

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TDR CİHAZININ KALİBRASYONUNUN YAPILMASI VE SULAMA
OTOMASYONUNA UYGUN HALE GETİRİLMESİ**

Ferhat KÜP

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2009**

Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM danışmanlığında, Ferhat K p' n hazırladığı “TDR Cihazının Kalibrasyonunun Yapılması ve Sulama Otomasyonuna Uygun Hale Getirilmesi ” konulu bu çalışma 02.02.2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM

 ye: Doç. Dr. Refik POLAT

 ye: Yrd. Doç. Dr. Ergün DOĞAN

Bu tezin Tarım Makinaları Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim BOLAT
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde  zg n ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, izelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel	1
1.2. Bitkilerde Suyun Önemi	2
1.2.1. Sulama yöntemleri	3
1.2.1.1. Damla sulama	4
1.3. Dünya ve Türkiye’de Seracılık	5
1.3.1. Dünya’da seracılık	6
1.3.1.1. Serin iklim kuşağındaki ülkeler	6
1.3.1.2. Ilıman iklim kuşağındaki ülkeler	6
1.3.1.3. İki İklimin Egemen Olduğu ülkeler	7
1.3.2. Türkiye’de seracılık	7
1.4. Sulamanın Otomasyonunda Kalibrasyon	8
1.5. Çalışmanın Amacı	9
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM	14
3.1. Materyal	14
3.1.1. Nem sensörü	15
3.1.2. Operational amplifier (OPAMP)	16
3.1.3. Nem kontrollü TDR	16
3.1.3.1. TDR ölçüm sisteminin avantajları	18
3.1.4. Torf kumu	18
3.1.5. Su pompası	19
3.2. Yöntem	19
3.2.1. Time domain reflectometry (TDR) cihazı ve kalibrasyonu	19
3.2.3. Torf kumu	21
3.2.4. Su pompası kullanılarak damla sulamanın yapılması	21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	22
4.1. TDR Cihazının Kalibrasyonu	22
4.2. Sabitleme noktalarında elde edilen değerler	23
4.2.1. Birinci duraklama değerinde elde edilen değerler	24
4.2.2. İkinci duraklama değerinde elde edilen değerler	25
4.2.3. Üçüncü duraklama değerinde elde edilen değerler	26
4.3. Duraklama Devrelerinde Elde Edilen Değerlerle Kalibrasyondan Elde Edilen Değerlerin (t) İstatistik Hesabı yapılarak İncelenmesi	27
4.3.1. İlk duraklama değeri için (t) istatistik hesabının yapılması	28
4.3.2. İkinci duraklama değeri için (t) istatistik hesabının yapılması	28
4.3.3. Üçüncü duraklama değeri için (t) istatistik hesabının yapılması	29
4.4. Ki kare uygunluk testi ile çıkan değerlerin karşılaştırılıp yorumlanması	29
4.4.1. İlk duraklama devresi değerleri için ki kare testi	30
4.4.2. İkinci duraklama devresi değerleri için ki kare testi	31
4.4.3. Üçüncü duraklama devresi değerleri için ki kare testi	32
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	33
5.1. Sonuçlar	33
5.2. Öneriler	35
KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	40
ÖZET	41
SUMMARY	43

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

**TDR CİHAZININ KALİBRASYONUNUN YAPILMASI VE SULAMA OTOMASYONUNA
UYGUN HALE GETİRİLMESİ**

FERHAT KÜP

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM

Yıl: 2009, Sayfa:44

Bu çalışmada, bitkilerde yanlış sulamaya bağlı olarak ortaya çıkan sorunları ve optimal seviyede sulamanın avantajları araştırılmıştır. Tarımsal sulamada özellikle sera, bahçe ve saksı toprağı olarak bilinen torf kumu temel alınarak, sulama otomasyonunun gerçekleştirilmesi için gerekli kalibrasyonlar yapılmıştır. TDR (Time Domain Reflectometry) cihazının sulama otomasyonuna uygun hale getirilmesi için, damla sulama yapan su pompasının nem değerlerine göre otomatik çalışması, cihaza entegre edilen ayarlı dirençler ve röle sistemi ile sağlanmıştır. Kalibrasyon değerleri ile otomasyondan elde edilen değerler arasında uygunluk olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, toprak su içeriğinin ölçülmesinde kullanılan TDR nem sensörlerinin kullanımı hem kolay hem de diğer sistemlere kıyasla daha ucuzdur. İncelenen bu sistemin farklı toprak cinsleri için de uygulanabilir olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: TDR, Toprak Su İçeriğı, Torf, Sulama

ABSTRACT

MSc Thesis

**THE CALIBRATION OF THE TDR DEVICE AND ITS OPTIMISATION FOR IRRIGATION
AUTOMATIONS**

Ferhat KÜP

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Machinery**

**Supervisor: Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM
Year: 2009, Page:44**

In this study, problems which are arising from wrong irrigation and advantages of optimum level watering have been researched. Needed calibrations that for performing irrigation automation at the agricultural watering, particularly by means of taking as a base the torf sand which is known as greenhouse, garden and flowerpot soil, were carried out. In order to made suitable of TDR (Time Domain Reflectometry) device for watering automation, automatically working of water pump performing drip irrigation according to the humidity values was provided via integrated adjusted resistances and relay system to device. Compatibility was determined between value of calibration and values obtained from automation. As a result, usage of TDR humidity sensors which are used for soil water content measurement is both easier and cheaper than other systems. It has been seen that, this examined system can be applied for different types of soils too.

KEY WORDS: TDR, Soil Water Content, Torf, Irrigation

TEŞEKKÜR

Tez konumun seiminden, araştırmanın y¼r¼t¼lmesi ve değerlendirilmesine kadar, her konuda yardımcı olan değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Ramazan SAğLAM'a, tezimin incelenmesi ve değerlenmesinde her t¼rl¼ yardımı sağlayan Doç. Dr. Murat KAIRA'ya Harran Üniversitesi Ziraat Fak¼ltesi Tarım Makinaları B¼l¼m¼nde Araştırma G¼revlisi olan arkadaşım İbrahim TOBİ'ye, istatistikİ değerlendirmelerin yapılmasında destek sağlayan Doç. Dr. Abdalbaki BİLGİ'e, tezimin d¼zenlenmesinde her t¼rl¼ yardımı sağlayan Öğr. Gör. Vehbi BALAK'a, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen arkadaşım Öğr. Gör. Serkan KAYA'ya, Enstit¼n¼n çalışanlarına,

Çalışmalarımın her aşamasında bana destek olan eşime;

Teőekk¼r ederim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. Türkiye’de Seraların Dağılımı (Anonim,2008).....	8
Çizelge 4.1. TDR (Time Domain Reflectometry) cihazının kalibrasyonu için kullanılan değerler	22
Çizelge 4.2. 935 mV’de sabitlenmiş sulama değerinde elde edilen sonuçlar	24
Çizelge 4.3. 320 mV değerinde sabitlenmiş noktada bu değere ulaşana kadar elde edilen sonuçlar	25
Çizelge 4.4. 820 mV değerinde sabitlenmiş noktada bu değere ulaşana kadar elde edilen sonuçlar	26
Çizelge 4.5. İlk duraklama devresinde çıkan sonuçlarla kalibrasyondan elde edilen sonuçların	
(t) istatistik değeri hesabı	28
Çizelge 4.6. İkinci duraklama devresinde çıkan sonuçlarla kalibrasyondan elde edilen	
sonuçların (t) istatistik değeri hesabı.....	28
Çizelge 4.7. Üçüncü duraklama devresinde çıkan sonuçlarla kalibrasyondan elde edilen.....	
sonuçların (t) istatistik değeri hesabı	29
Çizelge 4.8. İlk duraklama devresinde çıkan sonuçlarla kalibrasyondan elde edilen sonuçların ki kare	
uygunluk testinin yapılması.....	30
Çizelge 4.9. İlk duraklama devresinde çıkan sonuçlarla kalibrasyondan elde edilen sonuçların ki kare	
uygunluk testinin yapılması.....	31
Çizelge 4.10. İlk duraklama devresinde çıkan sonuçlarla kalibrasyondan elde edilen sonuçların	
kikare uygunluk testinin yapılması.....	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. TDR kullanılarak geliştirilecek olan sistemin çalışmasının şematik olarak gösterilmesi.....	14
Şekil 3.2. TDR Cihazının ve su pompasının şekli.....	15
Şekil 3.3. OPAMP'ın Karşılaştırıcı Şekilde Kullanılması	16
Şekil 3.4. Tasarlanan sistem blok şeması	16
Şekil 3.5. TDR (Time Domain Reflectometry) cihazının teknik devre şeması.....	17
Şekil 4.1. TDR (Time Domain Reflectometry) cihazının kalibrasyonu	23
Şekil 4.2. 935 mV değerine göre TDR-Q değişimi	24
Şekil 4.3. 320 mV duraklama değerine göre TDR-Q değişimi	25
Şekil 4.4. 820 mV duraklama değerine göre TDR-Q değişimi	26

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Altı bin yıl önce Mezopotamya'ya yerleşen insanlar, yeni bir tarım yöntemi geliştirdiler. Sümerler olarak bilinen bu göçmenler hendekler kazdılar ve Fırat nehrinin suyunu tarlalarına yönlendirerek sulu tarımı başlatmış oldular. Bu da bize tarih boyunca tatlı su kaynaklarının insanlık için önemini göstermektedir. Günümüzde de bu önem giderek artmaktadır.

İnsanlar, her geçen gün kendi yaşamı için gerekli tüm kaynakları tüketmektedir. Bu kaynakların içinde şüphesiz en önemlisi sudur. Yeraltı su düzeylerinin inanılmayacak derecede hızla düşüşü, suların akıl almaz derecede kirlenmesi, birçok akarsuyun denize ulaşmadan kaybolup gitmesi, sanayide ve tarımda su kullanımının son derece artması suyun önemini her geçen gün daha fazla arttırmaktadır. Bütün bunların sonucunda su kaynakları için rekabet, uluslararası düzeyde güncel hale gelmiştir. Bu tehlikeli gidişin önüne geçmek için, kaynaklarımızı daha uzun süre, daha verimli ve hatta geri dönüşümü mümkün olacak şekilde kullanma gereğinin bilincine varılmaya başlanmıştır.

Tarımsal sulama sistemlerinin geliştirilmesi sonucunda elde edilen pozitif sonuçlar dünyadaki tüm canlılar için çok büyük bir önem oluşturmaktadır. Çünkü geleceğin en önemli konusu sınırlı kaynakları en verimli şekilde kullanabilmek olacaktır. Bundan dolayı sulu tarımda, sulama suyu gereksiniminin belirlenmesi ve sulama sistemlerinin planlanması gerekmektedir.

1.2. Bitkilerde Suyun Önemi

Bitkilerde su ihtiyacının karşılanması üç şekilde ifade edilebilir. Bitkilerin ihtiyacı olan sudan daha az suyu almaları, ihtiyacı olan sudan daha fazla suyun bitkilere verilmesi ve ihtiyacı kadar suyun bitkilere verilmesidir.

Sulama bitkinin ihtiyacı olan sudan daha az olduğunda bitkide solma ve daha sonra bitkinin ölümü şeklinde istenmeyen durumlar ortaya çıkabilir. Sıcak ve kurak bir günde kökleri suyu bulamayan bitkinin ne durumda olabileceğini düşünüldüğünde, terleme ve ardından da fotosentez ile kullanılan suyun yerine yenisi gelemeyince bitki solmaya başlar. Su kaybı ileri derece de artarsa, buna bağlı olarak solma olayı da o derece fazla olur. Bitki, köküne su gelmediğinde, genellikle yapraklarının alt tarafında bulunan stomalarını suyun basıncı ile kapatır. Bu durum, su kaybını bir miktar önleyebilir. Ancak kökün uzun süre susuz kalması durumunda kök ölmeye başlayacaktır. Bir müddet sonra kökün canlılığını yitirmesi, gövdeye ve yapraklara da taşınacak, sonuçta bitki tümüyle kuruyup ölecektir.

Sulama bitkinin ihtiyacı olan sudan daha fazla olursa tuzlaşma dediğimiz olay meydana gelir. Tuzluluk; özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yıkanarak yeraltı suyuna karışan çözünabilir tuzların yüksek taban suyuyla birlikte kapilarite yoluyla toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşma sonucu tuzun toprak yüzeyinde birikmesi olayıdır. Tuzlulaşma, bitkinin fizyolojik aktivitelerini gerçekleştirmesine kötü yönde etki yapar.

Tuzlulaşmanın getirmiş olduğu zararlar şunlardır:

- Toprak yüzeyinde ve altında tuz birikmesine neden olur,
- Bitki gelişimine zarar verir,
- Zehir etkisi yapar,
- Bitkide su açığı yaratır,
- Maliyeti arttırır,
- Çevreye zarar verir ve
- Ürün kalitesi ve verimindeki azalışa bağlı olarak geliri azaltır.

Optimal seviyede sulama yapılırsa direkt ve endirekt olarak birçok faydalar ortaya çıkacaktır. Bunlardan bazıları şunlardır.

- Enerji tasarrufu sağlar (Sulama için gereken elektrik, su ve diğer girdilerde azalma olur)
- Çevre kirliliğini azaltır
- Bitki gelişiminin daha iyi olmasını sağlar
- Toprak verimliliğinde azalma meydana gelmez
- Sulama için gereken insan gücü azalır
- Karlılık oranı artar

1.2.1. Sulama yöntemleri

Sulamanın genel amacı, optimum bitki gelişimini sağlamak için doğal yollarla karşılanamayan bitki kök bölgesindeki suyu, toprakta yeterli miktarda depolamak ve böylece bitki su stresini azaltmaktır.

Buna göre, uygun sulama yönteminin seçimi ile birlikte, sulama zamanı ve uygulanacak sulama suyu miktarını belirleyen sulama programlarının hazırlanması önem kazanmaktadır.

Sulamanın programlanması: mevcut toprak, bitki ve iklim koşullarına göre yapılması gereken sulama sayısının, her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarının ve sulama aralığının saptanması olarak tanımlanmaktadır.

Su: bitkilerin fizyolojik etkinliklerini normal olarak devam ettirebilmeleri ve bitki hücresi membranlarında besinlerin taşınımını devam ettirebilmeleri için gerekli hayati bir elementtir. Bitki sıcaklığı, bitkilerin güneş ışınımı, hava sıcaklığı, rüzgar hızı, hava nemi ve topraktaki su miktarı gibi çevresel iklim etmenleri ile olan etkileşimin direk bir göstergesidir.

Bitkilerin su ihtiyacının ve sulama zamanının belirlenmesine yönelik birçok araştırmacı farklı çalışmalar yapmışlardır.

Bitki su sıcaklığının bitki transpirasyonu (Yang, 1988; Al-Shooshan ve ark., 1991; Seginer, 1994), yaprak su basıncı (Clark ve Hiler, 1973; Ehrler ve ark., 1978) ve topraktaki su eksikliği (Choudhury ve Idso, 1984) ile olan ilişkisi yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmalar sonucunda, bitki sıcaklığının azalan bitki transpirasyon, yaprak su basıncı ve artan toprak su potansiyeli ile arttığı belirlenmiştir. Bitki su stresi niceliksel olarak, bitki tacından, bitkinin değişik kısımlarından veya topraktan yapılan nokta ölçümleri ile değişik teknikler kullanılarak ifade edilmeye çalışılmıştır.

Örneğin, basınç odası tekniği ile yaprak su basıncı (Oosterhuis ve ark., 1987; Laker ve ark., 1987; Rana ve ark., 1998), porometre ölçümleri ile stomata difüzyon direnci (Idso ve ark., 1981; McDermit,1990), bitki özsuyu akışı ölçüm aleti (sap flow meter) ile transpirasyon oranı (Smith ve Allen, 1996; Cohen ve li,1996), dendrometre ile bitki sap çapı değişimi (McBurney ve Costigan, 1988; Calado ve ark., 1990), tansiyometre ile toprak su potansiyeli (Abdel-Rahman ve ark., 1994; Sinclair ve ark., 1998) ölçümleri yapılarak bitki su stresi belirlenmeye çalışılmıştır.

Bitki yapraklarından oluşan terlemenin bitki yapraklarını serinletmesi ilkesine dayanan kızılötesi sıcaklık ölçme tekniği (infrared thermometry) ile bitkilerdeki su stresi miktarını belirten bitki su stresi indeksi bitkiye temassız olarak ta belirlenebilir olduğu (Kacira, 2000) tarafından belirlenmiştir.

Gelişen teknoloji ile birlikte sulama otomasyonunda çok daha değişik yöntemler kullanılmaktadır. Çalışmamızda elektromanyetik yansıma yöntemiyle çalışan toprağın hacimsel su içeriğini ölçen Time Domain Reflectometry (TDR) cihazı kullanılmıştır.

1.2.1.1. Damla sulama

Sera, bahçe ve saksı tipi üretim yöntemlerinde en fazla tercih edilen yöntem damla sulama sistemidir.

Damla Sulamada temel prensip bitkinin günlük su ihtiyacını bitkide aşırı bir su isteği yaratmadan damla şeklinde verilmesidir. Damla sulama metodunda sulama suyu ile birlikte bitki besin ihtiyacını karşılamak için kimyevi gübre uygulamasında her gün veya 2–3 günde bir yapılabilir. Böylece verimde ve kalitede önemli ölçüde artış sağlamak mümkün olur.

Diğer sulama yöntemlerine göre birçok üstünlükleri vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

- a) Sulama randımanı çok yüksektir
- b) Az su ile daha bol ve daha kaliteli ürün alınır
- c) Sulama işçiliği en az düzeydedir
- d) Toprak yüzeyi tamamen ıslatılmadığından, yabancı otların, hastalık ve zararlıların gelişmesi engellenmiş olur. Böylece bakım masrafları düşer.
- e) Sulama sırasında veya sulama sonrasında, diğer sulama yöntemlerinin aksine, sera içerisinde çalışma olanağı bulunur.
- f) Düşük kaliteli sulama suları kullanılabilir.
- g) Sulama suyu ile birlikte, gübreleme ve toprak ilaçlaması da yapılabilir.

Bir damla sulama sistemi genel olarak su kaynağından başlayarak:

- a) Kontrol ünitesi
- b) Ana boru hattı
- c) Yan boru hattı
- d) Lateral boru hattı
- e) Damlatıcılardan oluşmaktadır.

Kontrol ünitesi; pompa, basınç düzenleyici, filtreler, gübre tankı ve vanalardan oluşmaktadır.

Sistemin en önemli unsurlarından birisi de Lateral hattı ve damlatıcılardır. Lateral boru hattı basınçlı suyu damlatıcılara taşır. Suyun basıncı damlatıcılarda kırılır ve çıkışta sıfıra düşer. Böylece damlama olayı gerçekleşir.

Damla sulama sistemi ile verilecek su miktarı bitkinin isteğine bağlı olarak basınç-damlatıcı debisi çalışma süresi ilişkisinden yararlanılarak ayarlanır.

1.3. Dünya ve Türkiye’de Seracılık

Sera, iklimle ilgili çevre koşullarına, tümüyle veya kısmen bağlı kalmadan gerektiğinde sıcaklık, ışık, nem ve hava gibi etmenler denetim altında tutularak bütün yıl boyunca çeşitli kültür bitkileriyle bunların tohum, fide ve fidanların üretmek, bitkileri korumak, sergilemek amacıyla cam, plastik v.b. ışık geçirebilen malzeme ile

kaplanarak değişik şekillerde yapılan, yüksek sistemli bir örtü altı yetiştiriciliği yapısıdır. Bu tür tesislerin bulunduğu işletmelere "sera işletmesi" denir.

Sera, şu anda ülkemizde işsizliği azaltan, daha fazla ürün alınmasını sağlayan nüfusu kırsal kesimde tutarak çarpık şehirleşmeyi önleyen önlemlerin ilki olarak görülmektedir. Ayrıca taze sebze ve çiçek, tarlada ve bahçede yılın her mevsiminde yetiştirilemez. İnsan sağlığı yönünden sebzelerin her mevsimde taze olarak yenilmesi gerekmektedir. Sebzelerin insan sağlığı yönünde önemi, içinde bulunan vitaminler, hormonlar, bazlar, mineral ve biyokimyasal maddelerden dolayıdır. Sebzelerin çeşitli şekillerde saklanarak yetiştirme mevsiminin dışında tüketilmesi bir ölçüde çözüm olabilse de, derin dondurucuda dondurulan, soğuk hava depolarında saklanan, konserve yapılan veya kurutulan sebzeler, tazesine göre birçok özelliğini kaybetmesine neden olmaktadır.

1.3.1. Dünya’da seracılık

Günümüzde uluslararası seracılığa bakacak olursak, seraların dünya üzerinde geniş bir yayılma alanı olduğunu görürüz. Bu geniş yayılma alanı üzerinde ekolojik etmenler ve sera teknolojisinin oldukça farklı olduğu görülmektedir.

Bu nedenle, sera yetiştiriciliği yapılan ülkeleri farklı enlem dereceleri ve farklı sera teknolojileri göz önüne alınarak şöyle sınıflandırmamız mümkündür.

1. Serin iklim kuşağındaki ülkeler,
2. Ilıman iklim kuşağındaki ülkeler,
3. İki iklimin egemen olduğu ülkeler,

1.3.1.1. Serin iklim kuşağındaki ülkeler

Bu kuşakta yer alan başlıca Avrupa ülkelerinden Hollanda, İngiltere, Danimarka, Almanya, Romanya ve Bulgaristan. Hollanda bu ülkeler içinde 10.000 ha cam sera alanı ve üretim tekniği yönünden en başta gelen ülkedir.

1.3.1.2. Ilıman iklim kuşağındaki ülkeler

Bu kuşakta yer alan ülkelerin elverişli ekolojik koşulları, seracılığın kârlı olarak yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ortalama sıcaklıkların özellikle kış

aylarında yüksek olması, seralarda en büyük girdi olan ısıtma masraflarını azaltması nedeniyle, bu ülkelerde sera alanları hızla artmaktadır. Bu iklim kuşağında Akdeniz'e kıyısı bulunan ülkelerde bulunmaktadır, İspanya, Türkiye, İtalya, Yunanistan, İsrail gibi ülkeler bu kuşakta yer almakta ve bunlar" içinde ülkemizin sera kurmaya uygun çok büyük bir potansiyeli vardır.

1.3.1.3. İki İklimin Egemen Olduğu Ülkeler

Bu ülkelerde ortak olan özellik cam ve plastik seraların bir arada oluşudur. Akdeniz ülkelerinde seralarda bu özellikte olmasına karşılık, bu ülkelerin içinde ABD ve Japonya'da plastik seralarda da yüksek teknoloji uygulanmaktadır.

Bütün dünyada sera ısıtılmasında gerekli olan büyük masraflar nedeniyle sera işletmeciliği soğuk bölgelerden ılıman bölgelere doğru, kış aylarında mevsimin uygun olduğu ve ısıtma masrafının düşük olduğu yörelere doğru kaymaktadır. Bu nedenle, sera işletmeciliği için 30-40 enlem dereceleri arasındaki ülkeler daha elverişli duruma gelmektedir. Çünkü 30. enlem derecesinin altına inildiğinde fazla sıcaktan seralarda soğutma, 40. enlem derecesinin üzerine çıktığında ısıtma masrafları yükselmektedir.

1.3.2. Türkiye'de Seracılık

Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2006 verilerine göre Türkiye'de 49 bin 741 hektar alanda örtüaltı yetiştiricilik yapılıyor. Bunun 25 bin 32 hektarı sera, 25 bin 709 hektarlık alanı ise plastik tünellerden oluşuyor.

Cam ve plastik seraların yüzde 86'sı Akdeniz, yüzde 11'i Ege Bölgesi kıyı şeridinde yer alıyor. Türkiye'deki seraların yarısından fazlası (yüzde 57) Antalya'da, yüzde 28'i Mersin ve yüzde 7'si Muğla'da. İzmir Dikili'de jeotermalin yaygın olarak kullanıldığı Organize Seracılık Bölgesi en modern tesislerin kurulduğu alanlardan birisidir. Bu dağılım göstermektedir ki, Türkiye'de seracılık kış aylarının en sıcak geçtiği Akdeniz yöresinde toplanmıştır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Türkiye’de Seraların Dağılımı (Anonim,2008)

İller	Alan (da)	%	Cam (da)	PE(da)
Antalya	51.194	60.0	13.176	38.018
Mersin	19.939	23.4	1.068	18.871
İzmir	2.120	2.5	293	1.827
İstanbul	782	0.9	117	665
Muğla	9.642	11.3	1.050	8.592
Diğerleri	1.654	1.9	126	1.528
Toplam	85.331	100.00	15.830	69.501

1.4. Sulamanın Otomasyonunda Kalibrasyon

Kalibrasyon bir ölçü aleti veya ölçme sisteminin gösterdiği veya bir ölçüt/ölçeğin ifade ettiği değerler ile ölçülenin bilinen değerleri arasındaki ilişkinin belli koşullar altında belirlenmesi için yapılan işlemler dizisidir. Uzunluk, ağırlık, sertlik, elektrik direnç vb. gibi herhangi büyüklüklerin ölçümlerini yapan aletlerin kabul edilen bir ölçüte göre ayarlarının yapılması ve hata sınırlarının belirlenmesi olarak anlaşılır.

Kalibrasyon işleminde, kalibre edilen ölçü aletinin hata miktarı, kendisinden daha yüksek doğruluklu (en az 3 kat), bir ölçü aleti referans alınarak belirlenir. 0 Referans alınan ölçü aletlerinin kalibrasyon sertifikası üzerinden ulusal veya uluslararası temel referanslara kesintisiz bir kıyaslamalar zinciri ile bağlanması (izlenebilirlik) gerekir. Böylelikle kalibre edilen ölçü aletinin de temel referanslarla izlenebilirliği sağlanmış olur ki bu kalibrasyon işleminin geçerliliği için en önemli şarttır.

Amaç istenen kalitenin sağlanması için, kaliteyi doğrudan etkileyen noktalarda yapılan ölçümlerin her zaman belli bir doğrulukta olması gerekir. Kullanıcılar bu noktalarda ölçüm yapan ölçü aletlerini seçerken ve kullanırken ihtiyaç duyulan doğruluğu göz önüne almak zorundadır. Kullandığı ölçü aletinin

amaçladığı kalite için gereken doğruluğa sahip olup olmadığını ise ancak kalibrasyon testleri ile belirleyebilir.

Kalibrasyonun sonucu, ölçüt/ölçeğin, ölçü aletinin veya ölçme sisteminin hatasını kestirmeye veya alelade bir skalanın işaretlerine değerler verilmesine olanak sağlar.

Kalibrasyon işlemi başka metrolojik özellikleri de belirleyebilir.

Kalibrasyon sonucu, kalibrasyon sertifikası veya kalibrasyon raporu adı verilen bir doküman ile kaydedilebilir.

Kalibrasyon sonucu bazen, bir kalibrasyon faktörü veya bir kalibrasyon eğrisi şeklindeki bir dizi kalibrasyon faktörü olarak ifade edilebilir.

1.5. Çalışmanın Amacı

Bitkilerin bünyelerine almış oldukları suyun sadece %2' si fizyolojik aktivitelerini devam ettirmek için kullanılır ve %98'lik kısmı ise transpirasyon yolu ile atmosfere bırakılır. Bitkilerde sulamanın otomasyonu için öncelikle sulama zamanının bitkilerden alınacak ölçümlere göre belirlenmesi gerekmektedir.

Yapılacak olan bu çalışmada belli bir zaman aralığında bitkilerin tüketmiş oldukları su miktarını belirleyip su ihtiyacına göre sulamayı otomasyonlu hale getiren TDR tekniği kullanımı geliştirdik. Geliştirilecek olan sistemin seralarda kullanılmakta olan geleneksel sulama sistemlerine alternatif olarak kullanılması düşünülmektedir.

TDR nem sensörleri topraktaki nem oranlarına göre değişik birimlerde çıkış verebilen elektronik devre elemanlarıdır. Birçok çeşitleri olmasına karşın kapasite özelliği taşıyan tipin bu uygulamaya daha uygun olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada topraktaki nemi “TDR nem sensörü” tarafından alınarak multimetreye aktarılmakta ve multimetre gerilim değerine göre röle yardımıyla sulama motorunun kontrolü yapabilmekte veya çalışma/durma gerçekleştirmektedir. Bu sayede tam otomatik sulama gerçekleşmektedir. Tam otomatiktan anlatılmak istenilen; şimdiki sulama sistemlerinin elle kontrolünü kaldırmak ve topraktaki nem değişimine göre sulama motorunun çalışmasını veya durmasını kontrol etmek kastedilmiştir.

Bitkilere aşırı sulama yapmak üretimdeki maliyeti arttıran önemli bir unsurdur. Sulama zamanının bitki tepkimesine bağlı olarak yapılan ölçümlere dayanarak ve otomatik olarak yapılması daha bilinçli ve kaliteli bir üretim yapmak, kaynak kullanımını (su, gübre ve elektrik vb.) en aza indirerek maliyeti azaltmak ve daha az gübre ve kimyasal maddenin kullanımına olanak sağlayarak çevre kirliliğini önlemek için önemlidir. Özellikle seralarda bitkilerin ihtiyacından fazla su vermek ortamdaki nemi önemli ölçüde arttırarak mantari hastalıkların ortaya çıkmasına neden olabileceği gibi, ortamdaki nemi havalandırma veya serayı ısıtma yolu ile nemi düşürme işlemine sebebiyet verir, bu da daha fazla enerji kullanımı anlamına gelmektedir.

Bu çalışma sonucunda geliştirilecek olan sistem bitki su stresini (sulamanın zamanını) bitkiden ve topraktan aldığı ölçümlere göre belirleyeceği için bir alarm sistemi olarak görev yapacaktır. Bu sistem sayesinde öncelikle bitki su stresi belirlenmesi amaç edinilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tülün (2005), toprak su içeriğinin belirlenmesinde son zamanlarda yaygın bir şekilde kullanılan TDR (Time Domain Reflectometry) aletinin, farklı toprak tekstürlerinde kalibrasyon çalışmasını yapmıştır. Bu amaçla Çukurova bölgesinde yaygın olan toprak tekstür sınıflarına (C, CL, SiC, SCL, L, SL, S) ait alanlardan alınan örnekler hacim ağırlıklarına uygun şekilde kasalara yerleştirmiştir. Söz konusu kasalardan çeşitli zaman dilimlerinde (farklı toprak su içeriklerinde), TDR aleti ve paralelinde alınan gravimetrik örneklerle kalibrasyon çalışması yürütmüştür. Kalibrasyon sonuçlarının grafiksel değerlendirilmesi sonucu, gerçek toprak su içerikleri ile TDR aletinin ölçümleri uyumlu seyir izlediğini saptamıştır. Ancak, toprak su içeriğinin doygunluk düzeylerine yaklaşması durumunda, alet uyumlu sonuçlar vermediği, ayrıca toprakta % kil ve organik madde içeriğindeki artış TDR'nin ölçümlerinde hata payı artışına neden olduğunu belirlemiştir.

Koçak (2002), Toprak nem değerinin ölçülmesi amacıyla farklı tekstürel özelliklere sahip 3 tip toprak çeşidi üzerinde laboratuvar koşullarında yaptığı bir çalışmada, toprak nemini algılamak ve değerlendirmek için tansiyometre, toprak nem ölçme bloğu ve frekans etkili nemölçer kullanmıştır. Daha güvenilir ve hızlı cevap verme süresine sahip frekans etkili nem ölçerin, diğer iki algılayıcıya oranla sulama otomasyonu açısından daha uygun olduğunu belirlemiştir.

Tanrıverdi (2005), tarımsal sulamada TDR'ın kullanılması için TDR cihazını farklı tip topraklar için kalibre etmiştir. Araştırma verileri, Wiggins, Colorado'da 2002 yılı yetiştirme döneminde bir mısır tarlasından toplanılmıştır. Mısır 0,76 m sıra aralığıyla ekilmiştir. Center Pivot sulama sistemi bütün tarlaya yaklaşık olarak aynı su miktarını (74 cm) sağlamaktadır. Bu nedenle, değişik toprak bünyeleri içerisinde farklı verim değerleri oluşturulmuştur. TDR ve toprak örneği alma yöntemi kullanılarak seçilmiş 15 çalışma noktası için hacimsel su içeriği değerlerini tespit etmiştir. Veri alma yöntemleri elektriksel iletkenlik haritaları esas alınarak yapılmıştır. Her bir nokta için TDR çubukları 30 ve 70 cm derinliğinde yerleştirilmiştir. TDR okumalarının kalibrasyon yöntemleri ile ilgili en iyi yöntemin farklı tip toprak örnekleri olduğu anlaşılmıştır. Sonuç olarak TDR aletinin kullanımının güvenilir ve doğru sonuçlar vermesi nedeni ile toprak su içeriğinin

ölçülmesinde kabul edilebilir bir yöntem olduğu araştırmacı tarafından ortaya konmuştur.

Inoue ve ark. (2000), TDR çubuklarını toprak yüzeyine yakın olan nem düzeyini tahmin etmek için geliştirmişlerdir. Bıçak şeklinde (K) ve yüzeysel (S) tipleri olarak iki tip tasarlamışlar ve bunların performanslarını basit çubuk tip problemlerle kıyaslayarak incelemişlerdir. İki paralel bıçak şeklinden oluşan K tip probu toprağı sökmeden toprak yüzeyinin sığ bölgelerinde hareket ettiğini, buna karşın S tip probu iki paralel köşeleri (elektrotlar) ile bir kızak gibi görüldüğünü ve toprak yüzeyi boyunca düzgün bir şekilde kayabileceğini belirtmişlerdir. Bu prob elektrotları çevresindeki elektromanyetik alanın yarısından daha az bir kısmını algıladığını saptamışlardır.

Noboria (2001), TDR'ın en son gelişmeleri ile birlikte bir tekli prob kullanarak toprağı en az seviyede dağıtarak aynı anda toprak su içeriği ve elektrik iletkenliğini elde etmiştir. Gözenekli tabakada çözünen madde ile su iletimi üzerine yapılan çalışma TDR kullanılarak geliştirilmiştir. Bu yeni incelemede elektriksel iletim ve su içeriği için teorik ön bilgilerin üzerine farklı tip problemlerin karakteristiklerini incelemiştir.

Bitelli ve ark. (2007), TDR'ın kullanılmasının temel sorunu toprak su içeriğindeki ihmal edilebilir nem kayıpları olduğunu belirtmişlerdir. TDR hacimsel elektrik iletkenliği ile su içeriği arasında kurduğu bağlantı ile toprak su içeriğini en yüksek doğruluk oranında gösterebilmektedir. Toprak su içeriğinin bağımsız bir metod olarak değerlendirilmesi için kuru fırın gravimetrik su içeriği kullanmışlardır.

Schaap ve ark. (1996), farklı orman zeminlerindeki toprak su içeriğinin gözlenmesinde TDR cihazından faydalanmışlardır. Beş farklı orman zemininden alınan 25 farklı organik orman toprak örneği üzerinde TDR kalibrasyonu gerçekleştirmişlerdir. Ortaya çıkan yansımalarından hacimsel su içeriğinin tahmin edilebilmesi için doğrusal regragasyon kullanmışlardır. Sınır suyunun mevcut olmasına rağmen, kırıcı karıştırma modeli ile elde edilen teoriksel değerlerden kalibrasyon düz parametrelerinin tahmin edilebileceğini belirlemişlerdir. Farklı orman zemini materyalleri için kalibrasyon parametrelerini saptamışlardır. Yüksek bir hata payına müsaade edildikten sonra ortaya çıkarılan kalibrasyon eğrisi ile yakın uyuşan genel kalibrasyon eğrisini gerçekleştirmişlerdir. Organik madde, artık su ve

sıcaklık etkilerinin tahlilinde bunların kalibrasyon parametreleri üzerinde ihmal edilebilir bir etki yaptığını hata analizleri ile göstermişlerdir. Organik maddelerin azalma süresi hem hacimsel su içeriğine hem de TDR 'ın yansıma süresine önemli bir şekilde etki ettiği araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

Wraith ve Das (1998), $\sigma_w (\theta, \sigma_a)$ olarak iki fiziksel-kavramsal TDR kalibrasyon modelini değerlendirmişlerdir. Bu değerler, bazı toprak bölgelerinden alınan iç toprak ve toprak çözelti hulasalarının ölçülmesinde olduğu gibi nitrat konsantrasyonları ve σ_w ile sonuçları karşılaştırmışlardır. Sonuçta, TDR'ın kalibrasyonunda düşünülmesi gereken bitki büyümesi, gübre uygulamaları, sulama ve toprak özelliklerinden elde edilen uzaysal farklılıkların heterojen hale getirilmesi gerektiğini önermişlerdir.

Birçok araştırmacı TDR'ın avantajlarını ortaya koymak için TDR ve gelişmiş diğer metotlar arasında karşılaştırmalar yapılabilecek şekilde çalışmalar yapmıştır. Her bir araştırmacı TDR'ın toprak su içeriğinin ölçülmesinde kesin ve güvenilir bir işlemi sonuç vermesiyle uygulanabilir bir metot olduğu sonucuna varmıştır. (Hart ve ark., 1994 ; Van Clooster ve ark., 1995; Frueh ve Hopmans, 1997; Hart ve Lowery, 1998; Nissen ve ark., 1998; Irmak ve ark., 1999; Noborio ve ark., 1999; Huisman ve Bouten, 1999; Robinson ve ark., 1999).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

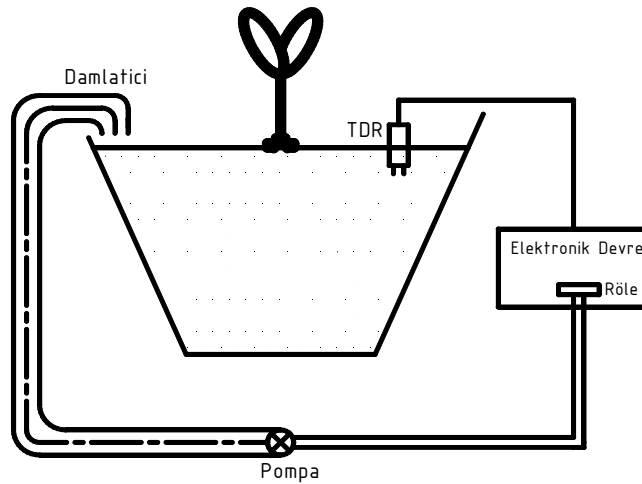
3.1. Materyal

Bitkilerde sulamanın otomasyonu için öncelikle sulama zamanının bitkilerden alınacak ölçümlere göre belirlenmesi gerekmektedir.

Sulama Programı oluşturma çalışmaları bitkiye, iklime ve toprağa bağlı olmak üzere üç değişik şekilde sınıflandırılmıştır (Doğan ve ark., 2005). Toprağa dayalı toprak neminin tayini şeklindeki yöntemlerdir. Bunlar direkt yöntem (lizimetre), TDR, tansiyometre ve diğer metotlar şeklinde sınıflandırılırlar.

Yapılan bu çalışmada belli bir zaman aralığında bitkilerin tüketmiş oldukları su miktarını belirleyip su ihtiyacına göre sulamayı otomasyonlu hale getiren ve TDR tekniği kullanımı ile toprak nemini baz alarak bitkilerin su ihtiyacını ve sulama zamanını belirleyerek çalışan sulama sistemi geliştirilecektir. Geliştirilecek olan sistemler seralarda kullanılmakta olan geleneksel sulama sistemlerine alternatif olarak kullanılması düşünülmektedir.

Aşağıda çalışmada kullanılacak olan ve TDR (Time Domain Reflectometry) tekniği kullanılarak geliştirilecek sulama sisteminin çalışması şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.1. TDR kullanılarak geliştirilecek olan sistemin çalışmasının şematik olarak gösterilmesi.

Toprak nem seviyesindeki değişim bitki sıcaklığı ve su stresi ile ilişkili olduğundan, toprak nemindeki değişimi baz alarak, sisteme girilen farklı toprak nemi sınır değerlerinde çalışan bir sulama otomasyonu sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem topraktaki nem değişimini sürekli olarak TDR cihazı ile takip ederek sulamanın başlatılması için gerekli olan ve kullanıcı tarafından belirtilen sınır değerlerine bağlı olarak sulama yapılmıştır.

TDR cihazının bağlanacağı, ölçümlerini ve verileri takip edebilmesine olanak sağlayan, farklı toprak nemi sınır değerlerinin girişinin yapılabileceği ve bu sınır değerlerini ve topraktan ölçülen nem değerlerinin karşılaştırılarak sulama pompasının aktif hale getirilmesini sağlayacak olan elektronik bir devre geliştirilmiştir.

3.1.1. Nem sensörü

Uygulamada kullanılan sensör; Şekil 3.2.de görülen TDR sensörü kapasitif çalışan bir nem sensörüdür. toprağı dielektrik madde kabul etmekte ve üzerindeki nem yoğunluğu değiştikçe kapasite değeri ve dolayısıyla direnç değeri değişmektedir. Girişine pozitif (+) gerilim (V) uygulanarak üzerindeki gerilim değişimi gözlenebilmektedir. Uygun devre ile akım değişimi de takip edilebilir.

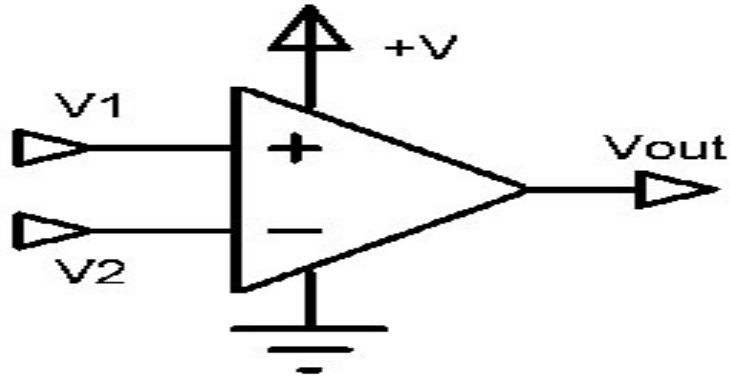


Şekil 3. 2. TDR Cihazının ve su pompasının şekli

3.1.2. Operational amplifier (OPAMP)

Transistörlerden oluşan yükselteçlere işlemsel kuvvetlendirici (Op-Amp) denir. Yükselteç, karşılaştırıcı, osilatör, filtre vb. Elektronikte çok sık kullanılan önemli bir elemandır.

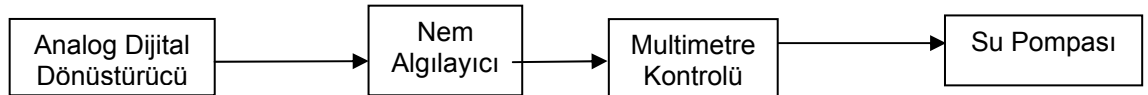
Şekil 3.3'de görüldüğü gibi negatif ve pozitif olarak iki girişi ve bir çıkışı bulunmaktadır. İki girişi arasında gerilim farkı olursa bu farka göre çıkış gerilimini değiştirir. Uygulamamızda opampı karşılaştırıcı olarak kullandık. V_1 ile V_2 nin durumlarına göre V_0 değişmektedir. Eğer $V_1 > V_2$ ise $V_0 +V$ giriş değerini verir, $V_2 > V_1$ ise V_0 sıfır (0) verir.



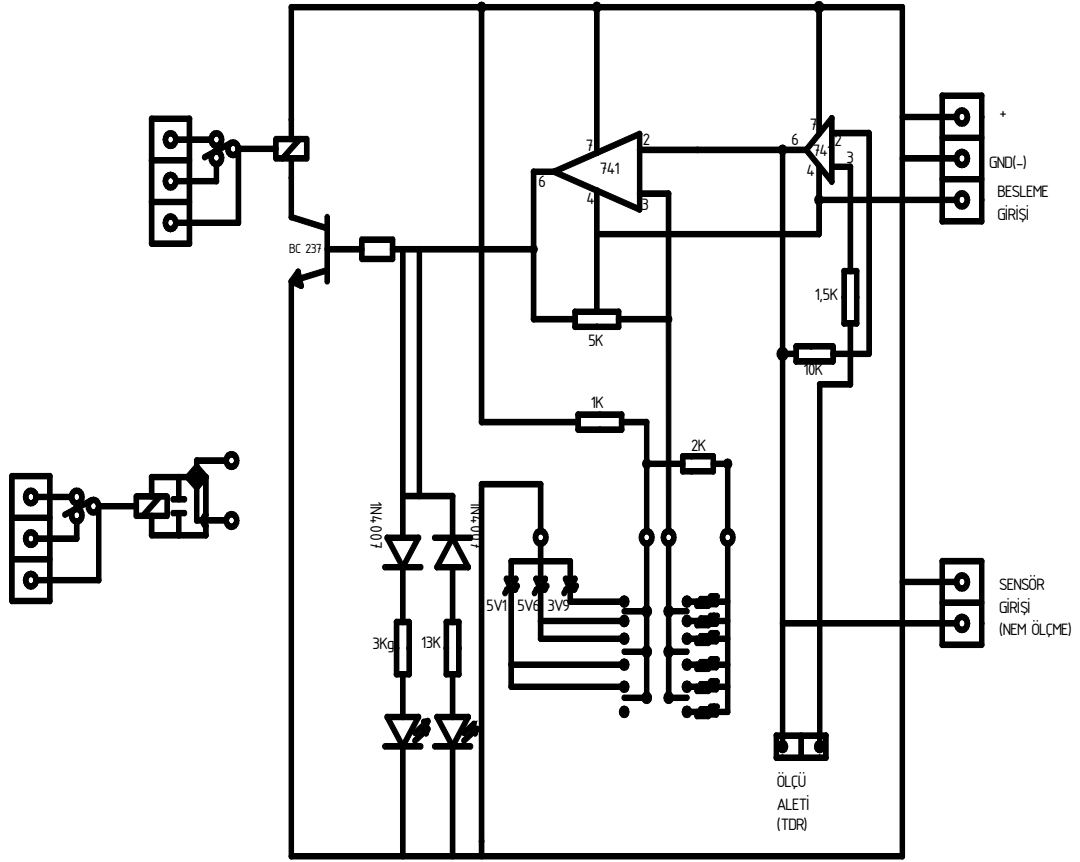
Şekil 3.3. OPAMP'ın Karşılaştırıcı Şekilde Kullanılması

3.1.3. Nem kontrollü TDR

Gerçekleştirilen sistemin blok şeması Şekil 3.4.'de verilmiştir. Blok şemada görülen nem algılayıcı kısım havadaki nem oranına göre analog bir çıkış vermektedir. Analog dijital dönüştürücü, gelen analog bilgiyi dijitale dönüştürür ve mikrodenetleyiciye iletir. Mikrodenetleyici gelen bilgiye göre hız kontrol katını yönetir.



Şekil 3. 4. Tasarlanan sistem blok şeması



Şekil 3.5. TDR (Time Domain Reflectometry) cihazının teknik devre şeması

Şekil 3.5’de görülen devrede yukarıda anlatılan Analog Dijital Dönüştürücü ve Multimetre bölümleri yer almaktadır.

Sensörün topraktaki nem değişimine göre üzerindeki direnci değişmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi nem yoğunluğuyla %RH (Relative Humadity -Bağıl Nem) ile direnç değeri ters orantılıdır. Bundan dolayı V0 gerilim değeri (mV gerilim değeri) diğer 10K’lık (Kilo Ohm) direnç üzerindeki gerilim değişimi alınmıştır. V0 gerilim değeri bilgisi buradan Multimetreye gönderilmiştir.

Multimetre, (TDR) nem algılayıcısından gelen gerilim bilgisine (V0) göre kademelerin artışını veya azalışını sağlayan bloktur. Şekil 3.5’de açık devre şeması gösterilmiştir

V0 gerilimindeki analog bilginin beş adet 1K lık (Kilo Ohm direnç) ayar dirençleri (Trimpotların) üzerindeki gerilim değerleri ile işlemsel kuvvetlendiriciler (OPAMP) tarafından karşılaştırılması şeklinde gerçekleşmektedir.

Ayar dirençlerinin değerleri sistemin hassasiyetini belirlemektedir. Bizim seçtiğimiz değerler sistemin %0 bağıl nem ve %100 bağıl nem aralığındaki nem yoğunluğunda çalışmasını sağlamaktadır. Bu aralık su pompalarının uygulama sahasında gereken nem yoğunluğu miktarını karşılamaktadır. Eğer istenirse ölçüm ayarı değiştirilebilir.

Burada kullanılan işlemsel kuvvetlendiriciler (OPAMP) LM741dir. LM741'lerin tamamının pozitif (+) girişine V0 gerilim bilgisi, negatif (-) girişine ayar dirençlerinden gelen kat bilgisi bağlanmıştır. Karşılaştırma işlemi sonucunda uygun çıkışlardan alınan değerler sonunda röle devreye girerek su pompasının çalışması sağlanmaktadır.

3.1.3.1. TDR ölçüm sisteminin avantajları

TDR sistemi zaman ve emek harcamalarından tasarruf sağlar. Esnek olması ve direkt ölçü alabilmesi ile TDR tekniği, fazla emek harcanmasına sebep olan elle örnek alma ve kuru yöntemle göre oldukça avantajlıdır.

TDR sistemleri hareketli, hafif ve kolay taşınabilir bir sistemdir.

TDR cihazı birçok farklı malzemeler de ve topraklar içinde iyi sonuçlar verebilmektedir. Bu da geniş bir kullanım alanı ve kolaylığı sağlamaktadır.

TDR'de tüp içerisindeki tip problemlerde, yüzey altında ve yüzeydeki ölçümlerde sayısal veriler verir. Her bir test parçaları içerisinde alınan verilerin sayısını artırabilmek için problemlerden birini veya her ikisini kolayca değiştirebilirsiniz ve daha geniş çapta ve birçok gözlem yapmak için veri örnekleri artırılabilir.

3.1.4. Torf kumu

Yosun ve diğer bataklık bitkilerinin su altında kalmış, çürümüş ve kalın yataklar meydana getirmiş oluşumlardır. Besin maddelerince fakirdir. Asit karakterlidir.(3,5–4,5 ph),çok geçirgen ve gevşek yapıdadır. Su tutma kapasitesi çok yüksektir. Salon bitkilerinde, süs bitkisi yetiştiriciliğinde ve seralarda kullanımı yaygındır. Bu ortamda çelikler ve bitkiler çok iyi köklenme ve gelişme sağlar. Turba veya torf kuzey memleketlerinde turbiyer denilen derinlikleri 2–3 m'yi aşan turba sahalarında birkaç m³'lük sabun gibi kalıplar halinde kesilerek kalıp şeklinde veya öğütülmüş olarak piyasaya sunulmaktadır. Türkiye'de de henüz olgunlaşmamış

olmakla beraber bir ölçüde Abant, Kayseri çevresi, Bolu-Yeniçağ ve Giresun çevrelerinde de rastlanmaktadır.

Otomatik sulama sistemi olarak tasarlamayı düşündüğümüz TDR (Time Domain Reflectometry) cihazını, torf kumunu temel alarak düzenlemeye çalıştık.

3.1.5. Su pompası

Çalışmamızda belli bir debide yağmurlama şeklinde sulama yapan su pompası kullandık. Pompa, elektriğini TDR devresi üzerindeki girişten almaktadır. Bu giriş röle yardımı ile toprak su içeriğindeki değişime bağlı olarak istenilen mV değerlerinde aktif ya da pasif hale getirilebilmektedir.

3.2. Yöntem

Araştırmada saksı, bahçe ve sera toprağı olarak adlandırılan su tutma kapasitesi yüksek, organik mineraller yönünden zengin torf kumu kullanılmıştır. Torf kumundan belli miktar (500 gr) alınarak 105 °C derecedeki fırında belli bir süre bekletilerek içindeki nemi alınmıştır. Daha sonra belirli periyotlarda belirli miktarda su eklenerek özel olarak tasarlanan entegre TDR cihazı ile su miktarı ile eş zamanlı mV değerleri gözlenmiş ve kalibre edilmiştir. Sistemin uygulanabilirliğinin saptanabilmesi için ayarlı dirençlerle belirli mV değerlerinde sabitlenmiş. Çıkan sonuçlar kalibrasyon değerleriyle kıyaslanarak sistemin güvenilirliğinin hangi yönde olduğu saptanmaya çalışılmıştır.

3.2.1. Time domain reflectometry (TDR) cihazı ve kalibrasyonu

Toprağın elektriksel geçirgenliği topraktaki nem seviyesine bağlı olarak değişmektedir. TDR cihazı topraktaki elektriksel geçirgenliği ölçerek toprak nem seviyesini hacimsel toprak nem değeri olarak ölçmeye yarayan bir ölçüm aletidir. Bu ölçüm aletinin üretimde kullanılacak olan toprak veya yetiştirme ortamı için ilk olarak kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir.

TDR cihazının sinyal çıktısı ile toprak elektrik geçirgenliği arasında aşağıdaki doğrusal ilişki vardır (Anonymous, 1999).

$$\sqrt{\varepsilon} = 1.1 + 4.44V \quad (R^2 = 0.99) \quad (3.1)$$

Burada;

ε = Toprak elektrik geçirgenliği

V = Sinyal çıktısı (Volt)

R^2 = Formülün doğruluk derecesi

Toprak örneği öncelikle tarla kapasitesi seviyesine getirilecek ve suya doymun haldeki bu toprak örneğine cihaz batırılarak sinyal çıkışı ölçülerek (Volt) ve 1 numaralı denklem kullanılarak $\sqrt{\varepsilon_w}$ değeri belirlenecektir. Nemli toprak tartılarak yaş ağırlığı W_w belirlenmiştir. Daha sonra toprak 105 °C sıcaklıkta 1 gün süre ile kurutma dolabında kurutularak kuru toprak örneğine cihaz batırılarak sinyal çıkış değeri okunup ve yine 1 numaralı denklem kullanılarak $\sqrt{\varepsilon_0}$ değeri (ki bu değer a_0 değerine eşittir) belirlenerek ve kuru toprak örneği tartılıp W_0 değeri saptanacaktır. Saksı içerisinde bulunan toprağın kaplamış olduğu hacim (L) belirlenmiştir. Yukarıda elde edilen değerler kullanılarak toprak hacimsel su içeriği değeri (θ_w) ve a_1 değeri aşağıdaki denklemler yardımı ile belirlenmiştir:

$$\theta_w = \frac{(W_w - W_0)}{L} \quad a_1 = \frac{\sqrt{\varepsilon_w} - \sqrt{\varepsilon_0}}{\theta_w} \quad (3.2)$$

Burada;

W_0 = Kuru toprak ağırlığı (Kg)

ε_w = Doymun toprak elektrik geçirgenliği

W_w = Yaş toprak ağırlığı (Kg)

ε_0 = Kuru toprak elektrik geçirgenliği

θ_w = Hacimsel su içeriği

L = Toprağın kaplamış olduğu hacim

Elde edilen a_0 ve a_1 değerleri yardımı ile aşağıdaki denklem kullanılarak cihazın kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir:

$$\theta_w = \frac{[1.1 + 4.44V] - a_0}{a_1} \quad (3.3)$$

Burada;

θ = Hacimsel toprak nem değeri ($m^3 m^{-3}$)

a_0 = Standart toprak elektrik geçirgenliği

a_1 = Suya bağlı olarak elde edilen toprak elektrik geçirgenliği

Belirlenen veriler ile hesaplama yapılarak çalışmada kullanılacak olan TDR cihazının kalibrasyon denklemi elde edilecektir ($Q = A * V + B$) Burada, Q , $m^3 m^{-3}$, olarak hacimsel toprak nem değerini ve V ise Volt olarak cihazın ölçtüğü sinyal değerini vermektedir. Toprak örneği ile laboratuvar koşullarında yapılacak olan çalışma sonucunda bitki gelişimi için en uygun sınır değerler aralıkları belirlenecektir. Böylece, topraktaki nem seviyesini bu sınır değerleri arasında korumak amacı ile sulamayı otomasyonlu hale getirecek olan elektronik bir devre geliştirilecektir.

3.2.3. Torf kumu

500 gr miktarındaki torf kumu alınarak uygun bir kap içerisinde, suyun buharlaşma sıcaklığı olan $100^{\circ}C$ derecenin üzerinde yaklaşık olarak $105^{\circ}C$ derecede 1 gün süre ile kurutma fırınında kurutulmuş kuru toprak elde edilmiştir. Bu toprak, fazla suyun dışarı çıkabilmesi için taban kısmı çok ufak dairesel olarak delinmiş uygun bir kap içerisine koyulmuştur. Toprağın su tutma kapasitesine kadar belli aralık ve belli miktarda damlama şeklinde sulanmıştır. Sonuç olarak kuru toprak, yaş toprak ve bunların arasında eş zamanlı mV ve m^3/m^3 değerleri elde edilmiştir.

3.2.4. Su pompası kullanılarak damla sulamanın yapılması

Sera, bahçe ve saksı tipi üretim yöntemlerinde en fazla tercih edilen yöntem damla sulama sistemidir. Bunu sağlamak için TDR sistemine röle yardımıyla bağlı su pompasından faydalanılmaktadır. Su pompası TDR entegre devreyle beraber çalışmaktadır. Su pompası elektrik devresini cihaz üzerindeki girişten sağlamaktadır. Bu giriş ayarlı dirençle adapte edilen röle ile bütünleşiktir. Ayarlanan direnç değerine göre pompanın durup çalışması sağlanmaktadır. Yani toprak su içeriği istenilen seviyeye geldiğinde pompa röle yardımı ile çalışmasını durdurmaktadır. Toprak su içeriği istenilen seviyenin altına düştüğünde pompa tekrar çalışmaktadır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. TDR Cihazının Kalibrasyonu

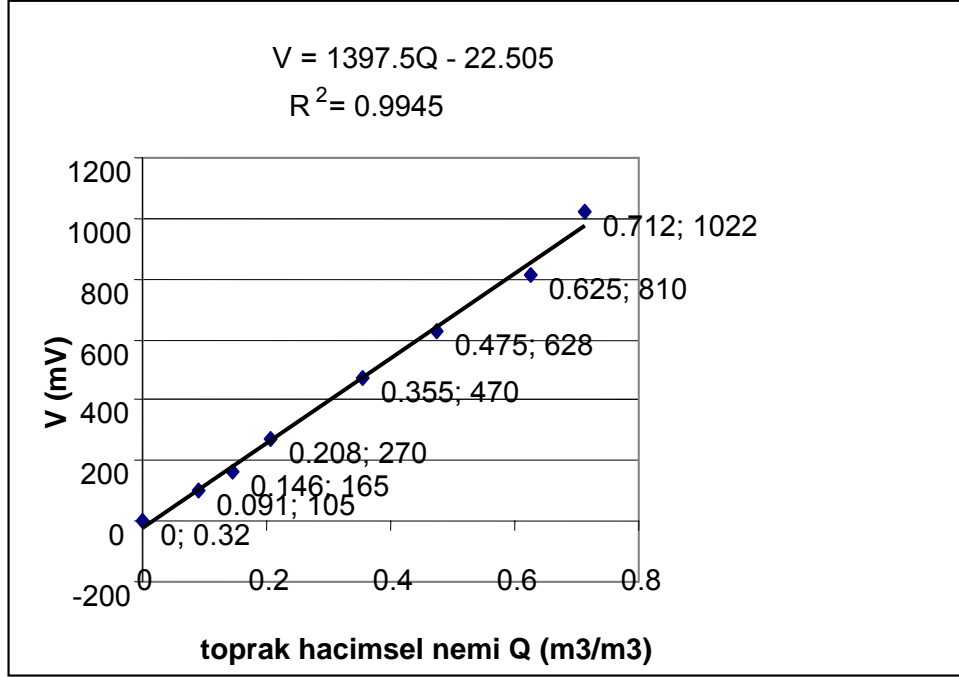
TDR (Time Domain Reflectometry) cihazı bahçe ve saksı toprağı olarak adlandırılan TORF kumu kriter alınarak kalibre edilmiştir. Torf kumu bahçe ve saksı toprağı olarak içerisinde bulundurmuş olduğu zengin organik minerallerle Türkiye ve Dünya’da geniş oranda kullanılmaktadır.

TDR (Time Domain Reflectometry) cihazının kalibrasyonunda belli miktardaki torf kumu suyun buharlaşma noktası olan 100 °C derecenin üzerine çıkarılarak belli bir süre bekletilerek bünyesindeki nem tamamen atılmış olur. Bunu yapmamızdaki amaç daha sonra eklediğimiz su miktarı ile TDR cihazından okuduğumuz değer arasında kıyaslama yaparak kullanılan toprağın kalibrasyonunu yapmak ve aralarında mantıklı bir bağlantı kurmaktır. Daha sonra belirli miktarda belirli aralıklarda su eklenerek cihazdan okunan değer eşleştirilerek kalibrasyon yapılır.

TDR (Time Domain Reflectometry) cihazı uzun, hassas ve kalibrasyonun gerçekleştirilmesinde dikkat edilecek tüm hususlara dikkat edilmesiyle elde edilmiş kalibrasyonu aşağıdaki çizelgede ortaya çıkarılmıştır.

Çizelge 4.1. TDR (Time Domain Reflectometry) cihazının kalibrasyonu için kullanılan değerler

Toprak Hacimsel Nemi (m^3/m^3)	TDR (Time Domain Reflectometry) cihazından okunan hacimsel elektrik iletkenliği (mV)
0	0.32
0.091	105
0.146	165
0.208	270
0.355	470
0.475	628
0.625	810
0.712	1022



Şekil 4.1. TDR (Time Domain Reflectometry) cihazının kalibrasyonu

Yukarıdaki şekil 4.1. de kuru toprak ve doymun toprak arasındaki sekiz farklı hacimsel nem aralığında TDR cihazından elde edilmiş değerler kıyaslanarak kalibrasyon gerçekleştirilmiştir. Sonuçta toprak hacimsel nemi (m^3/m^3) ile hacimsel elektrik iletkenliği (mV) arasındaki bağlantı formülize edilmiştir. R^2 değerinin 1'e yaklaşması da bu iki değer arasında mantıksal bir bağlantı olduğunu göstermiştir.

4.2. Sabitleme noktalarında elde edilen değerler

Ayar dirençlerinin değerleri sistemin hassasiyetini belirlemektedir. Bizim seçtiğimiz değerler sistemin %0 bağıl nem ve %100 bağıl nem aralığındaki nem yoğunluğunda çalışmasını sağlamaktadır. Bu aralık su pompalarının uygulama sahasında gereken nem yoğunluğu miktarını karşılamaktadır. Eğer istenirse ölçüm ayarı değiştirilebilir.

Burada kullanılan işlemsel kuvvetlendiriciler opamp LM741dir. LM741'lerin tamamının pozitif (+) girişine V0 bilgisi, negatif (-) girişine ayar dirençlerinden gelen kat bilgisi bağlanmıştır. Karşılaştırma işlemi sonucunda uygun çıkışlardan alınan değerler sonunda röle devreye girerek istenilen hacimsel nem değerinde su pompasının çalışmasını veya durmasını sağlanmaktadır.

Çalışmamızın bu kısmında istediğimiz farklı hacimsel nem değerlerinde pompayı sabitleyerek kalibrasyonda elde ettiğimiz değerlerle karşılaştırarak çalışmamızın doğrulamasını karşılaştırmalı olarak ortaya koymaya çalışacağız.

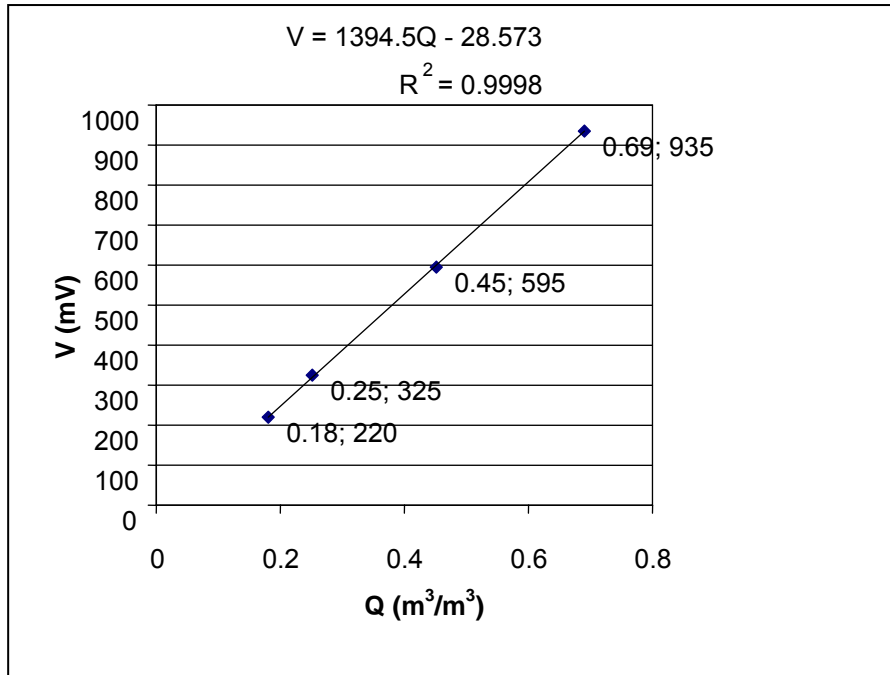
4.2.1. Birinci duraklama değerinde elde edilen değerler

Çizelge 4.2. 935 mV'de sabitlenmiş sulama değerinde elde edilen sonuçlar

TDR Okuma değeri(mV)	Sumiktarı (m ³ /m ³)	Pompa Debisi(l/min)	Sulama Süresi(min)
220	0.18	0.008	22.5
325	0.25	0.008	31.25
595	0.45	0.008	56.25
935	0.69	0.008	86.25

Çizelge 4.2. de 935 mV değerinde su pompasının durması şeklinde sistem ayarlanmıştır. 935 mV değerine ve bu değere gelene kadar belirli mV değerlerinde gözle takip edilerek üç değer daha elde edilmiştir. Çıkan sonucun birbiriyle tutarlı olup olmadığı araştırılacaktır.

Çizelge 4.2. deki değerler kullanılarak aşağıdaki şekil 4.2 elde edilmiştir.



Şekil 4.2. 935 mV değerine göre TDR-Q değişimi

Şekil 4.2. de tabloda gösterilen değerlerin grafiğe dönüştürülerek aralarında nasıl bir bağlantı olduğu belirlenmiş. Aynı zamanda R^2 değerinin 1'e yaklaşması da bize bu değerler arasında herhangi bir tutarsızlık olmadığını göstermiştir.

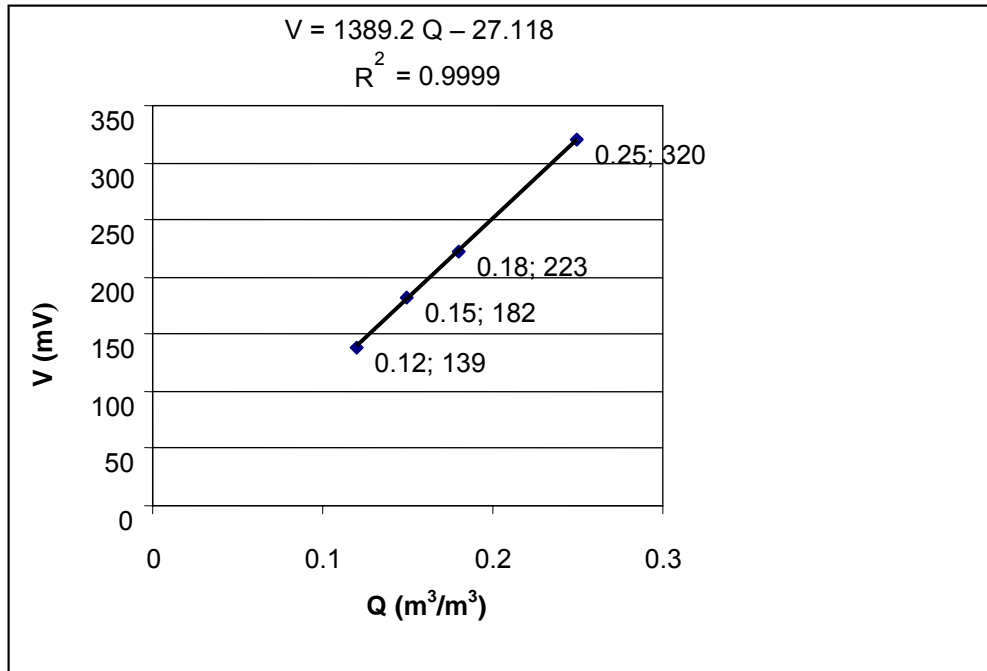
4.2.2. İkinci duraklama değerinde elde edilen değerler

Çizelge 4.3. 320 mV değerinde sabitlenmiş noktada bu değere ulaşana kadar elde edilen sonuçlar

TDR Okuma değeri(mV)	Sumiktarı (m^3/m^3)	Pompa Debisi(l/min)	Sulama Süresi(min)
139	0.12	0.008	15
182	0.15	0.008	18.75
223	0.18	0.008	22.5
320	0.25	0.008	31.25

Çizelge 4.3. de 320 mV değerinde su pompasının durması şeklinde sistem ayarlanmıştır. 320 mV değerine ve bu değere gelene kadar belirli mV değerlerinde gözle takip edilerek üç değer daha elde edilmiştir. Çıkan sonucun birbiriyle tutarlı olup olmadığı araştırılacaktır.

Çizelge 4.3. deki değerler kullanılarak aşağıdaki şekil elde edilmiştir.



Şekil 4.3. 320 mV duraklama değerine göre TDR-Q değişimi

Şekil 4.3. de tabloda gösterilen değerlerin grafiğe dönüştürülerek aralarında nasıl bir bağlantı olduğu belirlenmiş. Aynı zamanda R^2 değerinin 1'e yaklaşması da bize bu değerler arasında herhangi bir tutarsızlık olmadığını göstermiştir.

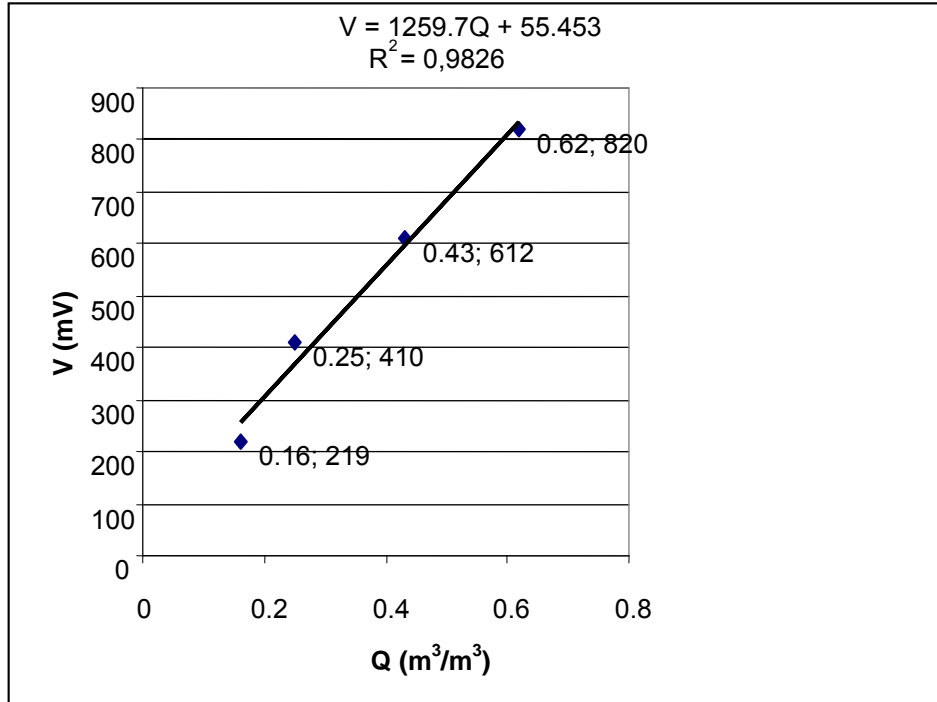
4.2.3. Üçüncü duraklama değerinde elde edilen değerler

Çizelge 4.4. 820 mV değerinde sabitlenmiş noktada bu değere ulaşana kadar elde edilen sonuçlar

TDR Okuma değeri(mV)	Sumiktarı (m^3/m^3)	Pompa Debisi(l/min)	Sulama Süresi(min)
219	0.16	0.008	20
410	0.25	0.008	31.25
612	0.43	0.008	53.75
820	0.62	0.008	77.5

Çizelge 4.4. de 820 mV değerinde su pompasının durması şeklinde sistem ayarlanmıştır. 820 mV değerine ve bu değere gelene kadar belirli mV değerlerinde gözle takip edilerek üç değer daha elde edilmiştir. Çıkan sonucun birbiriyle tutarlı olup olmadığı araştırılacaktır.

Çizelge 4.4. deki değerler kullanılarak aşağıdaki şekil elde edilmiştir.



Şekil 4.4. 820 mV duraklama değerine göre TDR-Q değişimi

Şekil 4.3. de tabloda gösterilen değerlerin grafiğe dönüştürülerek aralarında nasıl bir bağlantı olduğu belirlenmiş. Aynı zamanda R^2 değerinin 1'e yaklaşması da bize bu değerler arasında herhangi bir tutarsızlık olmadığını göstermiştir.

4.3. Duraklama Devrelerinde Elde Edilen Değerlerle Kalibrasyondan Elde Edilen Değerlerin (t) İstatistik Hesabı Yapılarak İncelenmesi

İstatistik değeri(t) , bu iki değer arasında fark olup olmadığını tespit eder. (t) istatistik hesabında gruptaki gözlem sayısı, grupların varyansı ve aritmetik ortalamaları esas alınarak (t) istatistik değeri bulunur. Bulunan bu değer tablodan elde edilen (t) istatistik değeri ile kıyaslanarak fark olup olmadığı tespit edilir. Hesaplanan (t) değeri tablodan elde edilen (t) değerinden küçük ise bir fark olmadığı sonucuna varılacaktır.

H_0 hipotezi bu iki gruba ait ortalamaların birbirlerinden farksız olduğunu, H_1 alternatif hipotez ise iki grubun ortalamalarının birbirinden farklı olduğunu göstermektedir.

Bu test için hipotezler;

$H_0: \bar{\mu}_0 - \bar{\mu}_1 = 0$ (İki gruba ait ortalamalar birbirinden farksızdır)

$H_1: \bar{\mu}_0 - \bar{\mu}_1 \neq 0$ (İki gruba ait ortalamalar birbirinden farklıdır)

Şeklinde oluşturulur.

(t) istatistik hesabı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır.

$$t_{\text{hesaplanan}} = \frac{\bar{\mu}_0 - \bar{\mu}_1}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (4.1)$$

Yukarıdaki $t_{\text{hesaplanan}}$ değerindeki simgeler şunları ifade etmektedir.

$\bar{\mu}$: Grupların aritmetik ortalamaları

S: Grupların varyans değerleri

n: Gruptaki gözlem sayısı

Denklemden hesaplanan (t) değeri, tablodan elde edilen (t) değerinden küçükse ($t_{\text{hesaplanan}} < t_{\text{tablo}}$) sistemdeki değişkenliklerin ihmal edilebilir olduğu yani bir fark olmadığı kanısına varılır. Tablodan elde edilen (t_{tablo}) değeri 3.1824 olarak bulunmuştur.

4.3.1. İlk duraklama değeri için (t) istatistik hesabının yapılması

Çizelge 4.5. İlk duraklama devresinde çıkan sonuçlarla kalibrasyondan elde edilen sonuçların (t) istatistik değeri hesabı

mV	m^3/m^3	Kalibrasyondan elde edilen değer (m^3/m^3)	$t_{\text{hesaplanan}}$
220	0.18	0.17	-0.24293
325	0.25	0.24	
595	0.45	0.44	
935	0.69	0.67	

Çizelge 4.5. de kalibrasyondan elde edilen değerlerin oluşturduğu grupla gözlemlenen değerlerin oluşturduğu grup esas alınarak (t) değeri hesaplanmıştır. Yani kalibrasyondan elde edilmesi muhtemel değeri gerçek değer kabul ettiğimizde bu değerlerle duraklama devresinden elde edilen değerler grubu arasında ne ölçüde bir fark olduğu hesaplanmaya çalışılmıştır.

$-0.24293 < 3.1824$ olduğundan gruplar arasında bir fark yoktur.

4.3.2. İkinci duraklama değeri için (t) istatistik hesabının yapılması

Çizelge 4.6. İkinci duraklama devresinde çıkan sonuçlarla kalibrasyondan elde edilen sonuçların (t) istatistik değeri hesabı

mV	m^3/m^3	Kalibrasyondan elde edilen değer (m^3/m^3)	$t_{\text{hesaplanan}}$
139	0.12	0.11	-1.17209
182	0.15	0.14	
223	0.18	0.16	
320	0.25	0.24	

Çizelge 4.6. de kalibrasyondan elde edilen değerlerin oluşturduğu grupla gözlemlenen değerlerin oluşturduğu grup esas alınarak (t) değeri hesaplanmıştır. Yani kalibrasyondan elde edilmesi muhtemel değeri gerçek değer kabul ettiğimizde bu değerlerle duraklama devresinden elde edilen değerler grubu arasında ne ölçüde bir fark olduğu hesaplanmaya çalışılmıştır.

-1.17209<3.1824 olduğundan gruplar arasında bir fark yoktur.

4.3.3. Üçüncü duraklama değeri için (t) istatistik hesabının yapılması

Çizelge 4.7 Üçüncü duraklama devresinde çıkan sonuçlarla kalibrasyondan elde edilen sonuçların (t) istatistik değeri hesabı

mV	m ³ /m ³	Kalibrasyondan elde edilen değer (m ³ /m ³)	t _{hesaplanan}
219	0.16	0.17	0.392608
410	0.25	0.30	
612	0.43	0.45	
820	0.62	0.60	

Çizelge 4.7. de kalibrasyondan elde edilen değerlerin oluşturduğu grupla gözlemlenen değerlerin oluşturduğu grup esas alınarak (t) değeri hesaplanmıştır. Yani kalibrasyondan elde edilmesi muhtemel değeri gerçek değer kabul ettiğimizde bu değerlerle duraklama devresinden elde edilen değerler grubu arasında ne ölçüde bir fark olduğu hesaplanmaya çalışılmıştır.

0.392608<3.1824 olduğundan gruplar arasında bir fark yoktur.

4.4. Ki kare uygunluk testi ile çıkan değerlerin karşılaştırılıp yorumlanması

Turanlı ve ark. (2000). χ^2 uygunluk testinde teorik frekanslara göre hesaplanan dağılımın, gerçek frekans, yani gözlemlenen frekanslara ait olup olmadığı araştırılır. Eğer gerçek frekanslarla teorik frekanslar birbirine yakınsa χ^2 istatistiğinin değeri küçük çıkacak, dolayısıyla testin sonucunda seçilen dağılımın teorik dağılımla uyumlu olduğu sonucuna varılacaktır.

Bu test için hipotezler;

H0: Uygunluk vardır (gerçek frekanslarla teorik frekanslar birbirine yakındır)

H1: Uygunluk yoktur (gerçek frekanslarla teorik frekanslar birbirinden farklıdır)

Şeklinde oluşturulur.

Uygun olan hata payı da belirlendikten sonra χ^2 istatistiği hesaplanır. Buna göre;

$\chi^2 < \chi^2_{\alpha}$ ise H0 reddedilemez (uygunluk vardır)

$\chi^2 > \chi^2_{\alpha}$ ise H0 reddedilir (uygunluk yoktur).

χ^2 3.95 = χ^2 0.05 = 0.35 burada tablodan elde edilen değer 0.35 olarak belirlenmiştir. Çıkan (χ^2) değeri ile ($\chi^2\alpha$) değeri kıyaslanarak uygunluğu saptanmaya çalışılacaktır.

Hesaplanan değer eğer ki kare testi sonucu tablodan elde ettiğimiz 0.35 değerinden büyükse uygunluk olmadığı ve önemli bir fark olduğu kabul edilir. Fakat tam tersinde uygunluk olduğu ve önemli bir fark olmadığı kabul edilir.

4.4.1. İlk duraklama devresi değerleri için ki kare testi

Çizelge 4.8. İlk duraklama devresinde çıkan sonuçlarla kalibrasyondan elde edilen sonuçların ki kare uygunluk testinin yapılması

mV	m ³ /m ³ (X1)	Kalibrasyondan elde edilen değer (m ³ /m ³) (X2)	Hesaplanan değer (x2-x1) ² /x1
219	0.16	0.17	0.000555556
410	0.25	0.30	0.0004
612	0.43	0.45	0.000222222
820	0.62	0.60	0.00057971
			Toplam (χ^2)
			0.001757488

Çizelge 4.7. den elde edilen χ^2 ile tablodan bulduğumuz $\chi^2\alpha$ değeri kıyaslanarak yapılan çalışmanın uygunluğu tespit edilmeye çalışılacaktır.

0,001757488<0.35 olduğundan çıkan değerler arasında bir uygunluk vardır. Meydana gelen hatalar ihmal edilebilir. Yani aralarında önemli bir fark meydana gelmemiştir.

4.4.2. İkinci duraklama devresi değerleri için ki kare testi

Çizelge 4.9. İlk duraklama devresinde çıkan sonuçlarla kalibrasyondan elde edilen sonuçların ki kare uygunluk testinin yapılması

mV	m^3/m^3 (X1)	Kalibrasyondan elde edilen değer (m^3/m^3) (X2)	Hesaplanan değer $(x2-x1)^2/x1$
139	0.12	0.11	0.000833333
182	0.15	0.14	0.000666667
223	0.18	0.16	0.002222222
320	0.25	0.24	0.0004
			Toplam (χ^2)
			0.004122222

Çizelge 4.8. de ikinci duraklama devresinde elde edilen değerler ile elde edilen sonuçların ki kare uygunluk testi için uygunluğunun saptanması için gerekli veriler verilmiştir.

Duraklama devresinden elde edilen değerlerle kalibrasyondan elde edilen değerlerin karşılaştırılarak sistemin güvenilirliğinin ortaya konulmasında elde ettiğimiz $0.004122222 < 0.35$ yani (χ^2) değeri $\chi^2\alpha$ değerinden düşük olduğundan değerler arasında önemli bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Yani sistem güvenli ve doğru bir şekilde çalışmaktadır.

4.4.3. Üçüncü duraklama devresi değerleri için ki kare testi

Çizelge 4.10. İlk duraklama devresinde çıkan sonuçlarla kalibrasyondan elde edilen sonuçların ki kare uygunluk testinin yapılması

mV	m^3/m^3 (X1)	Kalibrasyondan elde edilen değer (m^3/m^3) (X2)	Hesaplanan değer (x2-x1) ² /x1
219	0.16	0.17	0.000625
410	0.25	0.30	0.01
612	0.43	0.45	0.000930233
820	0.62	0.60	0.000645161
			Toplam (χ^2)
			0.012200394

Çizelge 4.9. da üçüncü duraklama devresinde elde edilen değer verilerek bu değerlerin kalibrasyondan çıkan değerle uyumunun tespit edilmesi için gerekli ki kare uygunluk testi hesaplamaları yapılmıştır. Bu sonuçlar kullanılarak sistemin güvenilirliği hesaplanmaya çalışılacaktır.

Duraklama devresinden elde edilen değerlerle kalibrasyondan elde edilen değerlerin karşılaştırılarak sistemin güvenilirliğinin ortaya konulmasında elde ettiğimiz $0.012200394 < 0.35$ yani (χ^2) değeri $\chi^2\alpha$ değerinden düşük olduğundan değerler arasında önemli bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Yani sistem güvenli ve doğru bir şekilde çalışmaktadır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Tarımsal sulama sistemlerinin en ekonomik bir şekilde geliştirilmesi, sulama temelli toplumların uzun veya kısa dönemde çözmeleri gereken en önemli konulardan biridir. Sulamadan kaynaklanan direkt veya indirekt sorunların giderilmesi gerekmektedir.

Yüzyılımızın yiyecek üretiminde kilit etken sulamanın verimli bir şekilde yaygınlaştırılması olmaktadır. Çin, Mısır, Hindistan, Endonezya ve Pakistan da dahil olmak üzere, birçok ülke gıda üretiminin yarısından fazlasını sulu tarımla gerçekleştirmektedir. Bugün, dünya gıda üretiminin % 40'ı sulu tarım yapılan arazilerden sağlanmaktadır. Bu arazilerse toplam tarım alanlarının % 17'sini oluşturmaktadır. Sulanan arazilerin beşte biri, eski Mezopotamya toplumlarının sorunu olan, tuzlanmadan zarar görmektedir. Yeraltı su düzeylerinin inanılmayacak derecede hızla düşüşü, suların akıl almaz derecede kirletilmesi, birçok akarsuyun denize ulaşmadan kaybolup gitmesi, sanayide ve tarımda su kullanımının son derece artması suyun tarımda istenilen seviyede kullanılmamasına üretimin azalmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak sulu tarımı, teknolojik gelişime paralel olarak daha verimli, daha adil ve çevreye duyarlı hale getirmek için yeniden yapılandırmak gerekmektedir.

Uygulamada amacı doğrultusunda TDR nem sensörü kullanılarak tam otomatik sulama tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. TDR nem sensörünün avantajları şunlardır:

- Esnek olması-Birçok örnekler alınması
- Doğru ve kesin sonuçlar alınır
- Kolay taşınabilir ve güçlü olması
- Evrensel fakat aynı zamanda bireysel olarak kullanılabilir
- Geniş ölçüm aralıkları üzerinde doğruluk sağlar
- Zaman ve analiz harcamalarından tasarruf sağlar

Sonuçlara bakıldığında; öncelikle nem sensörlerinin kullanımı kolay, maliyeti yerine göre ucuz ve birçok alanda uygulanabilir olduğu görülmüştür. Araştırmalar sırasında karşılaşılan bir noktada nem sensörlerinin ülkemizde üretilmemesidir. Bu sensörlerin üretimin çok düşük maliyetle ülkemizde de yapılabilir olduğu görülmüştür. Nem algılayıcı sensörün devresi operasyonel işlemcilerle kuvvetlendirilerek akım değeri olarak hem gözlemlenmiş, hem de röle devresi sürülerek zaman ayarlı şebekeye yol verilmiştir. Yol verme işlemi ile şebeke veya diğer gerilimlerle çalışabilecek çeşitli aparatlar eklenebilir hale getirilmiştir. Çalışma süresi gözlemlenebildiği gibi toprak direnci ve dolayısıyla toprak nem ihtiyacı gözlemlenerek otomatik nemleme ve sulamaya uygun hale getirilmiştir ve uygunlaştırılmıştır. Sonuç itibari ile dijital voltmetre kullanılarak daha hassas gözlemlenmeye neden olmuştur.

Elde edilen sonuçlar şu şekilde bulunmuştur.

- İlk duraklama devresi için yapılan (t) istatistik hesabında elde edilen değerle tablo değeri kıyaslanmıştır. Sonuç $-0.24293 < 3.1824$ olduğundan gruplar arasında bir fark yoktur.
- İkinci duraklama devresi için yapılan (t) istatistik hesabında elde edilen değerle tablo değeri kıyaslanmıştır. $-1.17209 < 3.1824$ olduğundan gruplar arasında bir fark yoktur sonucuna ulaşılmıştır.
- Üçüncü duraklama devresi için yapılan (t) istatistik hesabında elde edilen değerle tablo değeri kıyaslanmıştır. $0.392608 < 3.1824$ olduğundan gruplar arasında bir fark yoktur sonucuna ulaşılmıştır.
- İlk duraklama devresi için yapılan Ki Kare Uygunluk Testinde elde edilen değerle tablo değeri arasındaki bağıntı $0.001757488 < 0.35$ olduğundan çıkan değerler arasında bir uygunluk vardır. Meydana gelen hatalar ihmal edilebilir. Yani aralarında önemli bir fark meydana gelmemiştir.
- İkinci duraklama devresi için yapılan Ki Kare Uygunluk Testinde elde edilen değerle tablo değeri arasındaki bağıntı $0.004122222 < 0.35$ yani (χ^2) değeri $\chi^2\alpha$ değerinden düşük olduğundan değerler arasında

önemli bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Yani sistem güvenli ve doğru bir şekilde çalışmaktadır.

- İkinci duraklama devresi için yapılan Ki Kare Uygunluk Testinde elde edilen değerle tablo değeri arasındaki bağıntı $012200394 < 0.35$ yani (χ^2) değeri $\chi^2\alpha$ değerinden düşük olduğundan değerler arasında önemli bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Yani sistem güvenli ve doğru bir şekilde çalışmaktadır.

Sistemde kullanılan materyaller ve yöntem araştırma boyunca değişkenlik göstermediğinden kalibrasyon değerleri ile duraklama değerleri arasında çok fazla bir fark gözlenmemiştir. Ayrıca deney oda sıcaklığında ve aynı ortamda gerçekleştirildiğinden meydana gelen su kayıpları ihmal edilebilir. TDR nem sensörü toprağın iç taraflarına yerleştirilmiştir. Bitki baz alınarak yapılan gözlemler için kök bölgesine yakın olan yerlere yerleştirilmesi uygun olacaktır. Meydana gelen hataların en büyük sebebi toprak hacminde suyun eşit olarak dağılmamasından dolayı farklı bölgelerde farklı nemlilik oranlarının olmasıdır.

Anlaşılmıştır ki; TDR nem sensörleri sulama sistemi kontrolünde büyük kolaylık sağlamaktadır.

5.2. Öneriler

Artan nüfus ile birlikte bu artışa bağlı olarak yüksek miktarda gıda üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacı karşılayacak kısıtlı toprak ve su kaynaklarımız bulunmaktadır. Gıda üretiminin çok büyük bir miktarının da sulu tarımla karşılandığı düşünülürse sulamanın yüzyılımızda ne kadar büyük bir problem olduğu anlaşılacaktır. Ayrıca sulu tarım gerçekleştirilirken toprağa, suya, bitkiye ve diğer etmenlere en az zarar verilerek en verimli ve en ekonomik bir şekilde gerçekleştirilmesi zorunluluğu vardır. Bunu gerçekleştirmek için farklı sulama otomasyonları kullanılmakta ve geliştirilme yoluna gidilmektedir. Bu metotlardan biride sulama otomasyonunda TDR nem sensörlerinin kullanılmasıdır.

Hazırlanılmış değerlere göre gerek duyulursa dijital yazılım varsa TDR cihazı buna çıkış vermeye adapte edilebilir hale getirilebilir.

TDR nem sensörleri çok daha düşük maliyetlerle ülkemizde de üretilmesi ve yaygınlaştırılması yolları aranmalıdır.

Yapılan önceki çalışmalarda da her bir toprak cinsi için ayrıca TDR davranışları gözlemlenmeye çalışılmıştır. Bu göz önüne alınarak TDR nem sensörlerinin kullanılmasında uzman kişiler tarafından gerekli bilimsel çalışmalar yapılmalıdır.

TDR nem sensörlerinden gerekli doğru ve hassas değerlerin alınması için TDR nem sensörünün çubukları kök bölgesine yakın olmalıdır.

KAYNAKLAR

- ABDEL-RAHMAN, G. M., FYNN, P. P., MCMAHON, R. W., and SHORT, T. H., 1994. Effect of Soil Moisture Tension on the Growth of Green House Tomato Plants. Proceedings of 15 th Annual Conference of Hydroponics Society of America, April 13-17, Akron, OH, USA.
- AL-SHOOSHAN, A., SHORT, T. H., MCMAHON, R., and FYNN, R. P., 1991. Evapotranspiration Measurement and Modelling of a Green House Grown Chrysanthemum Crop. An ASAE Meeting Presentation, Paper no:914043, ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, USA.
- ANONİM, 2008. www.gencziraat.com.
- BITELLI, M., SALVATORELLI, F. and PISA, P. R., 2007. Correction of TDR – Based Soil Water Content Measurements in Conductive Soils. *Geoderma*, 143(2008):133-142.
- CALADO, A. M., MONZON, D. A., CLARK, C. J., PHENE, C. M., and WANG, Y., 1990. Monitoring and Control of Plant Water Stress in Processing Tomatoes. *Acta Horticulturae*, 277:129-136.
- CLARK, R. N. and HILER, E. A., 1973. Plant Measurements as Indicators of Crop Water Deficit. *Crop Science* 13: 466-469.
- COHEN, Y. and LI, Y., 1996. Validating Sap Flow Measurement in Field-Grown Sunflower and Corn. *Journal of Experimental Botany*, 47(304): 1699-1707.
- DOĞAN, E. , KIRNAK, H. , ÇOPUR, O., ve AYDEMİR, S., 2005. Karsched Sulama Modeli ile Pamuk Bitkisinin Sulama Programının Oluşturulması, GAP IV. Tarım kongresi. S.1110–1115, Şanlıurfa.
- DOWDING, C.H., NICHOLSON, G.A., TAYLOR, P. A., AGOSTON, A., PIERCE, V., and CHARLES E., 1996. Recent Advancements in TDR Monitoring of Ground Water Levels and Piezometric Pressures, Proceedings of the 2nd North American Rock Mechanics Symposium, 2102 pp. 2 vols, NARMS '96, Montreal, Quebec, 19-21 June 1996.
- EHLER, W. L., IDSO, S. B., JACKSON, R. D., and REGINATO, R. J., 1978. Wheat Canopy Temperature: Relation to Plant Water Potential. *Agronomy Journal*, 70: 251-256.
- FRUEH, W. T., and HOPMANS, J. W., 1997. Soil Moisture Calibration of a TDR Multilevel Probe in Gravelly Soils. *Soil Science*, 162: 554-565.
- HART, G.L., LOWERY, B., MCSWEENEY, K., and FERMANICH, K., 1994. In-Situ Characterization of Hydrologic Properties of Sparta Sand: Relation to Solute Movement. *Geoderma*, 14: 41-55.
- HART, G. L., and LOWERY, B., 1998. Measuring Instantaneous Solute Flux and Loading with Time Domain Reflectometry. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62:23-35
- HUISMAN, J. A., and BOUTEN, W., 1999. Comparison of Calibration and Direct Measurement of Cable and Probe Properties in Time Domain Reflectometry. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63: 1615-1617

- IDSO, S. B., JACKSON, R. D., PINTER, P. J., REGINATO, R. J., and HATFIELD, J. L., 1981. Normalizing the Stress Degree Day Parameter for Environmental Variability. *Agricultural Meteorology*, 24: 45-55.
- INOUE, Y., WATANABE, T., and KITAMURA, K., 2000. Prototype Time-Domain Reflectometry Probes for Measurement of Moisture Content Near the Soil Surface for Applications to “ On –the- Move” Measurements. *Agricultural Water Management*, 50: 41-52.
- IRMAK, S., HAMAN, D. Z., and SMAJSTRLA, A. G., 1999. Continuous Water Content Measurements with time Domain Reflectometry for Sandy Soils. *Soil Crop Sci. Soc. Florida Proc.*, 58: 77-81
- KACIRA, M., 2000. Non-Contact and Early Detection of Plant Water Stress Using Infrared Thermometry and Image Processing. Ph.D. Dissertation, The Ohio State University, Columbus, OH, USA.
- KOÇAK, M., 2002. Elektriksel Yöntemlerle Algılanan Toprak Neminin Sulama Otomasyonunda Kullanılması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 101s.
- LAKER, M. C., BOEDT, L. J. J., and HENSLEY, Y., 1987. Pre-Dawn Leaf Water Potential as an Indicator of Plant Water Stress With Special Reference to Problems Encountered Under Conditions of High Evaporative Demand. *Proceedings of International Conference on Measurements of Soil and Plant Water Status*, July 6-10, held in Logan, Utah, USA.
- MCBURNEY, T., and COSTIGAN, P. A., 1988. Continuous Measurement of Plant Water Stress. *Acta Horticulturae*, 228:227,231.
- NISSEN, H. H., MOLDRUO, P., and HENRIKSEN, K., 1998. High-Resolution Time Domain Reflectometry Coil Probe for Measuring Soil Water Content. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62:1203-1211.
- NOBORIO, K., HORTON, R., and TAN, C. S., 1999. Time Domain Reflectometry Probe for Simultaneous Measurement of Soil matric Potential and Water Content. *Soil Sci. Am. J.*, 63: 1500-1505
- NOBORIO, K., 2001. Measurement of Soil Water Content and Electrical Conductivity by Time Domain Reflectometry: a Review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 31(2001): 213-237.
- OSTERHUIS, D. M., LE MAIRE, F., and LE MAIRE, C., 1987. Leaf Water Potential and Crop Color Change in Water-Stressed Peas. *HortScience*, 22:429-432.
- RANA, G., KATERJI, N., and MASTRORILLI, M., 1998. Canopy Resistance Modelling for Crops in Contrasting Water Conditions. *Physics and Chemistry of the Earth*, 23(4): 433-438.
- ROBINSON. D. A., GARDNER, C. M. K., and COOPER J. D., 1999. Measurement of Relative Permittivity in Sandy Soils Using TDR, Capacitance and Theta Probes: Comparison, Including the Effects of Bulk Soil Electrical Conductivity. *Journal of Hydrology*, 223: 198-211

- SEGINER, I., 1994. Transpirational Cooling of a Green House Crop With Partial Ground Cover. *Agricultural and Forest Meteorology*, 71:265-281.
- SCHAAP, M. G., LANGE, L., and HEIMOVAARA, T. J., 1996. TDR Calibration of Organic Forest Floor Media. *Soil Technology*, 11: 205-217
- SINCLAIR, T. R., HAMMOND, L. C., and HARRISON, J., 1998. Extractable Soil Water and Transpiration of Soybean on Sand Oil. *Agronomy Journal*, 90:363-368.
- SMITH, D. M. and ALLEN, S. J., 1996. Measurement of Sap Flow in Plant Stems. *Journal of Experimental Botany*, 47(305):1833-1844
- TANRIVERDİ, Ç., 2005. Using TDR in the Agricultural Water Management. *Karadeniz Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2): 108-115.
- TURANLI, M., ve GÜRİŞ, S., 2000. Temel İstatistik. Der Yayınları, İstanbul, 730s
- TÜLÜN, Y., 2005. Toprak Su İçeriğinin Ve Yarayışlı Su Düzeylerinin TDR (Time Domain Reflectometry) İle Ölçülmesi Ve Aletin Çeşitli Toprak Bünye Sınıflarında Kalibrasyonu. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 101s.
- VAN CLOOSTER, M., MALLANTS, D., VANDERBORGHT, J., DIELS, J., VAN ORSHOVEN, J., and FEYEN, J., 1995. Monitoring Solute Transport in a Multi-layered Sandy Lysimeter Using Time Domain Reflectometry . *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59: 337-344.
- WRAITH, J. M., and DAS, B. S., 1998. Monitoring Soil Water and Ionic Solute Distributions Using Time-Domain Reflectometry. *Soil and Tillage Research*, 47: 145-150.
- YANG, X., 1988. Greenhouse Microclimate: Transport Processes, Plant Responses and Dynamic Modelling. Ph. D. Dissertation, Tho Ohio state University, Columbus, OH, USA.

ÖZGEÇMİŞ

Araştırmacı 1977 yılında Şanlıurfa'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini tamamladıktan sonra Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Öğretmenliği Bölümünü kazanıp başarıyla bitirdi. Bir süre özel sektörde çalıştıktan sonra 2003 yılında Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksekokulu Makine Programında Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı. Halen bu görevine devam etmektedir. Yabancı dili İngilizcedir.

ÖZET

Türkiye ve Avrupa Sulama alanlarının karşılaştırılması ile ilgili yapılan çalışmada, 77.8 milyon hektar olan Türkiye yüzölçümünün 16.7 milyon hektarı topografik yönden, 12.5 milyon hektarı toprak özellikleri yönünden, 8.5 milyon hektarı ise ekonomik yönden sulamaya uygun olduğu belirtilmiştir. Bununla beraber 1980 yılında 2.672.817 hektar olan sulanan alanlar, 1999 yılında 4.747.000 hektara yükselmiştir. Sulanan alanların tarım alanları içindeki payı 1980 yılında % 9.5 iken sürekli artarak 1999 yılında % 17.8'e yükselmiştir. Oysa AB ülkelerinde sulanan alanların tarım alanları içerisindeki payı Hollanda'da % 59.5, Yunanistan'da % 37.2 ve Portekiz'de % 24.0'dır. Sulama açısından ülkemiz AB'ye oranla daha geride kalmaktadır.

Küreselleşen dünyada tarım sektöründe artan arz talebini, kısıtlı olan kaynaklardan karşılayarak, rekabet ortamının geliştirilmesi çok büyük bir önem arz etmektedir. Tarımsal sulamada bitki, toprak ve çevresel etkenlere bağlı olarak ortaya çıkan olumsuzlukları minimum seviyeye indirerek, en yüksek mahsulü, en verimli, en ekonomik ve evrensel kriterlere uygun olarak karşılamak gereklidir. Geleneksel sulama sistemlerinin suyun fazla ve az verilmesi ile diğer çevresel etmenlere bağlı olarak çeşitli sakıncaları görülmüştür.

Bu çalışmada, tarımsal sulamanın, bitki, toprak ve çevresel faktörler dikkate alınarak, özellikle bahçe, saksı ve seraların otomatik sulanmasında en verimli şekilde yapılabilmesinin gerekliliği ve bunu gerçekleştirebilmek için geleneksel sulamaların bırakılarak TDR (Time Domain Reflectometry) nem sensörlerinin kullanılması üzerine bir araştırma yapılmıştır. TDR nem sensörleri toprağın hacimsel elektrik iletkenliğini ölçen cihazlardır. Toprağın hacimsel elektrik iletkenliği ile toprak su içeriği arasında doğrusal bir ilişki bulunduğundan aynı zamanda toprak su içeriği ile ilgili de bilgi vermektedir. Deneme saksı içerisindeki bahçe, saksı ve sera toprağı olarak adlandırılan torf kumu üzerinde yapılmıştır.

TDR sensörü kapasitif çalışan bir nem sensörüdür. Toprağı dielektrik madde kabul etmekte ve üzerindeki nem yoğunluğu değiştikçe kapasite değeri ve dolayısıyla direnç değeri değişmektedir. Girişine pozitif (+) gerilim uygulanarak üzerindeki gerilim değişimi gözlenebilmektedir. Uygulamada opamp karşılaştırıcı olarak kullanıldı. V1 ile V2 nin durumlarına göre V0 değişmektedir. Eğer $V1 > V2$ ise V0

+V giriş değerini verir, $V_2 > V_1$ ise V_0 sıfır (0) verir. Uygun devre ile akım değişimi de takip edilebilir. Sensörün topraktaki nem değişimine göre üzerindeki direnci değişmektedir. Nem yoğunluğuyla (%RH) (% Bağıl Nem) ile direnç değeri ters orantılıdır. Bundan dolayı V_0 diğer 10K'lık direnç üzerindeki gerilim değişimi alınmıştır. V_0 bilgisi buradan Multimetreye gönderilmiştir. Multimetre, (TDR) nem algılayıcısından gelen gerilim bilgisine (V_0) göre kademelerin artışı veya azalışını sağlayan bloktur. Ayrıca ayarlı direnç eklenerek istenilen mV değerlerinde kontrolü sağlanmıştır.

Torf kumu ilk olarak yaklaşık bir gün süreyle fırında tutularak kuru fırın toprağı elde edilmiştir. Yani içerisindeki su topraktan uzaklaştırılmıştır. Kuru fırın toprağından suya doygun hale getirilmiş olan duruma kadar TDR cihazıyla alınan değerlerle kalibrasyon gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon değerlerinin birbiriyle olan uyumu grafik ve formüllerle gösterilmiştir. Yani multimetreden elde edilen değerle toprak su içeriği arasında uyum belirtilmiştir.

Ayarlı dirençlerle su pompasının 935 mV, 320 mV ve 820 mV değerlerinde durdurulması ile elde edilmiş sonuçların kendi aralarında uygunlukları grafiklerle ve formüllerle tespit edilmiştir. Ayrıca bu değerlerin ne kadar hatayla bulunduğu ve sistemin güvenilirliğinin tespit edilmesi için (t) istatistik hesabı ve ki kare uygunluk testi yapılmıştır.

Sonuç olarak torf kumu esas alınarak, TDR nem sensörü ile toprak su içeriğinin ölçülmesi ve otomatik hale getirilmesi işleminin uygulanabilir bir yöntem olduğu saptanmıştır. Ayrıca diğer toprak cinsleri için de uzman kişiler tarafından yapılan ayarlamalarla, TDR cihazının bu toprak cinslerine adapte edilebileceği görülmüştür. İstenilirse dijital yazılımlarla daha teknolojik hale de getirilebilir.

SUMMARY

According to the studies related to comparing the irrigation fields of Turkey and Europe that 16.7 millions, 12.5 millions and 16.7 millions hectares of Turkey` acreage were appropriate for irrigation in terms of topographic aspect, of its soil characteristics, and of economic way, respectively. At the same time, while irrigated areas was 2.672.817 in 1980, it was increased to 4.747.000 hectares in 1999. Although watered area portion in agricultural fields was 9.5% in 1980, it was rised continuously to 17.8% in 1999. However in EU Countries, watered field portion in agricultural fields is 59.5% in Holland, 37.2% in Greece and 24.0% in Portugal. From the point of irrigation, our Country is drop back in proportion to EU.

Improvement of competition environment by providing the growing supply demand in agriculture sector from limited sources come into question and act a very important role on the globed World. In agrucultural irrigation, highest product should be supplied with the most profitable, most economic and in conformity with the universal criteria by minimizing negativities connected with plant, soil and environmental conditions is necessary. Various inconveniences of traditional irrigation systems have been seen pertaining to giving water much or less and some other environmental factors.

In this study, a research is made on the necessity of being able to most productively done of agricultural irrigation, especially in the automatic watering of garden, flowerpot and greenhouse by considering plant, soil and environmental factors, and doing this by giving up the traditional waterings and using TDR (Time Domain Reflectometry) humidity sensors. TDR humidity sensors are devices which measure volumetric electric conductibility of the soil. Since there is a linear relation between volumetric electric conductibility of the soil and soil water content, it also gives information about soil water content. Test was made in the flowerpot and on the soil which is called "Torf Sand" as garden, flowerpot and greenhouse soil.

TDR sensor is a humidity sensor the capacitively works. It accepts soil as a dielectric substance and its capacity value so its resistance rate changes while the humidity density on it is changing. By applying positive(+) voltage to its input, voltage changing on it can be observed. In the application, "Opamp" was used as comparator. V_0 is changing according to situation of V_1 and V_2 . If $V_1 > V_2$, $V_0 = V_1$

gives the input value, and if $V_2 > V_1$, it gives V_0 zero (0). With a suitable circuit, current variation also can be followed. According to humidity change in soil, resistance on sensor changes. Humidity density (RH%) (Relative Humidity%) and resistance value is inversely proportional. For this reason, as V_0 , it was taken resistance change on another 10K resistance. V_0 information was sent from here to Multimeter. Multimeter is a block which provide increase or decrease of echelons as to voltage information (V_0) comes from humidity sensor (TDR). Besides, control of intended mV values also was acquired by adding adjusted resistance.

At first, by Torf Sand was kept in the oven during approximately one day, dry oven soil has been obtained. That is, the water within it is removed from the soil. Calibration has been made with the values obtained by TDR device from dry oven soil until the situation of being saturated with water. Conformity of calibration values with each other has been showed by graphics and formulas. That is to say, conformity between the value obtained from multimeter and soil water content is specified.

conformities among themselves of results which are obtained by fixing water pump at 935mV, 320 mV and 820 mV values with adjusted resistances, were determined with graphs and formulas. Furthermore, for determination of the error quantity of these values and the system trustability, (t) statistic calculation and “ki square” conformity test were done.

As a result, by means of taking Torf Sand as base, it is appointed that measuring soil water content with TDR humidity sensor and work up it into automatic status is an applicable method. Furthermore, with adjusting done by specialists on other soil kinds, it has been seen that TDR device can be adapted to these types. If it is wished, it can become to more technologic status by digital softwares.