

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SPEKTORADYOMETRE TEKNİĞİ İLE TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ; HARRAN OVASI CULLAP SULAMA BİRLİĞİ ALANI
ÖRNEĞİ**

Onur ÖZBEK

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2018**

Doç. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ danışmanlığında, Onur ÖZBEK`in hazırladığı “Spektroradyometre Tekniği ile Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi; Harran Ovası Cullap Sulama Birliği Alanı Örneği” konulu bu çalışma 24/09/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’ nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Doç. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ

Üye : Doç. Dr. Ali Rıza ÖZTÜRKMEN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Alper YORULMAZ

Bu Tezin Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. H. Murat ALĞIN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 16090

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
1.GİRİŞ	1
1.1.Hassas Tarım Teknikleri	3
1.2.Hassas Tarımın Önemi ve Yararları	5
1.3.Spektrometre Tekniği	6
1.4. Spektrometrenin Kullanıldığı Alanlar	8
1.5.Spektrometrenin Çalışma Yöntemleri	8
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	10
3.MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1.Çalışma Alanının Konumu	17
3.1.1.Coğrafi konum	17
3.2.Çalışma Alanı İklimi	18
3.3.Çalışma Alanının Toprak Özellikleri	18
3.4.Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü	18
3.5. Çalışma Alanının Jeolojisi	19
3.6.Su Kaynakları	19
3.7.Arazi Çalışmaları ve Toprak Örnekleri	19
3.8. Yöntem.....	21
4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	24
4.1.Toprak Özellikleri	24
4.2.Toprak Örneklerine Ait Ham Yansıma Değerleri	25
4.3.Toprak Özelliklerinin Çapraz Doğrulama ile Tahminleri	27
5.SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	45

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SPEKTRO RADYOMETRE TEKNİĞİ İLE TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ; HARRAN OVASI CULLAP SULAMA BİRLİĞİ ALANI ÖRNEĞİ

Onur ÖZBEK

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ
Yıl: 2018, Sayfa: 45

Toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bir çok analiz yöntemi karşımıza çıkmaktadır Ancak bu yöntemler yüksek maliyetli ve insan hayatı için önemli olan zamanı gereğinden fazla harcamasından dolayı NIRS(Görülebilir Yakın kızılötesi yansıma spektrometre tekniği) gibi Hassas tarım yöntemlerine yönelilmiştir. NIRS alınan örneğe zarar vermeyen aynı anda birden fazla toprak üzerinde çalışmamıza imkan sağlayan ve kolayca tekrarlanabilme özelliğine sahip olan bir metottur. Bu çalışmada Harran ovası Cullap sulama birliği alanından alınan 163 toprak örneğinin laboratuvar şartlarında analizleri yapılmış ve aynı toprak örneklerinin NIRS tekniği ile yansımaları toplanmıştır. Yapılan analizler neticesinde elde edilen değerler ile NIRS yöntemiyle yapılan tahminler arasındaki ilişkiler PLSR metodu ile değerlendirilmiş kalibrasyon modelleri oluşturulmuş ve kalibrasyon modellerinin doğruluğu çapraz doğrulama (cross validation) tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Bu kalibrasyon modelleri ve tahminlerde Kireç organik madde ve Mn gibi değişkenler için başarılı sonuç elde edilirken ($R > 0.50$); Kil, Silt, kum, P, Cu, K, pH değişkenlerinde beklenenin altında; Fe, Zn, Agretat stabilitesi tahminlerinde ise başarısız sonuçlar elde edilmiştir ($R < 0.50$). Bazı toprak özelliklerinin VNIRS yöntemi ile tahminindeki başarısızlığın nedeni topraklardaki yüksek oranda kireç içeriğinin diğer parametrelerin etkisini maskeleyiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: NIRS yöntemi, hassas tarım, Harran ovası, cullap sulama birliği alanı

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF SOIL PROPERTIES USING SPECTRORADIOMETER TECHNIQUE; HARRAN PLAIN CULLAP WATER ASSOCIATION AREA CASE

Onur ÖZBEK

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ
Year: 2018, Page: 45**

There are various analyses methods for determination of soil physical, chemical and biological properties. However they are costly and time consuming. Therefore the precision agriculture methods such as NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) have been recently used. NIRS is method that allows us to analyses more than one soil property simultaneously. In this study, around 163 soils samples from Harra plain Çullap water association area were collected and analyzed in the laboratory and also soil samples were scanned using VNIRS equipment. The relationships between laboratory analyses and VNIRS scannings were modeled using PLSR regression method in order to form calibration models. Calibration models were validated using cross validation method. According to estimations using cross validation method, the results were moderately successful for CaCO₃, soil organic matter and manganese, but the results were poor for clay, silt, sand, aggregate stability, Fe, Zn and pH. The poor results are due to mostly high CaCO₃ content of soil samples which masked the effects of other soil variables on reflectance.

KEY WORDS: NIRS, precision agriculture, Cullap Water Association

TEŞEKKÜR

Çalıőmam sırasında bilgi ve birikimiyle beni yönlendiren ve bu konuda bana destek olan danıőmanım sayın Doç. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ hocama, tez jürisinde görev alan sayın Doç. Dr. Ali Rıza ÖZTÜRKMEN hocama, arazi çalışmalarında yardımcı olan sayın Prof. Dr. Mehmet Ali Çulu hocama, laboratuvar çalıőmalarını birlikte yürüttüğüm Kevser Sümeyra KESEN ve Kübra KESEN arkadaşlarıma teşekkür ederim.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Spektrometre yansıma ve işlevi	7
Şekil 1.2. Spektrometre düzeneği(Cornell Üniversitesi Bitki ve Toprak Bilimi Hassas Tarım Laboratuvarı)	9
Şekil 3.1. Çalışma alanı ve toprak örnekleme noktaları	17
Şekil 3.2. Toprak örneklerinin alınması laboratuvar ve spektral analizlere hazırlanması	20
Şekil 3.3. Spektrometre analizleri için örnek hazırlama	22
Şekil 3.4. Spektrometre düzeneği(Harran Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümü)	23
Şekil 3.5. Spektrometre aleti ile toprak örneklerinin yansımalarının alınması.....	23
Şekil 4.1. Tüm topraklara ait görülebilir yakın kızıl ötesi dalga boyları (350 -2500 nm) arasındaki ham yansımalar	25
Şekil 4.2. Tüm topraklara ait görülebilir yakın kızıl ötesi dalga boyları (350 -2500nm) arasındaki yansımaların birincil türevi (first derivative).....	26
Şekil 4.3. pH, Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini	29
Şekil 4.4. (%) Kireç, Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini	29
Şekil 4.5. (%) Kum, Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini	30
Şekil 4.6. (%) Silt, Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini	30
Şekil 4.7. (%) Kil, Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini	31
Şekil 4.8. (%) OM, Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini	31
Şekil 4.9. P (kg/da), Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini	32
Şekil 4.10. K (kg/da), Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini	32
Şekil 4.11. Cu (ppm), Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini	33
Şekil 4.12. Fe (ppm), Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini.....	33
Şekil 4.13. Mn (ppm), Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini	34
Şekil 4.14. Zn (ppm), Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini	34
Şekil 4.15. (%) Agretat Stabilesi Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini.....	35

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 4.1. Toprak özelliklerine ait tanıtıcı istatistikler	24
Çizelge 4.2. Ham spektral yansımaların kullanıldığı VNIRS-PLSR çapraz Doğrulama (cross validation) tahminleri	27
Çizelge 4.3. Birincil türev (first derivative) spektral yansımaların kullanıldığı VNIRS-PLSR çapraz doğrulama (cross validation) tahminleri	28



SİMGELER DİZİNİ

pH	Hidrojen İyon Konsantrasyonunun Negatif Logaritması
OM	Organik madde
RMSEP	Root Mean Square Error of Prediction (Hata kareler ortalaması karekökü)
mg/kg	Miligram/Kilogram (ppm)
VNIRS	Görülebilir ve Yakın kızılötesi yansıma spektrokopisi
AS	Agretat Stabilitesi



1. GİRİŞ

Türkiye yaklaşık olarak 78 milyon hektar yüzölçümüne sahip olup, bunun 28 milyon hektarı tarım arazisi olarak geçmektedir.

Tarım, ülkemizde yıllardır klasik yöntemlerle yapılmakta olmasına rağmen son yıllarda özellikle bilgi ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte genel itibari ile girdi maliyetlerini azaltmaya ve bununla birlikte kaliteyle verimi arttırmaya yönelik çevreye duyarlı çalışmalar da yapılmaktadır.

Toprak tarımın vazgeçilmez bir ögesidir. Günümüz şartlarında elimizde bulunan tarım yapabileceğimiz toprakları istediğimiz zaman artırmamız mümkün değildir. Bu sebepten dolayı plan yapıp kurgulayıp daha sonra üzerinde çalışmamız gereken temel durum mevcut elimizde olan toprakların verimini artırmak için yapmamız gereken çalışmalardır bu durum bizim için bir zorunluluk teşkil etmektedir.

Topraklardan verim alınabilmesi için tarihsel süreç boyunca birçok işlem düşünülmüş planlanmış ve uygulanmıştır. Daha fazla verim alınması için çeşitli teknikler denenmiştir. Yapılan bu çalışmalar ve denemelerde sayısızca kimyasal ve fiziksel analizler yapılmış bununla beraber insan gücü sarf edilmiştir. Özellikle kimyasal analizler için kullanılan kimyasallar büyük bir maliyet getirirken bununla beraber harcanan zaman ve insan gücü insanları alternatif teknikler geliştirmeye yönlendirmiştir.

Hassas uygulamalı tarım; toprakların verim potansiyelleri temel alınarak, tarım yapılacak olan tarlaya ait olan alt bölümlerin işletilmesi ve tarımsal işletmecilik teknolojisinin temelini oluşturur. Hassas uygulamalı tarımla tarlalardan elde edilen ham veriler kullanılabilir verilerle dönüştürülme işlemi yapılarak girdilerin en aza indirgenmesi ve ürünün veriminin artırılması için işletmecilik kararlarında değişikliklerin yapılması sağlanmaktadır (Kirişçi ve ark., 1999).

Hassas tarımın hedefleri amaçları arasında tarımdaki verimliliğin artırılması ürünlerdeki kalitenin geliştirilip iyileştirilmesi kimyasalların hem daha az hem de daha

verimli kullanılması yine enerjiden kazanılacak tasarruf ile toprak ve yeraltındaki suların korunması olarak söylenebilir. Bu hedef ve amaçlarını incelediğimiz zaman Hassas tarımın başarılı olabilmesi için 3 önemli ana unsurun ortaya çıktığını görebiliriz bunlar bilgi, teknolojiler ve tabii ki yönetim olacaktır.

Modern toprak sınıflama sisteminde, arazi şartlarında belirlenemeyen toprak parametrelerinin laboratuvar ortamında tespit edilmesine gerek duyulmaktadır. Sonuçları bulunan sayısal veriler toprakların oluşum hipotezlerine göre kontrol işlemi yapıp yorum yapılabilmektedir. Bu şekilde analizleri yapılmış toprak parametrelerinin aracılığıyla toprakların oluşum süreçleri ve toprakların oluşuma ait olan yorumları yapabilmek ve toprakları sınıflamada temel araç olarak kullanılabilir. Hassas tarım tekniklerinin uygulanması, topraklardaki karbon zenginleşmesinin gözlemlenmesi ve toprağın kalitesinin sürdürülebilirliğini sağlayacak toprak özelliklerinin hızlı bir şekilde tespit edilebileceği ucuz ve yüksek güvenilirliği olan yöntemlere gereksinim devamlı olarak artmaktadır (Günel ve ark., 2007). Bu gereksinimi karşılayacak hızlı güvenilir ve maliyeti düşük yöntemlerin başında NIRS (Visible and Near Infrared Spektroskopisi) tekniği gelmektedir.

Görülebilir ve Yakın kızılötesi spektrum tekniğinin (NIRS) kullanıldığı en yoğun alanlardan birisi tarımdır. NIRS teknolojisinin günümüz şartlarında ulaştığı noktaya gelmesine imkan sağlayan araştırmalara bakıldığında genellikle tarım ile ilgili olan alanlarda kullanıldığı tespit edilmiştir. Yakın kızılötesi spektrum tekniği 1960'lı yıllarda Karl Norris tarafından geliştirilmiş bir tekniktir. Karl Norris NIRS ile yapmış olduğu ilk çalışmada tarım ürünlerindeki nem miktarını ölçmek amacıyla yeni bir metot geliştirmeyi planlamıştır (Pasquini, 2003).

Amerika Birleşik Devletlerinde Ulusal Toprak Etüd Merkezi tarafından bir toprak profilinin belirlenme maliyetinin 2500 dolar ve analiz için harcanan zamanın 6-12 ay arasında tamamlandığı belirtilmiştir (Brown ve ark., 2006). Temel doğal öğelerden biri olan topraklar, toprağın nemi, organik madde, mineral bileşim, demir oksitler, tuz ve karbonat içerikleri ile toprağın dokusu, toprağın yapısı, toprağın rengi gibi özelliklerinin yanında jeolojik yapı ile coğrafi konuma bağımlı olarak ayrımlı yansıma, absorbe, iletme ve dağıtma özellikleri göstermektedirler. Yakın kızılötesi

ışınların bitkilerce yansıtılması söz konusu iken toprak, kaya vb. diğer öğelerce bu ışınlar değişik oranlarda absorbe edilmektedirler (Altınbaş ve ark., 2001).

Toprağın fiziksel, kimyasal özelliklerini ve bağımsız toprak bileşenleri arasındaki ilişkileri belirlemek için birçok ticari analitik teknikler kullanılmaktadır. Toprakların özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan yöntemler zaman almakta ve aynı zamanda pahalıda olduklarından dolayı NIRS gibi olası alternatif yöntemler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. NIRS tekniği materyale herhangi bir zarar vermeyen, tekrarlanabilme özelliğine sahip düşük maliyetli ve hızlı bir metot olup materyallerin 350 ile 2500 nm dalga boyları arasında yansıma değerlerini karakterize etmektedir (Viscarra Rossel ve ark., 2006).

Bu çalışmanın amacı Harran ovası cullap sulama birliğin alanında alınan örneklerin fiziksel ve kimyasal analizlerini gerçekleştirip Spektrometre tekniği ile alacağımız yansımalarla kalibrasyon yöntemini kullanarak toprağın bu özelliklerini karakterize etmek olacaktır. Bu araştırma ülkemizde ve çalışma alanının da yer aldığı Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bu metodun kullanıldığı sınırlı sayıdaki çalışmalardan olup ilk kez farklı toprak özelliklerinin aynı anda tek bir spektral okuma ile tahmin edilmesi planlanmıştır.

1.1. Hassas Tarım Teknikleri

İnsanlar için hayatın her noktasında olduğu gibi tarım açısından da teknoloji ağırlıklı olacak şekilde tarımı kabul etmek uzun yıllar almıştır. Tarımdaki bu büyük değişiklikler ilk başlarda uzun süre tartışılmıştır. İlk zamanlarda Atlarla birlikte yapılan tarımdan traktöre geçişe, mandıralarda toplanan sütün kutularda saklanması ve taşınmasına geçişe alışmak uzun zaman almıştır. Bununla da kalmayıp bazı insanlar bitkilerin gelişmesini Tanrı'nın bir oyunu olarak görmüşlerdir. İlk çapraz mısır tohum hibritleşmesi büyük tartışmalara neden olmuştur.

Benzer şekilde hassas tarım uygulamalarında da teknolojiye dayalı tarım yöntemini insanlara kabul ettirmek oldukça zordu. Hassas tarım kavramı, verilerin toplanması ve bu verilere dayalı karar verme fikrinin yerleşmesi bayağı uzun zaman almıştır. Küçük yüzölçümlü tarım arazileri üzerinde teknoloji olmadan tarım yapabilmek mümkün olabilmektedir ancak tarım arazilerinin yüzölçümü arttıkça yeni

tarım teknikleri ve tarım araçlarının zorunlu hale geldiğini göz ardı etmek mümkün değildir.

Hassas tarım, tarımsal uygulamalarda kullanılan girdilerin üretim yapılan alanın mevcut durumunu ve gereksinim duyduklarını dikkate alıp, yoğun kullanımları sebebiyle topraklara önemli girdi oluşturan kimyasalların gereksiz kullanımlarını da önleyerek, çevrenin korunmasını planlayan, tarımsal etkinliği artırma prensibi ile de yapılan üretimi daha kazançlı hale getirmeyi amaç edinmiş, yeni ve yüksek teknolojiye dayalı bir tarımsal üretim yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Kirişçi ve ark., 1999).

Tarımdan kaynaklanan üretimin ilk zamanlarda insanın gücünden hayvan gücüne geçişini ilerleyen zamanlarda baktığımız zaman traktör gücüne geçiş sürecinin devamı olarak değerlendirilen ve teknolojiye dayalı tarım olarak adlandırılacak hassas tarım, bu evrim sürecinde ortaya çıktığı söylenebilir.

Hassas tarım, en az harcanan maliyetle, en fazla ve kaliteli ürün sunan, çevreyi ve doğayı koruma prensiplerini göz önüne alarak; bilim çağında gelişen teknolojilerinin tarımsal üretim ile bütünleştirecek şekilde kullanılmasını amaçlamaktadır. Hassas tarımın amaçları arasında; ilaç ve gübre gibi kimyasal girdilerin düşük seviyeye çekilmesi, çevre kirliliğinin minimum seviyeye indirilmesi, yüksek miktarda ve kaliteli ürün sağlanması, işletme ve yetiştiricilik kararları için daha etkin bir bilgi akışının sağlanması ve tarımda kayıt düzeninin oluşturulması gelmektedir. Ayrıca hassas tarım tekniklerinin, üretimin ilk safhası olan görülen toprak işleme işleminden başlayarak hasat zamanına kadar bitkisel üretimin her safhasında kullanıldığı görülmüştür.

Hassas tarım uygulamalarından faydalanarak üretimde verimin artışı, gübre uygulama programları, uygun ilaçlamanın saptanması, ürünün maliyetini düşürme vb. birçok uygulamada çok büyük fayda sağladığını söyleyebiliriz. Türkiye için stratejik olarak önemi olan tarımda verim artışının sağlanması, ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacak ve toprak yapısına göre uygun ürün (bitki) ekimi verimin artmasında büyük fayda sağlayacaktır.

1.2. Hassas Tarımın Önemi ve Yararları

Geleneksel tarım sisteminden hassas uygulamalı tarıma geçişle birlikte daha ekonomik üretim gündeme gelmiştir. Halen uygulanır vaziyette olan geleneksel tarım sisteminde toprak, su ve enerji başta olmak üzere girdilerin etkin biçimde kullanılması ve çevreyle doğanın korunmasının ihmal edildiği görülmektedir. Üretim faaliyetleri incelendiğinde tarlanın durumunu dikkate almaksızın bütün alanlarda tekdüze şekilde toprak işleme, bilinçsiz gübre kullanımı, ekim ve tarımsal savaş gibi uygulamalar yapılmaktadır. Bu işlemler esnasında, genellikle bilgi ve araştırmadan uzak, aşırı ve gereksiz makine kullanılmakta ve uzun vadeli planlamaların yer almadığı tespit edilmiştir. Ancak, üretimde geçen zaman içinde artan girdi maliyetleri ve toplumlarda hem ulusal ve hem de uluslararası düzeyde yükselmekte olan çevre bilinci, ilgilileri yeni arayışlar içerisine itmiştir. Bu çalışmaların tam merkezinde ise hassas tarım bulunmaktadır (Kirişçi ve ark., 1999).

Hassas uygulamalı tarıma geçişle, geleneksel uygulamalara göre elde edilecek kazanımlardan bazıları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Kirişçi ve ark., 1999):

- Üretim yapılan tarım alanıyla ilgili, üretimin nitelik ve niceliğini etkileyen tüm detaylar kaydedilebilir,
- Ürün verimleri tespit edilip yıllara göre bu verim değerleri karşılaştırılabilir,
- Tarımsal Üretimi artırma amacıyla yapılan gübre ve ilaç gibi kimyasalların, gereksinim duyulan kadar verilmesi sağlanabilir,
- Yerel bazı uygulamalar sebebiyle azaltılmaya çalışılan kimyasal girdilerin çevre kirlenmesine olan etkileri minimum seviyeye getirilebilir,
- Yüksek teknoloji ve donanım kullanılması sebebiyle, tarımla uğraşan kişilerin tarla ve işletmecilik bilgileri artırılabilir,
- Tarımsal Üretim girdilerinin, birim alanın ihtiyaç duyduğu gereksinime göre düzenlenmesiyle etkin bir işletmecilik sağlanabilir.

1.3. Spektrometre Tekniği

Spektrometre uygulamaları atomların, moleküllerin veya iyonların herhangi bir enerji düzeyinden başka bir diğer enerji düzeyine geçmesi sırasında absorbe edilen veya yayılmakta olan elektromagnetik ışımının ölçülmesi ve matematiksel metotlar kullanılarak yorumlanma esasına dayanmıştır. Spektrometrik cihazlar ise spektrometrik ölçümlerin radyometrik kalibrasyonlarının sağlandığı aygıtlardır. Spektrometreler uydu ve diğer uzaktan algılama sensörlerinde olduğu gibi radyans, irradyans, reflektans ya da transmisyonun kantitatif ölçümlerine dayanmaktadır. Spektrometrik metotlarda görülen temel dayanak ise objelerin elektromagnetik bölgelerde kendine özgü bir yansımaya değerlerinin bulunmasıdır. Bu yansımaya değeri objeye rengi, dokusu, parlaklığı vb. gibi özellikleri veren kimyasal yapısından kaynaklanır.

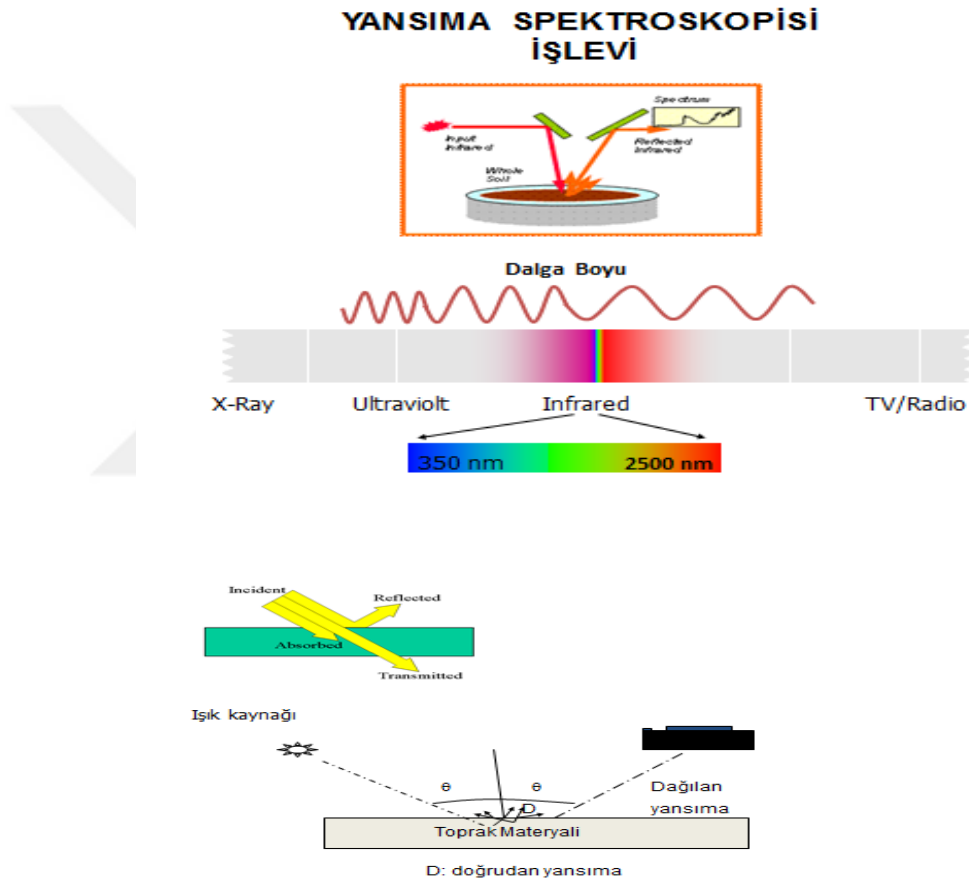
Spektrometre, hedef olarak seçilen nesneden yansımakta olan ışınımı uygun olacak biçimde optik ve elektronik şekilde işledikten sonra kayıt altına alan çok spektruma sahip elektro optik bir sistemdir. Hedef olan nesnenin aydınlatılma işleminde; arazide yapılacak olan ölçümler için doğal ışınım kaynağı durumundaki güneş, laboratuvar ortamında kontrollü koşullar altında yapılan ölçümlerde ise yapay ışınım kaynağı olarak uygun özelliklere sahip lambalar kullanılmaktadır.

Spektrometreler, temel olarak, fiber optik kablo, bilgisayar ve spektrometreden oluşmaktadır. Fiber optik kablo, alınan örnekten yansımaya yapan ışınımı belli bir görüş açısı ile alıp spektrometreye iletmektedir. Işınım kaynağının aydınlatmasının gücünde değişim olduğu takdirde nesneden yansıyan ışınım değerinde de değişim olmaktadır. Bu olumsuz sayılabilecek durumu ortadan kaldırma amacıyla değişik tedbirler alınır. Spektrometre, monokromatör olarak da adlandırılabilir ve spektrometrenin en önemli parçası olarak karşımıza çıkmaktadır. seçilen nesneden veya ışınım kaynağından fiber optik kablo ile gelen çoklu spektruma sahip (polychromatic) ışınımı alarak farklı dalga boylarına veya bantlara böler ve ayarlanabilir monokromatör olarak da adlandırılır.

Spektrometre, içinde bulunan optik parçalar sayesinde gelen sinyali yani ışınımı işler ve birkaç farklı metottan biri ile farklı dalga boylarına veya bantlara

ayırır. Gerekli görülecek hallerde sinyal yükseltme işlemi de uygulayabilmektedir. Ardından ışınım enerjisini her bir bant veya dalga boyu için ayrı ayrı çeşitli algılayıcılarla elektrik enerjisine dönüştürür (Swain ve Davis, 1978).

Bilgisayar, spektrometre tarafından farklı dalga boylarındaki elektrik enerjisine dönüştürülen ışınım değerlerini, ham veri olarak sabit diske kaydeder. Bilgisayarın diğer bir fonksiyonunda verilerin toplanması esnasında kullanılacak yazılımın uygun bir şekilde çalıştırılmasını sağlamaktır.



Şekil 1.1 Spektrometre yansımada ve işlevi

1.4. Spektrometrelerin Kullanıldığı Alanlar

Yurtdışında spektrometrelerin kullanılması ile yapılan çalışmaların sayısı yüksek olmasına rağmen, ülkemizde yapılan çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Spektrometreler ücreti yüksek ve hassas bir yapıda olduğundan aynı zamanda kullanımı yüksek düzeyde bilgi gerektirdiğinden dolayı genellikle pratik amaçlı olarak kullanılmamaktadır, bunun yerine bu cihazlarla elde edilmiş verilerin kullanımıyla pratik uygulamalarda kullanımı daha uygun olabilecek algılama sistemleri tasarlanmaktadır (Keskin ve ark. 2003). Spektrometrelerin tarım alanında kullanılmasıyla alakalı çalışmaların tarihi 1960'lı yıllara kadar uzanmaktadır. Hem bitki hem de toprak bazında çok değişik konuların araştırıldığı yüksek sayıda yayın bulunur (Keskin ve ark., 2007).

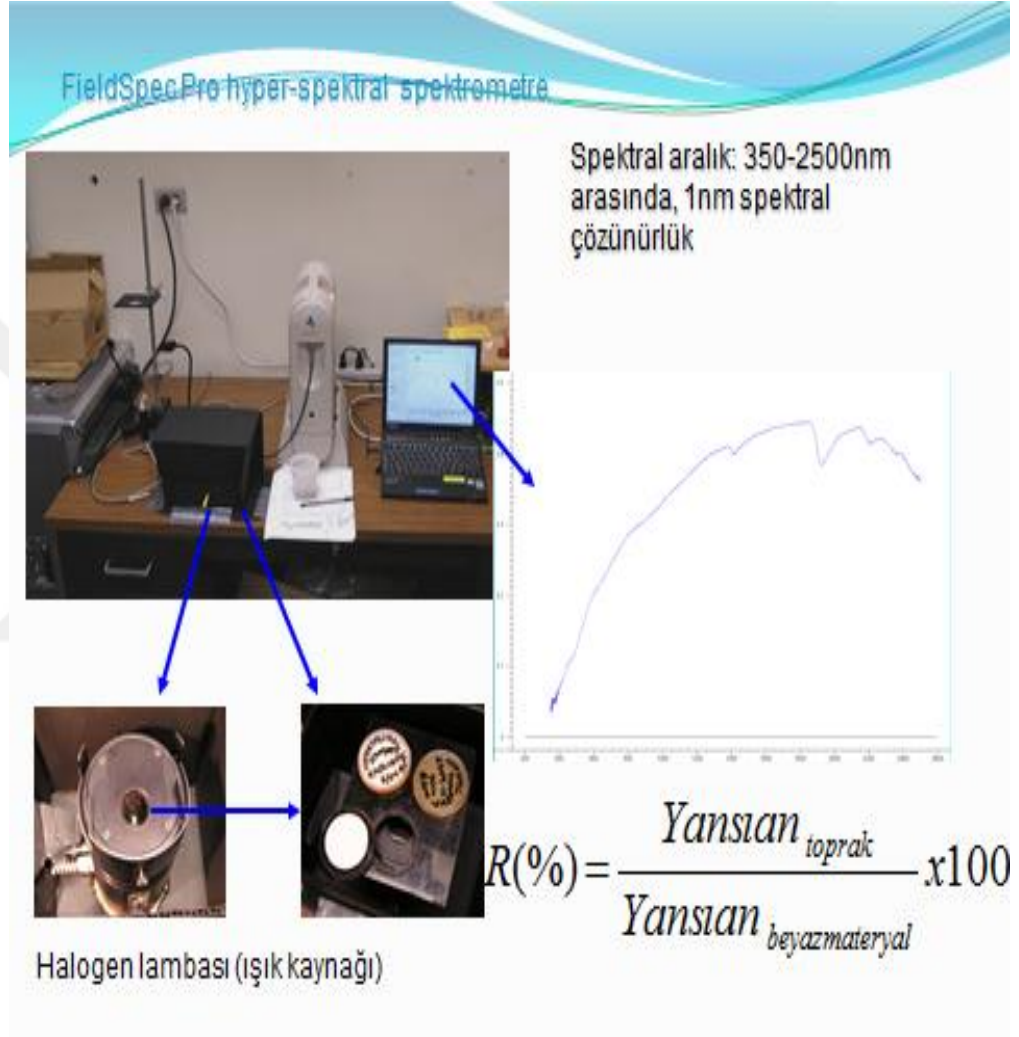
Gelenekselleşmiş toprakların analizlerine alternatif olması amacıyla düşünülen yansıma spektroskopisi çalışmalarında az miktarda örnek ile hızlı, düşük maliyetli, alınan toprak örneğine zarar vermeyen ve aynı anda birkaç toprak parametresini bulma imkanı sağlamaktadır (Batten, 1998). Birçok örneği kısa sürede analiz edip, doğruluk oranı yüksek bilgilere ulaşma imkanı sağladığından dolayı spektroskopik analiz teknikleri eczacılık, petrokimyasal gibi endüstri alanlarında da tanımlama veya karakterizasyon maksadıyla uygulanmıştır.

1.5. Spektrometre Çalışma Yöntemleri

Spektrometre arazi ve laboratuvar ortamında kullanılabilir. Açık alandaki kullanımlarda güneş bir ışınım kaynağı olarak kullanılmaktayken, laboratuvar ortamında uygun özelliğe sahip özel ışınım kaynakları yani lambalar kullanılırlar. Spektrometre ile yapılan ölçüm işlemlerinde, ışınım kaynağının aydınlatma gücünde değişme olduğu durumlarda örnek olarak kullanılan nesnenin yansıyan ışınım değerinde de değişimler olduğu gözlemlenmiştir. Bu olumsuz görünen durumu ortadan kaldırmak amacıyla üç değişik tedbir alınmaktadır. Birinci olarak, ölçüm işlemleri kontrollü koşullarda yapılarak ışınım kaynağının aydınlatma gücündeki dalgalanma durumları minimum değere indirgenmektedir. İkinci olarak ise örnek nesnenin bulunduğu yere birkaç ölçümde bir tekrarlanmak üzere yansıtma özelliği bilinen standart bir beyaz panel konur hem örnekten hem de standart

panelden elde edilen yansıma değerleri karşılaştırılarak sonuç elde edilir (Milton, 1987).

Son olarak ise iki ayrı ölçüm sistemi kullanılır durumdadır; biri örnekten ışınımı diğeri ise ışınım kaynağından gelen ışınımı kayıt altına alır.



Şekil 1.2. Spektrometre düzeneği (Cornell Üniversitesi Bitki ve Toprak Bilimi Hassas Tarım Laboratuvarı)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Nagler ve ark. (2000), 400–2500 nm aralığında 6 tip toprakta kuru ve yaş şartlarda ve 3 ü farklı tipte toplam 18 adet bitki üzerinde bir çalışma yürütmüştür. Spektral ölçümler halojen lamba kullanılarak laboratuvar ortamında yapılmıştır. Selüloz ve lignine bağlı olarak kuru bitkideki absorban dalga boyu 2100 nm olarak belirlenmiştir. Suyun toprak ve bitki yansıma oranında önemli etken olduğu görülmüştür. Koyu renkli topraklarda ıslak ve kuru renk yansıma oranları hemen hemen birbirlerine eşit iken diğer topraklarda kuruyken oluşan yansıma oranı ıslakken oluşan yansıma oranının yaklaşık iki katı kadar olduğu görülmüştür.

Peddle ve ark. (2001), spektrometre ile ölçülen değerlerin uydu verileri ve diğer spektral kaynaklar ile birlikte kullanılabilirliği için gerekli standardın sağlanması amacıyla yansıma değerlerinin hangi dönüşüm ve düzeltmelere tabii tutulması gerektiğini araştırmışlardır. Kullanılacak BaSO₄ ve spektralon plaka dışında Kodak Gri kartın spektral kalibrasyonda kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Özellikle güneş açısındaki değişim ile panelde (Kodak Grey Card (KGC)) meydana gelen değişim oldukça düzgün ($R^2=0.99$) çıkmıştır.

Keith ve ark. (2002), toprakların yansıma kütüphanesini oluşturmayı ve geliştirmeyi amaçladıkları çalışmalarında Doğu ve Güney Afrika'dan topladıkları yaklaşık 1000'in üzerinde birbirinden farklı toprak örneklerinde yansıma okumalarını test etmişlerdir. Toprak örnekleri hava kurusu nem içeriğinde yapay ışık kaynağı olan bir taşınabilir spektrometre kullanılarak (350-2500 nm) taratılmıştır. Toprak özellikleri çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri (MARS) kullanarak toprak yansıması için kalibre edilmiş ve tarama testleri sınıflandırma ağaçları kullanarak çeşitli toprak verimliliği kısıtlamaları için geliştirilmiştir. Toprak örneklerinin üçte biri doğrulama amaçlı olarak kullanılmış ve yansımalar için doğrulama R^2 değerleri değişebilir Ca için 0.88; etkili katyon değişim kapasitesi için 0.88; değişebilir Mg için 0.81; organik karbon içeriği için 0.80; kil içeriği için 0.80; kum içeriği için 0.76; ve toprak pH'sı için 0.70' olarak belirlenmiştir. Spektral kütüphane yaklaşımı tarım, çevre ve mühendislik uygulamalarında toprak değerlendirmelerde risk modelleme, değerlendirme ve

yönetimi için yeni olanaklar açacağını ve ileriki çalışmalarda toprakların fonksiyonel özellikleri için pedotransfer fonksiyonlarda toprak yansıma kullanımının test edilmesi gerekliliğini bildirmişlerdir.

Kamrunnahar ve ark. (2003), ultraviyole (UV, 250-400 nm), görünür (VIS, 400-700 nm) ve yakın kızılötesi (NIR, 700-2500 nm) spektrometre ile bazı toprak özelliklerini belirleme amacıyla yaptıkları çalışmada, toprağın yüzeyi ve yüzeyin altından alınan toplam 161 toprak örneğinde geleneksel laboratuvar yöntemi ile elde edilmiş sonuçlar ile, yansıma değerleri arasındaki kalibrasyon eşitliklerini elde etmek için regresyon analizi yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar yöntemin pH için ($R^2 = 0.73$), OC için ($R^2 = 0.61$), hava kurusu gravimetrik nem içeriği için $R^2 = 0.82$, kil değeri için $R^2 = 0.82$, KDK için $R^2 = 0.75$, değişebilir Ca için $R^2 = 0.70$, Mg için $R^2 = 0.73$ lük bir başarı oranı gösterdiğini tespit etmiştir. Sonuç olarak yöntemin içerikleri belirlemede başarılı olduğunu, bununla beraber EC, serbest Fe, kum, silt, değişebilir K ve Na içeriğini belirlemede ise başarılı olmadığını ($R^2 < 0.50$) göstermişlerdir.

Whiting ve ark. (2004), topraktaki su içeriğini tahmin edebilmek amacıyla 400-2500 nm dalga boyu aralığında bir çalışma yapmışlardır. Topraktaki su miktarı arttıkça yansıma oranında ki düşüş net bir şekilde görülmüştür.

Dematte ve ark. (2004), tarafından iki farklı tropik toprak tipinde artık fermantasyonunun topraklardaki spektral yansıma oranına etkisini araştırmışlardır. Örnekler laboratuvar ortamında yakın kızıl ötesi spektrometre ile ölçülmüştür. Tipik Quartzipsament topraklar ile tipik Argiudoll topraklar; düşük demir içeriği, organik materyal ve magnetit içeriklerine bağlı olarak farklı yansıma oranları vermiştir. Topraklara katılan atıkların kimyasal içeriklerine ve dozlarına bağlı olarak yansıma oranlarında da değişimler olmuştur. Kalsiyum ve potasyum miktarının arttığı atıklarda yansıma oranında arttığı görülmüştür. Doz miktarları topraktaki varlıklarına göre tipik quartzipsament topraklarda 760-900 nm, 2080-2350 nm ve 2350-2500 nm de, tipik argiudoll topraklarda ise 760-900 nm, 1118-1270 nm, 1300-1460 nm ve 1550-1750 nm de karakteristik bulmuştur. Landsat verileri de daha düşük detayda olmak üzere aynı davranışı göstermişlerdir.

Chang ve ark. (2005), NIRS ile toprağın özelliklerini belirlemede nemin tahmin etkisini araştırdıkları bir çalışmada, toplam 400 örnek üzerinde iki farklı nem düzeyinde toplam karbon (C), organik karbon, inorganik karbon, toplam azot (N), KDK, pH, tekstür, toprak nemi gibi toprak özelliklerini tahmin etmişlerdir. Sonuçlar, NIRS'in hem hava kuru nem içeriğinde ($R^2 > 76$) hem de nemli topraklar için ($R^2 > 74$) makul değerler verdiğini göstermektedir. Her iki nem içeriğinde de bazı toprak özelliklerini (Toplam C, organik ve inorganik C, KDK, % kil, toplam N ve nem içeriği) belirlemede kullanılabilir bir teknik olabileceğini gösterir niteliktedir.

Song ve ark. (2005), Zhejiang Eyaleti, Hangzhou ilçesinden toplanan toplam 165 hava kurusu toprak örneğinde NIRS yansımaları okunmuş ve 135 örneğin yansımaları kalibrasyon ve çapraz doğrulama aşamasında (set 1), geriye kalan 30 örnekte (set 2) N, P, K ve organik madde konsantrasyonunu tahmin etmede kullanılmıştır. Örneklerin NIR spektrumları kısmi en küçük kareler regresyonu kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ölçülen değerlerle tahmin edilen değerler arasında yapılan regresyon analizlerinde, kolerasyon katsayıları R^2 değerleri N için 0.92 ve organik madde için 0.93 Fosfor ve potasyum için ise sırasıyla 0.48 ve 0.68 olarak belirlenmiştir.

Brian ve ark. (2005), çalışmalarında geleneksel laboratuvar analizleri ile yakın kızılötesi yansıma spektrometresi tekniğinin geliştirilebilir olup olmadığını incelemişlerdir. Deneme alanından (1.6 ha) toplanan ve 2 mm'lik elekten elenen toprak örneklerinde (N=300) NIRS okumaları yapılmış ve bu örneklerde geleneksel analiz yöntemleriyle toprakta toplam N ve toplam C belirlenmiştir.

Laboratuvar analiz sonuçları ile NIRS arasında güçlü ilişkiler ($P < 0.01$, $R^2 > 0.97$) kayıt edilmiştir. Organik maddeyi tanımlayan denklem fosfor denklemine göre daha düşük çıkmasına rağmen yine de anlamlı bulunmuştur ($R^2 = 0.87$, $p < 0.01$). Denemede hacim ağırlığına da bakılmış, en düşük ilişki gözlenmiştir ($R^2 = 0.72$, $p < 0.05$).

Brown ve ark. (2006), X-ışınları (XRD) ile belirlenen mineral tiplerinin VIS/NIRS teknikleri ile % 62'lik bir doğrulama oranı ile tahmin edilebildiğini rapor haline getirmişlerdir. Kil tipleri içerisinde ise en yüksek doğrulukla tahmin edilen kil

minerali tipinin montmorillonit olduğunu belirtmişler ardından bunu sırası ile vermikulit ve diğer kil minerallerinin izlediğini tespit etmişlerdir.

Dematte ve ark. (2006), kuru ve nemli tropik topraklardaki değişimi spektral verilerle ilişkilendirmek, toprak mineralojisini tanımlamak için metot geliştirmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada farklı nem durumlarında kil tanımlaması yapmak ve onların toprak mineralojisiyle ilişkisini tespit etmek, uzaktan algılama tekniklerini kullanarak nem dağılımını belirlemek ve laboratuvar şartlarında (400-2500 nm) spektral model oluşturmak hedeflenmiştir. Dehidrasyon sebebiyle 1400 ve 1900 nm için absorban noktalar oluşmuştur. Kaolinit için 2200 nm'nin karakteristik olduğu ve kuru şartlarda daha belirginleştiği ortaya çıkmıştır. Hidrate olmuş montmorillonit ve kaolinit örnekler kuru örneklerden daha belirgin absorpsiyon eğrileri oluşturmuştur. Merkezi 630 nm'de oluşan absorpsiyon eğrisi kaolinit içeriğine hassas bulunmuştur. Kil yapılarına ait absorpsiyon eğrileri, toprak mineralojisinde yardımcı araç olarak kullanılabilir bulunmuştur. Topraktaki nem içeriği özellikle 1550–1750 nm aralığında test edilmiştir. Regresyon modelleriyle toprak nemi tahminleri 1400, 1900 ve 2200 nm'de ($R^2 = 0,98$) başarılı sonuçlar vermiştir.

Ge ve ark. (2007), görünür ve yakın kızılötesi yaygın yansıma spektrometresinin toprak özelliği tahmin modellerini geliştirmek için hassas tarımda regresyon-kriging yöntemini kullanmışlardır. Mississippi Quitman bölgesinden toplanan 273 adet toprak örneklerinde parçacık büyüklüğü dağılımı (kil, kum) ve kimyasal analizler (Ca, K, Mg, Na, P ve Zn) yapılmıştır. Spektrometre ile toprak yansıma spektrumları (350 ile 2500 nm) ölçülmüş örnekler iki gruba ayrıldığı gözlemlenmiştir bunlardan ilki kalibrasyon seti için 245 ve ikinci olan doğrulama seti için ise 28 örnek kullanılmıştır. Sonuçlar PCR modelleriyle tahmin edilebilen Mg ve Ca olmak üzere sadece iki toprak özelliği olduğunu göstermiştir. (Mg için $R^2 = 0.4$, RMSE =% 25.4 ve Ca için $R^2 = 0.33$, RMSE =% 16.6). Öte yandan, regresyon-kriging modeli çoğu toprak özelliklerini makul bir şekilde yüksek ($R^2 = 0.65$ ' e varan) ve düşük artışla tahmin edilebilmiştir.

Farifteh ve ark. (2007), topraklarda tuz konsantrasyonunu ışığın yansıma değerlerinden tahmin edebilmek için PLS regresyonu kullanarak araştırmışlardır.

PLRS tahmin modeli ile 6 çalışma alanında kumlu ve daha düşük tuz içeriğine sahip alanlarda yüksek ilişki ($R^2= 0.8$ ve $RPD= 2.2$) belirlemişler, ancak yüksek tuz içeriğine sahip, taban suyunun yüksek olduğu nemli ve bünyesi kumlu tından tına kadar değişen 4 çalışma alanında ise zayıf ilişki bulmuşlardır.

Jarmer ve ark. (2008), ASD FieldSpec-II spektrometre kullanılarak 52 toprak örneğinde organik karbon ve azot içeriklerini belirlemek için yansımaya okumaları yapmışlar ve deneysel model tabanlı kısmi en küçük kareler regresyonla (PLS) ölçülen yansımalar spektrumları (0.4-2.4.4 μm) arasında belirlenmiştir. Sonuçlara göre güvenilir tahminler, ancak azot miktarı için elde edilmiş ve organik karbon için tahmin doğruluğu ise orta derecede bulunmuştur. Sonuçlar azot ve organik karbonun mekânsal değerlendirmesi için hızlı bir tarama aracı olarak bu yöntemin potansiyel olduğunu ve bu nedenle laboratuvar maliyeti, yoğun kimyasal analiz için ve zaman açısından uygun bir alternatif gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Nduwamungu ve ark. (2009), Humaquept, Endoaquept ve Dystrochrept toprakların hakim olduğu 15 hektarlık bir alandan toplanan 150 toprak örneği kullanılarak hava kurusu örneklerde toprak tekstürü, KDK, pH, toplam C ve N, organik C, ve potansiyel olarak mineralize N (N_{min})'un NIRS tahminlerinin doğruluğu örnek inceliği (0.2, 0.5, 1 ve 2 mm) ve örnek kaplarının (taşımaya karşısında dönmesi) etkileri değerlendirilmiştir.

Kalibrasyon denklemleri kısmi en küçük kareler regresyon kullanılarak geliştirilmiştir. Determinasyon katsayısı (r^2), performans sapma (RPD), ve hata aralığı oranı (RER): NIRS tahmin doğruluğu tahmin kümesi için üç farklı istatistik kullanılarak değerlendirilmiştir. Tasarlanmış deneme faktörleri karşısında kil, kum ve N için başarılı kalibrasyonlar gözlenmiştir. Kil, kum ve N için $R^2 \geq 0.90$, $RPD \geq 3$, $RER \geq 15$, pH için $0.51 \leq R^2 \leq 0.74$ arasında, sapma performansı $1.39 \leq RPD \leq 1.92$ arasında ve hata aralığı oranı ise $6.13 \leq RER \leq 8.33$ değerleri arasında daha zayıf olarak belirlenmiştir.

Mouazen ve ark. (2010), görünür ve yakın kızılötesi spektrometre ile seçilen toprak özelliklerinin ölçüm doğruluğu için temel bileşenler, kısmi en küçük kareler ve geriye yayılma sinir ağı analizlerinin kıyaslanması adlı araştırmalarında

farklı üç kalibrasyon yöntemini araştırmışlardır. Bunun için Belçika ve Fransa'dan toplanan 168 örnek kalibrasyon doğrulama işlemi için kullanılmış tüm veri seti sırasıyla çapraz doğrulama (cross validation) ve tahmin kümesi için % 90'a % 10 olacak şekilde ayrılmıştır. Organik Carbon ($R^2_{pre}= 0.84$ ve $RPD= 2.54$) ve Mg için ($R^2_{pre}= 0.84$ ve $RPD= 2.54$) en iyi tahminler geri sayım yapay sinir ağı (BPNN-LVs) modelinde gözlenmiş ve VIS-NIRS ile yüksek doğrulukta bir ölçüm için BPNN-LVs modelleme tekniğinin kullanılabilirliğini tavsiye etmişlerdir. K, P ve N tahminleri ise ($R^2_{pre}=0.68-0.74$ arasında, $RPD=1.77-1.94$ arasında) iyi olarak sınıflandırılmışlardır.

Bilgili ve ark. (2011), Harran ovasında gerçekleştirilen bu çalışmada tuzluluktan etkilenmiş toprakların görülebilir yakın kızıl ötesi yansıma spektrometre yöntemi ile yansımaları tespit edilmiştir. 1000 ha'lık alanda gerçekleştirilen çalışmada farklı derecelerde tuzluluktan etkilenmiş 150 farklı lokasyondan 0-15 ve 15-30 cm derinlikte toprak örnekleme yapılmış ve elenmiş toprak örneklerinde saturasyon çamuru hazırlanarak EC değerleri tespit edilmiştir. Toplanan yansımalar ile toprak tuzluluk parametreleri arasındaki ilişki PLSR ve MARS metodu kullanılarak modellenmiş, ayrıca toprakların yansımaları kullanılarak toprakların farklı tuzluluk gruplarına ayrılması CART (sınıflandırma ve regresyon ağacı) yöntemiyle yapılmıştır. VNIRS data ayrıca topoğrafik data ile birleştirilerek tahminlerin doğruluğunun artırılması hedeflenmiştir. Sonuçlara göre yansımalar kullanılarak EC değerlerinin tahmin doğruluğu kullanılan metodolojiye göre değişim göstermiştir. En iyi neticeler topraklar içerisinde yüksek oranda jips içeren ve içermeyenlere göre grupladıktan sonra continuum metoduyla yansımaların işlendiği fırın kurusu toprakların kullanıldığı model olarakta MARS metodunun kullanıldığı yaklaşım olmuştur ($R^2=0.86$). Topoğrafik verilerle yansıma verilerinin birleştirilmesi de tahmin doğruluğunda % 12 civarında artırma sağlamış. CART analizi toprakları tuzlu, az tuzlu olarak ayırmada yansımaya bağlı olarak % 65 civarında başarı elde edilmiştir.

Şenol ve Akgül (2012), Afyonkarahisar, Denizli, Antalya, Burdur ve Isparta illerdeki yaygın toprak grupları içerisinde horizon tanımlaması yapılmış ve alanlardan alınan toprak örnekleri üzerinde spektrometre ile bazı toprak

özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenebilirliği tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda görülebilir-yakın kızılötesi yansıma spektrometreden alınan değerler ile sırası ile kil $R^2 = 0.59$, Silt $R^2 = 0.46$, kum $R^2 = 0.56$, tarla kapasitesi $R^2 = 0.74$, solma noktası $R^2 = 0.67$, kütle yoğunluğu $R^2 = 0.70$, pH (1:1, toprak:su) $R^2 = 0.55$, pH (1:1, toprak:KCl) $R^2 = 0.51$, kireç $R^2 = 0.90$, organik madde $R^2 = 0.57$, KDK (katyon değişim kapasitesi) $R^2 = 0.65$, değişebilir Ca+Mg $R^2 = 0.64$, değişebilir K $R^2 = 0.66$, değişebilir Na $R^2 = 0.58$ ve COLE değeri $R^2 = 0.50$ olarak belirlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3. 1. Çalışma Alanının Konumu

3. 1.1. Coğrafi konum

Araştırma, Şanlıurfa ili Harran Ovası Kuzey bölümünde yer alan Cullap Sulama Birliği arazisi içerisindeki 10.000 dekarlık alanda yürütülmüştür (Şekil 3.1.1.). Araştırma alanı 37. dilim UTM WGS84 koordinat sistemine göre 504651-508858 X ve 4115692-4111216 Y koordinatları arasında yer alır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı ve toprak örnekleme noktaları

3.2. Çalışma Alanı İklimi

Çalışma alanı sıcak ve yarı kurak bir iklim etkisi altında kalmaktadır. Yaz aylarının çok sıcak geçmesi ve yağışın düşük olması bitkisel üretimi tehdit eden en önemli iklimsel özelliklerdir. Ovanın toprakları Mayıs ve Ekim ayları arasında çok az miktarda yağış almaktadır. Bölgenin ortalama sıcaklığı 18.8 santigrat derece iken, yıllık yağış ortalaması ise 400 mm'dir

3.3. Çalışma Alanının Toprak Özellikleri

Sıcak ve düşük yağışlı bir iklim etkisinde oluşan bölge topraklarının organik madde seviyesi düşük, pH, kireç ve kil içerikleri yüksektir. Topraklarda verimliliği sınırlayan en önemli sorunlar yetersiz toprak derinliği, eğim ve bazı alanlarda etkili olan yüksek taban suyu seviyesidir. Bölge topraklarında kısmi taban suyu etkisi olmakla birlikte tuzluluk sorunu bulunmamaktadır. Eğimli arazilerdeki yetersiz toprak derinliği ile birlikte taşlılık da diğer bir tarımsal sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Sulanınca yüksek verim kapasitesine sahip topraklar, kuru koşullarda düşük verim kapasitesine sahiptir. Topoğrafik olarak düzensiz bir yapıya sahip arazilerin önemli bir kısmında ekonomik üretimler yapılabilecek durumdadır.

3.4. Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü

GAP projesi kapsamında kapalı sulama sistemi alt yapısına sahip Cullap Sulama Birliği alanının önemli bir bölümünde sulu tarım yapılmaktadır. Sulu tarım yapılan alanlarda ana bitki olarak pamuk, buğday ve mısır bitkisi yaygın arazi kullanım türleri arasında yer almaktadır. Geniş olmamakla birlikte bazı alanlarda biber, domates, patlıcan, marul ve lahana gibi sebze çeşitleri de arazi kullanımları arasında yer alıyor. Çok sınırlı da olsa alanda fıstık, zeytin, nar ve az miktarda bağ yetiştiriciliği de yapılmaktadır. Alanda hayvancılık için ayrılan mera arazileri de bulunuyor.

3.5. Çalışma Alanının Jeolojisi

Araştırma yapılan alan jeolojik açıdan genellikle Pleyistosen-Holosen alüviyallerinden oluşmaktadır. Cullap sulama birliği alanının Doğu Batı ve Kuzey yönlerinde Miyosen-Holosen oluşumları bulunmaktadır. Bu yapısı ile ilgili yer yer görülen aşınmış tepecikler bulunmaktadır. Ovada Eosen, Oligo-Miyosen, Alt Miyosen Neojen, Pleistosen-Eski Alüviyon, Holosen Yeni Alüviyon ve Bazalt birimleri yaygın olarak bulunduğu tespit edilmiştir (Dinç ve ark., 1988).

3.6. Su Kaynakları

Cullap Sulama Birliği alanı GAP kapsamında kapalı basınçlı sulama sistemi ile sulanmaktadır. Ayrıca bölgenin kuzeyinde geniş Mardin sulama kanalı geçmektedir. Bu Sulama kanalıyla kısmen sebze ve bazı meyve ağacı yetiştiriciliği de yapılmaktadır.

3.7. Arazi Çalışmaları ve Toprak Örnekleri

Arazi çalışmaları sonucu araştırma alanında farklı toprak çeşitlerini temsil etmesi amacıyla ön hazırlık ve büro çalışmaları neticesinde 163 tane toprak örneği alınmıştır.



Şekil 3.2. Toprak örneklerinin alınması laboratuvar ve spektral analizlere hazırlanması

3.8. Yöntem

Şanlıurfa ili Harran Ovası'nın kuzeyinde bulunan Cullap Sulama Birliği alanında temsili farklı noktalardan 163 toprak örneği alınmıştır. Çalışmanın amacı alınan toprak örneklerinin hem fiziksel ve kimyasal analizlerini yapıp hem de NIRS tekniği ile okumalarını yaptıktan sonra kalibrasyon yöntemiyle toprak özellikleri hakkında tahminler yapmaktır.

Alınan toprak örnekleri laboratuvar koşullarında kurutulup 2 mm'lik eleklerden geçirildikten sonra analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinin kimyasal ve fiziksel analizleri (pH, Kireç, Kum, Silt, Kil, Organik madde, P, K, Cu, Fe, Mn, Zn, Ağretat stabilitesi) yapılmış daha sonra örneklerin (NIRS) tekniği ile okumaları yapılmıştır. Analizler için alınan toprak örneklerinde analizler yapılmış aynı zamanda her bir toprak örneğinin NIRS cihazı ile okumaları yapılarak yansımaları toplanmıştır.

Araziden alınan toprak örneklerinde organik madde (Walkley – Black, 1934), kireç Scheibler (Tüzüner A., 1990), tekstür (Bouyoucos, 1951), ağretat stabilitesi (Kemper ve Rosanau, 1986), toprak pH'sı (Tüzüner A., 1990), yarayışlı fosfor sodyum bi karbonat metodu (Olsen ve ark., 1954), yarayışlı potasyum IN amonyum asetat ile ekstraksiyon (Thomas, 1982), değışebilir katyon (K) Amonyum Asetat ile ekstraksiyon metoduna göre (Kacar, 1994), Mikrobesein elementleri (Fe, Cu, Zn, Mn) DTPA ekstraksiyon yöntemleri ile Fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır.

Laboratuvar koşullarında kurutulan ve 2 mm'lik elekten geçirilen topraklar NIRS okuması için petri kabına konulmuştur.



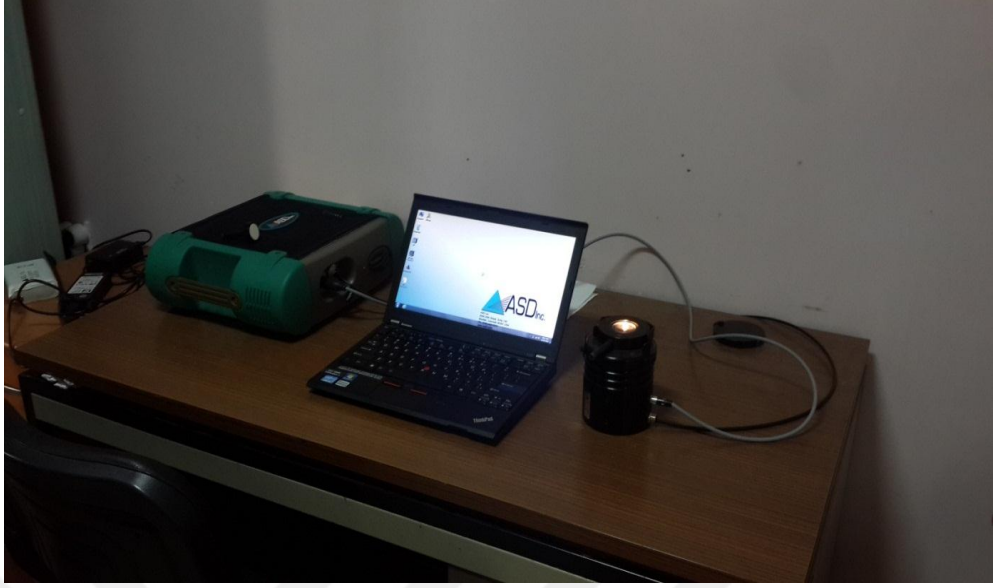
Şekil 3.3. Spektrometre analizleri için örnek hazırlama

2 mm'den elenmiş hava kurusu topraklar 4 cm çapında olan optik petri kaplarına yerleştirilerek kabın altından Tungsten Quartz Halojen lamba ışığıyla yatay olarak 55 derecelik bir açıdaki sensörle 4 cm mesafede aydınlatma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Her bir petri kabında bulunan toprakların içerisindeki farklı büyüklükte olan taneciklerin açısal farklılığını ortadan kaldırmak maksadıyla örnekler 90 derece döndürülerek 5 tane daha ilave okuma işlemi gerçekleştirilmiştir. NIRS cihazında toprak yansımalarının okumalarına başlamadan önce ADS cihazı önceden açılıp ısınması sağlanmıştır. Isınması tamamlanan Spektrometre çalıştığı andan itibaren beyaz panel ile kalibrasyon edilerek okuma işlemlerine başlanılmıştır.

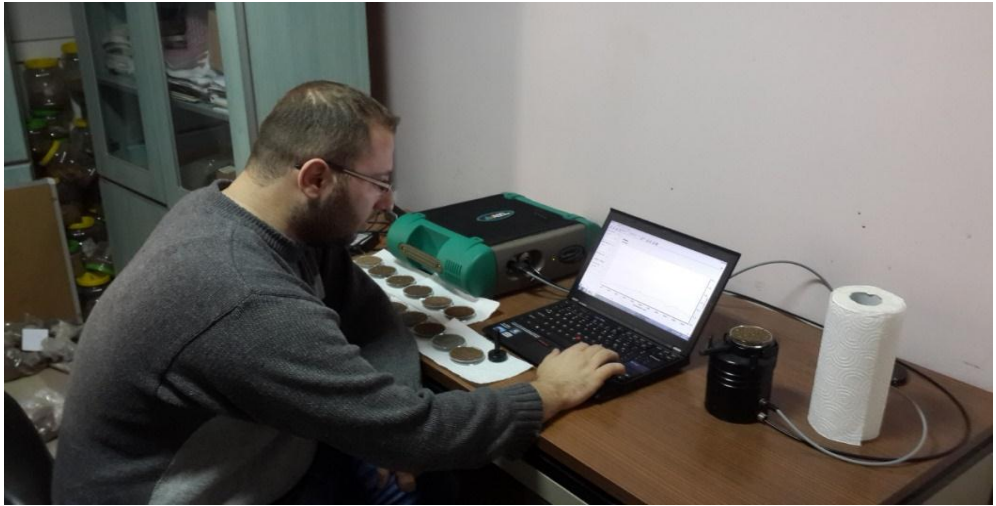
Yansımaları optimize etme işlemi yapıldıktan sonra aletin kalibrasyonu beyaz panel(White spektralon) kullanılarak yapılmış ve okumalar arası yüksek farkların olduğu durumların tespiti halinde cihaza yeniden kalibrasyon işlemi yapılarak okuma işlemine devam edilmiştir. Her bir örnek için elde edilmiş 10 okumanın ortalaması hesaplanmış ve işlem yapılmış her bir toprak örneği için temsili bir yansıma değeri bulunmuştur.

Spektral ham yansımalar ardından birincil türevleri alınmıştır.



Şekil 3.4. Spektrometre düzeneği(Harran üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü)

Toprak örnekleri NIRS cihazında 350-2500 nm dalga boyları arasında 1 nm aralıklarla taranmıştır. Arazide alınan 163 toprak örneği 10 defa taranarak ölçülmüş ve bu ölçülen 10 okumanın ortalama değerleri alınarak grafikler oluşturulmuştur.



Şekil 3.5. Spektrometre aleti ile toprak örneklerinin yansımalarının alınması

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Toprak Özellikleri

Araziden alınan toprak örneklerinin temel istatistikleri çizelge 4.1’de verilmiştir. Varyasyon katsayılarına göre arazideki en büyük değişkenlik sırasıyla çözülebilir Mn ve Fe değerlerinde saptanmıştır.

Çizelge 4.1 Toprak özelliklerine ait tanıtıcı istatistikler

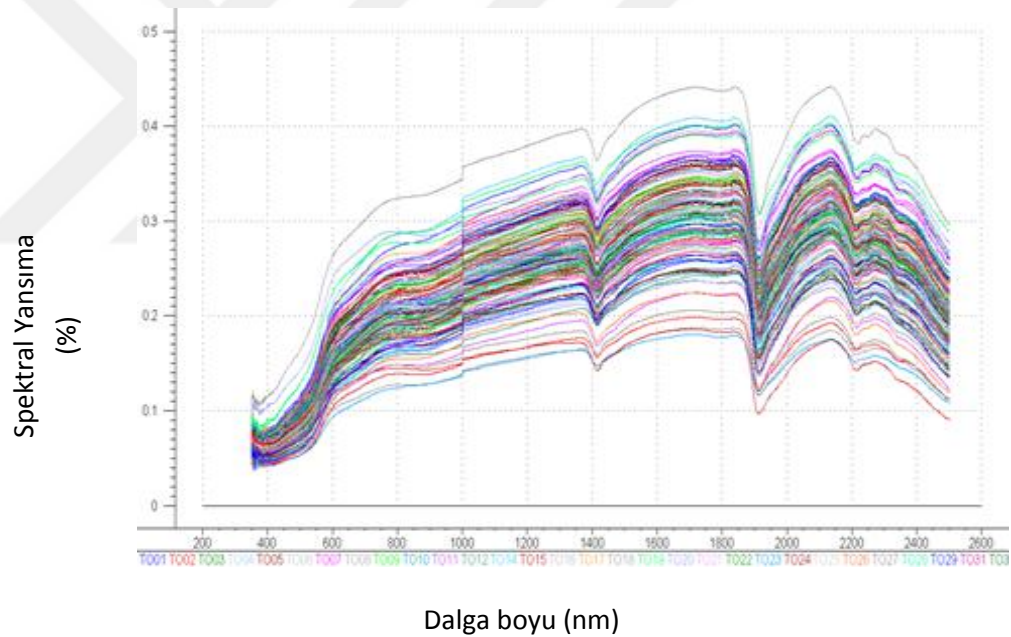
	birimler	Ortalama	Ortanca	Standart Sapma	En küçük	En büyük	VK
pH		7.35	7.30	0.16	7.05	7.79	2.51
CaCO ₃	%	29.64	29.18	5.68	4.62	37.52	19.66
Kum	%	29.01	28.98	5.23	7.08	41.63	18.34
Silt	%	35.17	34.66	6.29	16.45	59.27	18.38
Kil	%	35.82	36.07	4.02	28.13	52.57	11.23
OM	%	2.27	2.19	0.56	0.09	4.27	27.52
P	kg/da	6.41	4.84	5.20	0.27	31.60	82.86
K	kg/da	118.94	75.53	48.30	36.09	282.9	40.61
Cu	ppm	1.21	1.16	0.08	1.04	1.95	8.30
Fe	ppm	1.11	0.77	1.10	0.36	10.07	111.35
Mn	ppm	1.95	1.33	1.78	0.98	14.07	94.85
Zn	ppm	0.69	0.66	0.37	0.21	4.02	47.80
AS	%	56.37	54.53	10.64	10.64	36.21	18.88

Araştırma yapılan alandan alınan toprak örneklerinden yapılan analizler ve istatistiksel veriler neticesinde şu değerlendirmeler yapılabilir. Toprak reaksiyonu olan pH ortalamasının değeri 7.35 olarak bulundu ve nötr toprak kategorisine girdiği saptanmıştır (Eyüpoğlu 1999). Kireç içeriği ortalaması % 29.64 olarak bulundu ve çok fazla kireçli toprak olarak tespit edilmiştir (Eyüpoğlu, 1999). % kum % silt % kil oranlarına baktığımızda killi tın’lı toprak olduğu tespit edilmiştir (Eyüpoğlu, 1999). Organik madde (OM) % 2.27 olarak bulunmuş ve sınıfı orta yani yeterli organik madde düzeyi olarak tespit edilmiştir (Eyüpoğlu, 1999). Yarayışlı P değeri ortalama 6.41 kg P₂O₅/da bulunmuştur. Toprağın gereksinimini sağlayacak yarayışlı P için az olduğu söylenebilir ancak yeterli düzeye yakındır (Eyüpoğlu, 1999). Yarayışlı K değeri 118.94 kg K₂O/da bulundu ve bu değer toprağın gereksinimini sağlayacak

yeterli düzeyde olduğu saptanmıştır (Eyüpoğlu, 1999). Cu değeri ortalama 1.21 ppm bulundu ve yeterli bir durumda olduğu söylenebilir (Lindsay ve Norvell, 1978). Fe değeri ortalama 1.07 ppm olarak bulundu ve topraklarda yeterli durumda olmadığı saptanmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978). Mn değeri ortalama 1.95 ppm olarak bulundu ve topraklarda yeterli durumda olduğu belirlenmiştir. Zn değeri ortalama 0.69 ppm olarak bulundu toprakta gereksinim açısından yeterli olduğu değerlendirilebilir (Lindsay ve Norvell, 1978). Agretat stabilitesi ortalama % 56.37 olarak tespit edilmiştir.

4.2. Toprak Örneklerine Ait Ham Yansım Değerleri

Topraklara ait 350 nm ile 2500 nm arasındaki ham yansımalar ve ham yansımaların grafiği şekil 4.1.' de verilmiştir.



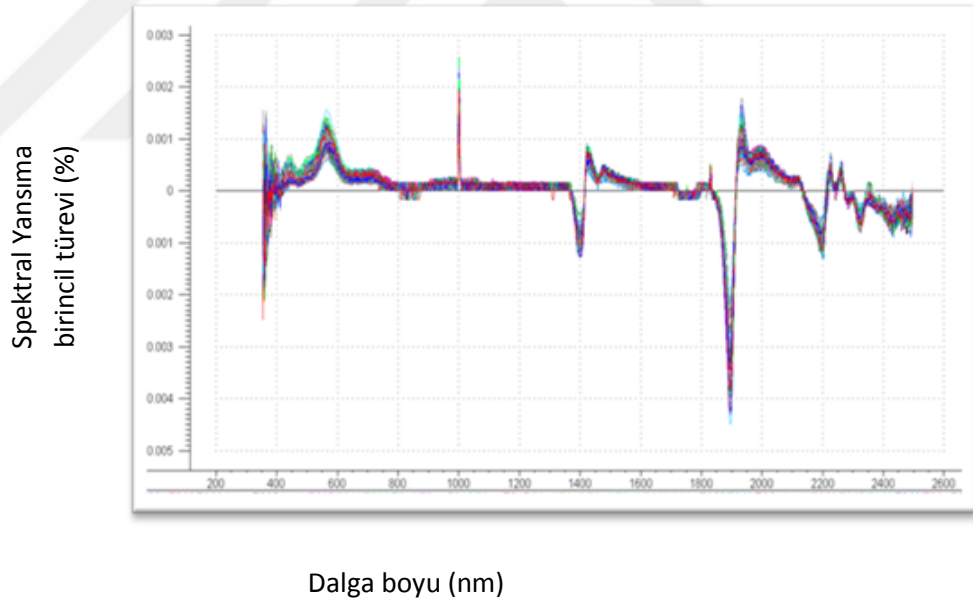
Şekil 4.1. Tüm topraklara ait görülebilir yakın kızıl ötesi dalga boyları (350 -2500 nm) arasındaki ham yansımalar

Şekil 4.1' de çalışma alanındaki farklı karakteristiğe sahip topraklara ait ham yansımalar verilmektedir. Buna göre toprak yansımaları içeriklerine bağlı olarak ortalama % 5 ile 45 % arasında değişim göstermiştir. Ayrıca topraklar 1400 nm , 1900 nm civarında absorpsiyon peaklerine sahip olduğu görülmektedir. Bu peakler

toprak içerisinde nem ile ilgili olduğu daha evvel yapılan çalışmalarda sıklıkla belirtilmiştir (Muller ve Decamps, 2000).

Nemin haricinde topraklardan meydana gelen yansımalar üzerine organik madde, kireç içeriği mineral birleşim, demir oksitler tuz ve karbonat içerikleri ve kil gibi parametrelerinde önemli olduğu belirtilmiştir (Altınbaş ve ark., 2001).

En yüksek yansımaya 58 nolu toprağa aitken, en düşük yansımaya 46 numaralı toprağa aittir. En yüksek yansımaya sahip olan 58 nolu toprağın CaCO_3 içeriği % 37.6 kil içeriği % 42.47 dır En düşük yansımaya sahip olan 46 nolu toprağın CaCO_3 içeriği % 28.57 seviyesinde kil içeriği % 36.36 olarak bulunmuştur. Kireç içeriği yüksek olan topraklar daha açık renkli topraklar olduğundan kireç içeriği artan topraklarda daha yüksek yansımaya olduğu saptanmaktadır. Kil tanecikleri belli dalga boylarında ışığın yönünü değiştirebilme özelliğine sahip olduklarından kil içeriği yükseldikçe yansımaya değerinin arttığı görülmektedir.



Şekil 4.2. Tüm topraklara ait görülebilir yakın kızıl ötesi dalga boyları (350 -2500nm) arasındaki yansımaların birincil türevi (first derivative)

Şekil 4.2’de çalışma alanındaki farklı karakteristik özelliklere sahip topraklara ait birincil türevdeki yansımalar verilmiştir. Yansımaların içeriklerine bağlı olarak ham yansımalarda olduğu gibi 1400 nm ve 1900 nm civarındaki absorpsiyon

peaklerine sahip olmakla birlikte birincil türevlerdeki yansımalarda ham yansımalara göre daha belirgin peaklerin oluştuğu gözlemlenmiştir.

4.3 Toprak Özelliklerinin Çapraz Doğrulama İle Tahminleri

Ham yansımalar ve birincil türevler elde edildikten sonra gerçek laboratuvar değerleri ve VNIRS yöntemi ile yapılan tahminler arasındaki ilişkiler PLSR (Kısmi en küçük kareler regresyonu) metodu ile değerlendirilmiş kalibrasyon modelleri oluşturulmuş ve kalibrasyon modellerinin doğruluğu çapraz doğrulama (cross validation) tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Bu kalibrasyon modelleri ve tahminler için elde edilen R (modele ait tahmin katsayısı) , RMSEC (modele ait hata kareler ortalamasının karekökü), RMSEP (tahminlere ait hata kareler ortalamasının karekökü) tabloda verilmektedir.

Çizelge 4.2. Ham spektral yansımaların kullanıldığı VNIRS-PLSR çapraz doğrulama (cross validation) tahminleri

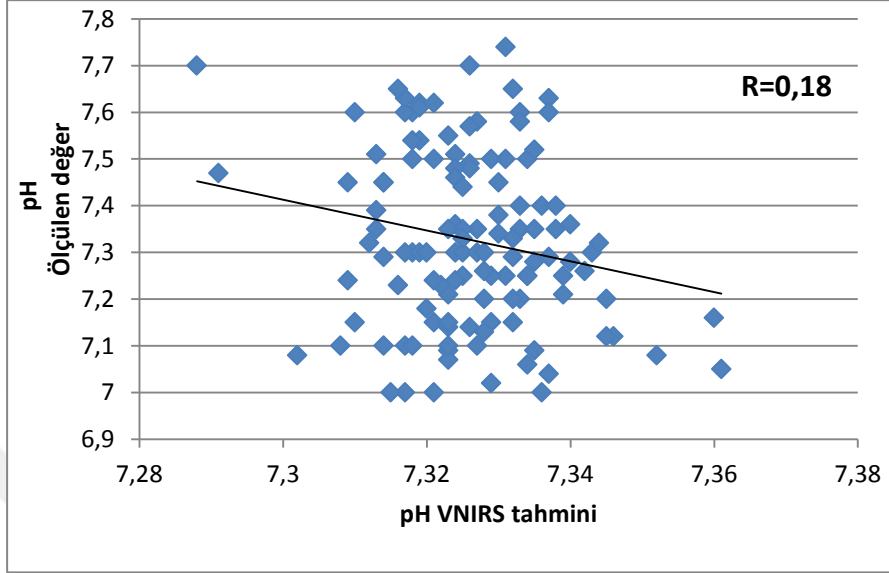
	KALİBRASYON (MODEL)		VALİDASYON (TAHMİN)	
	R	RMSEC	R	RMSEP
pH	0.052	0.18	0.18	0.18
KİREÇ	0.85	3.01	0.79	3.54
KUM	0.44	4.78	0.32	5.11
SİLT	0.35	6.01	0.25	6.25
KİL	0.45	3.64	0.32	3.91
OM	0.58	0.49	0.52	0.51
P	0.32	5.00	0.22	5.19
K	0.03	87.78	0.19	88.706
Cu	0.36	0.09	0.29	0.09
Fe	0.12	1.16	0.027	1.19
Mn	0.92	0.69	0.65	1.43
Zn	0.18	0.31	0.014	0.33
AS	0.14	10.50	0.038	10.65

Çizelge 4.3. Birincil türev (first derivative) spektral yansımaların kullanıldığı VNIRS-PLSR çapraz doğrulama (cross validation) tahminleri

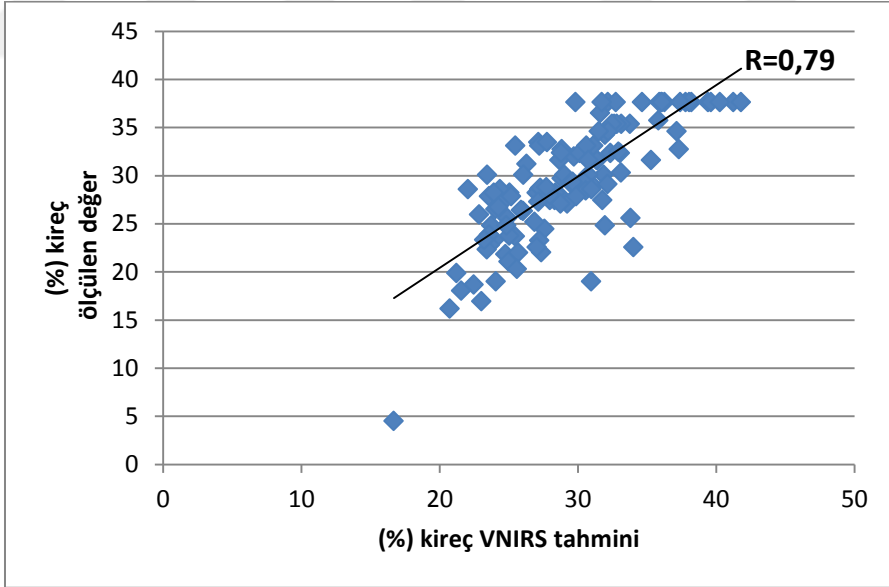
	Kalibrasyon(model)		Validasyon(tahmin)	
	R	RMSEC	R	RMSEP
pH	0.37	0.17	0.019	0.19
KİREÇ	0.93	2.02	0.51	5.04
KUM	0.41	4.84	0.12	5.48
SİLT	0.46	5.69	0.22	6.40
KİL	0.43	3.69	0.23	4.03
OM	0.73	0.41	0.51	0.53
P	0.40	4.84	0.17	5.33
K	0.38	80.99	0.09	90.67
Cu	0.40	0.089	0.10	0.10
Fe	0.40	1.07	0.08	1.22
Mn	0.70	1.32	0.46	1.68
Zn	0.37	0.30	0.09	0.33
AS	0.38	9.77	0.11	10.88

Genel olarak bazı parametreler için örneğin (CaCO_3 , OM, Mn,) ham yansımaların kullanıldığı modellerde birincil türevlerinin kullanıldığı modellere göre çok daha başarılı tahmin değerleri elde edilmiştir. Tahminleri yapılmış diğer parametreler incelendiğinde ham yansımanın tahmin edildiği modeller birincil türevlerin tahmin edildiği modellere göre daha başarılı olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3).

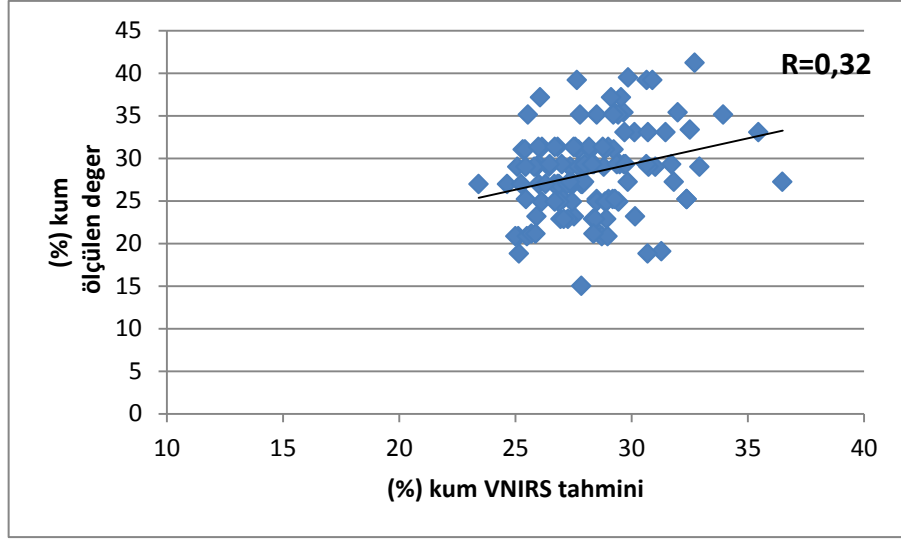
Ham yansıma değerleri kullanılarak toprak kalite parametreleri için çapraz doğrulama metoduyla elde edilen tahminler ile gerçek ölçülen değerler arasındaki ilişkiler Şekil 4.3 ile 4.15. arasında verilmiştir. (Şekil 4.3 - 15)



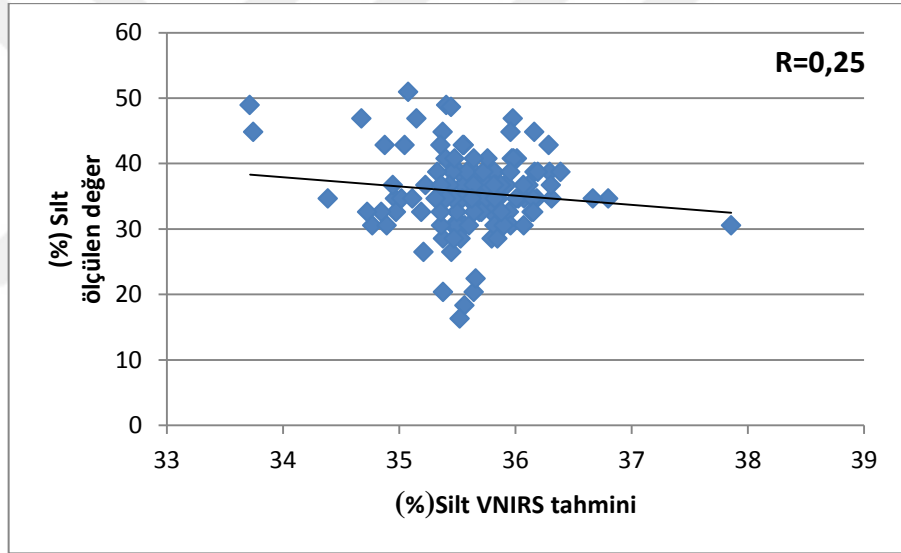
Şekil 4.3. pH , Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



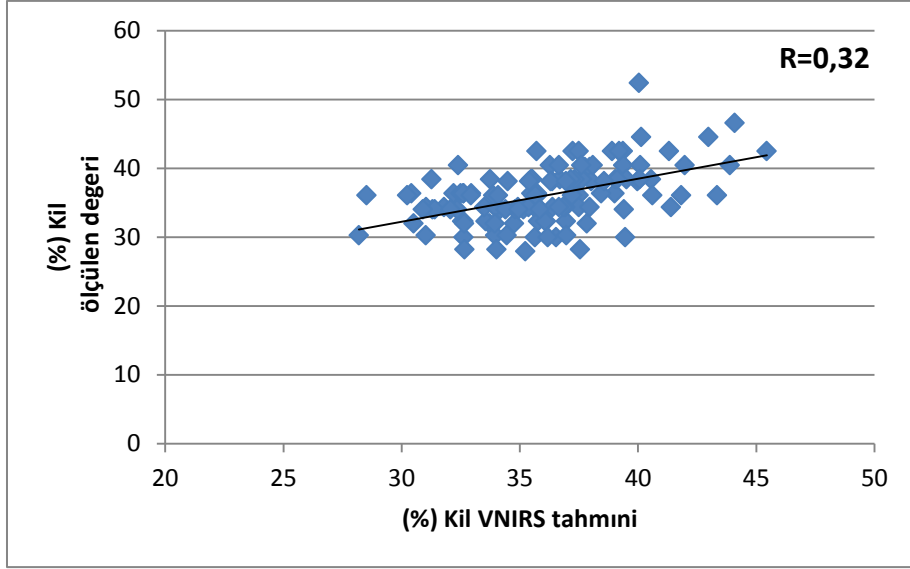
Şekil 4.4. (%) Kireç, Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



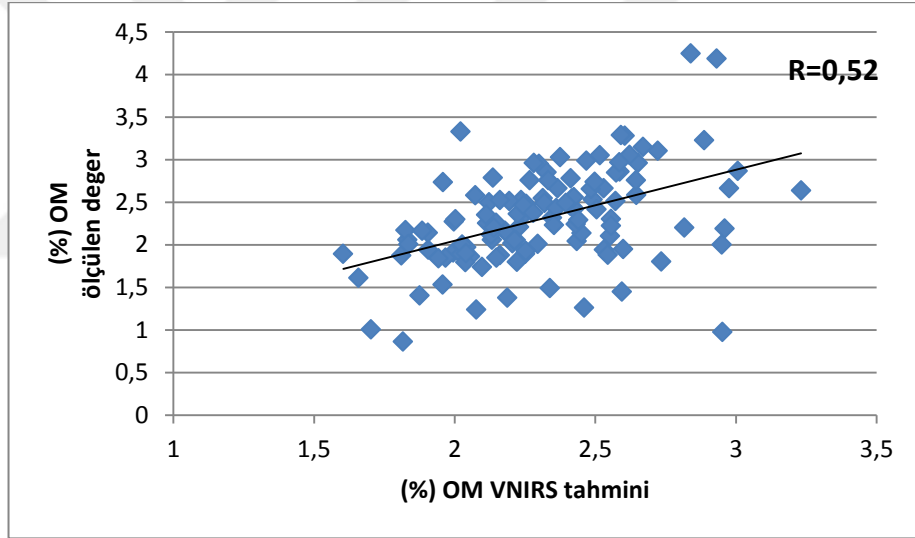
Şekil 4.5. (%) Kum, Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



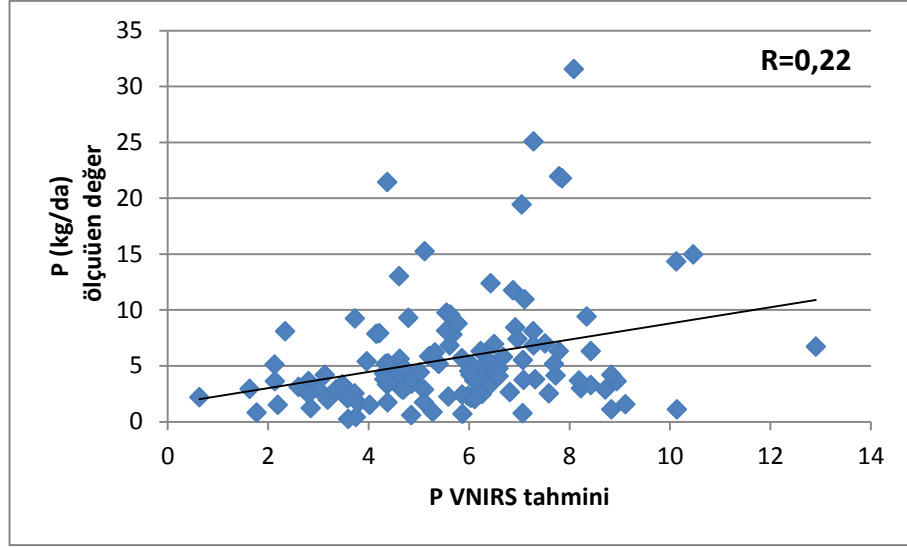
Şekil 4.6. (%) Silt, Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



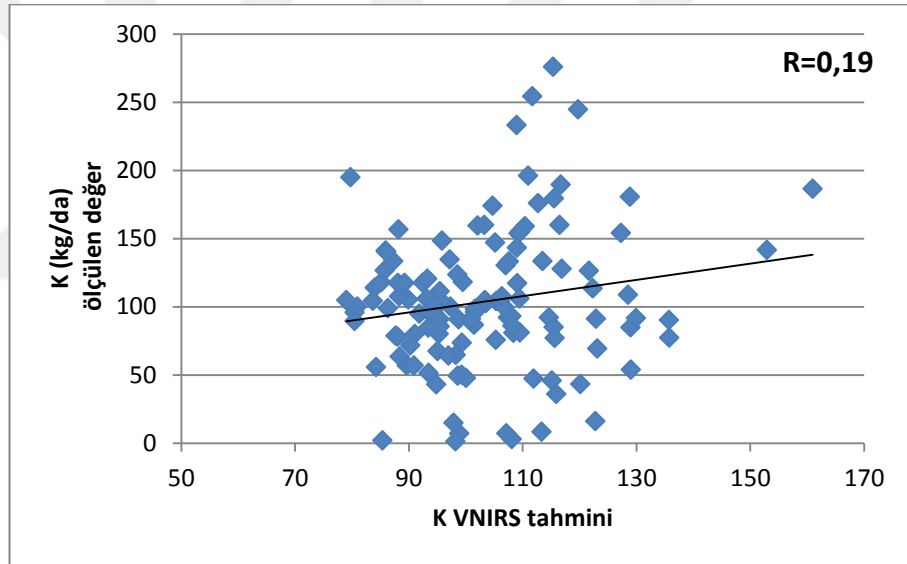
Şekil 4.7. (% Kıl, Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



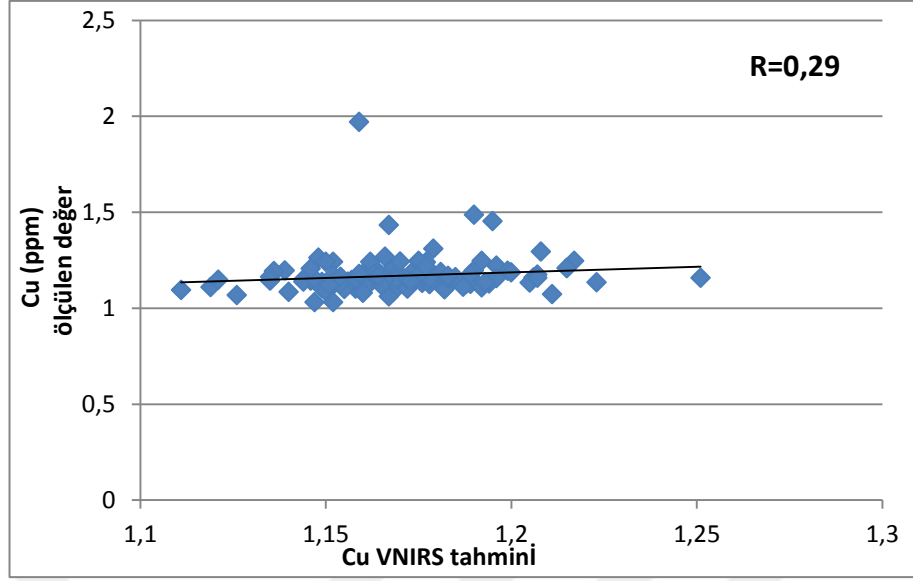
Şekil 4.8. (% OM, Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



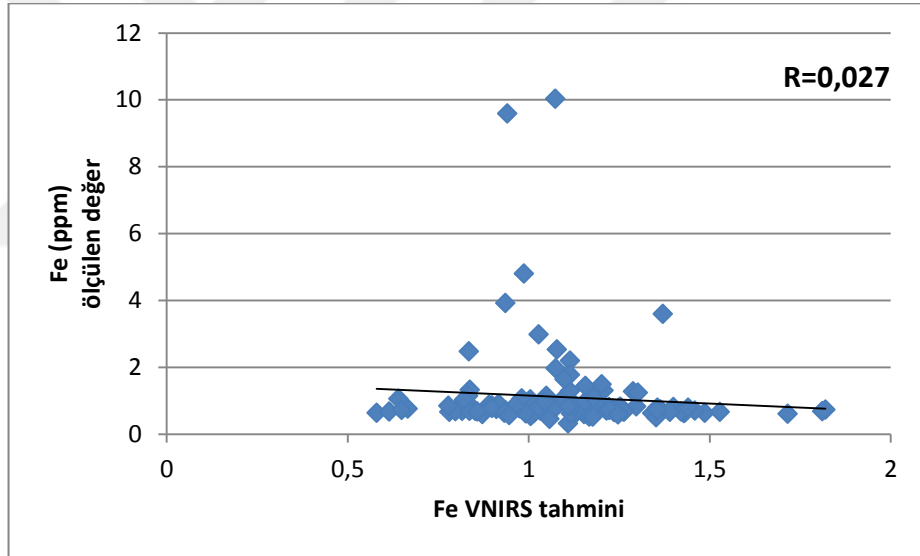
Şekil 4.9. P (kg/da), Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



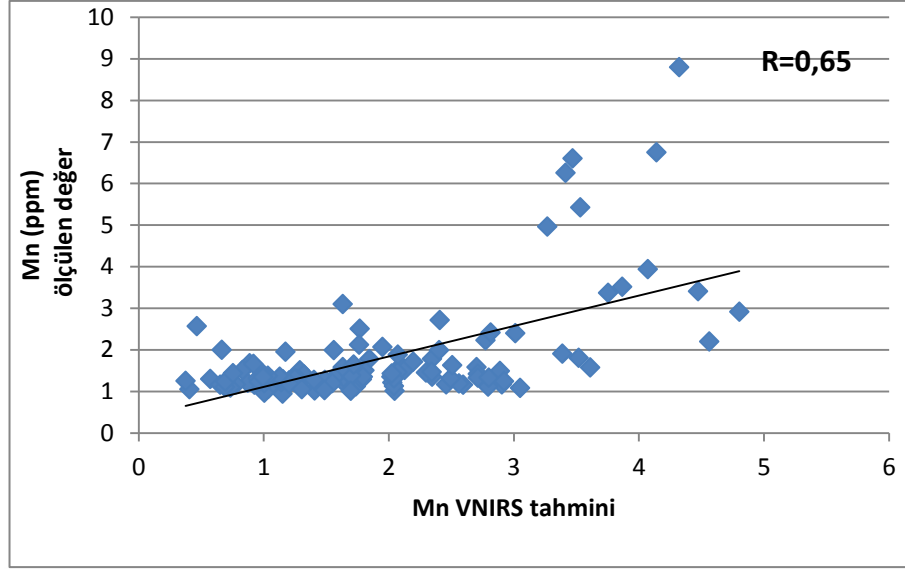
Şekil 4.10. K (kg/da), Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



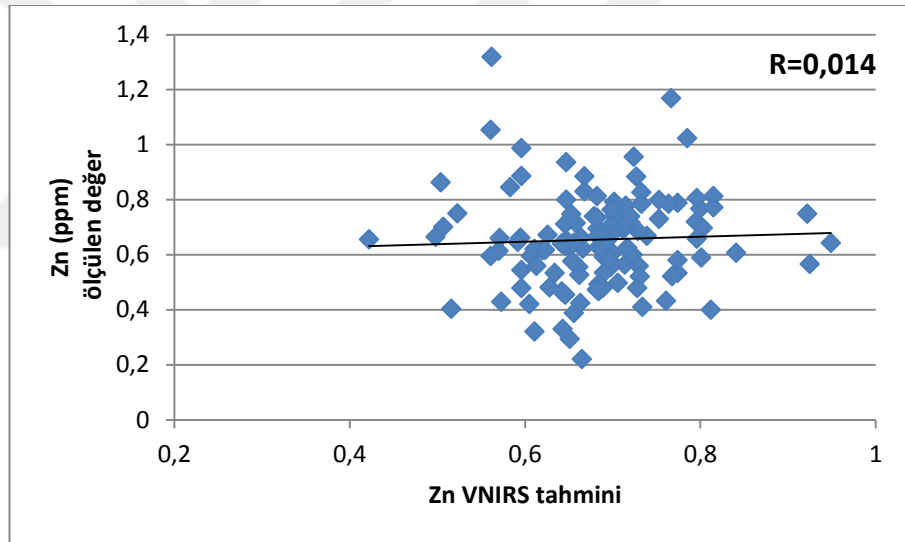
Şekil 4.11. Cu (ppm), Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



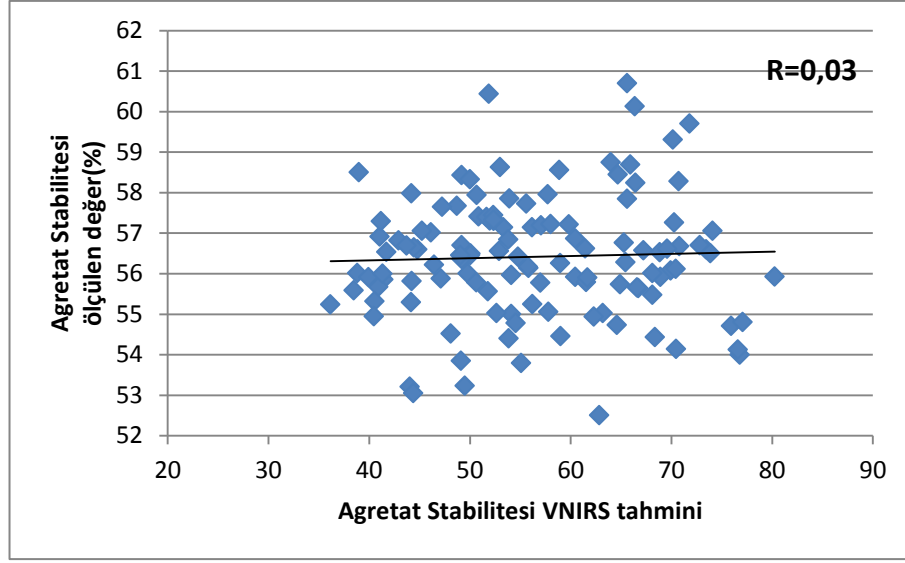
Şekil 4.12. Fe (ppm), Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



Şekil 4.13. Mn (ppm), Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



Şekil 4.14. Zn (ppm), Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



Şekil 4.15. (%) Agretat Stabilitesi, Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini

Genel olarak kireç, organik madde, ve bitkiye yararışlı Mn, gibi parametreler hariç diğer parametrelerin VNIRS-PLSR modeli ile tahminleri başarısız olmuştur ($R < 0,50$). Toprakların NIRS yöntemi kullanılarak elde edilen tahmin başarılarına; Toprak özelliklerinin Data seti içerisindeki Range (max – min) değerleri NIRS yansımalarını doğrudan etkileyen organik madde, kil, Fe Al oksit gibi toprak parametrelerinin yansımayı dolaylı olarak etkileyen toprak parametreleriyle arasındaki kolerasyon seviyesi; örneğin toprak yansımalarını doğrudan etkileyen kil ile toprak yansımalarını dolaylı yoldan etkileyen toprak besin elementinin kolerasyon seviyesi yüksek ise toprak besin elementinin NIRS yöntemiyle tahmininde başarılı olacaktır (Bilgili ve ark., 2013).

Toprak parametrelerinin NIRS ile tahmini başarısını etkileyen diğer faktörler arasında ana materyal ve toprağın kireç içeriği de önemlidir. Genellikle aynı ana materyalden oluşan data setlerinin tahminleri farklı ana materyallerden meydana gelen data setlerinin tahminine göre daha başarılıdır. Aynı şekilde çalışma alanı gibi Kireç içeriğince zengin olan toprakların NIRS tahminleri yüksek kirecin diğer toprak özelliklerinden gelen yansımayı etkilemesi nedeniyle bir diğer ifadeyle kirecin baskın olması nedeniyle diğer toprak özelliklerinin NIRS yöntemiyle tahmini başarısız olmaktadır.

Kil miktarı maksimum % 52.57 minimum % 28.13 ortalama ise % 35.82 bulunmuştur. VNIRS yöntemi ile yapılan tahminlere göre başarı seviyesi $R=0.32$ olarak elde edilmiştir. Chang ve ark. (2001), kil miktarını tespit etmek maksadına yönelik olarak yaptığı çalışmada aldığı toplam 149 toprak örneğinin 30 tanesi ile kalibrasyon işlemi gerçekleştirmiş PCA (temel bileşenler analizi) tekniği ile VIS-NIR bölgede (400-2498 nm) $R^2=0.67$ 'lik bir sonuç elde etmiştir. Shepherd ve Walsh (2002), 457 toprak örneğinin 152 tanesini validasyon setin de kullanarak MARS (çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri) tekniği kullanarak VIS-NIR bölgede (350-2500 nm) kil için $R^2=0.78$ 'lik bir tahmin sonucu bulmuştur. NIR (700-2500 nm) bölgeye yönelik ise Islam ve ark. (2003), PCR tekniği ile kil içeriği tahmininde $R^2=0.75$ 'i 161 tane toprak örneğinde tespit etmiştir. Janik ve ark. (1998), 2500-25000 nm aralığında PLSR (kısmi en küçük kareler regresyonu) ile $R^2=0.79$ 'lik bir sonuç bulurken, Janik ve Skjemstad (1995), 2500-20000 nm aralığında PLSR ile $R^2=0.87$ 'lik bir sonuç bulmuştur.

Silt miktarı maksimum % 59.27 minimum % 16.45 ortalama ise % 35.17 bulunmuştur. VNIRS yöntemi ile yapılan silt tahminleri için çalışmada $R=0.25$ elde edilmiştir. Silt içeriğini belirlemeye amacıyla yapılan çalışmalar VNIRS bölgesinde yapılmıştır. Cozzolino ve Moron (2003), 317 toprak örneği üzerinde yaptıkları çalışmalarında Modified-PLSR (modifiye- kısmi en küçük kareler regresyonu) istatistiksel analizi ile % 18 ile % 74 aralığında bulunan silt içeriğine sahip örneklerde $R^2=0.80$ seviyesinde bir sonuç elde etmiştir. Islam ve ark. (2003), UV-VIS-NIR bölgede 161 toprak örneği üzerinde çalışma yapmışlardır. PCR istatistik analiz yöntemini kullanarak başarılı bir sonuç sağlayamamışlardır. Bunun sebebi olarak silt içeriğinin % <0.01 ile 40.0 aralığında olması yaptıkları çalışmanın başarı oranını düşürdüğünü belirtmişlerdir. Bu sonuç VIS-NIR bölgelerde uygulanan yöntemin tam olarak tatmin edici sonuçlar vermediğini ve $R^2=0.46$ 'lık iyi olmayan sonuçla belirtmişlerdir. Chang ve ark. (2001) ve Cozzolino ve Moron (2003) VIS-NIR bölgede yaptıkları çalışmalarda silt içeriklerinin tahminlerinde $R^2=0.84$ ve $R^2=0.80$ 'lik başarı elde etmişlerdir. Cozzolino ve Moron (2003), başarıda silt içeriğinin aralığının geniş olması gerektiğine (% 40-80) ve yaptıkları değerlendirmelerde kullanılan bölgenin önemini de vurgulamışlardır.

Kum miktarı maksimum % 41.63 minimum % 7.08 ortalama % 29.01 bulunmuştur. VNIRS yöntemi ile yapılmış tahminlere göre çalışmada $R=0.32$ 'lik bir başarı elde edilmiştir. Kumun boyutunu ortaya çıkarmaya yönelik olarak MIR bölgede yapılan çalışmalarda başarılı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Janik ve ark. (1998), 88 toprak örneği üzerinde PLSR istatistik analiz metoduyla 2500 ile 25000 nm dalga boyu aralıklarında $R^2=0.84$ ' lük bir başarı elde etmiştir. Islam ve ark. (2003) ise UV-VIS-NIR bölgede $R^2=0.53$ ' lük düşük bir sonuç bulmuş bu başarısız sonuçta etken rolün % 8.3- 98.3 geniş bir aralığa sahip kum boyutlu malzemenin önemli bir rol oynadığını vurgulamışlardır. Chang ve ark. (2001), VIS-NIR bölgede (400-2498 nm) PCR ile 0.84' lik bir başarı sağlamışlardır.

Organik madde içeriği maksimum % 4.27 minimum % 0.09 ortalama % 2.27 bulunmuştur. VNIRS yöntemi ile yapılan tahmin sonuçlarına göre çalışmada $R=0.52$ 'lik bir başarı sonucu bulunmuştur. Daniel ve ark. (2003), ANN (yapay sinir ağları) ile VIS-NIR bölgede $R^2=0.86$, Ben- Dor ve Banin (1995), MRA ile NIR bölgede $R^2=0.55$ olarak tahmin edilebilirliğini belirtmişlerdir.

Kireç içeriği maksimum % 37.52 minimum % 4.62 ortalama ise % 29.64 bulunmuştur. VNIRS yöntemi ile yapılan tahminlere göre çalışmada $R=0.79$ 'luk bir başarı elde edilmiştir. Ben-Dor ve Banin (1995), MRA (çoklu regresyon analizi) ile 1000-2500 nm aralığında kireç içeriğini $R^2=0.69$, Janik ve ark. (1998), NIR bölgede $R^2=0.73$, MIR bölgede $R^2=0.86$ ve Janik ve Skjemstad (1995), MIR bölgede $R^2=0.95$ 'lik değerleri elde etmişlerdir.

pH seviyesi maksimum 7.79 minimum 7.05 ortalama 7.35 olarak bulunmuştur. VNIRS yöntemi ile yapılan tahminlere göre çalışmada $R=0.18$ 'lik bir başarı elde edilmiştir. Islam ve ark. (2003), pH (toprak: su) tahmini amacıyla yaptığı çalışmasında iki ayrı spektral bölgeyi (NIR, UVVIS- NIR) değerlendirme altına almıştır ve bunun sonucunda $R^2=0.70$ 'lik bir sonuç bulmuştur. Chang ve ark. (2001), Shibusawa ve ark. (2001) $R^2=0.57-0.54$ aralığında bir sonuç elde etmiştir.

K içeriği maksimum 282.9 kg/da minimum 36.09 kg/da ortalama 118.94 kg/da olarak bulunmuştur. Çalışmada tahmin için $R=0.19$ 'luk elde edilmiştir. Değişebilir K

içeriğine yönelik, Chang ve ark. (2001), $R^2=0.55$ 'lik bir tahmin başarısı elde etmiştir. Awiti ve ark. (2008), K tahmin değerini $R^2=0.64$ olarak bulmuştur.

VNIRS yöntemiyle yapılan tahminlere göre elde edilen diğer R değerleri şu şekildedir; P içeriği maksimum 31.60 kg/da minimum 0.27 kg/da ortalama 6.41 kg/da bulunmuştur. Çalışmada $R=0.22$ 'lik bir başarı elde edilmiştir. Cu içeriği maksimum 1.95 ppm minimum 1.04 ppm ortalama 1.21 ppm bulunmuştur. Çalışmada $R=0.29$ 'lük bir başarı başarı elde edilmiştir. Fe içeriği maksimum 10.07 ppm minimum 0.36 ppm ortalama 1.11 ppm bulunmuştur. Çalışmada $R=0.027$ 'lik bir başarı elde edilmiştir. Mn içeriği maksimum 14.07 ppm minimum 0.98 ppm ortalama 1.95 ppm bulunmuştur. Çalışmada $R=0.65$ 'lik bir başarı elde edilmiştir. Zn içeriği maksimum 4.02 ppm minimum 0.21 ppm ortalama 0.69 ppm bulunmuştur. Çalışmada $R=0.014$ 'lük bir başarı elde edilmiştir. Agretat stabilitesi maksimum % 80.37 minimum % 36.21 ortalama % 56.37 bulunmuştur. Çalışmada $R=0.03$ 'lük bir başarı elde edilmiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Tahmin sonuçları incelendiğinde tahminler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren R değerleri, tahminlere ait hatalar RMSEP incelendiğinde;

Farklı toprak özellikleri için genel olarak R değerleri 0.014 ile 0.79 arasında değişim göstermiştir. Kireç, organik madde, Mn gibi değişkenler için R değerleri 0.50 ile 0.79 arasında değişmekte olup tahminlerinin iyi olduğu tespit edilmiştir. Kil, Silt, kum P, Cu, K, pH değişkenleri R değerleri 0.18 ile 0.32 arasında değişim göstermiştir. Fe, Zn, Agretat stabilitesi değişkenlerinde ise R değerleri 0.014 ile 0.038 arasında değişim göstermiş olup diğer parametrelere göre tahminlerde daha başarısız olduğu gözlemlenmiştir.

Spektrometre ile ilgili geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmalarda genel olarak organik madde, nem, kireç, kil içeriklerinin 350 – 2500 nm dalga boyları aralığında yüksek oranda tahmin edilebileceği görülmüştür ancak P, K, pH, Cu gibi parametrelerin belirlenmesi ise dolaylı yollardan yapılabilmektedir. 13 farklı toprak özelliği ve yansımaları arasındaki ilişkiyi belirleme ile ilgili yapılan bu çalışmada da buna benzer sonuçların çıktığı görülmüştür.

Bu çalışmada bazı parametrelerin beklenen tahmin değerlerinin altında çıkmasının bazı sebepleri vardır bunlardan direkt olarak sonucu etkileyecek derecede söylenebilecek en önemli faktör çalışma yapılan alandaki yüksek kireç oranıdır. Genel olarak ana materyali kireçtaşı olan bölge topraklarında bu durum söz konusudur % kireç oranı çok yüksek olan bu alanda bu yüksek oran diğer birçok parametreyi de olumsuz etkilemiş ve yapılan tahminlerin daha başarılı ve istenilen düzeyde olmasını engellemiştir.

Toprak özelliklerini belirlemede yakın bir zamandan beri kullanılan NIRS yöntemi özellikle zaman, iş gücünden kolaylık ve maddi olarak yapılan tasarruftan ötürü cazip bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. NIRS yöntemi kimyasal ve fiziksel analizlerde bazı parametreleri değerlendirdiğimizde yüksek oranda başarılı çıkmasa da kısa süre içerisinde aynı anda çok sayıda toprak ile çalışma ve

değerlendirme imkânı sağlayabilmesi açısından büyük avantaj sağlamaktadır. Özellikle çalışma yapılacak bölgeye veya alana ait yansımaların ve toprak özelliklerinin sayısı arttıkça modellemenin sağlamlığı arttırılacak ve tahmin oranının başarısı artacaktır. (Yorulmaz, 2014).



KAYNAKLAR

- ALTINBAŞ, Ü., KURUCU, Y. & BOLCA, M. 2001. Ege Bölgesi ve Çevresinin 2000 Yılına Ait Pamuk Ekili Alanları ve Pamuk Ürün Rekoltesinin Uzaktan Algılama Tekniği - Uydu Verileri ile Saptanması Üzerine Araştırmalar. 2000 BİL 030 No' lu Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi. Bornova, İzmir
- AWİTİ, A.O., WALSH, M.G., SHEPHERD, K.D., KİNYAMARİO, J. 2008. Soil condition classification using infrared spectroscopy: A proposition for assessment of soil condition along a tropical forest-cropland chronosequence. *Geoderma*, 143: 73-84.
- BATTEN, G.D. 1998. Yakın kızılötesi yansıma spektrokopisi kullanılarak yapılan bitki analizi: Potansiyel ve sınırlamalar. *Avustralya Dergisi Deneysel Tarım*, 38: 697-706.
- BEN-DOR, E., BANİN, A. 1995. Near-Infrared Analysis as A Rapid Method to Simultaneously Evaluate Several Soil Properties. *Soil Science Society of America Journal*, 59: 364- 372.
- BİLGİLİ, A.V., ÇULLU, M.A., ES, H.V., AYDEMİR, A., AYDEMİR, S. 2011. The use of hyperspectral visible and near infrared reflectance spectroscopy for the characterization of salt-affected soils in the harran plain turkey. *Arid Land Research and Management journal*, 25(1): 19–37.
- BİLGİLİ, A.V., ÇULLU, M.A., AYDEMİR, S., AYDEMİR, A., ALMACA, A. 2014. Probability mapping of saline and sodic soils in the Harran plain using anon linear kriging technique. *Eurasian journal of soil science*, 2(2): 76-81
- BRIAN, N., DANİEL, J., LESLEY, C. 2005. Predicting soil characteristics of Oklahoma Pasture with near infrared reflectance spectroscopy (Nirs). *Society for Range Management, 58th Annual Meeting and Trade Show, (February 5-11, 2005), Fort Worth, Texas.*
- BOUYOUCOS, G.J., 1951. Toprakların mekanik analizini yapmak için hidrometre yönteminin yeniden kalibre edilmesi. *Agronomi Dergisi*, 43:435-438
- BROWN, D. J., SHEPHERD, K. D., WALSH, M. G., MAYS, M., D., REINSCH, T.G. 2006. Global Soil Characterization with VNIR Diffuse Reflectance Spectroscopy. *Geoderma*, 132 (3-4): 273-290
- CHANG, C. W., LAIRD, D. A., MAUSBACH, M. J., HURBURGH, Jr. C .R. 2001. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy- Principal Components Regression Analysis of Soil Properties. *Soil Science Society of America Journal*, 65: 480-490.
- CHANG, C.W., LAIRD, D., HURBURGH, C.R. 2005. Influence of soil moisture on near- infrared reflectance spectroscopic measurement of soil properties. *Soil Science*, 170(4): 244- 255.
- COZZOLİNO, D., MORON, A. 2003. The Potential of Near- Infrared Reflectance Spectroscopy to Analyse Soil Chemical and Physical Characteristics. *Journal of Agricultural Sciences*, 140: 65-71.
- DANİEL, K. W., TRİPATHİ, N. K., HONDA, K. 2003. Artificial Neural Network Analysis of Laboratory and in Situ Spectra for The Estimation of

- Macronutrients in Soils of Lop Buri (Thailand). *Australian Journal of Soil Research*, 41: 47-59
- DEMATTE, J.A.M., CAMPOS, R.C., ALVES, M. C., FIORIO, P. R., NANNI M. R. 2004. Visible-NIR Reflectance for Soil Evaluation. *Geoderma*, 121: 95-112.
- DEMATTE, J.A.M., SOUSA, A.A., ALVES, M.C., NANNI, M.R., FIORIO, P.R., CAMPOS, R.C. 2006. Determining soil water status and other soil characteristics by spectral proximal sensing. *Geoderma*, 135: 179-195.
- DINÇ, U., ŞENOL, S., SAYIN, M., KAPUR, S., GÜZEL, N., DERİCİ, R., YESILSOY, M.Ş., YEĞİNGİL, İ., SARI, M., KAYA, Z., AYDIN, M., KETTAŞ, F., BERKMAN, A., ÇOLAK, A.K., YILMAZ, K., TUNÇGÖĞÜS, B., ÇAVUŞGİL, V., ÖZBEK, H., GÜLÜT, K.Y., KARAMAN, C., DINÇ, O., ÖZTÜRK, N., KARA, E. E., 1988. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAT) 1. Harran Ovası. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Grubu Güdümlü Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu, Proje TOAG-534.
- EYÜPOĞLU, F. 1999. Türkiye topraklarının verimlilik durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın No: 220, Teknik Yayın No: T-67, Ankara, 122s.
- FARİFTEH, J., VAN DER MEER, F., ATZBERGER, C., CARRANZA, E.J.M. 2007. Quantitative analysis of salt-affected soil reflectance spectra: A comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN). *Remote Sensing of Environment*, 110: 59–78.
- GE, Y., THOMASSON, J.A., MORGAN, C.L., SEARCY, S.W. 2007. VNIR diffuse reflectance spectroscopy for agricultural soil property determination based on regression-kriging. *ASAE*, 50 (3): 1081-1092.
- GÜNAL, H., ERŞAHİN, S., AKBAŞ, F., BUDAK, M. 2007. Toprak Biliminde Kızıl Ötesi Spektrometrenin Potansiyel Kullanımı. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 219-226.
- ISLAM, K., SINGH, B., MCBRATNEY, A. B. 2003. Simultaneous Estimation of Several Soil Properties by Ultra-Violet, Visible and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. *Australian Journal of Soil Research*, 41: 1101-1114.
- JANİK, L. J., MERRY, R. H., SKJEMSTAD, J. O. 1998. Can Mid Infra-Red Diffuse Reflectance Analysis Replace Soil Extractions. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38(7): 68-696.
- JANİK, L. J., SKJEMSTAD, J. O. 1995. Characterisation and Analysis of Soils Using Mid-Infrared Partial Least Squares: II. Correlations with Some Laboratory Data. *Australian Journal of Soil Research*, 33: 637-650.
- JARMER, T., VOHLAND, M., LİLİENTHAL, H., SCHNUG, E. 2008. Estimation of some chemical properties of an agricultural soil by spectroradiometric measurements. *Journal of Pedosphere*, 18 (2): 163–170.
- KACAR, B. 1994. Toprak analizleri. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri III. Ankara Ü. Z. F. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3, Ankara, 86s.
- KAMRUNNAHAR, I., SINGH, B., MCBRATNEY, A. 2003. Simultaneous estimation of several soil properties by ultra-violet, visible, and near-infrared reflectance spectroscopy. *Australian Journal of Soil Research*, 41 (6): 1101-1114.

- KEITH, D.S., MARKUS, G.W., 2002. Development of reflectance spectral libraries for characterization of soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 988–998.
- KEMPER, W. D., ROSENAU, R. C., 1986. Aggregate stability and size distribution. *Methods of Soil Analysis: Part I. 2nd edn.* Editör: Klute, A. ASA, Madison, WI, USA., s.425-442.
- KESKİN, M., DODD, R.B., HAN, Y.J., KHALİLİAN, A. 2003. Predicting Visual Quality Ratings of Turfgrass Plots Using Spectral Reflectance. 2003 ASAE International Meeting, 27-30 July 2003, Las Vegas, Nevada/USA., 03-1114.
- KESKİN, M., 2007. Spektrodadyometreler ve Tarımda Kullanım Alanları Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi, Hatay, 326-332.
- KİRİŞÇİ, V., KESKİN, M., SAY, S.M. ve GÖRÜCÜ, S. 1999. Hassas uygulamalı tarım teknolojisi, Nobel Yayınevi, Adana, 186s.
- LİNDSEY, W.L. and NORWELL, E.A. 1978. Development of DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428.
- MİLTON, E.J. 1987. Principles of Field Spectroscopy. *International Journal of Remote Sensing*, 8: 1807-1827.
- MOUAZEN, A.M., KUANG, B., BAERDEMAEKER, J., DE RAMON, H. 2010. Comparison among principal component, partial least squares and back propagation neural network analyses for accuracy of measurement of selected soil properties with visible and near infrared spectroscopy. *Geoderma*, 158: 23-31.
- MULLER, E., DECAMPS, H. 2000. Modeling soil moisture–reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 76: 173–180.
- NAGLER, P. L., DAUGHTRY, C.S. T., GOWARD, S.N. 2000. Plant litter and soil reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 71: 207–215.
- NDUWAMUNGU, C., ZİADİ, N., TREMBLAY, G.F., PARENT, L.É. 2009. Near-infrared reflectance spectroscopy prediction of soil properties: effects of sample cups and preparation. *Soil Science Society of America Journal*, 73: 1896-1903.
- OLSEN, S.R., COLE, C.V., WATANABE, F.S., DEAN, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in Soils by extraction with sodium bicarbonate. USPA Circular No:939, Washington DC.
- PASQUİNİ, C. 2003. Near infrared spectroscopy: Fundamentals, practical aspects and analytical applications. *J. Braz. Chem. Soc.*, 14 (2): 198-219.
- PEDDLE, D.R., WHITE, H.P., SOFFER, R.J., MILLER, J.R. and LEDREW, E.F. 2001. Reflectance processing of remote sensing spectroradiometer data. *Pergamon. Computers – Geosciences*, 27: 203-213.
- SHEPHERD, K. D. and WALSH, M .G. 2002. Development of Reflectance Spectral Libraries for Characterization of Soil Properties. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 988-998.
- SHİBUSAWA, S., ANOM, S. W., SATO, S., SASAO, A. & HIRAKO, S. 2001. Soil Parameters Maps in Paddy Field Using the Real-Time Soil Spectrophotometer. *J. of the Japanese Society of Agricultural Machinery*, 63(3): 51-58.

- SONG, H., ANNIA, Y.H. 2005. A new approach to predict N,P,K and OM content in a loamy mixed soil by using near infrared reflectance spectroscopy. Lecture Notes in Computer science, 3644: 859-867.
- SWAIN, P.H., DAVIS, S.M. 1978. Remote Sensing: The Quantitative Approach. McGraw-Hill, New York, 135.
- ŞENOL, H., AKGÜL, M. 2012. Yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi (NIRS) ile bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 18: 197-213.
- THOMAS, G.W., 1982. Exchangeable Cations. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monography. No: 9, A.S.A.-S.S.S.A., Madison, Winconsin. USA. P. 159- 165.
- TÜZÜNER, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hiz. Genel Müd. Ankara, 375s.
- VISCARRA, ROSSEL, R.A., WALVOORT, D.J.J., MCBRATNEY, A.B., JANÍK, L.J., SKJEMSTAD, J.O. 2006. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. Geoderma, 131 (1-2): 59-75.
- YORULMAZ, A. 2014. Denizli ili Hanbat Ovası Detaylı Temel Toprak Etüdü Arazi Değerlendirmesi ve toprak özelliklerinin Spektrometrik Ölçüm Teknikleriyle Belirlenebilirliği. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Aydın, 351s.
- WALKLEY, A. and BLACK, I. A., 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37: 29-37.
- WHITING, M.L., LIN, L. and USTIN, L.S., 2004. Predicting water content using Gaussian model on soil spectra. Remote Sensing of Environment, 89: 535-552.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Onur ÖZBEK
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri : ŞANLIURFA
Telefon : 05439722858
e-mail : onurozbek_63@hotmail.com

EĞİTİM

Derece Yılı	Adı, İlçe, İl	Bitirme
Lise	: Davut Zeki Akpınar Lisesi/ŞANLIURFA	2006
Üniversite	: Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü/ŞANLIURFA	2014

YABANCI DİLLER

İngilizce