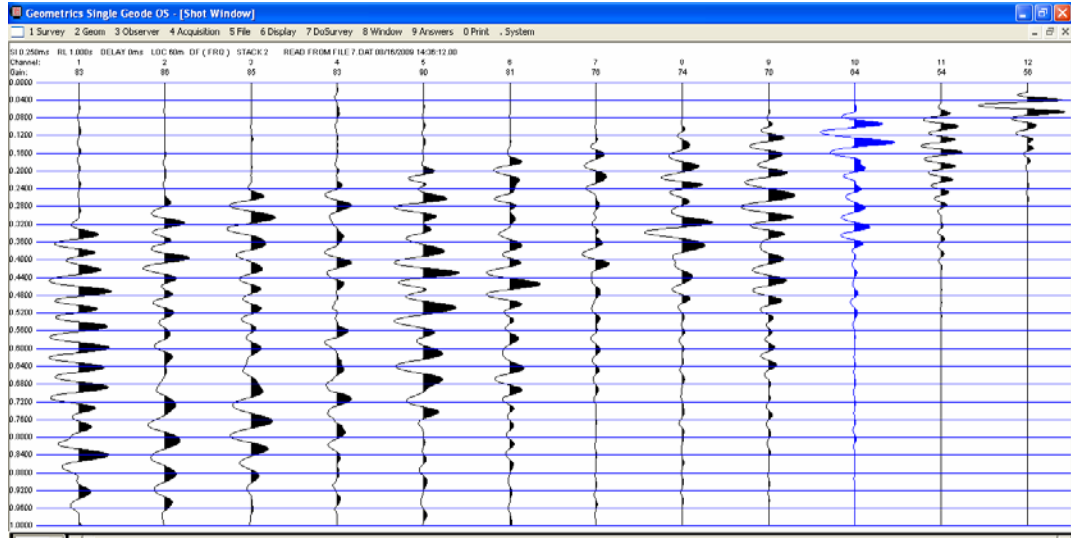
DÜZ ATIŞ



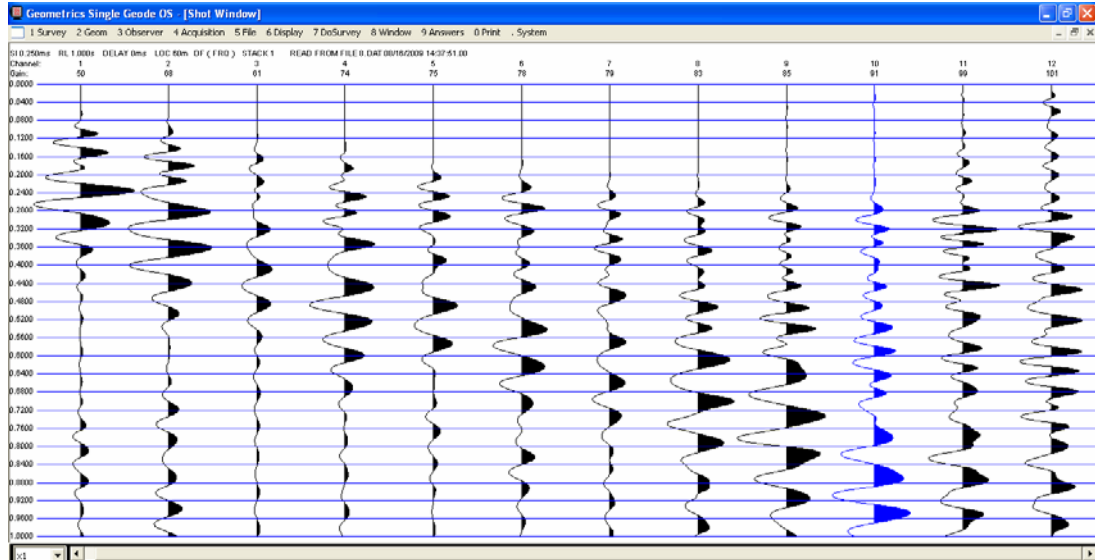
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

İST. YOLU ERYAMAN

TERS ATIŞ



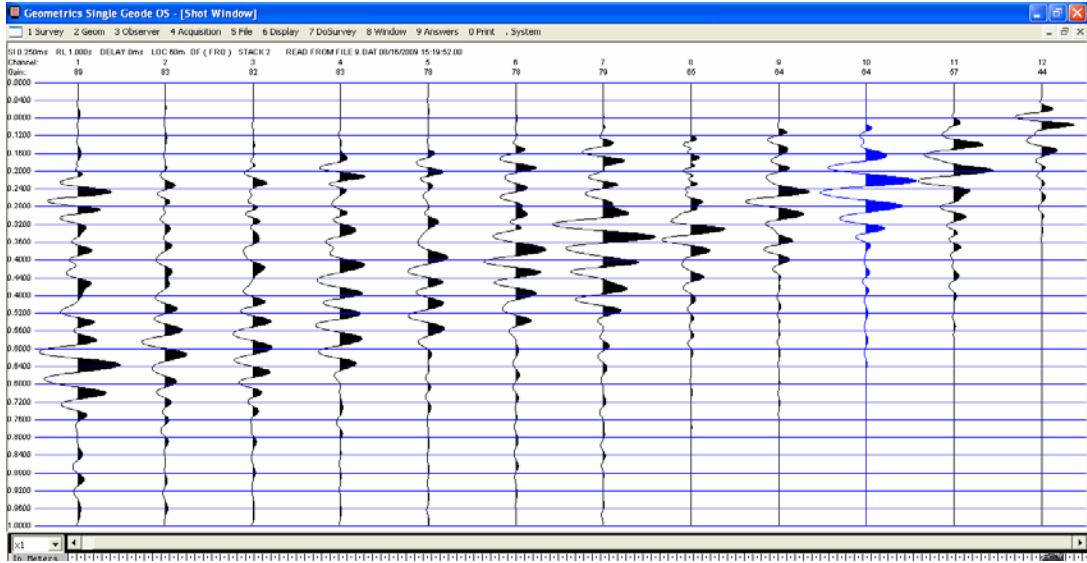
DÜZ ATIŞ



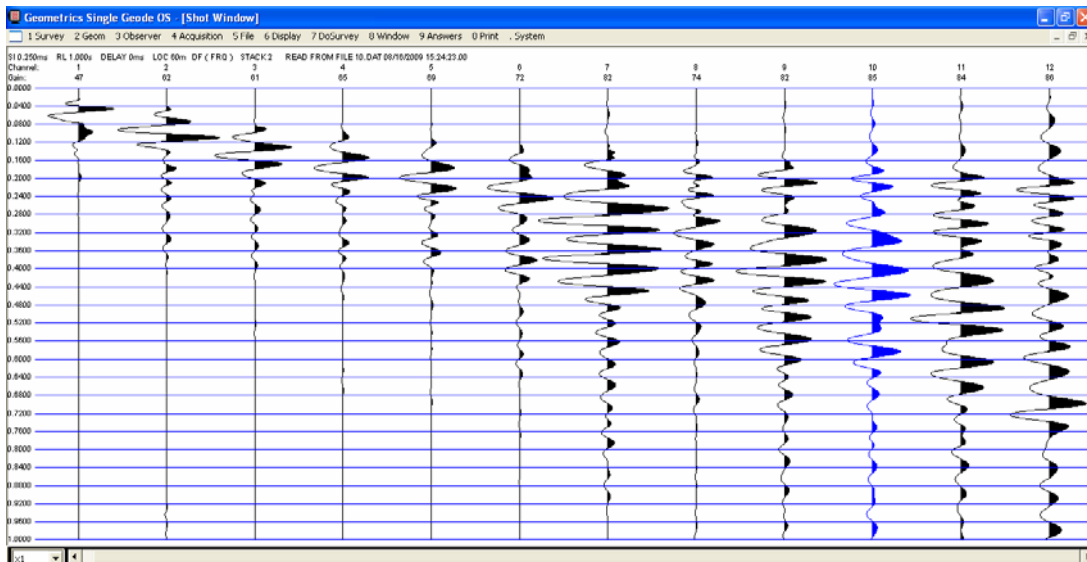
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

5. ETAP

TERS ATIŞ



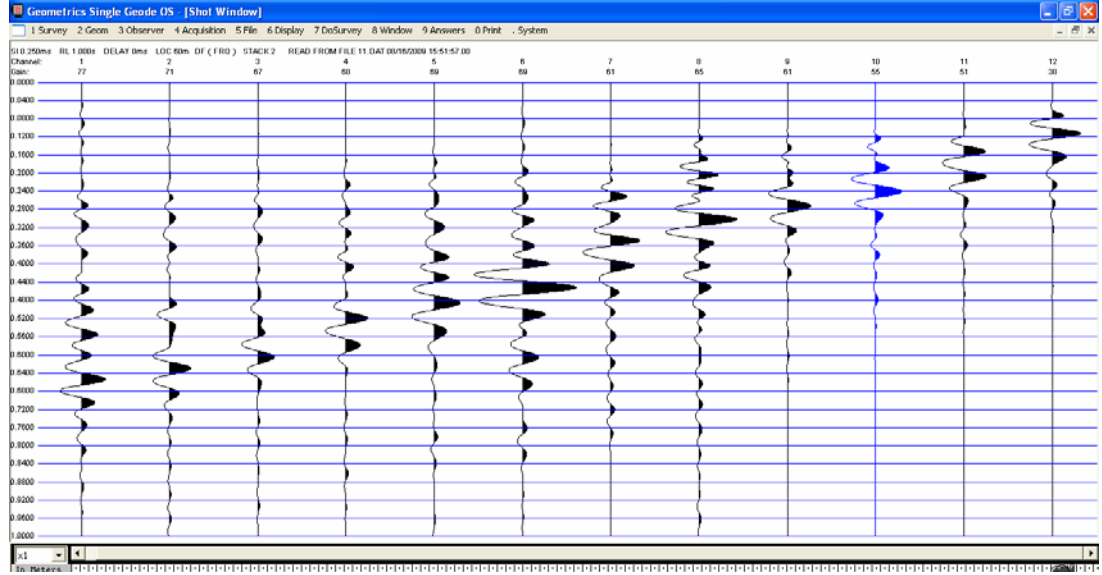
DÜZ ATIŞ



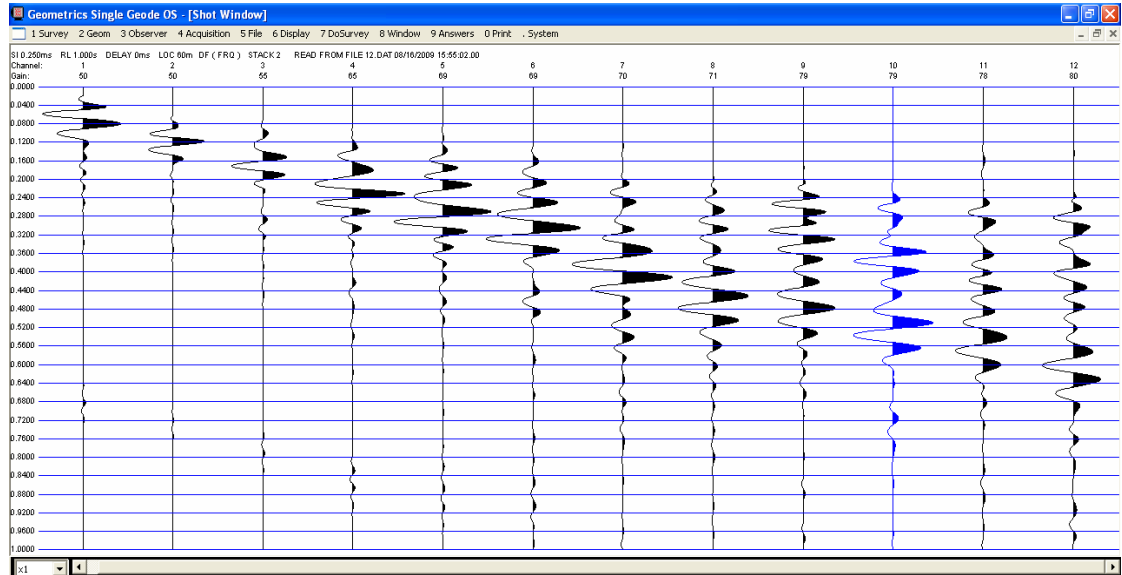
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

A

TERS ATIŞ



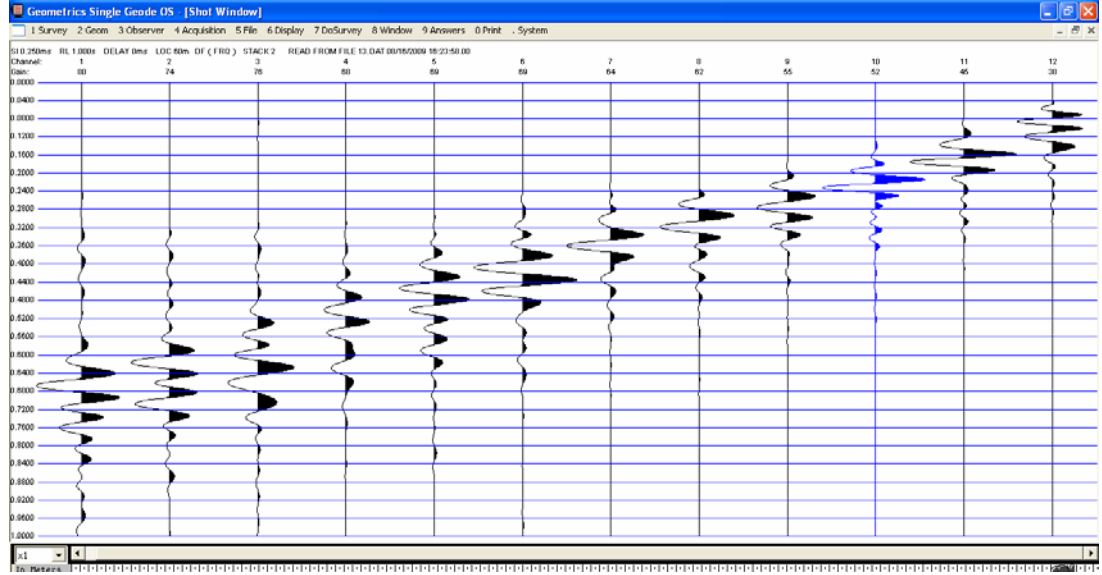
DÜZ ATIŞ



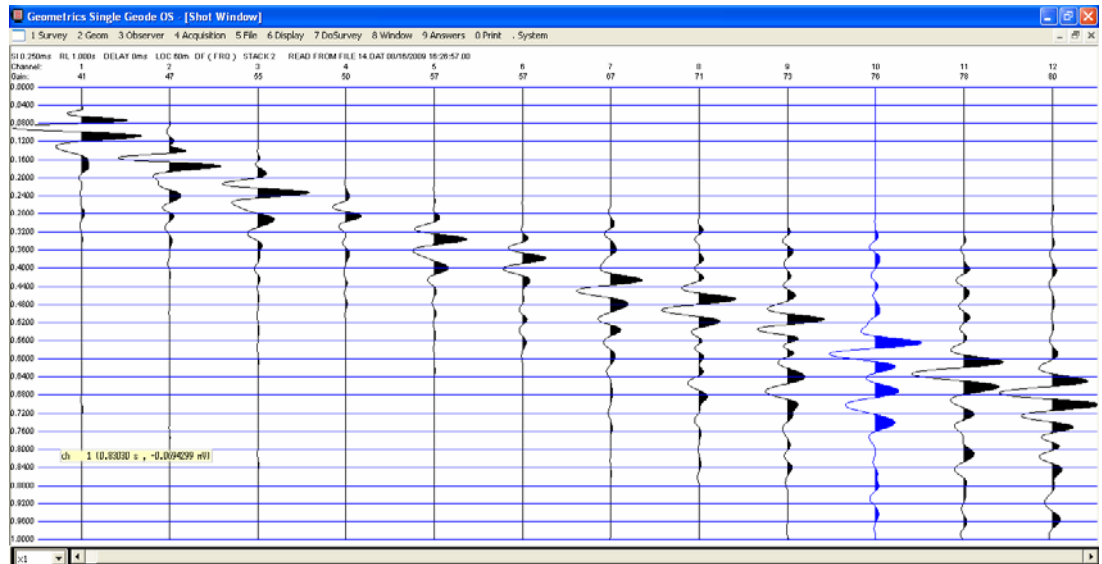
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

B

TERS ATIŞ



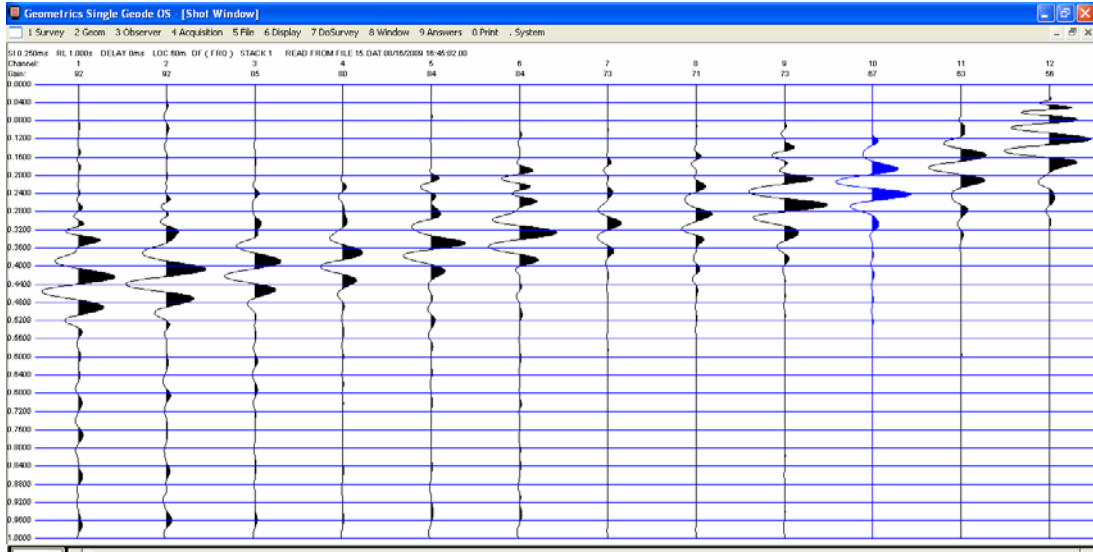
DÜZ ATIŞ



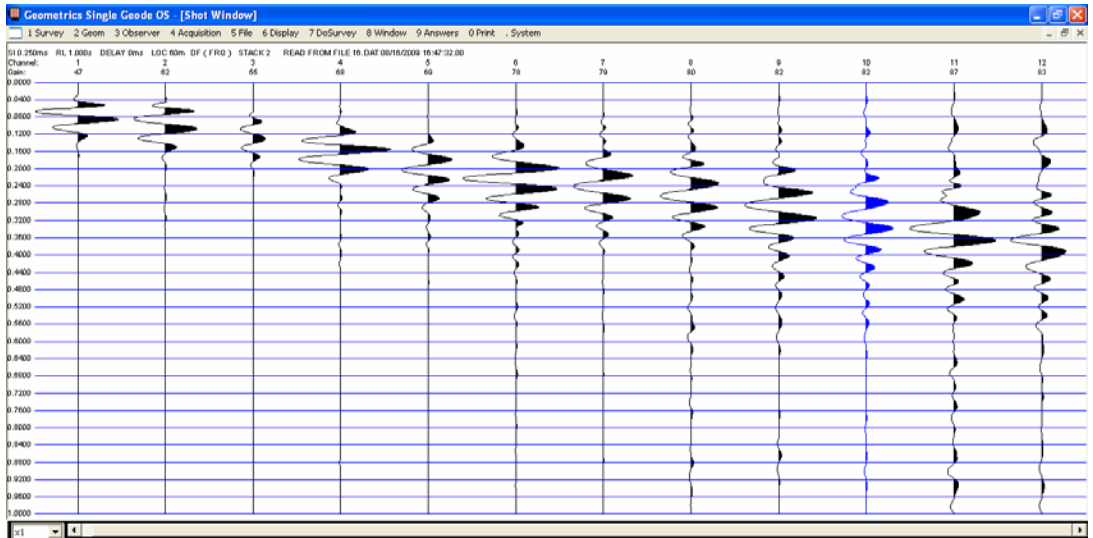
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

C

TERS ATIŞ



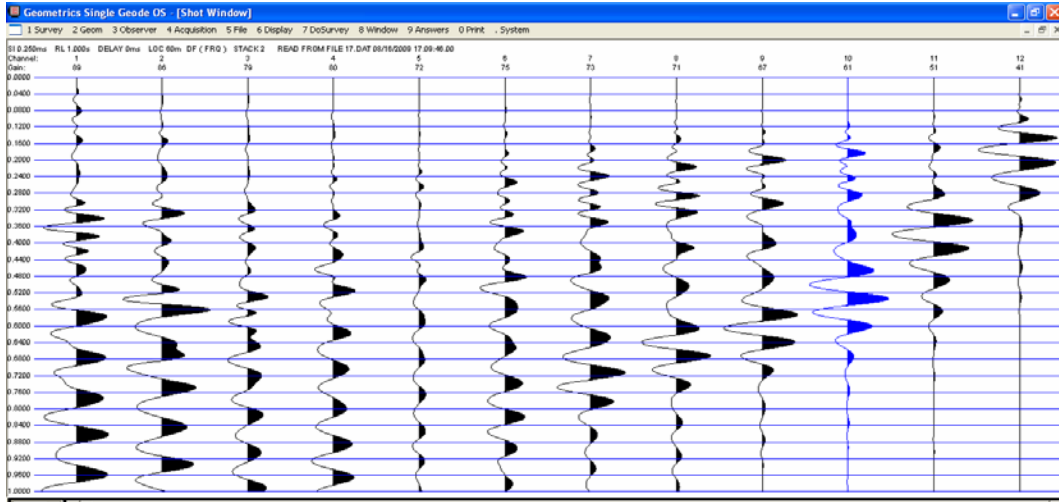
DÜZ ATIŞ



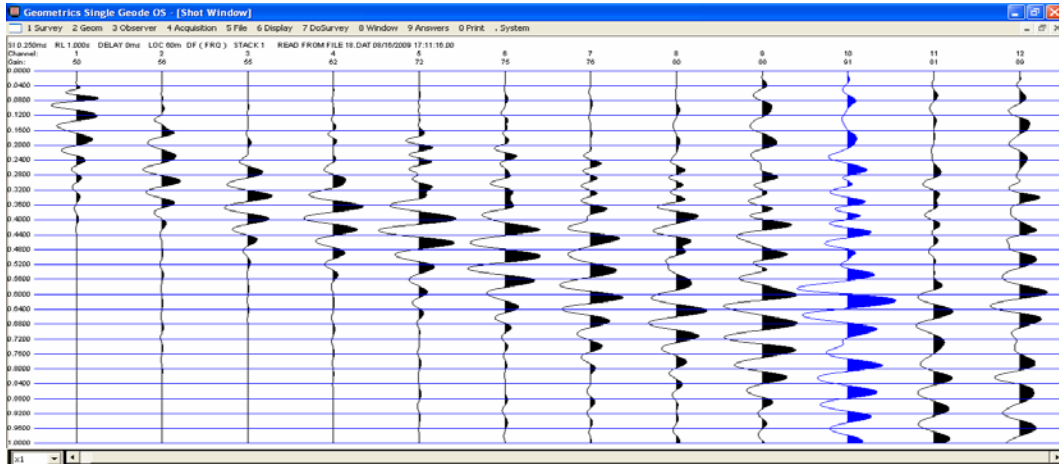
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

E

TERS ATIŞ



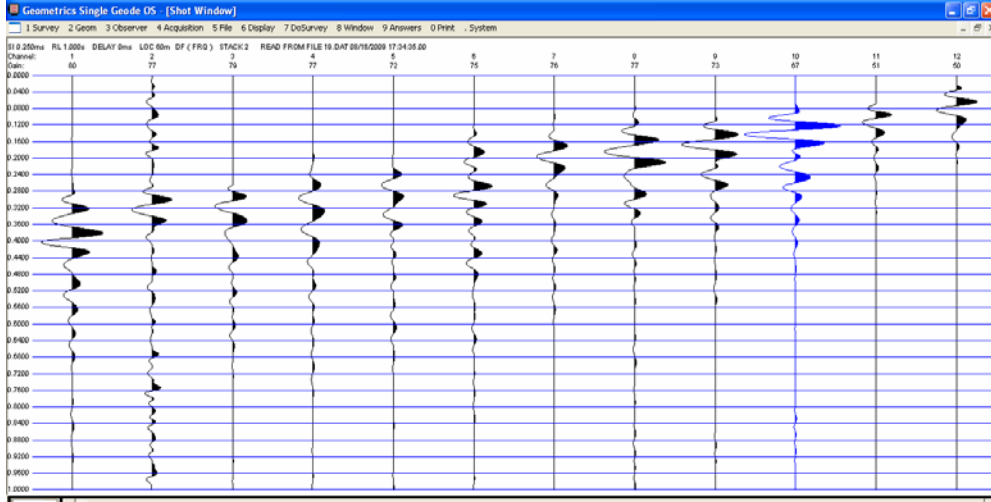
DÜZ ATIŞ



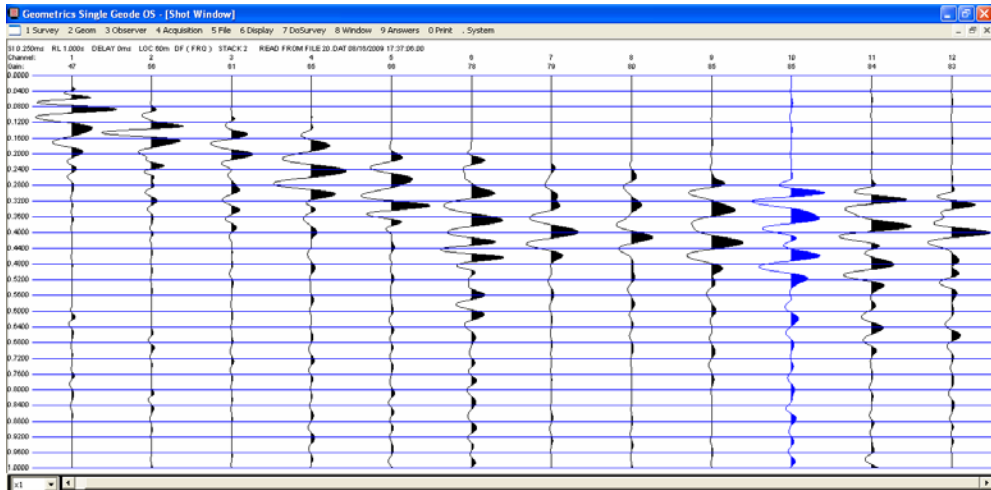
EK-2: (Devam)Vs Ölçümleri Sırasında oluşturulan atış grafikleri

D

TERS ATIŞ

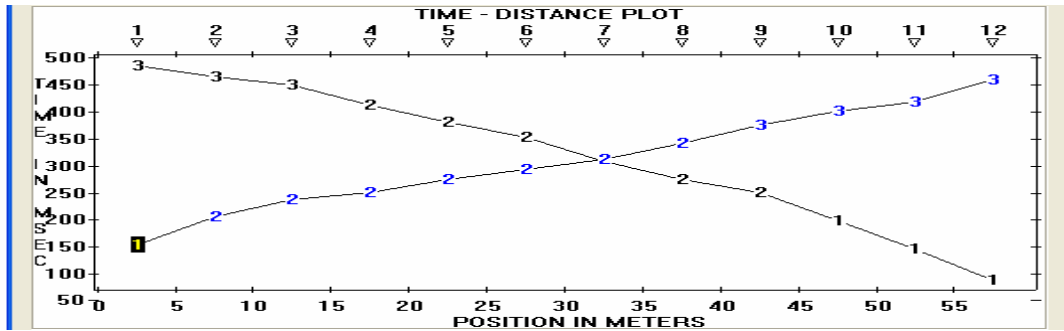


DÜZ ATIŞ

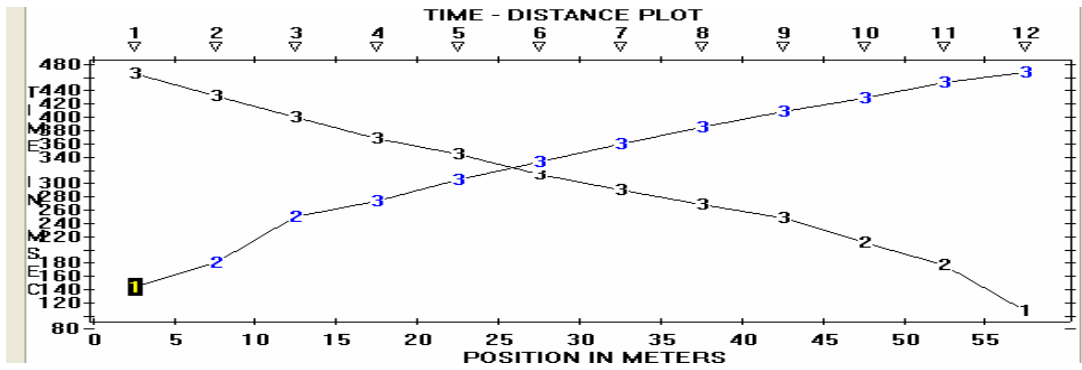


EK-3.Vs ölçümleri sırasında elde edilen hız zaman grafikleri

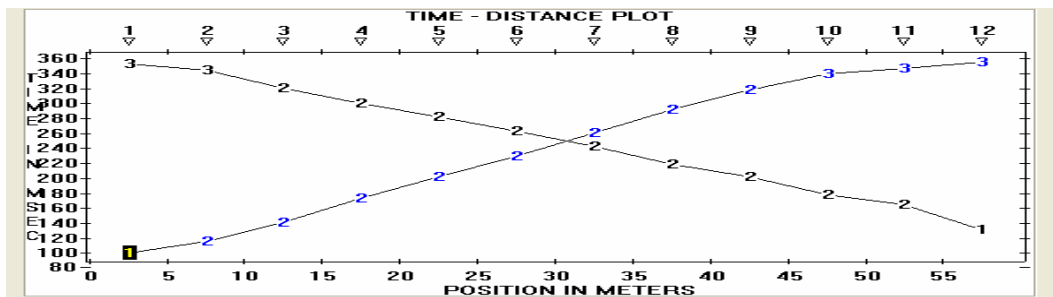
Kızılay



Sıhhiye

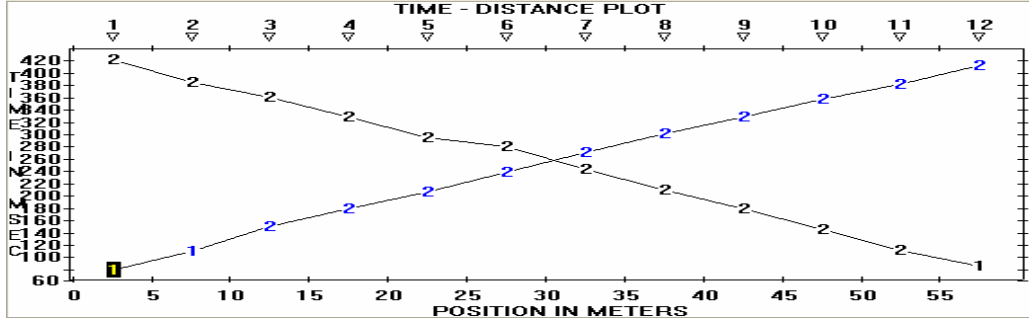


Ulus

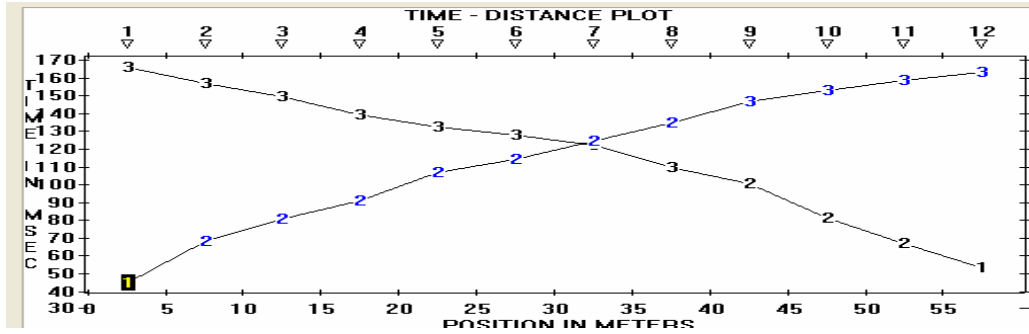


EK-3.(Devam)Vs ölçümleri sırasında elde edilen hız zaman grafikleri

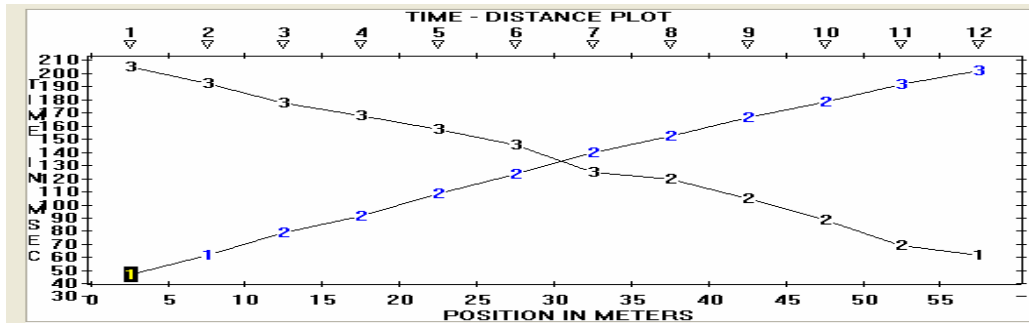
Atatürk Kültür Merkezi



Akköprü

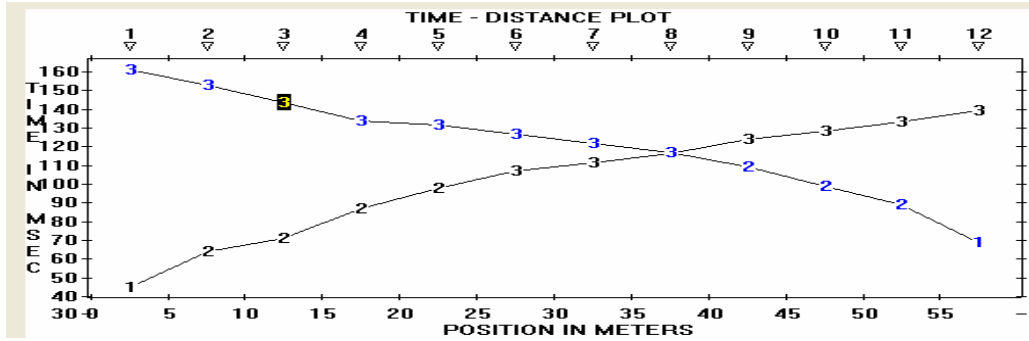


İvedik

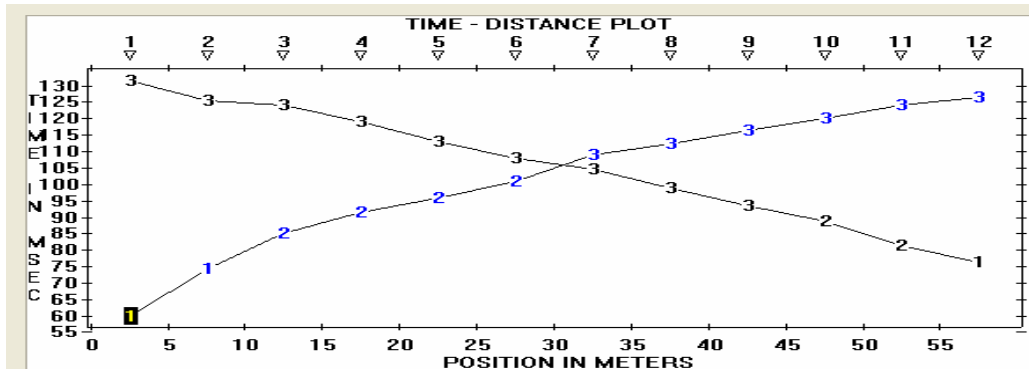


EK-3.(Devam)Vs ölçümleri sırasında elde edilen hız zaman grafikleri

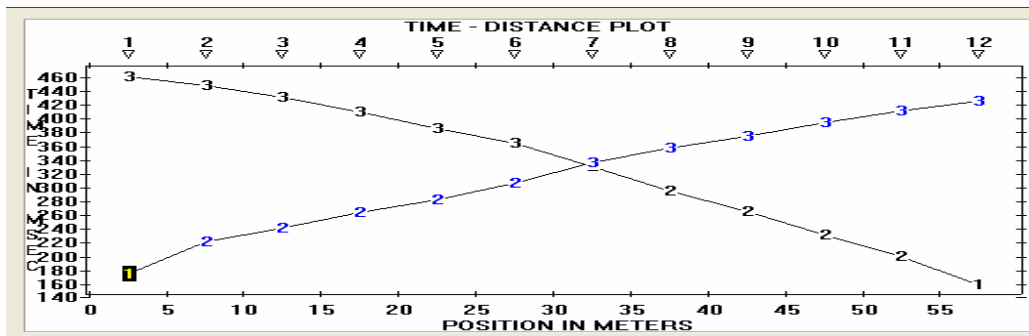
Yenimahalle



Demetevler

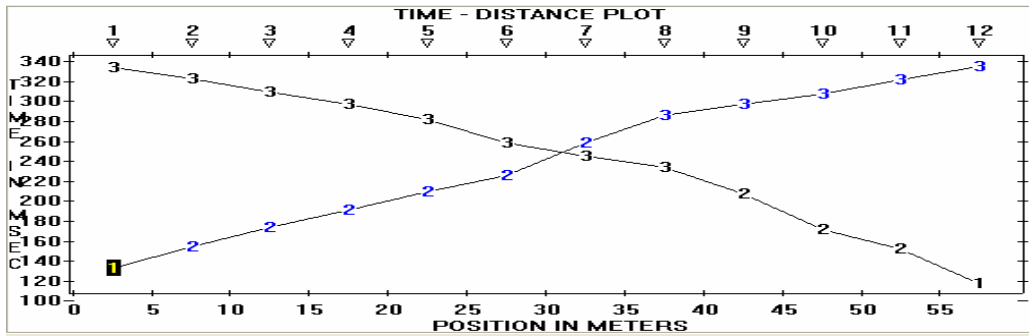


Hastane

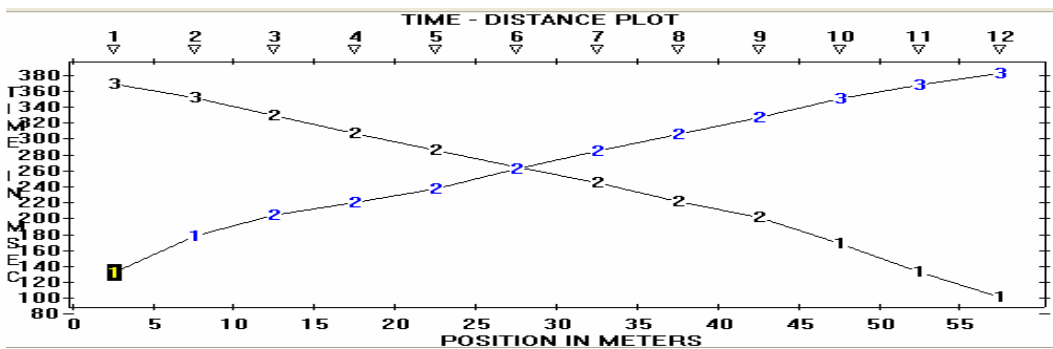


EK-3.(Devam)Vs ölçümleri sırasında elde edilen hız zaman grafikleri

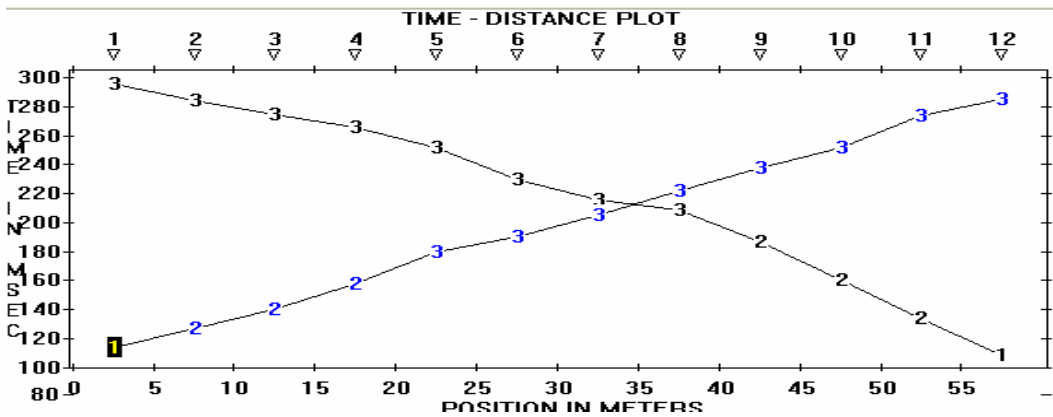
Macunköy



Ostim

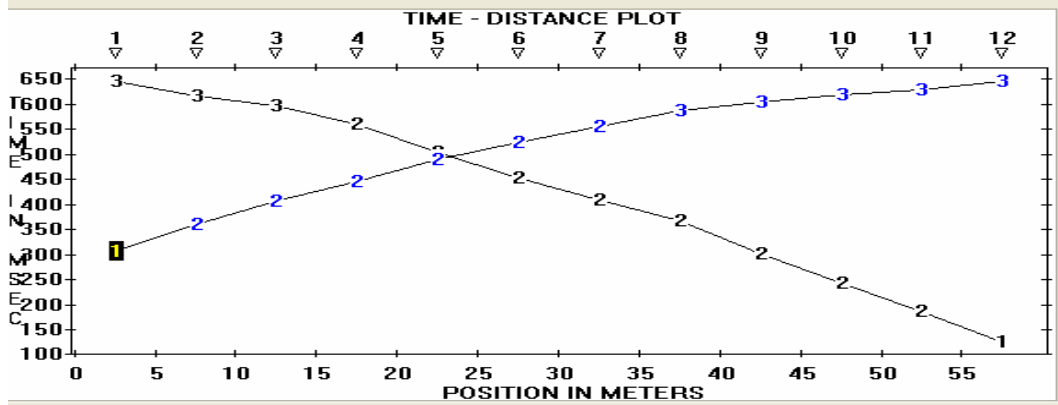


Batıkent

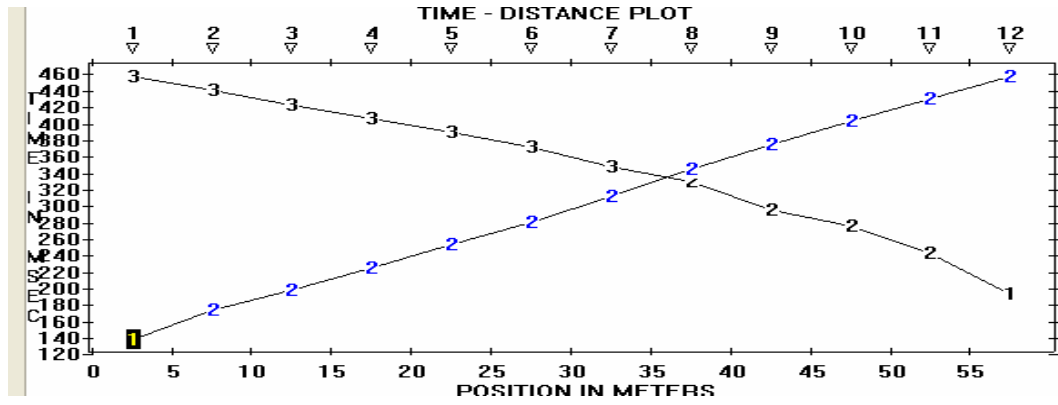


EK-3.(Devam)Vs ölçümleri sırasında elde edilen hız zaman grafikleri

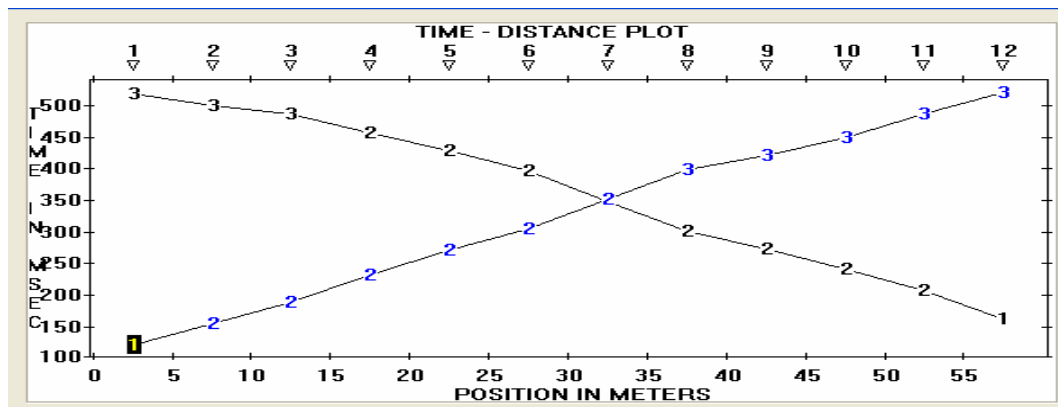
İstanbul Yolu 1. Nokta



5. Etap İstasyonu

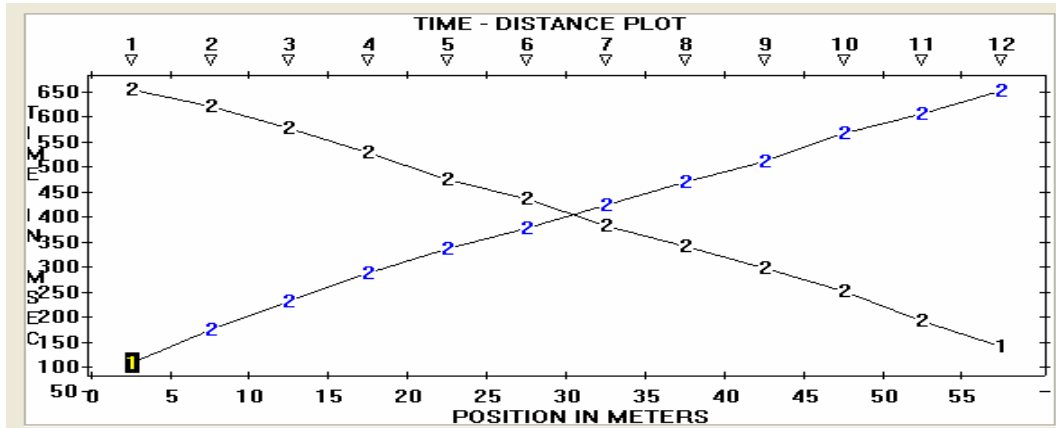


Sincan Batıken Arası 1. Nokta

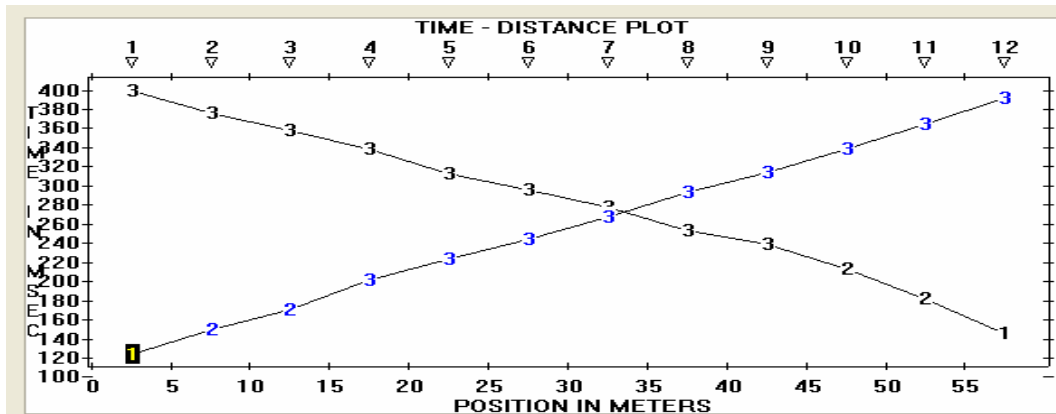


EK-3.(Devam)Vs ölçümleri sırasında elde edilen hız zaman grafikleri

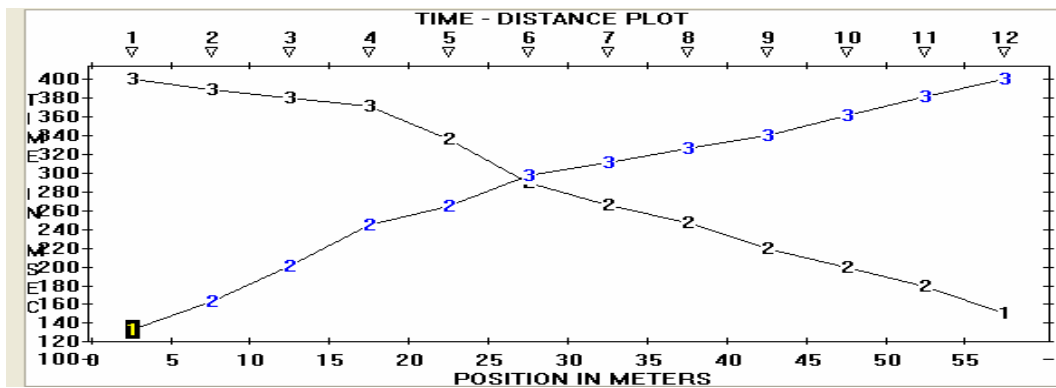
Sincan Batıkent Arası 2. Nokta



Sincan Batıkent arası 3. Nokta

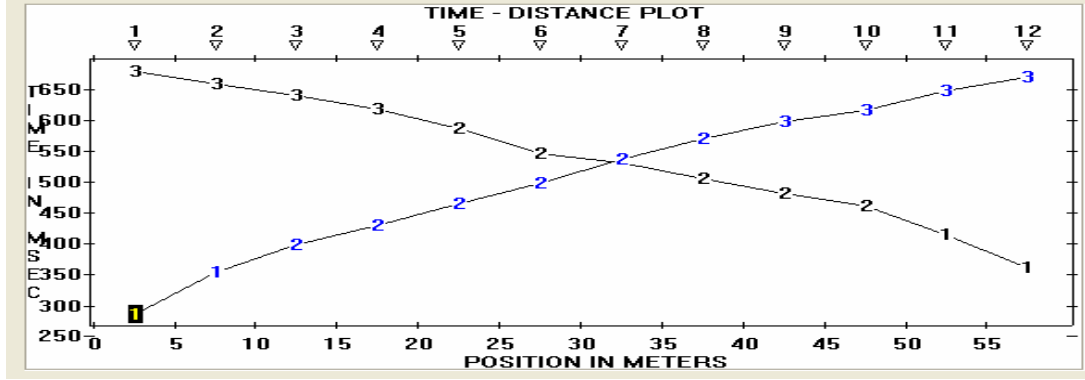


Sincan Batıkent arası 4. Nokta

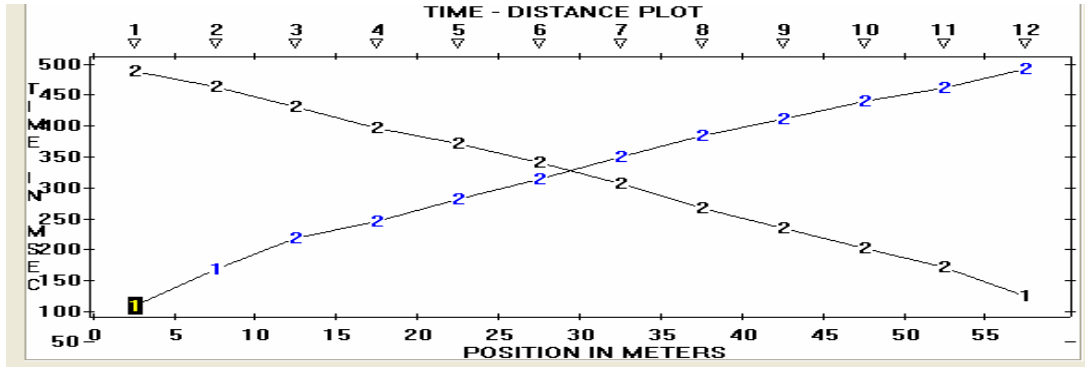


EK-3.(Devam)Vs ölçümleri sırasında elde edilen hız zaman grafikleri

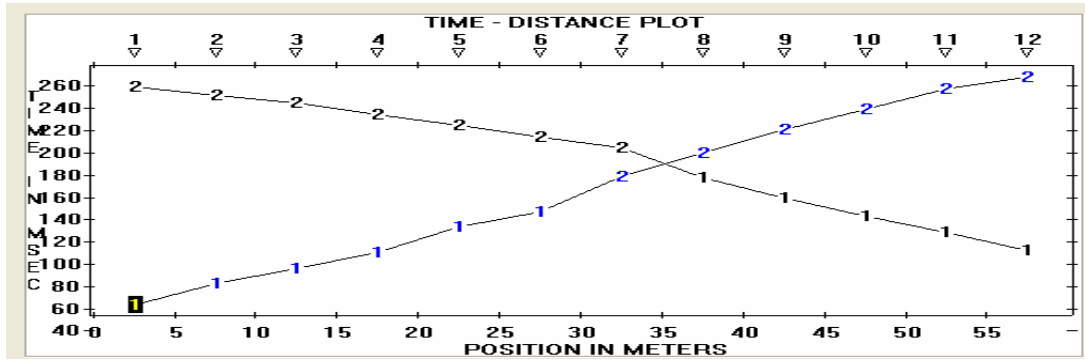
Sincan Batıkent arası 5. Nokta



Enerji Bakanlığı

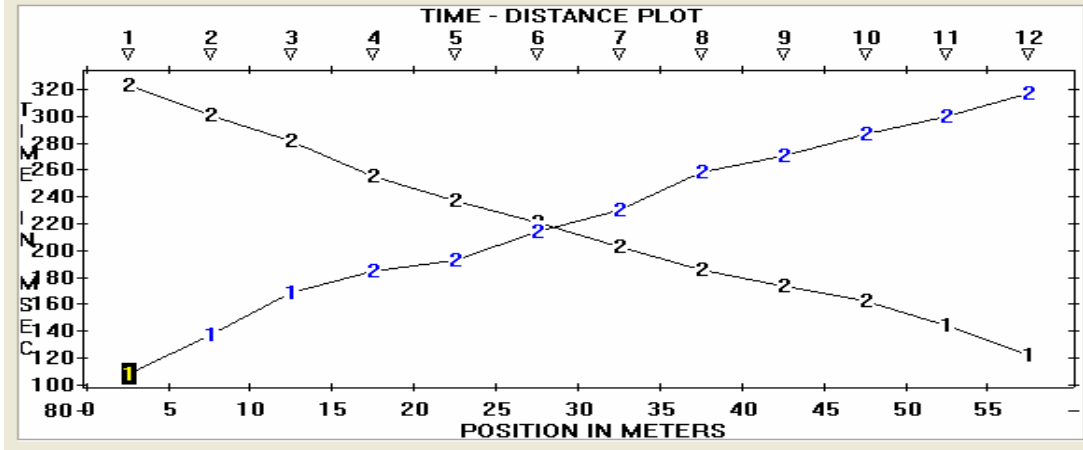


Söğütözü

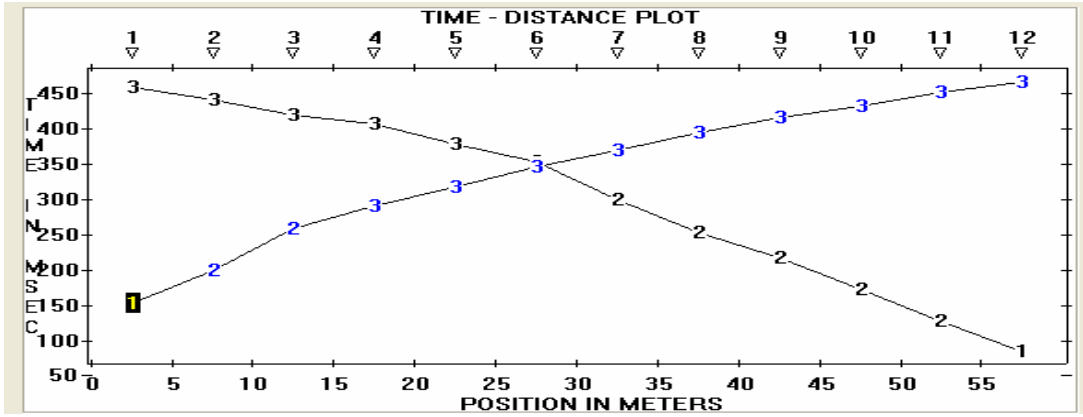


EK-3.(Devam)Vs ölçümleri sırasında elde edilen hız zaman grafikleri

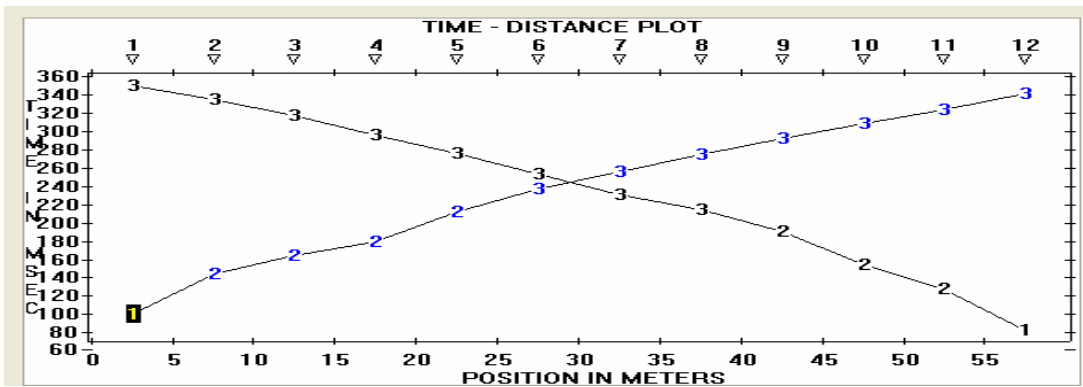
Odtü



Bilkent

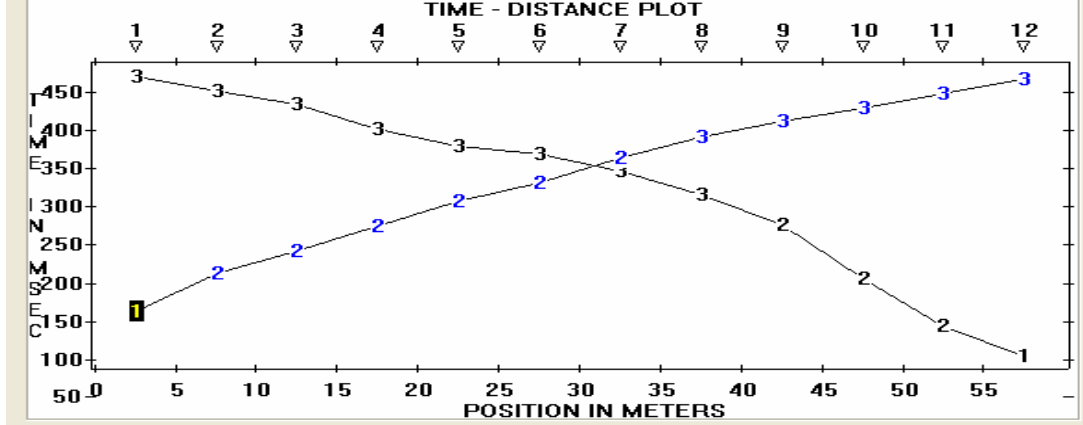


Tarım Bakanlığı Önü

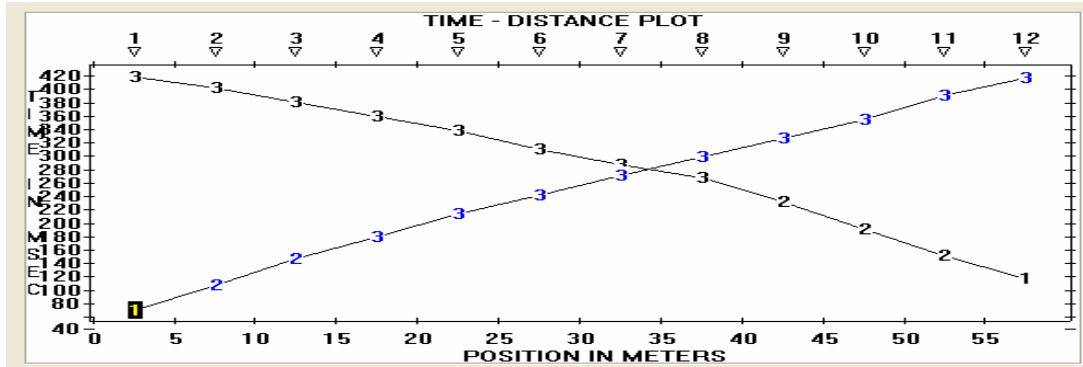


EK-3.(Devam)Vs ölçümleri sırasında elde edilen hız zaman grafikleri

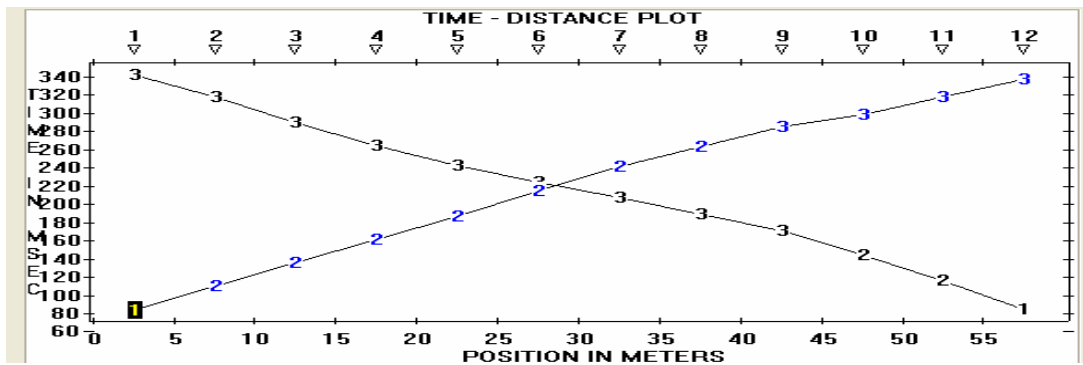
Hacettepe



Ümitköy

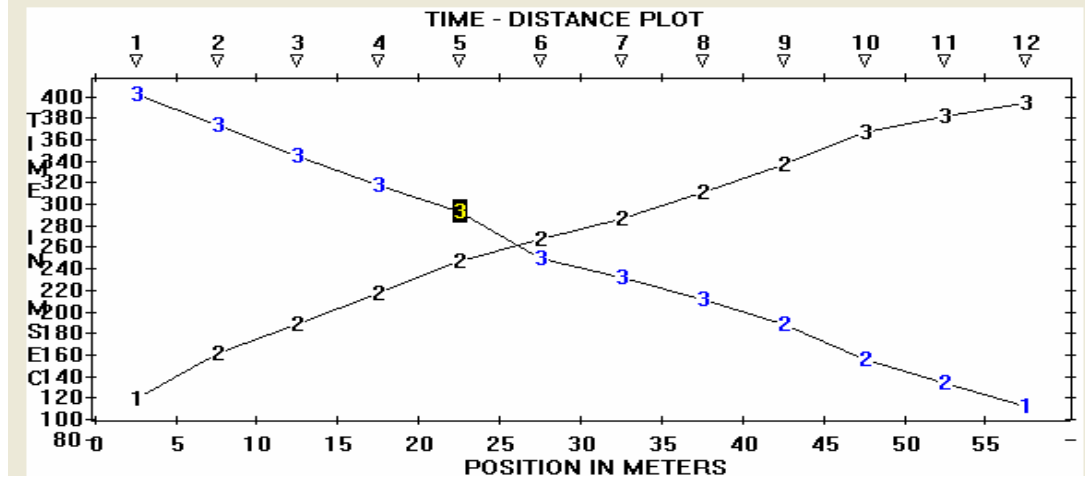


Çayyolu metrosu Son durak Öncesi

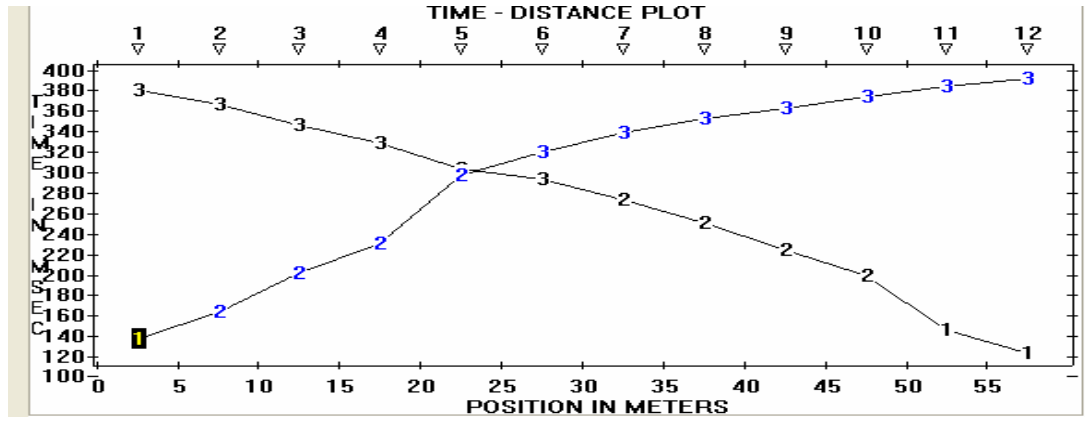


EK-3.(Devam)Vs ölçümleri sırasında elde edilen hız zaman grafikleri

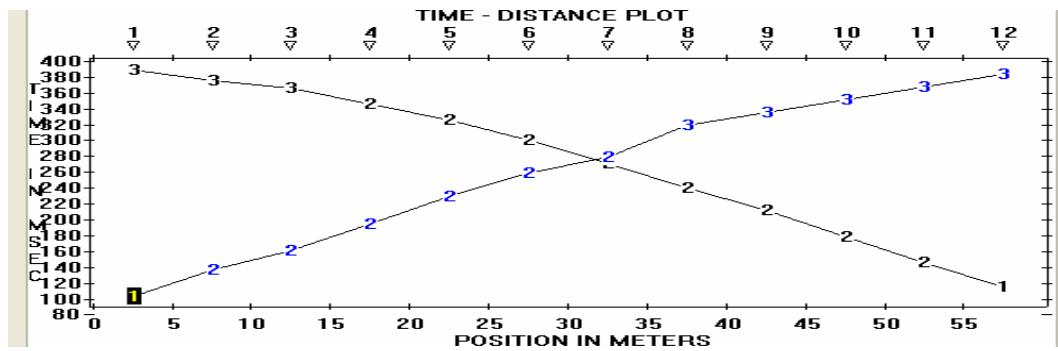
Çayyolu metrosu Son durak



İller Bankası

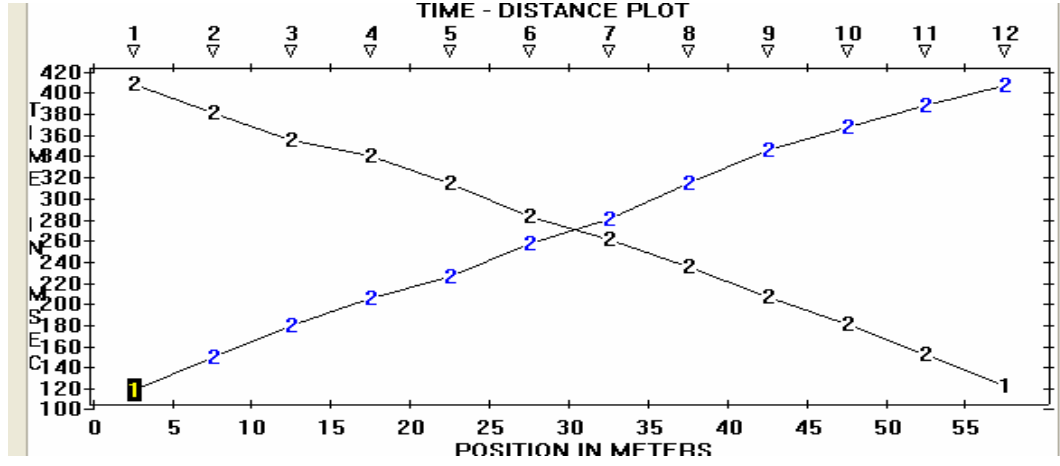


Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi



EK-3.(Devam)Vs ölçümleri sırasında elde edilen hız zaman grafikleri

Keçiören Migros



EK-5. Arazi Çalışmaları Fotoğrafları



EK-5.(Devam) Arazi Çalışmaları Fotoğrafları



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AYDIN, Kürşat
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 28.01.1968 Kırşehir
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (533) 420 75 89
Faks : 0 (312) 324 35 99
e-mail : kursataydin68@gmail.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /İM Bölümü	2010
Lisans	GÜ/ Mühendislik Mimarlık Fakültesi	1989
Lise	Ankara Lisesi	1985

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1990-1996	ASKİ Gn. Müd.	Mühendis
1996-2000	Kıbrıs Serbest Ticaret	İşveren
2000-.....	ASKİ Gn. Müd.	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce