



**ARHAVİ YÖRESİNDE ÇAYLIK VE FINDIKLIK ALANLARDAKİ TOPRAK
KAYMASI İÇERİĞİNİN YER RADAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

Caner SATIRAL

**Yüksek Lisans
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Doç. Dr. Mehmet YAVUZ**

2019

Artvin

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ARHAVİ YÖRESİNDE ÇAYLIK VE FINDIKLIK ALANLARDAKİ TOPRAK
KAYMASI İÇERİĞİNİN YER RADAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Caner SATIRAL

**Danışman
Doç. Dr. Mehmet YAVUZ**

Artvin 2019

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum ‘‘Arhavi Yöresinde çaylık ve Fındıklık Alanlardaki Toprak Kayması İçeriğinin Yer Radarı Yöntemiyle İncelenmesiARHAVİ YÖRESİNDE ÇAYLIK VE FINDIKLIK ALANLARDAKİ TOPRAK KAYMASI İÇERİĞİNİN YER RADAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Mehmet YAVUZ ‘un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri ve örnekleri kendim topladığımı, deneyleri ve analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. /09/2019

Caner SATIRAL
İmza

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ARHAVİ YÖRESİNDE ÇAYLIK VE FINDIKLIK ALANLARDAKİ TOPRAK
KAYMASI İÇERİĞİNİN YER RADAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

Caner SATIRAL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29/05/2019

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 21/06/2019

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet YAVUZ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Aysel ŞEREN

ONAY:

Bu Yüksek Lisans, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 21/06/2019 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../09/2019

Doç. Dr. Hilal TURGUT
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Arhavi Yöresinde Çaylık ve Fındıklık Alanlardaki Toprak Kayması İçeriğinin Yer Radarı Yöntemi ile İncelenmesi” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu araştırma için beni tezin başlangıcından son aşamasına kadar yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman hocam Doç. Dr. Mehmet YAVUZ’a teşekkürlerimi sunarım. Arazi ve laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımcı olan değerli hocam Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KÜÇÜK ile Arş. Gör. Can VATANDAŞDAR’a teşekkür ederim. Ayrıca drone ile havadan çekimleri yaparak teze katkıda bulunan Arhavi Belediyesi çalışanlarından Fatih ASILYAZICI’ya teşekkür ederim

Elde edilen Yeraltı Görüntüleme Radarı (GeoRadar) verilerinin analiz edilmesinde yardımlarını esirgemeyen KTÜ’den hocam Sayın Prof. Dr. Aysel ŞEREN’e, arazi çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen ve beni hiç yalnız bırakmayarak maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Nevin SATIRAL ve babam Cevdet SATIRAL sonsuz şükran ve minnetlerimi sunar, teşekkür ederim.

Bu çalışma Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü 2018.F10.02.04 nolu projesi kapsamında desteklenmiştir. Bu destekten ötürü Artvin Çoruh Üniversitesi ve Bilimsel Araştırma Projeleri yönetici ve çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Bu araştırma sonucunda Doğu Karadeniz Bölgesi içerisindeki çaylık alanlarda meydana gelen toprak kayması ve heyelanların Yeraltı Görüntüleme Radarı ile görüntülenerek fiziki ve hidrolojik açıdan hareketleri irdelenmiştir. Bulguların yöredeki çay işletmesi yapan arazi sahiplerine ve bilim camiasına faydalı olması dilekleriyle...

Caner SATIRAL
Artvin - 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ	I
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1 GİRİŞ	1
1.1 Heyelan	3
1.1.1 Heyelanların Sınıflandırılması	4
1.1.2 Heyelanı Tetikleyen Etmenler	5
1.1.3 Toprağın Fiziksel Özellikleri Ve Toprak Yüzeyinin Heyelana Etkileri	5
1.1.4 İnsan ve Heyelan.....	6
1.1.5 Dünyada Heyelan Kaynaklı Kayıplar	6
1.1.6 Türkiye’de Heyelan Kaynaklı Kayıplar.....	8
1.2 Çay Bitkisi	12
1.2.1 Çayın Bitkisel Özellikleri	12
1.2.2 Çay Bitkisinin Ekolojik İstekleri	14
1.2.3 Çayın Toprak İsteği	14
1.2.4 Çay Bitkisinin Heyelan Üzerine Etkisi	15
1.3 Yeraltı Görüntüleme Radarı	15
1.3.1 Yöntemin Tanımı	15
1.3.2 Yeraltı Görüntüleme Tekniğinin Tarihçesi	17
1.3.3 Yeraltı Radarının Kullanım Alanları	18
2 MATERYAL VE YÖNTEM	19
2.1 Materyal	19
2.2 Yöntem.....	20
2.2.1 Çalışma Alanı	20
2.2.2 Bitki Çeşitliliği.....	22

2.2.3	Jeolojik Bilgiler.....	24
2.3	Örnekleme Alanların Seçilmesi	26
2.4	Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizi	27
2.4.1	Toprak Tekstürü, pH, Organik Madde İçin Toprak Örneklerinin Alınması.....	27
2.4.2	Toprak Permeabilitesi için Toprak Örneklerinin Alınması	27
2.4.3	Toprak Analizleri	28
2.5	Toprak Permeabilite ve İnfiltrasyonu Analizi	32
2.5.1	İnfiltrasyon Analizi	32
2.5.2	Permeabilite Analizi	34
2.6	Yeraltı Görüntüleme Radarı (Georadar) ile Arazinin Taranması	35
2.6.1	Georadar Verisinin İşlenmesi	38
2.7	İstatistik Analizler	48
2.7.1	Toprak Özellikleri Normal Dağılım Analizi.....	48
2.7.2	Toprak Özellikleri Normal Dağılım Analizi (Logaritmik Değerler)	55
2.7.3	Yeraltı Görüntüleme Radarı Kil Derinlik Normal Dağılım Analizi	57
3	BULGULAR.....	62
3.1	Toprak Özellikleri ile İlgili Bulgular	62
3.1.1	Tekstür	62
3.1.2	Toprak Reaksiyonu (pH)	63
3.1.3	Organik Madde	64
3.1.4	Permeabilite ile İlgili Bulgular	66
3.1.5	İnfiltrasyon ile İlgili Bulgular	67
3.2	Yeraltı Görüntüleme Radarı ile ilgili bulgular	69
3.2.1	Fındıklık Alanı ile ilgili Bulgular	69
3.2.2	Çaylık Alan ile ilgili bulgular	76
3.2.3	Açıklık Alan ile İlgili Bulgular	82
3.2.4	Heyelan ile Kopan Alan.....	86
4	TARTIŞMA	94
4.1	Tarama Görüntülerinin Karşılaştırılması	94
4.2	Toprak Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	95
4.3	Toprak Özelliklerinin Yeraltı Görüntüleme Radarı Görüntülerine Etkisi	98
4.4	Tezde Karşılaşılan Zorluklar	99
5	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	100

EKLER	102
KAYNAKÇA	121
ÖZGEÇMİŞ	123



ÖZET

ARHAVİ YÖRESİNDE ÇAYLIK VE FINDIKLIK ALANLARDAKİ TOPRAK KAYMASI İÇERİĞİNİN YER RADAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Kısa süre içerisinde aşırı miktarda yağarak sel ve heyelan oluşmasına ve dolayısıyla büyük can ve mal kayıplarına sebep olan yağışlar dünyadaki iklim değişimi ile ilişkilendirilmektedir. Son zamanlarda özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaşanan heyelan olaylarının sayısı ve şiddetinde artışlar gözlenmektedir. Zaman zaman can kaybına da yol açabilen bu afetler genellikle çay tarımı yapılan eğimli arazilerde ya da çevresinde meydana gelmektedirler. Bu çalışma ile 2015-2019 yılları arasında Artvin ili Arhavi ilçesinde aşırı yağışların sebep olduğu çaylık alanlarda meydana gelen heyelanların sebepleri yeraltı görüntüleme radarı ile kullanılarak belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla Artvin İli Arhavi İlçesi Konaklı Köyü sınırları içerisindeki çaylık alanda 500 MHz ve 1.2 GHz antenlerle 11500 m² lik bir alan taranmıştır. Ayrıca çalışma alanında meydana gelen heyelanlı alanın etrafındaki bölgenin heyelan risk durumu incelenmiş yeraltı görüntüleme radarının heyelan risk faktörünü hangi düzeyde belirleyebildiği irdelenmiştir Çalışma alanında 2017 yılında meydana gelen heyelandan önce ve sonra yapılan GPR ölçümleri çalışma amacına ulaşmada çok önemli bir kanıt olmuştur. Ayrıca çay köklerin derinliği ve grid yapısı da yeraltı görüntüleme radarı görüntüleriyle incelenerek topraktaki durumu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: yeraltı görüntüleme radarı, GPR, heyelan, çay, orman sınırı

SUMMARY

INVESTIGATING SOIL CONTENT OF LANDSLIDES IN TEA AND HAZELNUT FARMS IN ARHAVI REGION (TURKEY) USING GROUND PENETRATING RADAR

Rainfall that causes excessive floods and landslides in a short period of time resulting in large floods and landslides are associated with climate change in the world. Recently, the number and intensity of landslide events in the Eastern Black Sea Region have increased. These disasters, which can sometimes cause loss of life, usually occur in or around sloping terraced fields. In this study, it was aimed to determine the soil content and reasons of landslides in Arhavi district of Artvin province by using Ground Penetrating Radar (GPR). For this purpose, an area of 11500 m² was scanned with 500 MHz and 1.2 GHz antennas in the tea area within the borders of Konaklı Village of Arhavi District of Artvin Province. In addition, the landslide risk situation of the area around the landslide area in the study area was examined and the level of the ground radar can be determined. In the study area, the GPR measurements performed before and after the landslide in 2017 have been a very important proof in achieving the purpose of study. In addition, the depth and grid structure of the tea roots were examined with ground radar images and their condition in the soil was observed.

Keywords: Ground Penetrating Radar (GPR), landslide, tea field, forest border

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Heyelanların sınıflandırılması (Novotný, 2013).....	4
Tablo 2. 2016 yılında meydana gelen heyelanlar (Ersoy ve ark., 2017)	7
Tablo 3. Doğu Karadeniz Bölgesinde meydana gelen heyelanlar (Yeni Akit Gazetesi, 2015)	10
Tablo 4. Yer Radarına ait antenler ve bu anten frekansları için yaklaşık derinlik aralıkları (Yer radarı yöntemi için ideal yeraltı koşullarında) (Demirkol Açıkgöz, 2008).....	16
Tablo 5. Bazı materyallerin özellikleri (Leckebusch, 2003).....	17
Tablo 6. Arhavi ilçesi yağış ve sıcaklık istatistiği (Anonim, 2019).....	22
Tablo 7. Organik Madde Sınıfları (OGM, 2019).....	31
Tablo 8. Toprak Reaksiyonu (pH) sınıfları (Namlı, 2012)	32
Tablo 9. İnfiltrasyon Sınıflandırılması (Scherer ve ark., 1996).....	34
Tablo 10. Permeabilite Sınıfları (Gupta, 2019)	35
Tablo 11. Toprak Özelliklerin Skewness ve Kurtosis Analizleri	48
Tablo 12. Toprak Özellikleri Normalite Testi	49
Tablo 13. Toprak Özellikleri Skewness ve Kurtosis Analizleri (Logaritmik Değerler)	55
Tablo 14. Toprak Özellikleri Normalite Testi (Logaritmik Değerler)	56
Tablo 15. Yeraltı Görüntüleme Radarı Kil Derinlik Verisi Skewness ve Kurtosis Değerleri	58
Tablo 16. Yeraltı Görüntüleme Radarı Kil Derinlik Verisi Normalite Testi	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Heyelana neden olan faktörler (ÇEM, 2016)	5
Şekil 2. Heyelan sebebiyle yaşanan can kayıpları (Ritchie ve Roser, 2019).....	7
Şekil 3. İller göre Türkiye’de meydana gelen heyelan olaylarının dağılımı (Gökçe ve ark., 2008).....	11
Şekil 4. İllere göre heyelan afetzedelerinin dağılımı (Gökçe ve ark., 2008).....	11
Şekil 5. Arhavi-Kireçlik Köyü'nde meydana gelen heyelanın görüntüsü.....	12
Şekil 6. Çay yaprağının görünümü (Yeditepe Sağlık Hizmetleri A.Ş, 2015)	13
Şekil 7. Gelişmekte olan sürgünün bir görünümü (Yeditepe Sağlık Hizmetleri A.Ş, 2015).....	13
Şekil 8. Yer radarı çalışma modeli (Kaplanvural, 2011).....	16
Şekil 9. Çalışma alanının havadan görünümü	21
Şekil 10. Arhavi ilçesi ortalama yağış ve ortalama sıcaklık grafiği (Anonim, 2019).....	22
Şekil 11.Thornwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Grafiği	22
Şekil 12. Çalışma alanı çevresindeki çay bahçelerinin görünümü	23
Şekil 13. Çalışma alanındaki fındık tarlasının görünümü	23
Şekil 14.Çalışma alanı alt kısmındaki kızılağaçların bulunduğu alan	24
Şekil 15. Bölgenin Jeoloji-ayırışma haritası (Aksoy, 2011)	25
Şekil 16. Bölgenin Heyelan Durumu (Aksoy, 2011).....	25
Şekil 17. Silindir içerisindeki suspansiyonlar.....	29
Şekil 18. Organik maddenin belirlenmesinde titrasyon aşaması	30
Şekil 19. pH ölçümü	32
Şekil 20. Toprak infiltrasyonunun belirlenmesi.....	33
Şekil 21. Özyuvacı (1976) tarafından geliştirilen alet.....	34
Şekil 22. Fındıklıklarda yeraltı görüntüleme radarı güzergâhı.....	36
Şekil 23. Çay ve boş alanda yeraltı görüntüleme radarı için belirlenen güzergâhlar	36
Şekil 24. Kopan heyelan bölgesi üzerinden alınan yeraltı görüntüleme radarı güzergâhları.....	37
Şekil 25. Georadar ile arazide veri alımı	38
Şekil 26. Veri işleme yazılımının import menüsü.....	39

Şekil 27. Ham verinin ilk görünümü	40
Şekil 28. Dewow işleminden önce	41
Şekil 29. Dewow İşlem Ekranı	41
Şekil 30. Dewow işleminden sonra	41
Şekil 31. Time cut işleminden önceki hali	42
Şekil 32. Time cut işlem parametreleri	42
Şekil 33. Time cut işleminde sonraki hali	42
Şekil 34. Move Starttime İşleminden Önce	43
Şekil 35. Move Starttime Parametreleri	43
Şekil 36. Move Starttime İşleminden Sonra	43
Şekil 37. Sinyallerin Tespiti	44
Şekil 38. Gain işleminden önce	45
Şekil 39. Gain işlem parametresi	45
Şekil 40. Gain işleminden sonra radar görüntüsü	45
Şekil 41. Background Removal işleminden önce	46
Şekil 42. Background Removal parametreleri	46
Şekil 43. Background Removal işleminden sonra	46
Şekil 44. Migration İşleminden Önce	47
Şekil 45. Migration Parametreleri	47
Şekil 46. Migration İşleminden Sonra	47
Şekil 47. Normalite Test Veri Giriş Ekranı	48
Şekil 48. Çay Arazisine ait Topraktaki Yüzde Kil Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	50
Şekil 49. Çay Arazisine ait Toprak Kil Değerlerine Ait Histogram	50
Şekil 50. Fındık Arazisine ait Topraktaki Yüzde Kil Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği ..	51
Şekil 51. Fındık Arazisi Toprak Kil Değerlerine Ait Histogram	51
Şekil 52.. Çay Arazisine ait Topraktaki Yüzde Kum Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği ..	51
Şekil 53. Çay Arazisi Toprak Kum Değerlerine Ait Histogram	51
Şekil 54.. Fındık Arazisine ait Topraktaki Yüzde Kum Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	51
Şekil 55. Fındık Arazisi Toprak Kum Değerlerine Ait Histogram	51
Şekil 56. Çay Arazisine ait Topraktaki Yüzde Toz Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	52
Şekil 57. Çay Arazisi Toprak Toz Değerlerine Ait Histogram	52
Şekil 58. Fındık Arazisine ait Topraktaki Yüzde Toz Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği ..	52

Şekil 59. Fındık Arazisi Toprak Toz Değerlerine Ait Histogram.....	52
Şekil 60. Çay Arazisine ait Topraktaki Yüzde Organik Madde Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	52
Şekil 61.Çay Arazisi Toprak Organik Madde Değerlerine Ait Histogram	52
Şekil 62. Fındık Arazisine ait Topraktaki Yüzde Organik Madde Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği.....	53
Şekil 63.Fındık Arazisi Toprak Organik Madde Değerlerine Ait Histogram	53
Şekil 64.Çay Arazisine ait Topraktaki pH Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	53
Şekil 65.Çay Arazisi Toprak pH Değerlerine Ait Histogram.....	53
Şekil 66.Fındık Arazisine ait Topraktaki pH Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	54
Şekil 67.Fındık Arazisi Toprak pH Değerlerine Ait Histogram.....	54
Şekil 68.Topraktaki İnfiltrasyon Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	54
Şekil 69.Toprak İnfiltrasyon Değerlerine Ait Histogram	54
Şekil 70. Topraktaki Permeabilite Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	54
Şekil 71.Toprak Permeabilite Değerlerine Ait Histogram.....	54
Şekil 72.Compute Variable Ekranı	55
Şekil 73.Çay Arazisine ait Topraktaki pH Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	56
Şekil 74.Çay Arazisi Toprak pH Değerlerine Ait Histogram.....	56
Şekil 75.Fındık Arazisine ait Topraktaki pH Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	57
Şekil 76.Fındık Arazisi Toprak pH Değerlerine Ait Histogram.....	57
Şekil 77. Topraktaki İnfiltrasyon Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	57
Şekil 78.Toprak İnfiltrasyon Değerlerine Ait Histogram	57
Şekil 79. Topraktaki Permeabilite Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	57
Şekil 80.Toprak Permeabilite Değerlerine Ait Histogram.....	57
Şekil 81.Yeraltı Görüntüleme Radarı Kil Derinlik Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği	58
Şekil 82.Yeraltı Görüntüleme Radarı Kil Derinlik Değerlerine Ait Histogram	58
Şekil 83. SPSS Bağımsız T Testi Yapılış Aşaması	59
Şekil 84.Bivarite korelasyon ekranı.....	60
Şekil 85.SPSS Mann Whitney U testi açılışı	61
Şekil 86.SPSS Mann Whitney U Testi Veri Giriş Ekranı	61
Şekil 87. Tekstür Değerleri	63
Şekil 88. Çay ve Fındık arazilerindeki toprak derinliklerine ait pH değerleri	64
Şekil 89. Çay ve Fındık arazilerindeki toprak derinliklerine ait Organik madde miktarı .	66

Şekil 90. Çay ve Fındık arazilerindeki toprak derinliklerine ait Permeabilite Değerleri ..	67
Şekil 91. İnfiltrasyon Değerleri (mm)	68
Şekil 92. İnfiltrasyon Kümülatif Toplam (mm)	68
Şekil 93.Fındık Alan Görünümü.....	71
Şekil 94. F1 Radar Hattı	72
Şekil 95. F2 Radar Hattı	73
Şekil 96.F3 Radar Hattı	74
Şekil 97.F4 Radar Hattı	75
Şekil 98. Çay Alanı.....	76
Şekil 99.C1 Radar Hattı.....	78
Şekil 100.C2 Radar Hattı.....	79
Şekil 101.C3 Radar Hattı.....	80
Şekil 102.C4 Radar Hattı.....	81
Şekil 103.Yol ve Cılız bitki örtüsü olan bölge (Heyelan Sonrası).....	82
Şekil 104.B1 Radar Hattı.....	84
Şekil 105.B2 Radar Hattı.....	85
Şekil 106.Heyelan ile Kopan Alan	86
Şekil 107.H1 Radar Hattı.....	88
Şekil 108.H2 Radar Hattı.....	89
Şekil 109.H3 Radar Hattı.....	90
Şekil 110.H5 Radar Hattı.....	91
Şekil 111.H6 Radar Hattı	92
Şekil 112.H7 Radar Hattı.....	93

KISALTMALAR DİZİNİ

- pH : Hidrojenin Gücü (Power of Hydrogen)
GPS : Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
SPSS : Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı (Statistical Package for the Social Sciences)
GPR : Zemine Nüfus Eden Radar (Ground Penetrating Radar)



1 GİRİŞ

Doğal afetler deyince ilk olarak akla gelen sel, yangın, fırtına ve heyelanlar olmaktadır. Dünyadaki 1900-2018 yılları arasında meydana gelen toplam 13212 adet büyük ölçekli doğal felaketlerin %37,54'ünü sel, %31,25'ini fırtına, %10,38'ini deprem, %5,50'sini kuraklık, %5,39'unu heyelan, %4,35'ini aşırı sıcaklıklar, %3,25'ini orman yangınları, %1,88'ini volkanik aktiviteler, %0,43'ünü toprak kaymaları (kuru) ve son olarak da Rusya'ya düşen meteorun sebep olduğu zararlar (%0,01) oluşturmaktadır (Ritchie & Roser, 2019). Normal şartlar altında yeryüzündeki arazilerde doğal bir denge durumu söz konusudur. Bu durumdaki arazilerde toprağın yapısı, içerdiği su miktarı ve yamaç eğimi arasında bir denge bulunmaktadır. Bu denge arazinin zaman içerisinde stabil olarak kalmasını sağlar. Ancak aşırı yağış, deprem, insan müdahalesi gibi bir takım ekstrem olaylar sonucunda bu denge durumu bozulabilmektedir. Özellikle eğimli arazilerdeki yol, ev ve benzeri yapıların tesisi için yamaca dışarıdan müdahale edilmesiyle birlikte toprak içindeki suyun farklı yönlere hareket ederek alt kısımda dengesizliğe yol açtığı bilinmektedir. Bu yüzden yamacın topuk kısmında yukarıdaki toprak kütlelerini tutacak bir direnç noktası olmadığından yerçekiminin etkisiyle kütle hareketleri meydana gelmektedir. Heyelanlar da genel anlamı ile bir kütle hareketi olup doğal dengenin bozulmasıyla ortaya çıkmaktadır. Toprak ya da kayalıklardaki bu dengeyi bozarak heyelanları tetikleyen en önemli etken yerçekimi kuvvetidir. Bu kuvveti takip eden diğer etkenler ise su basıncındaki değişiklikler, insan aktivitesi, jeolojik süreçler (deprem), jeomorfolojik süreçler, kanal erozyonu ve meteorolojik olaylar olarak sıralanabilir (Waltham, 2009).

Heyelanlar temel olarak ani kar erimeleri ve aşırı yağışlar ile birlikte yoğun sismik aktiviteler ya da bitki örtüsü tahribatı ile oluşabilmektedirler. Hareketin büyüklüğü ve hızı yamaç eğimi ve toprak içerisindeki su miktarı ile doğru orantılıdır (Henn ve ark., 2015). Buna ek olarak, toprak kütlelerinin hareket türünü belirleyen, hızını ve kayma derecesini azaltan veya artıran pek çok doğal ve antropojenik aktivite de söz konusudur. Heyelanlar, yıkım derecesine göre çok ciddi maddi ve manevi zararlara yol açabilirler. Heyelanların neden olduğu can kayıplarının, maddi tarafını tespit etmek neredeyse imkansızdır. Sadece

alt ve üst yapılarda maddi zararlara yol açan heyelanlarda bile doğrudan ya da dolaylı olarak parasal kayıpların değerlendirilmesi oldukça zordur (Demirbaş, 2008).

Yüksek yağış miktarları ve eğimli arazilerin bolluğu nedenleriyle Doğu Karadeniz bölgesinde, özellikle çay tarımı yapılan arazilerde sık sık heyelan görülmektedir. Örnek olarak w224 Ağustos 2015'te oluşan aşırı yağışlar sonrası sadece Artvin'in Hopa ilçesinde büyüklükleri 30 m² ile 18000 m² arasında değişen 1216 adet heyelan meydana gelmiştir. Yörede ayrıca resmi kurumlara bildirilmeyen çok sayıda heyelan da meydana gelmektedir. Bu heyelanlar 2B arazileri içerisinde meydana geldiğinden resmi raporlara yansımamaktadırlar. Doğu Karadeniz'deki bu arazilerde 10 yıllardır aktif olarak çay tarımı yapılmaktadır. Dolayısıyla buradaki heyelanları tetikleyen asıl unsurun çay bitkisi olduğu düşünülmektedir. Nitekim çay bitkisi köklerinin yağın yağmur sularını toprağın derinliklerine doğru hızlı bir şekilde ileterek toprak içerisindeki su miktarını arttırdığı bilinmektedir.

Türkiye'ye çay bitkisi ilk olarak 1897 yılında Japonya'dan getirilmiştir. Bursa ve yöresinde yetiştirilmeye çalışılan bu bitki bölgedeki iklim şartlarının elverişsiz olması nedeniyle başarılı olamamıştır. İkinci deneme Halkalı Ziraat Mektebi Alisi müdür vekili ve botanikçi Ali Rıza Erten tarafından 1924 yılında Rize'de yapılmış ve bu kez başarılı olunmuştur. Rize'de yapılan denemeler için TBMM'den özel izin alınmış ve bu bölgedeki çay bitkisi üretimi günümüze kadar süregelmiştir (Turan ve ark., 2015).

Doğu Karadeniz bölgesindeki çay bahçelerinde bitkilerin çok sık oluşu ve toprağın ıslaklığı yer altı katmanlarını incelemeye zorluklar yaratmaktadır. Bu zorlukları aşmak ve herhangi bir kazı yapmadan alanı inceleyebilmek için çeşitli uzaktan algılama yöntemleri mevcuttur. Sismik radar ve yeraltı görüntüleme radarı bu konudaki en işlevsel yöntemlerdendir.

Yeraltı görüntüleme radarı, yeraltının sığ katmanlarında yapılan araştırmalarda kullanılan jeofiziksel bir uzaktan algılama yöntemidir. Son otuz yılda elektronik alanında yaşanan gelişmeler, geçmişte çok zahmetli ve pahalı bir iş olan ışık hızı ölçümlerinin etkenliğini arttırmıştır (Sezer, 2010). Jeoteknik ve jeolojik araştırmalar, maden çalışmaları, otoyol ve asfaltta meydana gelen deformasyonların izlenmesi, arkeolojik alanda yapılan aramalar, güvenlik ve kriminal amaçlı kullanımlar, fay/kırık ve çatlaklarının haritalanması, kablo ve

boru güzergâhı belirleme çalışmaları yeraltı görüntüleme radarının kullanıldığı alanlardan bazılarıdır (Beyaz Özdemir, 2015).

Bu çalışmanın amacı; heyelan duyarlılık analizlerinde kullanılan bazı parametrelerin geleneksel yöntemlere nazaran daha kısa sürede ve az masrafla, güvenilir olarak belirlenmesidir. Bu amaçla; Türkiye’de en çok heyelan yaşanan illerden biri olan Artvin’deki çaylık arazilerde aktif yeraltı görüntüleme sistemlerinden GEORADAR’ın kullanım olanaklarının belirlenmesi hedeflenmiştir. GEORADAR ile ölçülüp ve haritalanması hedeflenen parametreler; toprak derinliği, kil yıkanma ve birikme zonları, yeraltı drenaj sistemi ve taban suyu yüksekliği, geçirimsiz tabaka başlangıç zonu ve toprak içindeki su miktarıdır. Söz konusu parametrelerin bölgedeki heyelanları tetikleyen en önemli faktörlerdendir. Çalışmanın sonunda yukarıda sıralanan parametrelerin sayısal olarak belirlenmesi ve haritalanması, ülkemizde gerçekleştirilen heyelan modelleme çalışmalarına önemli bir katkı oluşturacak ve onları daha yüksek doğruluğa ulaştıracaktır. Diğer taraftan, kullanılan yeni görüntüleme teknolojisi ile yapılan işin süresi kısalmaya ve maliyetler düşecektir. Bu durum, arazi planlama, kent ve afet yönetimi alanlarındaki karar vericilere büyük faydalar sağlayacak ve onların karar verme mekanizmalarını doğrudan etkileyecektir. Sonuç olarak bu çalışmanın, doğal afetlerle mücadelede daha aktif hareket edilmesine ve heyelan yüzünden ileride Türkiye’de yaşanabilecek can ve mal kayıplarının en aza indirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.1 Heyelan

Heyelanlar, genel olarak kütle hareketleri, meteorolojik süreçler ve insanlar tarafından yapılan çeşitli müdahalelerin etkisiyle yamaç dengesinin bozulmasıyla meydana gelmektedir. Kütle hareketlerinin temel nedeni yerçekimidir. İnsan müdahalesi ise kütle hareketini tetikleyen ve türünü belirleyen faktörlerdendir. Bunlarla birlikte kütle hareketinin kayma derecesini azaltan veya artıran, yamaç üzerindeki hareketin hızını belirleyen birden fazla etken ve zincirleme takip eden bir dizi olay da söz konusudur (Öztürk, 2002).

Eski heyelan alanları, ana drenaj ağları ve yakınları, yamaçların alt ve zirve kesimleri, eski dolgu şevlerinin taban ve üst kısımları heyelan potansiyeli açısından riskli alanlar olarak tanımlanmaktadır (Kuruoğlu ve ark., tarih eklenecek). Heyelanların

sınıflandırılması ise hareket tarzı ve malzemenin cinsine göre yapılmaktadır. Bu sınıflandırma bir sonraki bölümde anlatılmıştır.

1.1.1 Heyelanların Sınıflandırılması

Heyelanı tetikleyen unsurlar arazi yapısı ve yeryüzü şekline bağlı olarak değişmektedir. Arazide bulunan 3 farklı yapı yani toprak, moloz ve kayaya göre heyelanların alt sınıflara ayrılması mümkündür. Bu yapıların dışında göz önüne alınan unsurlar; hareketin tipi ve hızı, yaş, malzeme türü, alanın geometrisi, gelişme derecesi, kayma geometrisi ve jeolojik yapı arasındaki ilişkiler, etkinlik durumu, yer değiştirme durumudur. Söz konusu sınıflandırma Tablo 1’de verilmiştir (Turna, 2012; Novotný, 2013).

Tablo 1. Heyelanların sınıflandırılması (Novotný, 2013)

HAREKETİN TİPİ	MALZEMENİN TÜRÜ		
	KAYAÇLAR	ZEMİNLER	
		İri taneli	İnce Taneli
DÜŞME	Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Zemin Düşmesi
DEVİRİLME	Kaya Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Zemin Devrilmesi
Kayma	Dönel	Kaya Kayması	Moloz Kayması
	Yanal		
YAYILMA	Kaya Yayılması	Moloz Yayılması	Zemin Yayılması
AKMA	Kaya akması (Derin Krip)	Moloz Akması	Zemin Akması (Toprak Kribi)
KARIŞIK	İki veya daha fazla hareket türü		

1.1.2 Heyelanı Tetikleyen Etmenler

Heyelanı tetikleyen etmenler farklı kaynaklarda farklı şekillerde belirtilmektedir. Örneğin; ÇEM (2016)'ya göre heyelana neden olan faktörler Şekil 1'de görülebilir.



Şekil 1. Heyelana neden olan faktörler (ÇEM, 2016)

1.1.3 Toprağın Fiziksel Özellikleri Ve Toprak Yüzeyinin Heyelana Etkileri

Killi toprak yağmur damlalarının etkisiyle geçirimsiz hale gelir ve su için geçirimsiz bir tabaka oluşmasına sebep olur. Uzun yıllar kullanılan doğal olmayan kimyasal gübrelerin bilinçsiz ve aşırı dozda kullanımı toprak yüzeyinde geçirimsiz bir tabaka oluşturabilir (Turna, 2012).

Toprak nemi infiltrasyonu etkiler. Zengin toprak türleri ıslakken kil fraksiyonu ve diğer kolloidler ile şişecekleri için infiltrasyon kapasiteleri kuru hallerinden çok daha az miktarda olacaktır (Turna, 2012).

Toprak üzerinde doğada bulunan bitkilerinden gelen organik artıklar yani “ölü örtü” şiddetli yağışları rahat bir şekilde geçirebilecek infiltrasyon kapasitesine sahip olmakla birlikte toprağı erozyona karşı korur. Kendi ağırlığından dokuz kat daha fazla su

tutabilme kapasitesine sahip olan ölü örtü ve humus tabakası erozyona karşı doğal bir koruyucudur (Turna, 2012).

Toprak erozyonunda yamacın uzunluğu ve eğimi topoğrafik olarak önemli bir etken olarak kabul edilir. Doğu Karadeniz Bölgesinde erozyonun ve ayrıca heyelanın başlıca nedeni yamaç uzunluğu ve eğime ek olarak yağışın aşırı miktarlarda gerçekleşmesidir (Turna, 2012).

1.1.4 İnsan ve Heyelan

İnsan heyelana sebep olan ana etmenlerin başında gelmektedir. Yanlış arazi kullanımı, bilinçsiz tarım uygulamaları ve en önemlisi plansız yol inşaatları gibi faktörler heyelana sebebiyet vermektedir.

Heyelan uzun zaman içinde meydana gelen ve anlık kuvvetli yağışlardan sonra kısa sürede meydana gelen türleri vardır. Ne kadar kısa sürede de meydana gelse heyelan olmadan önce birtakım belirtiler görülür. Bu belirtiler aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

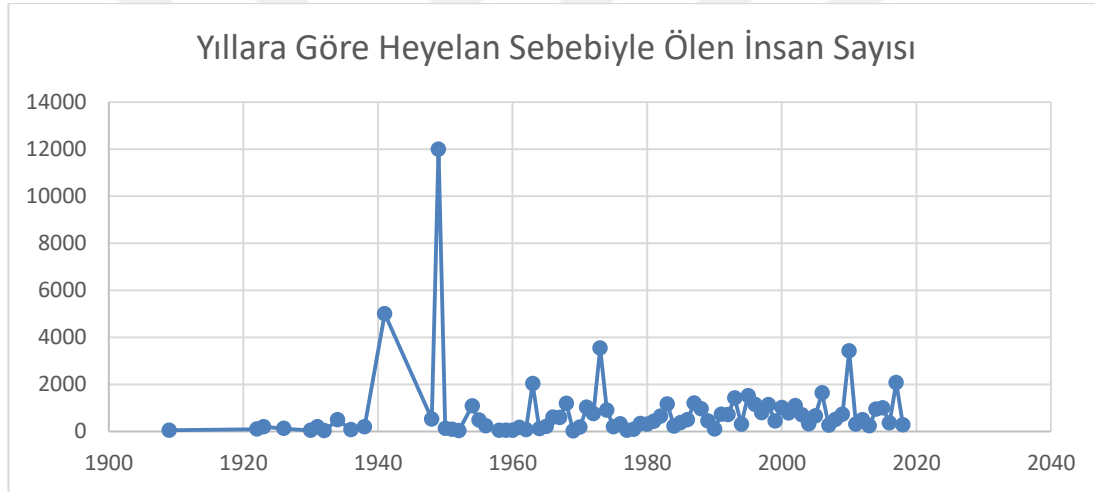
- Daha önceden tespit edilmiş sızıntı suları, su kaynakları ve suya doymuş zeminler,
 - Pencere ve kapı çerçevelerinde oluşan yamulmalar,
 - Gaz, su, kanalizasyon boruları gibi yeraltı yapılarının patlaması/kırılması,
 - Beton zemin ve temellerde çatlama,
 - Yollarda ve zemin kaldırım önceden belirlenmiş yeni kabarmalar ve çatlak oluşumları,
 - Bitki ve ağaç köklerinde, istinat duvarları ve/veya bahçe çitleri, telefon direklerinde meydana gelen eğilme/bükülme şeklinde gelişen konumsal bozulmalar,
 - Yapıların taşıyıcı sistemlerinde ve temellerinde meydana gelen çatlaklar
- (Kuruoğlu ve ark., tarih eklenecek).

1.1.5 Dünyada Heyelan Kaynaklı Kayıplar

Yukarıdaki başlıkta belirtilen unsurların gözlemlenmesinden sonra herhangi bir önlem alınmadığı durumlarda maddi ve özellikle manevi kayıplar yaşanmaktadır. Tarihte bunun ile ilgili birçok kötü deneyimler mevcuttur. Bazıları sadece maddi kayıplara sebep

olurken bazılarında maalesef can kayıpları da olmuştur. Geçmişten günümüze yaşanan can kayıpları Şekil 2’de yıllar itibariyle gösterilmiştir.

Sadece 2016 yılında Türkiye hariç olmak üzere dünya genelinde 34 büyük heyelan afeti yaşanmıştır. Yıl içerisinde gerçekleşen heyelanların sayısı daha fazladır ancak burada söylenen sayı kuvveti ve yıkıcı etkisi açısından belirli bir büyüklüğün üzerinde olanlardır. Yaşanan bu heyelanlardan binlerce insan etkilenmiştir. Bunların bir kısmı evlerini kaybederken, bir kısmı da yüksek miktarlarda ekonomik zarara uğramışlardır. Örneğin 2016’da Çin’de meydana gelen heyelan olayında 150’den fazla insan hayatını kaybetmiştir (Ersoy ve ark., 2017). Diğer önemli heyelan olayları ise Tablo 2’de sıralanmıştır.



Şekil 2. Heyelan sebebiyle yaşanan can kayıpları (Ritchie ve Roser, 2019)

Tablo 2. 2016 yılında meydana gelen heyelanlar (Ersoy ve ark., 2017)

Sıra	Tarih	Yer	Ölü Sayısı	Yaralı, Kayıp	Ekonomik Kayıp (ABD \$)	Düşünceler
1	12 Mart	Brezilya- São Paulo	18+	-	-	-
2	3 Nisan	Pakistan	23	-	-	Ön Muson yağışları, sel ve heyelanlar
3	8 Mayıs	Çin, Fucou	35	5	-	Hidroelektrik İnşaat sahası
4	8 Mayıs	Ruanda- Muhanga, Ngororero	Gakenke, Rubavu, 49	-	-	Şiddetli yağışlar, 500 ev toprak altında
5	14 Mayıs	Sri Lanka	104	-	-	500.000 insan etkilendi
6	9-16 Haziran	Çin	15	10	42 milyon	Aşırı yağışlar 30.000 kişiyi etkiledi
7	20 Haziran	Endonezya- Orta Java	46	-	-	Aşırı yağışlar
8	21 Haziran	Japonya, Kumamoto	4	-	-	Aşırı yağışlar
9	14 Temmuz	Çin, Guizhou	150+	-	-	Aşırı yağışlar
10	17-18 Temmuz	Hindistan	4	-	-	Muson yağmurları, sel, heyelan
11	25-27 Temmuz	Nepal	15	-	-	Yağış, sel ve heyelanlar
12	8 Ağustos	Meksika	40	200	-	Sel ve heyelan, 20.000 kişi tahliye
13	6 Eylül	Guatemala, Villa Nueva	9	-	-	Aşırı yağışlar, 9 ev yıkıldı
14	29 Eylül	Çin	32	-	-	Megi Tayfunu ve yağış
15	8 Ekim	Çin, Zheijang	18	9	-	20 ev yıkıldı
16	1 Aralık	Kolombiya	6	3	-	Aşırı yağışlarla Cali nehri taşı
17	15 Aralık	Endonezya, Sulawesi	2	-	-	Sel ve heyelan köprü yıkıldı,
18	20 Aralık	Vietnam	2	10	37,5 milyon	Aşırı yağışlar

1.1.6 Türkiye’de Heyelan Kaynaklı Kayıplar

Dünya genelinde meydana gelen kayıpların yanı sıra Türkiye’de de ağır kayıpların yaşandığı heyelanlar olmuştur. Bu heyelanların büyük çoğunluğu yağış miktarındaki fazlalıktan ve engebeli arazi yapısından meydana gelmiştir. Bu yüzden özellikle Doğu Karadeniz bölgesi Türkiye’de heyelandan en fazla mustarip olan bölgedir.

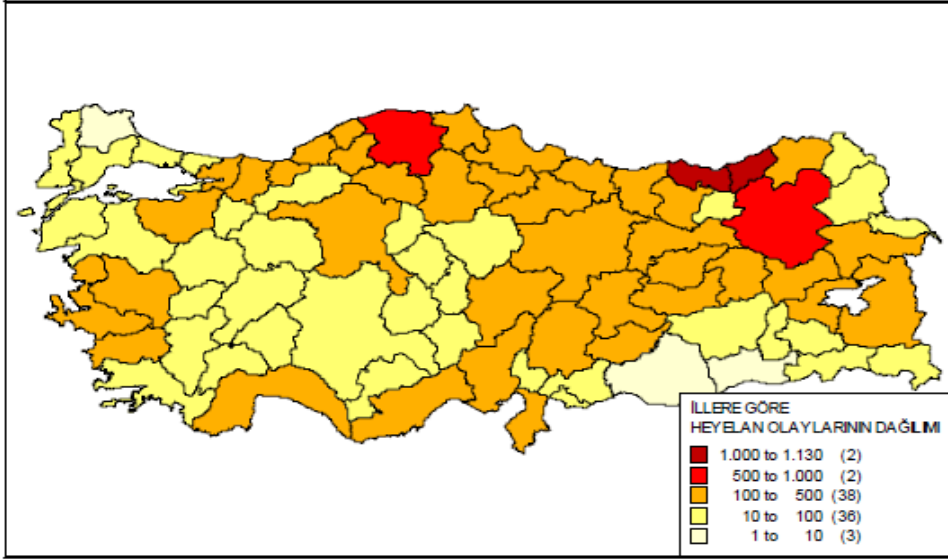
1929 Temmuz’unda Of-Sürmene’deki heyelanda tuf, lav ve aşınmış andezitin sürüklenmesi sonucunda Sürmene’de 9 kişi yaralanmış, 134 kişi ölmüş ve toplamda 2211 bina yıkılmıştır. 23 Haziran 1988 Çatak (Maçka) heyelanı ise Maçka ve Değirmendere Deresi’nin açtığı derin ve dik vadilerdeki bazik volkanitler ve tortul kayalardan ayrılan malzemelerden oluşmuştur. Bu heyelanda ortaya çıkan büyük maddi kayıp ile birlikte 64 kişi hayatını kaybetmiştir (Filiz ve Avcı, 2013).

Sera vadisinde 1950 yılında meydana gelen heyelanda vadinin tıkanması sonucunda uzunluğu ve genişliği 4 km olan 55 m derinliğinde bir gl oluşmuştur. Yine 21 Haziran 1988 Günü Maçka/atak bölgesinde meydana gelen şiddetli yağışla birlikte görülen heyelanda 65 kişinin ölmüş ve trilyonlara varan maddi hasar oluşmuştur. 13 Temmuz 1995 günü kütle hareketleri ile birlikte Senirkent (Isparta)'te meydana gelen çamur akıntısı sonucunda 74 kişi yaşamını yitirmiş, yüzlerce konut kullanılamaz hale gelmiştir (ztrk, 2002).

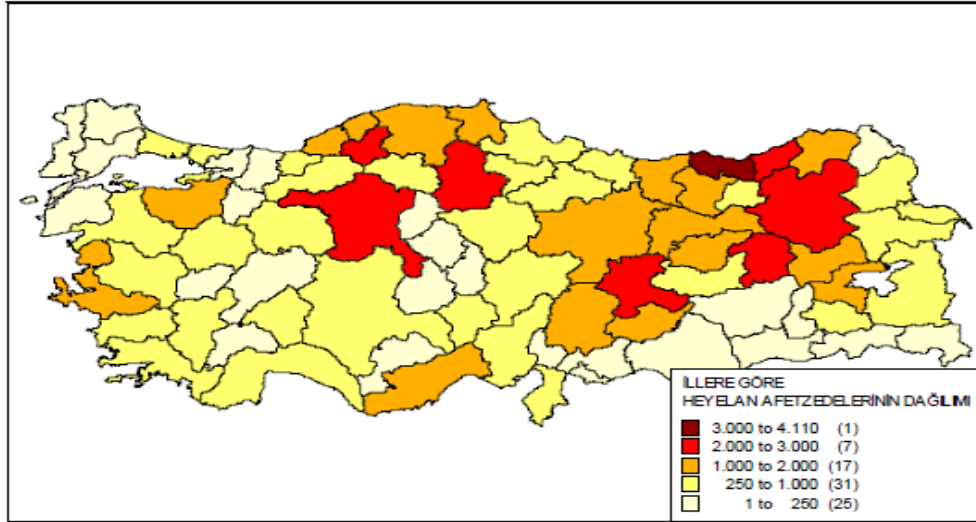
Son olarak 17 Mart 2005 tarihinde Sivas ili Koyulhisar İlçesi Sugözü Köyü'ne bağlı Kuzulu mahallesinde yaşanan kütle hareketi sonucunda 15 kişi yaşamını kaybetmiştir (Kuruoğlu ve ark., tarih eklenecek). Doğu Karadeniz bölgesinde geçmişten günümüze yaşanan önemli heyelan olayları Tablo 3'te sıralanmıştır. Türkiye'nin iller itibariyle yapılan heyelan dağılım haritası ve bu heyelanlardan etkilenen afetzedelerin yoğunlukları ise Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Doğu Karadeniz Bölgesinde meydana gelen heyelanlar (Yeni Akit Gazetesi, 2015)

YILI	YERİ	NEDENİ	ÖLÜ SAYISI
1929	Trabzon Of	Heyelan	146
1959	Tirebolu, Görele, Trabzon, Rize	Taşkın	13
1963	Trabzon Oksu	Taşkın	3
1963	Trabzon Akçaabat	Taşkın	2
1965	Giresun, Trabzon	Taşkın	2
1973	Rize, İyidere ve Hemşin	Taşkın	4
1973	Rize Güneysu, Kalkandere, Pazarköy	Heyelan	4
1974	Gümüşhane, Harşit	Taşkın	3
1977	Rize Pazar, Hemşin Deresi	Taşkın	6
1981	Rize Pazar	Sel	27
1982	Rize İkizdere	Heyelan	8
1983	Rize Pazar, Fındıklı	Taşkın	27
1985	Rize	Sel	10
1988	Rize, Pazar, Ardeşen, Fındıklı	Heyelan	3
1988	Trabzon Çatak	Heyelan	68
1990	Trabzon Değirmendere, Akçaabat, Söğütlü	Sel	57
1990	Rize Çamlıhemşin	Heyelan	51
1995	Rize Güneysu, Ardeşen, Pazar	Sel-Heyelan	9
1996	Trabzon Of	Taşkın	9
1997	Giresun	Taşkın	5
1998	Trabzon Sürmene, Beşköy	Sel-Heyelan	50
2001	Rize Taşlıdere Güneysu	Sel-Heyelan	10
2002	Rize Taşlıdere Güneysu Çayeli	Sel-Heyelan	34
2005	Rize İyidere, İkizdere	Sel	1
2005	Trabzon Of Solaklı Havzası	Sel	7
2005	Rize Çamlıhemşin, Çayeli	Sel	4
2005	Rize Taşlıdere	Taşkın	2
2005	Rize Veliköy	Taşkın	5
2005	Trabzon Hayrat	Heyelan	1
2006	Artvin Arhavi	Heyelan	1
2006	Giresun	Taşkın	2
2006	Rize Güneysu	Heyelan	3
2009	Rize Kalkandere	Heyelan	1
2009	Artvin Şavşat	Taşkın	5
2009	Ordu Perşembe	Heyelan	2
2009	Giresun Bulancak	Sel	1
2009	Ordu	Sel	2
2009	Giresun	Sel	1
2009	Artvin Şavşat	Sel	5
2009	Artvin Borçka	Taşkın	5
2009	Trabzon	Heyelan	2
2009	Trabzon	Sel	2
2010	Giresun Dereli	Sel	1
2010	Giresun Yağlıdere	Heyelan	2
2010	Rize Kalkandere	Sel	1
2010	Rize Gündoğdu	Sel-Taşkın- Heyelan	15
2010	Rize Gündoğdu	Sel	11
2011	Trabzon Sürmene	Heyelan	1
2012	Samsun	Sel	11
2013	Trabzon Yomra	Sel	2
2015 (24 Ağustos)	Artvin Hopa	Sel-Heyelan	8



Şekil 3. İller göre Türkiye’de meydana gelen heyelan olaylarının dağılımı (Gökçe ve ark., 2008)



Şekil 4. İllere göre heyelan afetzedelerinin dağılımı (Gökçe ve ark., 2008)

Bu tez çalışması kapsamındaki araştırma alanına oldukça yakın bir konumda bulunan Kireçlik Köyü’nde yaşanan aşırı yağışlar sonrasında büyük bir heyelan meydana gelmiş ve köydeki birçok ev boşaltılmıştır. Buradaki heyelanın yol açtığı zararların onarılması için yürütülen çalışmalar devam etmektedir. Söz konusu heyelanın harita üzerindeki görüntüsü Şekil 5’te gösterilmiştir.



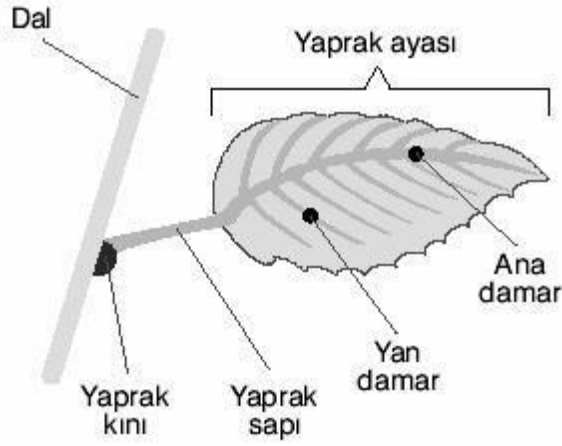
Şekil 5. Arhavi-Kireçlik Köyü'nde meydana gelen heyelanın görüntüsü

1.2 Çay Bitkisi

Çay (*Camellia sinensis*), çaygiller (*Theaceae*) familyasından nemli iklimlerde yetişen, tomurcuk ve yaprakları içeceklerin hammaddesi olarak kullanılan bir tarım bitkisidir. Anavatanı Güney ve Güneydoğu Asya olarak görünse de dünyanın çeşitli tropik ve subtropikal bölgelerinde de yetiştirilmektedir. Tarım amacıyla yetiştirilen bölgelerde en fazla 2 m'ye kadar boylanabilen her dem yeşil bir bitkidir. Serbest bırakıldığında ise 9 m'ye kadar boylanabilmektedir. Çay bitkisi kuvvetli bir ana köke sahiptir (Yeditepe Sağlık Hizmetleri A.Ş, 2015).

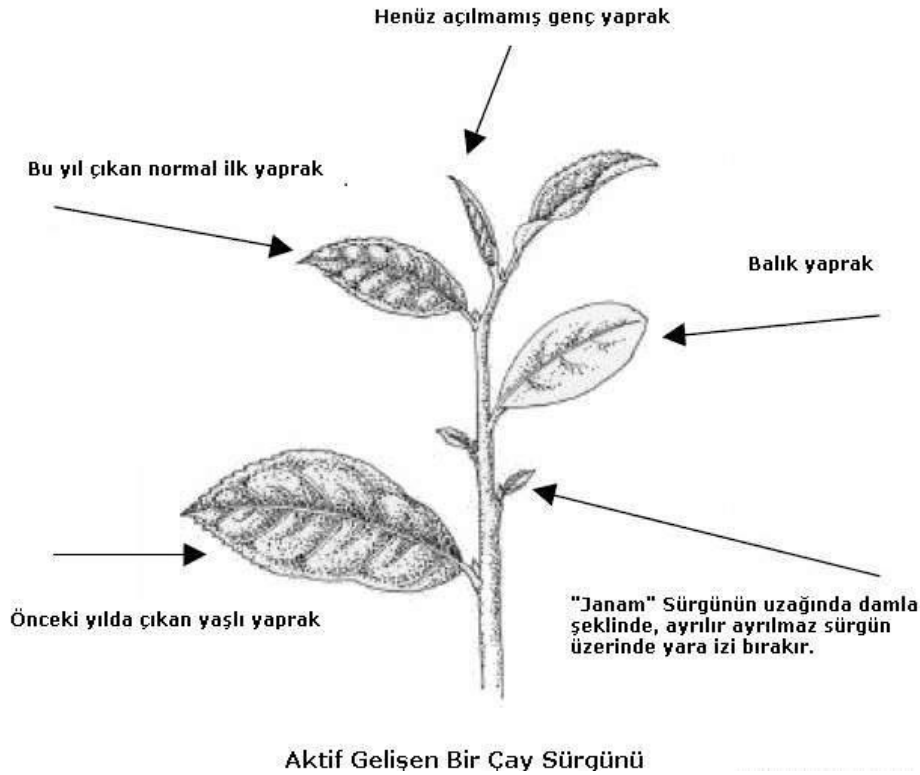
1.2.1 Çayın Bitkisel Özellikleri

Çayın kök, sürgün ve yaprak kısımları bulunmaktadır. Her dem yeşil, kısa bir sapa sahip olan yapraklar yumurta biçiminde uca doğru sivridir (Şekil 6). Boyları türden türe değişmek ile birlikte 3-35 cm aralığındadır. Yüzeyi kabarık ucu küt olan bazen de düz veya sivri (gagalı) şeklindeki çay yaprağının koyu yeşilden sarı yeşile kadar uzanabilen bir renk skalası vardır (Yeditepe Sağlık Hizmetleri A.Ş, 2015).



Şekil 6. Çay yaprağının görünümü (Yeditepe Sağlık Hizmetleri A.Ş, 2015)

Sürgünler, olgunlaşmış yaprakların alt tarafında bulunan odun gözlerinden meydana gelmektedir (Şekil 7). Aşağıdaki sürgün gözlerine göre üstün durumda olan ve dalların üst kısımlarında bulunan yaprak koltuklarındaki sürgün gözleri çay ocağı için büyük önem arz eder. Ancak üst kısımda gelişen filizin alınması veya koparılması ile büyüme üstünlüğü hemen bir altında gelişen tomurcuğa geçer (Yeditepe Sağlık Hizmetleri A.Ş, 2015).



Şekil 7. Gelişmekte olan sürgünün bir görünümü (Yeditepe Sağlık Hizmetleri A.Ş, 2015)

Çay bitkisi, bir kazık kök olarak gelişen ana kökten çıkan kuvvetli yan köklere ve bu yan kökler üzerinde daha çok sığ toprak yüzeyinde saçak köklere sahiptir. Bazı çeşitlerde yan köklerin de tıpkı kazık kökler gibi toprak derinliklerine gittikleri gözlemlenmiştir. Bitkiyi besleyen köklerin toplam ağırlığı genel kökün toplam ağırlığının %5'i kadardır. 1-2 mm'den kalın çaptaki köklerin hücrelerinde bol miktarda nişasta bulunmaktadır. Bitki budandığı zaman burada depolanan besin maddesi sayesinde gelişimini sağlar (Yeditepe Sağlık Hizmetleri A.Ş, 2015).

1.2.2 Çay Bitkisinin Ekolojik İstekleri

Genel olarak nemli ve ılıman bölgelerde yetişen çay bitkisi aşırı hava koşullarına dayanıklı değildir. Özellikle dona ve aşırı sıcakların bulunduğu bölgelerde yetiştirilmesi çok zordur ve doğal yayılım alanı değildir.

Isının 40 derecenin üstüne çıktığı ve sıfır derecenin altına düştüğü ve yıllık sıcaklık ortalamasının 14 derecenin altında olduğu bölgeler çay tarımına uygun olarak görülmemiştir. Çay; bol yağış isteyen bir bitki olup, gelişme döneminde yağışın en az 1200 mm olması gerekir. Yağışın sürekli ve yavaş olması arzu edilir. Nem de bol yağış kadar önemlidir. Ürünün tazeliğini koruyabilmesi için yüksek neme ihtiyaç vardır. Nem, özellikle çayın kalitesi üzerinde etkilidir. Nisbi nemin yıllık ortalamasının %70'in üzerinde olması idealdir. Drenajı iyi, organik maddece zengin, asidik ve yağışın bol olduğu ortamlarda gelişiminin iyi olduğu görülmüştür. Kök tüyleri çok ince olması sebebiyle kuraklığa dayanıklı değildir (Yeditepe Sağlık Hizmetleri A.Ş, 2015).

1.2.3 Çayın Toprak İsteği

Çay bitkisinin yetişmesi için 5,5-6 pH aralığı idealdir. Bitki besin maddelerince zengin ve geçirgenliği iyi olan derin toprakların çayın verimli bir şekilde yetişmesinde olumlu etkileri vardır. Killi, ağır ve geçirimsiz, taban suyu yüksek topraklarda ise çay gelişiminin yetersiz kaldığı tespit edilmiştir (Yeditepe Sağlık Hizmetleri A.Ş, 2015). Özellikle uzun süreler durgun suyun bulunduğu ve pH oranının 3,5 ve altına düştüğü bölgeler çay için elverişsiz alanlardır.

1.2.4 Çay Bitkisinin Heyelan Üzerine Etkisi

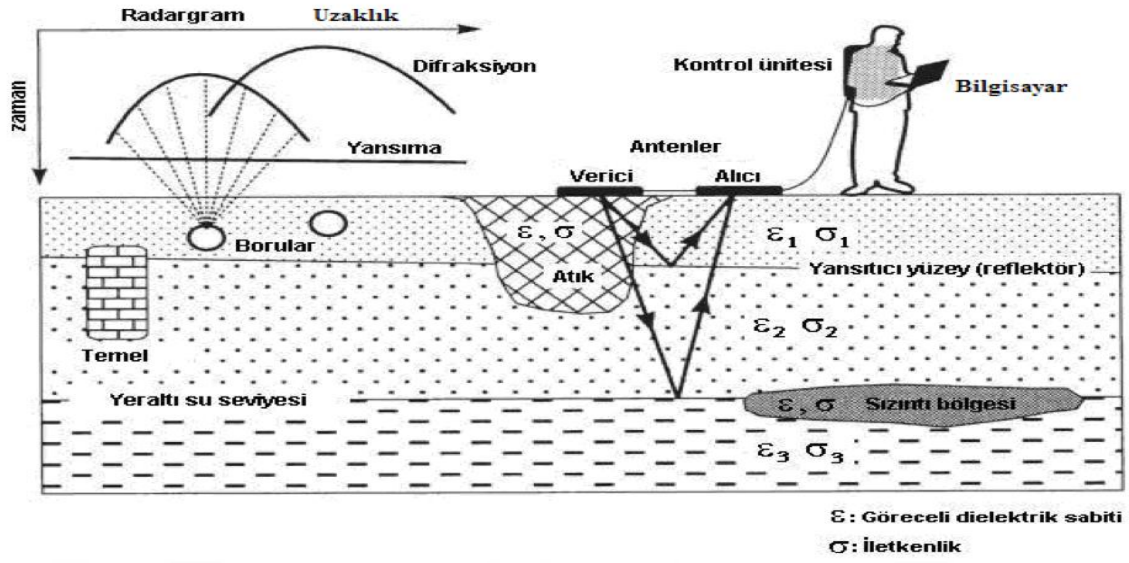
Heyelan üzerindeki insan faktörlerinden biri de orman arazilerinin izinsiz bir şekilde açılarak çay bahçelerine dönüştürülmesidir. Çayın aşırı eğimli arazilerde yetiştirilmeye çalışılması durumunda buradaki toprak derinliğinin çay kökü için yetersiz gelmesi heyelanı tetiklemektedir.

Heyelan riski toprak koruma yeteneği yüksek bitki örtüsünün, toprak koruma yeteneği zayıf olan türlerle değiştirilmesi neticesinde artmaktadır. Statik dengenin oluşmasına katkı sağlayan ormanlar, jeolojik olarak heyelana uygun yamaçları stabilize etmekte, yamacın hidrolojik ve hidrolik yapısını koruyarak heyelan oluşturma ihtimalini azaltmaktadır. Ancak orman örtüsünün yerine getirilen toprak koruma yeteneği zayıf türler dengeyi sağlayamadıkları gibi hidrolojik yapıyı da bozarak heyelana neden olmaktadır. Yüksek ve Kalay (2004) Rize'nin Pazar ilçesinde gerçekleştirdikleri çalışmada kızılgaç baltalıklarının tahrip edilerek çay plantasyonlarına dönüştürülmesi sonucunda erozyonun %149 arttığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada 11 Kasım 2001 tarihindeki heyelanın 10 dönüm büyüklüğündeki araziye zarar verdiği de raporlanmıştır. .

1.3 Yeraltı Görüntüleme Radarı

1.3.1 Yöntemin Tanımı

Yeraltı görüntüleme radarı yöntemi bir verici antenden yerin içerisine doğru gönderilen yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların yer altındaki farklı dielektrik özelliklere sahip sınırlardan yansıtılarak alıcı antene ulaşan elektromanyetik dalgaların kaydedilmesi prensibine dayanan bir jeofizik tekniktir. Bu işlemler sırasında herhangi bir delme, hendek açma veya zemin rahatsızlığı meydana gelmez. Yeraltının enine kesiti tamamen tahribatsız bir şekilde çıkarılmaktadır. Elektromanyetik dalganın yansıma ve iletme uğraması için yeraltında iki tarafı farklı dielektrik özellikteki kayalardan oluşan bir ara yüzeyin olması gerekmektedir. Çözünürlüğü yüksek bir yöntem olan yeraltı görüntüleme radarı en çok yer altının sığ kesimlerinin araştırılmasında tercih edilmektedir. Ayrıca yere nüfuz eden radar (GPR) profilleri, gömülü nesnelerin yerini ve derinliğini değerlendirmek ve doğal yeraltı koşullarının ve özelliklerinin varlığını araştırmak için kullanılır (Kaplanvural, 2011; Pm Prestij ve Pm Deniz, 2008).



Şekil 8. Yer radarı çalışma modeli (Kaplanvural, 2011)

Bu yöntemde belli aralıkta kullanılan antenler mevcuttur (Şekil 8). Bunlar 10 MHz den başlar birkaç GHz'e kadar gider. Daha ileri seviye antenler de bulunmaktadır. Yeraltına gönderilen sinyal, zamanyla birlikte kaydedilir. Yansımayla sığ derinliklerden kaydedilen sinyaller "radargram" olarak adlandırılır (Kaplanvural, 2011). Çalışma ortamında bulunan toprak türünün sinyalin inebileceği derinlik üzerinde büyük bir etkisi vardır. Elektrik direnci düşük yapıda olan toprak türleri üzerinde yapılan bir çalışmada sinyal daha derinlere inebilmekte iken kil içeriği yüksek olan toprak türlerinde ise daha yüzeysel veriler elde edilebilmiştir. Bu farklılıktan yararlanılarak su yapıları tespit edilebilir. Bu durumun sebebi yer altı suyunun bulunduğu yerin etrafında geçirimsiz bir tabaka bulunması ve bu tabakanın altına sinyalin inememesidir.

Tablo 4. Yer Radarına ait antenler ve bu anten frekansları için yaklaşık derinlik aralıkları (Yer radarı yöntemi için ideal yeraltı koşullarında) (Demirkol Açıköz, 2008)

ANTEN FREKANSI (MHZ)	HEDEF BOYUTUNUN ALT LİMİTİ (M)	NESNE YAKLAŞIK DERİNLİK ARALIĞI* (M)	YAKLAŞIK MAXİMUM PENETRASYON DERİNLİĞİ (M)
25	1	5-30	35-60
50	0.5	5-20	20-30
100	0.1-1	2-15	15-25
250	0.005-0.	1-10	5-15
500	0.04	1-5	3-10
800	0.02	0.4-2	1-6
1000	0.01	0.05-2	0.5-4

Tablo 5. Bazı materyallerin özellikleri (Leckebusch, 2003)

Madde	ϵ_r	V (mns ⁻¹)	σ (mSm ⁻¹)	α (dBm ⁻¹)
Hava	1	0,3	0	0
Tuzlu su	81-88	0,033	3000	600
Tatlı su	80	0,033	0,5	0,1
Granit (kuru)	5	0,13	0,01	0,01
Kum (kuru)	5	0,13	0,01	0,01
Kil (ıslak)	10	0,095	500	300
Kumlu toprak (kuru)	2,6	0,19	1,4	1
Kumlu toprak (ıslak)	25	0,06	69	23
Killi toprak (kuru)	2,5	0,19	2,7	3
Killi toprak (ıslak)	19	0,07	500	200
Gösel çökel	50	0,04	-	-
Sualtında bulunan kültürel tabaka	70	0,04	-	-

Yukarıda değerlerde de görüldüğü üzere kil içeriğinin değeri özellikle su ile birlikte çok yüksek olması sinyal sönümlenmesi daha yüksek olmasına sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak görüntüde diğerlerinden daha belirgin bir renk tonunda gözükmektedir.

1.3.2 Yeraltı Görüntüleme Tekniğinin Tarihçesi

Yeraltı Görüntüleme Radarı ya da genel olarak bilinen adıyla GPR (Ground Penetrating Radar), yeraltının derin olmayan tabakalarının (ilk 0-40 metre) incelenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Son otuz yılda elektronik endüstrisinde meydana gelen inanılmaz gelişmeler, bir zamanlarda yapılması zahmetli ve maliyetli bir iş olan ışık hızı ölçümlerini son derece ucuz ve pratik bir hale getirmiştir. 1970'li yıllarda yapılan zaman ölçümleri milisaniye (10^{-3} s) duyarlılıklıdaiken, 1980'li yıllarda mikro saniye (10^{-6} s), 1990'lı yıllarda ise nanosaniye (10^{-9} s) duyarlılığa ulaşmıştır. Elektronikteki yaşanan bu gelişmelerle beraber, yeraltında da yaklaşık ışık hızında bir süratle hareket eden elektromanyetik dalgaların yolculuk sürelerinin nanosaniye seviyesinde ölçülebilmesi, sığ

jeofizik görüntüleme yöntemlerine çok büyük katkılarda bulunmuştur. Yukarıda bahsedilen gelişmeler sayesinde yeraltı görüntüleme radarı sistemi gelişmiştir (Sarıççek, 2014).

Yer radarının bilinen ilk kullanımı Avustralya'da 1929 yılında buzul alanda buzun kalınlığını ölçmek için kullanılmıştır (Stern, 1929). Aradan geçen uzun bir süre bu konuda çalışma yapılmamıştır. Bu uzun sürenin ardından 1950'lerin sonlarına doğru, A.B.D. Hava Kuvvetleri'ne ait uçakların buzullara çarpması sebebiyle 1960 yılında John C. Cook bu konuyu tekrar gündeme getirmiştir. Cook, makalesiyle radar kullanımı ile yer altındaki yansıtıcıları gün yüzüne çıkarmayı teklif eden ilk araştırmacıdır. Cook ve arkadaşları, radar sistemlerinin gelişimini sürdürerek yeraltının yansıma dalgalarıyla ortaya çıkarılmasını sağlamışlardır (Demirkol Açıkgöz, 2008).

Arkeoloji alanındaki araştırmacılar, gömülü arkeolojik özelliklerin ve ilişkili tortu ve toprak katmanlarının haritalandırılması için GPR teknolojisini kullanmaktadırlar. Arkeolojinin ilk uygulamalarından biri New Mexico, Chaco Kanyonu'nda yapılmıştır (Vickers ve Dolphin, 1975). Daha sonra yaşanan teknolojik gelişmelerle birlikte yeraltı görüntüleme radarı verilerinin üç boyutlu görülmesi de mümkün hale gelmiştir (Smemoe, 2000). Brewster ve Annan (1994), Birken ve Versteeg (2000) ilk kez yeraltı görüntüleme radarı sonuçlarını üç boyutlu olarak görüntüleyenler arasında yer almaktadır (Demirkol Açıkgöz, 2008).

1.3.3 Yeraltı Radarının Kullanım Alanları

Günümüzde yeraltı görüntüleme radarı ile bölgede herhangi bir kazı çalışması veya sondaj çalışması yapılmadan ön inceleme yapılabilmektedir. Bu sebeple birçok alanda yeraltı görüntüleme radarının kullanımını görmemiz mümkündür. GPR sistemi arkeoloji ve antik kalıntılarda, buz kalınlığının araştırılmasında, biyoloji ve biyofizik alanlarında, adli tıpta, jeoteknik araştırmalarda, yer altı suyu araştırmalarında, inşaatlarda, çevresel etkilerde ve çevresel görüntüleme, köprü çözümlerinin belirlenmesinde, kara mayınları araştırılmasında, mezar yeri araştırmalarında, alt yapı incelemelerinde, maden aramalarında, tünel aramalarında, tarım alanında, karstik yapıların bulunmasında, sedimantolojik yapıların incelenmesinde, volkanik hareketlerin araştırılmasında, atık borularının konumları ve geçtikleri yerlerin tespitinde, göl ve nehirlerin don kırıklarının

araştırılmasında, karayolları, havaalanları, demiryolları ve kaldırımlarda, yer altı boşluklarının taranmasında ve mermer ocaklarındaki kırık-çatlak sistemlerinin araştırılmasında sık sık kullanılmaktadır (Demirkol Açıköz, 2008).

Görüldüğü gibi GPR'nin kullanım alanları oldukça geniştir. Bu tez çalışması ile bu alanlara heyelan araştırmaları eklenmiş olacaktır.

2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Bu tez çalışmasının ana materyalleri; MALA firmasına ait ProEx yeraltı görüntüleme radarı ve 500 MHz korumalı antendir. Her iki cihaz da İsveç'te üretilmiştir (MALÂ ProEx, 2012). Bu cihazlarla alınan yorumlanabilmesi için REFLEXW yazılımı kullanılmıştır.

Yeraltı görüntüleme radarı ile ölçülen mesafelerin kontrolü çelik metre ile yapılmıştır. Toprak örnekleme yapılacak noktaların koordinat verileri ise Garmin el GPS'i ile kaydedilmiştir.

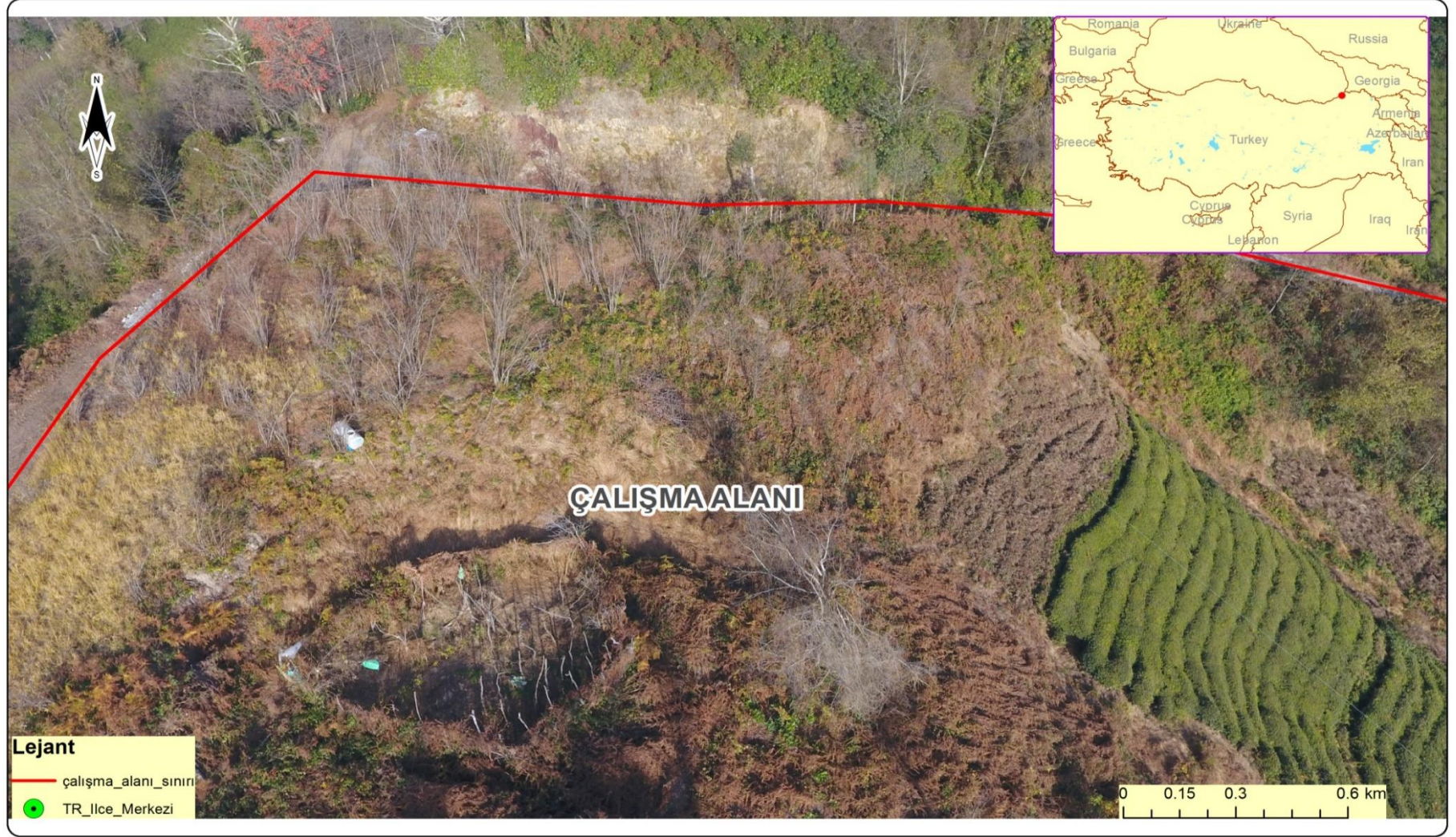
Bu tez çalışması kapsamında ayrıca çeşitli toprak özelliklerine ait analizler de gerçekleştirilmiştir. Bunlardan infiltrasyonun tespiti krom silindirler yardımıyla yapılmıştır. Toprağın tekstür özelliklerinin analizinde ise mikser, termometre, cam beherler (400 ml'lik ve 1200 ml'lik), hassas terazi, hesap makinesi, etüv, pipet, karıştırma çubuğu, saat, piset ve Bouyoucos hidrometresi kullanılmıştır. Toprağın organik madde içeriğini belirlemek için kullanılan materyaller; erlen (500 ml geniş ağızlı), ölçü silindiri (50 ml ve 250 ml), asbest tabaka, filtre kâğıdı, fırın, eksikatör, ölçü balonu (1000 ml) ve titrasyon masası, büret (25 ml kapasiteli ve 0,1 ml bölmeli) kullanılmıştır.

İstatistik analizler ise SPSS v.24 programında gerçekleştirilmiştir (IBM, 2016).

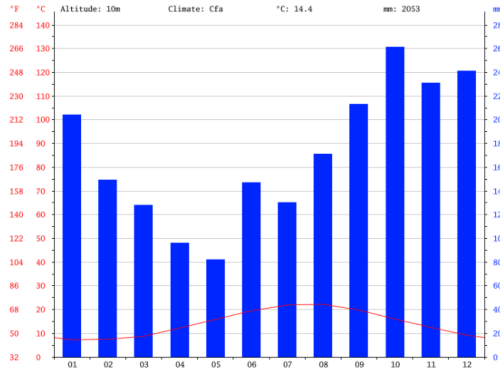
2.2 Yöntem

2.2.1 Çalışma Alanı

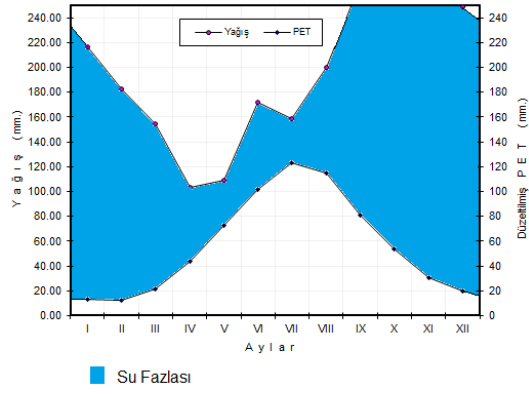
Çalışma alanı Artvin İlinin Arhavi İlçesi Konaklı Köyü sınırları içerisinde yer almakta olup $41^{\circ}20'57''$ kuzey enlemi ve $41^{\circ}18'25''$ Doğu boylamı arasında yer almaktadır. Tipik Doğu Karadeniz ikliminin hâkim olduğu (yazları sıcak, kışları ılık) çalışma alanının ortalama yıllık sıcaklığı 14.4°C 'dir. En yüksek sıcaklığın görüldüğü ay Ağustos (22.2°C), en düşük sıcaklığın görüldüğü ay ise Ocaktır (7.2°C). Bölgeye düşen ortalama yıllık yağış 2053 mm 'dir. Bu miktar Arhavi'yi Türkiye'nin en fazla yağış alan ikinci bölgesi yapmaktadır. Mayıs ayı ortalama 82 mm yağışla yılın en kurak ayı, Ekim ayı ise ortalama 261 mm yağış ile en yağışlı ay olarak meteorolojik kayıtlara geçmiştir. Yılın en kurak ve en yağışlı ayları arasındaki yağış miktarı 179 mm (Şekil 10), yıl boyunca ortalama sıcaklık ise 15°C dolaylarında değişim göstermektedir (Tablo 6) (Anonim, 2019). Her mevsimde yağış görülen bölgedeki nem oranının yüksekliği bitki örtüsü yoğunluğunu ve çeşitliliğini artırmıştır. İklim şartlarının çay, fındık, mısır, turunçgiller ve kivi yetiştiriciliğine elverişli olmasına rağmen yöre halkı tarafından en çok tercih edilen ve yetiştirilen tarım ürünü çay ve fındıktır (Karşlı, 2009).



Şekil 9. Çalışma alanının havadan görünümü



Şekil 10. Arhavi ilçesi ortalama yağış ve ortalama sıcaklık grafiği (Anonim, 2019)



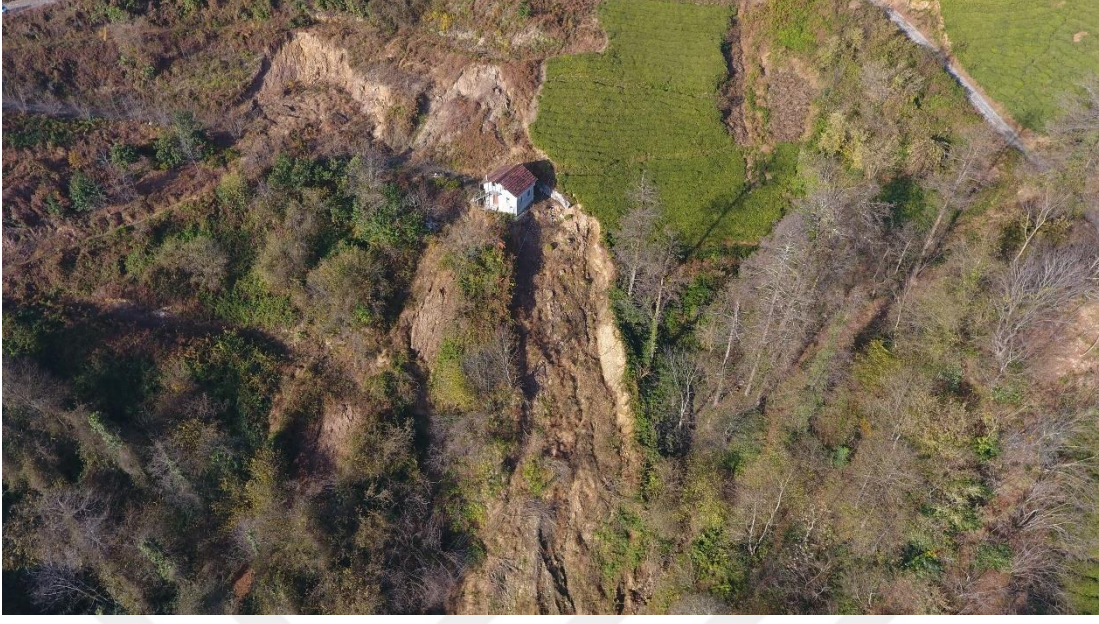
Şekil 11. Thornwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Grafiği

Tablo 6. Arhavi ilçesi yağış ve sıcaklık istatistiği (Anonim, 2019)

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature (°C)	7.2	7.5	8.7	12.2	15.8	19.5	21.9	22.2	19.8	16	12.5	9.2
Min. Temperature (°C)	3.8	4	4.7	8.1	11.9	15.4	18.4	18.6	15.7	11.7	8.5	5.5
Max. Temperature (°C)	10.6	11.1	12.7	16.4	19.7	23.7	25.5	25.9	23.9	20.3	16.5	13
Avg. Temperature (°F)	45.0	45.5	47.7	54.0	60.4	67.1	71.4	72.0	67.6	60.8	54.5	48.6
Min. Temperature (°F)	38.8	39.2	40.5	46.6	53.4	59.7	65.1	65.5	60.3	53.1	47.3	41.9
Max. Temperature (°F)	51.1	52.0	54.9	61.5	67.5	74.7	77.9	78.8	75.0	68.5	61.7	55.4
Precipitation / Rainfall (mm)	204	149	128	96	82	147	130	171	213	261	231	241

2.2.2 Bitki Çeşitliliği

Araştırma alanının doğusunda yaklaşık olarak 2500 m²'lik bir alanda çay bitkisi mevcuttur. Bunun yanı sıra etrafında eğrelti otu vb. tek yıllık yabancı otlar mevcuttur (Şekil 12). Çalışma alanının üst kısmında yaklaşık 1100 m² büyüklüğünde fındıklık mevcut olup bu bölgenin de çevresinde ve tarla içerisinde az miktarda da olsa yabancı otlar mevcuttur (Şekil 13). Ayrıca çalışma alanının alt sınırında kızılbaşların bulunduğu ve fındık tarlasının üst tarafında da tek tük sarıçam, orman gülü ve diğer orman ağaçlarının bulunduğu bir alan mevcuttur (Şekil 14).



Şekil 12. Çalışma alanı çevresindeki çay bahçelerinin görünümü



Şekil 13. Çalışma alanındaki fındık tarlasının görünümü

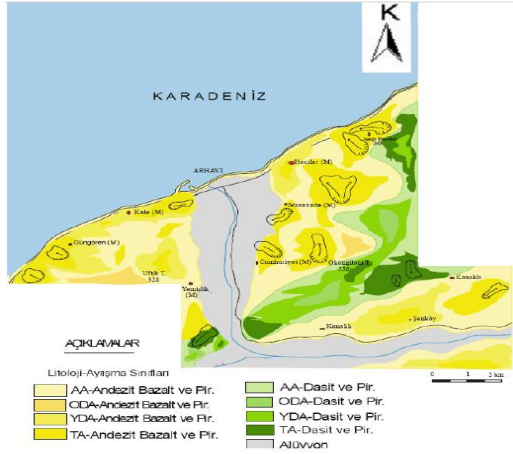


Şekil 14.Çalışma alanı alt kısmındaki kızılâğaçların bulunduğu alan

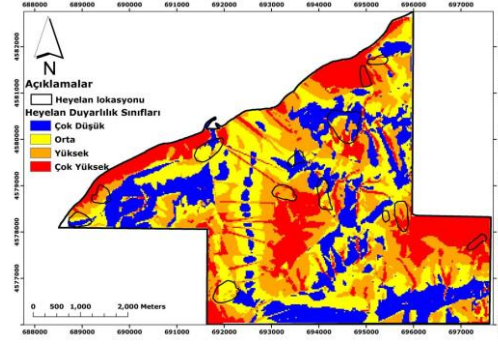
2.2.3 Jeolojik Bilgiler

Çalışma alanı jeolojik olarak phodope–pontide fragmen’de Rodop-Pontid parçasının kuzey zonunun temel özelliklerini yansıtır (Şengör ve ark., 2003). Araştırma alanının içerisinde bulunduğu Arhavi ilçesinin büyük bir kısmını volkanik (tüf, aglomera) kökenli kayaların oluşturduğu, geri kalan kısmının ise volkanitlerle yer yer uyumlu yüzeylenen tortul kayalardan oluştuğu anlaşılmaktadır. Yüzeylenen litostratigrafik bölümler yaşlı birimden genç birime doğru; Kızılkaya Formasyonu (Santoniyen-Kampaniyen), Çağlayan Formasyonu (Kampaniyen-Mestişiyen) ve alüvyon ve yamaç döküntüleri (Kuvaterner) şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 15) (Aksoy, 2011).

Çalışma alanının toprak yapısını oluşturan bu jeolojik formasyonların özellikleri heyelan sebeplerini açıklamada önemli bir yere sahip olup söz konusu formasyonlara ilişkin detaylı bilgiler bir sonraki bölümde açıklanmıştır.



Şekil 15. Bölgenin Jeoloji-ayrışma haritası (Aksoy, 2011)



Şekil 16. Bölgenin Heyelan Durumu (Aksoy, 2011)

2.2.3.1 Kızılkaya Formasyonu

Giresun ili Espiye ilçesinin güneyinde yer alan Kızılkaya yöresinde tipik olarak yüzeylenen riyodasit-dasitik lav ve proklastları ilk kez Güven (1993) tarafından Kızılkaya formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bu formasyonun Doğu Karadeniz Bölgesinin 1 / 250 000 ölçekli jeoloji haritasında da yer almaktadır.

Kızılkaya formasyonundaki lavlarda yer yer akıntılı (flüvdal) yapılar veya kolonlu yapılar gözlemlenir. Hidrotermal gelişmeler sonucu sülfürlü mineralizasyon oluşumları ve buna bağlı olarak da yan kayaçlarda ara ara silisleşme, serizitleşme ve killeşme gibi hidrotermal ayrışmalar mevcuttur. Riyodasitik-dasitik karakterli lav ve proklastlarından oluşan formasyon gri beyaz renklidir. Çatak formasyonunun üzerine uyumlu olan bazik volkano-tortul karakterli Kızılkaya formasyonu, yine bazik volkano-tortul karakterli Çağlayan formasyonu ile de uyumlu olarak üst üste oluşur ve kalınlığı yaklaşık olarak 400 m kadardır.

Artvin ili kuzeyi, batısı, güneydoğu ve güneybatı yöreleri ile Murgul ilçesinin doğu, güneydoğu ve güneybatı yörelerinde, Orta köyün kuzeyinde, Zeytinlik beldesi güneydoğusunda, Narlık beldesi güneydoğusunda, Pırnallı köyünün kuzeybatı ve güneydoğu yörelerinde izlenir (Artvin Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2012).

2.2.3.2 Çağlayan Formasyonu

İlk olarak Güven (1993) tarafından Trabzon il merkezine bağlı Çağlayan beldesi civarındaki Kampaniyen-Mestriştien yaşlı bazik volkano-tortul istif Çağlayan Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. İnceleme alanında da benzer Çağlayan Formasyonu ile deneştirilen ve benzer litostratigrafik özellikler gösteren bazik volkano-tortul istif de aynı formasyon adı ile adlandırılır. Araştırma alanının tamamına yakın bir bölümünde yaygın olan Çağlayan Formasyonu genellikle gri-yeşil renkli andezitik bazaltlar ve piroklastları ile birlikte aratabakalı olarak bulunan kırmızı-bordo renkli çamurtaşı, gri renkli marn ve kumtaşlarından oluşur. Bazalt ve andezitlerin taze yüzeyleri siyah ve koyu gri, ayrışma yüzeyleri ise yeşilimsi gri renklindedir. Musazade Mahallesiindeki bazaltlarda soğuma ve tektonizma sonucu çatlaklar meydana gelmiştir (Aksoy, 2011).

2.2.3.3 Alüvyon ve Yamaç Molozu

Aksoy (2011)'e göre bölgedeki Kuvaterner yaşlı alüvyonlar Ortacalar beldesinde Kabisre Deresi etrafında gözlendiği, boyutları birkaç cm'den yarım metreye kadar değişen andezit, bazalt ve aglomera çakıllarından oluştuğu bildirilmiştir. Çalışma sahası yamaçları boyunca görülen yamaç döküntüleri andezit, bazalt çakılları ile kum ve kil malzemesinden oluşmuştur. Alandaki yoğun bitki örtüsü yamaç döküntülerinin kalınlığı konusunda bilgi elde edilememiştir.

2.3 Örneklem Alanların Seçilmesi

Çalışma alanı öncelikle arazi kullanım türlerine göre ayrılmıştır. Daha sonra her bir arazi kullanımına göre yeraltı görüntüleme radarı ile alınacak için geçerli hat sayısına ve bu hatların geçeceği yerlere karar verilmiştir. Fındık arazisi düze yakın bir eğimi olduğu için daha sık bir alım gerçekleştirilerek 4 adet hat üzerinden radar verisi alınmıştır. Bu hatlar üzerindeki toprak tekstürü (kil, toz ve kum oranlarını), toprak pH ve organik madde miktarını belirlemek için her hattın başlangıç, orta ve son noktalardan olmak üzere 2 derinlik kademesinden (0-15cm, 15-30cm) 24 adet toprak örneği alınmıştır. Ayrıca aynı hat ve toprak örneklerinin alındığı noktalardan toprak permeabilitesini ölçmek için 0-15cm ve 15-30cm derinlik kademelerinden (.) 8 adet örnek alınmıştır. Çalışma alanında son olarak toprak örneklerinin alındığı noktalardaki infiltrasyon değerlerini ölçmek için

bir adet asıl, bir adet de kontrol amaçlı olmak üzere toplamda arazide 8 ayrı infiltrasyon değeri ölçülmüştür. Çay arazisinde eğimin en üst seviyesinden başlanarak belirli mesafe aralıklarla 4 hat üzerinden alım gerçekleştirilmiştir. Bu arazi üzerinde arazi yapısının engebeli ve eğimin yüksek olması sebebiyle her hat üzerinden 2 derinlik kademesinden (0-15 cm, 15-30 cm) 34 adet örnek alınmıştır. Ayrıca araziyi kontrol alanının doğusunda kalan çay arazisinden de 12 adet toprak örneği alınmıştır. Permeabilite için toprak örneklerinin alındığı aynı noktalardan 12 adet toprak örneği alınmıştır. İnfiltrasyon için toprak örneklerinin alındığı aynı noktalardan 1 asıl 1 de kontrol amaçlı 12 adet analiz yapılmıştır. Arazinin batısında kalan yolların bulunduğu boş (tarımsal faaliyetin yapılmadığı çok yıllık bitkilerin bulunmadığı) alanda yol üzerinden 2 adet hatta da alım yapılmıştır. Son olarak heyelan ile kopan bölgede 2 m aralıklar ile arazi şartlarının elverdiği yere kadar toplam 6 adet hat çekilerek yeraltı görüntüleme radarı ile veri alımı gerçekleştirilmiştir.

2.4 Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizi

2.4.1 Toprak Tekstürü, pH, Organik Madde İçin Toprak Örneklerinin Alınması

Araziden toprak örneklerini almak için ilk önce yüzeyde bulunan ölü örtü temizlenmiştir. Daha sonra 0-15 cm derinlik kademesindeki toprak örnekleri naylon poşetlere konmuştur. Her bir poşete numara verilmiştir. Devamında aynı işlem 15-30 cm derinlik kademesi için de gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler esnasında alandaki bitki kökleri, dal, yaprak vd. artıkların toprağa karıştırılmamasına dikkat edilir. Son olarak poşetler kapatılarak Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesinde bulunan toprak laboratuvarına getirilmiştir.

2.4.2 Toprak Permeabilitesi için Toprak Örneklerinin Alınması

Permeabilite analizi için özel hazırlanmış metal silindirler yüzeyi temizlenen alana yerleştirilmiştir. Daha sonra plastik çekiç yardımıyla bu silindirler 0-15 cm derinlik kademesini kapsayacak şekilde toprağa çakılmıştır. Toprağa gömülen silindir kazma ile topraktan çıkarılıp ve özel kapakları kapatılmıştır. Aynı işlem 15-30 cm derinlik kademesi için de gerçekleştirilip ve tüm silindirler numaralı poşetlere konmuştur.

2.4.3 Toprak Analizleri

2.4.3.1 Tekstür Analizi

Toprak tekstürünü belirlemek amacıyla Bouyoucos'un hidrometre metodu (Bouyoucos, 1962) kullanılmıştır. 50 adet çay arazisinden ve 24 adet ise fındık arazisinden alınan toplam 74 adet toprak örneği laboratuvarında serilerek hava kurusu haline getirilmiştir. Bu numunelerden analiz için gerekli miktar tartılarak (killi topraklarda 25 g, tozlu topraklarda 50 g, kumlu topraklarda 100 g) 400 ml'lik beherlere yerleştirilmiştir. Tartılarak ayrılan numuneye 5 ml %10'luk sodyum heksametafosfat (NaPO₃) eklendikten sonra üzerine yaklaşık 200 ml saf su konularak bagetle iyice karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 1 gün beklemeye bırakılmıştır. Sonraki gün mikserin dispersiyon kabına boşaltılmıştır. Toprağın bünyesine bağlı olarak karıştırma işlemi killi topraklarda 15, tozlu topraklarda 10, kumlu topraklarda ise 5 dakika sürmüştür. Karıştırma işlemini bitirdikten sonra karıştırma kabında en ufak bir zerre kalmayacak şekilde içerisindeki toprak pisetle su püskürtülerek silindirlere aktarılmıştır. Silindir 1000 ml çizgisine kadar saf su ilave edilmiştir. Daha sonra hidrometre, silindir içerisine yavaşça daldırılmıştır. Silindir saf su ilavesi ile 1130 ml çizgisine geldikten sonra hidrometre, silindirden çıkarılarak saf su ile yıkanır ve kurulanır (Şekil 17). Devamında karışımın sıcaklığı sabit olana kadar beklenir. 11 delikli el karıştırıcısı silindir içerisinde yaklaşık yirmi defa aşağı yukarı hareket ettirilmek suretiyle süspansiyonun iyice karışması sağlanır. Karıştırmanın bitirme zamanı tespit edilerek 20 saniye sonra hidrometre süspansiyon içerisine yavaş ve dikkatli bir şekilde bırakılır. Sonra 40. saniyede ilk hidrometre okuması yapılmıştır. Eş zamanlı olarak süspansiyonun sıcaklığı da ölçülmüştür. Elde edilen bu veriler kaydedildikten sonra hidrometre silindir içerisinden çıkarılmıştır. İlk okumanın üzerine iki saat daha beklenmiştir. İki saatin sonunda ilk okumada yapılan aşamalar tekrarlanarak ikinci okuma da yapılmış ve kaydedilmiştir. Bu işlemler yapılırken aynı miktarda alınan diğer toprak numuneleri fırında 105 °C'de bir gece bekletilip desikatörde soğutulmuş ve tartılmak suretiyle fırın kurusu toprak ağırlıkları ölçülmüştür.



Şekil 17. Silindir içerisindeki suspansiyonlar

Hidrometredeki okunan değerler ve etüv kurusu toprak ağırlığı kullanılarak aşağıdaki formüllerden % kil, kum ve silt miktarları tespit edilir. Bulunan değerler toprak sınıflandırma üçgeninde işaretlenir. Bu üç noktanın kesiştiği yer dikkate alınarak toprağın bünye sınıfı Eşitlik 1 uyarınca tayin edilir (Bouyoucos, 1962).

$$\text{Düzeltilmiş 1. hidrometre okuması} \quad (1)$$

$$\% \text{ Kil} + \% \text{ Silt} = \frac{\text{Düzeltilmiş 1. hidrometre okuması}}{\text{Etüv kurusu toprak ağırlığı}} \times 100$$

Etüv kurusu toprak ağırlığı

Düzeltilmiş 2. hidrometre okuması

$$\% \text{ Kil} = \frac{\text{Düzeltilmiş 2. hidrometre okuması}}{\text{Etüv kurusu toprak ağırlığı}} \times 100$$

Etüv kurusu toprak ağırlığı

$$\% \text{ Silt} = (\% \text{ kil} + \% \text{ silt}) - \% \text{ kil}$$

$$\% \text{ Kum} = 100 - (\% \text{ kil} + \% \text{ silt})$$

2.4.3.2 Organik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Organik madde analizinde değiştirilmiş Walkley-Black yöntemi kullanılmıştır. Bunun için araziden alınmış 50 adet çay 24 adet fındık toprak örneği hava kurusu hale gelene kadar bekletilmiştir. Daha sonra 0.5 mm elekten 0.5 g toprak elenerek alınmıştır. Örnekler geniş ağızlı 500 ml'lik erlenlerin içine konmuştur. Üzerine 10 ml 1 N K₂Cr₂O₇ çözeltisi katılmıştır. Toprak ile çözeltinin iyice karışması için erlen hafif hafif karıştırılmıştır. Daha

sonra erlendeki süspansiyona hızlıca 20 ml konsantre sülfürik asit (H₂SO₄) katılmıştır. Toprak ile iyi bir karışım sağlanabilmesi için zaman yitirilmeden önce hafif hafif ve sonra da 1 dakika hızlı olarak karıştırılmıştır. Asbest tabaka üzerinde 30 dakika bırakıldıktan sonra erlene 200 ml saf su katılmıştır. Daha sonra 3-4 damla o- fenantrolin kompleks indikatörü katılarak demir sülfat heptahidrat (FeSO₄.7H₂O) çözeltisiyle titre edilmiştir. Titrasyon işlemi Şekil 18’de görülebilir. Titrasyonun sonuna doğru ortamda yeşilimsi dalgalanmalar belirir ve koyu yeşil bir renk oluşur. Bu noktada demir sülfat çözeltisi ortamın rengi maviden birdenbire kırmızıya dönüşüncüye değin damla damla katılmıştır. Son aşamada bu iş için harcanan toplam demir sülfat heptahidrat çözeltisinin miktarı not edilmiştir (Kacar, 2009).



Şekil 18. Organik maddenin belirlenmesinde titrasyon aşaması

0.5 g toprak örneği alınmış ve açıklanan işlemlerden sonra aynı örnekte standart FeSO₄ çözeltisiyle titrasyon yapılmıştır. Buna göre:

$$\text{Organic C, m.e/O.5 g toprakta} = [(N, \times A) - (N_2 \times B)] \quad (2)$$

$$1 \text{ m.e. C} = 0.003 \text{ g olduğuna göre} \quad (3)$$

$$\text{Organic C, \%} = [(N, \times A) - (N_2 \times B)] \times 0.003 \times 200 \times f_1$$

$$\text{Organik madde, \%} = \text{Organic C, \%} \times f_2 \quad (4)$$

Burada:

N₁=Potasyum dikromat (K₂Cr₂O₇) çözeltisinin normalitesi, 1 N

A= Analizde kullanılan potasyum dikromat (K₂Cr₂O₇) miktarı, ml

N₂= Demir sülfat heptahidrat (FeSO₄.7H₂O) standart çözeltisinin gerçek normalitesi, N

B= Titrasyonda harcanan standart demir sülfat heptahidrat çözeltisinin miktarı, ml

200= 100 g toprağa yükseltme çarpanı

f₁= Bu yöntem ile toprak örneğinde bulunan organik C'un % 77'sinin yükseltgenebildiği varsayılırsa, f = 100/77=1.30 dur.

f₂= Toprak organik maddesinin % 58 'inin organik C'dan oluştuğu varsayılırsa, f₂= 100/58=1.724 (Van Bemmelen faktörü) (Kacar, 2009)

Burada elde edilen sonuçlar (Tablo 7) göre sınıflandırılmıştır.

Tablo 7.Organik Madde Sınıfları (OGM, 2019)

Organik Madde Miktarı (%)	Organik Madde Sınıfı
<1	Fakir Humus
1-2	Zayıf Humus
2-5	Orta Humus
5-10	Kuvvetli Humus
10-15	Çok Kuvvetli Humus

2.4.3.3 pH Analizi

Toprak çözeltisinin asit veya alkali oluşu toprak reaksiyonu olarak tanımlanır. Toprak reaksiyonu pH terimi ile ifade edilir (Kantarcı, 2000). Toprak reaksiyonunun belirlenmesi için araziden getirilen toprak örnekleri hava kurusu hale getirilmiştir. Uygun hale gelen örnekler dövülerek 2 mm elekten geçirilmiştir. Elenerek ayrılan toprak örnekleri 50 ml beherlerin içerisine oranı 1 toprak / 2,5 saf su olacak şekilde 10 gr toprak üzerine 25 ml saf su eklenerek karıştırılmıştır. Karışım 1 gün bekletilmiştir. Daha sonra buffer çözelti kullanılarak (pH 4 ve pH 7) kalibrasyonu yapılan pH metre örneğinin içerisine yerleştirilerek toprak örneklerinin pH dereceleri belirlenmiştir (Şekil 18) (Kantarcı, 2000; Sarıyıldız ve Küçük, 2004). Belirlenen pH değerleri Tablo 8'ye göre sınıflandırılabilir.

Tablo 8. Toprak Reaksiyonu (pH) sınıfları (Namlı, 2012)

Reaksiyon	pH değeri	Reaksiyon	pH değeri
Fevkalade asit	<4,5	Nötr	6,6-7,3
Çok kuvvetli asit	4,5-5,0	Hafif kalevi	7,4-7,8
Kuvvetli asit	5,1-5,5	Orta derece kalevi	7,9-8,4
Orta derecede asit	5,6-6,0	Kuvvetli kalevi	8,5-9,0
Hafif asit	6,1-6,5	Çok kuv. kalevi	> 9,1



Şekil 19. pH ölçümü

2.5 Toprak Permeabilite ve İnfiltrasyonu Analizi

2.5.1 İnfiltrasyon Analizi

İnfiltrasyon kapasitesinin arazi kullanımına bağlı olarak doğal şartlar altındaki değişimi hesaplanmıştır. Bu işlem için Musgrave (1935) tarafından geliştirilen ve Baver (1965) tarafından modifiye edilen teknikten faydalanılmıştır. Bu teknik esasen metal bir silindirin toprağa gömülerek üzerindeki sabit bir noktaya kadar su dolacak şekilde su verilmesi işlemidir (Şekil 20). İnfiltrasyon için 20 cm boyunda ve 21 cm çapında 346,361 cm² yüzey alanı olan silindirik krom infiltretreler kullanılmıştır. Ölçme sırasında silindirin

10 cm'si toprağın içeri gömülmüş, diğer yarısına ise ölçüm için su eklenmiştir. Eklenen sudaki değişimi ölçebilmek için silindir içine cetvel yerleştirilmiştir. Kronometre yardımıyla 1, 5, 10, 15, 30, 45, 60 ve 90. dakikalarda silindir içerisindeki suyun yüksekliği cetvel üzerinden okunmuştur. Bu işlem 12 asıl 12 kontrol amaçlı olmak üzere toplam 24 noktada gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Eşitlik 5 ve Eşitlik 6'da yerine konularak örnekleme noktalarındaki toprakların infiltrasyon kapasiteleri tespit edilmiştir (Okatan, 1986; Balcı ve ark., 1979).



Şekil 20. Toprak infiltrasyonunun belirlenmesi

$$Q_n = Q_1 - Q_2 \quad (5)$$

$$V = \frac{Q_n}{S \times t_n} \text{ cm/saat} \quad (6)$$

Verilen formülde;

- Q_n : (n) zamanda infiltre olan suyun hacmi (cm^3)
- Q_1 : Başlangıçta silindir infiltrometreye konulan suyun hacmi (cm^3)
- Q_2 : İnfiltrasyondan sonra konulan suyun hacmi (cm^3)
- t_n : İnfiltrasyon süresi (Dakika)
- S : Silindir infiltrometrenin yüzey alanı
- V : İnfiltrasyon hızı (cm/saat)

Formülle elde edilen toprak infiltrasyon kapasite değerleri bir tabloya kaydedilmiştir. Scherer ve ark. (1996) tarafından geliştirilen infiltrasyon sınıfları (Tablo 9) kullanılarak

her bir arazi kullanım sınıfı için ortalama toprak infiltrasyon kapasitesi ve ait olduğu infiltrasyon sınıfı hesaplanmıştır.

Tablo 9. İnfiltrasyon Sınıflandırılması (Scherer ve ark., 1996)

Sınıflandırma	İnfiltrasyon Oranı (mm/hr)
Çok Yavaş	<0,06
Yavaş	0,06 to 0,2
Orta Yavaş	0,2 to 0,6
Orta	0,6 to 2,0
Orta Hızlı	2,0 to 6,0
Hızlı	6,0 to 20,0

2.5.2 Permeabilite Analizi

Arazide silindir ile alınan 24 örnek iki tarafı da kapatılarak laboratuvara getirilmiştir. Örneklerin içerisinde hava kalmaması için su içerisinde 24 saat bekletilmiş ve suya doygun hale getirilmiştir. Doygun haldeki örnekler Özyuvacı (1976) tarafından geliştirilen ölçüm aletine yerleştirilerek içerisinde geçen suyun miktarı ve geçiş süresi saptanmıştır (Şekil 21). Daha sonra Darcy kanununu temel alan formül kullanılarak toprak örneklerinin geçirgenliği hesaplanmıştır (Özyuvacı, 1976; Okatan, 1986).



Şekil 21. Özyuvacı (1976) tarafından geliştirilen alet

$$P = \frac{Q}{A} \times \frac{H_s}{H_s + H_w} \quad (7)$$

P= Geçirgenlik

Q= Belirli bir zamanda geçen su miktarı (cm³/saat)

A= Toprak Örneklerinin Kesit Alanı (cm²)

H_s= Toprak Örneğinin Yüksekliği (cm)

H_w= Su Sütunu Yüksekliği (cm)

Eşitlik 7 yardımıyla hesaplanan değerler bir tablo haline getirilmiştir. Bu verilerin ortalamaları alınarak her arazi sınıfı için bir değere ulaşılmıştır. Elde edilen ortalamalar Gupta (2019) tarafından önerilen permeabilite sınıflandırması uyarınca değerlendirilmiştir (Tablo 10).

Tablo 10. Permeabilite Sınıfları (Gupta, 2019)

Sınıflandırma	Permeabilite (cm/hr)
Çok Yavaş	<0,1300
Yavaş	0,1301 to 0,500
Orta Yavaş	0,501 to 2,000
Orta	2,001 to 5,000
Orta Hızlı	5,001 to 13,000
Hızlı	13,001 to 25,000
Çok Hızlı	25,000>

2.6 Yeraltı Görüntüleme Radarı (Georadar) ile Arazinin Taranması

Çalışma boyunca 4 farklı arazi kullanımında Georadar ile tarama yapılmıştır. Her alan için ayrı güzergâh planlanmıştır. Fındıklıklarda fındık ağaçlarının arasındaki patikalara eşit sayıda yol güzergâhı seçilmiştir (Şekil 22).



Şekil 22. Fındıklıklarda yeraltı görüntüleme radarı güzergâhı

Çay bahçelerinde ise yaklaşık 20 m aralıklarla tarama yapılmıştır. Buradaki çay bitkileri çok sık olduğundan güzergâh üzerinde bulunan bitkiler kesilerek alandan uzaklaştırılmıştır. Boş arazilerden geçen araç yolları Georadar güzergâhı olarak kullanılmıştır (Şekil 23).

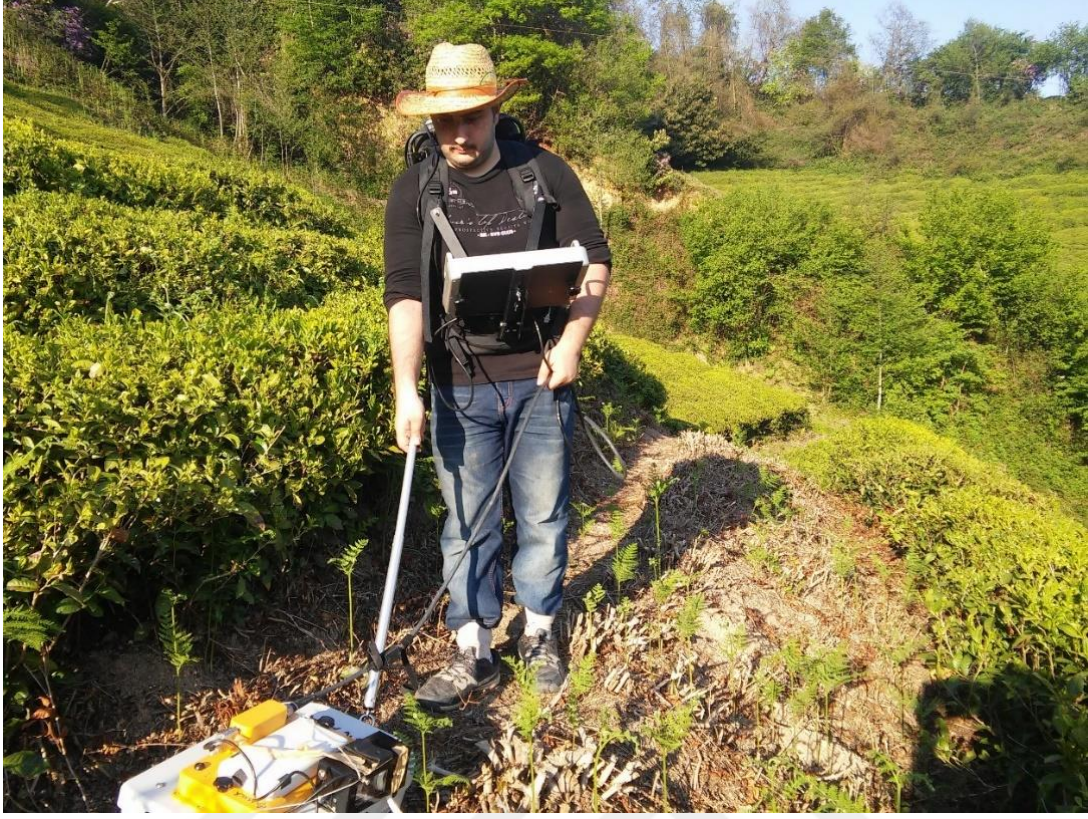


Şekil 23. Çay ve boş alanda yeraltı görüntüleme radarı için belirlenen güzergâhlar

Kopan heyelan bölgesinde yeraltı görüntüleme radarı ile inceleme yapılabilmesi için 2 m aralıklar ile toprak yüzeyi düzeltilmiştir. Bu düzlükler üzerinden Georadar geçirilerek veri alımı sağlanmıştır (Şekil 24).



Şekil 24. Kopan heyelan bölgesi üzerinden alınan yeraltı görüntüleme radarı güzergâhları
Tüm arazi kullanımlarındaki verileri Georadar'ın 500 MHz'lik korumalı anteni ile alınmıştır (Şekil 25).



Şekil 25. Georadar ile arazide veri alımı

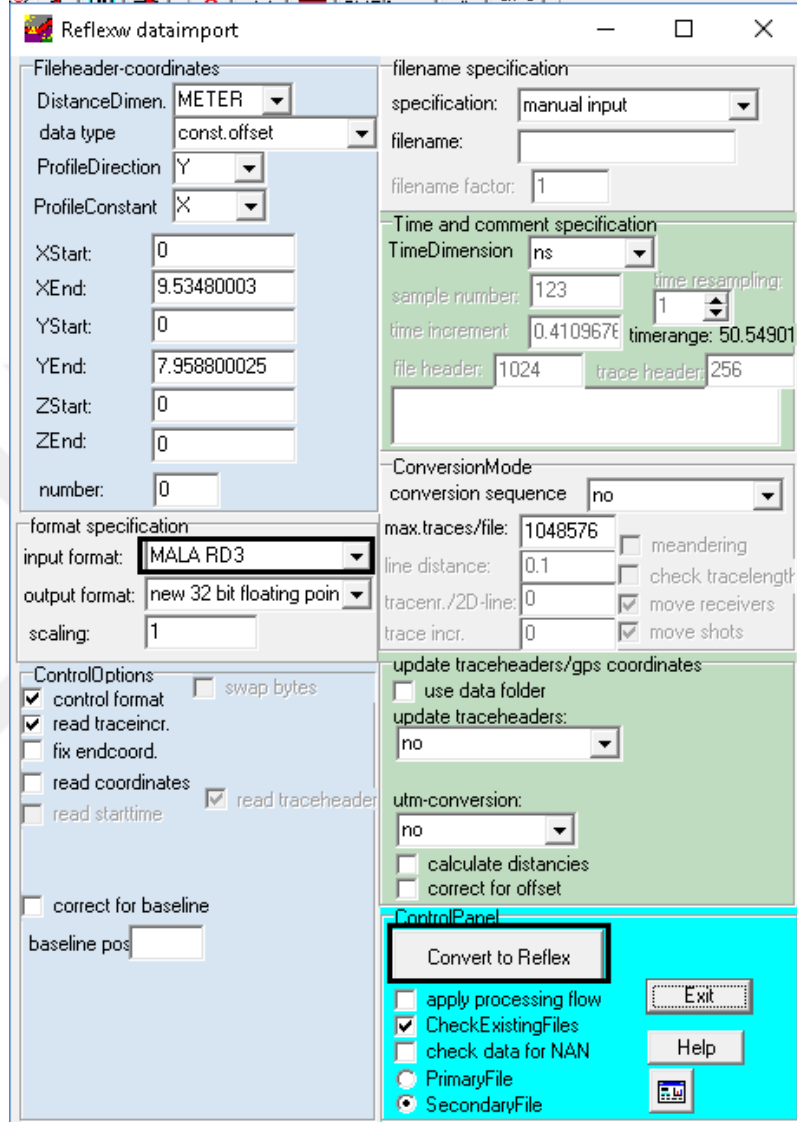
2.6.1 Georadar Verisinin İşlenmesi

Georadar ile araziden toplanan ham veriler REFLEXW yazılım kullanılarak işlenmiştir. İki aşamadan oluşan veri işleme süreci aşağıdaki gibidir;

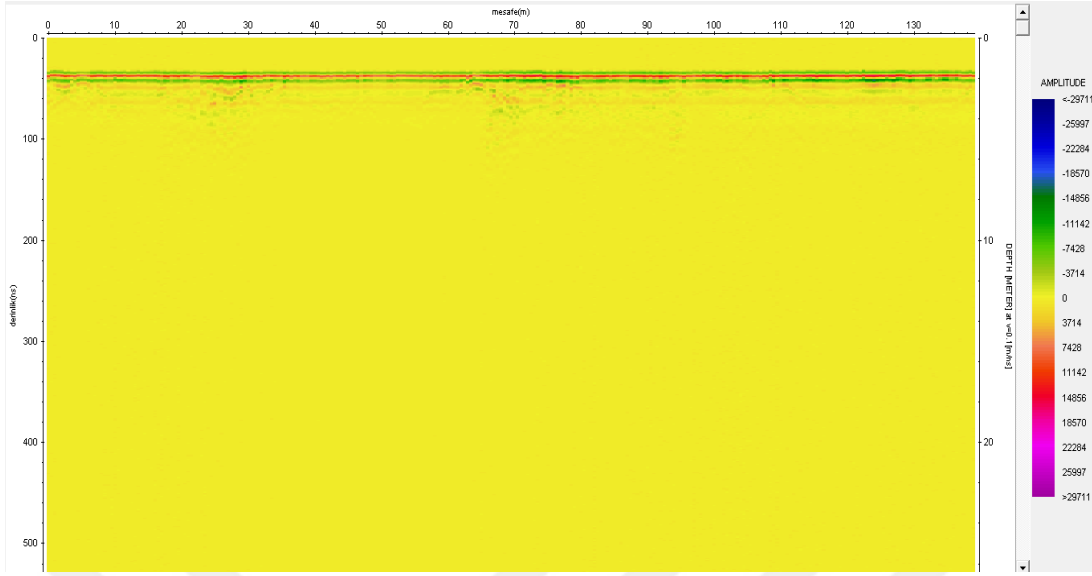
1. Temel işlemler (istenmeyen verilerin temizlenmesi)
 - a. 1-D filter
 - b. Gain
2. İleri seviye işlemler (verinin yorumlanmaya uygun hale getirilmesi)
 - a. 2-D filter
 - b. Migration
3. Ek işlemler
 - a. Move starttime
 - b. Cut

İlk olarak program açılır ve 2D – data analysis seçilerek program başlatılır. Daha sonra veriseti programda açılır. Programın arayüzünün görüntüsü Şekil 26'daki gibidir. Açılan

veri ham veridir ve yorumlanması çok zordur (Şekil 27). Yorumlamaya uygun hale getirmek için veri üzerinde belli işlemler uygulanmıştır. Bunlara temel işlemler denir.



Şekil 26. Veri işleme yazılımının import menüsü

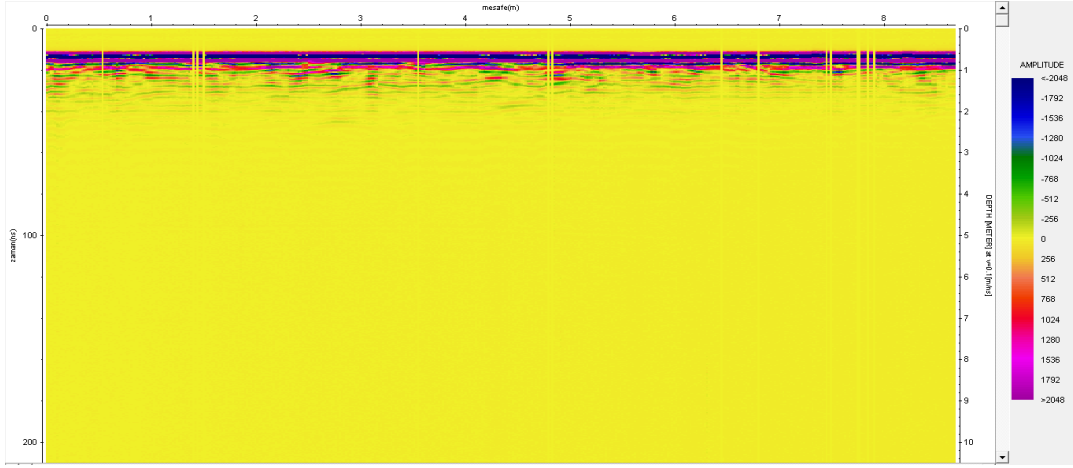


Şekil 27. Ham verinin ilk görünümü

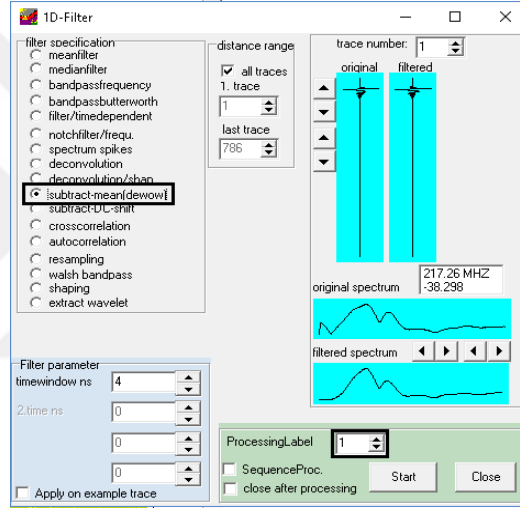
İlk işlem olarak elde edilen ham GPR izlerinin frekans içeriğinde düşük frekanslardaki bozucu bileşenin arıtılması işlemidir (Şekil 29). Bunun için programın menüsünden subtract-mean (dewow) seçilir. Processing label 1 sayı artırılarak start ile işlem gerçekleştirilir. Bu işlem sonrasında temizlenmiş veri ile gürültülü veri arasındaki farklılık Şekil 28 ve Şekil 30'da görülmektedir.

Yorumlamada kolaylık sağlanması açısından ilgi alanı dışında kalan veriler cut işlemi ile kesilerek çıkartılmıştır. Şekil 32'de gösterilen ayarlar kısmında max range (ns) ile istenen seviye belirtilerek bu seviyenin altında kalan yerler veriden çıkartılmıştır. Böylelikle daha net bir yapı oluşmuştur (Şekil 33).

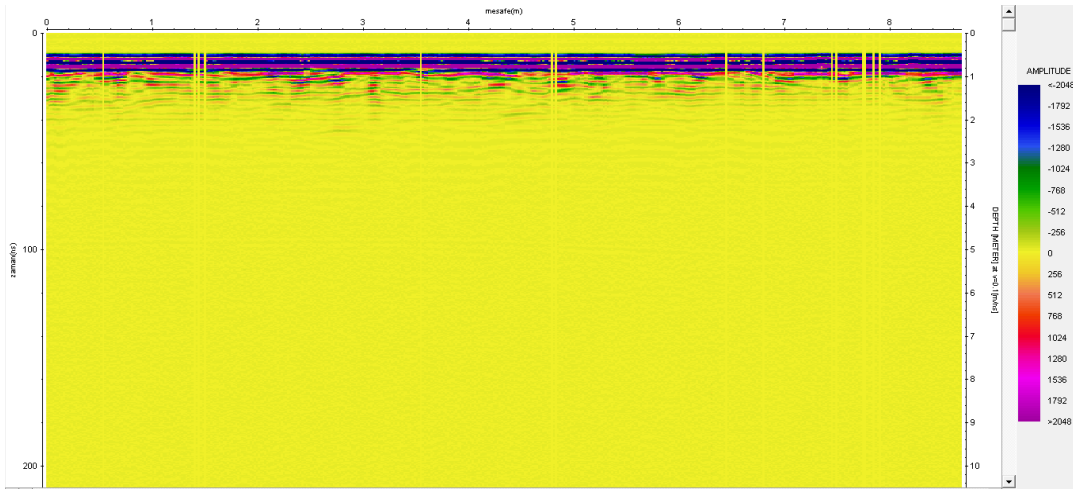
Yüzey kısmındaki sinyalin olmadığı kısım yorumlama açısından sorun teşkil ettiği için ayrıca çıkarılmıştır. Bu işlem için move starttime işlemi uygulanır (Şekil 35). İlk olarak ne kadar derinlikteki kısmın çıkarılacağı tespit edilir. Genel veride tespit edilen alan kadar yukarı kaydırma yapılmış olunur (Şekil 36).



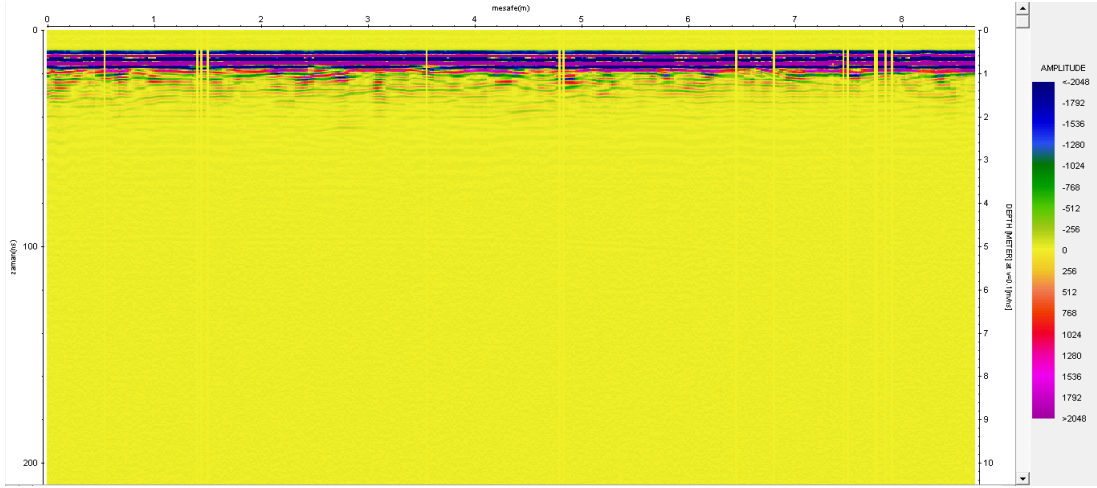
Şekil 28. Dewow işleminden önce



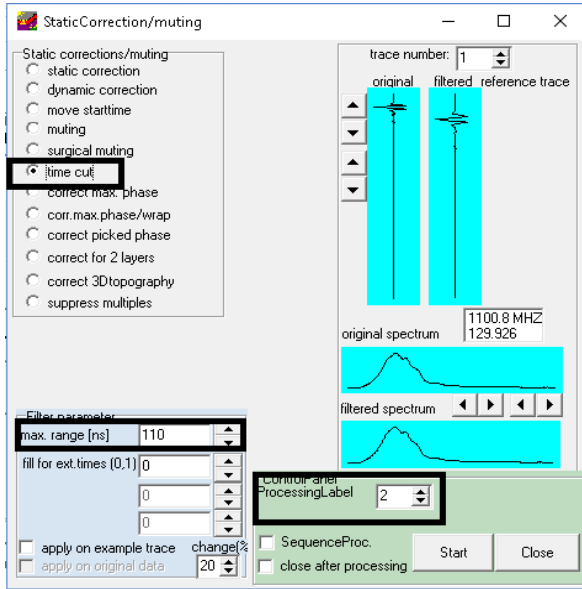
Şekil 29. Dewow İşlem Ekranı



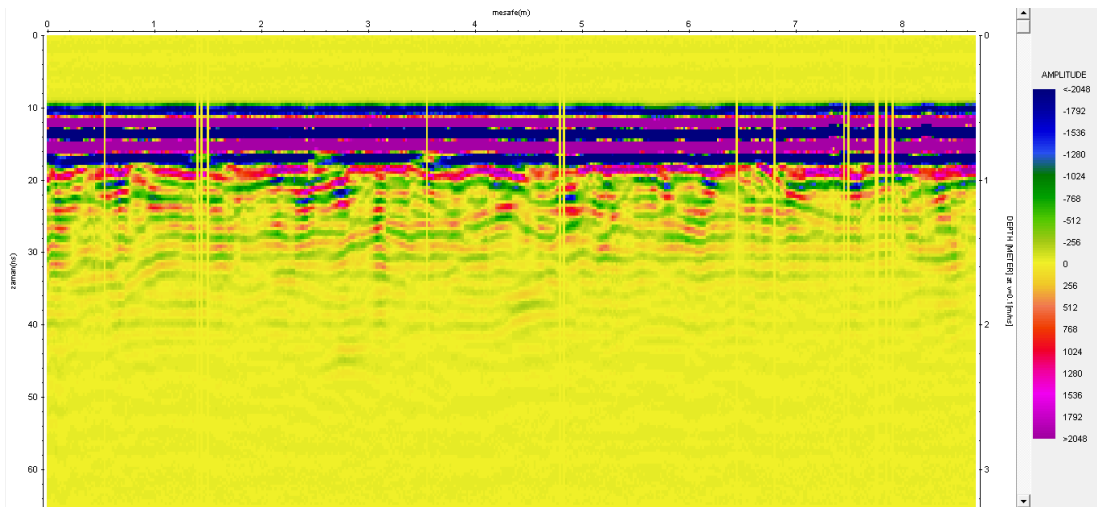
Şekil 30. Dewow işleminden sonra



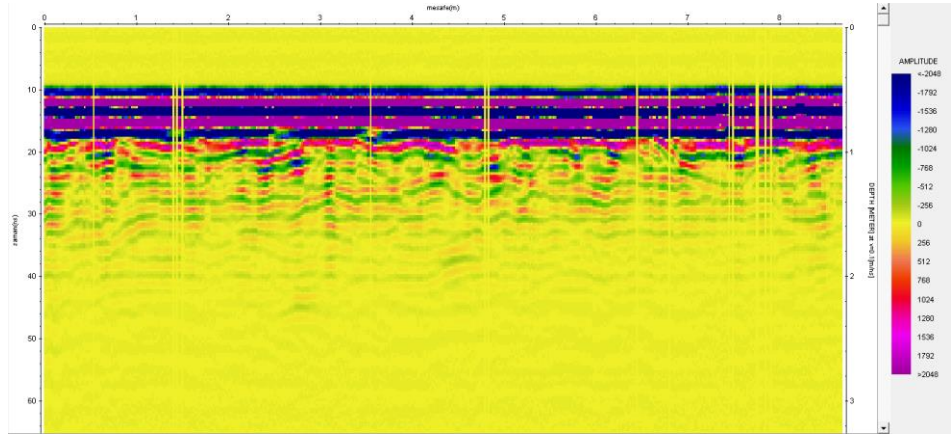
Şekil 31. Time cut işleminden önceki hal



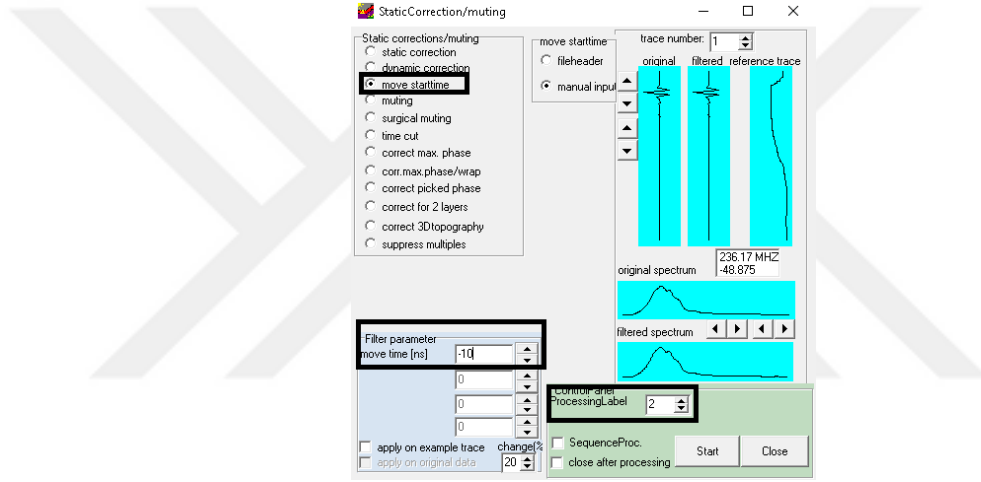
Şekil 32. Time cut işlem parametreleri



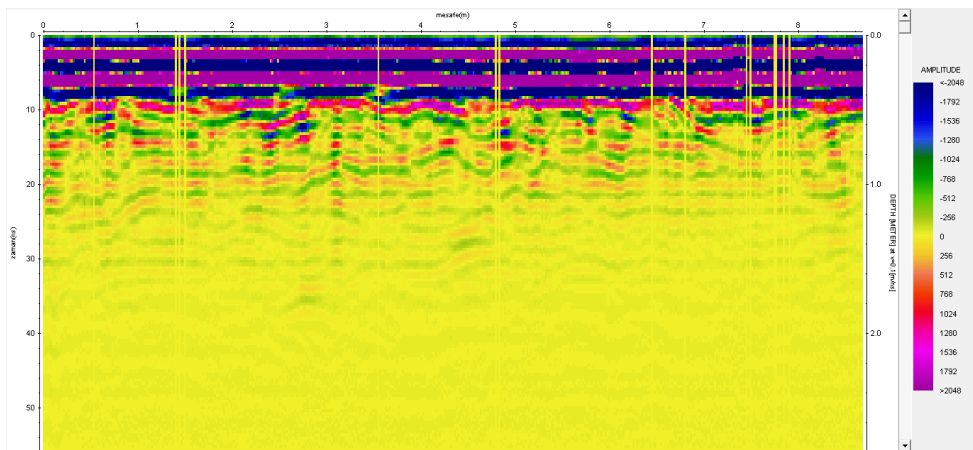
Şekil 33. Time cut işleminde sonraki hal



Şekil 34. Move Starttime İşleminin Önce



Şekil 35. Move Starttime Parametreleri

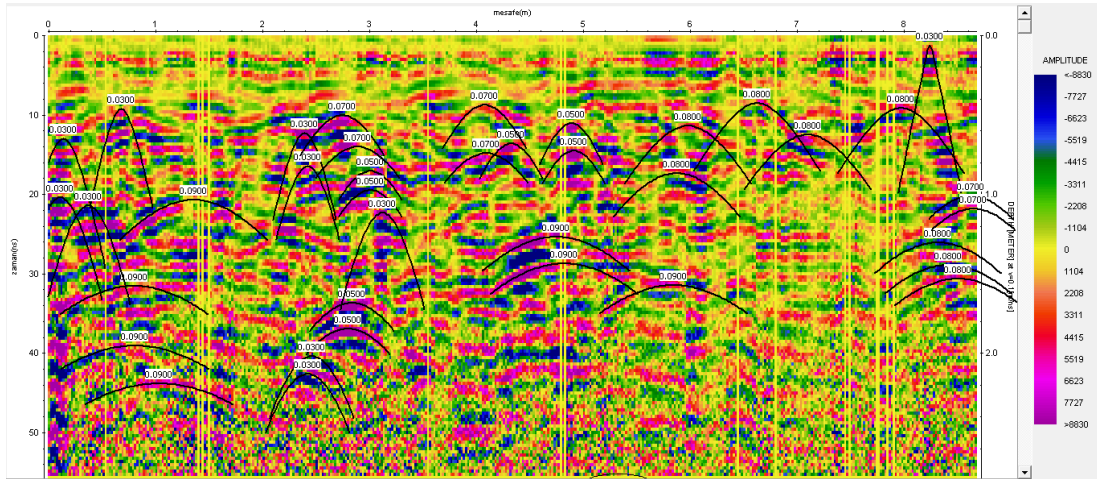


Şekil 36. Move Starttime İşleminin Sonra

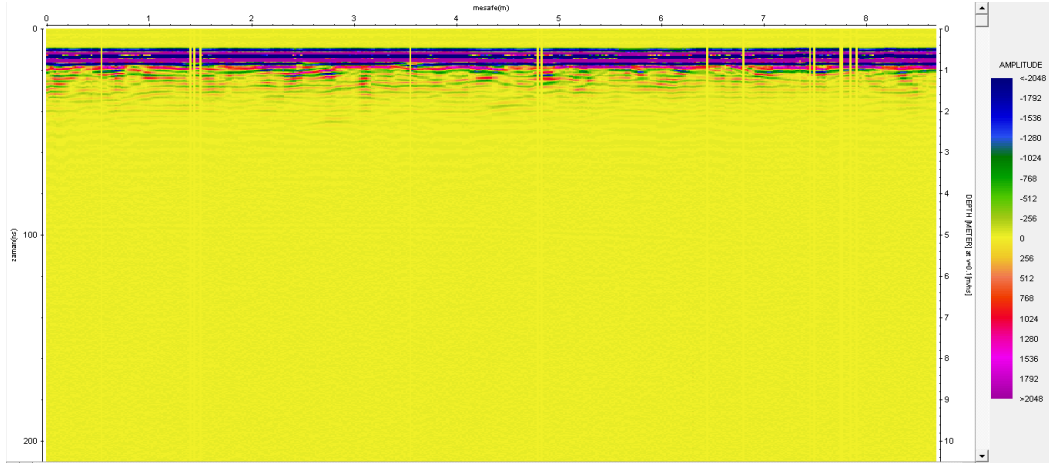
Georadar verisinde derinden gelen sinyaller zayıf olduğu için görüntüde belirgin değildirlir. Bu işlem programdaki gain fonksiyonu ile yapılır (Şekil 39). Gain işleminde elektromanyetik dalganın kaynaktan çıkıp yayıldığı ortamın fiziksel özelliklerine bağlı olarak sinyal genliğindeki azalmanın geri kazanılması için uygulanan bir veri işlem aşamasıdır. Eğer gain işlemi sonrasında sinyal artımı fazla olduysa sağ üst kısımdaki plotscale sayısı azaltılarak görüntü dengelenir (Şekil 40).

Temel veri işlem adımlarından sonra yer radarı kesiti üzerinde yatay ve tekrarlı baskın yansımalar gözlenebilmektedir. Bunların çok güçlü olması durumunda gerçek yansımaları baskıladığı durumlar olmaktadır. Bu yatay bantlaşmalar veriden atılması işlemine background removal işlemidir (Şekil 42). Bunun için processing menüsünden 2d-filter background removal seçilir ve processing label sayısı 1 artırılarak start ile işlem gerçekleştirilir (Şekil 43).

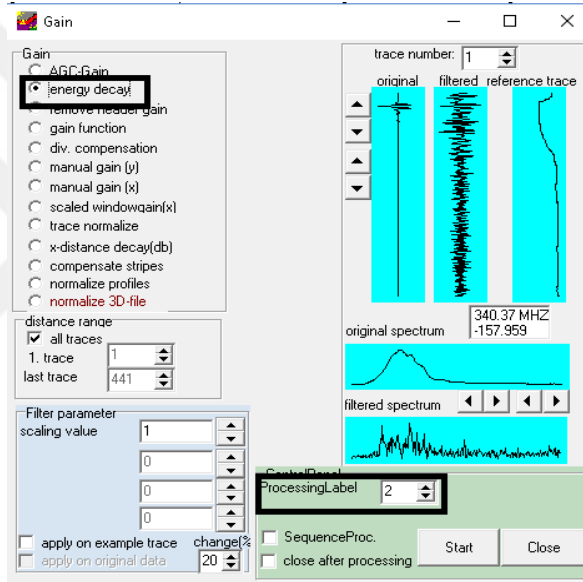
Devamında geniş açılı hiperbol şeklindeki yansımalar giderilmesi için migration işlemi yapılır. Bunun için ilk önce hiperbol yapısındaki yansımaların ölçümü gerçekleştirilir (Şekil 37). Daha sonra kayıt işlemi gerçekleştirilir. Kaydedilen veri ile migrasyon yapılmaya başlanır. Açılan sekmede kaç iz yapıldığı yazılır ve iz verisinin kaydedildiği dosya açılır.



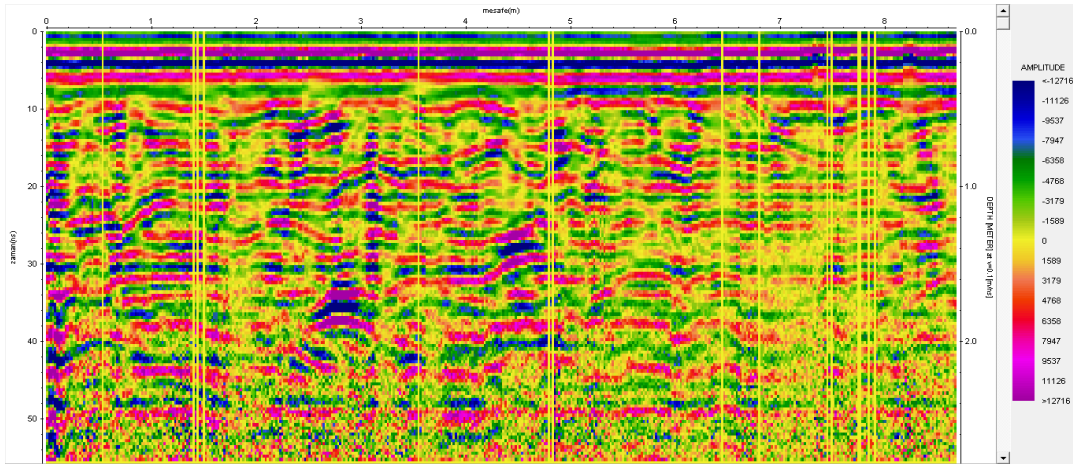
Şekil 37.Sinyallerin Tespiti



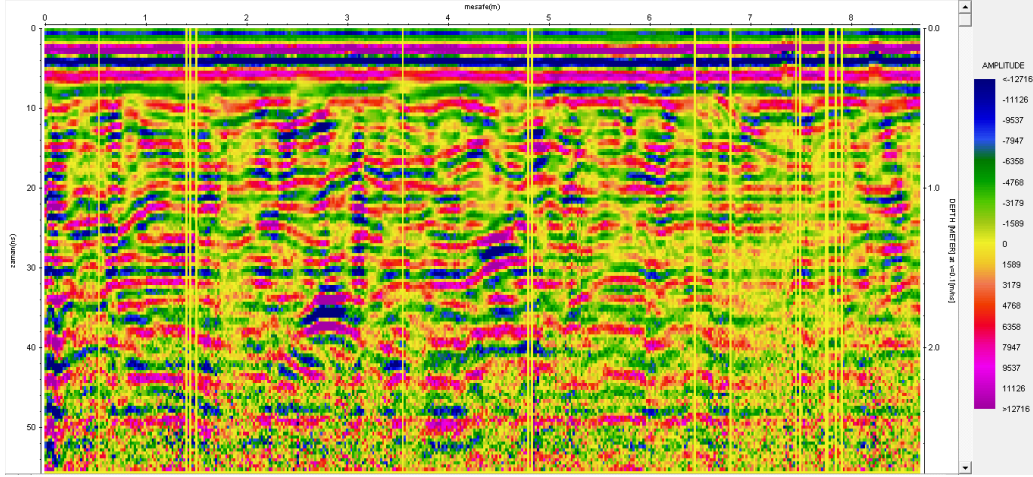
Şekil 38. Gain işleminden önce



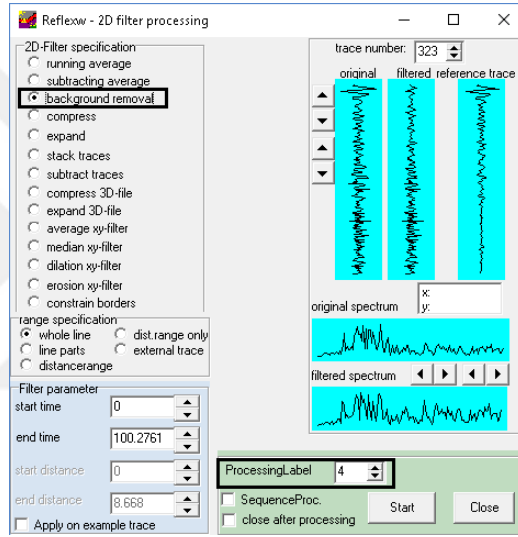
Şekil 39. Gain işlem parametresi



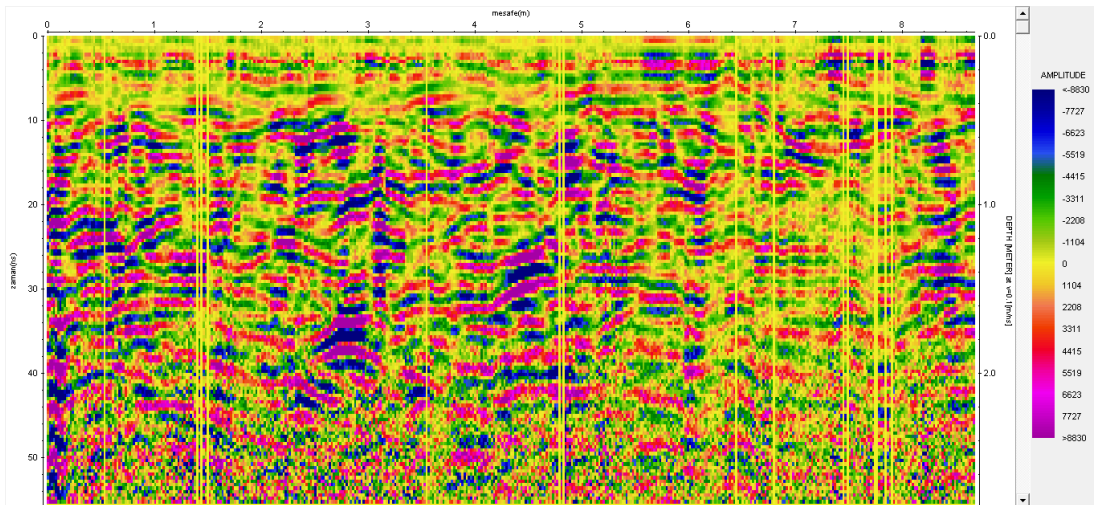
Şekil 40. Gain işleminden sonra radar görüntüsü



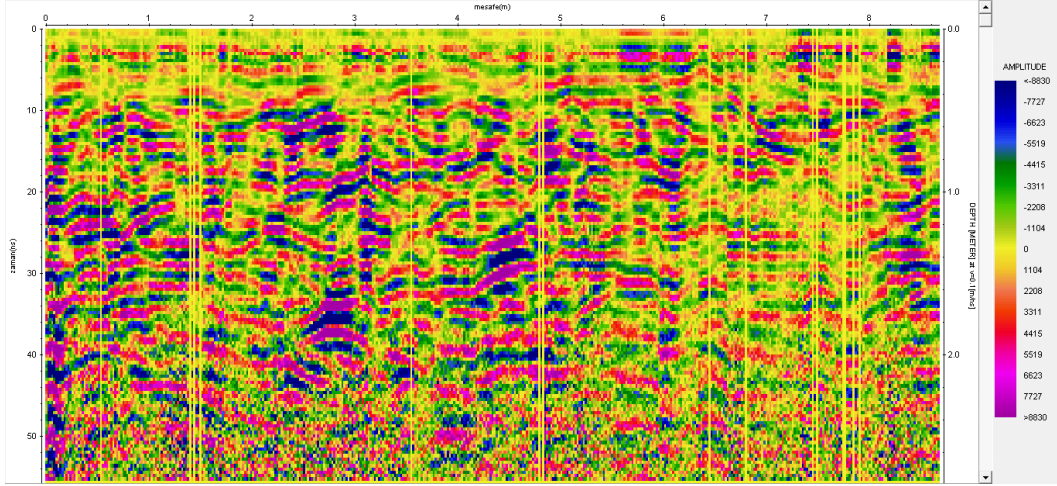
Şekil 41. Background Removal işleminden önce



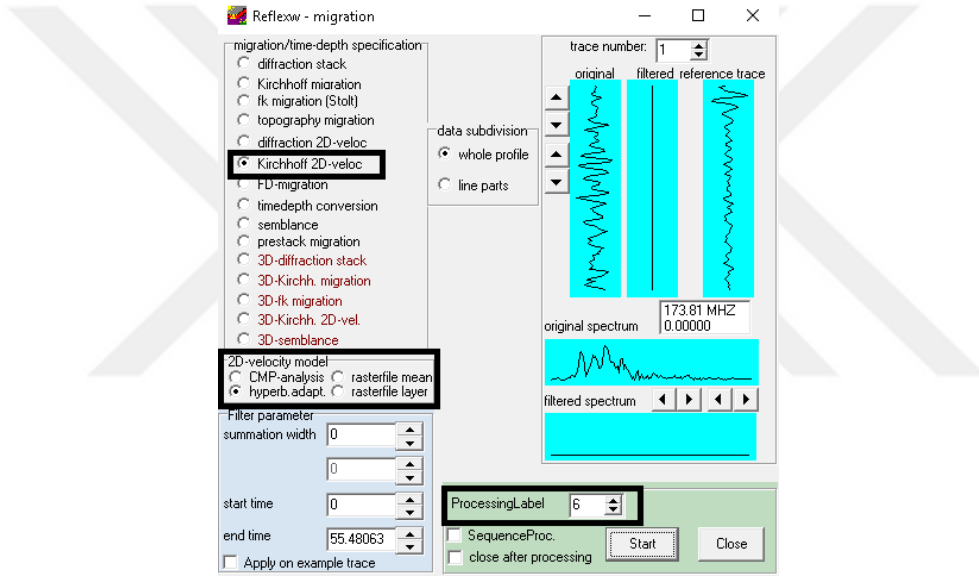
Şekil 42. Background Removal parametreleri



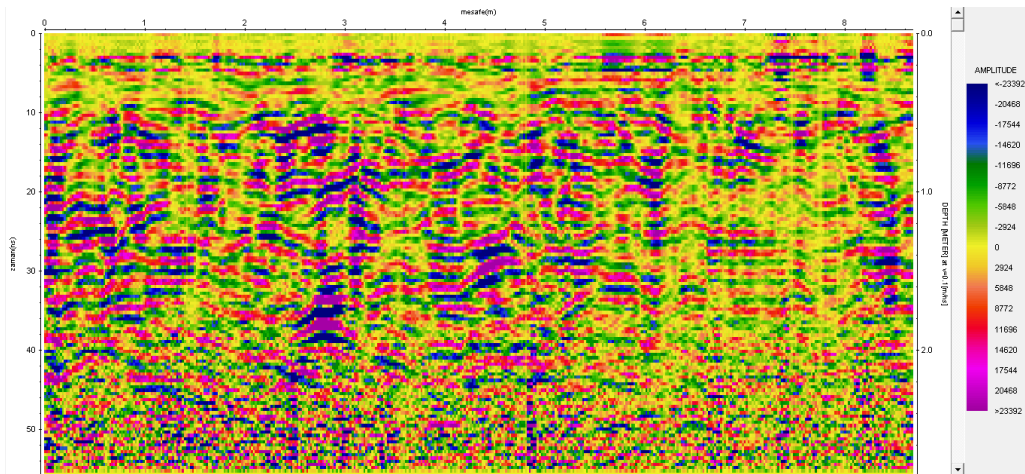
Şekil 43. Background Removal işleminden sonra



Şekil 44.Migration İşleminde Önce



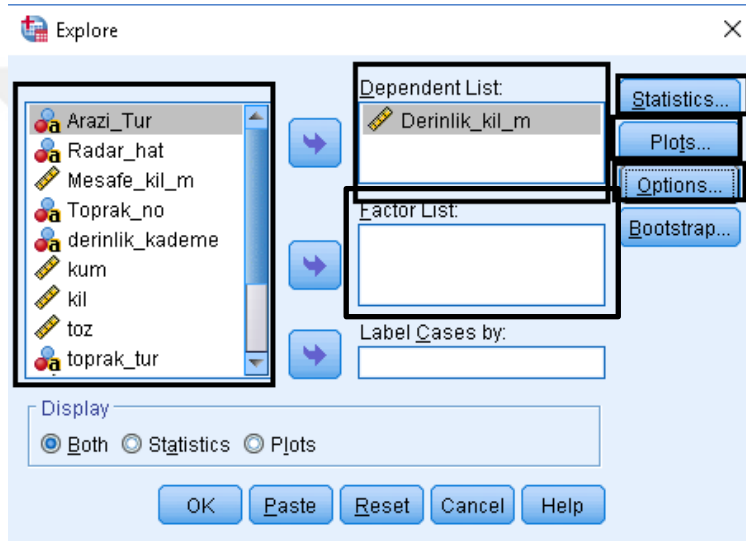
Şekil 45.Migration Parametreleri



Şekil 46.Migration İşleminde Sonra

2.7 İstatistik Analizler

Araziden toplanan toprak örneklerinin analizi sonucunda elde edilen toprak özellikleri (strüktür, pH, organik madde, permeabilite, infiltrasyon vd.) ve bunların Georadar verisindeki yansıma değerlerinin arazi kullanımı ve toprak derinlik kademesine göre anlamlı farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi için bağımsız örneklem t-testi yapılmıştır. Testten önce verilerin normal dağılıma uygunlukları Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk ve Ki Kare Testleri ile kontrol edilmiştir. Ayrıca Q-Q Olasılık Grafiği ile görsel kontrol de gerçekleştirilmiştir. Tüm testler SPSS programında 0.05 önem düzeyinde yapılmıştır (Şekil 52).



Şekil 47. Normalite Test Veri Giriş Ekranı

2.7.1 Toprak Özellikleri Normal Dağılım Analizi

Tablo 11. Toprak Özelliklerin Skewness ve Kurtosis Analizleri

Skewness ve Kurtosis Analizleri				
Analiz Adı	Arazi Sınıfı		İstatistik	Standart S.
Kil	Çay	Skewness	0.431	0.337
		Kurtosis	-0.167	0.662
	Fındık	Skewness	0.408	0.472
		Kurtosis	-1.065	0.918
Kum	Çay	Skewness	-0.054	0.337
		Kurtosis	-0.938	0.662

	Fındık	Skewness	-0.459	0.472
		Kurtosis	-0.221	0.918
Toz	Çay	Skewness	-0.34	0.337
		Kurtosis	-0.482	0.662
	Fındık	Skewness	0.401	0.472
		Kurtosis	-1.226	0.918
Organik Madde	Çay	Skewness	-0.412	0.337
		Kurtosis	-0.951	0.662
	Fındık	Skewness	-0.266	0.472
		Kurtosis	-0.847	0.918
ph	Çay	Skewness	0.444	0.337
		Kurtosis	0.013	0.662
	Fındık	Skewness	1.658	0.472
		Kurtosis	2.958	0.918
infiltrasyon	Çay	Skewness	1.361	0.512
		Kurtosis	1.369	0.992
	Fındık	Skewness	-0.425	1.014
		Kurtosis	-2.335	2.619
Permeabilite	Çay	Skewness	1.659	0.564
		Kurtosis	1.814	1.091
	Fındık	Skewness	2.802	0.752
		Kurtosis	7.884	1.481

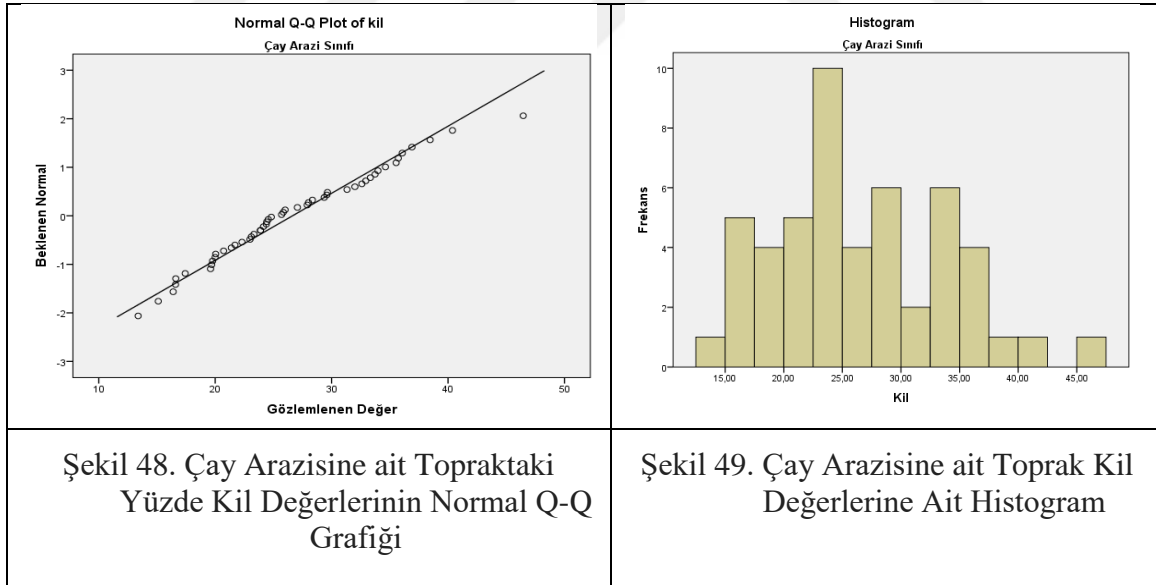
Toprak özellikleri arasında kum, kil, toz, organik madde değerlerin skewness ve kurtois değerlerin +1,96 ile -1,96 arasından olduğu için normal dağılım yaptığı belirlenmiştir. Toprak pH, infiltrasyon, permeabilite değerlerin +1,96 ile -1,96 değerleri arasında olmadığı için normal dağılım yapmadığı tespit edilmiştir.

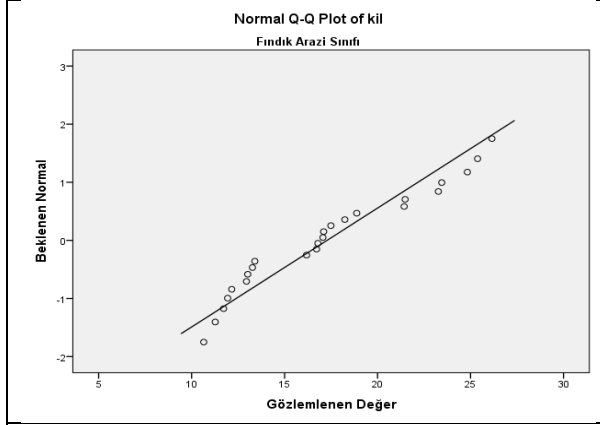
Tablo 12. Toprak Özellikleri Normalite Testi

Normalite Testi							
Analiz Adı	Arazi Sınıf	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kil	Çay	0.099	50	,200 [*]	0.978	50	0.452
	Fındık	0.162	24	0.105	0.923	24	0.07
Kum	Çay	0.109	50	0.189	0.966	50	0.16
	Fındık	0.111	24	,200 [*]	0.959	24	0.427

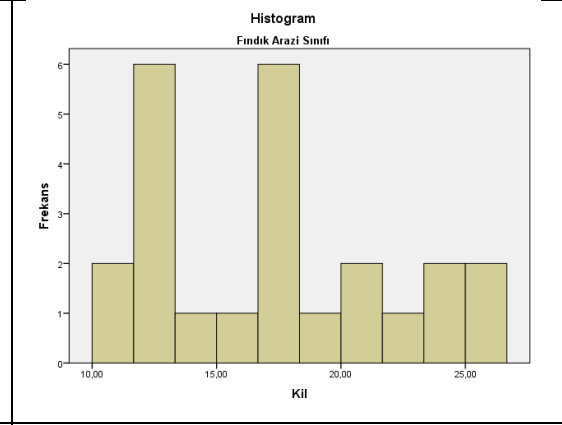
Toz	Çay	0.072	50	,200*	0.968	50	0.192
	Fındık	0.152	24	0.156	0.92	24	0.059
Organik Madde	Çay	0.088	50	,200*	0.938	50	0.011
	Fındık	0.127	24	,200*	0.953	24	0.31
pH	Çay	0.103	50	,200*	0.971	50	0.244
	Fındık	0.170	24	0.071	0.831	24	0.001
infiltrasyon		0.159	20	,200*	0.884	20	0.021
Permeabilite		0.318	24	0.000	0.528	24	0.000
*. Bu, gerçek öneme sahip bir alt sınırdır.							
b. Lilliefors Önem Düzeltme							

Normalite testlerinde (Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk) kil, kum, toz ve organik madde değerleri için hipotez H_0 "Toprak kil oran değerleri normal dağılım göstermektedir." Hipotezin kabul edildiği 0,05 değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Toprak pH, infiltrasyon ve permeabilite değerlerin istatistiksel olarak 0,05 değerinin altında çıktığı için hipotez red edilerek normal dağılım yapmadıkları tespit edilmiştir. Bu tespit ile normal dağılım yapmayan verilerin logaritmaları alınarak normal dağılıma yaklaştırmaya çalışılmıştır.

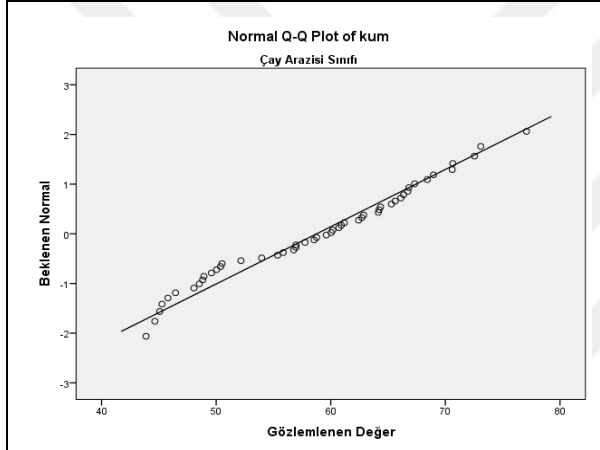




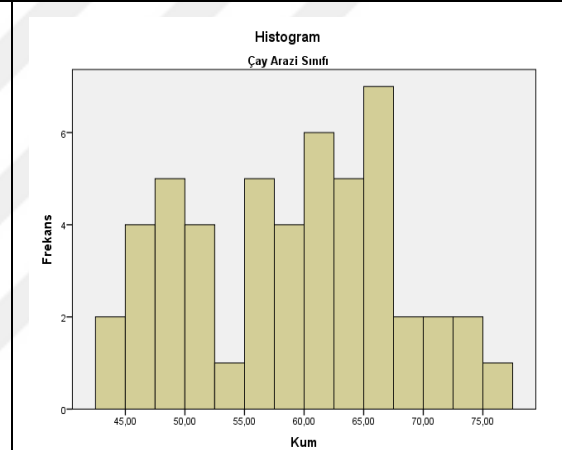
Şekil 50. Fındık Arazisine ait Topraktaki Yüzde Kil Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği



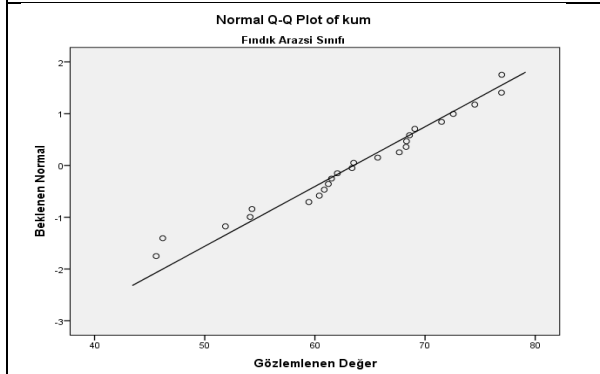
Şekil 51. Fındık Arazisi Toprak Kil Değerlerine Ait Histogram



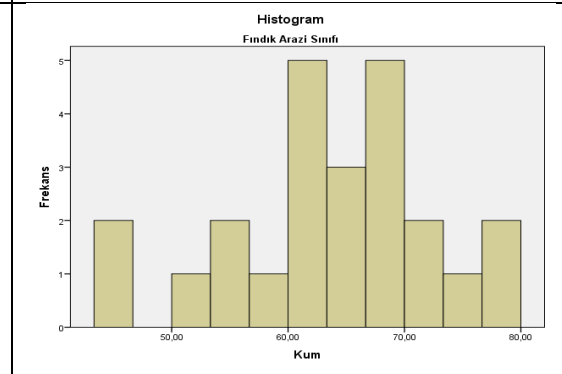
Şekil 52.. Çay Arazisine ait Topraktaki Yüzde Kum Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği



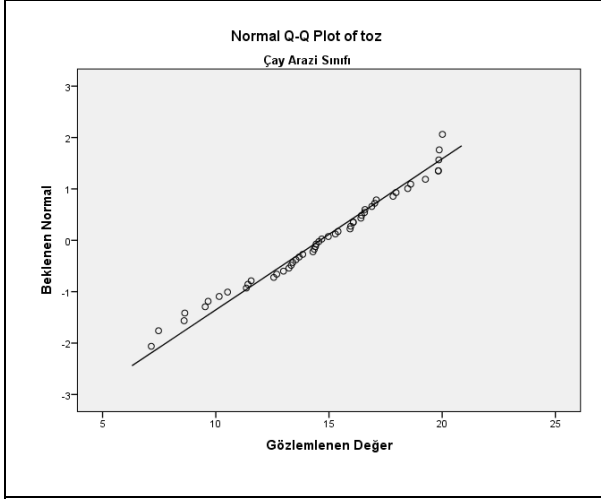
Şekil 53.Çay Arazisi Toprak Kum Değerlerine Ait Histogram



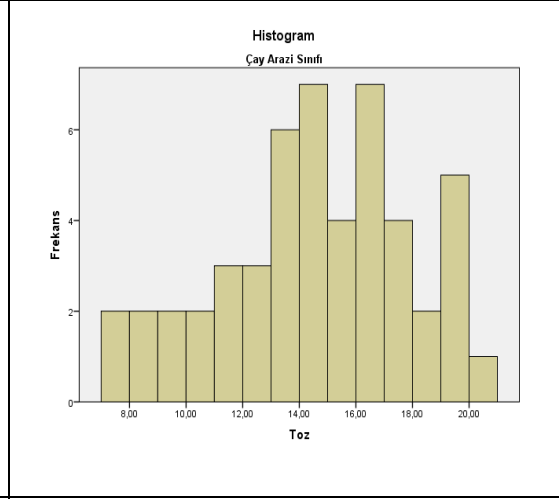
Şekil 54.. Fındık Arazisine ait Topraktaki Yüzde Kum Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği



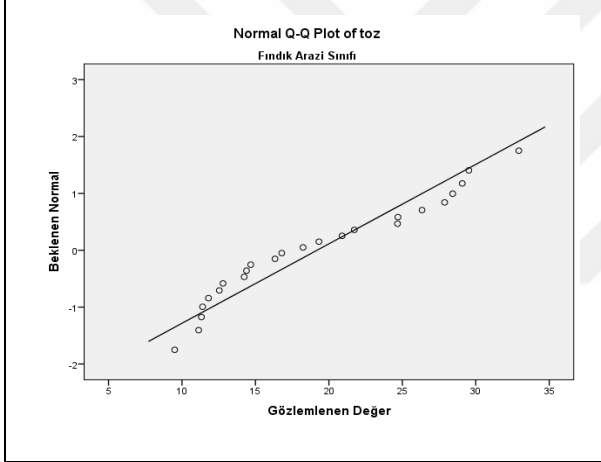
Şekil 55.Fındık Arazisi Toprak Kum Değerlerine Ait Histogram



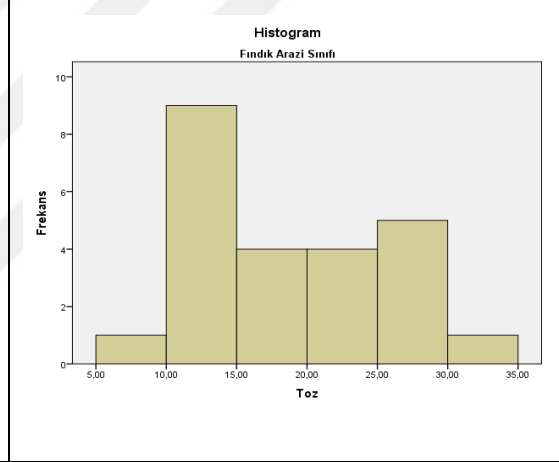
Şekil 56. Çay Arazisine ait Topraktaki Yüzde Toz Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği



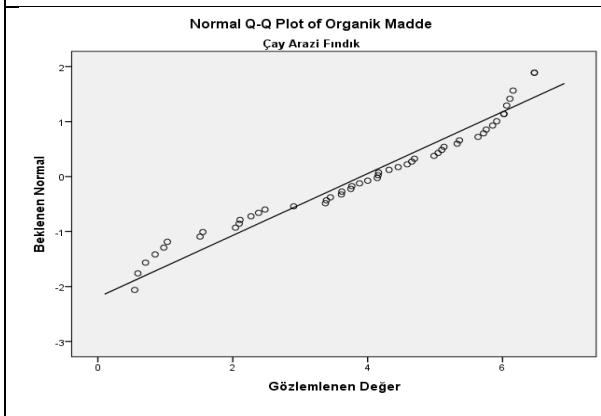
Şekil 57. Çay Arazisi Toprak Toz Değerlerine Ait Histogram



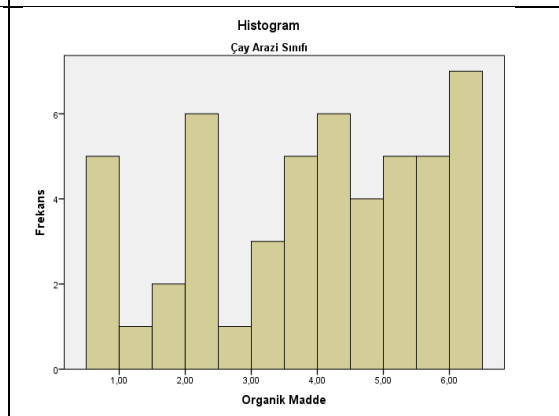
Şekil 58. Fındık Arazisine ait Topraktaki Yüzde Toz Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği



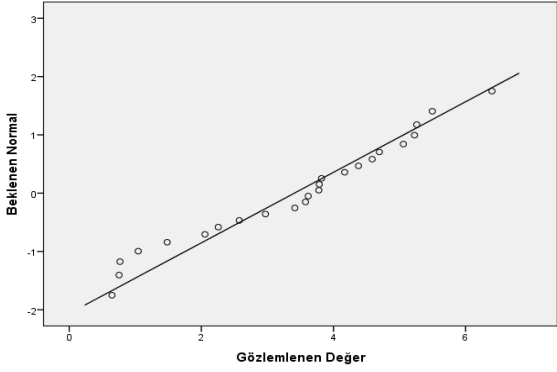
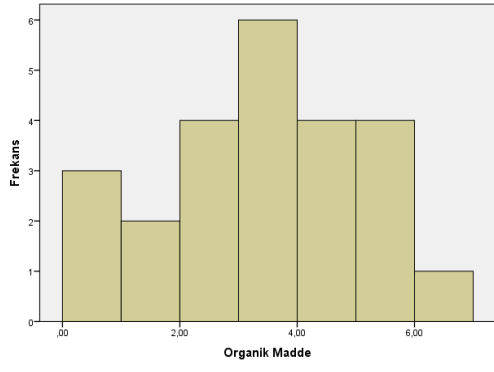
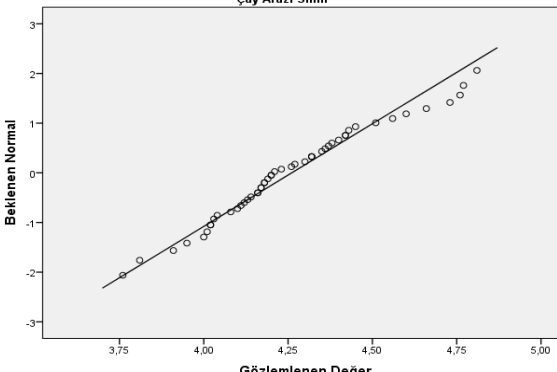
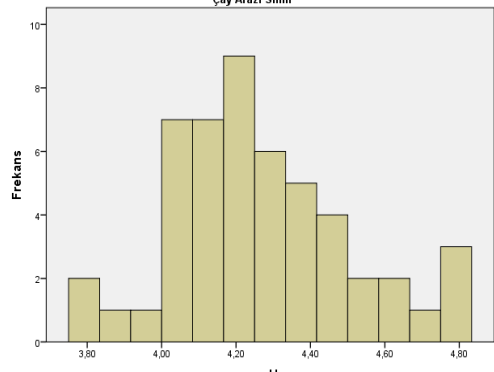
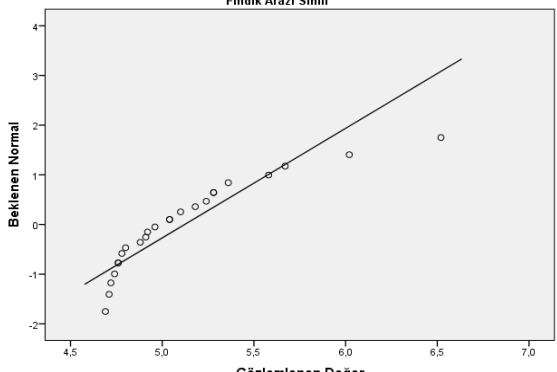
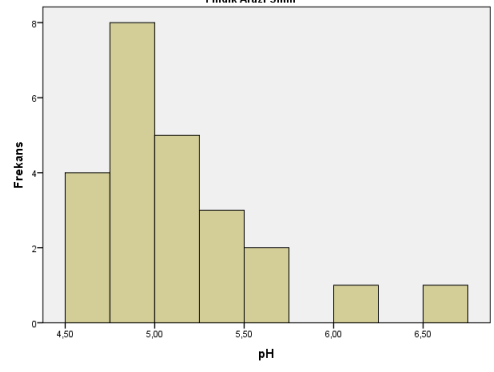
Şekil 59. Fındık Arazisi Toprak Toz Değerlerine Ait Histogram

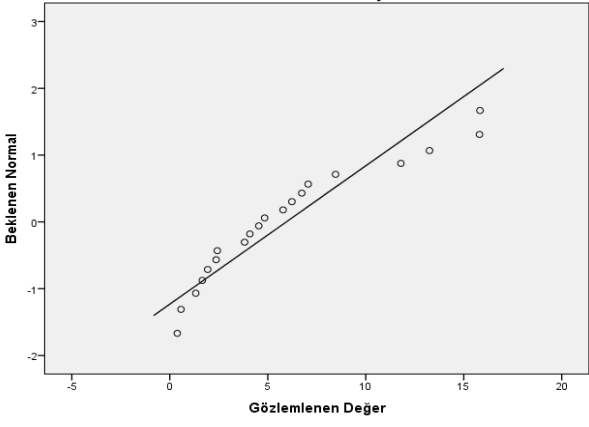
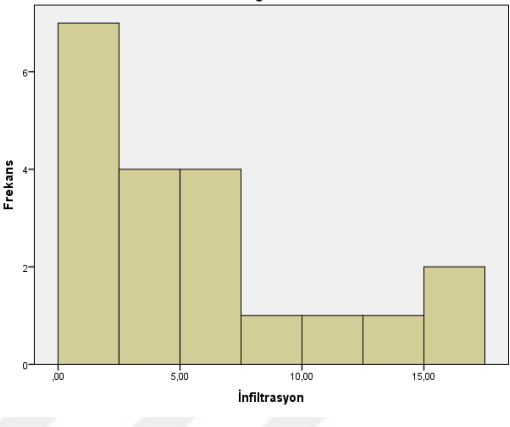
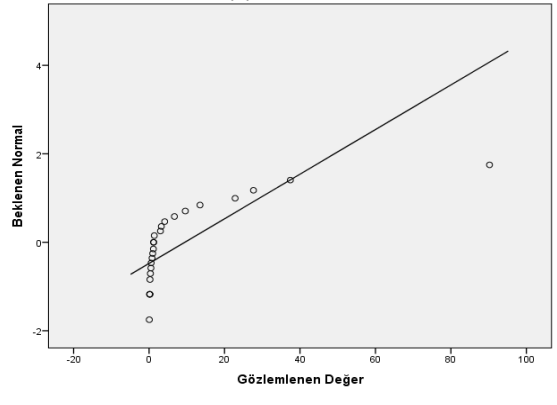
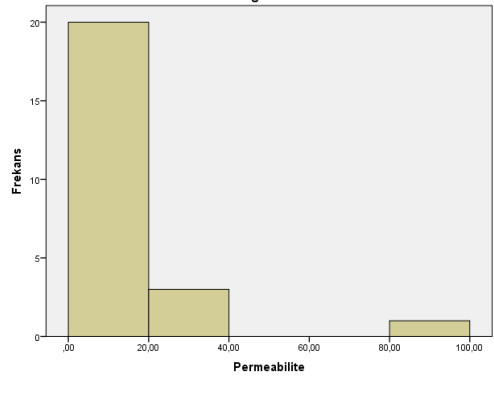


Şekil 60. Çay Arazisine ait Topraktaki Yüzde Organik Madde Değerlerinin

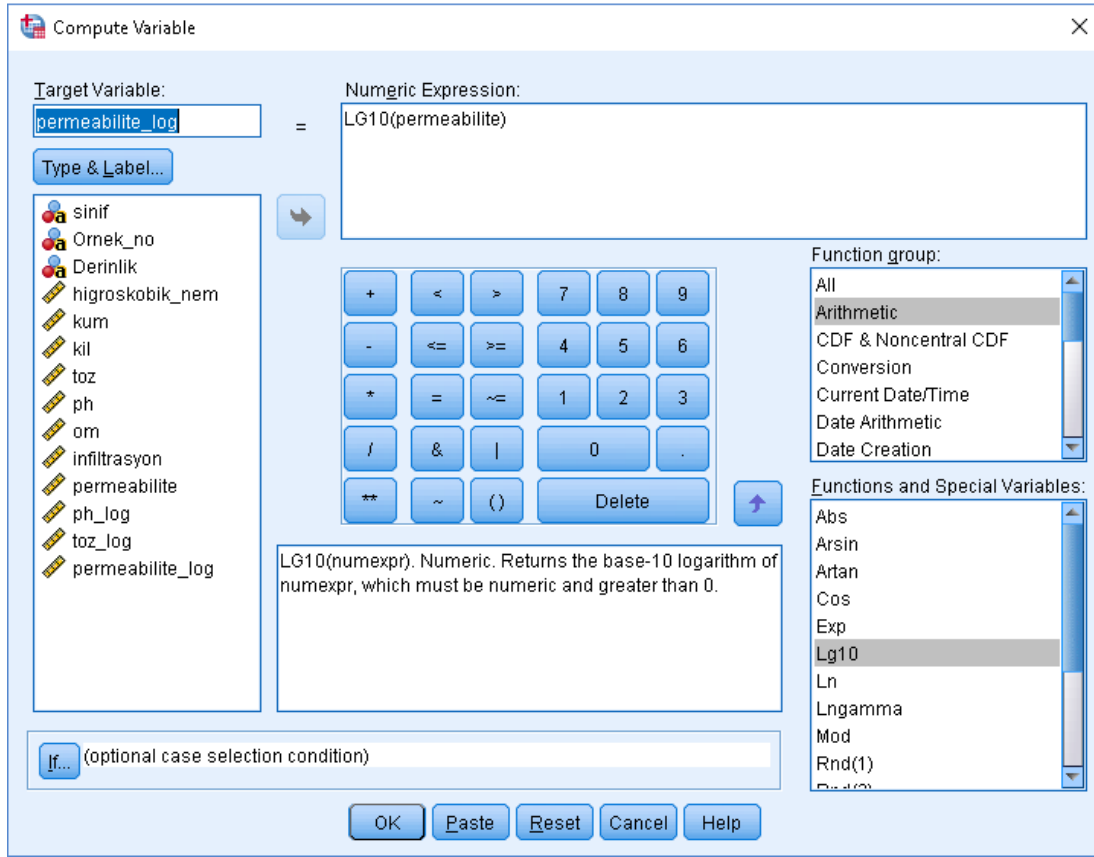


Şekil 61. Çay Arazisi Toprak Organik Madde Değerlerine Ait

Normal Q-Q Grafiği	Histogram
<p style="text-align: center;">Normal Q-Q Plot of Organik Madde Fındık Arazi Sınıfı</p> 	<p style="text-align: center;">Histogram Fındık Arazi Sınıfı</p> 
<p style="text-align: center;">Şekil 62. Fındık Arazisine ait Topraktaki Yüzde Organik Madde Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği</p>	<p style="text-align: center;">Şekil 63. Fındık Arazisi Toprak Organik Madde Değerlerine Ait Histogram</p>
<p style="text-align: center;">Normal Q-Q Plot of pH Çay Arazi Sınıfı</p> 	<p style="text-align: center;">Histogram Çay Arazi Sınıfı</p> 
<p style="text-align: center;">Şekil 64. Çay Arazisine ait Topraktaki pH Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği</p>	<p style="text-align: center;">Şekil 65. Çay Arazisi Toprak pH Değerlerine Ait Histogram</p>
<p style="text-align: center;">Normal Q-Q Plot of pH Fındık Arazi Sınıfı</p> 	<p style="text-align: center;">Histogram Fındık Arazi Sınıfı</p> 

<p>Şekil 66.Fındık Arazisine ait Topraktaki pH Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği</p>	<p>Şekil 67.Fındık Arazisi Toprak pH Değerlerine ait Histogram</p>
	
<p>Şekil 68.Topraktaki İnfiltrasyon Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği</p>	<p>Şekil 69.Toprak İnfiltrasyon Değerlerine ait Histogram</p>
	
<p>Şekil 70. Topraktaki Permeabilite Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği</p>	<p>Şekil 71.Toprak Permeabilite Değerlerine Ait Histogram</p>

Normalite kontrolünde Skewness ve Kurtosis değerleri +2 ile -2 değerleri arasında olması normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir (George ve Mallery, 2010). Eğer normalite testinde +2 ile -2 arasında yer almıyorsa verinin logaritması alınır (Şekil 72). Bu işlem için Transform sekmesinde bulunan Compute Variable seçilir. Açıklan pencerede Function group listesinden Arithmetic seçilir. Function and special variables listesine gelen Lg10 seçilir ve Numeric expression alanına formül gelir. Formül içine dönüştürülmek istenen veri sol listeden seçilerek eklenir en son olarak sol üst kısımda dönüşümden sonra sıralanacak olan veriler için başlık yazılır ve işlem tamamlanır.



Şekil 72. Compute Variable Ekranı

2.7.2 Toprak Özellikleri Normal Dağılım Analizi (Logaritmik Değerler)

Tablo 13. Toprak Özellikleri Skewness ve Kurtosis Analizleri (Logaritmik Değerler)

Skewness ve Kurtosis Analizleri				
Analiz Adı	Arazi Sınıfı		İstatistik	Standart S.
pH	Çay	Skewness	0.294	0.337
		Kurtosis	-0.039	0.662
	Fındık	Skewness	0.731	0.491
		Kurtosis	-0.360	0.953
İnfiltrasyon	Skewness		-0.489	0.472
	Kurtosis		-0.768	0.918
Permeabilite	Skewness		0.920	0.472
	Kurtosis		1.761	0.918

Toprak pH, infiltrasyon, permeabilite değerlerin skewness ve kurtois değerlerin +2 ile -2 arasından olduğu için normal dağılım yaptığı belirlenmiştir.

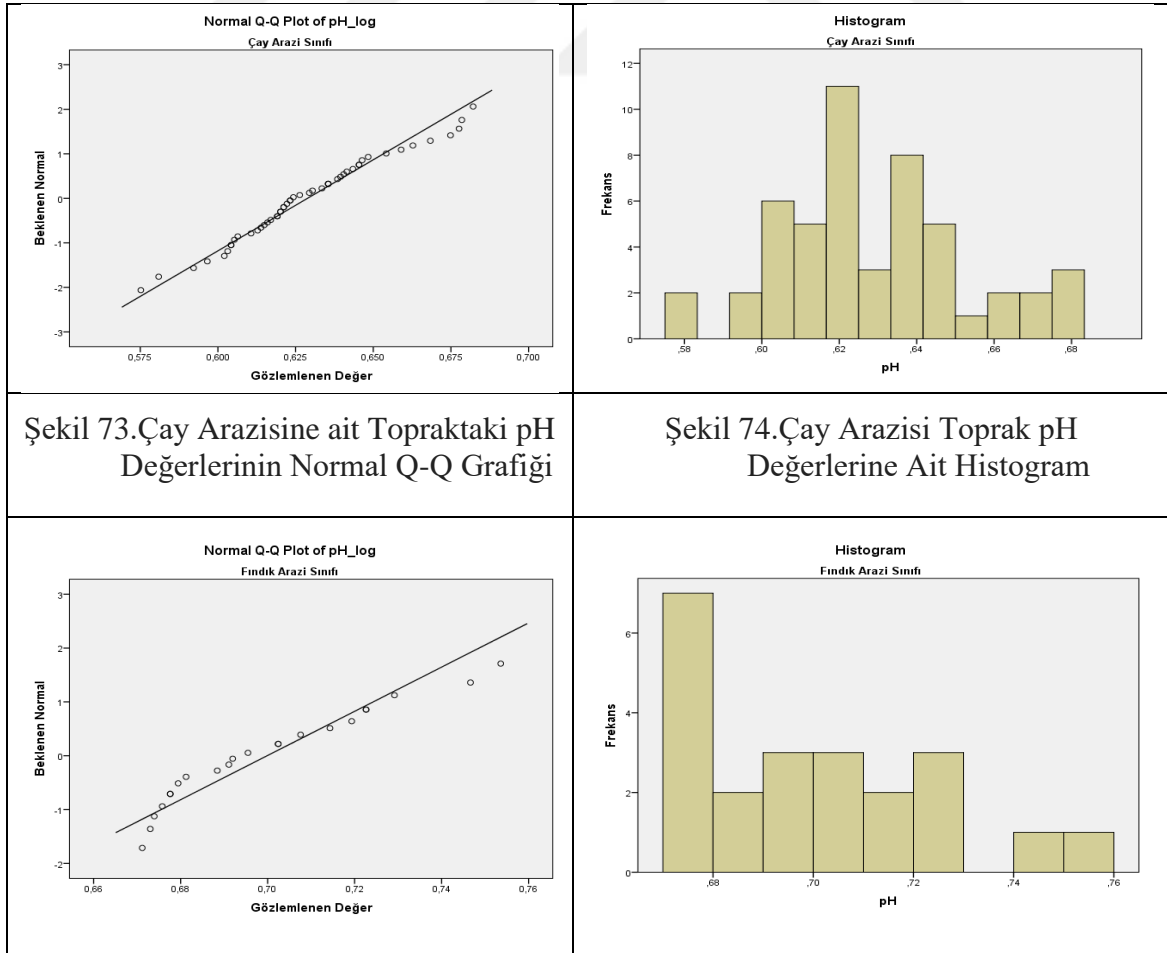
Tablo 14. Toprak Özellikleri Normalite Testi (Logaritmik Değerler)

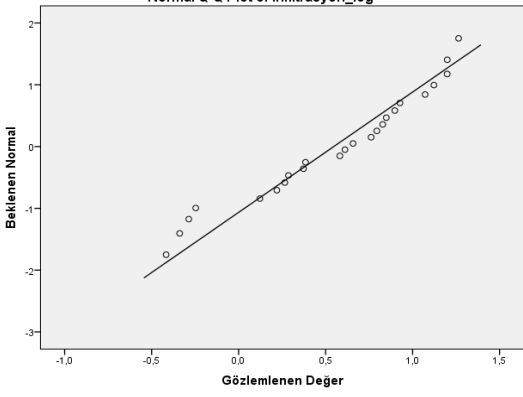
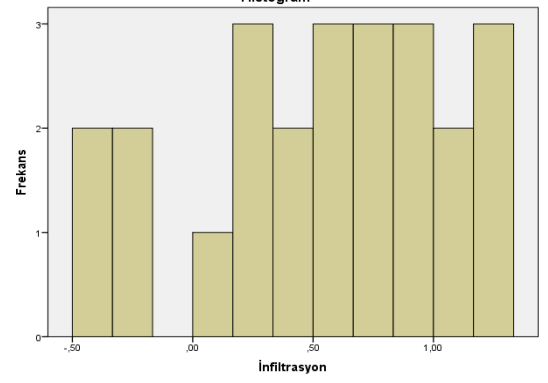
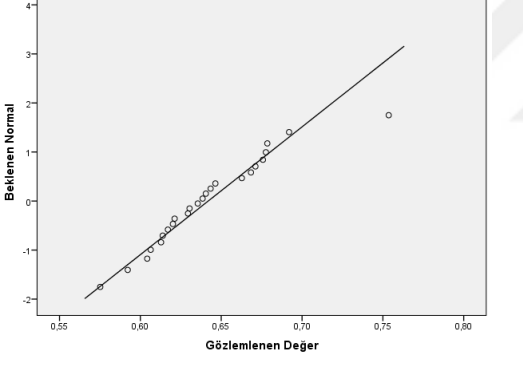
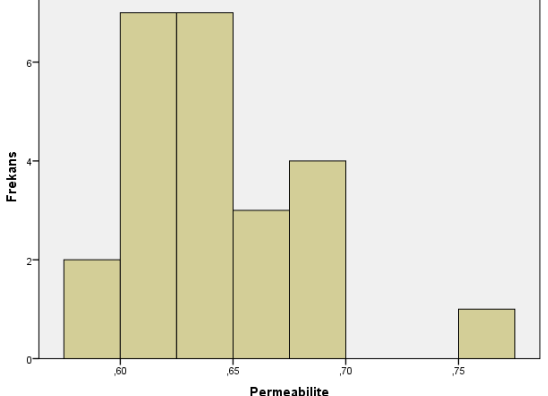
Normalite Testi							
pH	Sınıf	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
		cay	,094	50	,200*	,978	50
	findik	,142	22	,200*	,915	22	,061
İnfiltrasyon		0.120	24	,200*	0.936	24	0.133
Permeabilite		0.120	24	,200*	0.946	24	0.224

*. Bu, gerçek öneme sahip bir alt sınırdır.

b. Lilliefors Önem Düzeltme

Logaritması alınan toprak ph, infiltrasyon, permeabilite değerlerinin normalite testlerinde (Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk) hipotez H_0 "Toprak kil oran değerleri normal dağılım göstermektedir." Hipotezin kabul edildiği 0,05 değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.



<p>Şekil 75.Fındık Arazisine ait Topraktaki pH Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği</p>	<p>Şekil 76.Fındık Arazisi Toprak pH Değerlerine Ait Histogram</p>
	
<p>Şekil 77. Topraktaki İnfiltrasyon Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği</p>	<p>Şekil 78.Toprak İnfiltrasyon Değerlerine Ait Histogram</p>
	
<p>Şekil 79. Topraktaki Permeabilite Değerlerinin Normal Q-Q Grafiği</p>	<p>Şekil 80.Toprak Permeabilite Değerlerine Ait Histogram</p>

2.7.3 Yeraltı Görüntüleme Radarı Kil Derinlik Normal Dağılım Analizi

Skewness, Kurtosis istatistik değerleri +2 ile -2 arasında olmadığı için yeraltı görüntüleme radarı kil derinlik değerlerinin normal dağılım yaptığı gözlemlenmiştir.

Tablo 15.Yeraltı Görüntüleme Radarı Kil Derinlik Verisi Skewness ve Kurtosis Değerleri

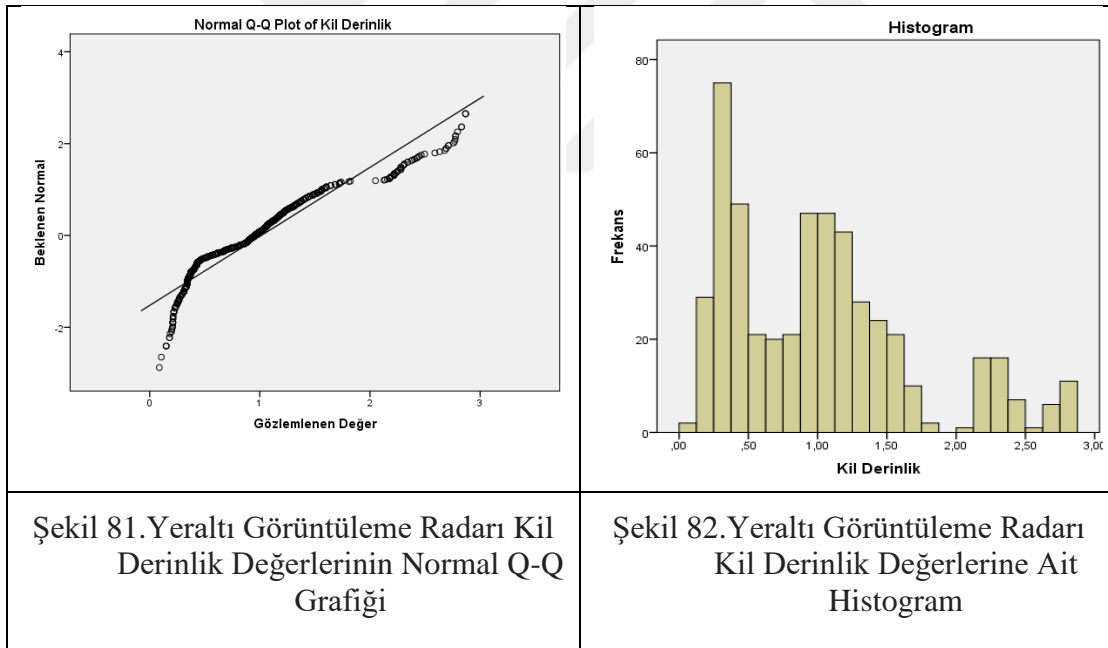
Tanımlayıcı			
		İstatistik	Standart S.
Kil Derinlik	Skewness	0.918	0.110
	Kurtosis	0.283	0.219

Kolmogorov-Smirnova, Shapiro-Wilk testlerine göre Sig. değeri 0,05'den küçük olduğu için yeraltı görüntüleme radarı kil derinlik değerlerinin normal dağılım yapmadığı gözlemlenmiştir.

Tablo 16.Yeraltı Görüntüleme Radarı Kil Derinlik Verisi Normalite Testi

Normalite Testi						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kil Derinlik	0.096	497	0.000	0.910	497	0.000

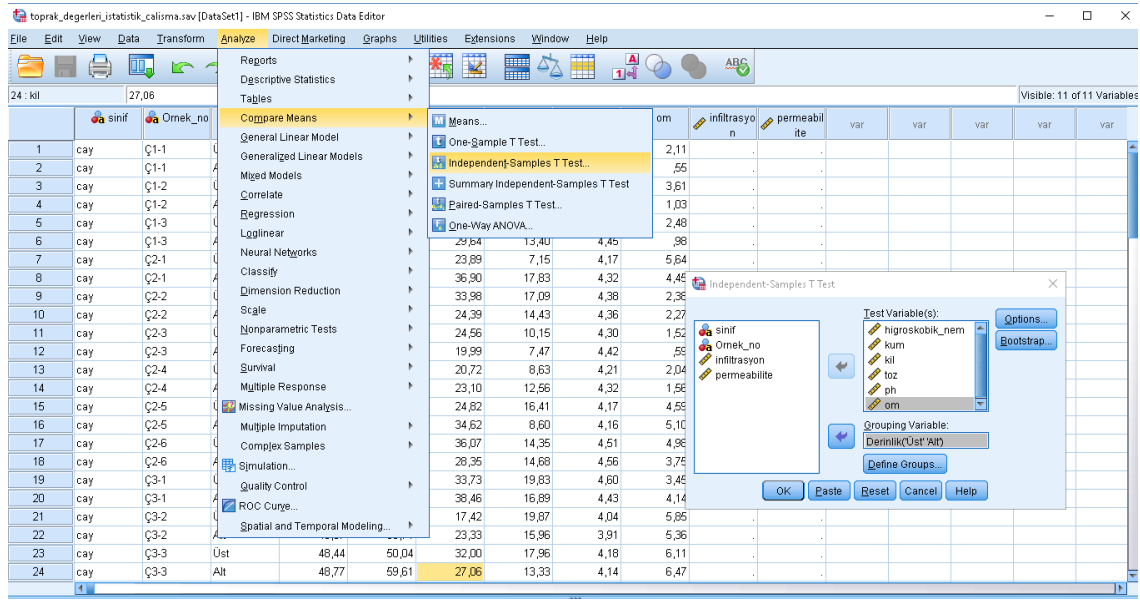
a. Lilliefors Önem Düzeltme



Normal dağılım testi yapıldıktan sonra normal dağılım gösteren verilere parametrik testlerden olan bağımsız t testi (Independent sample t test) ve Korelasyon testi yapılır.

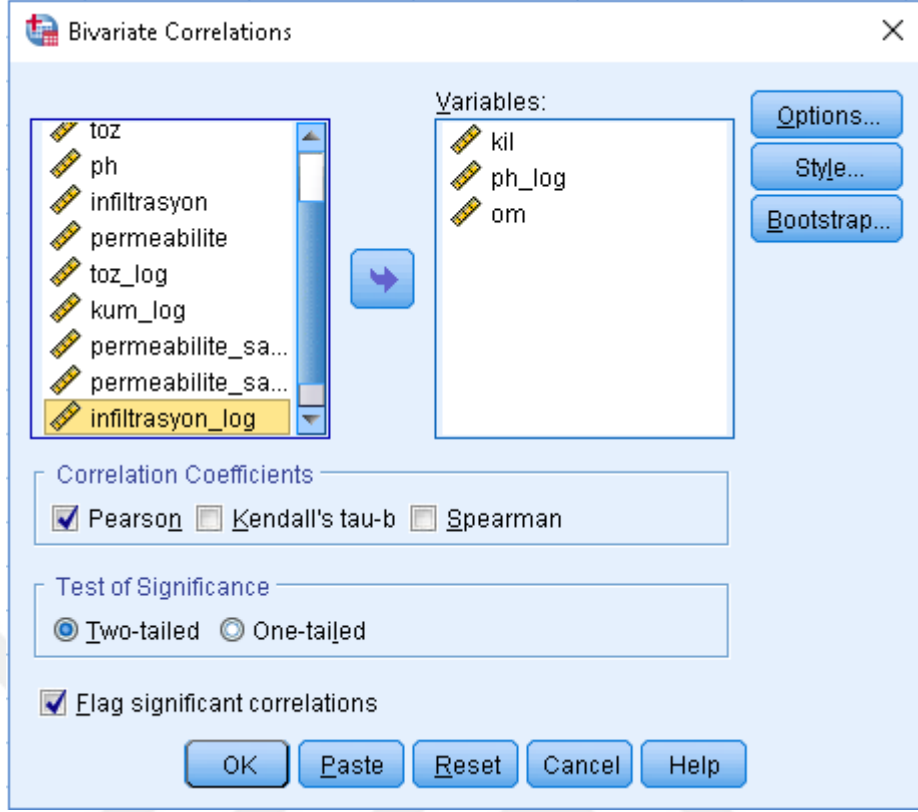
Bağımsız T Testi için ilk önce H_0 hipotezi belirlenir (H_0 = Arazi kullanımına bağlı olarak pH değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur gibi). Spss'te Independent sample t testini için ilk olarak 'Analyse' menüsünden 'Compare Means' içerisinde yer alan 'Independent Sample t' testi adımları seçilir. Açılan pencerenin üst kısmına testi yapmak istediğimiz

değer başlıkları (kil, kum, toz vb.) seçilir alt kısmına ise yapılmak istenen testin hangi gruplar arasında olacağı seçilir (Arazi kullanımı ya da derinlik kademesi). Seçilen grup verisi içerisinde yer alan grup isimleri define grup tuşuna tıklayarak Group 1 kısmına arazi sınıflandırmasının ya da derinlik kademesinin 1 tanesi, Group 2 kısmına ise kalan diğer grup ismi girilir ve daha sonra testin yapılabilmesi için OK tuşuna tıklanır. İşlem sonucu ekrana gelen tabloda Sig. değeri 0,05 den küçük ise kurulan H_0 hipotezi yanlış olduğu 0,05 den büyükse H_0 hipotezin doğru olduğu sonucuna ulaşılır.



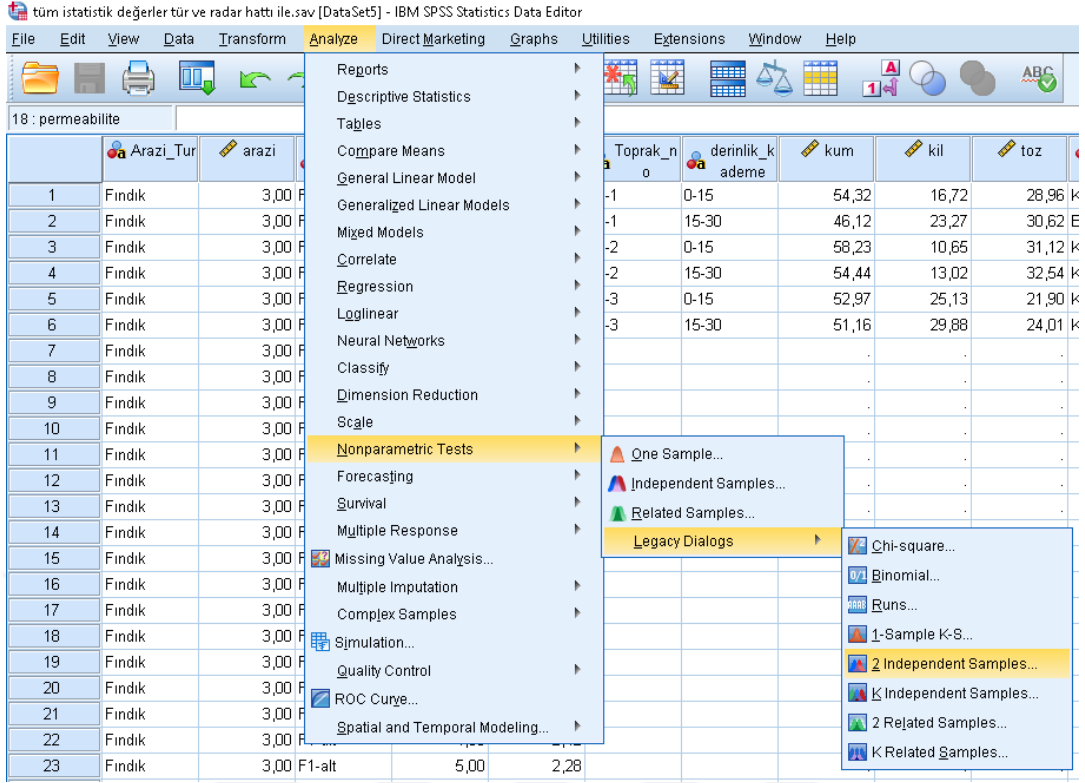
Şekil 83. SPSS Bağımsız T Testi Yapılış Aşaması

Son olarak toprak özelliklerinin kendi arasında etki etme durumunun olup olmadığının tespiti için korelasyon testi yapıldı. Bu analiz için ilk olarak SPSS'te Analyze menüsünden Correlate alt menüsünden Bivariate sekmesi seçilir. Daha sonra açılan pencereye analizi istenen değişkenler ortadaki ok yardımıyla seçerek pearson bölümünü seçip OK tuşuna basılır (Şekil 84). Analiz sonucunda anlamlılık değeri eğer 0,05'den küçükse değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğu söylenir. Korelasyon değeri pozitif yönlü bir değerse pozitif yönlü bir ilişkinin olduğu öne sürülür, negatif bir değerse değişkenler arasında negatif yönlü bir ilişkinin olduğu ifade edilir.



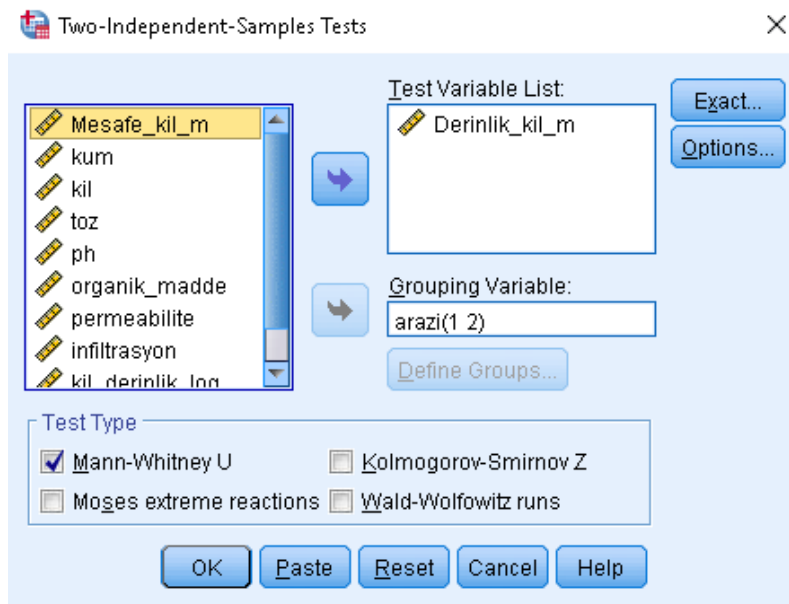
Şekil 84.Bivarite korelasyon ekranı

Normal dağılım göstermeyen verilere non-parametrik testlerden olan Mann Whitney U testi yapıldı. Test için (Şekil 83) aşamaları takip ederek test parametrelerinin giriş ekranına ulaşılır.



Şekil 85.SPSS Mann Whitney U testi açılışı

Açılan pencerede (Şekil 86) testi yapılmak istenen veri test variable list sekmesine eklenir. Veriyi karşılaştırmak için grup bilgisini içeren veri de grouping variable sekmesine eklenir. Buraya eklenen veri içerisindeki grup bilgisi define group sekmesinden girilerek işlem gerçekleştirilir.



Şekil 86.SPSS Mann Whitney U Testi Veri Giriş Ekranı

3 BULGULAR

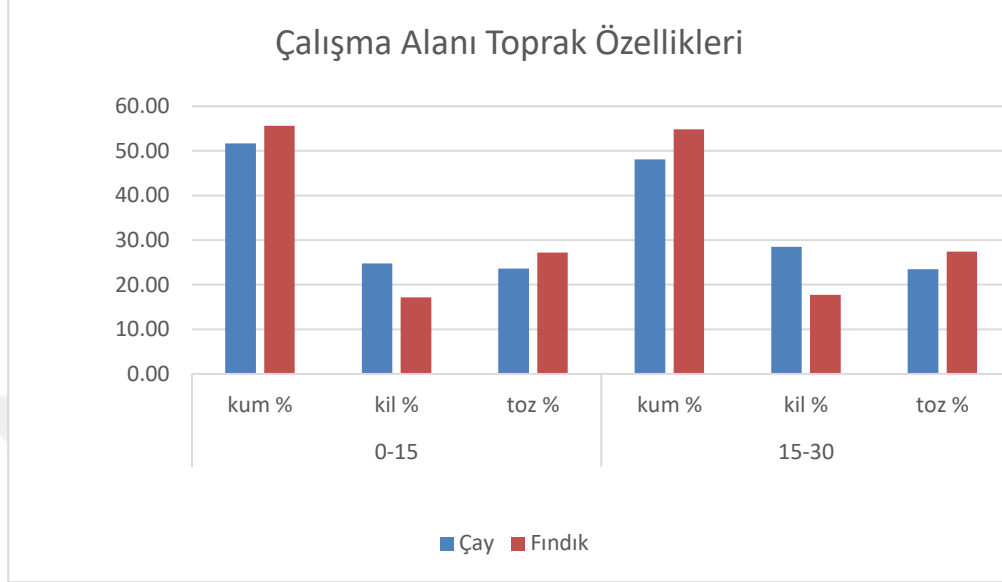
3.1 Toprak Özellikleri ile İlgili Bulgular

3.1.1 Tekstür

Kil ve toz oranlarının arazi kullanımlarına göre anlamlı farklılıklar sergiledikleri görülmüştür ($p < 0.05$). Ancak kum oranı arazi kullanımına göre değişmemiştir ($p > 0.05$). Çay bahçelerinden toplanan toprak örneklerindeki kum, kil ve toz içerikleri için en düşük değerler sırasıyla %35,8, %13,4 ve %15,6 ile Ç1-1, Ç4-6 ve Ç4-6 numaralı örnek alanlarda bulunmuştur. Yine çay arazilerindeki aynı parametreler için en yüksek değerler ise %71, %46,5 ve %32 ile Ç4-6, Ç1-1 ve Ç3-6 numaralı örnek alanlarda bulunmuştur. Fındıklıklarda ise bu değerler %45,6, %10,7 ve %20,9 ile F4-3, F1-2 ve F2-2 numaralı örnek alanlarda en düşüktür. Yine fındık arazilerinden alınan F2-2, F1-3 ve F3-3 ise kum, kil ve toz için sırasıyla %65,7, %25,4 ve %35,9 değerlerini alarak en yüksek örnek alanları oluşturmuşlardır.

Arazi türü ayrımı yapılmaksızın derinlik kademesi itibariyle yapılan değerlendirmede kum ve kil oranlarının iki farklı derinlik kademesi için farklılık göstermediği görülmüştür ($p > 0.05$). Ancak toz oranları iki derinlik kademesi arasında istatistik açıdan önemli farklılıklar göstermişlerdir ($p < 0.05$). İkinci olarak her bir arazi kullanımına göre derinlik kademesi ile tekstür arasında anlamlı farklılık olmadığı gözlemlenmiştir ($p > 0.05$). Aynı şekilde fındık tarım arazisinde kum ve kil için anlamlı bir farklılık olmadığı ($p > 0.05$) ancak toz için anlamlı bir farklılık olduğu ($p < 0.05$) sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca çay tarım arazisinde 0-15cm derinlik kademesinin Ç1-1 %35,84 kum Ç4-6 %13,39 kil, %15,62 toz en düşük değerler, Ç4-6 %71 kum, Ç1-1 %40,38 kil, Ç3-1 30,05 toz en yüksek değerleri oluşturmaktadır. 15-30 cm derinlik kademesinde Ç4-6 %36,69 kum, DÇ-2 %15,11 kil, Ç1-1 %16,86 toz ile en düşük değerler, Ç4-6 %66,01 kum, Ç4-1 %46,46 kil, Ç3-6 %31,99 toz ile en yüksek değerleri oluşturmaktadır. Fındık tarım arazisinde 0-15cm derinlik kademesinde F4-3 %45,49 kum, F1-2 %10,65 kil, %20,91 toz değerleri ile en düşük değerler, F2-2 %65,70 kum, F2-3 %25,38 kil, F4-3 %32,93 toz ile

en yüksek değerleri oluşturmaktadır. 15-30cm derinlik kademesinde F1-1 %46,12 kum, F2-2 %11,72 kil, F2-2 %23,44 toz değerleri ile en düşük değerler, F2-2 %64,84 kum, F2-3 %26,15 kil, F3-3 %35,94 toz ile en yüksek değerleri oluşturmaktadır.



Şekil 87. Tekstür Değerleri

3.1.2 Toprak Reaksiyonu (pH)

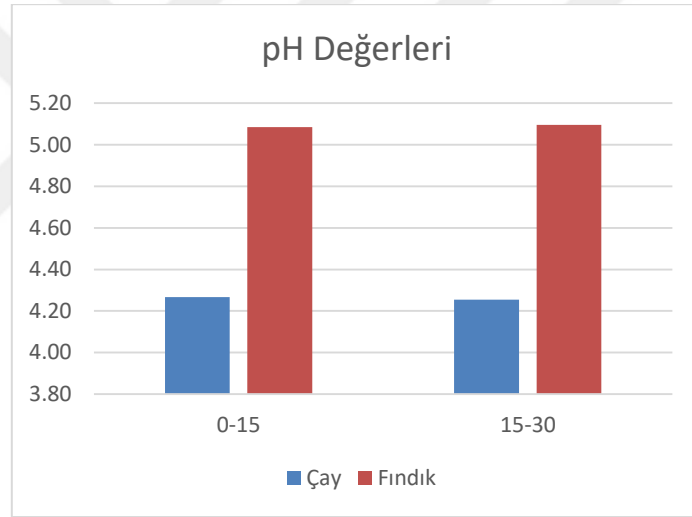
Genel olarak bakıldığında zaman fındık tarım arazisindeki değerler arasında F2-3 noktası 4,69 değeri ile en düşük, F3-3 noktası ise 6,52 ile en yüksek değerini oluşturmaktadır. Ortalama çay tarım arazisinin pH 4,26 olarak bulmuştur. Bu değer (Namlı, 2012)'a göre kuvvetli asit sınıfındadır. Ayrıca çay tarım arazisindeki pH değerleri arasında DÇ-1 noktası 3,76 ile en düşük değer, Ç4-6 noktası 4,81 ile en yüksek değeri oluşturmaktadır.

Toprak pH değerinin arazi kullanımına bağlı olarak bir farklılığın olup olmadığı bağımsız t testi ile test edilmiştir. Yapılan test sonucuna göre arazi kullanımı ile toprağın pH değeri arasında anlamlı bir farkın ($p < 0,00$) olduğu anlaşılmıştır (Ek Tablo 11).

Fındık tarım arazisinde 0-15cm derinlik kademesinde değerler arasında F2-2 noktası 4,69 ile en düşük değer, F3-3 noktası 6,52 ile en yüksek değeri oluşturmaktadır. 15-30cm derinlik kademesinde veriler arasında F1-1 noktası 4,74 ile en düşük değer, F3-3 noktası 6,02 ile en yüksek değerleri oluşturmaktadır. Ayrıca çay tarım arazisinde 0-15cm derinlik kademesinde veriler arasında DÇ-1 noktası 3,76 ile en düşük değer, Ç4-6 noktası 4,81 ile

en yüksek değeri oluşturmaktadır. 15-30 cm derinlik kademesinde veriler arasında DÇ-2 noktası 3,81 ile en düşük değer, Ç1-1 noktası 4,77 ile en yüksek değeri oluşturmaktadır.

Derinlik kademesine ait istatistiki analizleri 2 ayrı aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak arazi kullanımına bakılmaksızın derinlik kademesine göre bağımsız t-testi uygulanmış ve 0-15 cm ile 15-30 cm arasındaki derinlik kademelerindeki pH değerlerinin arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark ($p>0.05$) olmadığı anlaşılmıştır. İkinci olarak her bir arazi kullanımdaki elde edilen verilerin kendi içerisindeki derinlik kademesindeki pH değerleri arasındaki farklara bakılmıştır. Analiz sonucunda hem çay hem de fındık arazilerindeki deneme noktalarındaki derinlik kademelerinin pH değeri bakımından anlamlı bir fark ($p>0.05$) oluşturmadığı görülmüştür.



Şekil 88. Çay ve Fındık arazilerindeki toprak derinliklerine ait pH değerleri

3.1.3 Organik Madde

Genel olarak incelendiği zaman çay tarım arazisinde organik madde miktarı 3,90 değerine ulaşmıştır. Fındık tarım arazisinde ise organik madde miktarı 3,41 olarak bulunmuştur. Bu değerlere (OGM, 2019) sınıflandırmasına göre her iki arazi sınıfı da orta humuslu organik madde sınıfına girmiştir.

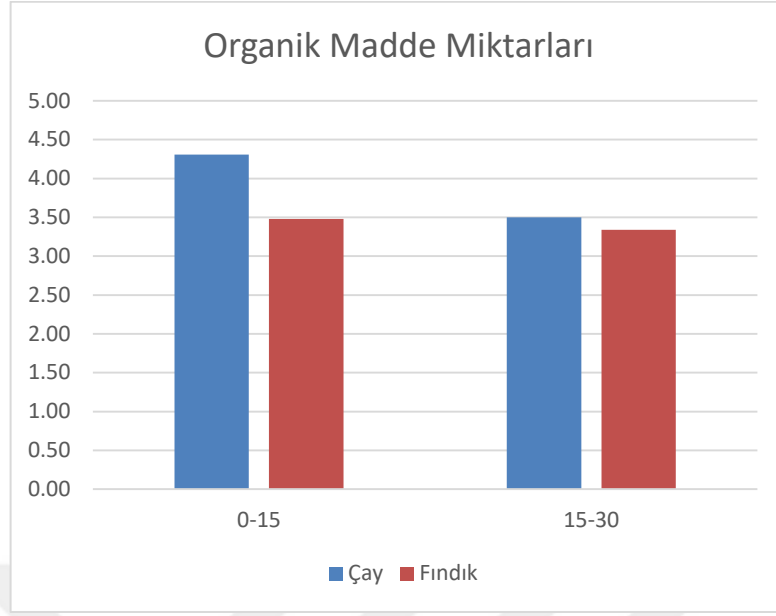
Toprak organik madde değerinin arazi kullanımına bağlı olarak bir farklılığın olup olmadığı bağımsız t testi ile test edilmiştir. Yapılan test sonucuna göre arazi kullanımı ile

toprağın organik madde değeri arasında anlamlı bir farkın ($p>0,05$) olmadığı anlaşılmıştır (Ek Tablo 12).

Ayrıca çay tarım arazisindeki organik madde değerleri arasında Ç1-1 noktası 0,546 ile en düşük değer, Ç3-3 noktası ve Ç4-1 noktası 6,472 ile en yüksek değeri oluşturmaktadır. Fındık tarım arazisindeki değerler arasında F2-3 noktası 4,69 değeri ile en düşük, F3-3 noktası 6,52 ile en yüksek değerini oluşturmaktadır.

Genel olarak incelendiği zaman çay tarım arazisinde organik madde miktarı 3,90 değerine ulaşmıştır. Fındık tarım arazisinde ise organik madde miktarının 3,41 olarak bulunmuştur. Bu değerlere (OGM, 2019) göre her iki arazi sınıfı da orta humuslu organik madde sınıfına girmiştir.

Derinlik kademesi itibariyle yapılan değerlendirmede istatistik analizlerini 2 ayrı aşamada gerçekleştirildi. İlk olarak arazi kullanımına bakılmaksızın derinlik kademesine göre ve her bir arazi kullanımındaki elde edilen verilerin kendi içerisindeki derinlik kademesindeki farklılara bakıldığı zaman derinlik kademesi ile organik madde arasında anlamlı bir fark olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0,05$). İkinci olarak her bir arazi kullanımına göre derinlik kademesi ile organik madde miktarı arasındaki farka bakıldı. Çay arazisinde ve fındık arazisinde farkların anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır ($p>0,05$). Ayrıca çay tarım arazisinde 0-15cm derinlik kademesinde veriler arasında Ç4-6 noktası 0,707 ile en düşük değer, Ç4-1 noktası 6,472 ile en yüksek değeri oluşturmaktadır. 15-30 cm derinlik kademesinde veriler arasında Ç1-1 noktası 0,546 ile en düşük değer, Ç3-3 noktası 6,472 ile en yüksek değeri oluşturmaktadır. Fındık tarım arazisinde 0-15cm derinlik kademesinde değerler arasında F3-2 noktası 0,754 ile en düşük değer, F3-3 noktası 5,496 ile en yüksek değeri oluşturmaktadır. 15-30cm derinlik kademesinde veriler arasında F2-3 noktası 0,647 ile en düşük değer, F3-2 noktası 6,398 ile en yüksek değerleri oluşturmaktadır.



Şekil 89. Çay ve Fındık arazilerindeki toprak derinliklerine ait Organik madde miktarı

3.1.4 Permeabilite ile İlgili Bulgular

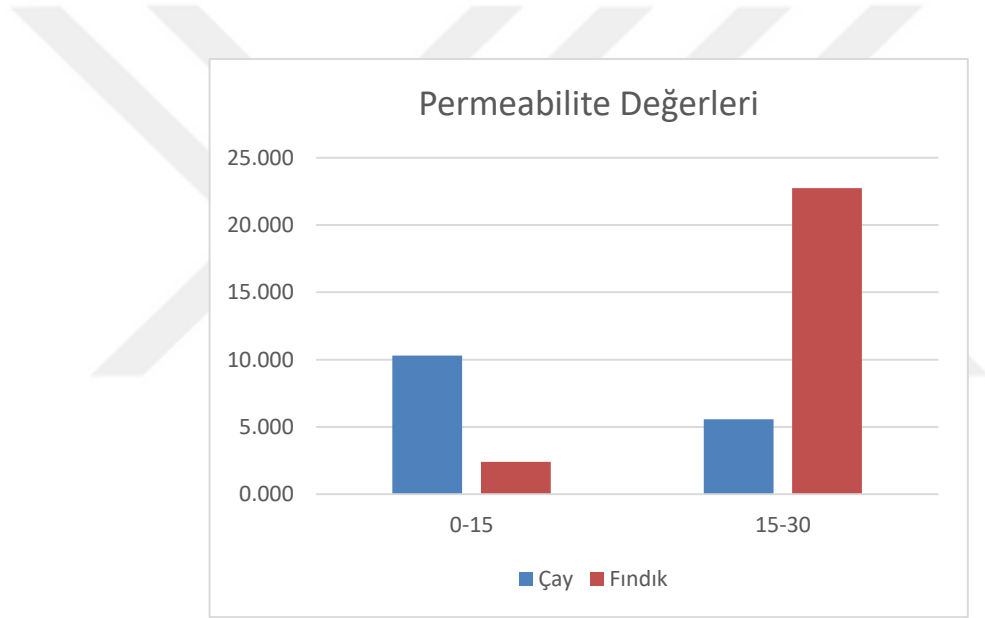
Genel olarak çay tarım arazisinde 0-15cm derinlik kademesinde veriler arasında Ç4-1 0,062 cm/saat ile en düşük değer, Ç3-3 37,452 cm/saat ile en yüksek değeri oluşturmaktadır, 15-30 cm derinlik kademesinde veriler arasında Ç4-1 0,533 cm/saat ile en düşük değer, Ç3-1 22,794 cm/saat ile en yüksek değeri oluşturmaktadır, Fındık tarım arazisinde 0-15cm derinlik kademesinde değerler arasında F1-1 0,481 cm/saat ile en düşük değer, F2-3 6,737 cm/saat ile en yüksek değeri oluşturmaktadır, 15-30cm derinlik kademesinde veriler arasında F1-1 0,187 cm/saat ile en düşük değer, F2-2 90,248 cm/saat ile en yüksek değerleri oluşturmaktadır.

Toprak permeabilite değerinin arazi kullanımına bağlı olarak bir farklılığın olup olmadığı bağımsız t testi ile test edilmiştir. Yapılan test sonucuna göre arazi kullanımı ile toprağın organik madde değeri arasında anlamlı bir farkın ($p>0,05$) olmadığı anlaşılmıştır (Ek Tablo 12).

Ayrıca çay tarım arazisindeki permeabilite değerleri arasında Ç4-1 0,062 cm/saat ile en düşük değer, Ç3-3 37,452 cm/saat ile en yüksek değeri oluşturmaktadır, Fındık tarım arazisindeki değerler arasında F1-1 0,187 cm/saat değeri ile en düşük, F2-2 90,248 cm/saat ile en yüksek değerini oluşturmaktadır.

Toprak permeabilite değerinin derinlik kademesine bağlı olarak bir farklılığın olup olmadığı bağımsız t testi ile test edilmiştir. Yapılan test sonucuna göre derinlik kademesi ile toprağın permeabilite değeri arasında anlamlı bir farkın ($p>0,05$) olmadığı anlaşılmıştır (Ek Tablo 14).

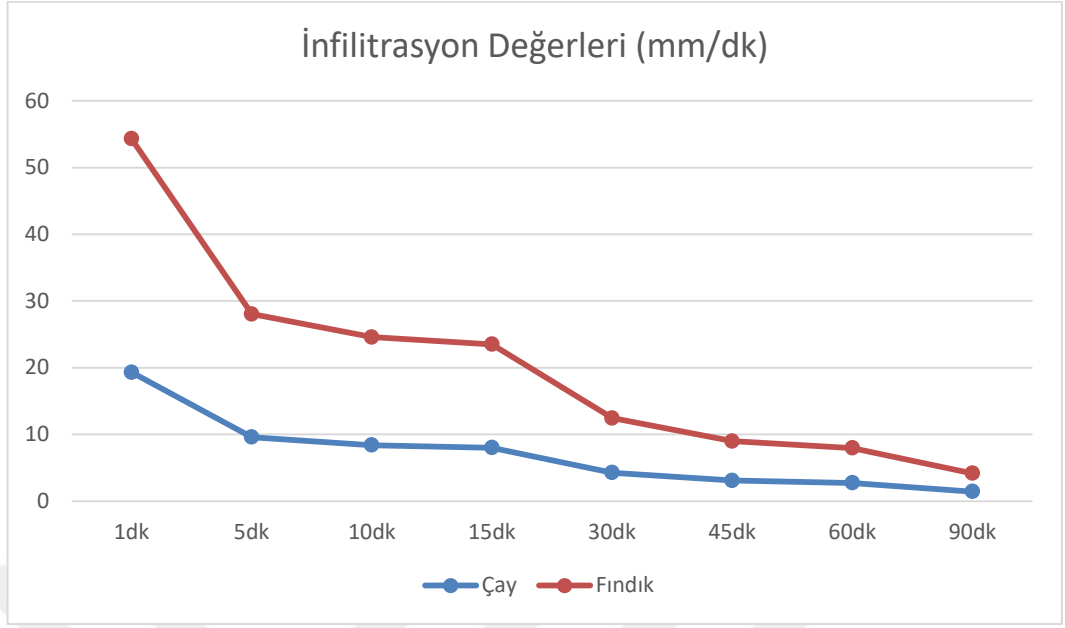
Özetle fındık arazisinin permeabilite değeri ortalama 12,570 cm/saat, çay arazisinin permeabilite değeri 7,924 cm/saat sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre çay tarım arazisinde fındık tarım arazisinden daha yavaş olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca (Gupta, 2019) yapmış olduğu sınıflandırmaya (Tablo 10) bakılarak çay arazisi orta hızlı, fındık arazisi hızlı permeabilite sınıfına dahil olduğu gözlemlenmektedir.



şekil 90. ay ve Fındık arazilerindeki toprak derinliklerine ait Permeabilite Değerleri

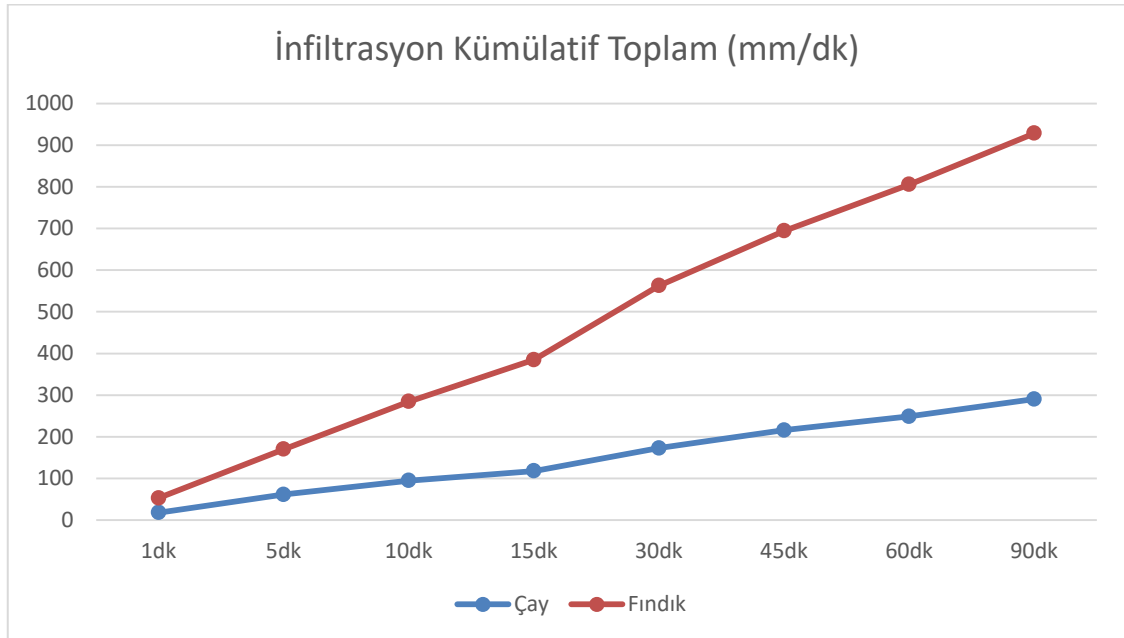
3.1.5 İnfiltasyon ile İlgili Bulgular

ay ve fındık tarım arazilerinde yapılan infiltasyon analizi sonuçları şekil 48’de gösterilmiştir. Analizde belirli srelerdeki infiltasyon kapasitesinin zamanla azalışı gözükmekle beraber bu azalma çay arazisinde fındık arazisine göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 91. İnfiltrasyon Değerleri (mm)

Çay ve fındık tarım arazilerinde zaman içerisindeki infiltrasyon miktarlarının toplanarak elde edilen analizdir (Şekil 49). Analizde artışın belirli bir çizgide olduğu gözükmele beraber fındık tarım arazisinde çay tarım arazisine göre daha fazla olduğu gözükmektedir.



Şekil 92. İnfiltrasyon Kümülatif Toplam (mm)

Araziden elde edilen verilerden çay tarım arazisinde 4,84 mm/saat, fındık tarım arazisinde 10,64 mm/saat infiltrasyon değerine ulaşılmıştır. Arazi sınıflarına göre elde edilen değerlerde çay tarım arazisinde infiltrasyon değerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca Scherer ve ark. (1996) tarafından hazırlanan infiltrasyon sınıflandırma tablosuna göre (Tablo 7) çay tarım arazisi hızlı, fındık tarım arazisi ise orta infiltrasyona sahip araziler sınıfındadır.

3.2 Yeraltı Görüntüleme Radarı ile ilgili bulgular

3.2.1 Fındıklık Alanı ile ilgili Bulgular

Arazi türleri ile yer radarı tespit edilen kil değerinin derinliğine bağlı olarak bir farklılığın olup olmadığı bağımsız t testi ile test edilmiştir. Boş arazi ile çay arazisinin karşılaştırılması sonucu anlamlı farklılık ($p<0.033$) olduğu (Ek Tablo 15), boş arazi ile fındık arazisinin karşılaştırılması sonucu anlamlı farklılık ($p<0.000$) olduğu (Ek Tablo 16), boş arazi ile heyelan arazisinin karşılaştırılması sonucu anlamlı farklılık ($p<0.000$) olduğu (Ek Tablo 17), çay arazi ile fındık arazisinin karşılaştırılması sonucu anlamlı farklılık ($p<0.000$) olduğu (Ek Tablo 18), çay arazi ile heyelan arazisinin karşılaştırılması sonucu anlamlı farklılık ($p<0.032$) olduğu (Ek Tablo 19), fındık arazi ile heyelan arazisinin karşılaştırılması sonucu anlamlı farklılık ($p<0.000$) olduğu (Ek Tablo 20) gözlemlenmiştir.

Fındıklıklarda toplam dört hatta yapılan tarama sonuçları Şekil 99-102'de gösterilmiştir. Fındık alanına ait F1 radar hattında (Şekil 94) kil birikme zonunun en derin noktasının 2,87 m olduğu ve başlangıç noktasına 20, 21 ve 22 metre uzaklıktaki noktalarda bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde en sık kil birikme zonunun 0,9 m ile F1 radar hattı başlangıç noktasına 31 ve 32 metre uzaklıktaki noktalarda bulunduğu anlaşılmıştır. F1 radar hattına ait ortalama kil birikme zonu 1,78 metredir.

Fındık alanına ait F2 radar hattındaki kil birikme zonunun en derin noktasının 1,60 m olduğu ve başlangıç noktasına 7 metre uzaklıktaki noktada bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 95). Aynı şekilde en sık kil birikme zonunun 1,04 m ile F1 radar hattı başlangıç

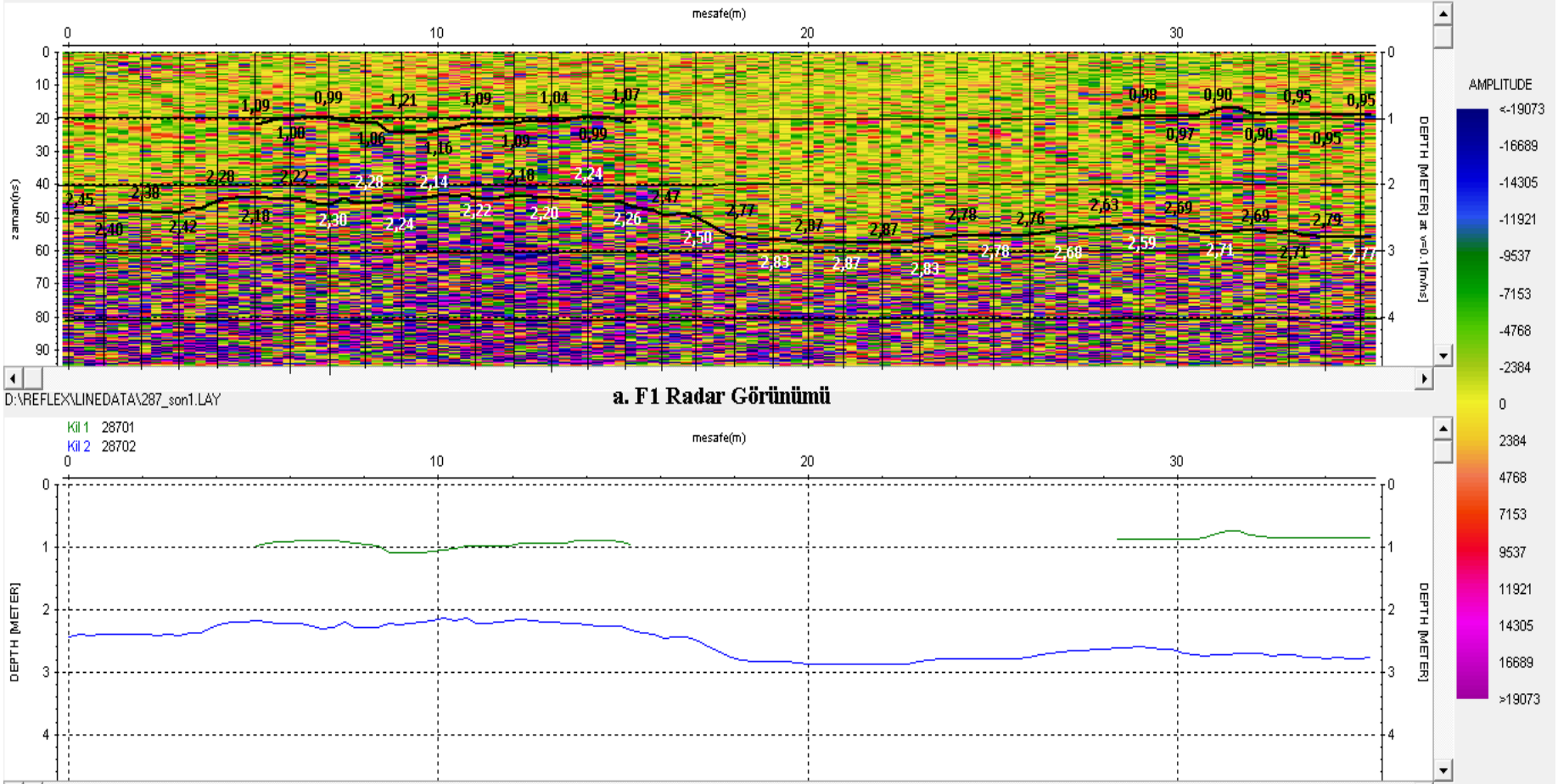
noktasına 19 metre uzaklıktaki noktada bulunmuştur. F1 radar hattına ait ortalama kil birikme zonu 1,30 m'dir.

Fındık alanına ait F3 radar hattının incelenmesi sonucunda kil birikme zonunun en derin noktasının 1,78 m olduğu ve F3 radar hattı başlangıç noktasına 23 metre uzaklıkta bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 96). Aynı şekilde en sık kil birikme zonunun 0,78 m ile F3 radar hattı başlangıç noktasına 1 metre uzaklıktadır. F3 radar hattına ait ortalama kil birikme zonunun 1,04 metre olduğu görülmüştür.

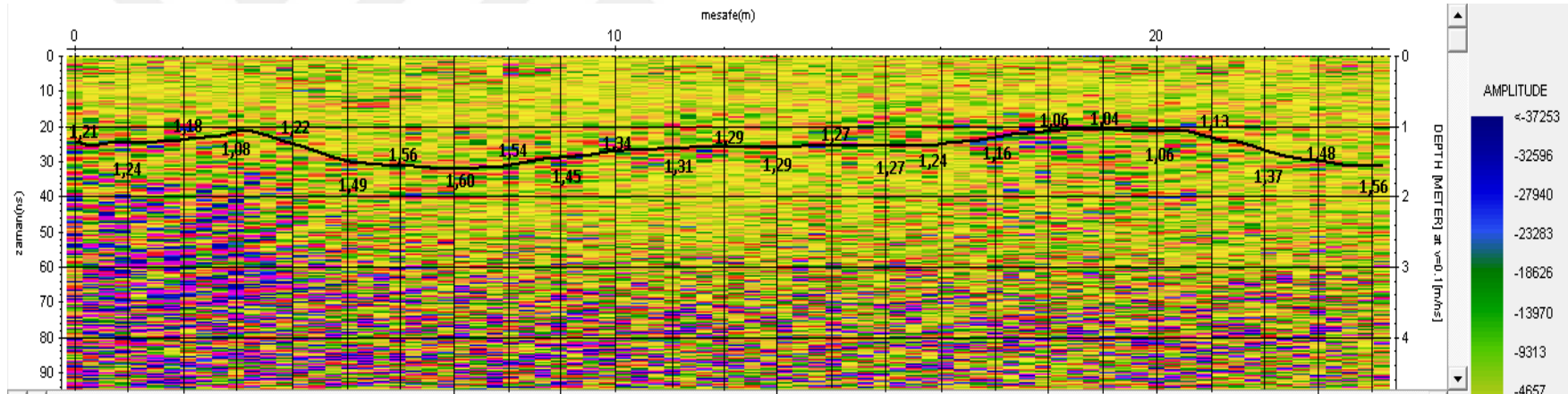
Fındık alanına ait F4 radar hattının incelenmesi sonucunda (Şekil 97) kil birikme zonunun en derin noktasının 2,22 m olduğu ve F4 radar hattı başlangıç noktasına 18 metre uzaklıktaki noktada bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde en sık kil birikme zonunun 0,89 m ile F4 radar hattı başlangıç noktasına 2 ve 11 metre uzaklıktaki noktalarda bulunmuştur. F4 radar hattına ait ortalama kil birikme zonunun 1,21 metre olduğu görülmüştür.



Şekil 93.Fındık Alan Görünümü

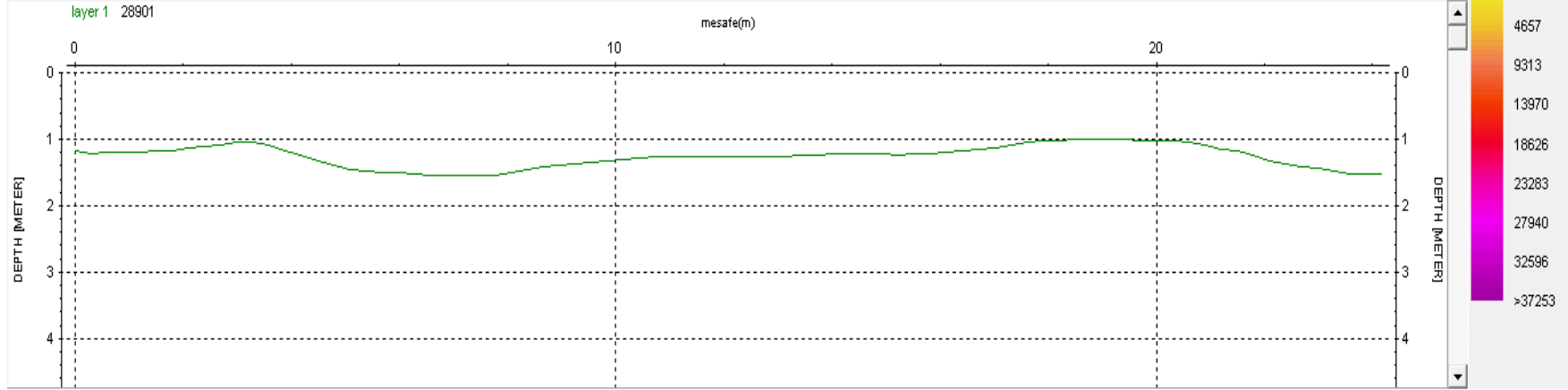


Şekil 94. F1 Radar Hattı



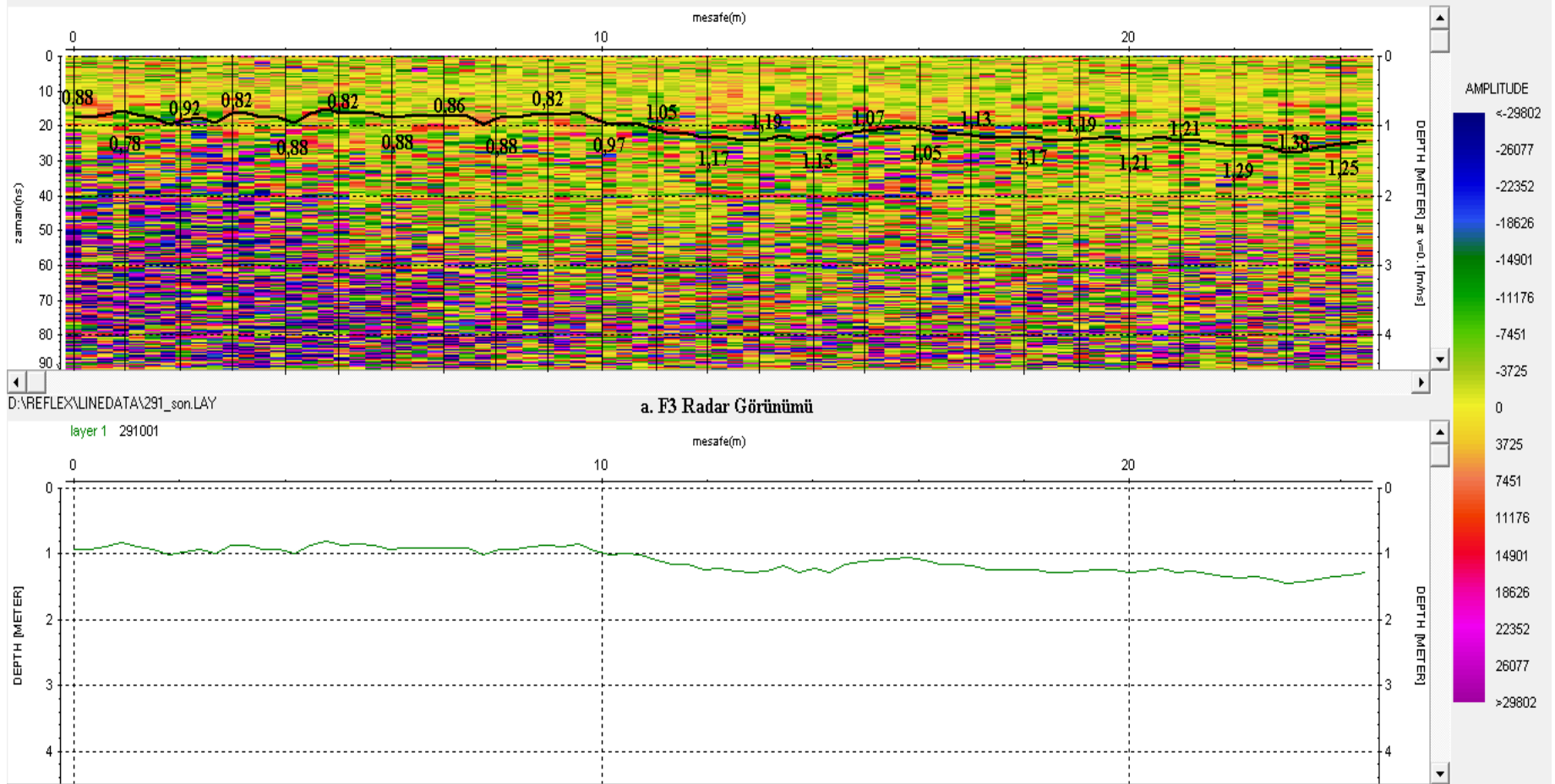
D:\REFLEX\LINE\DATA\289_son.LAY

a. F2 Radar Görünümü

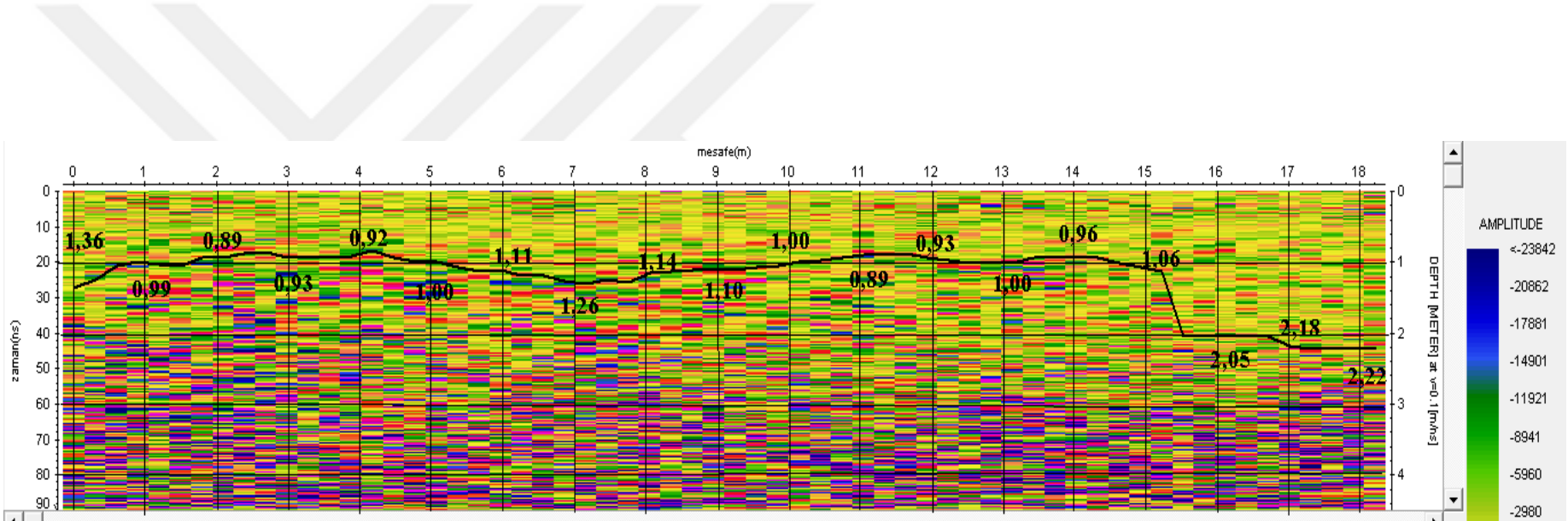


b. F2 Katman Grafiği

Şekil 95. F2 Radar Hattı

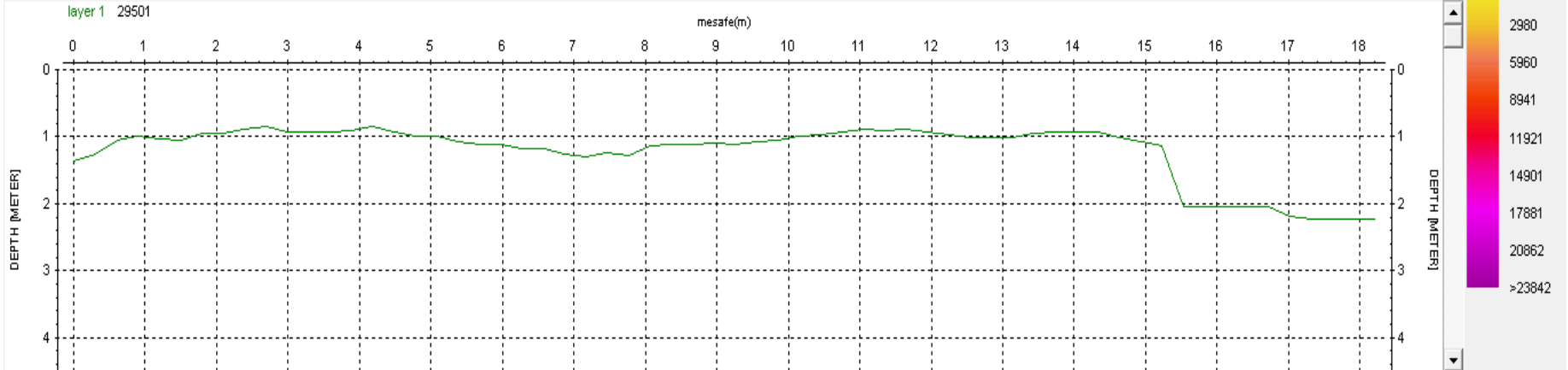


Şekil 96.F3 Radar Hattı



D:\REFLEX\LINEDATA\295_son.LAY

a. F4 Radar Görünümü



b. F4 Katman Grafiği

Şekil 97.F4 Radar Hattı

Fındık tarım arazisinde genel tek kil katmanı gözükmiştir. F1 radar hattında ayrıca parçalı şekilde görünen yüzeye yakın 2. bir katman daha mevcuttur. En sığ nokta F3 radar hattında 0,82 m derinliktedir. En derin nokta ise F1 radar hattında 2,87 m derinliktedir. Fındık tarım arazisi ortalama kil derinliği 1,19 m olarak tespit edilmiştir.

3.2.2 Çaylık Alan ile ilgili bulgular

Çalışma alanındaki çaylık alan içerisinde yapılan dört (4) adet yeraltı görüntüleme radarı hatlarıyla (Şekil 98) ilgili bulgular aşağıda gösterilmiştir. Her bir yeraltı görüntüleme radarı görüntüsü içerisinde kil birikme zonu derinliği radar hattı boyunca her bir metrede ölçülmüştür. Aynı zamanda alandaki yeraltı suyu sinyalleri de gözlemlenip not edilmiştir.



Şekil 98. Çay Alanı

Çay alanına ait C1 radar hattının incelenmesi sonucunda (Şekil 99) kil birikme zonunun en derin noktasının 1,60 m olduğu ve C1 radar hattı başlangıç noktasına 5 metre uzaklıktaki noktada bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde en sığ kil birikme zonunun

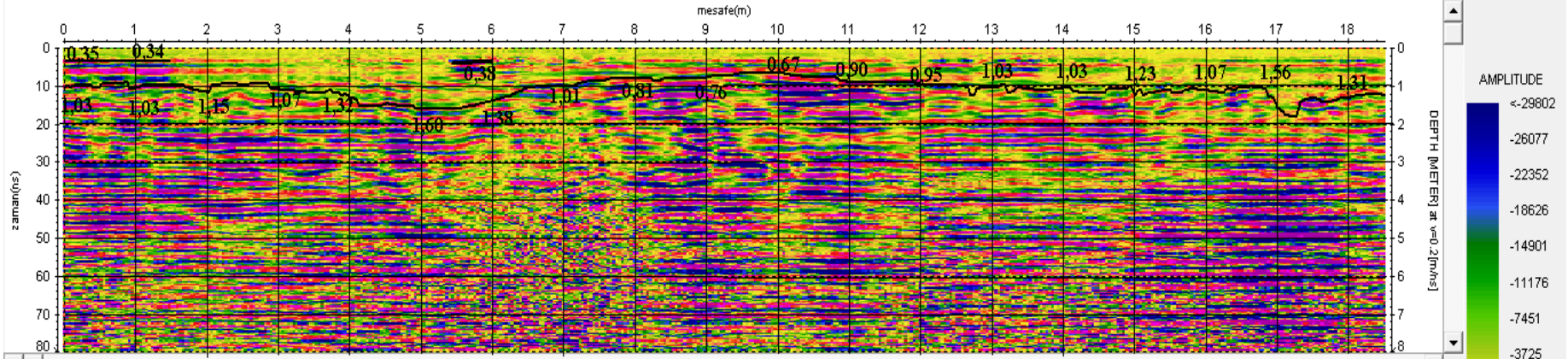
0,34 m ile C1 radar hattı başlangıç noktasına 1 metre uzaklıktaki noktada bulunmuştur. C1 radar hattına ait ortalama kil birikme zonu 1,00 m'dir.

Çay alanına ait C2 radar hattının incelenmesi sonucunda (Şekil 100) kil birikme zonunun en derin noktasının 1,15 m olduğu ve C2 radar hattı başlangıç noktasına 8, 12 ve 26 metre uzaklıktaki noktalarda bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde en sık kil birikme zonunun 0,14 m ile C2 radar hattı başlangıç noktasına 3, 6 ve 17 metre uzaklıktaki noktalarda bulunmuştur. C2 radar hattına ait ortalama kil birikme zonu 0,68 m'dir.

Çay alanına ait C3 radar hattının incelenmesi sonucunda (Şekil 101) kil birikme zonunun en derin noktasının 1,21 m olduğu ve C3 radar hattı başlangıç noktasına 12 metre uzaklıktaki noktada bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde en sık kil birikme zonunun 0,07 m ile C3 radar hattı başlangıç noktasına 12 metre uzaklıktaki noktada bulunmuştur. C3 radar hattına ait ortalama kil birikme zonunun 0,61 metre olduğu görülmüştür.

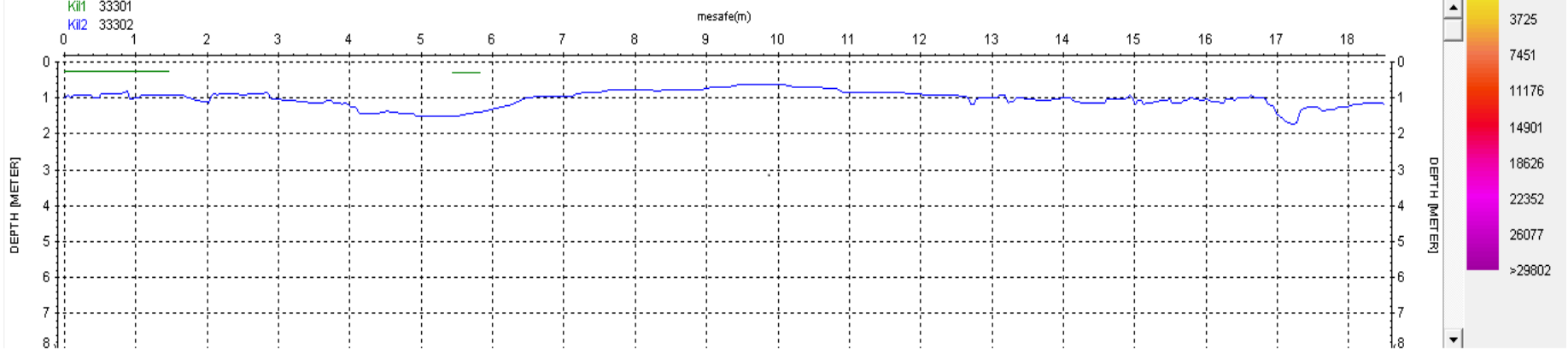
Çay alanına ait C4 radar hattının kil birikme zonunun en derin noktasının 0,92 m olduğu ve C4 radar hattı başlangıç noktasında ve 8 metre uzaklıktaki noktalarda bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 102). Aynı şekilde en sık kil birikme zonunun 0,15 m ile C4 radar hattı başlangıç noktasına 1 ve 2 metre uzaklıktaki noktalarda bulunmuştur. C4 radar hattına ait ortalama kil birikme zonunun 0,50 metre olduğu görülmüştür.

Çay tarım arazisinde biri parçalı şekilde olmak üzere 2 adet kil katmanı tespit edilmiştir. Ancak C4 radar hattında 2 tam kil katmanı mevcuttur. En sık nokta C3 radar hattında 0,07 metre derinliktedir. En derin nokta ise C1 radar hattında 1,60 metre derinlikte mevcuttur. Çay tarım arazisi ortalama kil derinliği 0,65 m'dir.



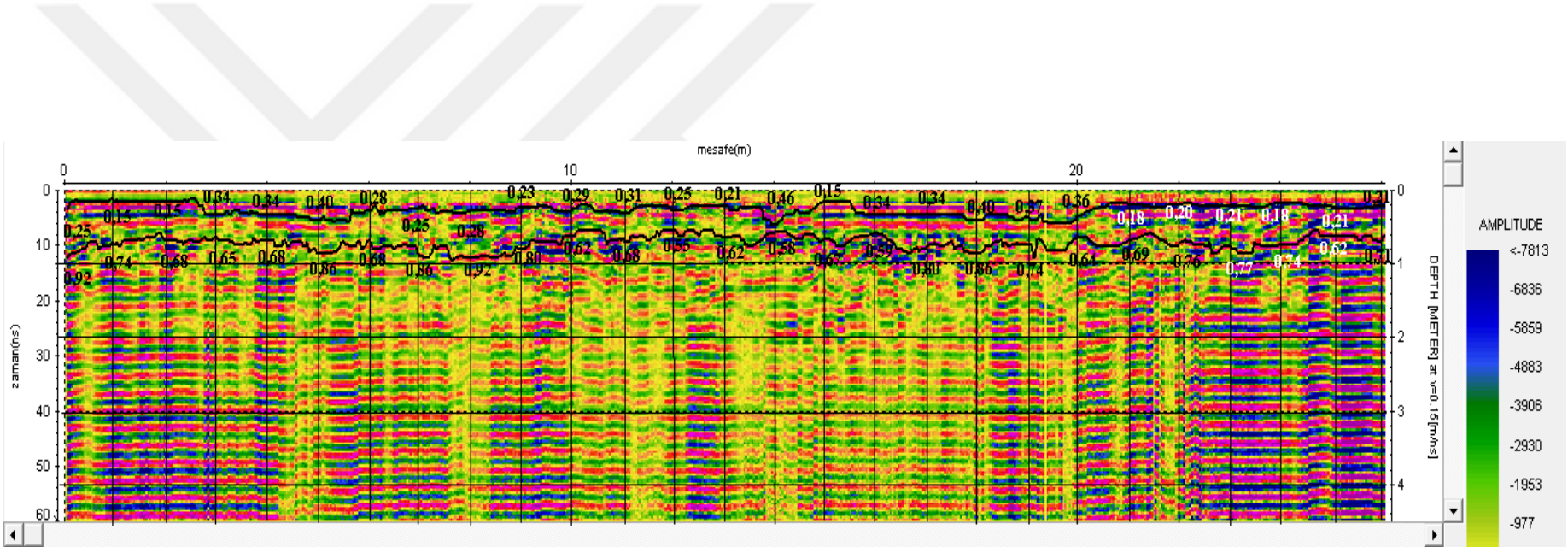
D:\REFLEX\LINEDATA\333_son.LAY

a. C1 Radar Görünümü



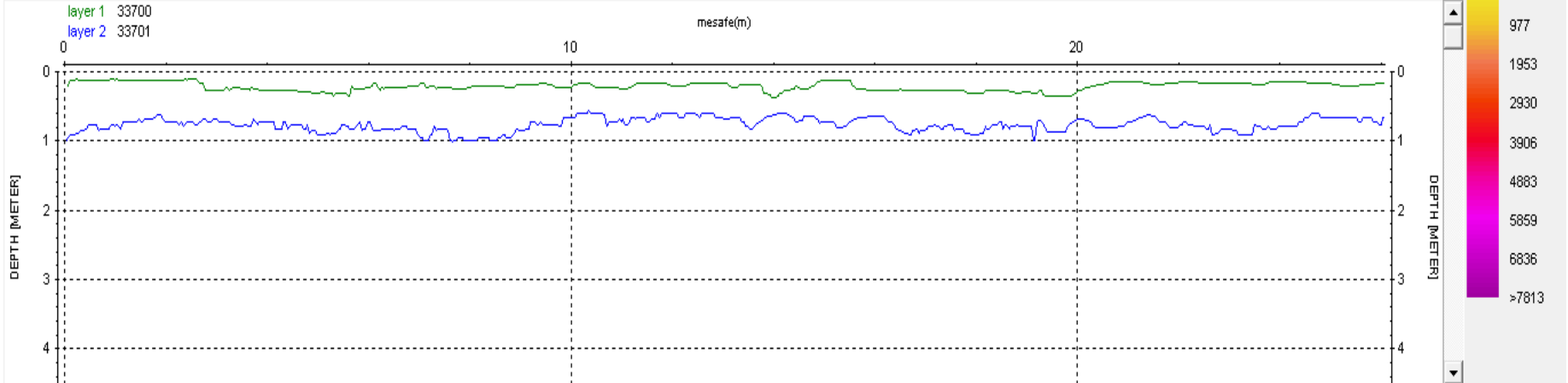
b. C1 Katman Grafiği

Şekil 99.C1 Radar Hattı



D:\REFLEX\LINE\DATA\337_son.LAY

a. C4 Radar Görünümü



b.C4 Katman Görünümü

Şekil 102.C4 Radar Hattı

3.2.3 Açıklık Alan ile İlgili Bulgular

Bu bölümde açıklık alan içerisindeki dört ayrı hatta yapılan taramalara ilişkin bulgular sunulmuştur. Hat güzergahları Şekil 108'deki gibidir. Her bir yer radar görüntüsü içerisinde kil birikme zonu derinliği radar hattı boyunca her bir metrede ölçülmüştür. Aynı zamanda alandaki yeraltı suyu sinyalleri de gözlemlenip not edilmiştir.



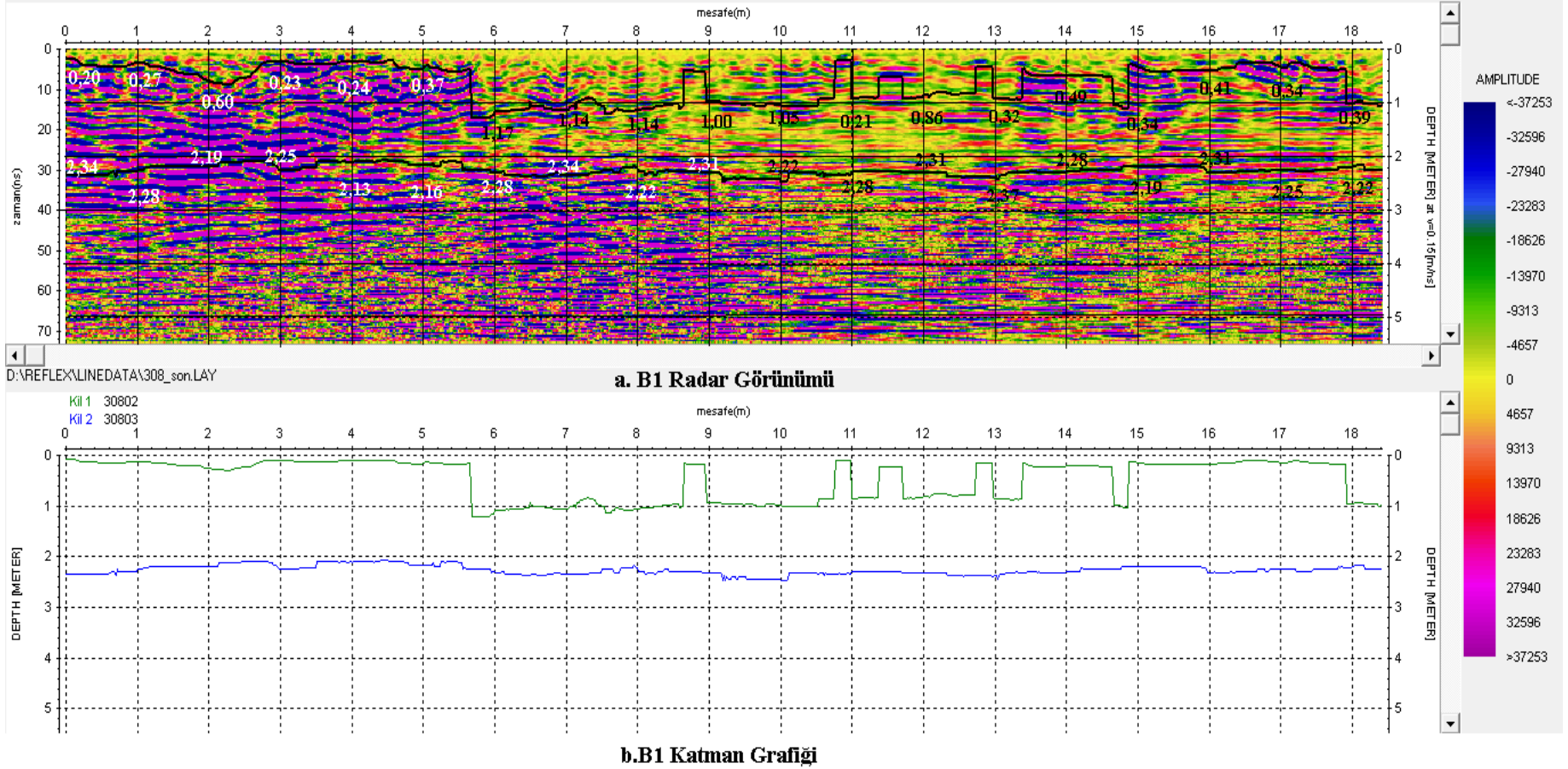
Şekil 103. Yol ve Cılız bitki örtüsü olan bölge (Heyelan Sonrası)

Cılız bitki örtüsü olduğu boş alana ait B1 radar hattının incelenmesi sonucunda (Şekil 104) kil birikme zonunun en derin noktasının 2,34 m olduğu ve B1 radar hattı başlangıç noktasında ve başlangıç noktasına 7 metre uzaklıktaki noktada bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde en sık kil birikme zonunun 0,20 m ile B1 radar hattı başlangıç noktasında bulunmuştur. B1 radar hattına ait ortalama kil birikme zonunun 1,40 metre olduğu görülmüştür.

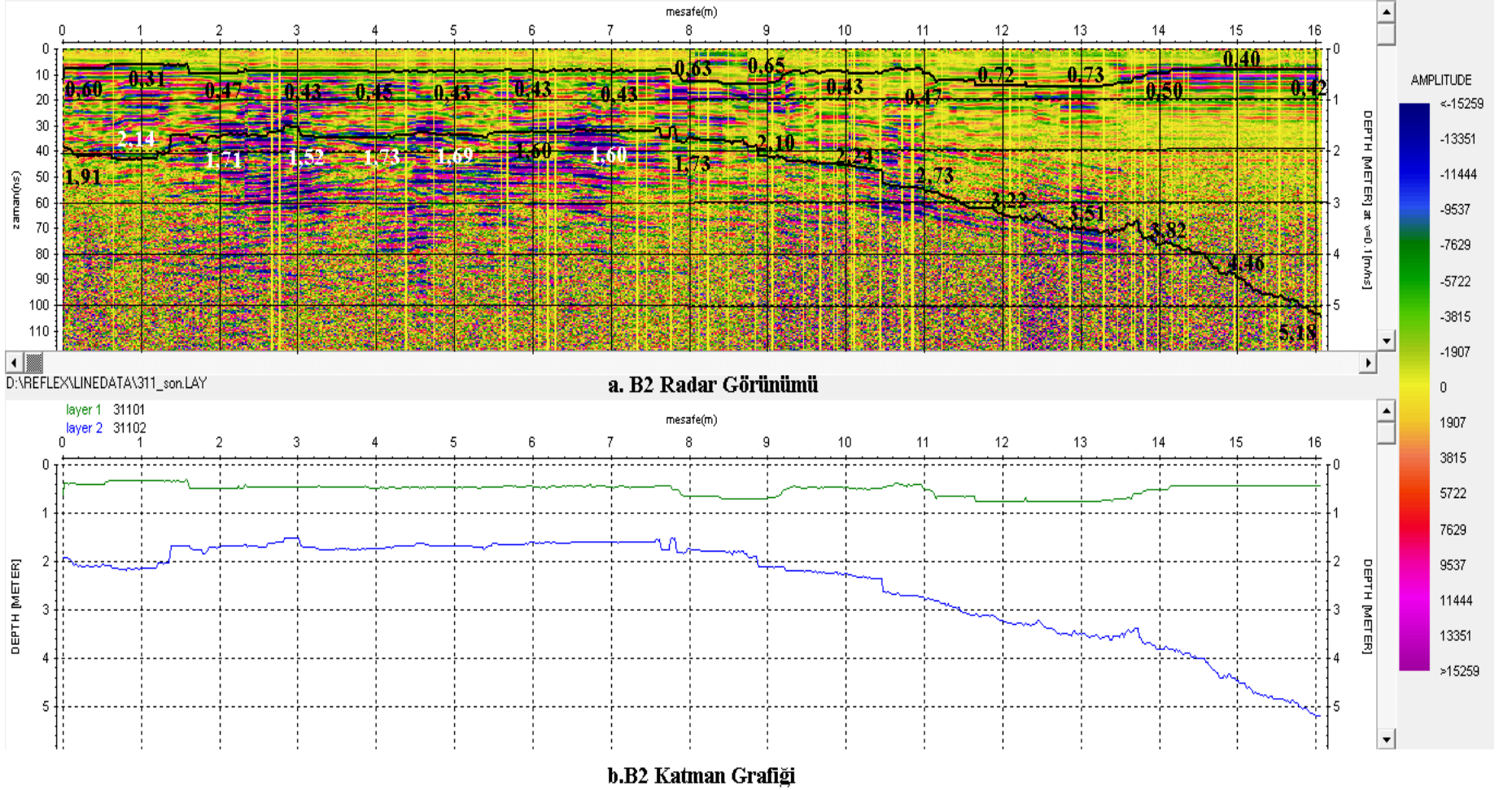
Cılız bitki örtüsünün olduğu boş alana ait B2 radar hattının incelenmesi sonucunda (Şekil 104) kil birikme zonunun en derin noktasının 5,28 m olduğu ve başlangıç noktasına 16 metre uzaklıkta yer aldığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde en sık kil birikme zonunun 0,31 m ile B1 radar hattı başlangıç noktasına 1 metre uzaklıktaki noktada bulunmuştur. B2 radar hattına ait ortalama kil birikme zonunun 1,51 metre olduğu görülmüştür.

Cılız bitki örtüsünün olduğu boş alanda alınan 2 radar hattında da 2 tam kil katmanı mevcuttur. En sığ nokta B1 radar hattında 0,20 metre derinliktedir. En derin nokta ise B2 radar hattında 5,18 metre derinliktedir. Çay tarım arazisi ortalama kil derinliği 1,45 m'dir.





Şekil 104.B1 Radar Hattı



3.2.4 Heyelan ile Kopan Alan

Heyelan ile kopan alandaki yedi ayrı hattan alınan veriler aşağıdaki gibidir. Hat güzergahları Şekil 111’de gösterilmiştir. Buna göre kil birikme zonunun en derin noktasının 1,40 m olduğu ve H1 radar hattı başlangıç noktasına 7 metre uzaklıkta bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 112). Aynı şekilde en sığ kil birikme zonunun 0,34 m ile H1 radar hattı başlangıç noktasına 4 metre uzaklıktaki noktada bulunmuştur. H2 radar hattına ait ortalama kil birikme zonu 0,84 m’dir.



Şekil 106. Heyelan ile Kopan Alan

H2 radar hattının incelenmesi sonucunda (Şekil 108) kil birikme zonunun en derin noktasının 1,81 m olduğu ve H2 radar hattı başlangıç noktasına 8 metre uzaklıktaki noktada bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde en sığ kil birikme zonunun 0,27 m ile H2 radar hattı başlangıç noktasına 8 metre uzaklıktaki noktada bulunmuştur. H2 radar hattına ait ortalama kil birikme zonunun 1,02 metre olduğu görülmüştür.

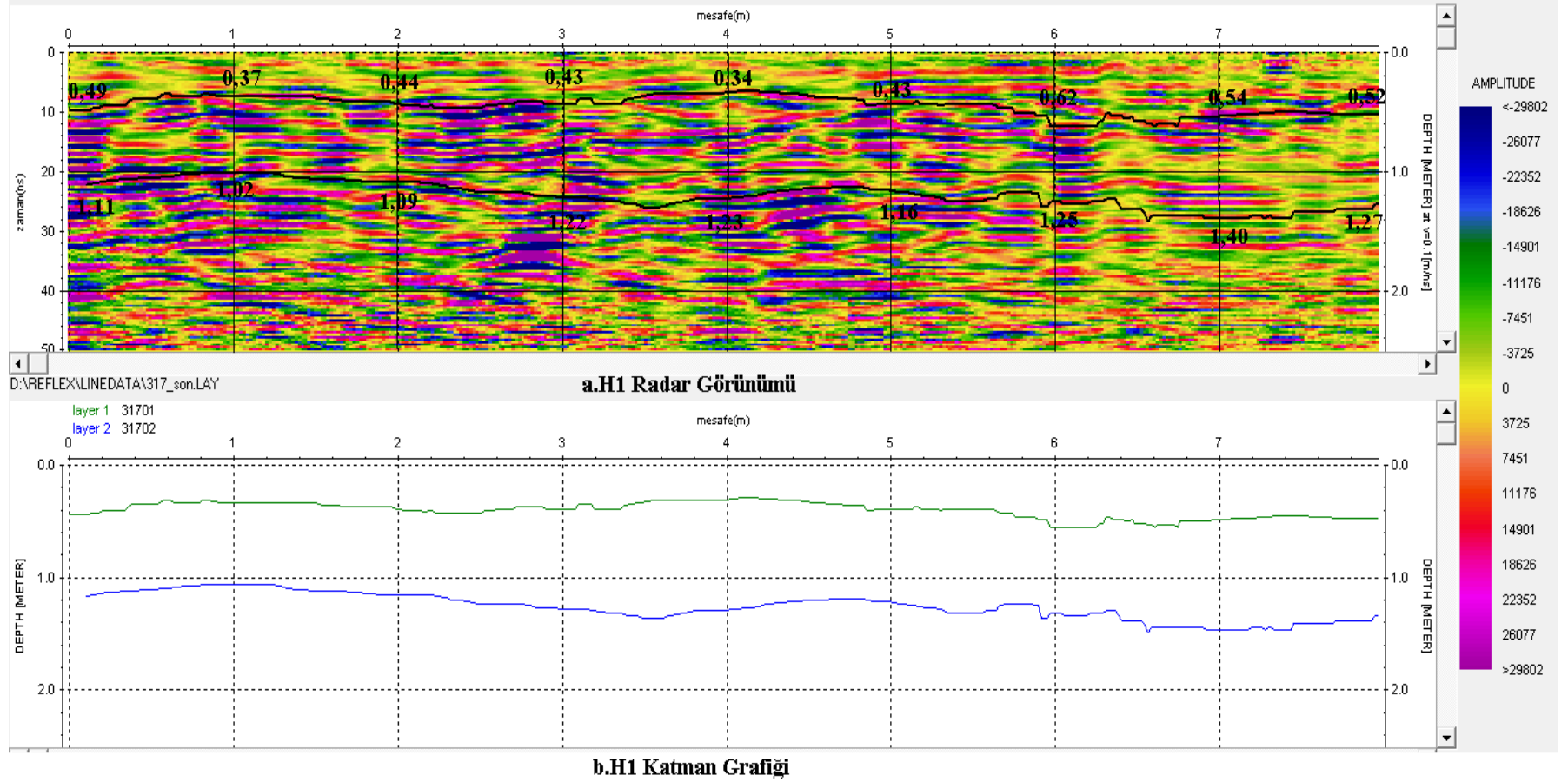
H3 radar hattının kil birikme zonunun en derin noktasının 1,42 m olduğu ve H3 radar hattı başlangıç noktasına 7 metre uzaklıktaki noktada bulunduğu tespit edilmiştir (şekil 114). Aynı şekilde en sığ kil birikme zonunun 0,34 m ile H3 radar hattı başlangıç noktasına 6 metre uzaklıktaki noktada bulunmuştur. H3 radar hattına ait ortalama kil birikme zonunun 0,86 metre olduğu grlmştir.

H4 radar hattının kil birikme zonunun en derin noktasının 1,58 m olduğu ve H4 radar hattı başlangıç noktasına 5 ve 7 metre uzaklıktaki noktalarda bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde en sığ kil birikme zonunun 0,09 m ile H4 radar hattı başlangıç noktasına 6 metre uzaklıktaki noktada bulunmuştur. H4 radar hattına ait ortalama kil birikme zonunun 0,96 metre olduğu grlmştir.

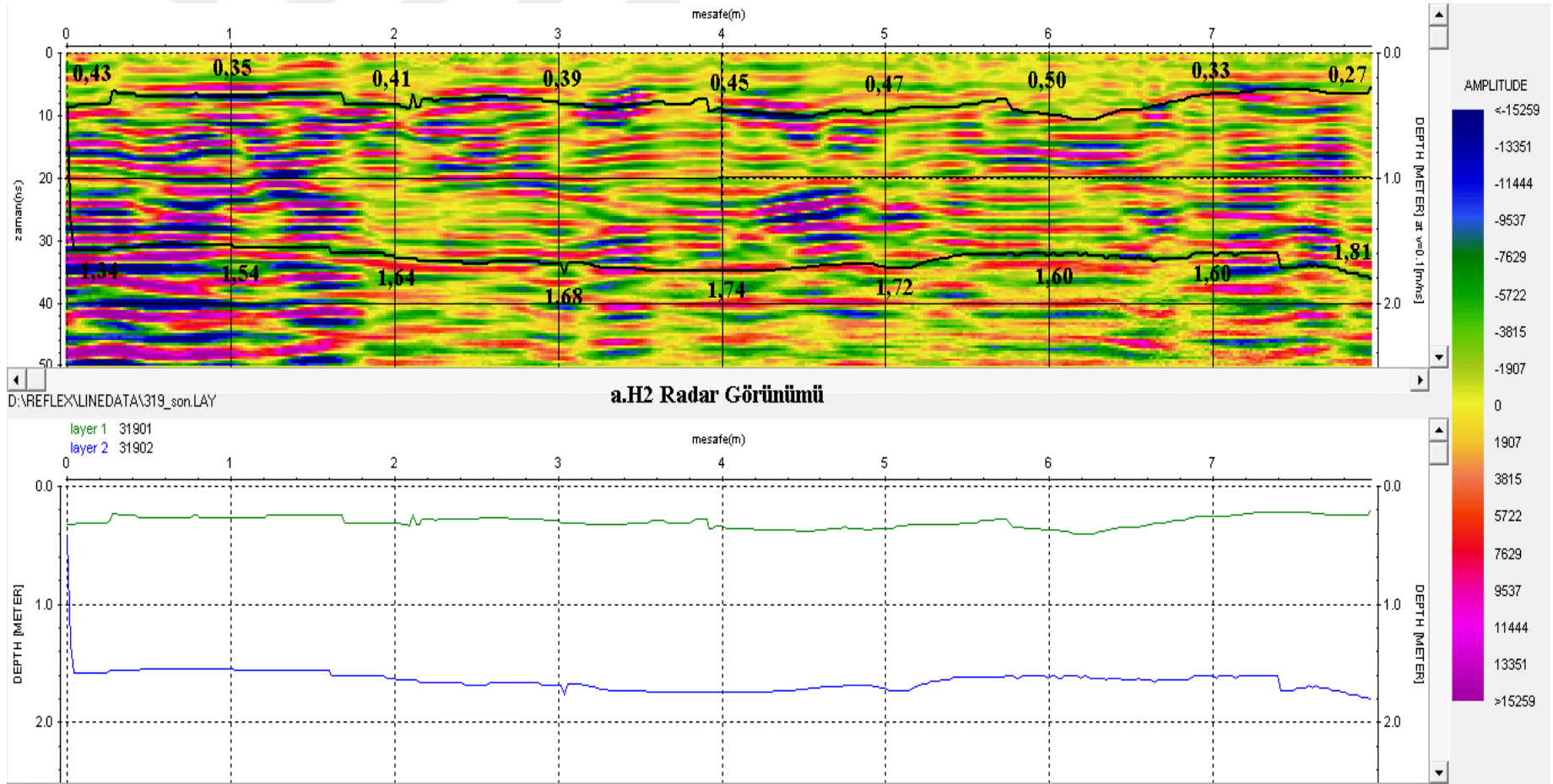
H6 radar hattının incelenmesi sonucunda (şekil 111) kil birikme zonunun en derin noktasının 1,07 m olduğu ve H6 radar hattı başlangıç noktasında bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde en sığ kil birikme zonunun 0,43 m ile H6 radar hattı başlangıç noktasına 1 metre uzaklıktaki noktada bulunmuştur. H6 radar hattına ait ortalama kil birikme zonunun 0,70 metre olduğu grlmştir.

H7 radar hattının incelenmesi sonucunda (şekil 112) kil birikme zonunun en derin noktasının 1,55 m olduğu ve H7 radar hattı başlangıç noktasına 7 metre uzaklıktaki noktada bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde en sığ kil birikme zonunun 0,33 m ile H7 radar hattı başlangıç noktasına 6 metre uzaklıktaki noktada bulunmuştur. H7 radar hattına ait ortalama kil birikme zonunun 1,04 metre olduğu grlmştir.

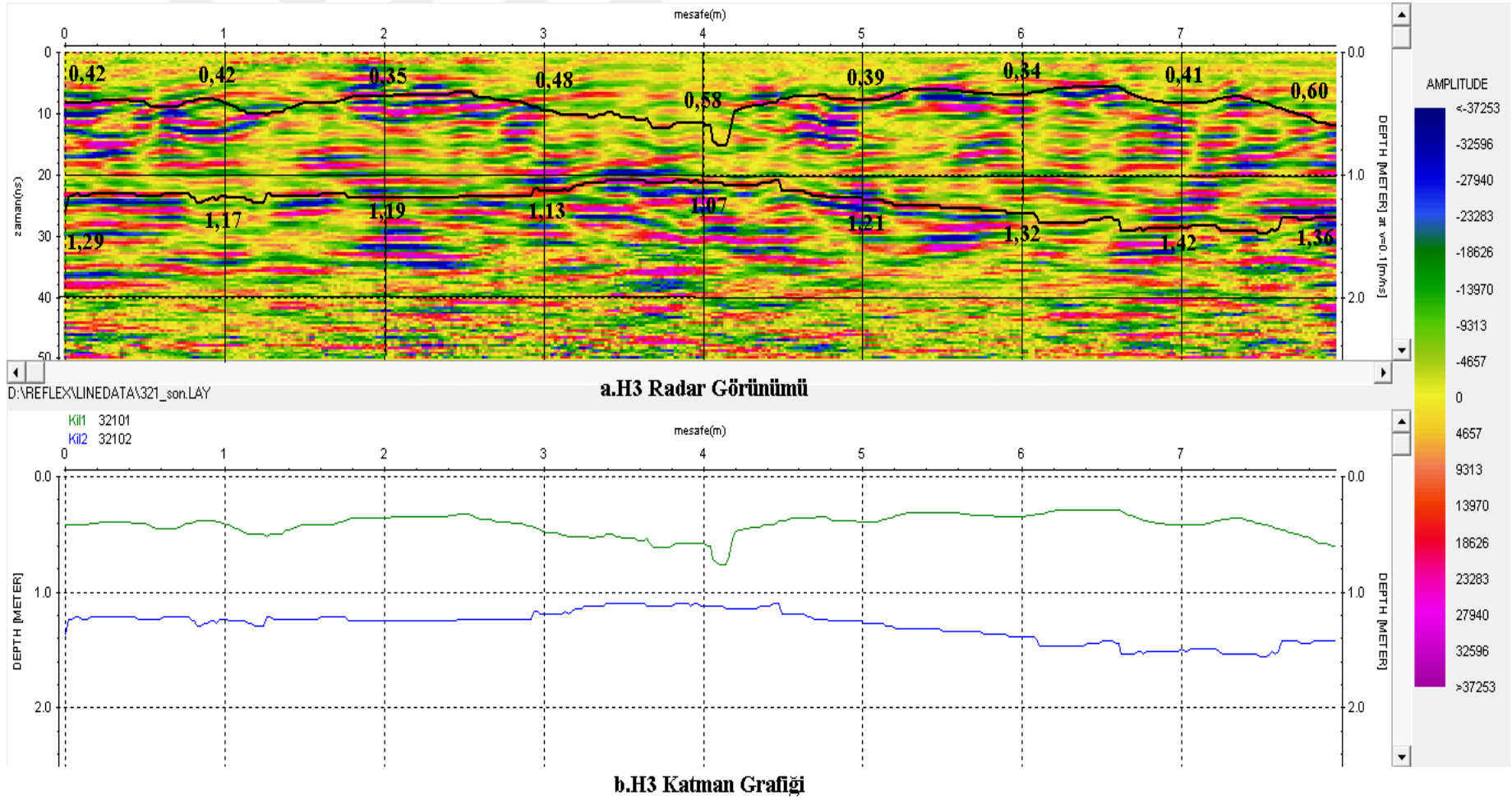
Meydana gelen heyelan ile kopan alandan alınan 7 radar hattında da 2 tam kil katmanı mevcuttur. En sığ nokta H5 radar hattında 0,09 metre derinlikte mevcuttur. En derin nokta ise B2 radar hattında 1,58 metre derinliktedir. ay tarım arazisi ortalama kil derinliği 0,89 m olarak tespit edilmiştir.

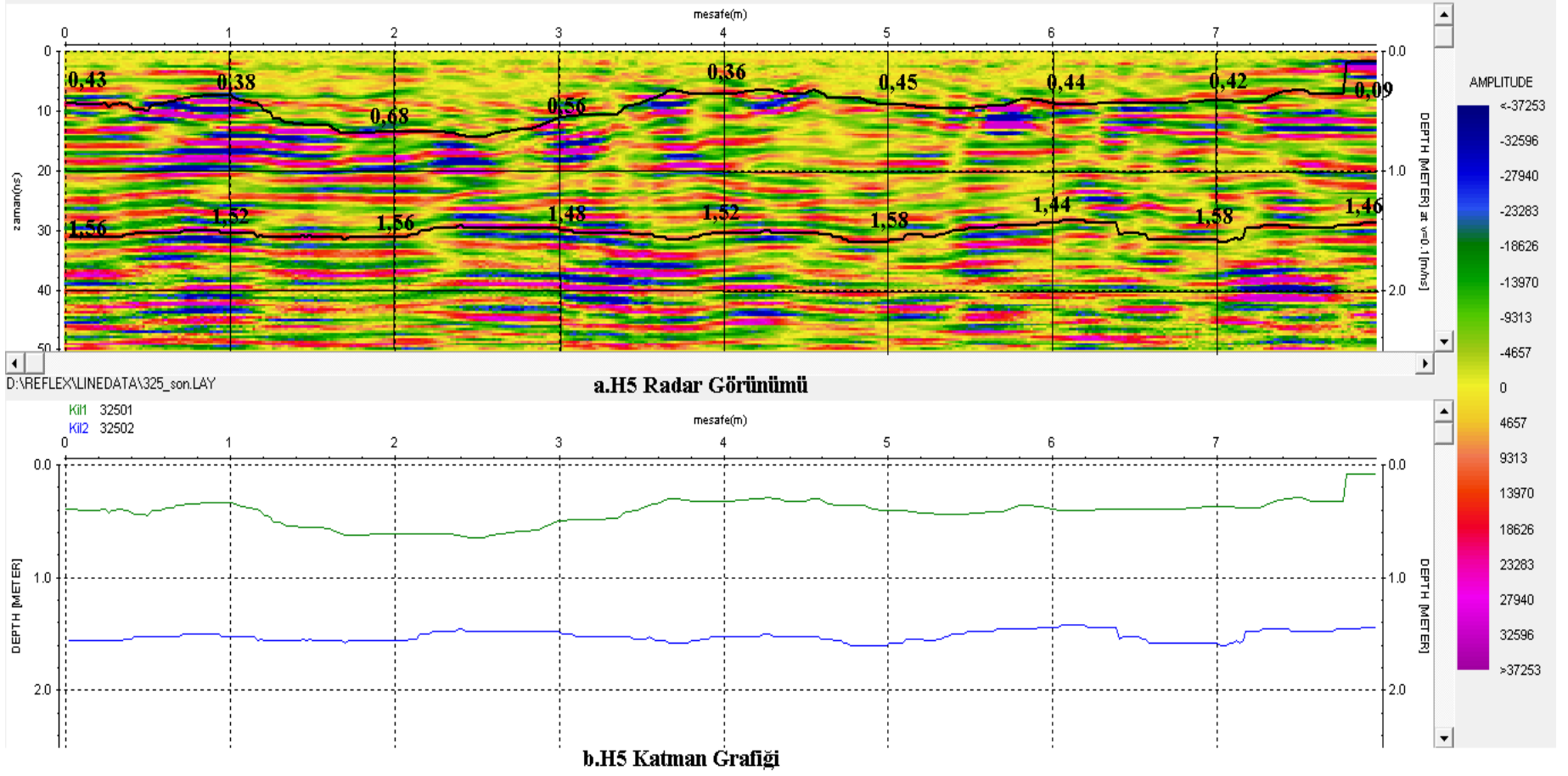


Şekil 107.H1 Radar Hattı

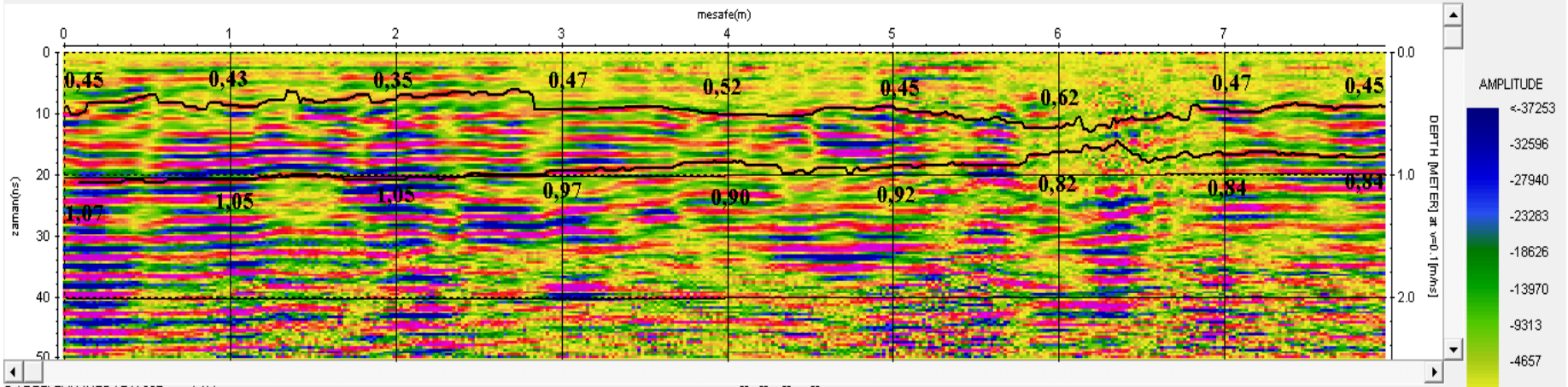


Şekil 108.H2 Radar Hattı



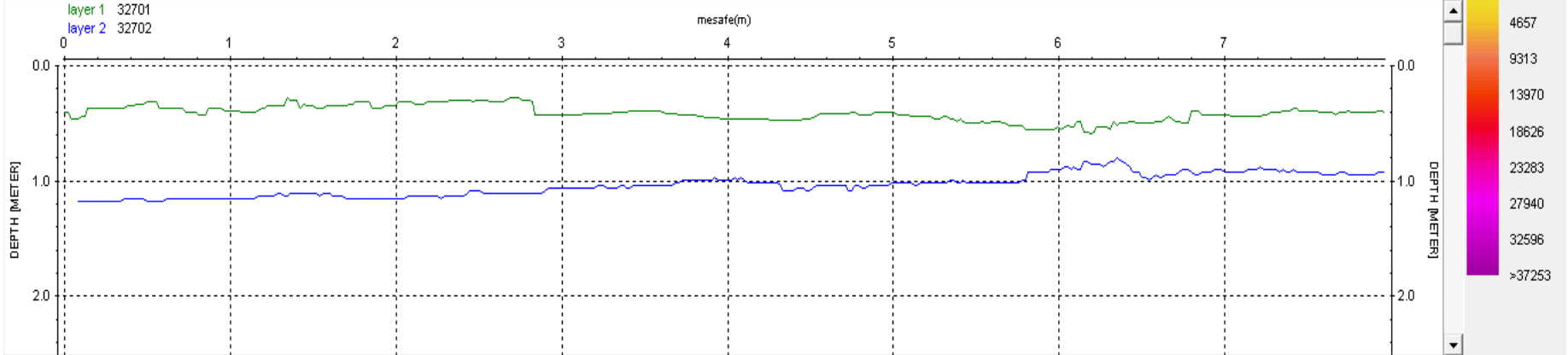


Şekil 110.H5 Radar Hattı



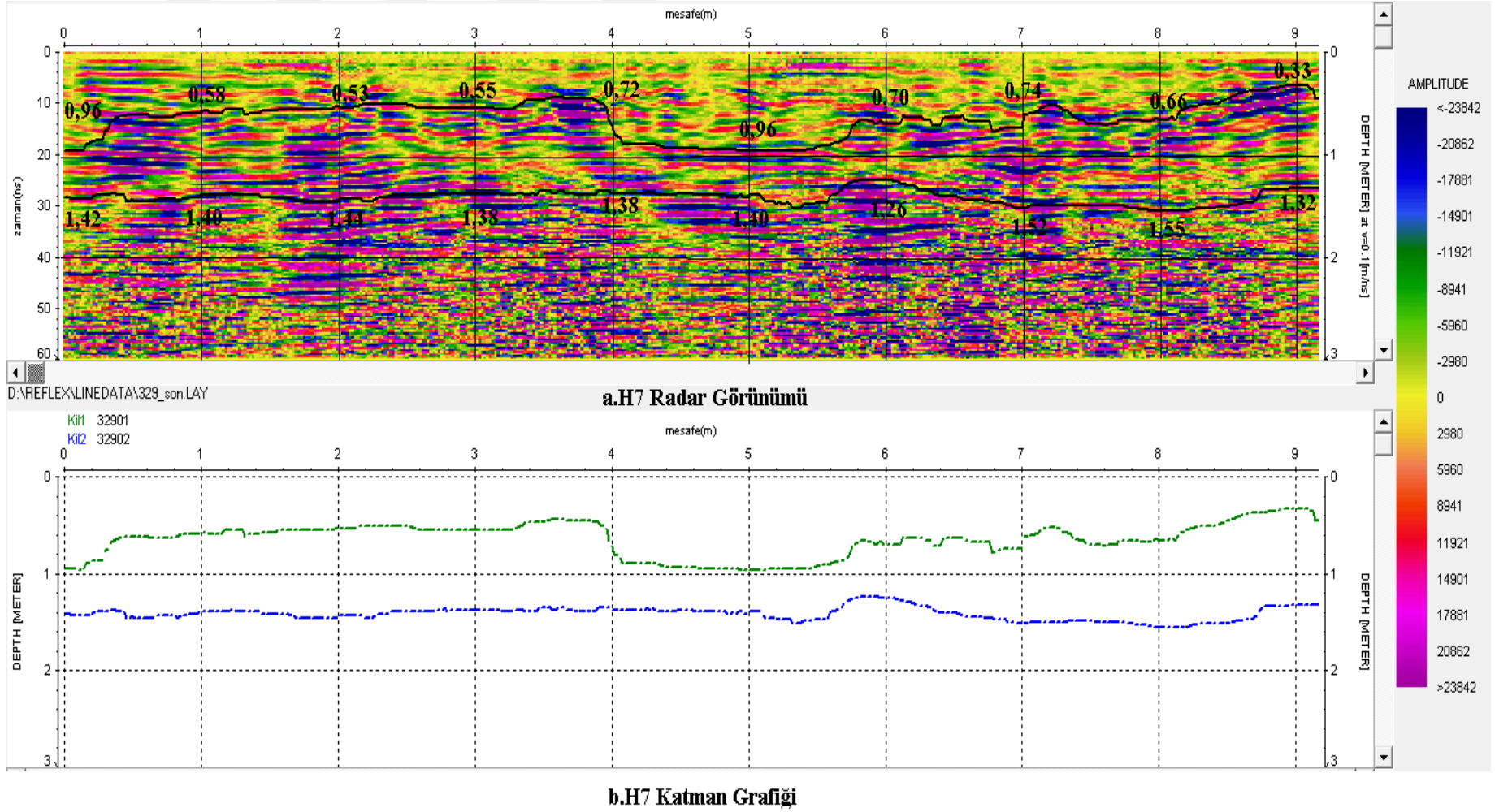
D:\REFLEX\LINEDATA\327_son.LAY

a.H6 Radar Görünümü



b.H6 Katman Grafiği

Şekil 111.H6 Radar Hattı



4 TARTIŞMA

4.1 Tarama Görüntülerinin Karşılaştırılması

Fındık tarım arazisinde 4 adet radar hattı ile alınan verilerde genel olarak tek kil katmanı gözükmektedir. F1 radar hattındaki toprağın gevşek yapıda olması yıkanma ile kil tabakasını daha derinlere çekmişken diğer radar hatların olduğu güzergâhta iş makinesinin çalışmış olması sebebiyle yüzeysel bir sıkışma oluşmuştur. Bu sıkışma yıkanmayı F1 radar hattına göre geciktirerek daha sığ bir yüzeyde kalmasına sebep olmuştur. Ancak zaman içinde bu sıkışmanın etkisi kaybolarak diğer radar hatlarında da F1 radar hattına benzer bir yapı oluşacaktır.

Çay tarım arazisinin bulunduğu alandan alınan verilerde genel olarak 1 adet sığ yüzeyde parçalı 1 adet daha derinde tam gözükken 2 adet kil katmanı mevcuttur. Bunun nedeni alanda yapılan tarımsal faaliyetler yüzünden yüzeydeki hareketlenme ile toprağın sıkışması olabilir. Diğer bir neden ise; aşırı gübreleme ile yüzeyde geçirimsiz bir tabakanın oluşmasıdır.

Cılız bitki örtüsünün olduğu tarımsal faaliyetlerin olmadığı güzergâhta özellikle B1 radar hattında aşırı geçirimsiz yüzey ve bozulmalar tespit edilmiştir. Tespit edilen bu yerlerde 2017 yılında heyelan meydana gelmiştir. İkinci radar hattında yüzeyde düz bir kil tabakası mevcutken ikinci kil tabakası çok daha derinlere giden bir eğri şekilde katman oluşturmuştur. Bu durumun sebebi yüzeyde araç hareketliliği ile sıkışan toprağın geçirimsiz bir tabakayı yüzeye yakın oluşturması ve su toplanma yeri olarak bulunması alt kil katmanını daha derinlere çekmesidir.

Heyelanın meydana geldiği yerde yapılan taramalarda sığ yüzeye yakın ve daha derinlerde olmak üzere toplam iki adet kil katmanı gözlemlenmiştir. Radar hattındaki derinliğin 3 m'nin altında olmasının sebebi 2 metre derinlikte toprak kayması olması ve kalan kısımda suyun çok olmasıdır. Bu nedenlerle daha derinlerden veri alımı engellenmiştir. Ayrıca 2 katman gözükmesinin sebebi; heyelan meydana gelmeden önceki

katmanda (sıg yüzeye daha yakın olan) heyelan ile birlikte yıkanmanın başlaması ve böylece daha derinde yeni bir kil katmanının oluşmasıdır.

Toplanan veriler arazi kullanım sınıfları itibariyle değerlendirildiğinde; en zayıf kil katmanının fındık arazisinde bulunduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi suyun toprak içinde daha hızlı ilerlemesi ve toprağın daha gevşek olmasıdır. Açıklık alanlardan toplanan verilerde ise aşırı kil birikimi ve bozulma gözlenmiştir. Bunlar söz konusu alan üzerinden geçen araç yollarından kaynaklanabilir. Özellikle B1 radar hattından geçen yol heyelan ile birlikte kopmuştur. B2 radar hattında derinden geçen kil tabakasındaki kayma ise bölgedeki yer altı suyundan kaynaklanmaktadır. Çay arazisinde yüzeye çok yakın hatta yer yer yüzeyde yer alan geçirimsiz alanların olması bölgede yapılan çay tarımı sırasında toprağın sıkışması ve aşırı gübreleme ile yüzeyde geçirimsiz bir tabakanın oluşmasıyla ilişkilendirilmiştir.

4.2 Toprak Özelliklerinin Karşılaştırılması

Çay tarım arazisindeki kil oranları her iki derinlik kademesinde de fındık tarım arazisine göre daha yüksektir. Hem çay hem de fındık tarım arazisi kendi içlerinde karşılaştırıldığında ise 0-15 cm derinlik kademesindeki kil oranlarının 15-30'a göre daha az olduğu görülür. İki derinlik kademesi arasındaki fark çayda daha fazladır. Bunun nedeni; çay arazisindeki toprağın sıkışması ve topraktaki kil yıkanmasının burada daha az olmasıdır. Çay arazisinden toplanan toprak örneklerinin analizi sonucunda bulunan ortalama kum, kil ve toz değerleri sırasıyla; %49,84, %26,64 ve %23,52'dir. Aynı çalışma alanında 2015 yılında yapılan başka bir araştırmada topraktaki kum, kil ve toz oranının sırasıyla %51,91, %23,77 ve %23,57 olduğu belirlenmiştir (Satıral ve Avşar, 2015). Arhavi yakınlarında yapılan diğer bir araştırmada ise çay tarım arazilerindeki kum, kil ve toz oranlarının sırasıyla %62,39, %23,21 ve %14,40 olduğunu göstermektedir (Yüksek, 2002). Doğu Karadeniz Bölgesinde bu değerlere yakın sonuçlar bulan birçok araştırma mevcuttur (Aydın ve Sezen, 1990; Hacisalihoğlu ve ark., 2018; Özyazıcı ve ark., 2014; Özyazıcı ve ark., 2016). Söz konusu araştırma sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde bu tez çalışmasındaki çay arazilerine ilişkin sonuçların diğerleriyle uyum içerisinde olduğu anlaşılmıştır.

Fındık tarım arazisinden toplanan toprak örneklerinin analizi sonucunda ulaşılan ortalama kum, kil ve toz oranları sırasıyla; %55,24, %17,65 ve %27,33'dür. Özyazıcı ve ark. (2014), Karaca (2016), Aydın ve Sezen (1990) ve Özyazıcı ve ark. (2016) da fındık arazilerinde benzer çalışmalar yürütmüşlerdir. Söz konusu araştırma sonuçları bu çalışmanın sonuçlarıyla karşılaştırıldığında kum ve toz değerlerinin literatürler uyumlu olduğu görülmüştür. Ancak bu çalışmada bulunan ortalama kil değeri literatürdekilerden oldukça düşük çıkmıştır. Nedenini anlatalım...

Çay tarım arazisinde ortalama 4,26 pH değerinin bulunduğu ve iki derinlik kademesi arasındaki farkın yok denecek kadar az olduğu görülmüştür. Fındık tarım arazisindeki pH ortalaması ise 5,09 olup derinlik kademeleri arasında çok az fark vardır. Çay ile fındık tarım arazilerinde tespit edilen pH değerleri arasında istatistik açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p=0.06$). Arazi sınıflarına göre bu farkın oluşma sebebi çay tarım arazisinde kullanılan gübrenin toprağın pH değerini düşürmesidir. 2015 yılında yapılan çalışmada Satıral ve Avşar (2015) aynı çay tarım arazisinde 4,61 pH değerine ulaşıldığı belirlenmiştir Diğer bölgelerde benzer arazi kullanımlarında yapılan çalışmalarda, çay tarım arazilerinde elde edilen sonuçlar 5,20 pH değerine (Yüksek, 2002), 3,72 pH değerine (Özyazıcı ve ark., 2014), 4,86 pH değerine (Hacısalıhoğlu ve ark., 2018), 4,14 pH değerine (Aydın ve Sezen, 1990), 6,28 pH değerine (Özyazıcı ve ark., 2016), 4,25 pH değerine (Akkaya, 2015) üç farklı ilden alınan pH değerlerinden 4,14 Artvin, 3.72 Rize ve 4,31 Trabzon değerlerine (Özyazıcı ve ark., 2013) ulaştıkları belirlenmiştir. Diğer bölgelerde yapılan çalışmalar neticesinde ortalama olarak 4,51 pH değeri tespit edilmiştir. Arazide yapılan çalışmalar sonucu elde edilen ortalama değerler ise 4,26 pH değerine ulaşılmıştır. Araziden elde edilen ortalama değerler ile diğer bölgelerde yapılan çalışmalar karşılaştırıldığı zaman çalışma alanındaki veriler %5,87 pH daha az tespit edilmiştir. Ek olarak diğer çalışmaların ortalamalarından en yüksek değerler ile araziden elde edilen değerler karşılaştırılmasında arazi verilerinin %22,06 pH daha az olduğu, en düşük değerlerde %12,68 pH daha fazla olduğu belirlenmiştir. Fındık tarım arazisinde diğer bölgelerde elde edilen değerlerde 4,70 pH değerine (Özyazıcı, 2014), iki farklı alandan alınan değerlerin ilk alandan 6,23 pH değerine ikinci alandan 6,69 pH değerine (Karaca, 2016), 4,14 pH değerine (Aydın ve Sezen, 1990), 6,28 pH değerine (Özyazıcı ve ark., 2016) ulaştıkları tespit edilmiştir. Diğer bölgelerdeki çalışmalardan alınan veriler ile elde edilen ortalama 5,61 pH değeri olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında yapılan çalışmalar

sonucu elde edilen ortalama değerlerin 5,09 pH olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanından alınan ortalama değerler ile diğer bölgelerde yapılan çalışmaların karşılaştırılmasında çalışma alanındaki verilerden pH değerinin %10,22 daha az belirlenmiştir. Ek olarak diğer çalışmaların ortalamalarından en yüksek değerler ile araziden elde edilen değerler karşılaştırılmasında arazi verilerinin %22,06 pH daha az olduğu, en düşük değerlerde %12,68 pH daha fazla olduğu belirlenmiştir.

ay tarım arazisindeki organik madde içeriği ortalama %3,91'dir. Derinlik kademelerinde 0-15 cm'de 4,31 ve 15-30 cm'de 3,50 değerinin olması organik madde derinlere inildikçe çözülmesiyle azalmaktadır. Fındık tarım arazisindeki organik madde içeriği ise ortalama 3,41'dir. Derinlik kademelerinde 0-15 cm'de 3,48 ve 15-30 cm'de 3,34 değerinin olması çay tarım arazisindeki durumla aynı sebepten olduğu tespit edilmiştir. ay tarım arazisinde fındık tarım arazisine göre yüksek çıkmasının sebebi çay tarımında belirli aralıklarla çayın budanarak çıkanların bölgede gübre niyetiyle bırakılması ve sürekli gübre ile desteklenmesi fındık arazisi herhangi bir gübreleme çalışması kullanılmaması tespit edilmiştir. Diğer bölgelerde benzer arazi kullanımlarında yapılan çalışmalarda, çay tarım arazilerinde elde edilen sonuçlar 1,49 organik madde değerine (Yüksek, 2002), 5,43 organik madde değerine (zyazıcı ve ark., 2014), 3,09 organik madde değerine (Hacısalihoğlu ve ark., 2018), 3,96 organik madde değerine (Aydın ve Sezen, 1990), 3,35 organik madde değerine (zyazıcı ve ark., 2016), 4,07 organik madde değerine (Akkaya, 2015) ulaştıkları belirlenmiştir. Diğer bölgelerde yapılan çalışmalar neticesinde ortalama olarak 3,57 organik madde değeri tespit edilmiştir. Arazide yapılan çalışmalar sonucu elde edilen ortalama değerler ise 3,91 organik madde değerine ulaşılmıştır. Araziden elde edilen ortalama değerler ile diğer bölgelerde yapılan çalışmalar karşılaştırıldığı zaman çalışma alanındaki veriler %8,7 organik madde daha fazla tespit edilmiştir. Ek olarak diğer çalışmaların ortalamalarından en yüksek değerler ile araziden elde edilen değerler karşılaştırılmasında arazi verilerinin %38,88 organik madde daha az olduğu, en düşük değerlerde %61,89 organik madde daha fazla olduğu belirlenmiştir. Fındık tarım arazisinde diğer bölgelerde elde edilen değerde 2,70 organik madde değerine (zyazıcı, 2014), iki farklı alandan alınan değerlerin ilk alandan 1,14 organik madde değerine ikinci alandan 2,58 organik madde değerine (Karaca, 2016), 3,96 organik madde değerine (Aydın ve Sezen, 1990), 3,35 organik madde değerine (zyazıcı ve ark., 2016) ulaştıkları tespit edilmiştir. Diğer bölgelerdeki çalışmalardan alınan veriler ile elde edilen ortalama

2,75 organik madde değeri olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında yapılan çalışmalar sonucu elde edilen ortalama değerlerin 3,41 organik madde olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanından alınan ortalama değerler ile diğer bölgelerde yapılan çalışmaların karşılaştırılmasında çalışma alanındaki verilerden organik madde değerinin %19,36 daha fazla belirlenmiştir. Ek olarak diğer çalışmaların ortalamalarından en yüksek değerler ile araziden elde edilen değerler karşılaştırılmasında arazi verilerinin %16,13 organik madde daha az olduğu, en düşük değerlerde %66,57 organik madde daha fazla olduğu belirlenmiştir.

İnfiltrasyon açısından çay tarım arazisinde ortalama 7,92 cm/saat değerine, fındık tarım arazisinde 12,57 cm/saat değerine ulaşılmıştır. Arazi sınıfına göre gözlemlenen fark istatistiksel açıdan anlamsızdır. Çay arazisinde değerin düşük olması toprağın çay tarımı yapılması ile sıkışması ve kil oranının çay arazisinde daha fazla olması sebebiyledir. Kil oranının fazlalığı topraktaki su geçirgenliğini de azalmıştır.

Çay tarım arazisinden 4,84 mm/saat değerine, fındık tarım arazisinde 10,64 mm/saat değerine ulaşılmıştır. Çay tarım arazisinde değerin fındık tarım arazisine göre daha düşük olmasının sebebi olarak çay tarım arazisinin kil oranının yüksek olması ve toprağın daha sıkışık yapıda olması olarak tespit edilmiştir.

4.3 Toprak Özelliklerinin Yeraltı Görüntüleme Radarı Görüntülerine Etkisi

Toprak tesktür özelliklerinden kil oranının fındık tarım arazisinde çay arazisine göre düşük olması fındık arazisinden alınan radar hatlarında kil katmanının genel olarak 1 tane olması ve zayıf bir görüntü vermesiyle ilişkilidir.

Fındık tarım arazisinde hem permeabilite ve infiltrasyon değerlerinin çay tarım arazisine göre daha fazla olması kil yıkanmasının daha fazla olması geçirimsiz tabakanın fındık tarım arazisinde daha derinde olması fındık arazisinde kil katmanının daha derinde olmasının sebebi olarak tespit edilmiştir.

Sonuç olarak yeraltı görüntüleme radarı ile bakılan 4 arazi sınıfında boş arazi sınıfı olarak belirtilen alanın heyelan riski için en yüksek gözlemlenen alan olduğu tahmin edilmektedir. Bu alanla bağlantılı olan heyelanlı sahanın etrafındaki bölgede de heyelanı tetikleme riskinin olduğu belirlenmiştir. Riskin en az olduğu bölgenin fındık tarım arazisi

olarak sınıflandırılan bölge olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca toprak özelliklerin daha önceki çalışmalar ile karşılaştırıldığında çay tarım arazisinde toprak özelliklerinin kötüleştiği gözlemlenmiştir. Bu durum ileride çay tarım arazisinde meydana gelebilecek heyelanda toprak kaybının daha fazla olma ihtimalini doğuracaktır.

4.4 Tezde Karşılaşılan Zorluklar

Bu çalışma süresince karşılaşılan zorluklar aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

Çay bitkisinin çok sık olması ve odunsu bir yapıda olması arazide ölçüm yapılırken büyük bir engel teşkil etmektedir. Bu durumu düzeltmek için belirlenen güzergâh üzerindeki çayların kesilerek alandan uzaklaştırılması gerekmektedir.

Yer radarı aleti ile etkin bir çalışma yapabilmek için toprağın kuru olduğu zaman diliminin yakalanması gerekmektedir. Arhavi gibi çok fazla yağış alan bölgelerde ise yağışsız geçen birkaç güne rastlanması bile oldukça zordur. Bu durum Doğu Karadeniz bölgesinde radar ile çalışmayı güçleştirmektedir.

Taranan verinin işlenmesi sırasında da birtakım zorluklarla karşılaşmıştır. Bu aşamada görüntüler üzerinde birçok anormal yapıya rastlanmıştır. Bu görüntülerin hangi yapıları temsil ettikleri bilinmezse yanlış yorumlamalar yapılabilir. Bu zorluğu aşmak için reflexw programında modeller oluşturulmalı ve arazi verisiyle eşleştirilmeye çalışılmalıdır. Böylece bilinmeyen yapılar daha doğru tanımlanabilir. Ayrıca örnek radar görüntülerindeki kil ve su değerlerinin yüksek olması da karşılaşılan diğer zorluklardandır.

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada heyelan riskini tespit edebilmek için herhangi bir kazma işlemi yapmadan geçirimsiz tabakanın durumuna bakılmıştır. Özellikle heyelan riskinin en yüksek olduğu tahmin edilen alanda heyelan meydana gelmesi tezin kanıtlarından biridir. Bakılan 4 arazi sınıfında boş arazi sınıfı olarak belirtilen alanın heyelan açısından en riskli alan olduğu tespit edilmiştir. Riskin en az olduğu bölge ise fındık arazisidir. Ayrıca toprak özellikleri daha önceki çalışmalar ile karşılaştırıldığında özellikle çay tarım arazisindeki özelliklerin kötüleştiği gözlemlenmiştir. Bu durum ileride çay tarım arazisinde meydana gelebilecek heyelan olasılığını arttırmaktadır.

Bölgede meydana gelen heyelanların genelde çay alanlarında olması gözleri çay arazilerin heyelanın tetikleyen ana unsur olarak görülmesine sebebiyet vermiştir. Bu çalışma ile çay bitkisinin doğrudan sorumlu tutulmaması gerektiği ancak çay bitkisinin olduğu bölgelerde yeterli bakımın yapılmaması ve yanlış gübreleme ile toprağın yapısından tehlikeli değişimlerin olabileceği anlaşılmıştır. Bu durum söz konusu arazilerdeki heyelanı tetikleyebilir. Uygunsuz yol inşaatları da heyelanı tetikleyen diğer bir unsurdur. Nitekim çalışma sırasında meydana gelen heyelan yolda meydana gelmiştir.

İleride yapılacak olan çalışmalarda georadar sistemleri diğer arazi kullanımları için de test edilmelidir. Test sonuçlarının bölgede yapılacak sondaj çalışmalarıyla kontrol edilmesi ile bu yöntemin kullanımı daha sağlıklı ve güvenilir hale gelecektir. Ayrıca araziden toplanan ham verileri bu çalışmada kullanılan program dışındaki diğer programlarla da işlenerek yorumlanmalıdır. Böylelikle daha farklı bilgiler ve bu bilgiler ışığında daha güvenilir sonuçlar elde edilebilir.

Çalışma alanında meydana gelen heyelanları da göz önüne alarak alınması gereken önlemler aşağıda sıralanmıştır;

- Çay arazilerinde çapalama ve budama işlerinin düzenli yapılması
- Geniş arazilerde suyu yönlendiren kanalların yapılması

- Yapılan yolların çay arazisine çok yakın olmaması ve yapılan yolların şevlerin kontrolüne önem verilmesi
- Çay arazilerinde kullanılacak gübre türü ve miktarı için ziraat odalarında gerekli bilginin alınması
- Eğimin yüksek olduğu çay arazilerinde, arazinin alt kısmı ile üst kısımlarına yol yapılmaması özellikle alt kısmında yol varsa taş duvar vb. önlemler alınması
- Teraslama çalışmaları ile yüksek eğimli yamaçların kontrol altına alınması
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün yapmış olduğu uyarı sistemini dikkate alarak bölgede gerekli önlemlerin alınması
- Bölgede var olan suların drenaj sisteminin oluşturulması
- Bölgede zayıf bitki örtüsü bırakılmaması ve çay arazisi kenarlarında ağaçlandırma yapılarak toprağın daha iyi tutulması.

Bu önlemlerin alınması hem heyelanların azalmasını hem de ileride meydana gelecek heyelan olasılığını düşürecektir. Bu önlemlerin alınmaması halinde ise heyelanların sıklaşacağı ve toprağın verimsizleşeceği öngörülmektedir. Bu yüzden gelecekte yapılacak çalışmalarda yeraltı görüntüleme radarı için birden fazla anten kullanılarak antenler arasındaki farka da bakılarak en iyi sonucu verenin seçilmesi gereklidir. Kullanılan anten çeşitliliğini ve sayısını artırmak yer altındaki yapıların boyutuna göre daha detaylı bir görünüm sağlanacaktır. Kullanılacak olan antenlerin her birinin ayrı bir derinlik sınırına kadar bakabilmeleri ve çap olarak farklı boyutlarda cisimlerden sinyal alabilmeleri sayesinde diğer çalışmalar daha güvenilir olacaktır.

EKLER

Yeraltı Görüntüleme Radarı Kil Derinlikleri

Ek Tablo 1.Çay Arazisi Radar ile Elde Edilen Kil Derinlikleri (ns)

Mesafe	Başlangıç	1 Metre	2 Metre	3 Metre	4 Metre	5 Metre	6 Metre	7 Metre	8 Metre	9 Metre	10 Metre	11 Metre
Örnek No												
333.1	3.52	3.36				3.82						
333.2	10.27	10.27	11.51	10.69	13.15	16.03	13.76	10.09	8.10	7.64	6.73	9.02
335.1	2.93			2.13			2.13			2.66	3.19	
335.2	11.51	11.10	13.97	10.69	12.33	11.51	11.10	16.44	17.26	16.85	16.44	16.03
336.1												
336.2	7.90	8.98	10.05	12.19	8.84	8.17	11.79	11.39	9.51	8.98	8.98	10.85
337.1	3.29	2.05	2.05	4.52	4.52	5.34	3.70	3.29	3.67	3.10	3.90	4.13
337.2	12.33	9.86	9.04	8.63	9.04	11.51	9.04	11.51	12.33	10.69	8.22	9.04

Ek Tablo 2.Çay Arazisi Radar ile Elde Edilen Kil Derinlikleri (ns) (Devamı)

Mesafe	12 Metre	13 Metre	14 Metre	15 Metre	16 Metre	17 Metre	18 Metre	19 Metre	20 Metre	21 Metre	22 Metre	23 Metre
Örnek No												
333.2	9.48	10.27	10.27	12.33	10.69	15.59	13.14					
335.1					3.19	3.19	2.66	2.66	2.93	3.99	3.46	3.73
335.2	17.26	13.56	13.56	12.33	11.51	9.45	10.27	9.04	9.04	11.10	9.86	13.15
336.1	1.06					2.12	2.51	2.12				
336.2	18.22	9.51	9.78	11.79	11.79	10.58	10.32	8.71	9.38	9.11	9.11	10.32
337.1	3.32	2.75	6.16	2.05	4.52	4.52	5.34	4.93	4.81	2.41	2.64	2.87
337.2	7.40	8.22	7.68	8.94	7.91	10.69	11.51	9.86	8.48	9.17	10.09	10.27

Ek Tablo 3.Çay Arazisi Radar ile Elde Edilen Kil Derinlikleri (ns) (Devamı)

Mesafe \ Örnek No	24 Metre	25 Metre	26 Metre	27 Metre	28 Metre	29 Metre	30 Metre	31 Metre	32 Metre
335.2	11.92	11.10	17.26	14.38	14.79	11.10	11.92	14.79	9.86
336.2	10.72								
337.1	2.41	2.87	2.87						
337.2	9.86	8.22	9.45						

Ek Tablo 4.Heyelan ile Kopan Alan Yer Radar ile Elde Edilen Kil Derinlikler (ns)

Mesafe \ Örnek No	Başlangıç	1 Metre	2 Metre	3 Metre	4 Metre	5 Metre	6 Metre	7 Metre	8 Metre	9 Metre
317.1	9.86	7.42	8.79	8.63	6.82	8.63	12.33	10.74	10.42	14.79
317.2	22.27	20.32	21.88	24.35	24.55	23.25	25.07	27.95	25.48	23.84
319.1	8.63	6.99	8.22	7.81	9.04	9.45	9.93	6.64	5.34	
319.2	26.71	30.82	32.88	33.70	34.77	34.38	32.06	32.06	36.17	
321.1	8.31	8.31	7.09	9.52	11.51	7.75	6.87	8.19	12.07	13.97
321.2	25.89	23.43	23.84	22.60	21.37	24.25	26.30	28.36	27.12	28.77
323.1	6.99	7.40	5.34	4.74	3.70	4.11	10.41	6.99	6.85	
323.2	26.71	26.30	25.48	26.71	27.95	30.00	31.23	30.41	28.36	
325.1	8.63	7.51	13.55	11.13	7.11	8.99	8.72	8.32	1.74	6.99
325.2	31.23	30.41	31.23	29.59	30.41	31.64	28.77	31.64	29.18	27.95
327.1	9.04	8.63	6.99	9.40	10.32	9.04	12.33	9.45	9.04	
327.2	21.37	20.96	20.96	19.32	18.08	18.49	16.44	16.85	16.85	
329.1	19.14	11.51	10.69	11.00	14.33	19.26	13.97	14.79	13.15	6.53
329.2	28.36	27.95	28.77	27.53	27.53	27.95	25.10	30.38	31.07	26.48

Ek Tablo 5.Fındık Arazisi Yeraltı Görüntüleme Radarı ile Kil Derinlikleri (ns)

Mesafe Örnek No	Başlangıç	1 Metre	2 Metre	3 Metre	4 Metre	5 Metre	6 Metre	7 Metre	8 Metre	9 Metre	10 Metre	11 Metre
287.1						21.89	20.08	19.72	21.17	24.24	23.16	21.71
287.2	48.91	48.08	47.67	48.49	45.62	43.56	44.38	46.03	45.62	44.80	42.74	44.38
289	24.24	24.79	23.52	21.53	24.42	29.85	31.12	32.02	30.76	28.95	26.78	26.23
291	17.67	15.62	18.49	16.44	17.67	16.44	17.67	17.26	17.67	16.44	19.32	20.96
293	27.11	19.73	17.84	18.53	18.36	19.90	22.13	25.22	22.82	21.96	20.07	17.84

Ek Tablo 6.Fındık Arazisi Yeraltı Görüntüleme Radarı ile Kil Derinlikleri (ns)(Devamı)

Mesafe Örnek No	12 Metre	13 Metre	14 Metre	15 Metre	16 Metre	17 Metre	18 Metre	19 Metre	20 Metre	21 Metre	22 Metre	23 Metre
287.1	21.71	20.81	19.72	21.35								
287.2	43.56	43.97	44.80	45.21	49.32	49.93	55.36	56.63	57.35	57.35	57.35	56.63
289	25.87	25.87	25.33	25.33	24.79	23.16	21.17	20.81	21.17	22.61	27.32	29.67
291	23.43	23.84	23.01	21.37	20.96	22.60	23.43	23.84	24.25	24.25	25.89	27.53
293	18.53	20.07	19.21	21.27	41.00	43.58	44.43					

Ek Tablo 7.Fındık Arazisi Yeraltı Görüntüleme Radarı ile Kil Derinlikleri (ns)(Devamı)

Mesafe Örnek No	24 Metre	25 Metre	26 Metre	27 Metre	28 Metre	29 Metre	30 Metre	31 Metre	32 Metre	33 Metre	34 Metre	35 Metre
287.1					19.54	19.36	19.18		17.91	19.00	19.00	19.00
287.2	55.54	55.54	55.18	53.55	52.65	51.78	53.84	54.25	53.84	54.25	55.89	55.48
289	31.30											
291	25.07											

Ek Tablo 8.Boş Arazi Sınıfı Yeraltı Görüntüleme Radarı ile Kil Derinlikleri (ns)

Örnek No	Mesafe											
	Başlangıç	1 Metre	2 Metre	3 Metre	4 Metre	5 Metre	6 Metre	7 Metre	8 Metre	9 Metre	10 Metre	11 Metre
308.1	2.65	3.63	7.96	3.07	3.21	4.89	15.62	15.21	15.21	5.58	13.97	2.79
308.2	31.23	30.41	29.18	30.00	28.36	28.77	30.41	31.23	29.59	30.82	32.47	30.41
311.1	11.92	6.16	9.45	8.63	9.04	8.63	8.63	8.63	12.51	13.04	8.63	9.45
311.2	38.22	42.74	34.11	30.41	34.52	33.70	32.06	32.06	34.52	41.92	44.80	54.66

Ek Tablo 9.Boş Arazi Sınıfı Yeraltı Görüntüleme Radarı ile Kil Derinlikleri (ns)(Devamı)

Örnek No	Mesafe						
	12 Metre	13 Metre	14 Metre	15 Metre	16 Metre	17 Metre	18 Metre
308.1	11.51	4.33	6.56	4.47	5.44	4.54	5.16
308.2	30.82	31.64	30.41	29.18	30.82	30.00	29.59
311.1	14.38	14.60	9.91	8.34	8.34		
311.2	64.33	70.28	76.44	89.18	103.56		

SPSS Tabloları

Ek Tablo 10.Toprak Tesktürü Bağımsız T Testi

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
kum	Equal variances	,152	,698	-2,211	72	,030	-4,76187	2,15353	-9,05485	-,46888

	assumed									
	Equal variances not assumed			-2,212	45,513	,032	-4,76187	2,15259	-9,09605	-,42769
kil	Equal variances assumed	4,478	,038	5,727	72	,000	9,35102	1,63292	6,09584	12,60619
	Equal variances not assumed			6,545	63,733	,000	9,35102	1,42881	6,49640	12,20563
toz	Equal variances assumed	31,046	,000	-3,752	72	,000	-4,58935	1,22317	-7,02769	-2,15101
	Equal variances not assumed			-2,982	28,102	,006	-4,58935	1,53890	-7,74114	-1,43756

Ek Tablo 11. Toprak pH Bağımsız T Testi

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
pH_log	Equal variances assumed	3,460	,067	-11,074	72	,000	-,07914	,00715	-,09338	-,06489
	Equal variances not assumed			-9,675	33,356	,000	-,07914	,00818	-,09577	-,06250

Ek Tablo 12..Toprak Organik Madde Bağımsız T Testi

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
om	Equal variances assumed	,311	,579	1,147	72	,255	,49522	,43189	-,36574	1,35618
	Equal variances not assumed			1,177	48,620	,245	,49522	,42078	-,35054	1,34099

Ek Tablo 13..Toprak İnfiltrasyon Bağımsız T Testi

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
infiltrasyon1	Equal variances assumed	,220	,644	-1,166	22	,256	-,32533	,27903	-,90401	,25335
	Equal variances not assumed			-1,202	4,418	,290	-,32533	,27075	-1,04983	,39916

Ek Tablo 14..Toprak Permeabilite Bağımsız T Testi

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
permeabilite_log	Equal variances assumed	,035	,854	,609	22	,549	,22632	,37163	-,54439	,99703
	Equal variances not assumed			,594	13,215	,563	,22632	,38109	-,59563	1,04827

Yeraltı Görüntüleme Radarı Kil Derinlik Mann Whitney U Testi SPSS Tabloları

Ek Tablo 15.Boş Arazi Sınıfı ile Çay Arazi Sınıfının Karşılaştırılması

Ranks				
	arazi	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Derinlik_kil_m	Boş	89	108,04	9615,50
	Çay	151	127,84	19304,50
	Total	240		

Test Statistics ^a	
	Derinlik_kil_m
Mann-Whitney U	5610,500
Wilcoxon W	9615,500
Z	-2,135
Asymp. Sig. (2-tailed)	,033

a. Grouping Variable: arazi

Ek Tablo 16..Boş Arazi Sınıfı ile Fındık Arazi Sınıfının Karşılaştırılması

Ranks				
	arazi	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Derinlik_kil_m	Boş	89	67,46	6004,00
	Fındık	123	134,75	16574,00
	Total	212		

Test Statistics ^a	
	Derinlik_kil_m
Mann-Whitney U	1999,000
Wilcoxon W	6004,000
Z	-7,883
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Grouping Variable: arazi

Ek Tablo 17.Boş Arazi Sınıfı ile Heyelan Arazi Sınıfının Karşılaştırılması

Ranks				
	arazi	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Derinlik_kil_m	Boş	89	89,44	7960,00
	Heyelan	134	126,99	17016,00
	Total	223		
Test Statistics ^a				
	Derinlik_kil_m			
Mann-Whitney U	3955,000			
Wilcoxon W	7960,000			
Z	-4,256			
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000			
a. Grouping Variable: arazi				

Ek Tablo 18.Çay Arazi Sınıfı ile Fındık Arazi Sınıfının Karşılaştırılması

Ranks				
	arazi	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Derinlik_kil_m	Çay	151	98,83	14923,50
	Fındık	123	184,97	22751,50
	Total	274		
Test Statistics ^a				
	Derinlik_kil_m			
Mann-Whitney U	3447,500			
Wilcoxon W	14923,500			
Z	-8,950			
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000			
a. Grouping Variable: arazi				

Ek Tablo 19.Çay Arazi Sınıfı ile Heyelan Arazi Sınıfının Karşılaştırılması

Ranks				
	arazi	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Derinlik_kil_m	Çay	151	133,12	20101,50
	Heyelan	134	154,13	20653,50
	Total	285		
Test Statistics^a				
	Derinlik_kil_m			
Mann-Whitney U	8625,500			
Wilcoxon W	20101,500			
Z	-2,148			
Asymp. Sig. (2-tailed)	,032			
a. Grouping Variable: arazi				

Ek Tablo 20.Fındık Arazi Sınıfı ile Heyelan Arazi Sınıfının Karşılaştırılması

Ranks				
	arazi	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Derinlik_kil_m	Fındık	123	160,26	19712,00
	Heyelan	134	100,31	13441,00
	Total	257		
Test Statistics^a				
	Derinlik_kil_m			
Mann-Whitney U	4396,000			
Wilcoxon W	13441,000			
Z	-6,459			
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000			
a. Grouping Variable: arazi				

Ek Tablo 21.Toprak Örnekleri Alınan Noktaların Koordinat Bilgileri

Örnek No	Örneklerin Alınma Tarihi	Koordinatlar		Yükseklik
		Enlem	Boylam	
Ç1-1	1.09.2019	41.321083	41.327683	204
Ç1-2	1.09.2019	41.318888	41.332783	204
Ç1-3	1.09.2019	41.320833	41.327783	208
Ç2-1	1.09.2019	41.320900	41.327650	199
Ç2-2	1.09.2019	41.320917	41.327650	198
Ç2-3	1.09.2019	41.320917	41.327650	197
Ç2-4	1.09.2019	41.320967	41.327750	198
Ç2-5	1.09.2019	41.320917	41.327783	198
Ç2-6	1.09.2019	41.320917	41.327800	198
Ç3-0	1.09.2019	41.320800	41.327550	195
Ç3-1	1.09.2019	41.320783	41.327600	196
Ç3-2	1.09.2019	41.320800	41.327717	195
Ç3-3	1.09.2019	41.320783	41.327783	195
Ç4-1	1.09.2019	41.320567	41.327667	188
Ç4-2	1.09.2019	41.320617	41.327683	188
Ç4-3	1.09.2019	41.320667	41.327717	188
Ç4-4	1.09.2019	41.320650	41.327733	189
Ç4-5	1.09.2019	41.320717	41.327850	188
Ç4-6	1.09.2019	41.320667	41.328017	190
F1-1	2.09.2019	41.321100	41.327333	215

F1-2	2.09.2019	41.321117	41.327417	217
F1-3	2.09.2019	41.314167	41.320000	217
F2-1	2.09.2019	41.321100	41.327333	215
F2-2	2.09.2019	41.321150	41.327450	218
F2-3	2.09.2019	41.321217	41.327533	218
F3-1	2.09.2019	41.321100	41.327333	215
F3-2	2.09.2019	41.321217	41.327467	218
F3-3	2.09.2019	41.321250	41.327517	218
F4-1	2.09.2019	41.321101	41.327333	215
F4-2	2.09.2019	41.321267	41.327417	218
F4-3	2.09.2019	41.321300	41.327500	218
DÇ1	8.09.2019	41.320667	41.328417	202
DÇ2	8.09.2019	41.320667	41.328517	202
DÇ3	8.09.2019	41.320750	41.328467	202
DÇ4	8.09.2019	41.320817	41.328567	203
DÇ5	8.09.2019	41.320783	41.328483	202
DÇ6	8.09.2019	41.320767	41.328450	202

Ek Tablo 22. Toprak Tekstür Analizi (Uluslararası)

Örnek No	Derinlik(cm)	Higroskopik Nem	Toprak Tekstür Analizi(Uluslararası)			
			kum % (uluslararası)	kil (uluslararası)	toz (uluslararası)	Toprak Türü(Uluslararası)
Ç1-1	0-15	48.79	45.07	40.38	14.55	Balçıklı Kil
	15-30	48.65	43.88	46.46	9.66	Ağır Kil
Ç1-2	0-15	49.26	67.32	19.69	12.99	Kumlu Killi Balçık
	15-30	49.33	66.35	22.30	11.35	Kumlu Killi Balçık
Ç1-3	0-15	49.13	60.92	25.85	13.23	Kumlu Kil
	15-30	49.25	56.96	29.64	13.40	Kumlu Kil
Ç2-1	0-15	48.97	68.96	23.89	7.15	Kumlu Killi Balçık
	15-30	48.78	45.27	36.90	17.83	Balçıklı Kil
Ç2-2	0-15	49.15	48.93	33.98	17.09	Balçıklı Kil
	15-30	49.21	61.18	24.39	14.43	Kumlu Killi Balçık
Ç2-3	0-15	49.26	65.29	24.56	10.15	Kumlu Killi Balçık
	15-30	49.53	72.54	19.99	7.47	Kumlu Killi Balçık
Ç2-4	0-15	46.34	70.65	20.72	8.63	Kumlu Killi Balçık
	15-30	49.36	64.34	23.10	12.56	Kumlu Killi Balçık
Ç2-5	0-15	48.75	58.77	24.82	16.41	Kumlu Killi Balçık
	15-30	48.81	56.77	34.62	8.60	Kumlu Kil
Ç2-6	0-15	48.80	49.59	36.07	14.35	Balçıklı Kil
	15-30	49.04	56.97	28.35	14.68	Kumlu Kil
Ç3-0	0-15	48.92	46.45	33.73	19.83	Balçıklı Kil
	15-30	49.15	44.65	38.46	16.89	Balçıklı Kil
Ç3-1	0-15	48.81	62.71	17.42	19.87	Kumlu Killi Balçık
	15-30	48.87	60.71	23.33	15.96	Kumlu Killi Balçık
Ç3-2	0-15	48.44	50.04	32.00	17.96	Balçıklı Kil
	15-30	48.77	59.61	27.06	13.33	Kumlu Kil
Ç3-3	0-15	49.73	55.36	29.36	15.28	Kumlu Kil
	15-30	45.33	48.82	31.32	19.85	Balçıklı Kil
Ç4-1	0-15	48.44	62.43	26.01	11.56	Kumlu Kil
	15-30	48.77	50.38	32.60	17.02	Balçıklı Kil
Ç4-2	0-15	48.73	58.54	27.91	13.54	Kumlu Kil
	15-30	48.92	52.16	28.01	19.83	Balçıklı Kil
Ç4-3	0-15	49.02	62.87	25.70	11.42	Kumlu Kil
	15-30	48.96	48.53	35.54	15.93	Balçıklı Kil
Ç4-4	0-15	48.82	66.81	16.59	16.59	Kumlu Killi Balçık
	15-30	48.90	50.51	32.93	16.57	Balçıklı Kil
Ç4-5	0-15	48.97	66.72	19.60	13.68	Kumlu Killi Balçık
	15-30	48.86	65.62	21.70	12.69	Kumlu Killi Balçık
Ç4-6	0-15	49.31	77.08	13.38	9.53	Kumlu Balçık
	15-30	49.42	73.09	16.39	10.52	Kumlu Killi Balçık
F1-1	0-15	49.03	68.59	16.72	14.68	Kumlu Killi Balçık

	15-30	48.99	60.40	23.27	16.33	Balçıklı Kil
F1-2	0-15	48.84	72.56	10.65	16.79	Kumlu Killi Balçık
	15-30	49.17	67.66	13.02	19.32	Kumlu Killi Balçık
F1-3	0-15	48.99	69.07	21.43	9.50	Kumlu Killi Balçık
	15-30	49.14	63.37	24.83	11.80	Balçıklı Kil
F2-1	0-15	48.83	54.12	16.79	29.08	Kumlu Killi Balçık
	15-30	49.43	76.94	11.94	11.13	Kumlu Killi Balçık
F2-2	0-15	49.27	65.70	13.40	20.90	Killi Balçık
	15-30	49.49	76.96	11.72	11.32	Balçıklı Kil
F2-3	0-15	49.25	46.19	25.38	28.43	Kumlu Killi Balçık
	15-30	49.33	59.45	26.15	14.39	Kumlu Killi Balçık
F3-1	0-15	49.36	61.51	12.16	26.34	Kumlu Killi Balçık
	15-30	49.13	71.50	17.10	11.40	Kumlu Killi Balçık
F3-2	0-15	49.44	54.29	16.18	29.53	Kumlu Balçık
	15-30	49.43	74.51	12.95	12.54	Kumlu Balçık
F3-3	0-15	48.79	60.85	11.27	27.88	Kumlu Killi Balçık
	15-30	49.25	61.22	17.06	21.73	Kumlu Killi Balçık
F4-1	0-15	49.05	51.88	23.45	24.67	Killi Balçık
	15-30	49.18	68.28	17.49	14.23	Kumlu Balçık
F4-2	0-15	48.99	62.04	13.27	24.70	Kumlu Balçık
	15-30	48.25	63.52	18.24	18.24	Kumlu Balçık
F4-3	0-15	48.89	45.59	21.48	32.93	Balçıklı Kil
	15-30	49.25	68.32	18.88	12.79	Kumlu Kil
DÇ1	0-15	48.55	60.04	23.89	16.07	Balçık
	15-30	48.90	48.06	33.33	18.61	Kumlu Killi Balçık
DÇ2	0-15	48.76	68.42	16.61	14.97	Killi Balçık
	15-30	48.97	70.60	15.11	14.29	Kumlu Balçık
DÇ3	0-15	48.28	57.75	22.99	19.26	Balçık
	15-30	48.70	45.79	35.73	18.48	Killi Balçık
DÇ4	0-15	48.53	64.15	19.78	16.07	Killi Balçık
	15-30	48.70	60.17	24.43	15.40	Kumlu Killi Balçık
DÇ5	0-15	48.47	55.85	24.14	20.01	Balçık
	15-30	48.67	53.97	29.59	16.44	Kumlu Killi Balçık
DÇ6	0-15	48.41	66.12	20.04	13.84	Killi Balçık
	15-30	48.63	64.22	21.39	14.40	Kumlu Killi Balçık

Ek Tablo 23.Toprak Tekstür Analizi

Örnek No	Derinlik(cm)	Toprak Tekstür			
		Kum %	Kil %	Toz %	Toprak Türü
Ç1-1	0-15	35.84	40.38	23.78	Kil
	15-30	36.69	46.46	16.86	Kil
Ç1-2	0-15	59.20	19.69	21.11	Kumlu Balçık
	15-30	55.20	22.30	22.50	Kumlu Killi Balçık
Ç1-3	0-15	52.78	25.85	21.37	Kumlu Killi Balçık
	15-30	47.82	29.64	22.54	Kumlu Killi Balçık
Ç2-1	0-15	58.75	23.89	17.36	Kumlu Killi Balçık
	15-30	38.09	36.90	25.01	Killi Balçık
Ç2-2	0-15	40.79	33.98	25.23	Killi Balçık
	15-30	53.06	24.39	22.56	Kumlu Killi Balçık
Ç2-3	0-15	53.11	24.56	22.33	Kumlu Killi Balçık
	15-30	62.45	19.99	17.56	Kumlu Balçık
Ç2-4	0-15	56.63	20.72	22.66	Kumlu Killi Balçık
	15-30	53.20	23.10	23.70	Kumlu Killi Balçık
Ç2-5	0-15	50.57	24.82	24.61	Kumlu Killi Balçık
	15-30	46.53	34.62	18.85	Kumlu Killi Balçık
Ç2-6	0-15	42.41	36.07	21.52	Killi Balçık
	15-30	49.83	28.35	21.82	Kumlu Killi Balçık
Ç3-0	0-15	36.23	33.73	30.05	Killi Balçık
	15-30	36.52	38.46	25.03	Killi Balçık
Ç3-1	0-15	54.51	17.42	28.07	Kumlu Balçık
	15-30	52.53	23.33	24.15	Kumlu Killi Balçık
Ç3-2	0-15	41.78	32.00	26.22	Killi Balçık
	15-30	54.48	27.06	18.45	Kumlu Killi Balçık
Ç3-3	0-15	45.31	29.36	25.34	Kumlu Killi Balçık
	15-30	36.69	31.32	31.99	Killi Balçık
Ç4-1	0-15	54.17	26.01	19.82	Kumlu Killi Balçık
	15-30	43.21	32.60	24.19	Killi Balçık
Ç4-2	0-15	49.31	27.91	22.78	Kumlu Killi Balçık
	15-30	43.37	28.01	28.62	Killi Balçık
Ç4-3	0-15	52.67	25.70	21.62	Kumlu Killi Balçık
	15-30	42.41	35.54	22.06	Killi Balçık
Ç4-4	0-15	58.62	16.59	24.79	Kumlu Balçık
	15-30	43.35	32.93	23.72	Killi Balçık
Ç4-5	0-15	56.51	19.60	23.89	Kumlu Balçık
	15-30	52.31	21.70	25.99	Kumlu Killi Balçık
Ç4-6	0-15	71.00	13.38	15.62	Kumlu Balçık
	15-30	66.01	16.39	17.60	Kumlu Balçık
F1-1	0-15	54.32	16.72	28.96	Kumlu Balçık
	15-30	46.12	23.27	30.62	Balçık

F1-2	0-15	58.23	10.65	31.12	Kumlu Balçık
	15-30	54.44	13.02	32.54	Kumlu Balçık
F1-3	0-15	52.97	25.13	21.90	Kumlu Balçık
	15-30	51.16	29.88	24.01	Kumlu Killi Balçık
F2-1	0-15	54.12	16.79	29.08	Kumlu Balçık
	15-30	63.79	11.94	24.28	Kumlu Balçık
F2-2	0-15	65.70	13.40	20.90	Kumlu Balçık
	15-30	64.84	11.72	23.44	Kumlu Balçık
F2-3	0-15	46.19	25.38	28.43	Balçık
	15-30	48.30	26.15	25.54	Kumlu Killi Balçık
F3-1	0-15	61.51	12.16	26.34	Kumlu Balçık
	15-30	58.27	17.10	24.63	Kumlu Balçık
F3-2	0-15	54.29	16.18	29.53	Kumlu Balçık
	15-30	60.75	12.95	26.30	Kumlu Balçık
F3-3	0-15	60.85	11.27	27.88	Kumlu Balçık
	15-30	47.00	17.06	35.94	Balçık
F4-1	0-15	51.88	23.45	24.67	Kumlu Killi Balçık
	15-30	55.07	17.49	27.45	Kumlu Balçık
F4-2	0-15	62.04	13.27	24.70	Kumlu Balçık
	15-30	52.13	18.24	29.64	Kumlu Balçık
F4-3	0-15	45.59	21.48	32.93	Balçık
	15-30	56.14	18.88	24.98	Kumlu Balçık
DÇ1	0-15	51.80	23.89	24.31	Kumlu Killi Balçık
	15-30	38.85	33.33	27.81	Killi Balçık
DÇ2	0-15	60.21	16.61	23.18	Kumlu Balçık
	15-30	64.47	15.11	20.42	Kumlu Balçık
DÇ3	0-15	49.47	22.99	27.55	Kumlu Killi Balçık
	15-30	37.58	35.73	26.69	Killi Balçık
DÇ4	0-15	53.85	19.78	26.37	Kumlu Balçık
	15-30	50.93	24.43	24.64	Kumlu Killi Balçık
DÇ5	0-15	47.60	24.14	28.26	Balçık
	15-30	43.70	29.59	26.71	Killi Balçık
DÇ6	0-15	57.86	20.04	22.10	Kumlu Killi Balçık
	15-30	51.88	21.39	26.73	Kumlu Killi Balçık

Ek Tablo 24.Toprak pH ve Organik Madde Analizi

Örnek No	Derinlik(cm)	pH	pH Sınıfı	Organik M.	Organik M. Sınıfı
Ç1-1	0-15	4.37	Fevkalade asit	2.108	Orta Humus
	15-30	4.77	Çok kuvvetli asit	0.546	Fakir Humus
Ç1-2	0-15	4.76	Çok kuvvetli asit	3.610	Orta Humus
	15-30	4.66	Çok kuvvetli asit	1.030	Zayıf Humus
Ç1-3	0-15	4.42	Fevkalade asit	2.478	Orta Humus
	15-30	4.45	Fevkalade asit	0.977	Fakir Humus
Ç2-1	0-15	4.17	Fevkalade asit	5.637	Kuvvetli Humus
	15-30	4.32	Fevkalade asit	4.452	Orta Humus
Ç2-2	0-15	4.38	Fevkalade asit	2.384	Orta Humus
	15-30	4.36	Fevkalade asit	2.270	Orta Humus
Ç2-3	0-15	4.30	Fevkalade asit	1.515	Zayıf Humus
	15-30	4.42	Fevkalade asit	0.593	Fakir Humus
Ç2-4	0-15	4.21	Fevkalade asit	2.041	Orta Humus
	15-30	4.32	Fevkalade asit	1.556	Zayıf Humus
Ç2-5	0-15	4.17	Fevkalade asit	4.586	Orta Humus
	15-30	4.16	Fevkalade asit	5.098	Kuvvetli Humus
Ç2-6	0-15	4.51	Çok kuvvetli asit	4.984	Orta Humus
	15-30	4.56	Çok kuvvetli asit	3.751	Orta Humus
Ç3-0	0-15	4.60	Çok kuvvetli asit	3.448	Orta Humus
	15-30	4.43	Fevkalade asit	4.142	Orta Humus
Ç3-1	0-15	4.04	Fevkalade asit	5.853	Kuvvetli Humus
	15-30	3.91	Fevkalade asit	5.361	Kuvvetli Humus
Ç3-2	0-15	4.18	Fevkalade asit	6.109	Kuvvetli Humus
	15-30	4.14	Fevkalade asit	6.472	Kuvvetli Humus
Ç3-3	0-15	4.26	Fevkalade asit	4.317	Orta Humus
	15-30	4.27	Fevkalade asit	5.327	Kuvvetli Humus
Ç4-1	0-15	4.35	Fevkalade asit	6.472	Kuvvetli Humus
	15-30	4.4	Fevkalade asit	5.718	Kuvvetli Humus
Ç4-2	0-15	4.20	Fevkalade asit	3.617	Orta Humus
	15-30	4.16	Fevkalade asit	4.162	Orta Humus
Ç4-3	0-15	4.18	Fevkalade asit	4.155	Orta Humus
	15-30	4.19	Fevkalade asit	3.374	Orta Humus
Ç4-4	0-15	4.11	Fevkalade asit	5.132	Kuvvetli Humus
	15-30	4.1	Fevkalade asit	2.903	Orta Humus
Ç4-5	0-15	4.13	Fevkalade asit	4.654	Orta Humus
	15-30	4.01	Fevkalade asit	3.765	Orta Humus
Ç4-6	0-15	4.81	Çok kuvvetli asit	0.707	Fakir Humus
	15-30	4.73	Çok kuvvetli asit	0.849	Fakir Humus
F1-1	0-15	4.78	Çok kuvvetli asit	4.169	Orta Humus
	15-30	4.74	Çok kuvvetli asit	5.260	Kuvvetli Humus

F1-2	0-15	4.76	Çok kuvvetli asit	5.226	Kuvvetli Humus
	15-30	5.1	Kuvvetli asit	4.378	Orta Humus
F1-3	0-15	4.81	Çok kuvvetli asit	5.058	Kuvvetli Humus
	15-30	5.04	Kuvvetli asit	2.054	Orta Humus
F2-1	0-15	4.71	Çok kuvvetli asit	4.694	Orta Humus
	15-30	5.18	Kuvvetli asit	2.573	Orta Humus
F2-2	0-15	4.88	Çok kuvvetli asit	1.482	Zayıf Humus
	15-30	4.92	Çok kuvvetli asit	0.768	Fakir Humus
F2-3	0-15	4.69	Çok kuvvetli asit	1.044	Zayıf Humus
	15-30	4.8	Çok kuvvetli asit	0.647	Fakir Humus
F3-1	0-15	5.24	Kuvvetli asit	2.970	Orta Humus
	15-30	5.28	Kuvvetli asit	3.778	Orta Humus
F3-2	0-15	5.28	Kuvvetli asit	0.754	Fakir Humus
	15-30	5.36	Kuvvetli asit	6.398	Kuvvetli Humus
F3-3	0-15	6.52	Nötr	5.496	Kuvvetli Humus
	15-30	6.02	Hafif asit	2.256	Orta Humus
F4-1	0-15	4.72	Çok kuvvetli asit	3.819	Orta Humus
	15-30	4.76	Çok kuvvetli asit	3.576	Orta Humus
F4-2	0-15	4.96	Çok kuvvetli asit	3.415	Orta Humus
	15-30	4.91	Çok kuvvetli asit	4.586	Orta Humus
F4-3	0-15	5.67	Orta derecede asit	3.617	Orta Humus
	15-30	5.04	Kuvvetli asit	3.785	Orta Humus
DÇ1	0-15	3.76	Fevkalade asit	6.021	Kuvvetli Humus
	15-30	3.95	Fevkalade asit	3.388	Orta Humus
DÇ2	0-15	4.08	Fevkalade asit	4.001	Orta Humus
	15-30	3.81	Fevkalade asit	2.095	Orta Humus
DÇ3	0-15	4.12	Fevkalade asit	5.913	Kuvvetli Humus
	15-30	4	Fevkalade asit	3.879	Orta Humus
DÇ4	0-15	4.32	Fevkalade asit	6.061	Kuvvetli Humus
	15-30	4.02	Fevkalade asit	5.044	Kuvvetli Humus
DÇ5	0-15	4.02	Fevkalade asit	6.156	Kuvvetli Humus
	15-30	4.03	Fevkalade asit	6.021	Kuvvetli Humus
DÇ6	0-15	4.23	Fevkalade asit	5.758	Kuvvetli Humus
	15-30	4.2	Fevkalade asit	4.694	Orta Humus

Ek Tablo 25.Toprak Permeabilite ve İnfiltrasyon Analizleri

Örnek No	Derinlik(cm)	Örnek Alım Tarihi	Permeabilite (cm/dk)	Örnek Adı	İnfiltrasyon
Ç1-1	0-15	19.03.2019	0.069	C1-1	15.800
	15-30	19.03.2019	0.020	C1-1_kont	7.058
Ç1-2	0-15	19.03.2019	0.160	C1-2	4.083
	15-30	19.03.2019	0.013	C1-2_kont	11.792
Ç2-1	0-15	19.03.2019	0.003	C2-1	1.933
	15-30	19.03.2019	0.016	C2-1_kont	1.658
Ç3-1	0-15	19.03.2019	0.050	C3-1	0.517
	15-30	19.03.2019	0.380	C3-1_kont	2.358
Ç3-2	0-15	19.03.2019	0.461	C3-2	0.383
	15-30	19.03.2019	0.023	C3-2_kont	0.567
Ç3-3	0-15	19.03.2019	0.624	C3-3	4.542
	15-30	19.03.2019	0.054	C3-3_kont	3.817
Ç4-1	0-15	19.03.2019	0.001	C4-1	5.775
	15-30	19.03.2019	0.009	C4-1_kont	2.425
Ç4-4	0-15	19.03.2019	0.003	C4-4	8.458
	15-30	19.03.2019	0.225	C4-4_kont	6.225
F1-1	0-15	19.03.2019	0.008	F1-1	7.900
	15-30	19.03.2019	0.003		
F2-2	0-15	19.03.2019	0.019	F2-2	18.375
	15-30	19.03.2019	1.504		
F2-3	0-15	19.03.2019	0.112		
	15-30	19.03.2019	0.006		
F3-3	0-15	19.03.2019		F3-3	1.642
F4-3	0-15	19.03.2019	0.020	F4-3	14.658
	15-30	19.03.2019	0.004		

KAYNAKÇA

- Akkaya, Ö. (2015). *Rize İlindeki Bazı Çay Bahçelerinin Toprak ve Yaprak Analizi ile Besin Eleman Düzeylerinin Belirlenmesi*. Ordu: Ordu Üniversitesi.
- Aksoy, G. (2011). *Arhavi (Artvin) ve Çevresinin Heyelan Duyarlılık Analizi*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Anonim. (2019, 4 29). *Climate Data*. Climate Data: <https://tr.climate-data.org/location/8541/> adresinden alınmıştır
- Artvin Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2012). *İl Çevre Durum Raporu*. Artvin: T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Beyaz Özdemir, M. (2015). *Alt Yapı Elemanlarının Yer Radarı Yöntemi İle Araştırılması*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *1. Agronomy journal*, (5 b., s. 464-465). içinde American Society of Agronomy.
- ÇEM. (2016). *Heyelanlar*. Ankara: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü.
- Demirbaş, N. (2008). *Jeofizik Yöntemler İle Heyelan Araştırması*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demirkol Açıkgöz, A. (2008). *Bir Mermer Sahasında(Haymana/Ankara) Yer Radarı Yöntemi ile Kırık-Çatlak Sistemlerinin Araştırılması*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Gupta, R. (2019, 05 11). *Estimating Thw Volume of Runoff | Soil Erosion*. Soil Management: <http://www.soilmanagementindia.com/hydrology/estimating-the-volume-of-runoff-soil-erosion/4075> adresinden alınmıştır
- IBM. (2016, Mayıs 22). *Downloading IBM SPSS Statistics 24*. IBM Support : <https://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg24041224> adresinden alınmıştır
- Kacar, B. (2009). *Toprak Analizleri*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kantarcı, M. D. (2000). *Toprak İlmi* (2nd b.). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Kaplanvural, İ. (2011). *Yer Radarı Verilerinin Modellenmesi ve Yorumlanması*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karaca, E. (2016). *Fındık Zurufu Kompostunun Torakların ve Fındık Bitkisi Yapraklarının Besim Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi*. Ordu: Ordu Üniversitesi.
- Karslı, M. (2009). *Arhavi-Hopa (Artvin) Arasındaki Karayolu Şevlerinin Duyarlılık Açısından İncelenmesi*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Leckebusch, J. (2003). Ground-penetrating radar: A modern three-dimensional.
- MALÂ ProEx. (2012). *Malâ Proex System*. Mala GPR: <https://www.malagpr.com.au/mala-professional-explorer.html> adresinden alınmıştır
- Namlı, A. (2012). *Toprağın Kimyasal Özellikleri*. Ankara.
- Novotný, J. (2013). *Varnes Landslides Classification(1978)*. Ethiopia: Addis Ababa University.
- OGM. (2019, Ocak 15). *Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Genel Dökümanlar*:

- <https://ekoloji.ogm.gov.tr/Dokumanlar/Toprak%20analiz%20sonu%C3%A7lar%C4%B1n%C4%B1n%20de%C4%9Ferlendirilmesi.pdf> adresinden alınmıştır
- Okatan, A. (1986). *Trabzon-Meryemana Deresi Yağış Havzası Merlarının Bazı Fiziksel ve Hidrolojik Toprak Özellikleri ile Vejetasyon Yapısı Üzerine Araştırmalar*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Öztürk, K. (2002). Heyelanlar ve Türkiye'ye Etkileri. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 2*, 35-50.
- Özyuvacı, N. (1976). Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak-Su İlişkileri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*.
- Pm Prestij ve Pm Deniz. (2008, 02 03). *GPR*. Pm Prestij Şirket Web Sitesi: <http://www.pmprestij.com/Makaleler/GPR.pdf> adresinden alınmıştır
- Reflexw* . (tarih yok). Sandmeier Geophysical Research: <https://www.sandmeier-geo.de/download.html> adresinden alınmıştır
- Ritchie, H., & Roser, M. (2019, 04 24). *EMDAT- OFDA/CRED International Disaster Database*. Our World in Data: <https://ourworldindata.org/natural-disasters> adresinden alınmıştır
- Sarıçiçek, I. (2014). *Tüneldeki (ZİGANA, TORUL) Beton Kalitesi ve Bozulmaların Yer Radarı Yöntemi ile Görüntülenmesi*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Satral, C., & Avşar, H. (2015). *Arhavi Yöresinde Yetişen Kızılağaç (Alnus Glutinosa Subsp. barbata) Meşcereleri ve Çay Alanları Altındaki Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması*. Artvin: Artvin Çoruh Üniversitesi.
- Sezer, H. (2010). *Yer Radarı Yöntemi İle Zonguldak Demiryolu Tünelinin Duyarlılığının ve Çevre Etkilerinin Araştırılması*. Ankara: ANKARA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ.
- Stern, W. (1929). Versuch einer elektrodynamischen Dickenmessung von Gletschereis. *Gerlands Beitrage zur Geophysik* (s. 292-333). içinde
- Turna, T. (2012). *Doğu Karadeniz Bölgesinde Heyelan*. Trabzon: Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü.
- Waltham, T. (2009). *Foundations of Engineering Geology* (3rd Edition b.). London: CRC Press.
- Yeditepe Sağlık Hizmetleri A.Ş. (2015). *Çay Tarımı*. Yeditepe Sağlık Hizmetleri A.Ş. Yeni Akit Gazetesi. (2015, Ağustos 25). *Yeni Akit Gazetesi*. Yeni Akit Gazetesi: <http://www.yeniakit.com.tr/haber/karadenizin-86-yillik-dogal-afet-bilancosu-89092.html> adresinden alınmıştır

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SATIRAL, Caner
Uyruğu : T.C
Doğum tarihi ve yeri : 14.09.1993/Çayeli
Medeni hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 0 (534) 262 23 66
Faks :
e-posta : csatiral@gmail.com

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Lisans	Orman Mühendisliği	8.06.2015
Y.Lisans	Orman Mühendisliği	(Devam Ediyor)

Yayımlar

YENER, İ , DUMAN, A , SATIRAL, C , AVŞAR, H . (2017). Kızılağaç Meşcerelerinin Çay Bahçelerine Dönüştürülmesi Sonucu Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimler (Arhavi Örneği). Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19 (2), 203-213.

Tez Yazım Şablonunun Alındığı	Karar Tarihi	Oturum No	Karar No
Fen Bilimleri Enstitüsü Kurulu	21.04.2016	2016-5	1
Artvin Çoruh Üniversitesi Üniversite Senatosu	11.05.2016	2016-4	6
Tez Yazım Şablonunda Yapılan Değişikliklerin	Karar Tarihi	Oturum No	Karar No
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu			
Artvin Çoruh Üniversitesi Üniversite Senatosu			