ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TRAKTÖRLE ÇEKİLİR ELEKTROMANYETİK (EM) ELEKTRİKSEL İLETKENLİK SENSÖRÜ İLE BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Uğur YEGÜL

TARIM MAKİNELERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2010

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Uğur YEGÜL tarafından hazırlanan **"Traktörle çekilir elektromanyetik (EM) elektriksel iletkenlik sensörü ile bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi"** adlı tez çalışması 16/08/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** *Yrd. Doç. Dr. Ufuk TÜRKER*

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları A.B.D.

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** *Prof. Dr. Mustafa VATANDAŞ*

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları A.B.D.

Üye **:** *Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR*

Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları A.B.D

Üye **:** *Yrd. Doç. Dr. Ufuk TÜRKER*

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları A.B.D.

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof.Dr. Orhan Atakol

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TRAKTÖRLE ÇEKİLİR ELEKTROMANYETİK (EM) ELEKTRİKSEL İLETKENLİK SENSÖRÜ İLE BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Uğur YEGÜL

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ufuk TÜRKER

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde 5 dekarlık arazide 7 çeşit elmaya ait deneme bahçesinde yapılmıştır. Çalışmanın amacı toprağın elektriksel iletkenliğinin belirlenmesi ve bu iletkenlik değerleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesidir. Çalışmada EM38 adı verilen elektromanyetik prensiple ölçüm yapan bir sensör kullanılmıştır. Ölçümler sensör omuzda taşınmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. EM38 sensörü el tipi bir arazi bilgisayarına ve bir GPS konum bilgileri alıcısı bağlanarak gerekli veriler kayıt altına alınmıştır. EM38 sensörü yerden 20 cm yükseklikte, toprağa temas etmeden ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bu veriler GIS tabanlı bir yazılım ile haritalara dönüştürülerek toprağın elektriksel iletkenlik haritası çıkartılmıştır. Sensör yardımıyla elde edilen elektriksel iletkenlik değerlerinin doğruluğunu belirlemek amacıyla, sensör değerleri ile aynı noktalar için alınan toprak örneklerinden elde edilen laboratuar analizleri elektriksel iletkenlik değerleri ile kıyaslandığında aralarında yüksek bir ilişki (r^2= 0.89) saptanmıştır. Toprak örneklemesi yapılacak noktaların fiziksel ve kimyasal özellikleri toprak laboratuarında analiz ettirildikten sonra, bu noktaların elektriksel iletkenlik değerleri ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, EM38 sensörü ile toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen EC değerleri arasında kuvvetli bir ilişki saptanmıştır. EC ile SO_4^{-2} (me/L) değerleri arasında r^2=0.83; EC ile CEC (me/L) değerleri arasında r^2=0.74; EC ile Mg^{+2} (me/L) değerleri arasında r^2=0.56; EC ile nem içeriği arasında r^2=0.55; EC ile kum içeriği arasında r^2=0.44; EC ile kil içeriği arasında r^2=0.53; EC ile tarla kapasitesi değerleri arasında r^2=0.36 ve EC ile solma noktası değerleri arasında r^2=0.42 doğrusal ilişkiler tespit edilmiştir.

Ağustos 2010, 63 sayfa

Anahtar Kelimeler: Elektriksel iletkenlik, elektromanyetik toprak parametreleri, EM38-sensörü

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMİNATİON OF SOME SOİL PARAMETERS WİTH ELECTROMAGNETİC (EM) İNDUCTİON SENSOR PULLED BY TRACTORS

Uğur YEGÜL

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Ufuk TÜRKER

This research was carried out in 5 da field with 7 different apple varieties that located in Haymana Research and Application Center of Agricultural Faculty of Ankara University. The aim of this study was to determine relationship between soil electrical conductivity with some soil properties such as cation Exchange capacity, soil clay, soil silt, soil moisture content, field capacity and etc. Electromagnetic induction sensor was used known as EM38 which is working with electromagnetic principle. This sensor is approximately one meter in lenght and three and a half kilograms in weight which is light enough to carry with one hand. For this reason, measurements were made by hand. EM38 was connected to handheld field computer (Allegro CX) and to GPS receiver for needed location information data. EM38 sensor was used at a height of 20 cm from the ground, without contacting with soil. Electrical conductivity map of the field were developed from the data by using GIS based software. Soil physical and chemical properties of soil sampling points were analyzed statistically and its relationship with electrical conductivity was explored. In order to check the accuracy of the soil electrical conductivity values obtained from laboratory analyses were compared with the sensor readings for the same sampling points. With reference to result, high relationship was found between soil EC and sensor EC readings with r^2= 0.89. Relationships were found between EC and SO_4 with r^2=0.83, EC and CEC with r^2=0.74, EC and soil moisture content with r^2=0.55; EC and Mg with r^2=0.56; EC and clay content with r^2=0.53; EC and sand content with r^2=0.44; EC and wilting point with r^2=0.42; EC and field capacity with r^2=0.36; respectively. It can be concluded that EMI sensor is fast and very vesatile tool for soil electrical conductivity measurements. Results have shown that some of soil parameters such as CEC, SO_4, moisture content and clay content can be determined with EMI sensors electrical conductivity readings.

August 2010, 63 pages

Key Words: Electrical conductivity, electromagnetic soil parameters, EM38-sensor

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar insani ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişmeme ve gelişmeme katkıda bulunan danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Ufuk TÜRKER'e, çalışmamda sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ufuk TÜRKER'in katkılarıyla beni destekleyen ve yardımcı olan Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü müdür yardımcısı sayın Dr. İbrahim GÜÇDEMİR'e ve laboratuar analizlerini gerçekleştiren meslektaşlarıma, tecrübeleri ve bilgileriyle beni yönlendiren değerli hocalarım Prof. Dr. Mustafa VATANDAŞ ve Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR'e çalışmalarımı gerçekleştirdiğim Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği çalışanları Zir.Müh Uğur VURAL ve uzman İlker ERESEN'e, çalışmalarım süresince manevi desteklerini ve tecrübelerini esirgemeyen değerli bölüm hocalarıma, meslektaşım Babak TALEBPOUR'a birçok fedakarlıklar göstererek beni destekleyen aileme en derin duygularla teşekkür ederim.

Uğur YEGÜL
Ankara, Ağustos 2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET..... i
ABSTRACT..... ii
TEŞEKKÜR..... iii
SİMGELER DİZİNİ..... v
ŞEKİLLER DİZİNİ..... vi
ÇİZELGELER DİZİNİ..... ix
1. GİRİŞ..... 1
2. KURAMSAL TEMELLER..... 14
2.1 Toprağın Elektriksel İletkenliğinin ölçülmesi 14
2.2 Toprakta Elektrik Akımı İletim Yolları..... 14
2.3 Toprağın Elektriksel İletkenliğini Etkileyen Faktörler..... 15
2.4 Toprağın Elektriksel İletkenliğini Ölçme Yöntemleri..... 16
2.5 Toprağın pH Düzeyi ve Bitki Besin Elementleri ile Bunların Belirlenmesi..... 16
2.6 Toprağın Nem İçeriğinin Algılanması..... 17
2.7 Toprak Sıkışmasının Ölçülmesi..... 17
2.8 Toprak Özellikleri..... 18
2.8.1 Toprağın fiziksel özellikleri..... 18
2.8.2 Toprağın kimyasal özellikleri..... 22
3. MATERYAL VE YÖNTEM..... 25
3.1 Materyal..... 25
3.1.1 Çalışmanın yapıldığı arazi..... 25
3.1.2 EM38 sensörü..... 26
3.1.3 El bilgisayarı..... 30
3.1.4 GPS konum bilgileri alıcısı..... 31
3.1.5 Penetrometre..... 31
3.2 Yöntem..... 34
3.2.1 EM38 sensörünün kalibrasyonu..... 34
3.2.2 Çalışmada kullanılan cihazların birbiri ile eş zamanlı olarak kullanılabilir hale getirilmesi..... 36
3.2.3 Araziden elde edilen EC verilerinin GIS tabanlı yazılımlarda kullanılabilir hale getirilmesi..... 37
3.2.4 Çalışması yapılan araziden penetrometre ile nem değerlerinin elde edilmesi..... 38
3.2.5 Çalışması yapılan araziden toprak örneklerininin alınması..... 40
4. BULGULAR..... 42
5. TARTIŞMA VE SONUÇ..... 59
KAYNAKLAR..... 60
ÖZGEÇMİŞ..... 62

SİMGELER DİZİNİ

mS/m	Birim metre başına bir milisiemens
°C	Santigrat

KISALTMALAR

Al	Alüminyum
B	Bor
Ca	Kalsiyum
$CaSO_4$	Jips
CEC	Katyon Değişim Kapasitesi
Cl	Klor
CO_2	Karbon Dioksit
EC	Elektriksel İletkenlik
EM	Elektromanyetik
EMI	Elektromanyetik İndüksiyon
Fe_2O_3	Limonit
GIS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
GPS	Küresel Konum Belirleme Sistemleri
H	Hidrojen
H_2CO_3	Karbonik Asit
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
MgO	Magnezyum Oksit
Mo	Molibden
N	Azot
Na	Sodyum
NH_4	Amonyum
OH	Hidroksil
P	Fosfor
pH	Potansiyel Hidrojen
SAR	Sodyum Adsorbsiyon Oranı
SO_4	Sülfat
VRA	Değişken Oranlı Girdi Uygulama

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Aynı arazide yapılan çalışmada EC ve Cl değerlerinin farklı derinliklerden alınan ölçüm sonuçlarına göre yapılmış olan haritalar….. 7
Şekil 1.2 Aynı arazide yapılan çalışmada SAR ve kil değerlerinin farklı derinliklerden alınan ölçüm sonuçlarına göre yapılmış olan haritalar….. 7
Şekil 1.3 Aynı arazide yapılan çalışmada B ve Mo değerlerinin farklı derinliklerden alınan ölçüm sonuçlarına göre yapılmış olan haritalar….. 8
Şekil 1.4 Aynı arazide yapılan çalışmada K ve Mg değerlerinin farklı derinliklerden alınan ölçüm sonuçlarına göre yapılmış olan haritalar….. 8
Şekil 1.5 Aynı arazide yapılan çalışmada Na ve SO_4 değerlerinin farklı derinliklerden alınan ölçüm sonuçlarına göre yapılmış olan haritalar….. 9
Şekil 1.6 Sırasıyla aynı arazide bulunan kil içeriği ile kil ve silt içeriğinin EC ile olan ilişkisi…… 10
Şekil 1.7 EM38 sensörü ile Veris 3100 sensörünün ölçüm değerleri…….. 12
Şekil 2.1 Toprakta elektrik akımı iletim yolları……... 14
Şekil 2.2 Toprak yapı üçgeni…….. 20
Şekil 3.1 Ankara Üniversitesi Haymana Araştırma ve Uygulama çiftliğinde çalışmanın yapıldığı alanı gösteren uydu görüntüsü (36 473721.71D, 4384979.19K)……... 25
Şekil 3.2 Verici bobin (Tx), alıcı bobin (Rx)……... 27
Şekil 3.3 EM38 dikey (1) ve yatay (2) konumları……... 27
Şekil 3.4 EM38 sensörünün toprakta çalışma prensibi, kalın çemberler elektrik akımının iyi iletildiği toprak katmanını, ince çemberler ise elektrik akımının diğer katmana göre daha az iletildiği toprak katmanını göstermektedir……... 28
Şekil 3.5 Gönderilen ve Alınan manyetik alanın şematik gösterimi. Tx, Rx, Hp, Hs ve kesikli çizgiler sırasıyla gönderici, alıcı, gönderilen manyetik alan, alınan manyetik alan, akım döngüsü……..…….. 28
Şekil 3.6 EM38 dikey ve yatay modda oluşturdukları manyetik alanlar……. 29
Şekil 3.7 Allegro CX el tipi arazi bilgisayarı…….. 30
Şekil 3.8 Magellan SporTrak Color GPS konum bilgileri alıcısı…… 31
Şekil 3.9 Eijkelkamp Penetrologger nem sensörü ve penetrologger……... 32
Şekil 3.10 Eijkelkamp Penetrologger…….. 33
Şekil 3.11 EM38 sensörü, el bilgisayarı ve GPS……. 36
Şekil 3.12 Elma bahçesinden alınan EC değerlerinin elde edildiği noktalar……... 37
Şekil 3.13 Dat38W yazılımda .R38 uzantılı verilerin dönüştürülmesi…… 37
Şekil 3.14 Penetrometre ile ölçümü yapılan noktaların uydu görüntüleri üzerinde Gösterimi.....……... 38
Şekil 3.15 Penetrometre ile ölçümü yapılan noktalar…….. 39
Şekil 3.16 Eijkelkamp PenetroViewer yazılımının ara yüzü……... 40
Şekil 3.17 Toprak numunelerinin alındığı noktaların uydu görüntüleri üzeride Gösterimi……. 40
Şekil 3.18 Toprak numunelerinin alındığı noktalar……. 41
Şekil 4.1 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerlerini gösteren harita…… 44

Şekil 4.2 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen kum içeriği (%) değerlerini gösteren harita……. 45
Şekil 4.3 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen silt içeriği (%) değerlerini gösteren harita…… 45
Şekil 4.4 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen kil içeriği (%) değerlerini gösteren harita…… 46
Şekil 4.5 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen tarla kapasitesi (%) değerlerini gösteren harita…… 46
Şekil 4.6 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde solma noktası (%) değerlerini gösteren harita…… 47
Şekil 4.7 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m), kil %, kum %, silt % içeriği değerlerini gösteren harita……. 48
Şekil 4.8 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen kil içeriği %, tarla kapasitesi ve solma noktası değerlerini gösteren harita……..…… 49
Şekil 4.9 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen toprak örneklerinin analiz edilmesi sonucu EC (mS/m) değerlerini gösteren harita……... 50
Şekil 4.10 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen toprak örneklerinin analiz edilmesi sonucu Mg^{+2} (me/L) değerlerini gösteren harita…….. 51
Şekil 4.11 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen toprak örneklerinin analiz edilmesi sonucu SO_4^{-2} (me/L) değerlerini gösteren harita……. 51
Şekil 4.12 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen toprak örneklerinin analiz edilmesi sonucu toplam katyon (me/L) değerlerini gösteren harita…… 52
Şekil 4.13 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen toprak örneklerinin analiz edilmesi sonucu EC (mS/m), Mg^{+2} (me/L), SO_4^{-2} (me/L), toplam katyon (me/L) değerlerini gösteren harita…….…….. 53
Şekil 4.14 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile nem içeriği (%) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema…… 54
Şekil 4.15 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile kum içeriği (%) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema…… 54
Şekil 4.16 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile silt içeriği (%) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema…… 55
Şekil 4.17 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile kil içeriği (%) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema…… 55
Şekil 4.18 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile aynı araziden toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen EC (mS/m) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema…… 56

Şekil 4.18 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile aynı araziden toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen EC (mS/m) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema…… 56
Şekil 4.19 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile aynı araziden toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen Mg^{+2} (me/L) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema…… 56
Şekil 4.20 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile aynı araziden toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen SO_4^{-2} (me/L) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema…… 57
Şekil 4.21 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile aynı araziden toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen toplam katyon (me/L) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema…….. 57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Doğu Kolorado'da yapılan çalışmaya ilişkin EC ile toprak özellikleri arasında ilişki tablosu……..... 10
Çizelge 3.1 EM38 sensörünün teknik özellikleri……. 29
Çizelge 3.2 Allegro CX el tipi arazi bilgisayarının teknik özellikleri……. 30
Çizelge 3.3 Magellan SporTrak Color GPS cihazının teknik özellikleri……. 31
Çizelge 3.4 Eijkelkamp Penetrologger cihazının teknik özellikleri…… 34
Çizelge 4.1 Araştırması yapılan araziden alınan toprak örneklerinin fiziksel özellikleri……. 42
Çizelge 4.2 Araştırması yapılan araziden alınan toprak örneklerinin kimyasal özellikleri……. 43
Çizelge 4.3 Araştırması yapılan araziden elde edilen nem değerleri ile alınan toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen toprak özellikleri ile EC (mS/m) değerleri arasında bulunan ilişki katsayıları…… 58

1. GİRİŞ

Hassas tarım dünyada değişik terimler kullanılarak ifade edilmektedir. Bunlar arasında, alana özgü tarım (site specific farming), alana özgü işletme (site specific management), bilgisayar destekli tarım (computer aided farming), reçeteli tarım (prescription farming), değişken oranlı girdi uygulama (variable rate application), noktasal tarım (spot farming) sayılabilmektedir. Kullanılan terim hangisi olursa olsun hassas tarım, kontrol, elektronik, bilgisayar ve veri tabanı ile hesap bilgisini bir araya getirerek gelişmiş bir sistem yaklaşımı ortaya koymaktadır. Hassas tarım teknolojisinin bileşenleri; küresel konum belirleme sistemleri (global positioning systems, GPS), coğrafi bilgi sistemleri (geographical information systems, GIS), değişken oranlı girdi uygulama (variable rate application, VRA) ve uzaktan algılama (remote sensing)'dır (Vatandaş vd. 2005).

Günümüzde tarımsal üretim girdilerinin çevreye olan etkileri ve girdi maliyetlerinin azaltılması yönündeki baskılar gelişen teknolojiyle birlikte gittikçe artmaktadır. Bu baskı tarım arazilerinin fiziksel ve coğrafi değişkenlikleri, tekdüze olmayan toprak, ürün ve çevre faktörleri, girdilerin çevreye etkisi ve maliyetlerinin yükselmesi karşısında artan bir yoğunluk göstermektedir. Hassas tarım, girdilerin etkin (gerektiği miktarda) kullanımıyla ekonomikliği sağlamayı ve bu yolla çevreye olan etkilerini azaltmayı öngörmektedir. Bu durum aynı zamanda ürün kalitesinde de tekdüzeliğin sağlanmasına katkıda bulunabilmektedir. Hassas tarımın hedefleri arasında;

-Gübre ve ilaç gibi kimyasal giderlerinin azaltılması,
-Çevre kirliliğini azaltması,
-Yüksek miktarda ve kaliteli ürün sağlanması,
-İşletme ve yetiştiricilik kararları için daha etkin bir bilgi akışının sağlanması,
-Tarımda kayıt düzeninin oluşturulması sayılabilmektedir (Vatandaş vd. 2005).

Hassas tarımın pratikte uygulanabilmesi, arazideki değişkenliğin farklı girdi kullanımını mümkün kılacak yeterli büyüklükte olması şartına bağlıdır. Örneklemeler yeterli değişkenliği belirleyecek ölçeklerde olmalıdır. Değişken girdi uygulamasına geçmeden önce;

-Değişkenlik belirlenmeli ve nicelleştirilmeli,
-Değişkenliğe neden olan unsurlar belirlenmeli,
-Üretimi iyileştirmek ve zenginleştirmek için problemlerin düzeltilmesine yönelik, yönetim ve işletim kararları belirlemeli,
-Bu uygulamaların ekonomik getirileri analiz edilmeli,
-Kesin ekonomik fayda ve getiri sağlayacak işletme ve yönetim etkinliği belirlenmelidir (Vatandaş vd. 2005).

Hassas tarımda değişkenler; alansal (spatial), zamansal (temporal) ve ekonomik olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Burada öncelikle değişkenlik belirlenmelidir ve daha sonra pratik bir işletmecilik kararı alınmalıdır. Bunlara bağlı olarak doğru strateji ve pratiklerin adaptasyonu ve geliştirilmesi, hassas tarımın başarılmasını mümkün kılabilecektir. Karar sürecinde geliştirilen yazılımları kullanma olanakları bulunmakla birlikte, doğru ve zamanında elde edilmiş verilere de gereksinim duyulmaktadır (Blackmore, 1996). Hassas tarımda tek hedef hiç bir zaman verim artışı olmamakta, verim kaybına yol açmayacak şekilde girdi kullanımında tasarrufa imkan verecek uygulamaları da içermektedir. Hassas tarım uygulamalarında birçok bileşen karşılıklı olarak etkileşim halindedir (Vatandaş vd. 2005).

Bitkisel üretim yönetimi ve işletmeciliğinde, araziye ait fiziksel ve coğrafi değişkenliklerin anlaşılabilmesi ve yorumlanabilmesi için çeşitli görüşler ortaya atılmaktadır. Bu görüşlerin uygulamaya konulabilmesi ve değişken oranlı uygulamaların gerçekleştirilebilmesi için, bir karar destek sistemine (decision support system) gereksinim duyulmaktadır. Bunun yanında algılama (sensing), izleme (monitoring), kontrol ve veri transfer sistemleri, hassas tarım uygulamaları için gerekli olan teknolojilerdir (Vatandaş vd. 2005).

Toprağın elektriksel iletkenliği (EC) toprağın elektrik akımını iletmesinin bir ölçüsüdür. Elektriksel iletkenlik birim metre başına mS/m değeri ile ifade edilmektedir. Toprağın elektriksel iletkenliği; toprak tekstürü, toprak tuzluluğu, toprak nem içeriği ve toprak derinliği gibi toprak özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Toprağın elektriksel iletkenliğinin sensörlerle hızlı bir şekilde ölçülebildiği ve bazı toprak

özelliklerinin de bu yolla örnekleme yapmaya gerek kalmadan belirlenebileceği bazı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Örneğin Sheets ve Hendrickx (1995), New Mexico'da 16 ay boyunca 1950 metrelik bir kesitten ölçü almış ve iletkenlik ile toprak su içeriği arasındaki ilişkiyi tespit etmiştir. Williams ve Hoey (1987), tarladaki kil içeriğini tahmin etmek için EC ölçümlerini kullanmıştır.

Toprağın elektriksel iletkenliği, ürün verimi üzerinde, toprağın fiziksel özellikleriyle ilişkilidir. Bu toprak özelliklerinin belirlenmesi, toprak örneklemesi yolu ile büyük araziler için uzun zaman alan laboratuar ölçümleri ile ve yüksek maliyetlerle gerçekleştirilebilmektedir. Elektromanyetik (EM) teknolojisi orijinal olarak madencilik için geliştirilmiştir. Ayrıca mineral, yağ ve gaz araştırmaları, yeraltı suyu çalışmaları ve arkeoloji alanlarında kullanılmaktadır. Tarımda ilk kez EM sensörleri eriyebilir tuzlar ve toprak nemini ölçmek için kullanılmıştır. Diğer tarımsal uygulamalar ise toprak bileşenlerinin belirlenmesi, toprağın üst yüzeye yakın kısmındaki killi toprak miktarının tahmini, sel baskınlarından sonra biriken kum derinliğinin tahmini, herbisit miktarı ve ürünler için verimliliktir (Kesmez vd. 2008).

Ülkemizde tuzdan etkilenmiş alanların belirlenmesi amacı ile yurt çapında yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Genel olarak tuzdan etkilenmiş alanların her geçen yıl arttığı görülmektedir. Bitki gözlemleri yöntemi hızlı ve ekonomik olmasına karşılık, bitkide tuzluluk nedenli zararlar meydana geldikten sonra yapılabilmektedir. Kullanımı gelenekselleşmiş olan saturasyon çamuru süzüğünden toprak tuzluluğu belirlenmesi yöntemi, toprak örneklerinin toplanması ve ekstraktlarının elde edilmesini gerektirdiği için ne arazide kullanıma uygun olmakta ne de yoğun haritalama ve görüntüleme uygulamalarında kullanılabilmektedir. Aynı zamanda bu yöntem nispeten daha fazla zaman almakta ve pahalıya mal olmaktadır. (Kesmez vd. 2008).

Johnson vd. (2001), geleneksel toprak örnekleme yöntemlerinin, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesinde yeterli olamadığını belirtmiş, bilgisayar, GPS ve sensör teknolojilerindeki son gelişmelerin, toprak özelliklerinin belirlenmesi için fırsatlar sunduğunu belirterek elektriksel iletkenlik (EC) haritaları ile toprak özellikleri arasında ilişki kurmuşlardır. Bu çalışma, 250 hektarlık bir arazide ve 8

tarlada; buğday, mısır ve darı ekilen yerlerde, 0-7,5 cm ile 7,5-30 cm arasında örnek alınarak yapılmıştır. Ve toprak özellikleri 4 farklı sınıfa ayrılmıştır. Bunlar fiziksel özellikler, kimyasal özellikler, biyolojik özellikler ve yüzey kalıntılarıdır. Hacimsel yoğunluk, kil ve pH değerlerinin, EC değerleri ile pozitif yönde ilişkisi olduğu belirlenmiş, bunun yanında diğer toprak özellikleri ve yüzeysel kalıntılarının, negatif yönde ilişkisi olduğu belirlenmiştir.

Hartsock vd. (2001), halihazırda bulunan ticari EC sensörlerinin, arazinin hızlı bir şekilde EC haritasının çıkarılmasını sağladığını belirtmişlerdir. Fakat ne var ki bu konuda çok az yayınlanmış makale bulunmaktadır. Bu araştırma Veris 3100 EC sensörü ile bir yıl boyunca Kentucky'nin Pennyroyal ve Bluegrass bölgelerinde yapılmıştır. Her bir araziden toprak verimliliği ölçümleri (pH, BpH, P, K, Ca, Mg ve organik karbon), toprak yüzey nemi, toprak yüzey sıcaklığı, toprak üst katman kalınlığı ölçümleri alınmıştır. EC'nin, Ca (r^2=0.59; Shelby Co.), Mg (r^2=0.56; Shelby Co.) ve toprak nemi (r^2=0.72) ile pozitif yönde ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında kil içeriğindeki artış ile negatif yönde ilişkisi olduğu belirlenmiştir. (r^2=0.38, Hardin Co.; r^2=0.27, r^2=0.66 Shelby Co.).

Petersen (2001), elektromanyetik indüksiyon (EMI) yöntemlerinin oldukça ucuz, hızlı bir ölçme ve değerlendirme yöntemi olduğunu belirtmiştir. Toprak tuzluluğunun belirlenmesi amacı ile EM38 ve GEM300 sensörleri ile iki çalışma yapmıştır. Bir çalışma 54 hektarlık bir arazide iki sensörün karşılaştırılması amacı ile diğer çalışma ise 323 hektarlık bir arazide yalnızca EM38 sensörü ile yapılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen veriler çeşitli yazılımlar yardımı ile haritalara dönüştürülmüştür. Bu iki sensörün ölçümleri arasındaki ilişki katsayısı 0.8039 ile 0.8617 arasında değişmektedir. Fakat GEM300 sensörünün tahminlerinin EM38 sensörü ile karşılaştırıldığında doğruluğunun daha az olduğu belirlenmiştir.

Weiterman (2002), 2001 ilkbaharında 1998 sonbaharında ve 1999 ilkbaharında EM38 sensörü ile araştırmalar yapmıştır. Yapılan bu araştırmaların amacı toprak tuzluluğuna ilişkin haritaların elde edilmesidir. Tarladaki küçük bir alanda tuzluluğun meydana geldiği belirlenmiştir. 14000 den fazla EM38 tuzluluk okumaları alınmış ve haritalar

elde edilmiştir. 2001 yılında yapılan ölçümlerin EC ile olan ilişkisinin daha az olduğu belirlenmiştir.

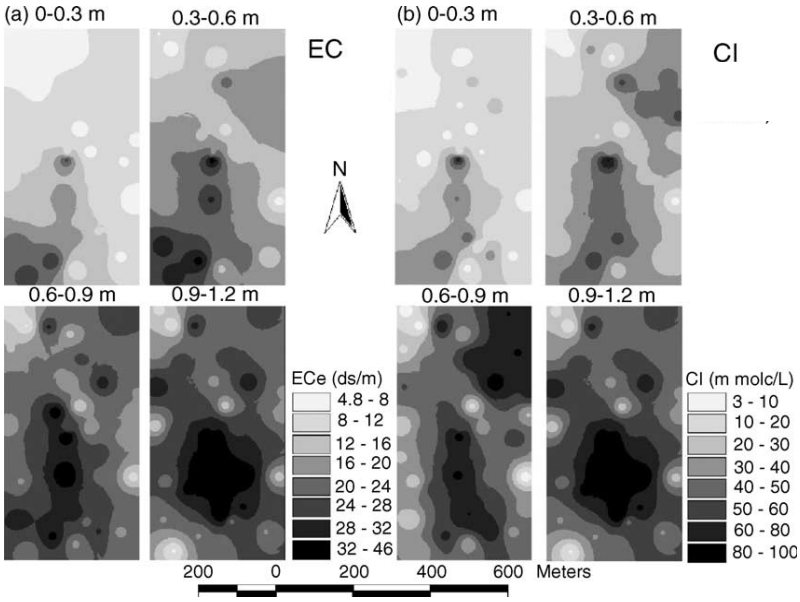
Lahoche vd. (2002), yaptıkları çalışma, toprağa temas etmeden kullanılan ve toprağın yapısını bozmayan elektriksel iletkenlik ölçüm cihazları ile ilgilidir. Bunlardan birincisi EM38 sensörü, diğeri ise MUCEP adı verilen ve 50 cm, 100 cm ve 150 cm derinlikten EC değeri ölçebilen bir cihazdır. Her iki cihaz ile toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri tahmin edilebilmektedir. Her iki cihazla da yapılan çalışmalar değerlendirilmiş ve ölçüm sonuçlarının doğruluğu belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışma sonucunda bazı önemli sonuçlar elde edilmiştir. İki farklı deneme alanında yapılan çalışmalarda, EM38 ve MUCEP sensörlerinin birbirlerine yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Ancak ikinci araziden elde edilen sonuçlarda MUCEP adlı cihazın, toprağın çok kuru olduğu koşullarda ölçüm değerleri elde etmede zorlandığı gözlenmiştir. EM38 sensörü ise her iki arazide de ve kuru ortamlarda bile iyi bir hassasiyet gösterdiği saptanmıştır. pH ve MgO gibi toprak özelliklerinin tahmini açısından iyi bir sonuç elde edilmiştir. Tahmin edilen değerler ve test verilerinin arasındaki ilişki katsayısı 0.7 ile 0.9 arasında değişmektedir.

Sudduth vd. (2003), ticari olarak mevcut olan EC sensörlerinin etkili ve az masraflı olarak toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tahmininde kullanılabildiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada toprağa temas etmeden kullanılan EC sensörleri EM38 ve Veris 3100 sensörlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Illinois'de iki arazide; Argiudoll ve Endoaquoll, iki tane arazide Missouri Aqualfs'ta olmak üzere çalışmalar yapılmıştır. Her bir araziden 12 ile 21 örnekleme konumundan ve 120 cm derinliğe kadar mesafeden ölçümler alınmıştır. 100 cm derinliğe kadar olan kısımda ilişki katsayıları 0.74 ile 0.88 arasında bulunmuştur. Elden edilen en yüksek ilişki değerleri de bunlardır. İki sensör arasındaki farklılıklar genellikle Missouri'de elde edilmiştir. Kil içeriği ve pozitif yüklü iyonların EC ile ilişkisi genellikle yüksek ve tutarlı olduğu saptanmıştır. Ayrıca Missouri'de silt ve karbon içeriği ile EC arasındaki ilişkinin de yüksek olduğu belirlenmiştir.

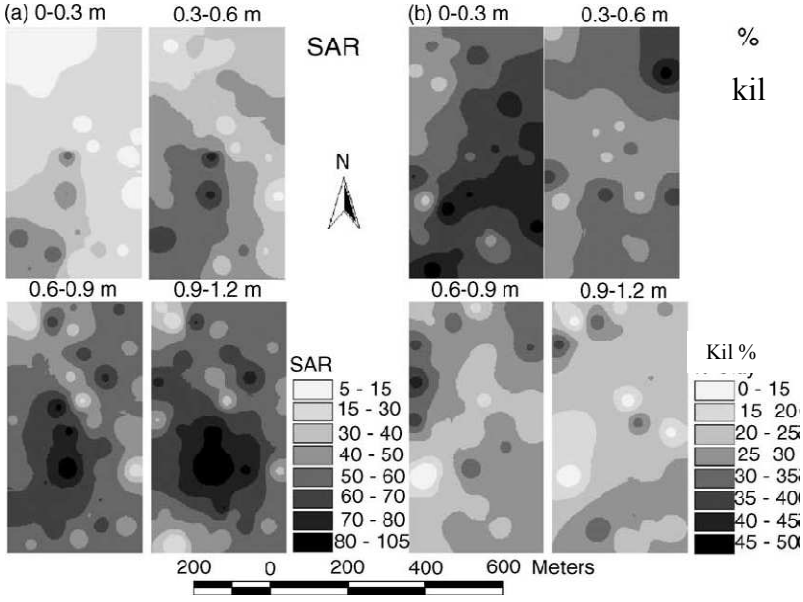
Farahani vd. (2005), yaptıkları çalışmadaki amaç, temel toprak özellikleri ile buna bağlı olarak değişen EC değerlerinin değerlendirilmesidir. Doğu Kolorado'da 1998 ile 2003 yılları arasında 3 tarlada yapılan çalışma sonuçlarına göre toprak su içeriği, kil, katyon değişim kapasitesi ve organik madde miktarı ile EC değerleri arasında kuvvetli ilişkilerin olduğu tespit edilmiştir.

MD Bilal Hossain (2008), bitki kök bölgesinde bulunan toprak nem içeriğinin mekansal olarak ve miktar olarak sürekli farklılıklar gösterdiğini belirtmiştir. Bu bölgedeki nem, bitki gelişimi ve sağlığı açısından çok önemlidir. Bitkiden en iyi şekilde faydalanabilmek için bu değişiklikleri ve dağılımı anlamamız gerektiğini belirtmiştir. EM38 sensörü, toprak nemi de dahil olmak üzere toprak özelliklerini tahmin etmek amacı ile kullanılmıştır. Bu nedenle EC değerleri, tarımsal arazilerin yönetimi amacı ile haritalara dönüştürülerek kullanılabildiği belirtilmiştir. Bu çalışma etrafı çevrili bir çayırda yapılmıştır ve üç ana bileşenden oluşmaktadır. Birincisi; iki geleneksel toprak nem sondasının değerlendirilmesi, ikincisi; toprak neminin dikey dağılımı ile olan ilişkisi, üçüncüsü ise; EM38 sensörü ile toprak nemi dağılımı araştırmasının değerlendirilmesidir.

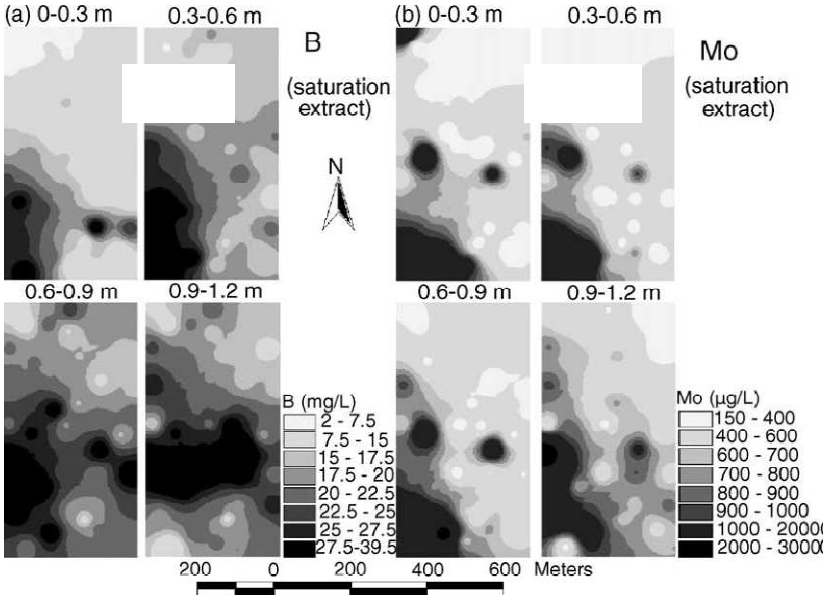
Kaliforniya'nın batı yakasında San Joaquin vadisinde 32,4 hektarlık bir arazide Corwin ve Lesch (2005) tarafından yapılan çalışma sonucunda EC ile fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin ilişkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar şunlardır.



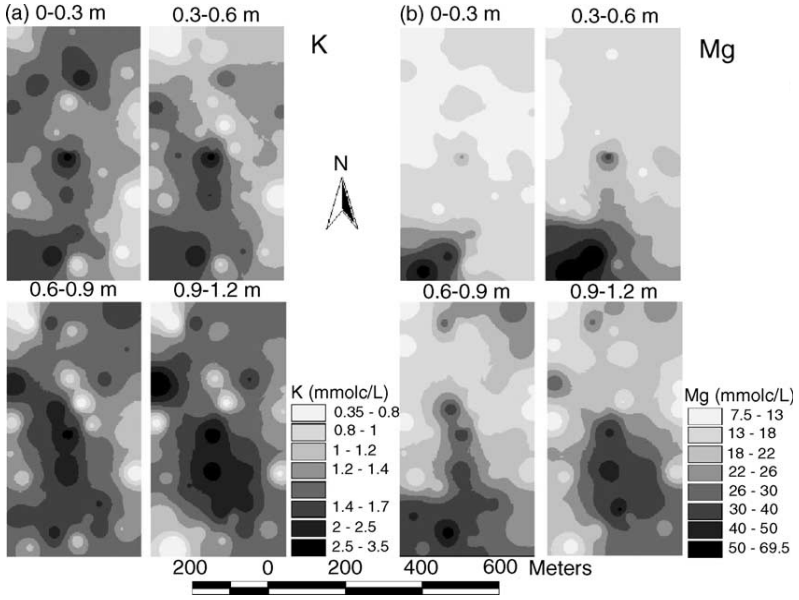
Şekil 1.1 Aynı arazide yapılan çalışmada EC ve Cl değerlerinin farklı derinliklerden alınan ölçüm sonuçlarına göre yapılmış olan haritalar (Corwin ve Lesch 2005)



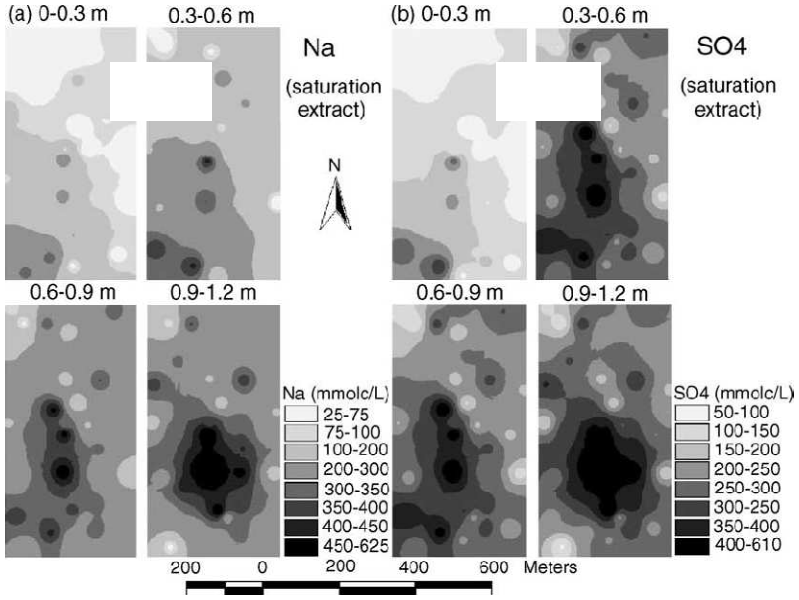
Şekil 1.2 Aynı arazide yapılan çalışmada SAR ve kil değerlerinin farklı derinliklerden alınan ölçüm sonuçlarına göre yapılmış olan haritalar (Corwin ve Lesch 2005)



Şekil 1.3 Aynı arazide yapılan çalışmada B ve Mo değerlerinin farklı derinliklerden alınan ölçüm sonuçlarına göre yapılmış olan haritalar (Corwin ve Lesch 2005)



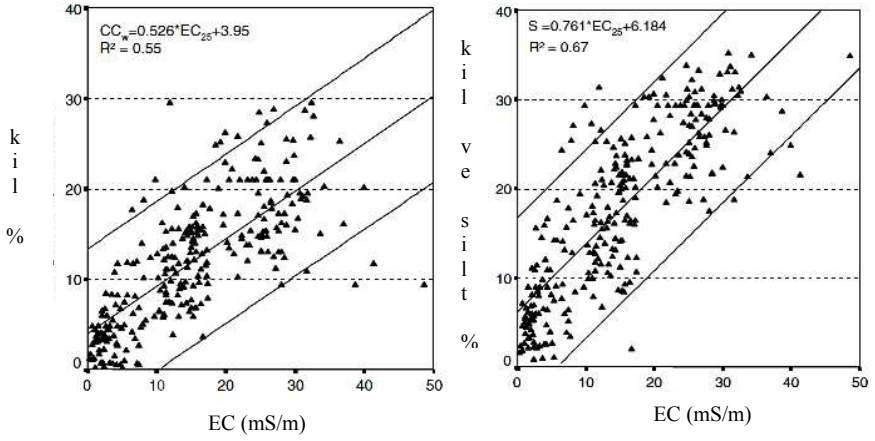
Şekil 1.4 Aynı arazide yapılan çalışmada K ve Mg değerlerinin farklı derinliklerden alınan ölçüm sonuçlarına göre yapılmış olan haritalar (Corwin ve Lesch 2005)



Şekil 1.5 Aynı arazide yapılan çalışmada Na ve SO_4 değerlerinin farklı derinliklerden alınan ölçüm sonuçlarına göre yapılmış olan haritalar (Corwin ve Lesch 2005)

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre elde edilen ilişki değerleri şu şekildedir, EC ile Cl arasındaki ilişki değeri 0.84 olarak bulunmuştur. EC ve sodyum bağlanma oranı (SAR) arasındaki ilişki değeri 0.97 olarak bulunmuştur. B ile Mo arasındaki ilişki değeri 0.61 olarak bulunmuştur. K, Mg, Na ve SO_4'ün EC ile olan ilişki değerleri sırasıyla 0.90, 0.74, 0.99 ve 0.98 olarak bulunmuştur. Na, K, Mg'nin SAR ile olan ilişki değerleri 0.7'nin üstünde bulunmuştur. Ph, B ve katyon değişim kapasitesinin (CEC) ilişki değerleri ise 0.05'e eşit ve düşük olarak bulunmuştur. Na ile EC arasında ise makul bir ilişki tespit edilmiştir.

Bir başka çalışma Domsch ve Giebel (2004) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada 25°C toprak sıcaklığında toprağın tekstürel yapısının haritasını elde etmiştir. Bu çalışma, Almanya Brandenburg'da 1,35 milyon hektarlık bir arazide yapılmıştır ve 413 toprak profilinin var olduğunu belirlenmiştir. EM38 sensörü ile belirlenen koşullarda EC değerleri ölçülmüştür. Mevcut kil içeriği ile EC arasındaki ilişki katsayısı 0.55'tir. Mevcut silt içeriği ile ilgili ilişki katsayısı 0.67 olarak bulunmuştur. Bunun anlamı silt içeriği EC değerlerini etkilemektedir.



Şekil 1.6 Sırasıyla aynı arazide bulunan kil içeriği ile kil ve silt içeriğinin EC ile olan ilişkisi (Domsch ve Giebel 2004)

Farahani vd. (2005) tarafından yapılan çalışmadaki amaç, temel toprak özellikleri ile buna bağlı olarak değişen EC değerlerinin değerlendirilmesidir. Doğu Kolorado'da 1998 ile 2003 yılları arasında 3 tarlada yapılan çalışma sonuçlarına göre elde edilen sonuçlar şu şekildedir.

Çizelge 1.1 Doğu Kolorado'da yapılan çalışmaya ilişkin EC ile toprak özellikleri arasında ilişki tablosu (Farahani vd. 2005)

	Wiggins1		Wiggins2		Yuma	
Toprak özellikleri	30 cm EC	90 cm EC	30 cm EC	90 cm EC	30 cm EC	90 cm EC
Kum (%)	0.96	-0.95	-0.84	-0.90	-0.76	-0.90
Silt (%)	0.82	0.91	0.67	0.80	0.68	0.84
Kil (%)	0.96	0.94	0.89	0.94	0.82	0.93
Hacim ağırlığı (gr/cm^3)	-0.13	-0.53	-0.34	-0.52	---	---
Organik materyal (g/g %)	0.92	0.92	0.75	0.79	0.80	0.89
Ca^{+2} (meq/ L)	0.85	0.92	0.94	0.88	0.82	0.82
Mg^{+2} (meq/ L)	0.91	0.94	0.93	0.87	0.58	0.75
K^{+1} (meq/L)	0.80	0.76	0.73	0.75	0.67	0.86
Na^{+1} (meq/L)	0.65	0.87	0.62	0.79	0.58	0.26
CEC (meq100/g)	0.86	0.93	0.94	0.88	0.87	0.87
pH	-0.81	-0.76	-0.48	-0.48	0.50	0.23
Eriyebilir tuz ($EC_{1:1}$, mS/m)	0.86	0.95	0.24	0.66	0.86	0.78

Sudduth vd. (2003), Missouri ve Illinois bölgelerinde iki farklı EC ölçüm sistemini karşılaştıran bir araştırma yapmışlardır. Bu bölgelerde iki farklı ölçüm yapılmıştır ve farklı değerler elde edilmiştir. Bunlardan birincisi EM38 sensörü, bir diğeri ise Veris 3100 sensörü ile elde edilen ölçüm değerleridir. Bu ölçümler sonucunda bazı benzerlikler ve bazı farklılıklar elde edilmiştir.

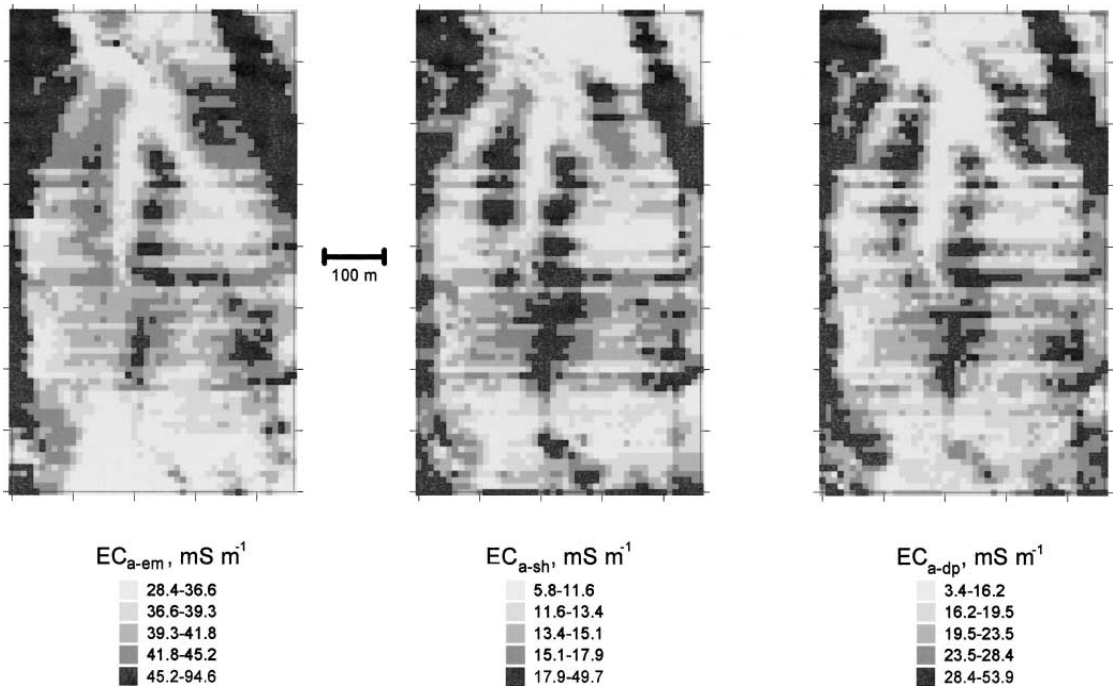
Ölçüm sonuçlarına göre EM38 ile Veris 3100 sensörlerinin derin moda (deep) yaptığı ölçümler, benzerlikler açısından en yakın değerleri göstermiştir. Bu ölçümlerdeki ilişki katsayıları 0.74 ile 0.88 arasındadır. En düşük ilişki katsayısı değerleri ise EM38 sensörü ile Veris 3100 sensörünün sığ modda (shallow) yapılan ölçümleridir. Bu farklılıkların sebebi toprakta bulunan killi toprak katmanının kil içeriğinin ve CEC'in değişiklik göstermesidir.

Genel olarak EC ile kil içeriği ve CEC arasındaki ilişki katsayısı değerleri yüksek ve tutarlı bulunmuştur. Ayrıca Missouri'de yapılan çalışmada, silt ve kum içeriği ile EC değerleri arasında da kayda değer bir ilişki bulunmuştur.

Toprak üst katmanındaki kil, silt ve CEC değerleri, Veris 3100 sensörü ile uygun bir şekilde tahmin edilebilmiştir. Ancak ortalama kil ve silt içeriği değerleri daha az doğruluk derecesi ile sonuç vermiştir.

Toprak üst katmanındaki organik karbon ve toprak nem değerleri de aynı şekilde, doğruluk derecesi iyi bir şekilde tahmin edilmiştir. Ancak ortalama değerler yine daha az doğruluk derecesi ile sonuç vermiştir.

Bundan dolayı her iki modda da çalışma yapmak doğru olmaktadır. Bu çalışma şunu göstermektedir ki iki sensör ile ölçüm değerlerinin arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. EM38 sensörü ile Veris 3100 sensörünün derin (deep) modda yapılan ölçümlerinde, birbirlerine daha yakın değerler göstermektedir.



Şekil 1.7 EM-38 sensörü ile Veris 3100 sensörünün ölçüm değerleri, sırasıyla EM38, Veris 3100 sığ (shallow) mod, Veris 3100 derin (deep) mod (Sudduth vd. 2003)

Bu araştırma sonucuyla ilgili olarak uzaktan algılama yöntemi ile çalışan ve ticari olarak yaygın kullanım alanı bulan 2 sensör modelinden biri olan ve EMI yöntemi ile çalışan EM38 ile disk şeklinde elektrotlar yardımı ile topraktan EC değeri ölçen iki sensör modelinin farklarını şu şekilde sıralayabiliriz:

1- EM38 sensörleri 150 cm derinliğe kadar, Veris 3100 sensörleri ise 90 cm derinliğe kadar mesafede veri toplayabilmektedirler.

2- EM38 sensörlerinin uzunluğu yaklaşık 1 metre ve ağırlığının elle taşınmaya uygun olması sebebiyle daha kullanışlıdır.

3- EM38 sensörleri elle taşınmayı mümkün kıldığı için daha kolay ve hızlı bir şekilde veri toplanabilmektedir.

4- EM38 sensörlerinin okumaları, metal malzemelerden etkilendiği için ahşap bir taşıyıcı çatı üzerinde çekilebilir ancak Veris 3100 modeli için böyle bir durum söz

konusu değildir.

5- Veris 3100 sensörlerinin topladığı veri yoğunluğu operatör tarafından tarlada çekicinin hızı düşürülerek ya da arttırılarak ayarlanabilmektedir.

6- EM38 ve Veris 3100 sensörlerinin elde ettiği veriler birbirilerine çok yakındır ancak bazı uygulamalarda mutlaka farklılıklarla karşılaşılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı araziden elde edilen EC değerleri ile aynı araziden elde edilen bazı toprak özelliklerinin arasındaki ilişkilerin araştırılmasıdır. Bunun için izlenen yol kısaca şu şekilde sıralanabilir:

1- Çalışma için Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde 7 çeşit elmaya ait deneme bahçesi seçilmiştir.

2- Bahçede EM38 sensörü ve penetrometre ile gerekli veriler toplanmış ve aynı bahçeden toprak numuneleri alınarak laboratuarda analizi gerçekleştirilmiştir.

3- Elde edilen veriler GIS tabanlı yazılımlarda haritalara dönüştürülmüştür ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Toprağın Elektriksel İletkenliğinin ölçülmesi

Elektriksel iletkenlik, birim metre başına miliSiemens (mS/m) olarak ifade edilmektedir. Toprağın elektriksel iletkenliği toprakta bulunan materyallerin elektrik akımını iletme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Bu birim standart toprak iletkenlik ölçüm birimdir. Siemen; mS/m olarak ifade edilen değer materyallerin hacimlerinden bağımsız, yoğunluğuna bağlı iletkenlik ölçümlerini verir.

$$EC_a = a \times \sigma_w \times \varphi^m \text{ (Archie 1942)} \quad (2.1)$$

a: sabit (2.2)

$\sigma_{w:}$ toprak özelliklerinin elektriksel iletkenliği (dS/m) (2.3)

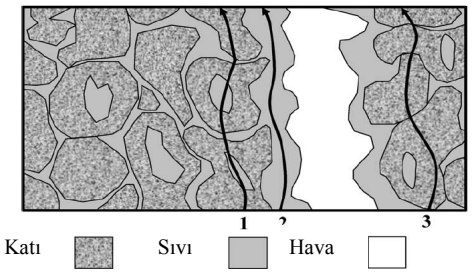
φ: gözeneklilik (m^3/ m^3) (2.4)

m: gözeneklilik katsayısı (2.5)

2.2 Toprakta Elektrik Akımı İletim Yolları

Toprakta elektrik akımı iletimi üç farklı yolla gerçekleşmektedir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir (Corwin ve Lesch 2005):

1. Katı–Sıvı: Toprak partikülleri ve gözeneklerinin toprak suyuyla dolması ile,
2. Sıvı: Toprak suyu ile,
3. Katı: Direk toprak partikülleri aracılığı ile gerçekleşmektedir.



Şekil 2.1 Toprakta elektrik akımı iletim yolları (Corwin ve Lesch 2005)

Toprak parçacıkları çok düşük elektriksel iletkenlik değerine sahiptir ancak topraktaki kil içeriği arttıkça elektriksel iletkenlik değeri de artmaktadır. Ayrıca yüksek gözenek sayısına sahip topraklarda da gözeneklerin suyla dolması neticesinde elektriksel iletkenlik değeri artmaktadır. Toprakta bulunan gözenekleri dolduran sudaki erimiş tuz miktarı da elektriksel iletkenlik değerini arttıran diğer faktörlerden biridir (Corwin ve Lesch 2005).

2.3 Toprağın Elektriksel İletkenliğini Etkileyen Faktörler

Elektriksel iletkenlik değerini arttıran faktörler şu şekilde sıralanabilir (McNeill 1980):

a) Toprak gözeneklerinin ilişkisi
b) Toprak nemi
c) Tuz içeriği
d) Pozitif yüklü iyonların kapasitesi
e) Algılama derinliği
f) Sıcaklık

a) Toprak gözeneklerinin ilişkisi: Yüksek oranda gözeneğe sahip toprakların gözeneklerinin suyla dolması sonucu elektriksel iletkenlik değeri artmaktadır. Killi topraklar kumlu topraklarla kıyaslandığında daha yüksek oranda gözeneğe sahip olmasından dolayı elektriği daha iyi iletir. Toprak sıkışıklığı da elektriksel iletkenlik değerini arttırmaktadır.

b) Toprak nemi: Elektriksel iletkenliği pozitif yönde etkileyen faktörlerden birisidir. Bunun sebebi toprak suyu içinde çözünmüş pozitif yüklü iyonların bulunmasıdır.

c) Tuz içeriği: Yüksek miktarda toprak tuzu içeriği elektriksel iletkenlik değerini arttırmaktadır. Her ne kadar mevcut tuz içeriği elektriksel iletkenlik değerini çok az bir şekilde etkilese de tarlanın ya da arazinin belirli bölgelerinde çok etkili olabilmektedir. (Hindický 2007).

d) Pozitif yüklü iyonların kapasitesi: Toprak suyunda bulunan pozitif yüklü iyonların mevcudiyeti (Ca, Mg, K, Na, NH_4 veya H) elektriksel iletkenliği arttırmaktadır.

e) Algılama derinliği: Elektriksel iletkenlik ölçme yöntemleri içinde ölçüm hassasiyeti, direkt veya direkt olmayan yöntemler olsun, toprak derinliği arttıkça azalmaktadır. Toprak üst katmanının elektriksel iletkenlik değeri her zaman daha doğru şekilde tahmin edilebilmektedir.

f) Sıcaklık: Toprak sıcaklığının düşmesi elektriksel iletkenliği az da olsa etkilemektedir. Ancak toprak sıcaklığı donma noktasının altına düştüğünde ise elektriksel iletkenlik olumsuz yönde çok ciddi şekilde etkilenmektedir. Toprak gözeneklerinde bulunan suyun donması ile toprak gözenekleri birer yalıtkan malzeme halini almaktadırlar.

2.4 Toprağın Elektriksel İletkenliğini Ölçme Yöntemleri

a) Toprak saturasyon çamuru ekstraktının elektriksel iletkenliğinin ölçülmesi ile
b) Toprak suyu örneğinden elektriksel iletkenlik ölçümü ile
c) EC değeri, arazide, ya toprağa yerleştirilen elektrotlar yardımıyla ya da elektromanyetik dalgalar yayan cihazlar yardımı ile uzaktan algılamayla yoluyla ölçülebilmektedir.

2.5 Toprağın pH Düzeyi ve Bitki Besin Elementleri ile Bunların Belirlenmesi

Hassas uygulamalı tarımın ticari uygulaması, verim görüntüleme ve değişken düzeyli gübreleme üzerinde yoğunluk kazanmıştır. Verim görüntüleme sistemlerinin ticari hale gelip yaygın bir şekilde kullanılmasına karşılık (özellikle biçerdöverlerle hasatta), toprak bitki besin elementleri ve pH ölçümünde kullanılan algılayıcıların çoğunluğu henüz geliştirilme aşamasındadır. (Vatandaş vd. 2005).

Harita esaslı değişken düzeyli uygulamada, toprak örnekleri toprak analiz laboratuarına götürülmekte ve bitki besin elementleri ile pH analizi yapılmaktadır. Elde edilen verilerden, pH ve bitki besin elementleri için haritalar oluşturulmaktadır. Bu haritaların

GIS kullanılarak analizleri yapılmakta ve uygulama haritaları elde edilmektedir. Harita esaslı sistemin tersine algılayıcı esaslı sistemlerde ise değişken (pH veya bitki besin elementi) anında ölçülmekte ve ölçülen değere göre eş zamanlı olarak değişken oranlı gübre ya da kireç uygulaması yapılabilmektedir. Uygun algılayıcıların geliştirilmesine yönelik çalışmaların büyük bir kısmı, toprakta azot (N) düzeyinin belirlenmesi üzerine yoğunlaşmaktadır. Bunun en önemli nedeni ise topraktaki azotun yağış ve sulama suyuyla taşınabilir özellik göstermesi ve kullanılamadan yıkanan azotun yeraltı veya yüzey sularını kirletmesidir. Diğer bir neden ise azotlu gübrelerin uygulanmasından hemen önce toprağın azot miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun anında gerçekleştirilebilmesi amacıyla geliştirilen algılayıcı, üründen yansıyan ışığı algılamakta ve kalibre edilmiş değerlerden optimum azot miktarını belirlemektedir. Işık yansıma değerinden ürünün gereksinimi olan azot miktarı belirlenerek, değişken oranlı azot uygulaması eş zamanlı olarak yapılabilmektedir (Vatandaş vd. 2005).

2.6 Toprağın Nem İçeriğinin Algılanması

Hassas tarımda değişken düzeyli nem kontrolünde kullanılabilecek bir algılayıcının sürekli ölçüm yapma özelliğinde olması gerekmektedir. Nem içeriğinin belirlenmesinde kullanılan teknikler,

-Toprağa temas ederek çalışan (yakın kızılötesi ışık yansıtmalı veya mikrodalga esaslı)
-Temas etmeden çalışan (elektriksel direnç veya kapasite ölçme esaslı) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar (Vatandaş vd. 2005).

2.7 Toprak Sıkışmasının Ölçülmesi

Toprak sıkışmasının ölçülmesinde penetrometreler kullanılmaktadır. Son yıllarda toprak sıkışmasının sürekli olarak ölçülmesinde kullanılabilecek (yatay) penetrometreler de geliştirilmiştir. Bu penetrometre kullanılarak farklı derinliklerden sürekli okuma yapılabilmektedir. Bu tip bir penetrometrenin ana elemanlarını; çatı, penetrasyon kuvveti algılayıcısı, hız kontrolü ve derinlik algılayıcısı oluşturmaktadır (Vatandaş vd. 2005).

Bu sistemde penetrasyon kuvveti, hız ve derinlik bilgileri ölçülerek bilgisayara aktarılmaktadır. Daha sonra bu veriler kullanılarak toprak sıkışması üç farklı derinlikte haritalandırılmaktadır. Penetrasyon direnci haritaları yardımıyla tarlanın hangi bölgelerine ne kadar derinlikte toprak işleme yapılması gerektiği belirlenebilmektedir. Bu tip bir haritada koyu renkli olan bölgeler toprak sıkışmasının yüksek olduğunu gösteren kısımlardır. Sadece sıkışmanın fazla olduğu bölgeye derin toprak işleme yapılmasıyla, tüm tarlanın derinden işlenmesinin önüne geçilmiş olmaktadır. Böylelikle daha az enerji harcandığı gibi, sadece belirli bir bölgenin işlenmesiyle yeniden toprak sıkışmasına meydan verilmemiş olmaktadır. Hassas uygulamalı tarımda, toprak koşullarına göre işleme yapılmasının en önemli yolu, toprak işleme derinliğinin ve yapılan işlemin niteliğinin kontrol edilmesidir (Vatandaş vd. 2005).

2.8 Toprak Özellikleri

2.8.1 Toprağın fiziksel özellikleri

a) Toprak tekstürü
b) Toprak strüktürü
c) Porozite
d) Toprağın rengi
e) Toprağın sıcaklığı
f) Toprak havası
g) Toprak suyu

a) Toprak tekstürü:

Toprakta bulunan kum, kil ve silt'in birbirlerine göre nisbi oranlarını ifade eder. Yani bir toprağın ne kadar kum, kil ve silt ihtiva ettiğini gösterir. Diğer bir ifadeyle toprağın tekstürü o toprağı meydana getiren taneciklerin nisbi oranlarını içerir (Oğuz 2008).

Tekstür sınıfına göre bazı toprak çeşitleri:

Kumlu topraklar: Kaba yapılı olup % 85'den fazla kum ihtiva ederler. Bu toprakların kil ve organik madde miktarı çok düşük olduğundan su tutma kapasiteleri düşüktür. Bitki besin maddesi bakımından verimsiz ve fakirlerdir. Bu toprakları verimli hale getirmek için önemli miktarda kil ve çiftlik gübresi karıştırılır (Oğuz 2008).

Siltli Topraklar: % 80'den fazla silt ve %12'den az kil ihtiva ederler. Bu toprakların su tutma kapasiteleri ve su geçirgenlikleri orta derecedir. Genelde verimsiz topraklardır (Oğuz 2008). Killi Topraklar: % 40'dan fazla kil % 45'den az kum ve % 40'dan aşağı mil ihtiva eden topraklardır. Bunların kil miktarı % 60-70'i bulur. (Oğuz 2008).

Killi toprakların su tutma kapasiteleri çok yüksektir. Bu topraklar aşırı sulandığında ve yağış suları ile sulandığında içerisinde çok yüksek oranda su depo ettiğinden çabuk balçıklaşırlar. Bu özellik bitki açısından arzu edilen bir durum değildir. Çünkü balçıklaşan Topraklarda gözeneklerin büyük bir kısmı hava yerine su ile doldurulmuştur. Böyle bir toprakta bitki kökleri havasızlıktan çürür ve ölür. Aynı toprak aniden kuruduğu zaman ise toprak sertleşir ve sıkışır. Bu durumda bitki açısından arzu edilmez. Çünkü toprak sıkışınca bitkinin kök boğazını sıkar. Bitkini gelişimini olumsuz yönde etkiler. Kil kapsamları çok yüksek olan killi topraklar su tutma, kalsiyum, magnezyum, fosfor, Amonyum gibi bitki besin öz elementleri depo etme kapasitesi yüksek olmasına rağmen genelde verimli değildirler (Oğuz 2008).

Tınlı Topraklar: İçerisinde yaklaşık olarak eşit miktarlarda kum, kil ve silt ihtiva eden topraklara tınlı toprak denir. Zirai açıdan ve bitki gelişmesi açısından en uygun fiziksel özelliklere sahiptir. Bu toprağın su tutma kapasitesi, havalanması, strüktürü, gözenek yapısı ve su hava dengesi, bitki gelişmesi açısından optimum (toprak çeşidi) durumundadır. Aşırı ıslandıklarında balçıklaşmazlar. Aniden kuruduklarında sertleşmezler. Daha kolay tava gelirler. Sürümleri ve işlemleri esnasında pulluğa ve diğer işleme aletlerine yapışmazlar. Kimyasal yapısında iyi olduğu takdirde, yeterli düzeyde bitki besin maddesi ihtiva ettiği takdirde mahsüldarlık kapasitesi çok yüksek topraklardır (Oğuz 2008).

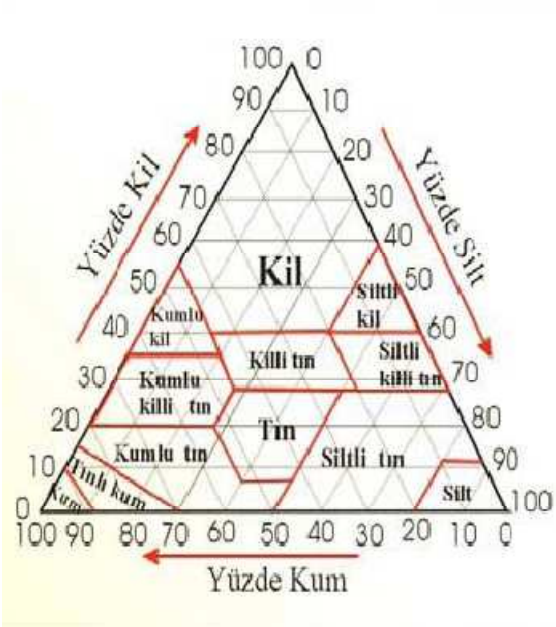
Yukarıda sayılan 4 önemli tekstür sınıfının dışında içerisinde nispi olarak daha fazla

ihtiva ettikleri fraksiyon miktarına göre kumlu kil, siltli tın, kumlu killi tın, siltli kil vb. gibi isimler alırlar.

Ağır topraklar: Kil yüzdesi fazla işlenmesi sırasında tarım alet ve makinalarına fazla direnç gösteren ve rutubet yönünden tava gelmesi güç topraklardır. Bu topraklar ani ıslanma ile balçıklaşırlar. Sürüm aletlerine ve traktör lastiğine yapışırlar (Oğuz 2008).

Hafif topraklar: Kum miktarı fazla su tutamayan tava gelmeleri ve sürümü kolay olan topraklardır. Özellikle yumrulu bitkilerin yetişmesi için uygun topraklardır (Oğuz 2008).

Toprak Tavı: Herhangi bir toprağın sürülmeye ve işlenmeye toprak rutubeti bakımından en uygun olduğu durum demektir (Oğuz 2008).



Şekil 2.2 Toprak yapı üçgeni (Oğuz 2008)

b) Toprak Strüktürü: Herhangi bir toprağın strüktürü demek o toprağın yapısı demektir. İki başlık altında incelenebilir:

Primer Toprak Tanecikleri (Teksel Strüktürü): Böyle bir strüktürün normal bir agragasyonu yoktur. Kum, kil, silt gibi primer toprak tanecikleri bağımsız halde birbirine bağlanmaksızın toprak içerisinde yer alır (Oğuz 2008).

Sekonder Toprak Tanecikleri: Agragat (mikro ve makro kümeler) primer toprak tanecikleri kum, kil ve siltin, çeşitli bağlayıcı özellikler (fiziksel, kimyasal) ve maddelerin humus, kil, su katyonları etkisiyle bir araya gelerek mikro ve makro agragatları oluştururlar. İşte bu agragatlara sekonder tanecikler denir (Oğuz 2008).

Porozite: Agragatlaşmanın ve strüktür gelişiminin fazla olduğu topraklarda mikro ve makrolar nisbi olarak fazla olacağından bu topraklarda porozite fazladır (Oğuz 2008).

g) Toprak suyu:

Kristal su: Toprakta minerallerin yapısına giren sudur. Örneğin bir çeşit kayaç olan Jipsin ($CaSO_4$) yapısında $7H_2O$ bulunur. Bu sudan bitki kesinlikle yararlanamaz. Limonitin (Fe_2O_3) yapısında 3 mol kristal su ($3H_2O$) vardır (Oğuz 2008).

Higroskopik su: Toprak taneciklerinin 11-31 atmosferlik bir emiş kuvveti ile bağlanmış sudur. Bitkiler bu sudan da yaralanamazlar. Genellikle bu su toprağın en küçük mikroporları içerisinde tutulurlar. Herhangi bir toprak havada iyice kurutulduğunda içinde çok az miktarda su içeriri ki bu suya higroskopik su denir (Oğuz 2008).

Kapillar su: Toprak içerisinde özellikle makroporların ve kısmen mikroporların üst üste gelmesiyle oluşturduğu kapillar kanalcıklar içerisinde adhezyon ve kohezyon kuvvetlerine bağlı olarak bu borucuklar içinde tutulan sudur. Eğer kapillar içerisinde su varsa adhezyon ve kohezyon kuvvetlerinin toplamı yerçekimi kuvvetinden büyüktür. Kapillar su, topraklarda toprak taneciklerine 1-31 atm kuvvetinde tutunurlar. Toprakta kapillar su, su basıncının az olduğu yerden çok olduğu yere doğru hareket eder. Bu su toprakta dinamik olarak hareket edebilen su olduğundan bu suya toprak çözeltisi de denir. Tüm bitki besin elementleri bu çözelti içinde eriyerek bitkiler kullanırlar (Oğuz 2008).

Fırın Kuru Ağırlık Cinsinden Rutubeti: Herhangi bir toprağın 105 °C de ayarlanmış bir fırında 48 saat kurutulduktan sonra toprak içerisinde geride kalan sudur. Bu su kristal suya tekabül eder ve 10000 atm daha fazla kuvvetle toprağa tutunduğundan bitkiler yararlanamazlar (Oğuz 2008).

Havada Kuru Ağırlık Cinsiden Rutubet: Araziden getirilmiş nemli bir toprak dışarıda açık atmosferde 8 saat süre ile kurutulur. Bu kurutmaya rağmen toprakta hala bir miktar su vardır. Bu suya havada kuru rutubet denir. Esas itibariyle toprağın en küçük mikroporlarında depo edilen suyun bir kısmına tekabül eder (Oğuz 2008).

Solma noktası ve solma yüzdesi: Herhangi bir toprakta su azalması sonucunda toprağın kuruması ile belirlenir. Bir süre sonra bitkiler solmaya başlar. Bu andaki topraktaki mevcut suya daima solma yüzdesi denir. Genellikle solma noktasında sular toprağa 15 atm ve daha fazla bir kuvvetle tutunurlar (Oğuz 2008).

Tarla kapasitesi: Topraklara 1/3 atm ile 15 atm arasında bağlı olan sudur (Oğuz 2008).

2.8.2 Toprağın kimyasal özellikleri

a) Toprağın genel kimyasal özellikleri
b) Toprağın koolloideal franksiyonları
c) Toprak ve reaksiyonu
d) Toprak kireci
e) Değişebilir katyonlar
f) Bitki besin elementleri

Toprakta katyon değişimi: Toprakta kolloidal halde bulunan kil ve organik madde geniş bir yüzeye sahip olduğundan, su ve iyonları bünyelerinde toplamaktadır. Ayrışma esnasında toprak çözeltisi içinde serbest hale geçen Ca, Mg, K, Na, Al, H gibi bitki besin maddeleri olan katyonlar humus ve kil parçacıklarının yüzeyinde tutulmaktadır. Bu olay tek yönlü olarak cereyan etmez. Şöyle ki, kireç bakımından zengin olan nemli bölge topraklarında organik maddenin ayrışması ile CO_2 meydana gelmektedir, buna bağlı olarak toprak çözeltisinde karbonik asit (H_2CO_3) zengin durumdadır. Bu asitteki H iyonu Ca ile yer değiştirme özelliğine sahiptir. Böylece Ca iyonlarının yerine H iyonları geçmektedir. Toprağın yağış sularıyla yıkanması devam ettiği takdirde toprakta H iyonları ile diğer iyonların yer değiştirmesine bağlı olarak H iyonlarının konsantrasyonu artar (http://www.genbilim.com/content/view/2759/84/, 2010).

Toprakta değişebilir anyonlar: Anyonlar kil minerallerinde OH grupları ile yer değiştirmektedir ve bu gruplar montmorillionit kiline nazaran kaolinitte fazla bulunmaktadır. Bundan dolayı kaolinit killerinin baskın olduğu nemli ve kurak bölge topraklarında anyon değiştirmesi daha yüksektir. Bu sahalar fazla yayılış göstermemesine rağmen nemli tropikal bölgelerde fazla ayrışmaya uğramamış bazı topraklarda az miktarda kaolinit bulunmaktadır. Bu topraklar, pozitif yüklenme gösterirler. Özetle, pozitif yükle yüklenmiş kolloidli topraklar; nitrat ve klorit gibi anyonları absorbe ederler, Ca, Mg ve Na gibi katyonlar reddedilmekte ve dolayısıyla bunlar toprak solüsyonunda yıkanmaya karşı çok hassas duruma geçerler ve toprağın baz saturasyonu çok düşer, fosfat ve sülfat iyonları, hidroksillerin (OH) yerine geçer ve yapışık halde sabitleşirler. Bu topraklarda yüksek derecede potasyumu tespit etme kapasitesine sahiptir ve tabi olarak alınabilir fosfor düşük seviyede kalmaktadır (http://www.genbilim.com/content/view/2759/84/, 2010).

Toprak reaksiyonu: Toprak reaksiyonu, toprağın asitliliğini, alkalenliliğini ve nötral durumunu ifade etmektedir. Toprak reaksiyonu, pedojenezin seyrini veya özelliğini aksettirmesi yanında topraktaki bitki besin elementleri hakkında bilgi vermektedir. Şöyle ki, asitliliği fazla olan topraklar nemli iklim şartları altında bulunmaktadır ve aşırı yıkanmaya bağlı olarak da topraktaki bazlar önemli ölçüde uzaklaşmıştır ve bunların yerini H iyonları almıştır. Bunun yanında alkalen topraklar, bitki besin elementleri olan bazların toprakta fazla olduğunu işaret etmektedir (http://www.genbilim.com/content/view/2759/84/, 2010).

Toprak reaksiyonu pH (potansiyel hidrojen) ile ifade edilmektedir. Suda H ve OH iyonları bulunmaktadır. H ve OH iyonları birbirine eşit olduğu takdirde su nötral durumdadır. Yani suyun pH'ı 7'dir (http://www.genbilim.com/content/view/2759/84/, 2010).

Toprak çözeltisinde serbest hidrojen iyonlarının konsantrasyonu hidroksil iyonlarından fazla ise çözelti asittir. Bu durumun tersi olursa çözelti alkalendir. İşte bu durumu belirtmek bakımından pH terimi kullanılmaktadır. pH 7'den küçük ise asit, 7'den fazla ise alkalen, 7 nötr durumu göstermektedir. Başka bir ifade ile hidrojen iyonları arttıkça pH azalmakta, OH iyonları arttıkça pH yükselmektedir (http://www.genbilim.com/content/view/2759/84/, 2010).

Yağışlı bölgelerde, yağış suları vasıtasıyla toprak yıkanmaya başladığı zaman sudaki H katyonları Ca, Mg, K, Na katyonlarının yerine geçer. Bu suretle toprakta bulunan katyonların yerine H'in geçmesiyle toprak asitleşir (http://www.genbilim.com/content/view/2759/84/, 2010).

Toprak reaksiyonunun değişmesinde etkili olan önemli faktörlerin başında CO_2 gelmektedir. Bu gaz su ile birleşerek karbonik asiti oluşturur. CO_2 basıncı ne kadar fazla olursa, topraktaki H konsantrasyonu o nispette artar. Karbonik asit ve onun oluşturduğu bikarbonatlar, nemli bölgelerde toprağın alt katlarına doğru taşınmaktadır. Böylece topraklar asitleşirler (http://www.genbilim.com/content/view/2759/84/, 2010).

Bazların yıkanması özellikle toprakta Ca ve Mg'un eksilmesi, toprak pH'ının düşmesine yol açar. Bu arada organik maddelerin ayrışmasıyla oluşan organik ve inorganik asitler bazların yıkanmasını arttırır. Özellikle vejetasyon devresinde hasıl olan bol miktarda H iyonları topraktaki bazların yerine geçerek bazları serbest bırakır. Bu bazlar ya bitkiler tarafında alınır ya da taban suyu ile uzaklaşırlar. Bu durum da toprağın asitleşmesine sebep olur. Nemli bölgelerde çayır örtüsü de toprağın fazla asitleşmesini sağlayan bir faktördür (http://www.genbilim.com/content/view/2759/84/, 2010).

Kurak bölgelere gelince yağış topraktaki bazları yıkamaya kafi gelmediğinden toprağın bazlarla olan doygunluğu yüksektir ve toprak nötr ve daha çok alkalen reaksiyon gösterir. Demek ki, toprak asitliliğinin artmasında iklim ana faktördür. Yağışlı iklim şartlarında toprak yıkanmakta bu esnada H iyonları, Na, Ca, Mg, K gibi katyonların yerine geçmektedir. Ayrıca nemli bölgelerde vejetasyon örtüsünün gür olması bir taraftan organik maddelerin artmasına ve diğer taraftan da organik maddelerin ayrışmasıyla hasıl olan CO_2 ve diğer organik asitler toprağın asitleşmesine yardımcı olur. Kurak bölgelerde ise bu durumun hemen hemen tersi cereyan ettiğinden, topraktaki bazların yıkanması son derece sınırlıdır, bu yüzden kurak bölge toprakları genellikle alkalen reaksiyon göstermektedir (http://www.genbilim.com/content/view/2759/84/, 2010).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışmanın yapıldığı arazi

Tez konusu olan çalışmam; Ankara ilinin Haymana ilçesinin İkizce köyünde bulunan Ankara Üniversitesi Haymana Araştırma ve Uygulama çiftliğinde yapılmıştır. Çalışma, çiftlikte bulunan 7 çeşit elma türüne ait bahçede yaklaşık 5 dekarlık bir arazide gerçekleştirilmiştir. Arazi 7 çeşit elma türünün verimliğinin tesbiti amacı ile kullanılmaktadır. Ağaçlar üçer sıra halinde ve her sırada 35 ağaç bulunacak şekilde dikilmiştir. Bunun yanı sıra her türden yedek olarak dikilmiş ağaçlarında mevcut olduğu 4 sıra bulunmaktadır.

Arazide bulunan ağaçların türleri; Royal Gala, Red Chief, Breaburn, Mondial Gala, Jonagold, Fuji, Mitch Gala olmak üzere yedi tanedir.



Şekil 3.1 Ankara Üniversitesi Haymana Araştırma ve Uygulama çiftliğinde çalışmanın yapıldığı alanı gösteren uydu görüntüsü (36 473721.71D, 4384979.19K)

3.1.2 EM38 sensörü

Elektriksel iletkenlik ölçümleri topraktaki nem ve tuz miktarının belirlenmesi amacıyla yıllardır kullanılmaktadır. Toprağa yerleştirilen sondalar aracılığı ile toprağın elektrik akımını ne kadar iyi ilettiği belirlenmektedir. Bu işlem oldukça yavaştır, yoğun bir iş gücü ve ayrıca bilimsel çalışmalarda gerektirmektedir. Son elektriksel iletkenlik ölçme tekniği olan EM ise toprağın yapısına zarar vermeyen ve yoğun bir iş gücü gerektirmeyen bir metottur. Sondalara ihtiyaç duyulmayan bu yöntemde ölçümler az masraflı ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir.

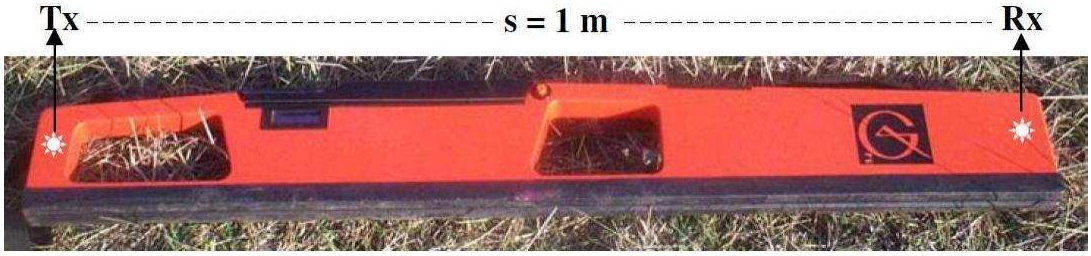
EM38 sensörünün genel özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

-Yaklaşık olarak 1 metre uzunluğunda ve tek elle taşınabilecek hafifliğe sahiptir.
-9 voltluk bir güç kaynağı (pil) ile yaklaşık olarak 16 ile 20 saat arasında kullanılabilmektedir.
-Toprak yüzeyinin belirli bir kısmında sarmal şekilde oluşturulan manyetik alan EM38 de okunarak, çalışma yapılan yerin koordinatları ile beraber kaydedilmektedir.
-Toprak yüzeyinden itibaren aşağı doğru 38,1 cm kadar bir mesafede güçlü bir manyetik alan yaratır. Ancak verimli olduğu algılama derinliği 12,7 cm kadardır. Oluşturulan manyetik alanın okumaları gönderilen ve alınan olarak ayrılmaktadır. Bu iki okuma toprağın elektriksel iletkenlik ölçümünü vermektedir.
-Elektriksel iletkenlik ölçüm yöntemi ilk olarak madencilik sektörü için geliştirilmiştir. Mineral, gaz, petrol ve yer altı suyu araştırmaları ve arkeolojide kullanılmıştır. Tarımda ise ilk olarak toprak tuzluluğu ve toprak nemi ölçümleri için kullanılmıştır. Diğer tarımsal uygulamalar ise toprak bileşenlerinin belirlenerek haritalanması, killi toprak katmanının derinliğinin tahmini, nehir taşmalarından sonra biriken kumun derinliğinin tahmini, kullanılan herbisit miktarının azaltılması ve ürün verimliliğinin tahmini gibi konulardır.
-Anlatılan her bir uygulama için elektriksel iletkenlik okumaları ile toprak özellikleri arasında ilişki kurularak okumalar hızla yapılabilir. Elektriksek iletkenlik okumalarının istenilen şekilde yapılması ve kaydedilmesi için bir bilgisayar ile bir GPS konum bilgileri alıcısı gerekmektedir. Yapılan okumaların haritalandırılabilmesi için

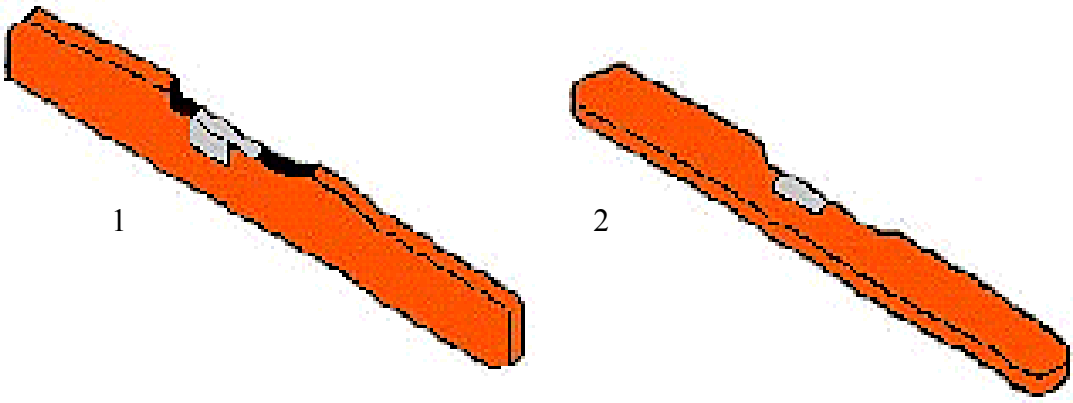
kaydedilen okumalarla beraber çalışılan arazi ya da tarlanın koordinatları da eş zamanlı olarak kaydedilir. Bilgisayar, GPS ve EM38 cihazları birbirine bağlı olarak kullanılır.

-Bu cihaz el ile taşınabileceği gibi bir taşıyıcı çatı üzerinde de çekilerek kullanılabilir. Burada önemli olan taşıyıcı çatının, kaydedilen okumaların manyetik alandan etkilenmemeleri için kesinlikle metal olmamalarıdır. Bir saat içinde yaklaşık olarak 20 hektarlık bir araziden veri toplanabilir.

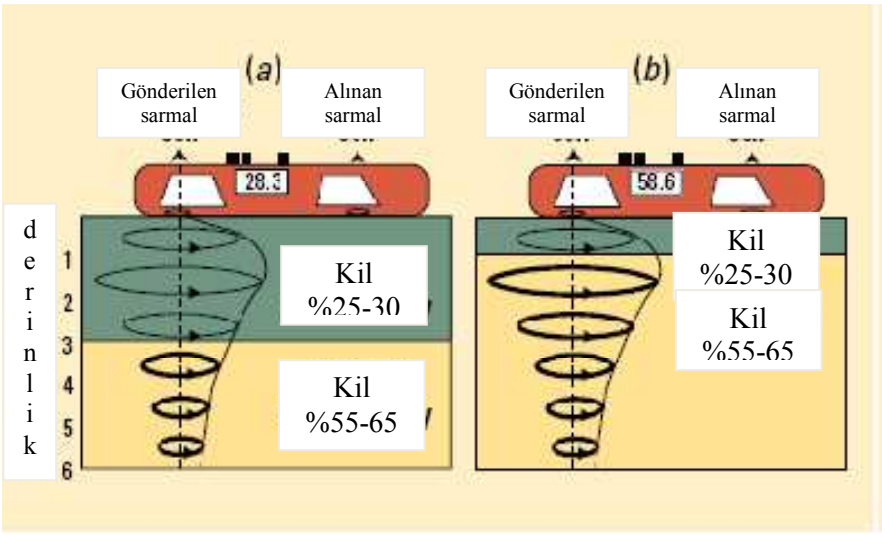
-EM38 iki ayrı modda kullanılabilmektedir. Birincisi yatay mod, ikincisi ise dikey moddur. Yatay modda 0,75 m mesafeye kadar güvenilir okuma yapılabilir. Diğer mod olan dikey modda ise 1,5 m'ye kadar mesafede güvenilir okuma yapılabilir. Her iki moddada cihazı yerden yüksekliği 20 cm olmalıdır.



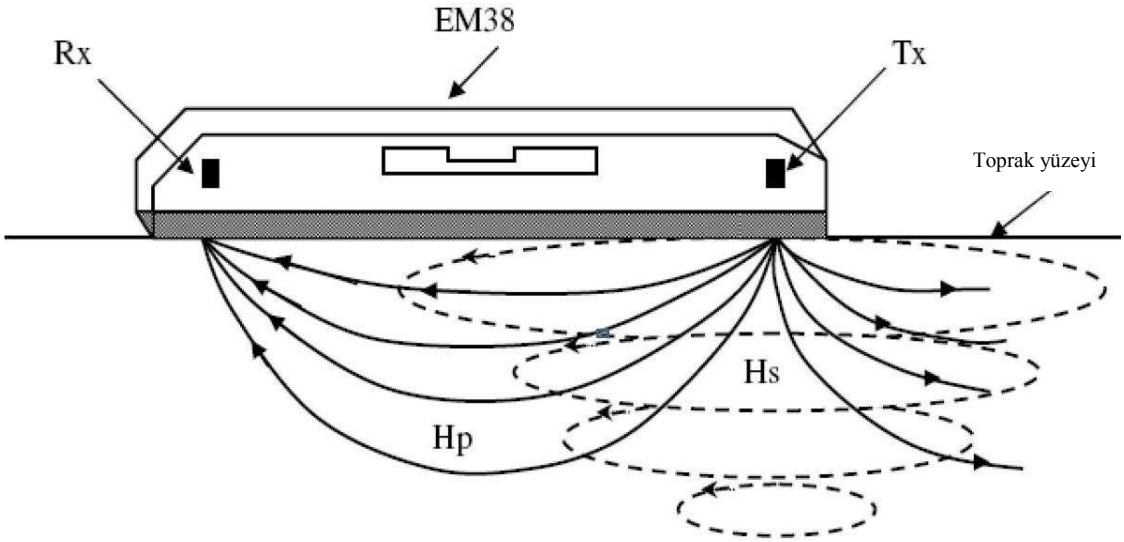
Şekil 3.2 Verici bobin (Tx), alıcı bobin (Rx)



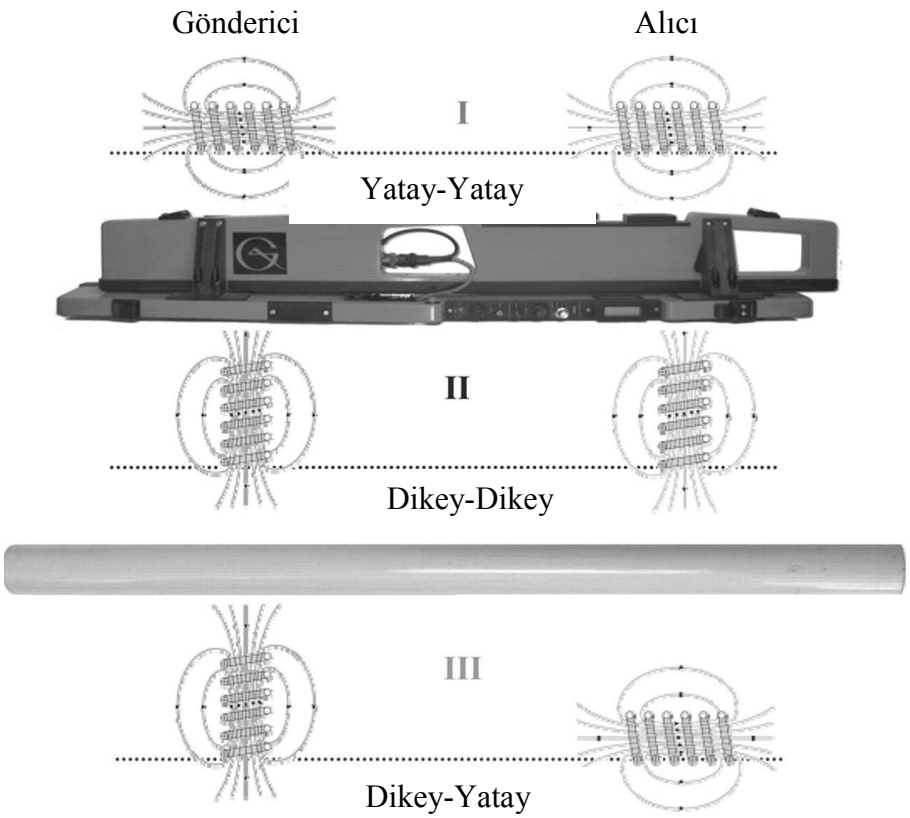
Şekil 3.3 EM38 dikey (1) ve yatay (2) konumları



Şekil 3.4 EM38 sensörünün toprakta çalışma prensibi (Davis vd. 1997)
Kalın çemberler elektrik akımının iyi iletildiği toprak katmanını, ince çemberler ise elektrik akımının diğer katmana göre daha az iletildiği toprak katmanını göstermektedir



Şekil 3.5 Gönderilen ve Alınan manyetik alanın şematik gösterimi (Norman 1990)
Tx, Rx, Hp, Hs vekesikli çizgiler sırasıyla gönderici, alıcı, gönderilen manyetik alan, alınan manyetik alan, akım döngüsü



Şekil 3.6 EM38 dikey ve yatay modda oluşturdukları manyetik alanlar

Çizelge 3.1 EM38 sensörünün teknik özellikleri (http://www.geonics.com/, 2010)

Ölçüm Birimi	milliSiemens/metre (mS/m)
İletkenlik Aralığı	0-1000 mS/m
Ölçüm Hassasiyeti	±%0.1'lik sapma
Arazi Kaynağı	Çift kutuplu verici
Sensör	Çift kutuplu alıcı
Dış Sarmal Aralığı	1 metre
Operasyon Frekansı	14.6 kHz (40.4 kHz isteğe bağlı)
Sıcaklık Aralığı	-30°C ile +50°C
Güç Kaynağı	9 Voltluk bir adet pil
Pil Ömrü	16 ile 20 saat arası
Ağırlık	Cihaz ağırlığı 3,0 kg Taşıma ağırlığı 10,0 kg
Ölçüler	Cihaz ölçüleri 106×15×3,6 cm Taşıma ölçüleri 117×19×13 cm

3.1.3 El bilgisayarı

El bilgisayarı olan Allegro CX arazide EM38 ve GPS konum bilgileri alıcısı ile birlikte kullanılmaktadır. İçerdiği yazılımlar sayesinde EM38 sensörü ve GPS konum bilgileri alıcısı ile gerekli bağlantıları yapılarak kullanılır. Herhangi bir bilgisayar ile kıyaslandığı takdirde daha hafif ve kullanışlı olması nedeniyle tercih edilebilir.



Şekil 3.7 Allegro CX el tipi arazi bilgisayarı

Çizelge 3.2 Allegro CX el tipi arazi bilgisayarının teknik özellikleri

(http://www.junipersys.com/, 2010)

İşlemci	Intel® XScale® processor, 400 MHz
İşletim Sistemi	Microsoft® Windows® CE .NET V4.2
Sabit Disk	512 mb veya 1 gb solidstate sabit disk seçeneği
Bağlantılar	PCMCIA kart slotu, ATA, harici bellek, kızıl ötesi, bluetooth, seri port, yazıcı, telefon, LAN, modem, kablosuz ağ bağlantısı
Ekran Özellikleri	3'' 320×240 dokunmatik renkli ekran
İçerdiği Yazılımlar	PTab® Spreadsheet, Microsoft Windows Explorer®, InBox® Email, Pocket Internet Explorer® ve WordPad®
Boyutları	256 mm x 133 mm x 79 mm x 38 mm
Ağırlığı	836 gram
Çalışma Sıcaklığı	–30 ile 54° C
Depolama Sıcaklığı	–35 ile 60° C
Güç Kaynağı	Şarj edilebilir 3.6V 3800 mAh NiMh pil

3.1.4 GPS konum bilgileri alıcısı

GPS konum bilgileri alıcısı genel kullanım amaçları dışında araziden belirlenen noktaların kaydedilmesi ile alan hesabı, takip edilen rotayı kaydetme ve kaydedilen rotadaki konum bilgileri ile eş zamanlı olarak alınan çeşitli toprak verileri ve GIS tabanlı yazılımlar yardımı ile çeşitli haritaların oluşturulmasını sağlayabilmektedir.



Şekil 3.8 Magellan SporTrak Color GPS konum bilgileri alıcısı

Çizelge 3.3 Magellan SporTrak Color GPS cihazının teknik özellikleri (http://www.magellangps.com/, 2010)

Ekran	240x160 piksel, yüksek çözünürlüklü, arkadan aydınlatmalı, renkli
Navigasyon Sistemi	WAAS (Wide Area Augmentation System) ve the European Geostationary Navigation Overlay System (EGNOS)
Diğer Özellikler	Barometre, pusula, rota kaydedebilme, koordinat kaydedebilme, güneş ve ay pozisyonları, uyduların konumları, sağlam, hafif, az yer kaplayan, su geçirmez yapı

3.1.5 Penetrometre

Penetrometreler genel olarak toprak direncini kullanarak ölçüm yapan ve toprağın nem içeriğini belirleyebilen cihazlardır. Penetrasyon direnci toprağın tekstür, nem, yoğunluk ve mineral parçacıkları arasındaki bağların gücü gibi fiziksel özellikleri vermektedir.

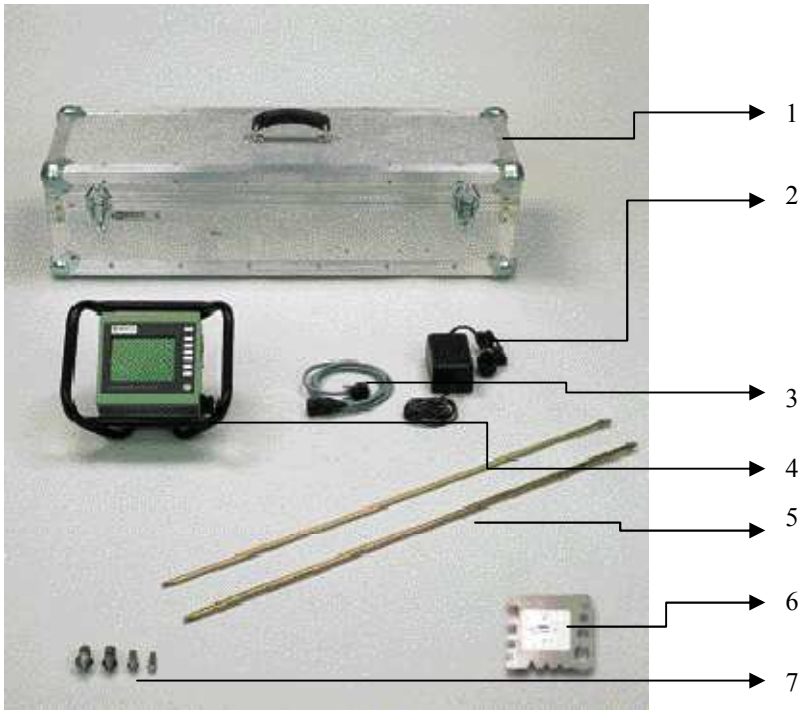
Bu sonuçları en iyi şekilde elde etmek için kullanılacak cihazlar elektronik penetrometrelerdir. Eijkelkamp'ın üretmiş olduğu Penetrologger cihazı 1000 kadar ölçüm kaydedebilir ve 80 cm derinliğe kadar toprak profilinde ölçüm yapabilmektedir.

Penetrologger; kuvvet sensörü, kaydedici, sondaj çubuğu, konik uçlar ve derinlik ölçme sisteminden oluşmaktadır.

Bu cihazda penetrasyon direnci, penetrasyon hızından, konik uçların ölçülerinden ve açılarından oldukça fazla etkilenmektedir. Penetrasyon sırasında ölçüm MPascal veya Newton olarak gösterilmektedir. Penetrologger cihazı bilgisayara bağlanabilmekte, veriler görülebilmekte, aktarılıp kullanılabilmekte ve ayrıca bilgisayarda yapılan plan ve projelerde aynı şekilde penetrometreye aktarılabilmektedir.



Şekil 3.9 Eijkelkamp Penetrologger nem sensörü ve penetrologger



Şekil 3.10 Eijkelkamp Penetrologger
1-taşıma kutusu, 2-adaptör, 3-PC bağlantı kablosu, 4-Penetrologger, 5-sonda çubuğu, 6-sonda yerleştirme aparatı, 7-konik sonda uçlar

Penetrologger cihazının avantajları:

-Ergonomik tasarım, kolay kullanım ve hafif olması

-Suya dayanıklı

-0 ile 10 MPa aralığında ölçüm yapabilme

-Hassasiyet (0.1 kPa)

-Hassas derinlik kaydetme

-Ayarlama olanağı

-Kolay ve esnek programlanabilme

-Ölçüm sonuçlarının sayısal ve grafiksel olarak gösterilebilmesi

-Ortalama değerleri otomatik hesaplama

-1000 ölçüme kadar veri saklama

-Grafik olarak veya sayısal olarak çıktı alabilme

-Düşük güç tüketimi

-İyi kalite fiyat oranı

-Proje ve plan programlayabilme

Penetrologger cihazının uygulama alanları:

-Toprak bilimleri araştırmaları
-Toprağın tarımsal amaçlara uygun olup olmadığının kontrolü
-Bitkiler için beklenen koşulların araştırılması
-Toprak sıkışıklığının tespiti
-Şehir veya parklarda bulunan ağaçların yetişme koşullarının araştırılması
-Toprakların, araçlar ve yayalar için uygunluğunun kontrolü

Çizelge 3.4 Eijkelkamp Penetrologger cihazının teknik özellikleri
(http://www.eijkelkamp.com/, 2010)

Ölçüm Yapma Sıcaklığı	0°C ile 50°C
Penetrometre Ağırlığı	3,4 kg
Taşıma Ağırlığı	15,5 kg
Taşıma Ölçüleri	58×29×25 cm
Hafıza	1000 ölçüm
Maksimum Penetrasyon Kuvveti (gösterilen)	1000 N
Minimum Penetrasyon Kuvveti (gösterilen)	1 N
Derinlik Kaydetme	80 cm'ye kadar
Minimum Derinlik Gösterme	1 cm
Minimum Nem Yüzdesi Gösterme	% 1

3.2 Yöntem

3.2.1 EM38 sensörünün kalibrasyonu

Kalibrasyon işleminden önce pil durumu kontrol edilir. Bu işlem şu şekilde yapılır. Güç anahtarı batarya konumuna getirilir ve bataryanın durumu cihazın üzerinde bulunan küçük ekrandan okunur. Gözlemlenen bu değerler -1500 ile -720 değerleri arasında olmalıdır. Gözlemlenen değer -720 değerinden düşük ise pil değiştirilmelidir.

EM38 sensörün kalibrasyonu şu sırayla yapılmaktadır:

Birinci adım: EM38 sensörü yerde iken mode (switch) anahtarı O/P ye getirilir. (Cihaz dikey çalışma durumunda iken) daha sonra Q/P sıfır kontrol (zero control) düğmesi kullanılarak okuma sıfıra getirilmeye çalışılır.

İkinci adım: Mode (switch) anahtarı I/P ye getirilir ve I/P okumayı ve Fine kontrol düğmeleri kullanılarak I/P inphase or magnetic susceptibility okumaya getirilir. Tekrar mode (switch) anahtarı Q/P pozisyonuna getirilir. Q/P'nin hala sıfır olduğuna dikkat edilmelidir. Yoksa işlemler tekrar yapılmalıdır.

Üçüncü adım: Mode (switch) anahtarı Q/P de iken, I/P course kontrol düğmesinin pozisyonu kaydedilir.

Dördüncü adım: I/P course kontrol düğmesini bu pozisyondan saat yönünde bir adım döndürüldüğünde de okuma değişmemeli eğer değişiyorsa phase control tekrar ayarlanmalıdır.

Beşinci adım: EM38 zeminden 1,5 metre yükseğe kaldırılır.

Altıncı adım: EM38 havada iken ve yatık konumda iken (horizontal dipole mode) Q/P ve I/P okumaları sıfıra getirilir.

Yedinci adım: Şimdi Mode (Switch) anahtarı Q/P pozisyonunda iken Q/P sıfır kontrolü ayarlanır. Burada ekranda H değeri görülür. Örneğin H=10 mS/m. Cihazın yüksekliği değiştirilmeden dikey moda döndürülür ve okunan değer not edilir. Örneğin V=16 mS/m. Bu iki değer birbirinden çıkartılır.

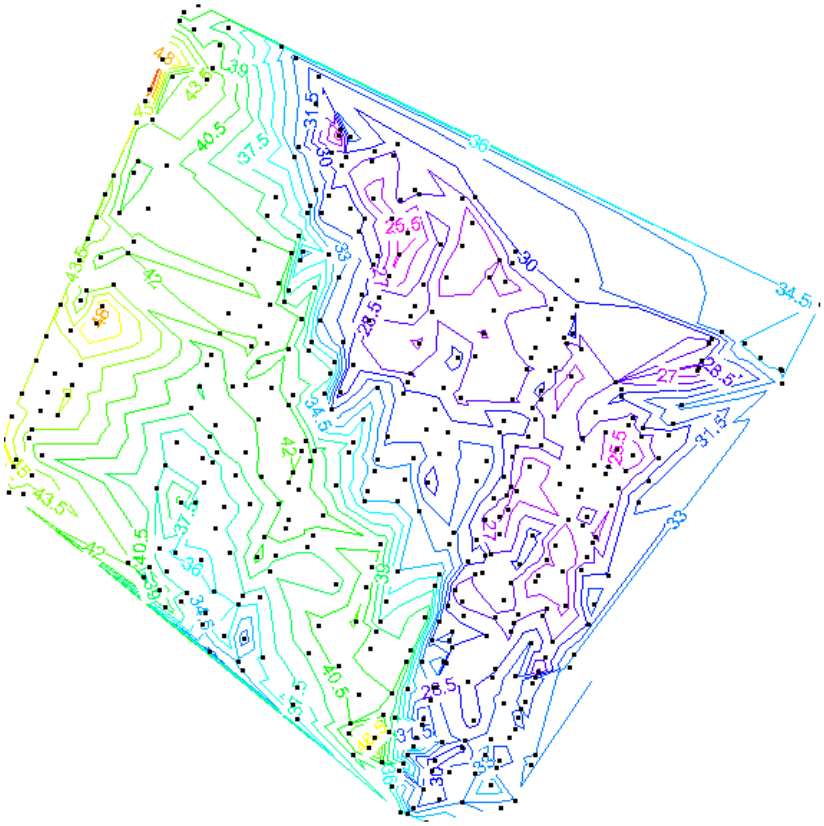
Sekizinci adım: Son olarak, Mode (Switch) anahtarı Q/P pozisyonunda iken ve cihaz yatay moda döndürüldüğünde Q/P zero control düğmesi yedinci adımdaki değer okununcaya kadar döndürülür. Değer bu örnekte 6 mS/m olmalıdır (16-10). Cihaz son olarak dikey moda döndürülür ve okunan değer bu örnekte 12 mS/m olmalıdır (V=2H)

3.2.2 Çalışmada kullanılan cihazların birbiri ile eş zamanlı olarak kullanılabilir hale getirilmesi

Bu işlemlerden sonra EM38 sensörü hazır hale gelmiştir ancak kaydedilecek elektriksel iletkenlik değerlerinin değerlendirilebilmesi ve GIS tabanlı yazılımlar ile haritalara dönüştürülebilmesi için kaydedilen bu değerlerin yanında koordinat bilgilerinin de kaydedilmesi gereklidir. Bunun için EM38 sensörü, el bilgisayarına bağlandıktan sonra GPS konum bilgileri alıcısıda el bilgisayarına bağlanmıştır. El bilgisayarının ekranında okumaların kaydedileceği yazılım açılarak birbirine bağlanan cihazların doğru bir şekilde çalıştıkları kontrol edilmiştir. Sistem hazır hale getirildikten sonra EM38 sensörü omuz askısı takılarak yerden yaklaşık 20 cm yükseklikte sabit bir hızla ve saniyede bir veri alınarak tarama işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın traktörle yapılmamasının sebebi, arazinin; sensörün omuzda taşınmak suretiyle ölçümlerin yapılabilmesine imkan sağlamasıdır.



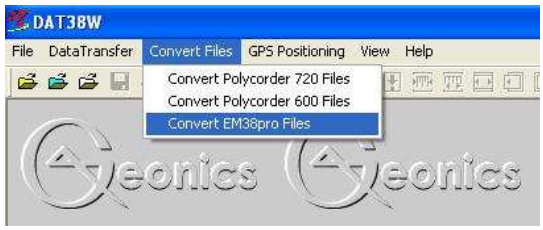
Şekil 3.11 EM38 sensörü, el bilgisayarı ve GPS



Şekil 3.12 Elma bahçesinden alınan EC değerlerinin elde edildiği noktalar

3.2.3 Araziden elde edilen EC verilerinin GIS tabanlı yazılımlarda kullanılabilir hale getirilmesi

Kaydedilen veriler el bilgisayarından masaüstü bilgisayara bluetooth bağlantısı yardımı ile aktarılmıştır. Aktarılan bu veriler .R38 uzantılıdır. Bu verilerin işlenebilmesi amacıyla Dat38W adlı yazılım kullanılarak aynı veriler .G38 uzantılı verilere dönüştürülerek kaydedilmiştir.

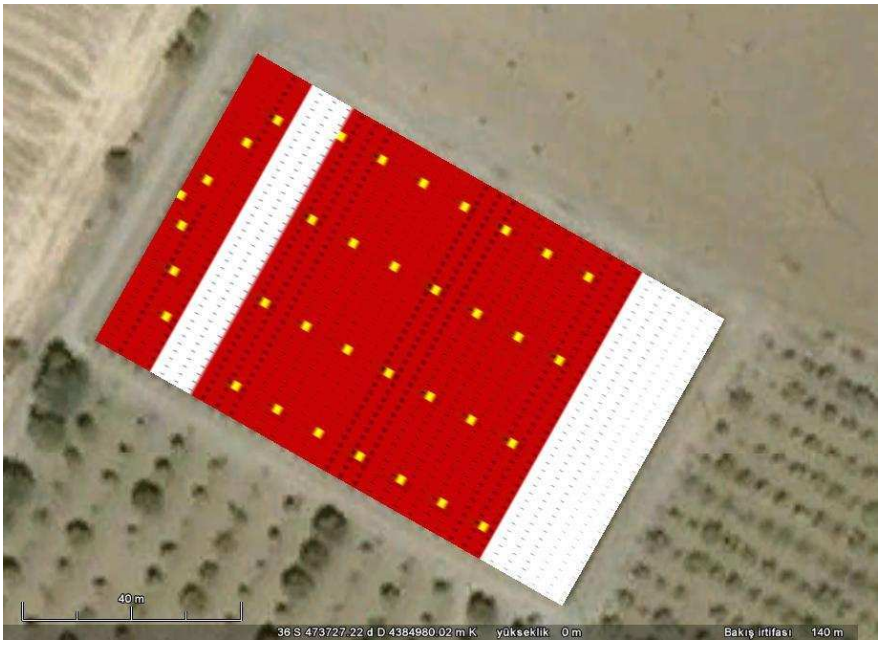


Şekil 3.13 Dat38W yazılımda .R38 uzantılı verilerin dönüştürülmesi

Dönüşümü gerçekleştirilen .G38 uzantılı bu veriler Windows işletim sisteminde Wordpad yazılımı kullanılarak açılmıştır ve .txt dosyası olarak kaydedilmiştir. .txt uzantılı olarak kaydedilen bu veriler Microsoft Office Excel programında düzenlenerek kullanılabilir hale getirilmiştir. Kullanılabilir hale getirilen bu veriler GIS tabanlı yazılım yardımı ile haritalara dönüştürülmüştür. Bu yazılım ESRI ArcGIS yazılımıdır (http://www.esri.com/software/arcgis/index.html, 2010).

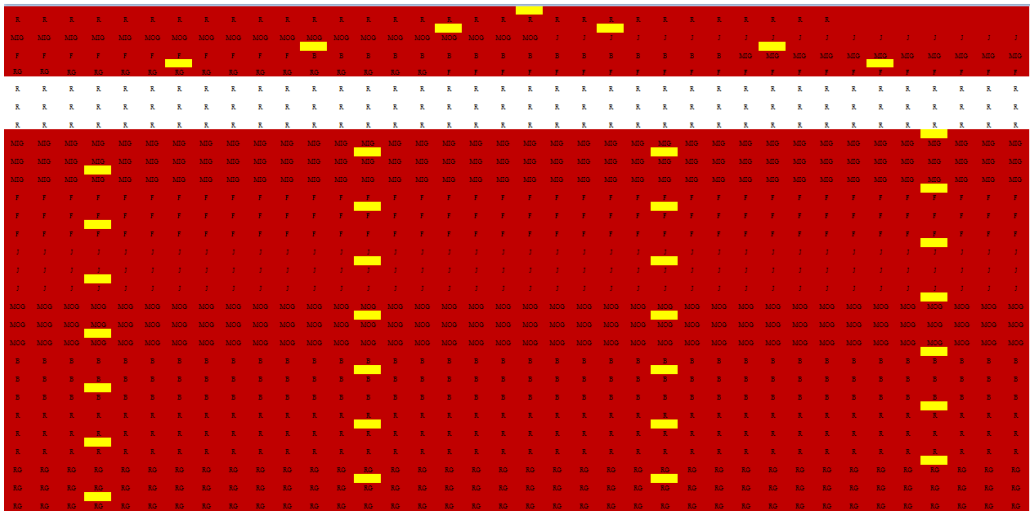
3.2.4 Çalışması yapılan araziden penetrometre ile nem değerlerinin elde edilmesi

Elektriksel iletkenlik değerleri ile ilişkilendirilip gerekli çalışmaların yapılabilmesi için istenen toprak parametrelerinden, toprak nemi ve toprak direnci değerleri penetrometre yardımıyla araziden alınmıştır. Tam olarak daha önceden belirlenen 35 farklı noktadan penetrometre ile veriler toplanmıştır. Bu verilerin araziden alınması şu şekilde gerçekleştirilmiştir:



Şekil 3.14 Penetrometre ile ölçümü yapılan noktaların uydu görüntüleri üzerinde Gösterimi

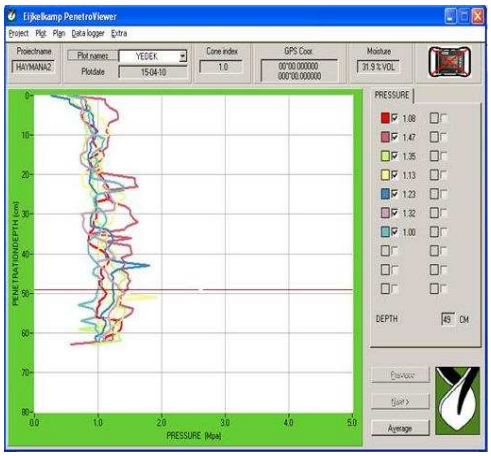
Kırmızı ile gösterilen alan çalışma yapılan alanı, sarı ile gösterilen noktalar ise penetrometre ölçümlerinin yapıldığı noktaları göstermektedir (36 473721.71D, 4384979.19K)



Şekil 3.15 Penetrometre ile ölçümü yapılan noktalar
Kırmızı ile gösterilen alan çalışma yapılan alanı, sarı ile gösterilen noktalar ise penetrometre ölçümlerinin yapıldığı noktaları göstermektedir

Penetrometre ile 35 farklı noktadan istenen verilerin alınması şu şekilde gerçekleştirilmiştir. Penetrometre iki elle kavrandıktan sonra düz bir şekilde toprağın içine doğru ittirilmiştir. Bu işlem esnasında toprak direnci penetrometrenin ekranının üzerinde okunabilmektedir. Bu işlem oldukça yavaş ve dikkatli yapılmalıdır, aksi takdirde ölçümlerin doğruluk payı düşebilmektedir. Penetrometrenin ölçümleri konik ucunun büyüklüğü ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

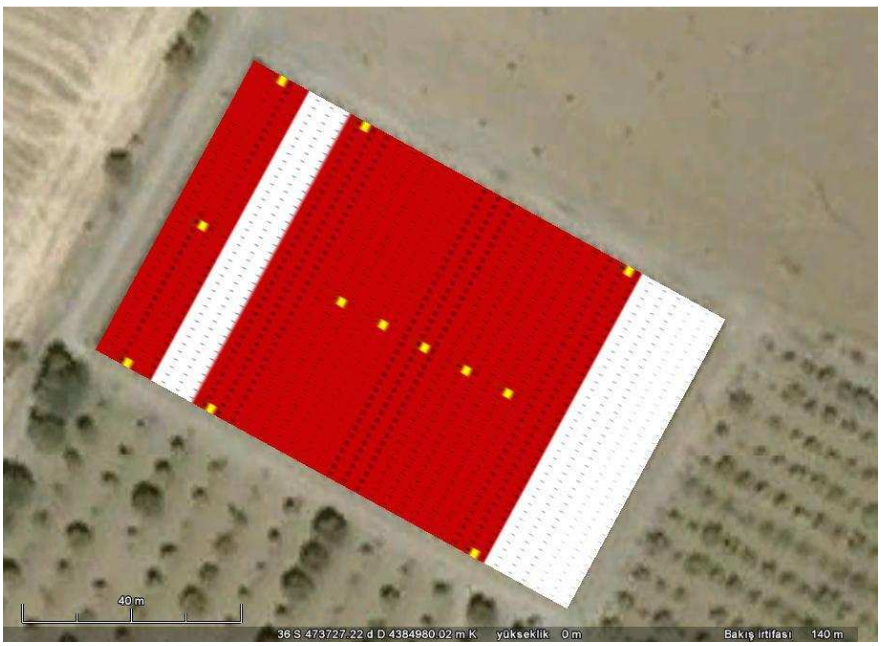
Toplanan bu veriler kullanılan penetrometrenin bilgisayara bağlantısının sağlanması ve Eijkelkamp PenetroWiever yazılımı kullanılarak grafiksel veya sayısal olarak inceleme fırsatı sunmaktadır. Ayrıca bu veriler .txt uzantılı dosyalar olarak kaydedilebilmekte ve Microsoft Office Excel yazılımında istenilen şekilde düzenlenebilmektedir.



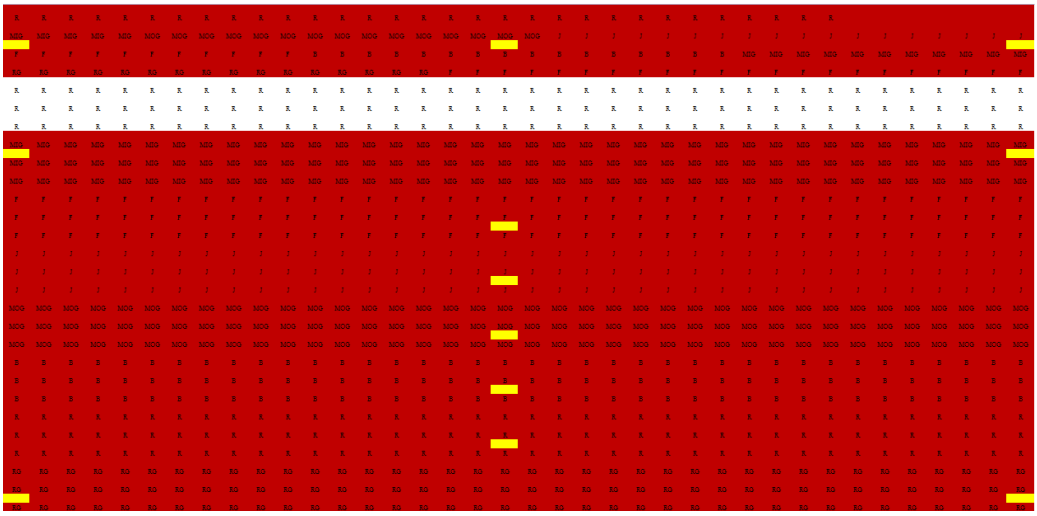
Şekil 3.16 Eijkelkamp PenetroViewer yazılımının ara yüzü
7 çeşit elmaya ait bahçeden alınan değerler. Penetrasyon direnç değerleri (MPa/cm^2) ve nem değerleri (%)

3.2.5 Çalışması yapılan araziden toprak örneklerininin alınması

Çalışması yapılan araziden elde edilen EC değerlerinin penetrometreden elde edilen verilerin dışında bazı toprak özellikleri ile ilişkilendirilebilmesi için araziden belirlenen on iki farklı noktadan toprak örneği alınmıştır.



Şekil 3.17 Toprak numunelerinin alındığı noktaların uydu görüntüleri üzeride gösterimi
Kırmızı ile gösterilen alan çalışma yapılan alanı, sarı ile gösterilen noktalar ise numunelerin alındığı noktaları göstermektedir (36 473721.71D, 4384979.19K)



Şekil 3.18 Toprak numunelerinin alındığı noktalar
Kırmızı ile gösterilen alan çalışma yapılan alanı, sarı ile gösterilen noktalar ise numunelerin alındığı noktaları göstermektedir

Bu çalışmada elde edilen toprak numuneleri, 30 cm derine inildiğinden dolayı amaca uygun örnekleme yapılarak 0-10 cm, 10-20 cm ve 20-30 cm derinliklerinden alınan toprak örneklerinin karıştırılması sonucu elde edilmiştir.

Gerekli olan veriler elde edildikten ve yukarıda anlatıldığı gibi düzenlendikten sonra istatistiksel olarak incelenmesi şu şekilde gerçekleşmiştir. EC değerlerinin alındığı noktalardaki veriler, penetrometre cihazı ile elde edilen nem değerleri ve toprak numunelerinden elde edilen toprak özelliklerini içeren veriler Microsoft Office Excel yazılımı yardımı ile doğrusal analiz yöntemi kullanılarak istatistiksel analizi yapılmıştır. EC ile istatistiksel analizi yapılan toprak özellikleri; nem içeriği değerleri, silt içeriği değerleri, kil içeriği değerleri, kum içeriği değerleri, tarla kapasitesi değerleri, solma noktası değerleri, laboratuar analizlerinden elde edilen EC değerleri (mS/m), magnezyum değerleri (me/L), sülfat değerleri (me/L) ve toplam katyon değerleridir (me/L).

4. BULGULAR

Çizelge 4.1 Araştırması yapılan araziden alınan toprak örneklerinin fiziksel özellikleri

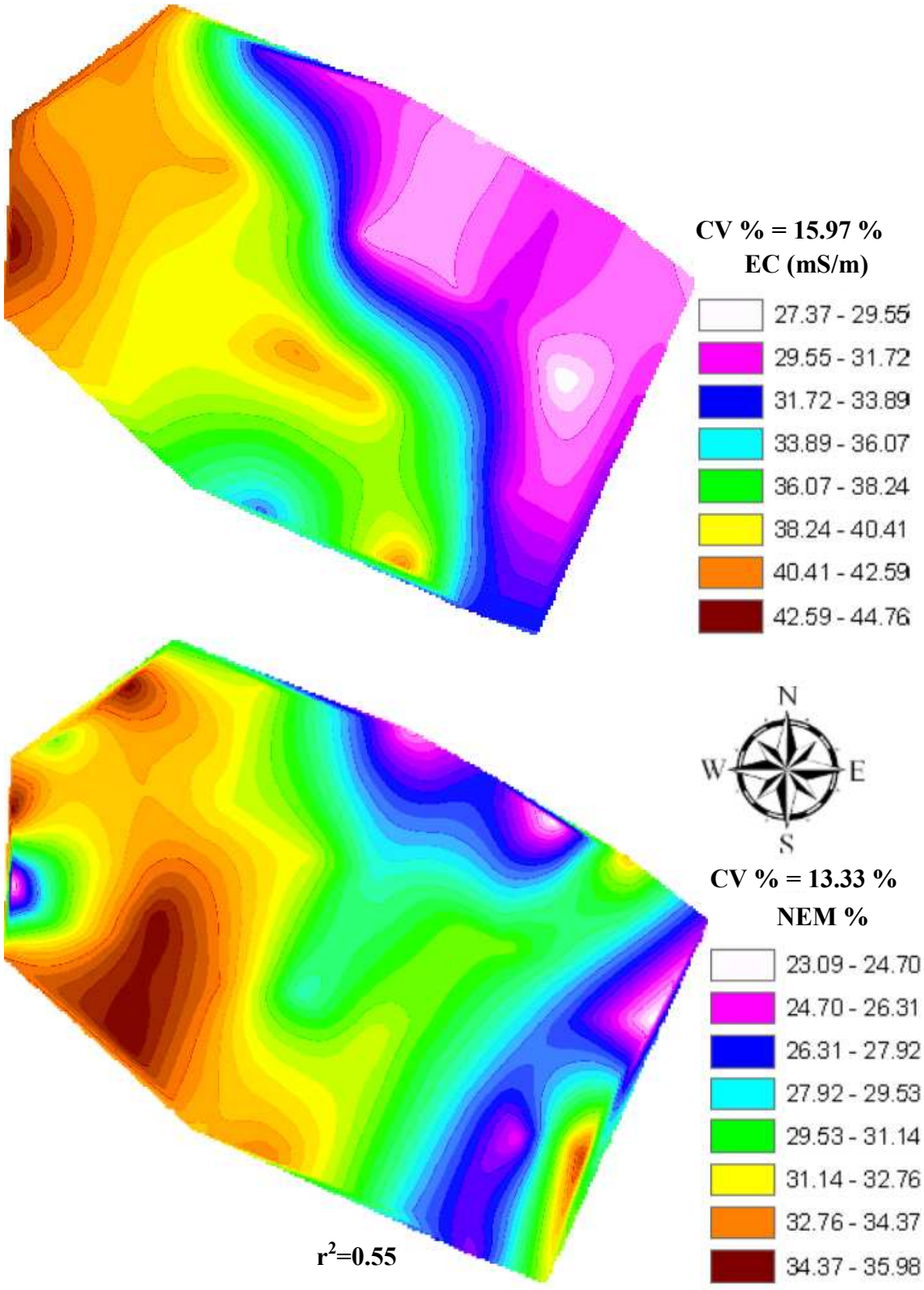
Toprak Örneğinin Alındığı Nokta	Kum %	Silt %	Kil %	Tarla Kapasitesi %	Solma Noktası %
1	27.60	16.40	56.00	33.23	19.94
2	26.40	17.30	56.30	36.30	20.12
3	25.50	17.50	57.00	33.09	20.09
4	25.30	17.60	57.10	34.32	20.59
5	25.70	16.10	58.20	35.93	20.03
6	25.20	15.40	59.40	34.18	20.02
7	25.60	20.80	53.60	35.19	19.82
8	21.20	22.60	56.20	36.77	20.39
9	23.50	19.60	56.90	35.45	20.53
10	23.90	17.40	58.70	37.79	21.25
11	22.80	15.40	61.80	36.80	21.09
12	25.40	14.10	60.60	38.75	21.33

Bahçeden belirlenen 12 noktadan alınan toprak örneklerine ilişkin çizelge 4.1'e göre elde edilen en düşük kum içeriği değeri 21.2 ile 8.noktadır, en yüksek kum içeriği değeri ise 27.6 ile 1.noktadır. Ortalama değer 24.84'tür. Çizelge 4.1'e göre elde edilen en düşük silt içeriği değeri 14.1 ile 12.nokta, en yüksek silt içeriği değeri 20.8 ile 7.noktadır. Ortalama değer 17.52'dir. Çizelge 4.1'e göre elde edilen en düşük kil içeriği değeri 53.6 ile 7.nokta, en yüksek kil içeriği değeri 61.8 ile 11.noktadır. Ortalama değer 57.65'dir. Çizelge 4.1'e göre elde edilen en düşük tarka kapasitesi değeri 33.09 ile 3.nokta, en yüksek silt içeriği değeri 38.75 ile 12.noktadır. Ortalama değer 35.65'dir. Çizelge 4.1'e göre elde edilen en düşük solma noktası değeri 19.82 ile 7.nokta, en yüksek silt içeriği değeri 21.33 ile 12.noktadır. Ortalama değer 20.43'tür.

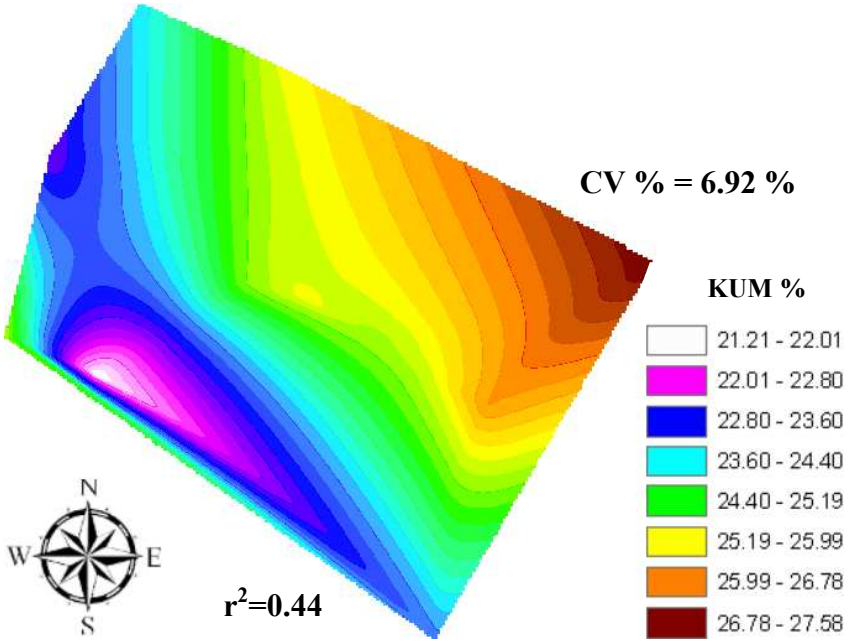
Çizelge 4.2 Araştırması yapılan araziden alınan toprak örneklerinin kimyasal özellikleri

Toprak örneğinin alındığı nokta	EC (mS/m)	Magnezyum (Mg^{+2}) (me/L)	Sülfat (SO_4^{-2}) (me/L)	Toplam Katyon (me/L)
1	36.10	0.47	0.01	4.08
2	34.50	0.60	0.27	4.14
3	37.40	1.11	0.05	4.24
4	39.70	0.67	0.04	3.98
5	43.00	2.06	1.14	4.87
6	45.40	1.40	1.11	5.01
7	38.90	1.28	0.57	4.28
8	45.80	2.82	1.83	5.31
9	39.50	1.30	0.80	4.62
10	43.30	2.39	0.79	4.84
11	53.70	1.73	1.66	5.34
12	51.70	1.60	1.32	5.15

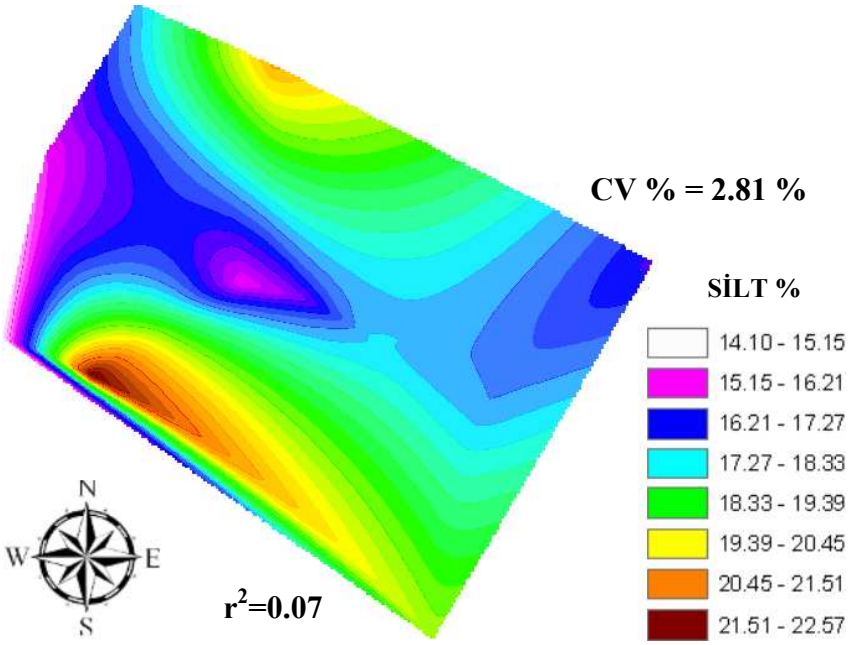
Bahçeden belirlenen 12 noktadan alınan toprak örneklerine ilişkin çizelge 4.2'ye göre elde edilen en düşük EC değeri 34.5 ile 2.noktadır, en yüksek EC değeri ise 53.7 ile 11.noktadır. Ortalama değer 42.42'dir. Çizelge 4.2'ye göre elde edilen en düşük magnezyum değeri 0.47 ile 1.nokta, en yüksek magnezyum değeri 2.82 ile 8.noktadır. Ortalama değer 1.45'tir. Çizelge 4.2'ye göre elde edilen en düşük sülfat değeri 0.01 ile 1.nokta, en yüksek sülfat değeri 1.83 ile 8.noktadır. Ortalama değer 0.80'dir. Çizelge 4.2'ye göre elde edilen en düşük toplam katyon değeri 3.98 ile 4.nokta, en yüksek toplam katyon değeri 5.34 ile 11.noktadır. Ortalama değer 4.66'dır.



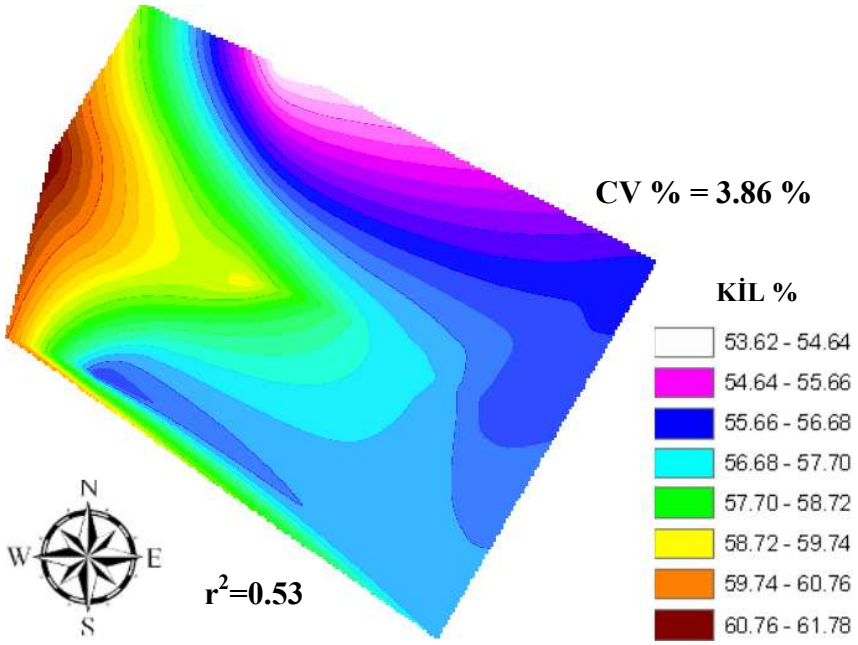
Şekil 4.1 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerlerini gösteren harita (36 473721.71D 4384979.19K)



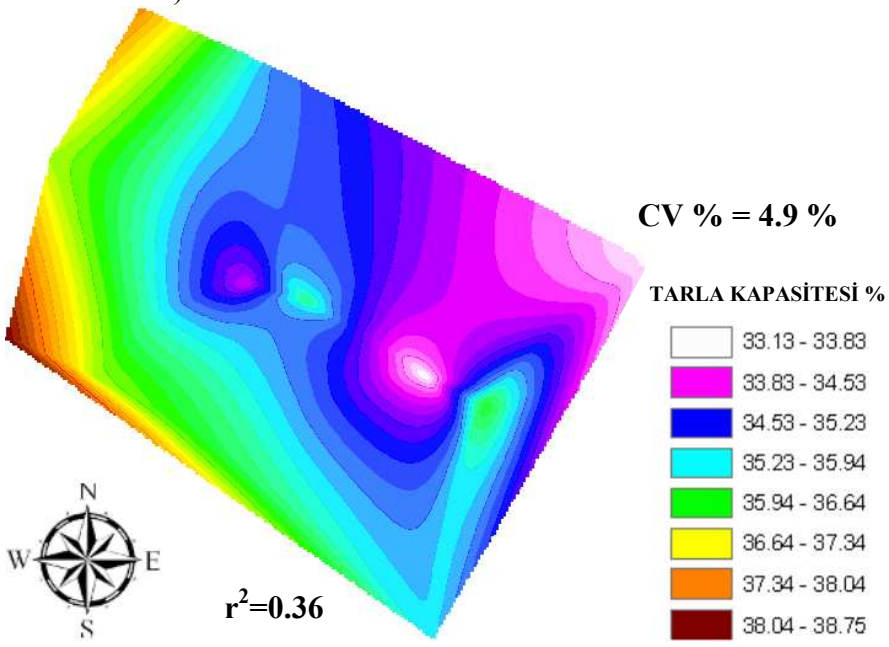
Şekil 4.2 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen kum içeriği (%) değerlerini gösteren harita (36 473721.71D, 4384979.19K)



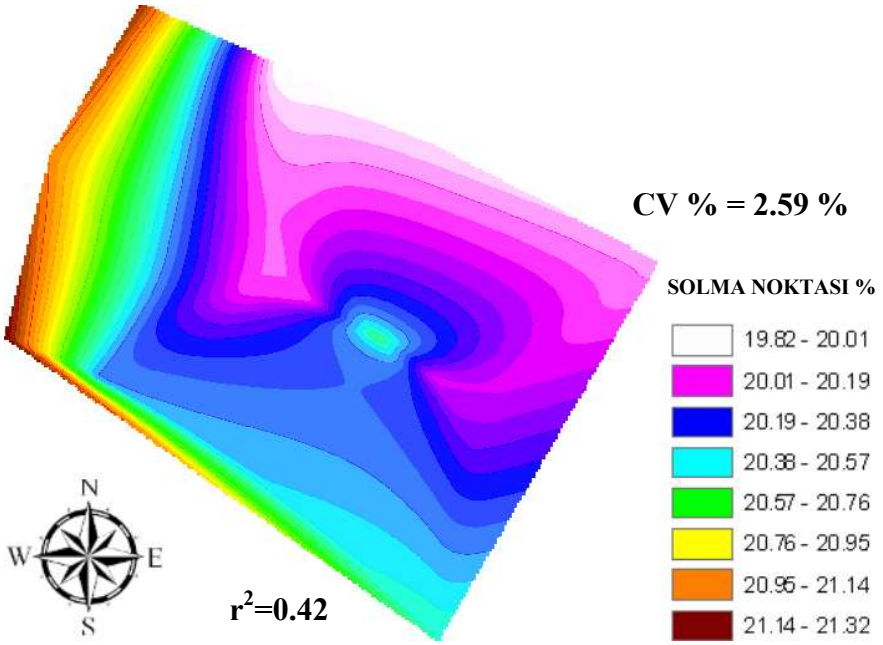
Şekil 4.3 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen silt içeriği (%) değerlerini gösteren harita (36 473721.71D, 4384979.19K)



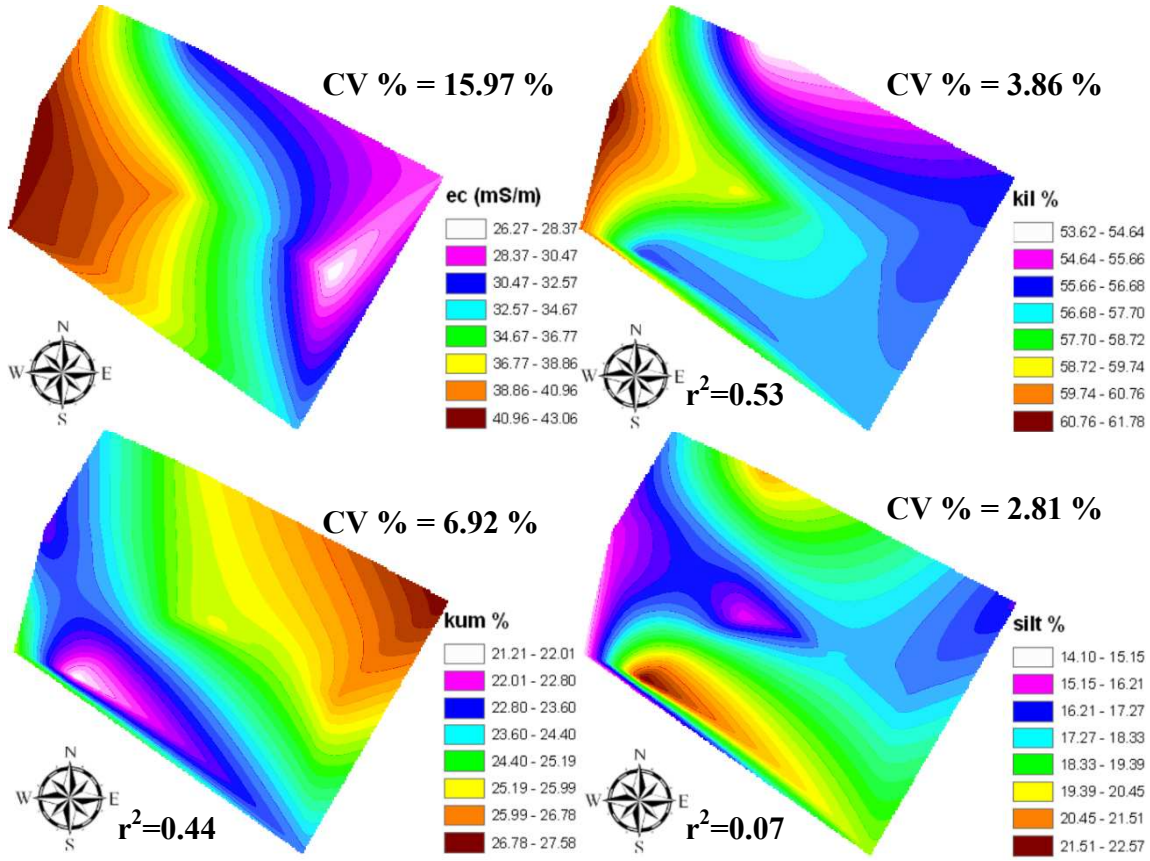
Şekil 4.4 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen kil içeriği (%) değerlerini gösteren harita (36 473721.71D, 4384979.19K)



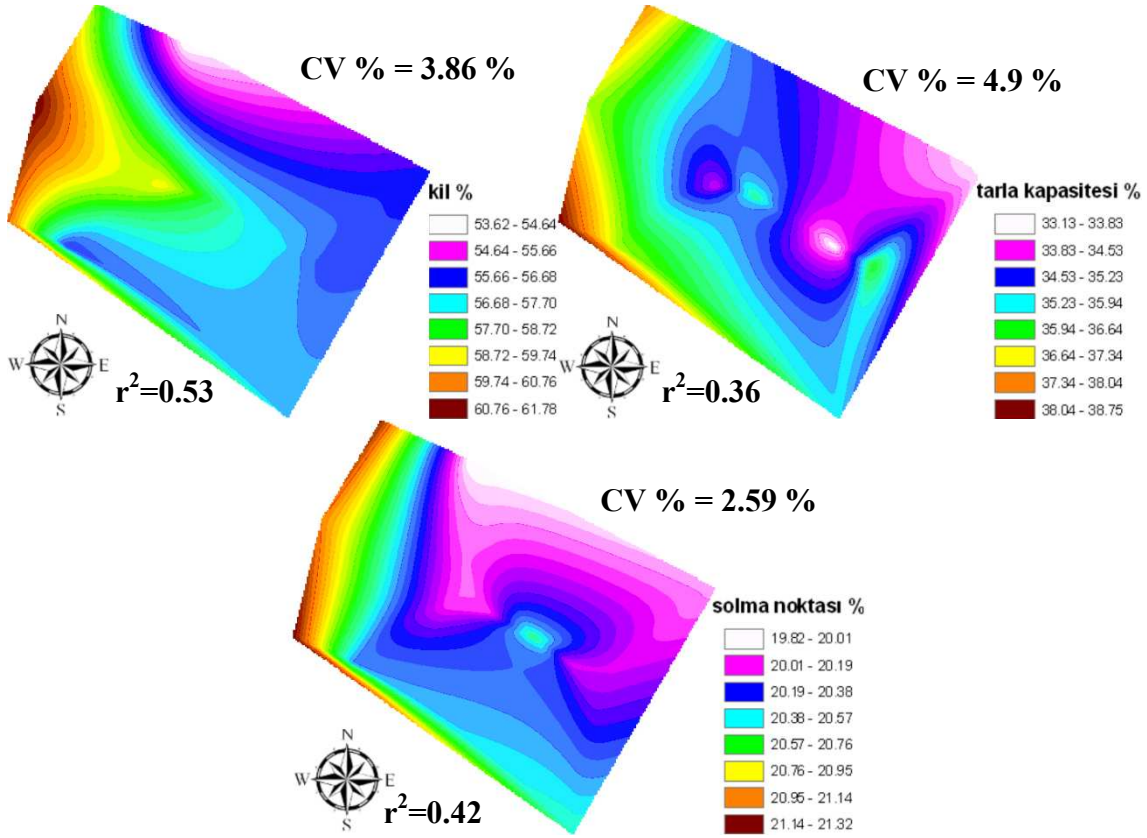
Şekil 4.5 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen tarla kapasitesi (%) değerlerini gösteren harita (36 473721.71D, 4384979.19K)



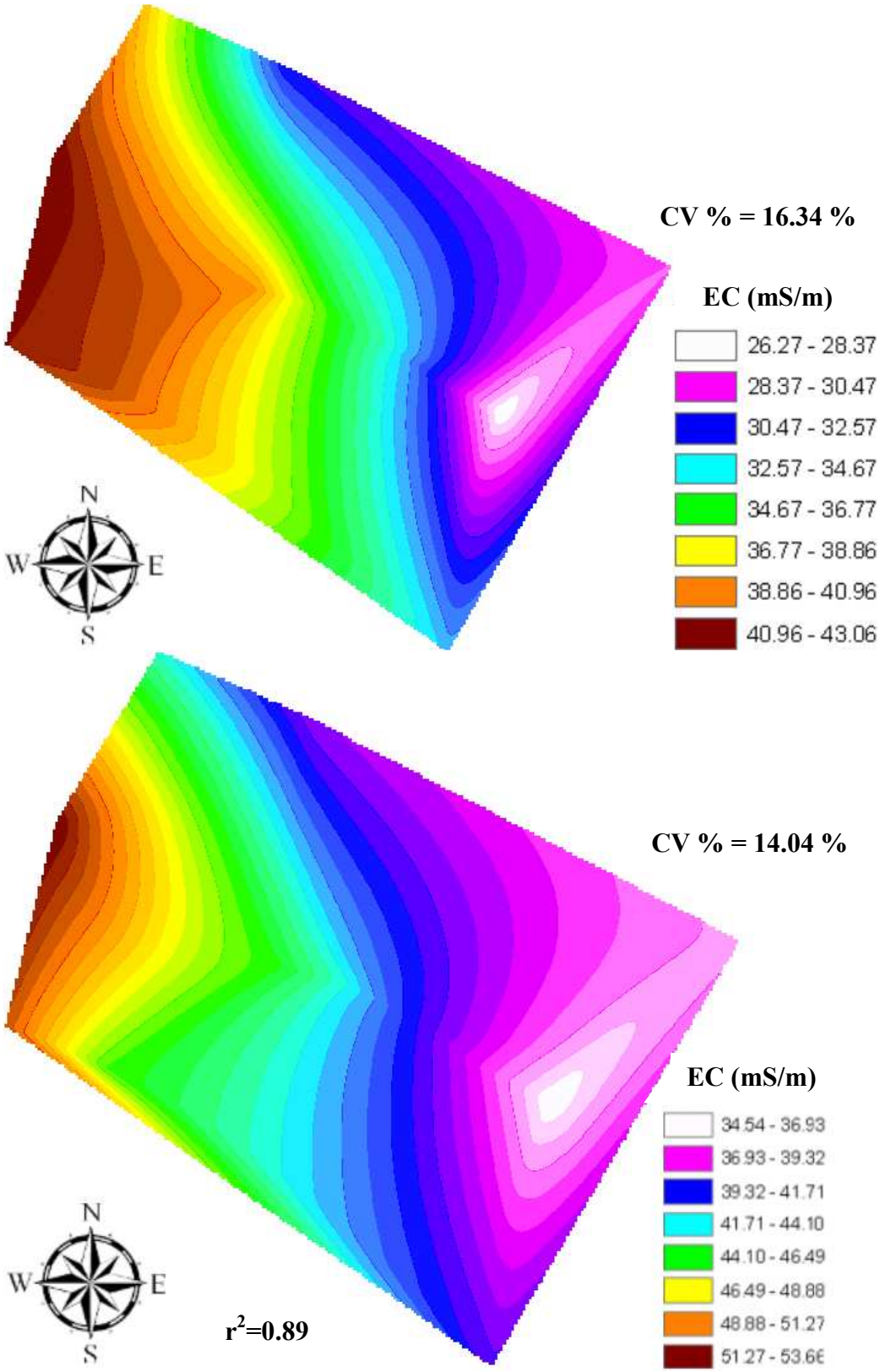
Şekil 4.6 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen solma noktası (%) değerlerini gösteren harita (36 473721.71D, 4384979.19K)



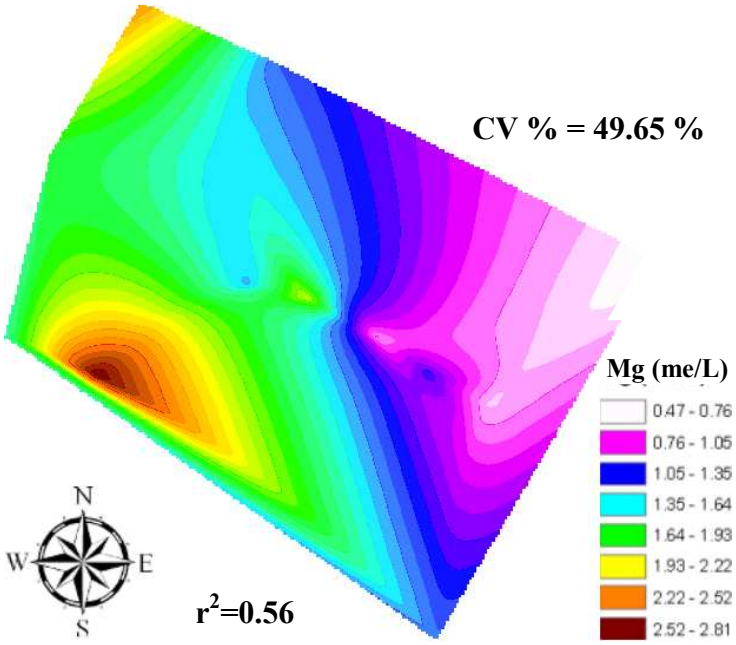
Şekil 4.7 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m), kil %, kum %, silt % içeriği değerlerini gösteren harita (36 473721.71D, 4384979.19K)



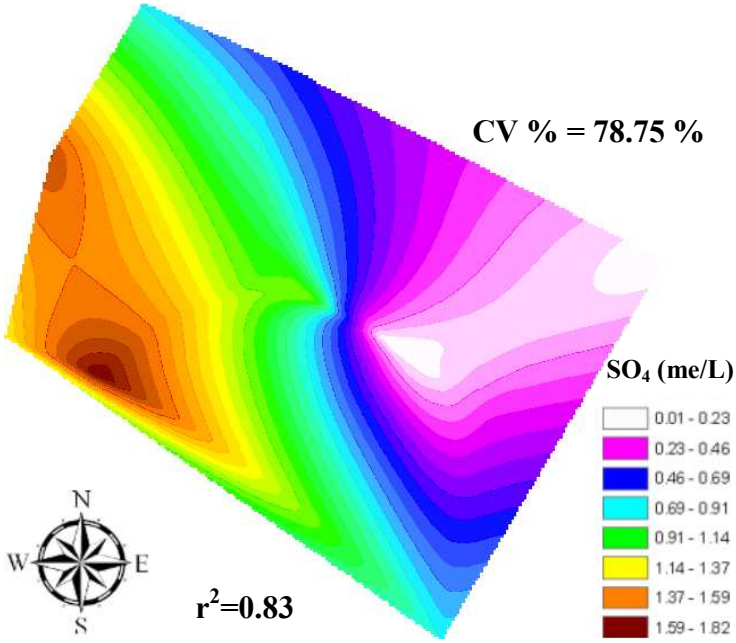
Şekil 4.8 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen kil içeriği %, tarla kapasitesi ve solma noktası değerlerini gösteren harita (36 473721.71D, 4384979.19K)



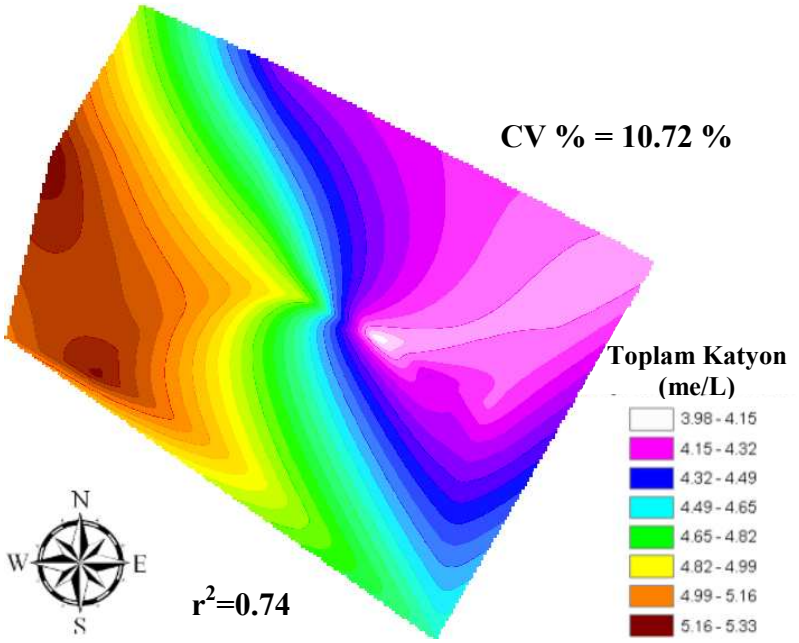
Şekil 4.9 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen toprak örneklerinin analiz edilmesi sonucu EC (mS/m) değerlerini gösteren harita (36 473721.71D, 4384979.19K)



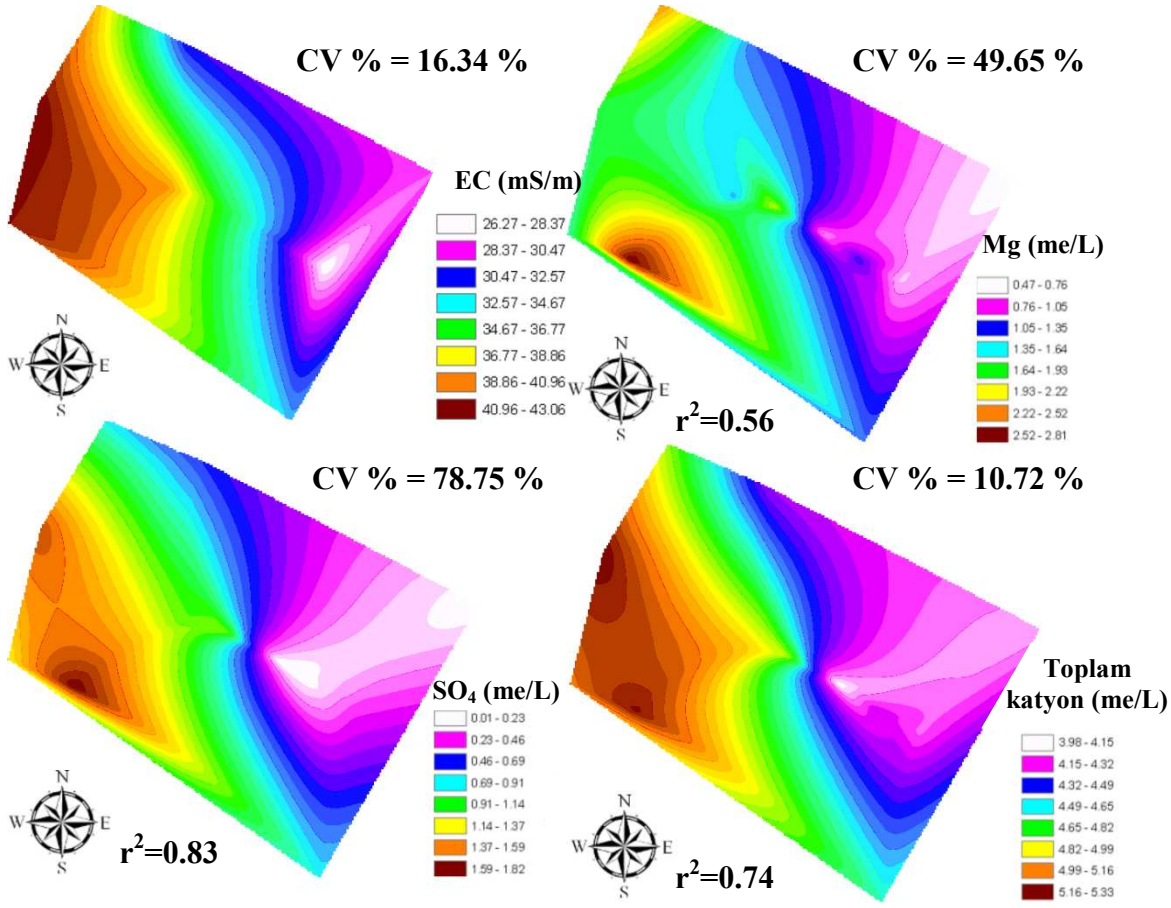
Şekil 4.10 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen toprak örneklerinin analiz edilmesi sonucu Mg^{+2} (me/L) değerlerini gösteren harita (36 473721.71D, 4384979.19K)



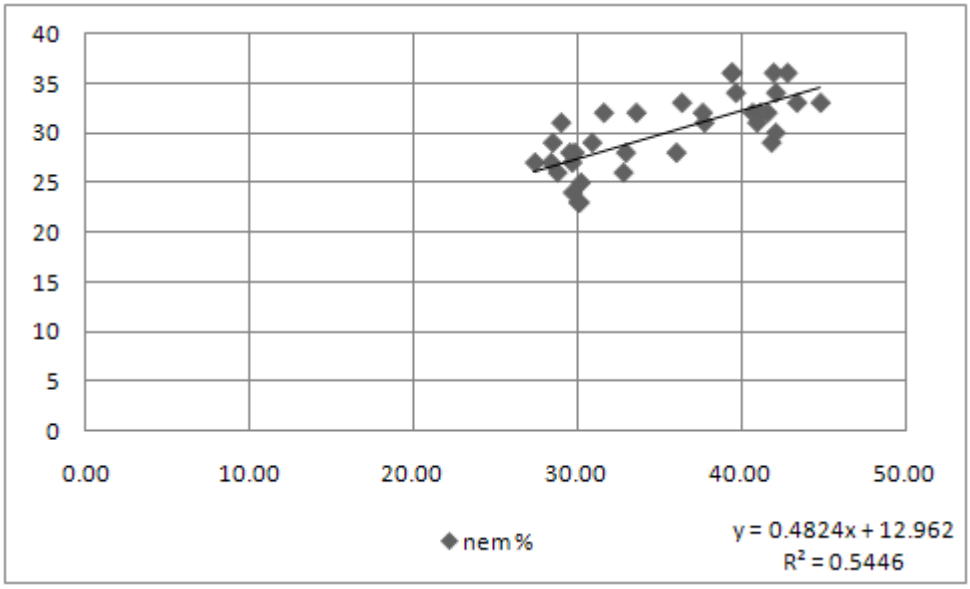
Şekil 4.11 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen toprak örneklerinin analiz edilmesi sonucu SO_4^{-2} (me/L) değerlerini gösteren harita (36 473721.71D, 4384979.19K)



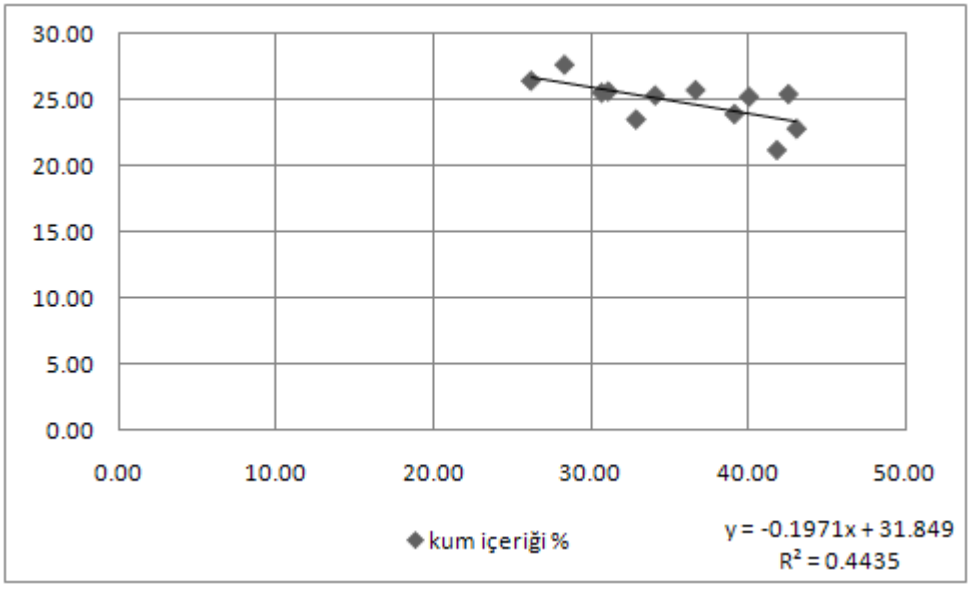
Şekil 4.12 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen toprak örneklerinin analiz edilmesi sonucu toplam katyon (me/L) değerlerini gösteren harita (36 473721.71D, 4384979.19K)



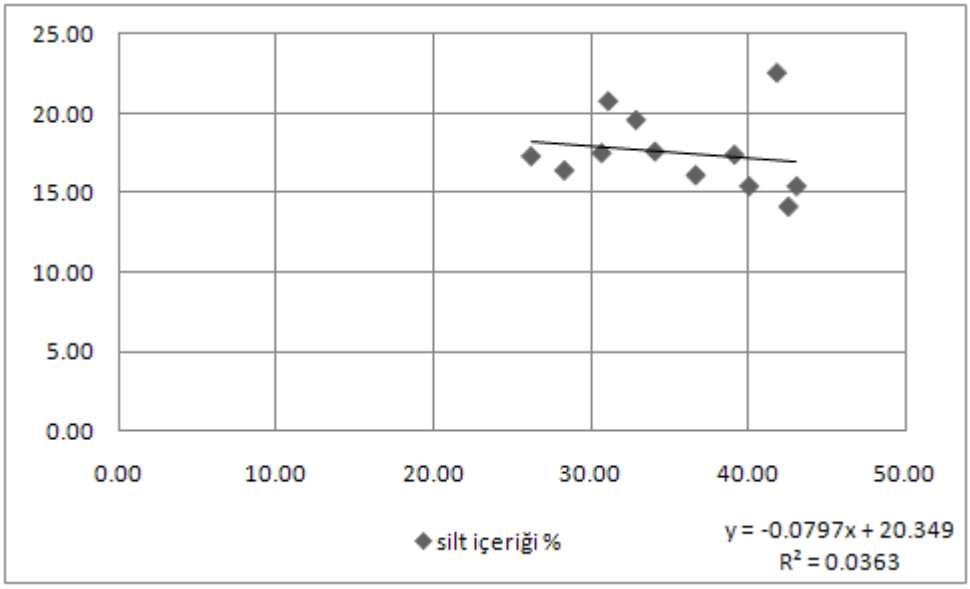
Şekil 4.13 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen toprak örneklerinin analiz edilmesi sonucu EC (mS/m), Mg^{+2} (me/L), SO_4^{-2} (me/L), toplam katyon (me/L) değerlerini gösteren harita (36 473721.71D, 4384979.19K)



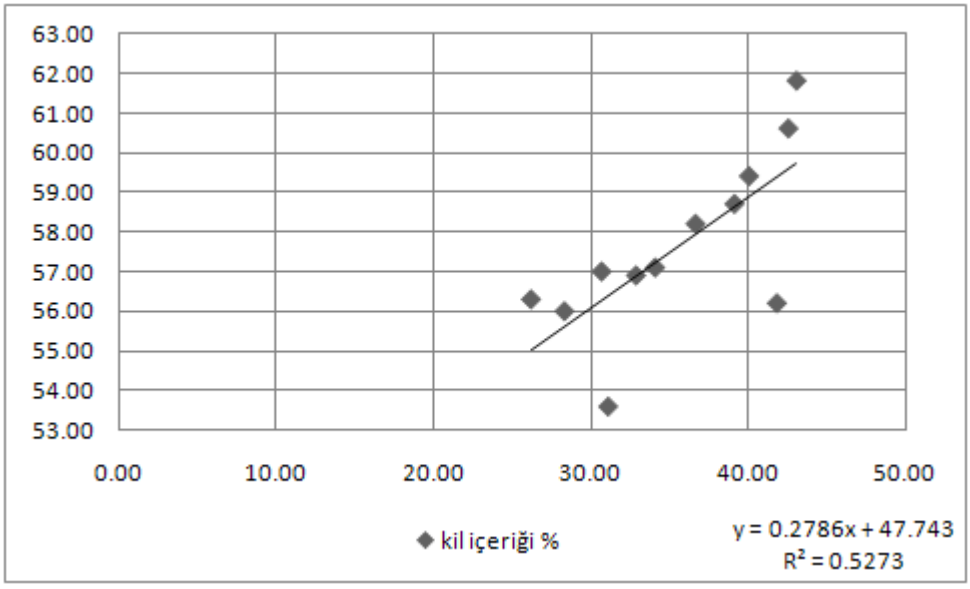
Şekil 4.14 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile nem içeriği (%) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema



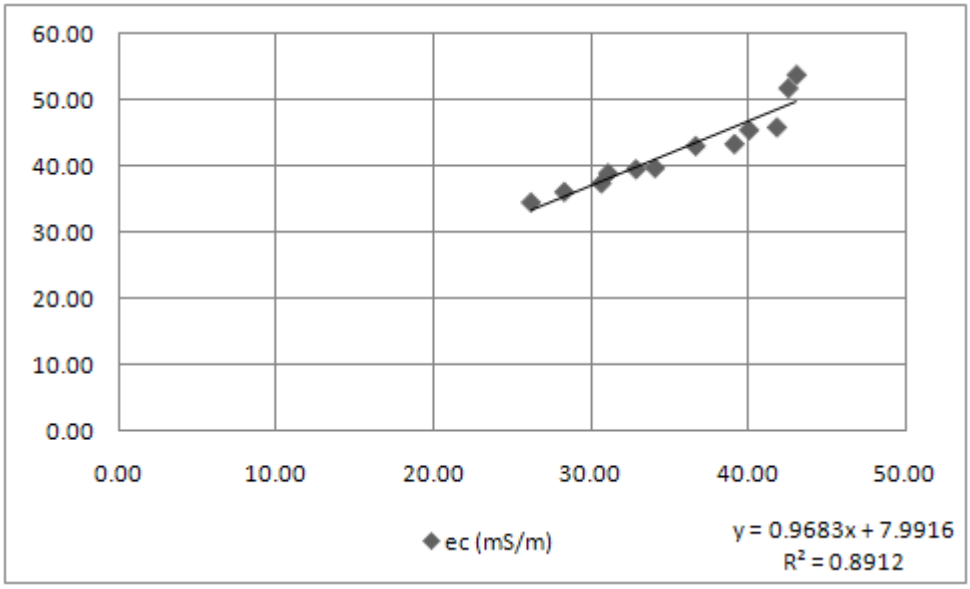
Şekil 4.15 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile kum içeriği (%) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema



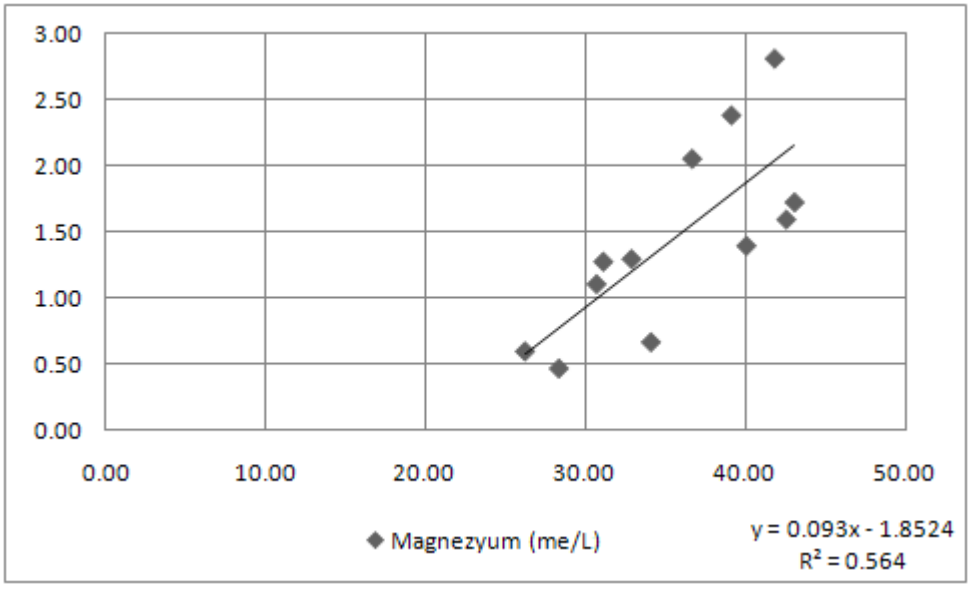
Şekil 4.16 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile silt içeriği (%) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema



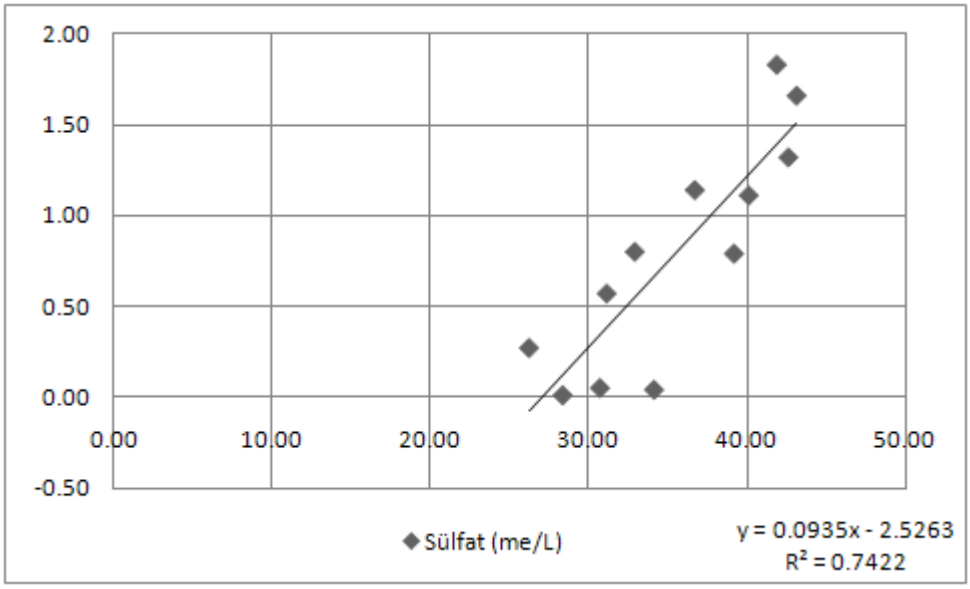
Şekil 4.17 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile kil içeriği (%) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema



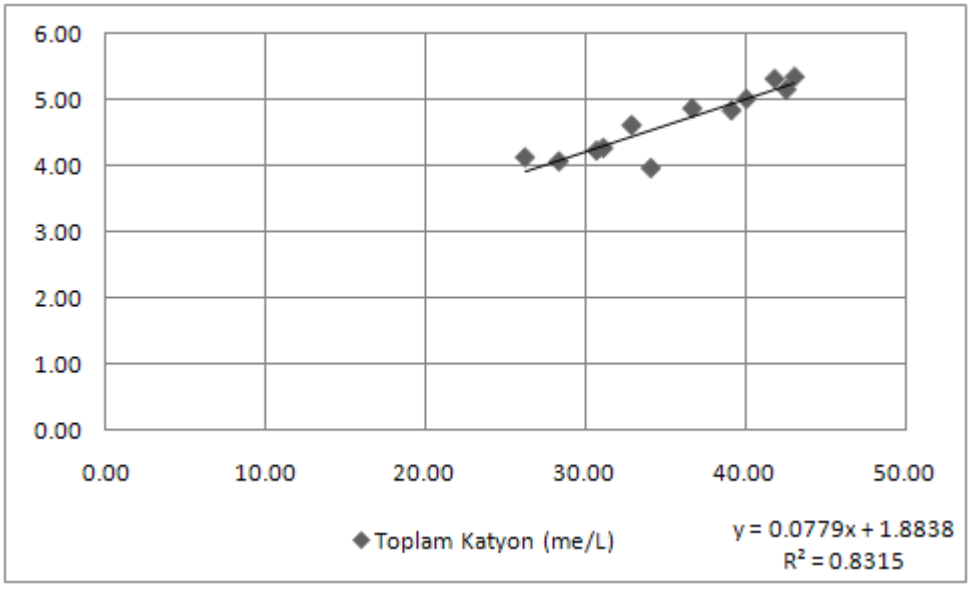
Şekil 4.18 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile aynı araziden toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen EC (mS/m) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema



Şekil 4.19 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile aynı araziden toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen Mg^{+2} (me/L) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema



Şekil 4.20 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile aynı araziden toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen SO_4^{-2} (me/L) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema



Şekil 4.21 Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çalışması yapılan araziden elde edilen EC (mS/m) değerleri ile aynı araziden toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen toplam katyon (me/L) değerlerinin doğrusal ilişkisini gösteren şema

Çizelge 4.3 Araştırması yapılan araziden elde edilen nem değerleri ile alınan toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen toprak özellikleri ile EC (mS/m) değerleri arasında bulunan ilişki katsayıları

Toprak Özellikleri	EC (mS/m) ile Olan İlişki Katsayısı (r^2)
Nem %	0.55
Kum %	0.44
Silt %	0.04
Kil %	0.53
Tarla Kapasitesi %	0.36
Solma Noktası %	0.42
Laboratuar Analizlerinden Elde edilen EC değerleri (mS/m)	0.89
Mg^{+2} (me/L)	0.56
Toplam Katyon (me/L)	0.74
SO_4^{-2} (me/L)	0.83

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırma sonuçlarından elde edilen verilerle yapılan tahminlere göre; EM38 sensörünün okumalarından elde edilen EC değerleri ile, toprak örneklerinin analizlerinden elde edilen EC değerleri arasında kuvvetli bir ilişki tespit edilmiştir r^2=0.89. Bu sonuça göre yapılan okumalar ve toprak numunelerinin analiz sonuçlarının doğruluk payının da yüksek olduğu anlaşılmaktadır. EC ile nem değerleri arasında r^2=0.55 olarak bulunan ilişki katsayısı, topraktaki nem içeriğinin EC değerlerini pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Aynı şekilde toprakta bulunan kil içeriğinin de EC değerlerini pozitif yönde etkilediği görülmektedir. EC ile kil içeriği değerleri arasındaki ilişki katsayısı r^2=0.53 olarak bulunmuştur. EC ile kum içeriği değerleri arasında r^2=0.44 olarak bulunan ilişki katsayısı, EC değerleri ile mevcut kum içeriği değerlerinin arasında bir ilişki olduğunu ancak elde edilen haritalardan da anlaşılabileceği gibi mevcut kum içeriği değerlerinin EC değerlerini negatif yönde etkilediği anlaşılmaktadır. EC ile silt içeriği değerleri arasında bulunan ilişki katsayısı r^2=0.04 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre EC ile toprakta bulunan silt içeriği değerleri arasında bir ilişki tespit edilememiştir. EC ile sırasıyla tarla kapasitesi değerleri ve solma noktası değerleri arasındaki ilişki katsayıları r^2=0.36 ve 0.42 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu iki değere göre EC ile tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri arasında düşükte olsa bir ilişki olduğu söylenebilir.

Toprak örneklerinin analizleri sonucu elde edilen verilere göre EC ile magnezyum içeriği değerleri arasında r^2=0.56 olarak bulunan ilişki katsayısı magnezyum miktarının EC değerlerini pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Aynı şekilde toprak örneklerinin analizleri sonucu elde edilen toplam katyon ve sülfat değerlerinin sırasıyla r^2=0.74 ve r^2=0.83 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre EC ile toplam katyon ve sülfat değerleri arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki olduğu tahmin edilmektedir.

Johnson vd. (2001) yapmış oldukları çalışma sonucunda, kil ve pH değerlerinin, EC değerleri ile pozitif yönde ilişkisi olduğunu belirtmişlerdir. Hartsock vd. (2001), EC ile Mg ve toprak nemi arasında sırasıyla r^2=0.56 ve r^2=0.72 değerlerinde pozitif yönde ilişkileri olduğunu belirlemişlerdir. Bunun yanında EC'nin kil içeriğindeki artış ile

negatif yönde ilişkisi olduğunu belirlemişlerdir. Sudduth vd.'nin (2003) elde ettiği sonuçlara göre kil içeriği ve pozitif yüklü iyonların EC ile ilişkisi genellikle yüksek ve tutarlı olduğunu saptamışlardır. Ayrıca silt ve karbon içeriği ile EC değerleri arasındaki ilişkinin de yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Domsch ve Giebel (2004), mevcut kil içeriği ile EC değerleri arasındaki ilişki katsayısını 0.55 olarak bulmuşlardır. Mevcut silt içeriği ile ilgili ilişki katsayısıda 0.67 olarak bulunmuştur. Farahani vd. (2005), toprak su içeriği, kil, katyon değişim kapasitesi ve organik madde miktarı ile EC değerleri arasında kuvvetli ilişkilerin olduğunu tespit etmişlerdir. Corwin ve Lesch'in (2005) yaptıkları çalışma sonuçlarına göre, EC ile Mg arasında 0.74, SO_4 ile 0.99 değerinde oldukça kuvvetli ilişkileri olduğunu belirlemişlerdir.

KAYNAKLAR

Anonim 2010. Web Sitesi: http://www.genbilim.com/content/view/2759/84/, Erişim Tarihi: 02.07.2010.

Anonim 2010. Web Sitesi: http://www.esri.com/software/arcgis/index.html, Erişim Tarihi: 02.07.2010.

Anonim 2010. Web Sitesi: http://www.geonics.com/, Erişim Tarihi: 02.07.2010.

Anonim 2010. Web Sitesi: http://www.junipersys.com/, Erişim Tarihi: 02.07.2010.

Anonim 2010. Web Sitesi: http://www.magellangps.com/, Erişim Tarihi: 02.07.2010.

Anonim 2010. Web Sitesi: http://www.eijkelkamp.com/, Erişim Tarihi: 02.07.2010.

Archie, G. E. 1942. The Electric Resistivity Log as an Aid in Determining Some Reservoir characteristics. Trans. Am. Inst. Min. Metall. Pet. Eng., 146: 54–62.

Hossain B. 2008. EM38 For Measuring and Mapping Soil Moisture in Cracking Clay Soil. Department of Geography and Planning University of New England, Armidale New South Wales, Australia.

Blackmore, S. 1996. An Information System for Precision Agriculture. Brighton Conference Pests and Diseases. November 18-21.

Cinthia K. J., Doran J. W., Duke H. R., Wienhold B. J., Eskridge K. M., and Shanahan J. F. 2001. Field-Scale Electrical Conductivity Mapping for Delineating Soil Condition, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 65, November-December 2001.

Corwin, D.L., Lesch, S.M. 2005a. Apparent Soil Electrical Conductivity Measurements in Agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 46, p. 11-43.

Davis, J. G., Kitchen, N. R., Sudduth, K. A., Drummond, S. T. 1997. Using Electromegnatic Induction to Characterize Soils. Better Crops and Plant Food. No. 4. Potash and Phosphate Institute.

D.L. Corwin, S.M. Lesch. 2005. Computers and Electronics in Agriculture 46 (2005) 135-152.

Domsch H., Giebel A. 2004. Estimation of Soil Textural Features from Soil, Electrical Conductivity Recorded Using the EM38, Institute of Agricultural Engineering Bornim, 14469 Potsdam, Germany, Precision Agriculture, 5, 389–409, 2004.

Farahani H. J., Buchleiter G. W., Brodahl M. K. 2005. Characterization of Apparent Soil Electrical Conductivity Variability in Irrigated Sandy and Non−Saline Fields in Colorado. Transactions of the ASAE, Vol. 48(1): 155−168, 2005 American Society of Agricultural Engineers ISSN 0001−2351.

Güçdemir, H., Kalınbacak, K. 2009. T.C Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Toprak, Su ve Bitki için Numune Alınması, Teknik Yayın No: 33, Çiftçi Yayınları: 3, Ankara.

Hartsock, N. J., Mueller T. G., Thomas G. W., Barnhisel R. I., Wells K. L. and Shearer S. A., Robert P.C. et al. 2001. Soil Electrical Conductivity Variability, Proc. 5th International Conference on Precision Agriculture. ASA Misc. Publ., ASA, CSSA, and SSSA, Madison,WI, 2001.

Hindický, M. 2007. Elektrická vodivosť ako faktor produkčnej schopnosti pôdy (unpublished MSc thesis). Slovak University of Agriculture in Nitra. Nitra. 82 p.

Kesmez, D., Suarez D. L., Lesch S.M., Ünlükara A. ve Yurtseven E. 2008. Tarım Alanlarında Tuzluluğun Belirlenmesinde Yeni Yaklaşımlar. DSİ Sulama-Tuzlanma Konferansı Ş.Urfa, 12-13 Haziran 2008. Bildiri kitabı s.207-218,

Ş.Urfa, 2008.
Lahoche F., Godard C., Fourty T., Lelandais V., Lepoutre D. 2002. A Multi Sensor Approach for Generating In field Pedological Variability Maps. 6. International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management; 2002/07/14, 2002/07/17; Minneapolis (Etats-Unis).
Lamb, D. W., Mitchell, A., Hyde, G. 2005. Vineyard Trellising Comprising Steel Posts Distorts Data from EM Soil Surveys. Aust. J. of Grape & Wine Res., 11: 24 - 32.
McNeill, J.D.; 1980. Electromagnetic Terrain Conductivity Measure Ment at Low Induction Numbers. Tech.Note TN-6. Geonics Limited, ReMississauga, ON, Canada.
Norman, C. P. 1990. Training Manual on the Use of the EM38 for Soil Salinity Appraisal. Technical report series no. 181, April 1990. Department of Agriculture and Rural Affairs, Institute of Sustainable Irrigated Agriculture. Tature, VIC, Australia. pp. 32.
Oğuz, H. 2008. Toprak Bilgisi Ders Notu.
Petersen M. L. 2001. Use of Electromagnetic Induction Tools In Salinity Assessment/Appraisals In Eastern Colorado, USDA-Natural Resources Conservation Service, Greeley, CO, 2001.
Sheets, K.R., Hendrickx, J.M.H. 1995. Noninvasive Soil Water Content Measurement Using Electromagnetic Induction. Water Resources Research. Vol. 31 No. 10, 2401- 2409.
Sudduth K.A., Kitchen N. R., Bollero G.A., Bullock D. G., and Wiebold W. J. 2003. Comparison of Electromagnetic Induction and Direct Sensing of Soil Electrical Conductivity, Agronomy Journal, vol. 95, May–June 2003.
Weiterman G. 2002. EM38 Study for IHARF Precision Farm, P. Ag., Supervisor, Agro Environmental Unit, Sask Water, Box 1000, Outlook, Sask. S0L 2N0, February 8, 2002.
Williams, B.G. and Hoey, D. 1987. The Use of Electromagnetic Induction to Detect the Spatial Variability of the Salt and Clay Contents of Soils. Australian J. Soil Res. 25:21-27.
Vatandaş, M., Güner, M ve Türker, U. 2005. Hassas Tarım Teknolojileri. Ziraat Mühendisliği VI.Teknik kongresi. 3-7 Ocak 2005, sayfa: 347-365.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Uğur YEGÜL

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 25.08.1983

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ankara Cumhuriyet Lisesi (2001)

Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri (2007)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri (2010)

Katıldığım Kurslar ve Seminerler

Netcadkampüs Cyberpark, NetCAD 5.1 GIS 'nk001a-Coğrafi Bilgi Sistemleri Sertifikası 2009

International Certification & Auditing Co. Ltd (CTR), ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi Sertifikası(2009)

Ankara Büyük Şehir Belediyesi MasterCAM Sertifikası(2008)

Ankara Üniversitesi Enformatik Bölümü Bilgisayar Eğitimi Programı Sertifikası (2003)