



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROL (PLC)  
KULLANARAK TARTILI LİZİMETRENİN  
KONTROLÜ VE CEVİZ SU TÜKETİMİNİN  
BELİRLENMESİ**

**ALİ KARAKOÇ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2019**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROL (PLC)**  
**KULLANARAK TARTILI LİZİMETRENİN**  
**KONTROLÜ VE CEVİZ SU TÜKETİMİNİN**  
**BELİRLENMESİ**

**ALİ KARAKOÇ**

**Bu tez,**  
**BİYOSİSTEM Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**YÜKSEK LİSANS**  
**Derecesi İçin Hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2019**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ali KARAKOÇ tarafından hazırlanan “PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROL (PLC) KULLANARAK TARTILI LİZİMETRENİN KONTROLÜ VE CEVİZ SU TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 05/08/2019 tarihinde oy birliği ile Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN (DANIŞMAN) .....

Biyosistem Mühendisliği Bölümü  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ (ÜYE) .....

Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü  
Çukurova Üniversitesi

Doç.Dr. Serpil GENÇOĞLAN (ÜYE) .....

Biyosistem Mühendisliği Bölümü  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. Mustafa YAZICI .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

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

Ali KARAKOÇ

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.  
Proje No: 2018/1-3 YLS

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

**PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROL (PLC) KULLANARAK TARTILI  
LİZİMETRENİN KONTROLÜ VE CEVİZ SU TÜKETİMİNİN**

**BELİRLENMESİ**

**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**ALİ KARAKOÇ**

**ÖZET**

Son yıllarda Türkiye'de ceviz dikili alan miktarı hızla artmaktadır. Ceviz bitkisi sulama programının hazırlanmasında, anılan bitkinin su tüketimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle bu çalışma, programlanabilir lojik kontrol (PLC) kullanarak tartılı lizimetreyi kontrol etmek ve ceviz su tüketimini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Lizimetre 113 cm çapında ve 130 cm yüksekliğinde paslanmaz çelikten yapılmıştır. Tartılı lizimetrenin 4 adet yük algılayıcısı ve RS232 çıkışı vardır. Algılayıcıların hassaslığı 200 gramdır. Cevizin su tüketimi, bir boyutlu su dengesi eşitliği kullanılarak lizimetrede belirlenmiştir. Bir sulama döngüsü içerisindeki cevizin su tüketimi, günlük su tüketimi toplamından bulunmuştur. Sulama suyu miktarı, cevizi su stresine sokmamak için hesaplanan toplam ET nin 1.2 katından hesaplanmıştır. Tartılı lizimetreden drene olan su miktarı, bir tahliye tankı yardımıyla ölçülmüştür. Sulama mevsimi boyunca ceviz, 12 kez sulanmış, her sulamada yaklaşık 24 mm su verilmiştir. Sulama aralıkları iklim koşullarına göre değişmiştir. Toplam uygulanan su miktarı 293 mm'dir. Lizimetreden drene olan su miktarı 66 mm ölçülmüştür. İki yaşındaki ceviz, 15.06.2018 tarihinden 4.10.2018 tarihine kadar her sulama döngüsü içerisinde yaklaşık 20 mm su tüketmiştir. Cevizin mevsimlik su tüketimi 261 mm olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Ceviz, tartılı lizimetre, programlanabilir lojik kontrol (PLC), basınç sensörü, sulama, otomasyon, solenoid vana, plüviyometre, elektronik kantar

**CONTROLLING OF WEIGHTED LYSIMETER USING  
PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL (PLC)  
AND DETERMINATION OF WALNUT WATER CONSUMPTION  
(M.Sc. THESIS)**

**ALİ KARAKOÇ**

**ABSTRACT**

In recent years, the amount of area planted walnuts in Turkey is rapidly increasing. In the preparation of walnut irrigation scheduling, water consumption of walnut is needed. Therefore, this study was conducted to control the weighed lysimeter using programmable logic control (PLC) and to determine walnut water consumption. The lysimeter is made of stainless steel with a diameter of 113 cm and a height of 130 cm. The weighed lysimeter has 4 loadcells and RS232 outputs. The sensitivity of the sensors is 200 grams. Water consumption of walnut was determined by using one dimensional water balance equation. It's water consumption in an irrigation cycle was calculated from the sum of daily water consumption. The amount of irrigation water was calculated from 1.2 times the total ET to avoid water stress experience by walnut. The amount of water drained from the weighed lysimeter was measured by means of a discharge tank. During the irrigation season, the walnut was irrigated 12 times, with approximately 24 mm of water given per irrigation. Irrigation intervals varied according to climatic conditions. The total amount of water applied was 293 mm. The amount of water drained from the lysimeter was measured as 66 mm. The two-year-old walnut consumed approximately 20 mm of water in each irrigation cycle from 15.06.2018 to 4.10.2018. Seasonal water consumption of walnut was determined as 261 mm.

**Keywords:** Walnut, weighing lysimeter, PLC, pressure sensor, irrigation, automation, solenoid valve, pluviometer

Kahramanmaraş Sütçü İmam University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biosystem Engineering, August/2019

Supervisor: Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN

Page Numbers: 62

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin her aşamasında her türlü yardımı ve kolaylığı sağlayan, benim için hafta sonu ve gece kavramı gözetmeksizin zamanlarını ayıran, kıymetli danışman hocam, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN'a,

Araştırmalarımda yardımcı olan Doç. Dr. Serpil GENÇOĞLAN'a.

Derslerine katıldığım bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren  
Fen Bilimleri Enstitüsü hocalarıma,

Karşılıksız bir özveri ile temel eğitimimi veren anneme ve babama,

Eğitimim boyunca zamanlarından böldüğüm çocuklarıma ve sevgili eşime,

Saygılar, sevgiler ve teşekkürlerimi sunarım.

Ali KARAKOÇ

Kahramanmaraş, 2019

## İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET .....	i
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	3
2.1. Lizimetreler .....	3
2.1.1. Drenaj Tipi Lizimetreler.....	4
2.1.2. Tartılı Lizimetreler .....	4
2.1.3. Lizimetre Planlama ve İşletimini Etkileyen Etmenler.....	6
2.1.4. Lizimetrede Toprak Profilinin Oluşturulması .....	6
2.1.5. Lizimetre Derinliği .....	7
2.1.6. Lizimetrenin Yeri ve Konumu.....	7
2.1.7. Tartım Mekanizması.....	8
2.1.8. Lizimetrenin Yapımı.....	8
2.1.9. Lizimetrelerde Su Tüketimi Ölçümleri.....	9
2.2. Ceviz.....	10
2.3. Sulama .....	11
2.4. Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) .....	13
2.5. Algılayıcılar ve Sulama Amaçlı Çalışmalar .....	14
3. MATERYAL VE METOT .....	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Araştırma Alanı .....	17
3.1.2. Araştırma Yeri ve Toprak Özellikleri.....	17



3.1.3.	Sulama Suyu Özellikleri .....	18
3.1.4.	Araştırma Yerinin İklim Özellikleri .....	19
3.1.5.	Ceviz Bitkisi .....	19
3.2.	Metot.....	20
3.2.1.	Tartılı Lizimetrenin Kurulumu ve Toprak Dolumu.....	20
3.2.2.	Tahliye Tankı.....	23
3.2.3.	Pano Projesinin Çizimi .....	23
3.2.4.	Evapotranspirasyonun Belirlenmesi .....	31
3.2.5.	Sulama Sistemi ve Programı .....	32
3.2.6.	Lizimetreden Tahliye Olan Suyun Ölçümü.....	33
3.2.7.	Yağışın Ölçümü.....	35
3.2.8.	TLOS Yazılımı .....	35
4.	BULGULAR .....	47
4.1.	SD Karta Veri Kaydı .....	47
4.2.	Tartılı Lizimetre Kaydı.....	47
4.3.	Sulama Kaydı .....	47
4.4.	Yağış Kaydı .....	48
4.5.	Drenaj Kaydı.....	48
4.6.	Günlük ve Toplam Evapotranspirasyon Kaydı .....	48
4.7.	Kalibrasyon Eşitliği ve Drenaj .....	50
4.8.	Cevizin Sulama Suyu ve Su Tüketimi.....	51
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER .....	54
6.	KAYNAKLAR.....	55

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 3.1. Araştırma alanı konumu .....	17
Şekil 3.2. Tartılı Lizimetreye dikilen Maraş 18 ceviz çeşidi.....	20
Şekil 3.3. Tartılı Lizimetrenin yerleştirildiği zemin .....	20
Şekil 3.4. Tartılı Lizimetre ve ekipmanı.....	21
Şekil 3.5. Lizimetrenin cam yünü ile izole edilmesi, gölgelenmesi ve file gerilmesi .....	22
Şekil 3.6. Tahliye tankı ve ekipmanları .....	23
Şekil 3.7. Proje kapağı .....	24
Şekil 3.8. Proje indeksi .....	24
Şekil 3.9. Ana giriş, PLC ve tartı besleme projesi.....	25
Şekil 3.10. Su sayacı ve pluviyometre okuma ile selenoid vana ve tahliye motoru kontrol projesi .....	27
Şekil 3.11. Role kontak kontrol projesi .....	28
Şekil 3.12. Tahliye tankı su yükü okuma projesi .....	29
Şekil 3.13. Basınç algılayıcı stand.....	29
Şekil 3.14. PLC'nin kantardan veri okuma projesi .....	30
Şekil 3.15. Klemens tablosu ve konektör bağlantısı.....	30
Şekil 3.16. Pano görünüşü ve PLC montaj projesi .....	31
Şekil 3.17. Lizimetre, sulama sistemi ve tahliye tankı .....	33
Şekil 3.18. CODESYS arayüzü ve yazılım programlar.....	36
Şekil 3.19 Lizimetre (PRG) alt programı akış diyagramı birinci bölümü .....	39
Şekil 3.20 Lizimetre (PRG) alt programı akış diyagramı ikinci bölümü .....	43
Şekil 3.21. Verilerin SD karta kayıt yapılması .....	44
Şekil 3.22. Sulama akış diyagramı .....	45
Şekil 3.23. Günlük drenaj miktarını ölçümü akış diyagramı.....	45
Şekil 3.24. Günlük yağış miktarını ölçümü akış diyagramı .....	45

Şekil 4.1. TLOS tarafından SD karta kaydedilen tarih, sulama öncesi ve sonrası lizimetre ağırlığı, sulama suyu, yağış, drenaj, günlük ET ve toplam ET miktarları .....	49
Şekil 4.2. TLOS'nin SD karta kaydettiği tarih, saat, lizimetre ağırlığı ve saatlik ET değerleri .....	49
Şekil 4.3. Dijital değer okumaları ve su yükü değerleri .....	50
Şekil 4.4. İki yaşındaki cevizin günlük su tüketimleri .....	53



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri.....	18
Çizelge 3.2. Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri.....	18
Çizelge 3.3. Sulama suyu analiz sonuçları .....	18
Çizelge 3.4. Araştırma yıllarına ilişkin ve uzun yıllık ortalama iklim verileri.....	19
Çizelge 3.5. Global değişkenler ve kalıcı değişkenler.....	36
Çizelge 3.6. Lzm_data yapısının değişkenleri ve tipleri .....	37



## KISALTMALAR

<b>BA</b>	: Basınç algılayıcı
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>°C</b>	: Santigrat derece
<b>CPU</b>	: Merkezi işlem birimi
<b>DF</b>	: Serbestlik derecesi
<b>EPROM</b>	: Erasable programmable read onyl memory (silinebilir programlanabilir salt okunur bellek)
<b>ET</b>	: Evapotranspirasyon
<b>ET<sub>0</sub></b>	: Referans evapotranspirasyon
<b>ET<sub>c</sub></b>	: Gerçek bitki su tüketimi
<b>ET<sub>max</sub></b>	: Optimum koşullarda maksimum bitki su tüketimi
<b>ET<sub>r</sub></b>	: Kıyas bitki evapotranspirasyonu
<b>H<sub>2</sub>O</b>	: Su
<b>ha</b>	: Hektar
<b>IN</b>	: PLC de giriş birimi
<b>m</b>	: Metre
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metrekare
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>ms</b>	: Milisaniye
<b>N304</b>	: Paslanmaz yüksek karbonlu krom çeliği
<b>OUT</b>	: PLC de çıkış birimi
<b>PLC</b>	: Programlanabilir lojik kontrol
<b>TLOS</b>	: Tartılı lizimetre otomasyon sistemi
<b>ZnCl</b>	: Çinko klorür

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusu ile birlikte ülkemizin de nüfusu hızla artmaktadır. Türkiye'nin nüfusu, 2018 yılsonu itibariyle 82 milyona ulaşmıştır. Nüfus artışının sorun olarak görülmesinde en büyük etkenin artan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanması söylenebilir. Temel gıda ihtiyaçlarının karşılanması için de tarımsal alanların artırılması ile birlikte özellikle birim alandaki üretimin artırılması daha önemli olmaktadır. Türkiye'de diğer bahçe bitkileri dikim alanlarında olduğu gibi ceviz dikim alan miktarı da hızla artmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığının hazine arazilerini ceviz, badem ve zeytin gibi ağaçlarla bahçe kurmak şartıyla ücretsiz olarak kiraya vermesinin ceviz bahçelerinin artışında önemli bir payı olmuştur. Bununla birlikte ülkemizde ceviz üretimi halen iç piyasaya yetmeyip ceviz ithalatı yapmaktayız. TÜİK tarafından yayınlanan üretim rakamlarına baktığımızda 1990 lı yıllarda meyve veren ceviz ağacı sayımız 3200 iken 2018 yılında 9800 rakamlarına ulaşmıştır. Yine 90'lı yıllarda 115000 ton olan ceviz üretimimiz 2018 yılında 215000 tona ulaşmıştır. Çin, ABD ve İran'ın ardından ceviz üretiminde dördüncü sıradayız, dünya üretiminin yüzde 5,3'ünü karşılıyoruz. Halen ceviz üretim miktarımız tüketimimizi karşılamayıp ceviz ithalatı yapmaktayız. 2016 yılı kabuklu ceviz ithalat miktarımız 70000 tona ulaştığı göz önüne alınırsa ceviz üretim alanlarımızda artışlar olacağı söylenebilir (Anonim, 2019a).

Ülkemiz kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alması sebebiyle çoğu zaman yıllık yağış miktarı, düzenli bir bitki yetiştiriciliği için yetersiz kalmaktadır. Yağış miktarının azlığının yanında yıl içerisindeki yağış dağılımı da düzensizdir. Bu bilgiler ışığı altında dünya genelinde kıt olan su kaynaklarının en etkin şekilde kullanılması için bitkilerin su tüketiminin bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Cevizin bitki su tüketimi, ceviz bitkisi yapraklarından transpirasyonla ve toprak yüzeyinden olan evaporasyonla kaybolan toplam su miktarına denir. Cevizin bitki su tüketimine birçok etmen etki etmektedir. Bunlar iklim, bitki, toprak ve sulama yöntemi şeklinde gruplandırılabilir. İklim etmenleri arasında solar radyasyon, sıcaklık, rüzgar hızı ve oransal nem yer almaktadır. Bitki etmenleri arasında ise cevizin çeşidi, yaşı, taç büyüklüğü, kök sistemi ve dikim sıklığı yer almaktadır. Toprak etmenleri arasında ise toprağın bünyesi, yapısı, işleme ve bitki sıra arasındaki yabancı otların varlığı bulunmaktadır. Sulama yönetimi de ceviz bitkisi su tüketimine etki etmektedir. Örneğin yüzey sulama yöntemi yapıldığında, toprak yüzeyinin daha geniş bir alanı ıslattığından evaporasyon artacaktır. Toprak altı damla sulama yapıldığında toprak yüzeyinden olan evaporasyon azaldığı için bitki su tüketimi

azalacaktır. Kısmı kök kuruluğu sulama tekniğinde bitki kök bölgesinin bir tarafı sulandığından ve bitki stomalarını kısmen kapattığından su tüketimi düşmektedir. Bitkinin gelişme dönemleri dikkate alınarak kısıntılı sulama yapıldığında benzer şekilde bitki su tüketimi azalmaktadır. Bunlar, toprakta depolanan suyun etkin kullanımını sağlamak ve bitki su tüketimini azaltmak için geliştirilmiş tekniklerdir.

Bu çalışmanın amacı, tartılı lizimetreyi PLC ile birlikte kullanmak ve bu sırada 2 yaşındaki Maraş 18 ceviz çeşidinin Kahramanmaraş şartlarında mevsimlik su tüketiminin belirlenmesidir.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Lizimetreler

Lizimetre tarihi, yaklaşık 300 yıllık bir dönemi kapsar. Sistem, önceleri toprak içerisine süzülen suyu ölçen ve drenaj sistemlerine katılan besin elementlerini belirleyen bir alet olarak tanımlanmıştır. De la Hare, lizimetre ile ilgili ilk çalışmaları Fransa- Paris'te 1688 yılında yürütmüştür. Matematikçi ve iklim bilimcisi olan araştırmacı, XIV. Luois döneminde yaşamıştır. Kurşuni renkli tanklara kumlu-tınlı toprak doldurmuş ve çim ekilmiş olanlarda, çıplak olanlara göre daha fazla suyun buharlaştığını saptamıştır (Pelton, 1961). İngiltere'de 1796 yılında Dalton ve İsviçre'de Maurice, kendi lizimetre denemelerini yapmışlardır. Dalton, kendi lizimetresini, De la Hare'den esinlenerek geliştirmiştir (Aboukhaled ve ark., 1982). Sanbom tarafından 1888 yılında Missouri Tarımsal Araştırma Enstitüsünde 40.5 m<sup>2</sup> genişliğindeki doğal toprak kütlelerinin çevresi geçirimsiz duvarlarla çevrilerek lizimetre oluşturulmuştur. Bahsedilen lizimetrenin derinliği 1.20 m ve tabana drenaj boruları yerleştirilmiştir. Sözkonusu tanklar, aynı zamanda dipsiz lizimetrelere de ilk örnektir. İlk tartılı ve monolith lizimetre 1906 yılında Almanya'da Von Seelhorst tarafından yapılmıştır (Pelton, 1961).

Kendiliğinden tartım düzeneğine sahip olan bir lizimetre 1958 yılında California-Davis'te yapılmıştır (Pruitt ve Angus, 1960). California-Sen Dimas lizimetreleri 1947 yılında; Canada-Kuzey Toronto lizimetreleri 1969 yılında; Hollanda-Wageningen lizimetreleri ise 1959 yılında yapılmışlardır (Alagöz, 1969; Mukammal ve ark., 1971).

Türkiye'de ilk sayılabilecek lizimetreler, o günkü adıyla TOPRAKSU Araştırma Enstitüleri'nde 1950'li yıllarda yapılmıştır. Hemen hemen tümü, bozulmuş toprak örneklerinin kullanıldığı sistemlerdir. Tanklar, beton bloklu duvarlardan oluşturulmuştur. Drenaj tipi sistemler, daha çok bitki-su-toprak ilişkileri ile ilgili çalışmalarda kullanılmışlardır (Tekinel ve Kanber, 1975; Kanber, 1976; Güngör, 1985).

Lizimetre tipleri, su bütçesi eşitliğindeki terimlerin ölçümleri veya belirlemeleri için değişik çözümler sağlamaktadır. Toprak tankının su içeriğindeki değişmelerin ölçümü için kullanılan yöntemlere göre lizimetreler tartılan ve tartılmayan lizimetreler diye iki önemli gruba ayrılır.

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında 2009-2010 yılları arasında yürütülen bir çalışmada buğday bitkisinin



mevsimlik su tüketimi Bowen oranı enerji dengesi yöntemi ve lizimetre yöntemi karşılaştırılarak bulunmaya çalışılmıştır. Bowen oranı enerji dengesi yöntemi ile 321 mm, lizimetre yöntemiyle 376 mm belirlenerek bitki su tüketim değerleri arasında istatistiksel olarak %99 oranla benzerlik olduğu belirtilmiştir (Akpolat ve Ünlü, 2011).

### **2.1.1. Drenaj Tipi Lizimetreler**

Drenaj tipi lizimetreler en çok kullanılan ve en basit lizimetre tipi olarak kabul edilir. Bunlar bir m<sup>2</sup> veya daha çok yüzey alanına sahip, değişik derinliklerde, toprak içerisine konumlandırılmış su geçirmeyen metalik veya beton havuzlardan oluşmaktadır. Havuzun içerisi lizimetrenin yerleştirilmesi amacıyla kazılan yerden ya da araştırma yapılacak alanı temsil edebilecek benzerlikte olan başka bir yerden alınan toprakla doldurulur. Sızabilecek suyun ölçülmesi amacıyla havuzun taban kısmına ortalama 10 cm derinliğinde kum-çakıl veya cam yünü yerleştirilir. Tabanları kapalıdır. Sızan suyun bir yerde toplanıp gerektiğinde ölçülebilmesi için tank tabanında çeşitli önlemler alınmıştır. Örneğin, birçok sistemde tankın dışında, bir tünelde bulunan toplama kabına açılan drenaj boruları (muslukları) bulunur. Sulama ve yağış miktarları ölçülür. Lizimetre içerisindeki toprak su içeriği belirli aralıklarla tarla kapasitesine getirilir. Drenaj tipi lizimetrelerde ET değeri, dönem başındaki toprak nem içeriği, sulama suyu miktarı ve yağış miktarı toplanır. Bu toplamdan dönem sonundaki toprak nem içeriği ve drenaj miktarı çıkarılarak bulunur (Kanber R.1997).

### **2.1.2. Tartılı Lizimetreler**

Tartılı lizimetrelerde çok kısa zaman aralıklarında ET ölçümleri (günlük, saatlik), doğruluk payı yüksek bir oranla yapılabilmektedir. Böyle bir sistemde, lizimetre kabı toprağa gömülü ikinci ve daha büyük bir tanka yerleştirilir. Lizimetre tankı, tartım için serbestçe hareket edebilir. Böylece, lizimetre ağırlığındaki değişiklikler belirlenebilir (Aboukhaled ve ark., 1982). Sistemin kurulma maliyeti yüksek ve karmaşıktır. Bu sistemin ana zorluğu, ağır ve büyük toprak kütlesi ile ilgili olarak küçük ağırlık değişikliklerini doğru bir şekilde ölçmek ve kaydetmektir. Bu amaçla farklı tartım teknikleri ve araçları kullanılmaktadır. Bu tür lizimetreler, kullanılan ve incelenen tartım yöntemine göre iki grupta incelenebilir.

Bu tür lizimetrelerde ET, drenaj miktarı, sulama suyu, toprak kütlesi ve tank ağırlıklarındaki değişikliklerden yararlanılarak ölçülür. Teraziler veya tartım mekanizması lizimetre inşa edilirken planlanır.

Tartılı lizimetrelerin çalışma özelliğine göre çok sayıda değişik tipi yapılmıştır. Mekanik tartım sistemine sahip lizimetreler, belirli zaman aralıklarında işçilik kullanılarak tartılabilmektedirler. Daha sonra elektro-mekanik tartım sistemli ve sürekli tartım lizimetreleri geliştirilmiştir. Elektro-mekanik tartımlı sistemlerde birkaç dakika gibi çok kısa zaman aralıklarındaki ağırlık değişiklikleri, kendiliğinden alınır ve bir veri depolayıcısına kaydedilebilir. Sözedilen lizimetrelerin çok büyük yapıları olduğu gibi küçük boyutlu olanları da bulunmaktadır. Bunlardan biri, Coschocton tartılı lizimetreleri, sürekli tartım için bir elektro-mekanik tartım sistemine monte edilmiş bir lizimetri tankı olarak yapılmış, ilk ve büyük boyutlu hassas sistemlerden biridir (Harrold ve Dreibelbis, 1951).

Coschocton sisteminin yapımından sonra büyük ve hassas olan lizimetreler, dünyanın birçok ülkesinde kurulmuşlardır, Pelton (1961), Pruitt ve Angus (1960), Van Bavel ve Myers, (1962), Ritchie ve Bumett (1968), Armijo ve ark. (1972), Beyce ve ark. (1972), Dugas ve ark. (1985), Marek ve ark. (1988), Çetinkökü (1998), Ardahanlıoğlu ve ark. (1996). Elektronik lizimetrelerde çalışmışlardır.

Ülkemizde yapılan lizimetrelerde genellikle Davis lizimetrelerinden esinlenilmiştir. Türkiyede bulunan büyük ve tek tartılı lizimetre, Ankara lizimetresidir. Beyce ve ark. (1972) tarafından planlanan lizimetre, toprak tankı, lizimetre odası ve tartım aleti şeklinde üç ayrı bölümden meydana gelmiştir. Lizimetre, kalınlığı 10 mm olan çelik saçtan yapılmış, 1.55 m derinliğinde ve 2.0 m çapında ve daire kesitli tanktan oluşmuştur. Tank içerisine monolith toprak kütlesi yerleştirilmiştir. Tank tabanında kum katmanı bulunmaktadır. Bu lizimetre önceleri mekanik olarak tartılırken, 1990'lı yıllarda elektro-mekanik tartım biçimine getirilmiştir. ET ölçümü 0.03 mm duyarlılıkla yapılabilmektedir (Kanber R.1997).

Son yıllarda, lizimetre tankının ve toprak kütlesinin ağırlık değişiklikleri, yük sensörleri (load cell) kullanılarak elektronik olarak ölçülür ve kaydedilir hale gelmiştir. Lizimetre tankı genellikle tartı üstüne yerleştirilir (Gençoğlan C. 2019). Yapılışlarındaki karmaşıklık elektronik tartımlı lizimetrelerin kullanımlarını sınırlayan olumsuz bir özelliğidir. Bu sistemle alınan ölçümler güvenilir olmakla beraber gerilim göstergesi

(strain gauge), yükleme hücrelerindeki sürüklenmeye, sıcaklık değişimlerine, rzgrlı koşullara karşı duyarlı bir yapıya sahip olmaları ve yk hücrelerinin empedans oluşturması (Sammis, 1981) karşılaşılan belli başlı sorunlardandır. Howell ve ark. (1985) yk hücrelerinin empedans oluşturması sorunu için lizimetreyi hidrolik kriko yardımıyla bir terazi üzerine yerleştirerek yükleme hücrelerinin empedans oluşturmasını denetlemeyi tavsiye etmişlerdir (Kanber R.1997).

### **2.1.3. Lizimetre Planlama ve işletimini Etkileyen Etmenler**

Lizimetre tekniğinin kullanılması ile elde edilen ölçümlerin güvenilir olması, sistemin planlama ve işletilmesinde birçok etkinin dikkate alınmasına bağlıdır. Başka bir ifadeyle planlama, inşa ve kullanımının doğru yapılması lizimetre ölçülerinin güvenilirliğinde en önemli etmenlerdendir. Örneğin, eğer ET lmleri yapılıyorsa lizimetre, çevreyi temsil edecek nitelikte olmalıdır. Toprağın sıcaklık, nem ve fiziksel özelliklerinin yanında bitkinin boy, örtü, sıcaklık ve fizyolojik özelliklerinin doğal koşullara az çok benzetilmesi gereklidir. Başka bir deyişle lizimetrelerde, güvenilebilir su tüketimlerinin ölçümü, doğal koşulların yaklaşık veya tam olarak sağlanmasına bağlıdır. Buradan, lizimetrelerin tam olarak kurulmasında planlama etkisinin çok büyük olduğu söylenebilir (Tanner, 1967, Howell ve ark., 1991).

### **2.1.4. Lizimetrede Toprak Profilinin Oluşturulması**

Lizimetre yönteminde, su bütçesi eşitliğinin öğelerinin ölçülmesi için çevreden yalıtılmış toprak profili içeren tank kullanılır. Toprak profilinin oluşturulma koşulları ölçüm sonuçlarının temsil edilebilirliğini ve doğruluğunu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, toprak profili büyük bir dikkatle oluşturulmalı ve oluşturulan toprak profilinin evre toprak koşullarını temsil etmesine önem verilmelidir. Lizimetre tankının toprakla doldurulmasında genelde bozulmamış ve bozulmuş toprak rnekleleriyle doldurulması tekniği şeklinde iki yöntem kullanılır (Mukammal ve ark., 1971).

Lizimetre toprak profil özellikleri, yapılacak olan çalışmanın niteliğine uygun olarak seçilir. Eğer infiltrasyon, yüzey akışı ve derine sızma çalışılacak ise monolith toprak profili; bitki-su- atmosfer ilişkileri konularında çalışılacak ise bozulmuş toprak profilleri kullanılabilir. Bozulmuş toprak rneği lizimetre tankının içerisine uygun şekilde doldurulmalı ve anılan toprak bitki gelişimini önemli ölçüde etkilememelidir.

### **2.1.5. Lizimetre Derinliği**

Lizimetrenin derinliği planlamada sistemin kullanım amacına göre değişebilir önemli bir ölçüttür. Lizimetre derinliği, kurak dönemlerle alakalı olarak yapılan gerilimle ve hidroloji ile ilgili kısıntılı sulama çalışmalarında, su alımına ve doğal kök gelişimine izin verecek kadar olmalıdır (Howell ve ark., 1991; Bavel, 1961). Bu durumda derinlik, maksimum köklenme derinliğinin altındaki kılcal gelişmeye müsaade edecek kadar olmalıdır. Bu nedenle içerisinde kaba bünyeli toprak bulunan tanklardaki derinlik, ince bünyeli toprak bulunduran tanklardan daha büyük seçilmelidir (Tanner, 1967). rnek olarak ABD’de bulunan hassas, tartılır, en derin ve büyük lizimetreler, 2.5-2.7 m derinliklerinde değişir (Dugas ve ark., 1985).

Tartılı lizimetrelerin tasarımında derinlik lizimetrenin genel ağırlığını etkileyen en önemli faktördür. Lizimetre tank tabanı ile bitki kökleri arası uygun olarak ayarlanmazsa, tabanda biriken su ile kökler arasında uygun birleşme olmaz, yerçekimsel drenaj iyi çalışmaz ve biriken fazla sudan dolayı lizimetrenin ağırlığı artar (Dickinson, 1981). Tartılı lizimetreler gerektiğinde küçük boyutlu tasarlanarak bazı kolaylıklar sağlanabilmektedir. Tartımlarının kolaylığı ve küçük toprak kütlelerinin kontrol edilebilirliği gibi avantajları yanında derinliklerinin az olmasına ve küçük yüzey alanından kaynaklı kenar etkilerinin fazlalığı, bu lizimetrelerin dezavantajları arasındadır (Kanber, 1997).

WMO (1966) ve Belford (1979) tarafından, tartılı lizimetrelerde uygun derinliğinin, 1.0-1.5 m arasında olabileceği belirtilmiştir. Yukarıdaki bilgilerden anlaşıldığı üzere, lizimetrelerde derinlik bir kaç faktöre bağlı olarak değişebildiğinden her lizimetre sisteminde farklı değerler olabilmektedir.

### **2.1.6. Lizimetrenin Yeri ve Konumu**

Bir lizimetrenin tarla içerisindeki yeri, adveksiyon etkisini azaltmak yönünden çok önemlidir (Van Bavel ve Reginato, 1965; Ritchie ve Bumett, 1968). Bu sebeble lizimetreler toprak ve çevresel şartları temsil eden doğal alanlara ya da tarlanın uygun yerlerine özellikle yüksek engellerle kapalı olmayan açık alanlara kurulmalıdır. Mümkün olduğunca arazinin düz olmasını önemseyen Tanner (1967), böylece farklı rüzgar rejimlerinin oluşturacağı yanılma riskini ortadan kardıracağını kaydetmiştir.

Özellikle kurak bölgelerde sistem etrafındaki tampon alanın daha geniş bırakılması gerektiğini, aksi durumda %44’e yakın daha yüksek ET ölçülebileceği belirtilmiştir

(Howell ve ark., 1991). Araştırmacılar genel olarak 1.0 hektar alan içerisinde hakim rüzgar yönünde 50 ile 100 m uzunluğunda yeşil bitki örtüsünün olmasını belirtmişlerdir. Böylelikle 1.0 m<sup>2</sup>lik bitki yüzey alanında buhar basıncı ve sıcaklık profillerinin sabitlenebileceği önerilmektedir.

### **2.1.7. Tartım Mekanizması**

Elektronik, elektro-mekanik ve mekanik tartım şeklinde üç çeşit tartım mekanizması kullanılmaktadır. Kullanım amaçlarına ve sağlanan imkânlarla göre uygun olanları tercih edilebilir. Hangi tartım sisteminin kullanılacağı lizimetrelerde, çok önemli bir planlama ölçütüdür (Kanber, 1997).

Mekanik tartım sistemi ile lizimetredeki su kütlesi değişimini ölçmek için tank, içindeki toprakla birlikte tartılır. Bu sistemle yapılan ölçmelerde, terazinin dengede olması ve lizimetrenin toplam kütlesine bağlı olarak 0.02-0.05 mm hassasiyetinde doğruluğa ulaşılabilmektedir (Howell ve ark., 1991). Mekanik terazilerin, milleri üzerinde oluşabilen pas ve yoğunlaşmalardan ölçüm hataları meydana gelebilir. Tartılı lizimetreler belirtilen yoğunlaşmanın oluşmaması için ısıtma, soğutma, nem giderme, gibi işlemler yapabilen ekipmanlar ile donatılmışlardır.

Son yıllarda bir çok lizimetrede elektronik tartım sistemleri kullanılmaktadır (Howell ve ark., 1985, Sammis, 1981, Marek ve ark., 1988). Elektronik tartım sistemlerinin doğruluk payı yüksek olmasına rağmen hassasiyetleri kullanılan sensörlere, bilgi toplama yöntemine ve kayıt ekipmanına bağlı olarak değişebilir.

### **2.1.8. Lizimetrenin Yapımı**

Lizimetre cidarları takviyeli beton (Coshocton), takviyeli polyesterli fiberglass, elik veya plastikten yapılabilir. Drenaj lizimetreleri, beton bloklar veya standart eternit tanklardan oluşmaktadır (Aboukhaled ve ark., 1982; Beyce ve ark., 1972).

Tartılı lizimetrelerin toprak tankının yapımında genellikle elik tercih edilir. Dış tanklarda ise plastik materyaller ve dayanıklı-fiberglass tercih edilir. Bunun amacı lizimetre cidarının alt katmanlarına ısı akımını önlemektir (Pruitt ve Angus, 1960). Isınan duvarlar, lizimetre ET değerleri ile tarla ET değerleri arasında uyumsuzluklara neden olmaktadır (Howell ve ark., 1991).

Dış tank duvarlarının betondan yapılması maliyeti düşürebilir. Betondan yapılan duvarlar, doğal olarak, çelikten daha kalın olmak zorundadır. Ancak, bunlar toprağın 30 cm altında bitirilmeli ve cidar ısınmasından ileri gelen hatadan kaçınmak için toprak yüzeyine gelen yerlerde daha ince çelik levhalar kullanılmalıdır.

Tartılı lizimetrelerde toprak tankı (iç tank) ile dış tank (beton duvarlar) arasında bir boşluk bulunur. Anılan boşluk, terazili sistemlerde hava, yüzdürücülü sistemlerde ise sıvı ( $H_2O$  veya  $ZnCl$ ) ile doludur. Toplam boşluk alanı (iç ve dış tank kalınlıkları+boşluk genişliği) ve doğası, solar enerjinin birikmesi ve dağılması kadar lizimetre ile çevre toprak kütlesi arasındaki sıcaklık değişimlerini de bir ölçüde etkiler. O nedenle duvar ısınmasının sınırlanması için, toplam boşluğun elden geldiğince dar ancak, cidarların birbirine değmesini önleyecek kadar da geniş olması sağlanmalıdır (Kanber, 1997).

Birçok lizimetre sisteminde, tank cidarı boyunca doğrudan su akışını önlemek için çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. Örneğin, Coshocton lizimetrelerinde (Harrold ve Dreibelbis, 1958) toprak monolithinin içerisine 38 mm genişliğinde çelik engeller yerleştirilerek, suyun lizimetre cidarından doğrudan akışı önlenmeye çalışılmıştır.

### **2.1.9. Lizimetrelerde Su Tüketimi Ölçümleri**

Lizimetreler, ET ölçümü ve bitki-su-atmosfer ilişkileri ile ilgili çalışmalarda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Lizimetrelerden elde edilen değerlere, ampirik veya yan ampirik evapotranspirasyon modellerinin test edilmesinde referans veri olarak başvurulmaktadır. Böylece ilgili lizimetrik ve ampirik evapotranspirasyon değerleri arasında bir karşılaştırma yapılmaktadır. Lizimetrelerle, su kullanımını belirlemek için kullanılan bir veya daha fazla yöntem birlikte kullanılarak farklı yöntemlerin kıyaslanması yapılabilir. Bunun yanında lizimetreler, birçok bitki-toprak-su ilişkileri ile ilgili yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır (Kanber, 1977).

Lizimetrelerde ET ölçümleri öncelikle kıyas bitki (çim veya yonca,  $E_{To}$  veya  $E_{Tr}$  ET) ile ölçülür. Bu amaçla kurulu lizimetre ve çevresi çim veya yonca örtüsü ile yoğun bir şekilde kaplanır. Bu bitkilerin lizimetre ile ölçülen ET değerleri,  $E_{To}$  veya  $E_{Tr}$  değerlerinin tahmininde kullanılan diğer modellerle karşılaştırılır. Daha detaylı karşılaştırmalar lizimetrede ölçülen  $E_{Tc}$  ( $E_{Tmax}$ ) ile kıyas bitki evapotranspirasyonu ve standart pan evaporasyon değerleri arasında yapılır (Kanber, 1977).

## 2.2. Ceviz

Cevizin meyvesinin gıda olarak tüketilmesi yanında yaprağı ve kerestesinin sanayinin değişik alanlarında kullanıldığı bilinmektedir. Cevizin kabuk sertleşmeden önceki yeşil meyveleri gıda ve ilaç sanayinde, kabukları, yaprakları ve kökleri tanen ve boya sanayinde kullanılır. Ceviz yağı gıda sanayinde kullanıldığı gibi resim sanatında da kullanılan bir yağdır. Ayrıca, ceviz ağacının kerestesi mobilyacılıkta kullanılan önemli bir hammadde kaynağıdır. Bununla birlikte tüm dünyada cevizin esas yetiştirilme nedeni meyvesi ve meyvesinin besin içeriğidir. Cevizin, içerisinde insan sağlığına faydaları olan değerli besin elemanlarının bulunması beslenmemizde önemli bir yere sahiptir. Cevizin besleyici özelliğinin önemine ilişkin, makro ve mikro düzeylerde ceviz bileşiminin belirlenmesi amacıyla gerek yurt dışında gerekse ülkemizde birçok çalışma yapılmıştır.(Anonim, 2018).

Çeşitli besin öğelerini içermelerine rağmen cevizlerin en önemli besini yağlardır. Cevizlerin ortalama yağ oranı yaklaşık %52-70 civarındadır. Bununla birlikte yağ içeriğinden daha çok bileşimindeki yağ asidi dağılımı ile dikkat çekmektedir. Ceviz yağı esansiyel yağ asitlerince zengin olup yağ asidi bileşimi büyük oranda oleik, linoleik ve linolenik asitlerden oluşmaktadır. Ceviz yağının yaklaşık %50-70'inin çoklu doymamış yağ asitlerinden oluştuğu ve sert kabuklu meyveler içinde en yüksek linoleik asit seviyesine (~%60 linoleik asit, ~ %11 linolenik asit) sahip olduğu bildirilmektedir (Ruggeri ve ark., 1998; Zwartz ve ark., 1999). Yüksek orandaki çoklu doymamış yağ asidi içeriği nedeniyle ceviz tüketiminin toplam plazma ve LDL kolesterolünü düşürdüğü ve bununla kalp-damar hastalıklarını önlediği bildirilmektedir. Günlük diyetimizde yer alması gereken ceviz, protein, demir, çinko, fosfor, magnezyum, E vitamini, B grubu vitaminleri ve posa açısından da zengindir. Sindirim sisteminin çalışması için gerekli olan posa, kan şekerini düzenlemesi, kolesterol seviyesini düşürmesi ve kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu olması bakımından sağlık üzerine olumlu etkisi bulunmaktadır. Ayrıca, cevizin enerji değeri de yüksektir (Abbey ve ark., 1994; Ayaz, 2008). Meyve türleri içerisinde gümüş içeren tek meyve türü cevizdir. Gümüş iyonuna ihtiyaç duyulan tek organımız ise beyindir. Gümüş, insan beyninin sağlığında ve öğrenme üzerine etkilidir. Gümüş iyonları antibakteriyel özellik taşımaktadır. Ayrıca, ceviz selenyum içeren nadir gıdalar arasında yer alır. Selenyumun önemli bir özelliği de antioksidant enzimler olan seleno proteinleri yapmak için proteinlere bağlanırlar (Şen, 2011).

### 2.3. Sulama

Ceviz, geniş bir yaprak yüzeyine sahip olması, çok fazla dallanabilmesi, büyük taç genişliklerine ulaşabilmesi nedeniyle su tüketimi fazla olan meyve türlerindedir. Ceviz ağacı uygun zamanlarda düşen yağmur sularından faydalanırsa da çoğu zaman sulama suyuna ihtiyaç duyarlar. Ülkemizin coğrafyasının ceviz bitkisine uygun olan bütün bölgelerindeki yağışlar ekonomik anlamda ceviz yetiştiriciliği için ihtiyaç duyulan su tüketimi miktarını karşılamayacak kadar azdır. Bu nedenle ekonomik anlamda ceviz yetiştiriciliği için mutlaka sulama gereklidir (Şen, 2011).

Yapılan araştırmalara göre ceviz bahçeleri, yağışlar da dahil olmak üzere yıl boyunca 750- 1500 mm'lik suya ihtiyaç duyarlar. Ülkemiz genelinde ortalama sulama dönemi Haziran ile Ekim ayı arasındadır. Kuraklık görülen veya yıllık yağışın düşük olduğu yıllarda ilkbaharda erken sulama yapılabilir, sonbaharda ekim ayı sonlarına dek sulamaya devam edilebilir. Özellikle sürgünlerin hızlı büyüdüğü ve meyve büyümesinin olduğu yaz aylarında suya olan ihtiyaç çok fazladır ve mevsimlik su tüketiminin yarısına haziran, temmuz, ağustos aylarında ihtiyaç duymaktadır. Dolayısıyla sürgün gelişmesini ve istenilen meyve büyümesini elde etmek amacıyla özellikle bu aylarda ceviz ağaçlarının su ihtiyacı yakından takip edilmeli ve su stresinin olmamasına dikkat edilmelidir (Akça, 2014).

Araştırmalara göre yüzeyden itibaren toprak derinliğinin 2.7 m'lik kısmında toprak neminin kontrol altında tutulabilmesi, yani bu derinliğe kadar toprakta yeterli nemin sağlanması, yetişkin bir ceviz bahçesinin iyi şartlarda olması için gerekli olmaktadır. Ceviz ağacı toprağın 2.7 m derinliğe kadar olan kısımdan temin ettiği toplam suyun %80'ini, 0-1.80 m'lik kısımdan temin etmektedir (Şen, 2011).

İç bölgelerdeki vadi şartlarında hasat döneminde toprak kuruyacaktır. Sonbaharda hasattan sonra fazla su verilmesi durumunda bu ağaçların yıllık sürgünlerinin odunlaşması yeterli olmaz. Böylece kışa giren dallar, şiddetli kış soğuklarına maruz kalınca uçtan itibaren geriye doğru donarak ölebilirler. Bunun için hasattan hemen sonra bir sulama yeterli olabilir. Cevizlerde meyvenin hızlı büyümesi, çiçeklenmeden hemen sonraki 5-6 haftalık sürede olmaktadır. Bu nedenle gelişme sezonunun erken dönemlerinde meydana gelecek olan bir su eksikliği, küçük meyve teşekkülüne sebep olacaktır. Yaz ortası ve yaz sonunda yapılacak olan bir sulama, meyve kabuğu sertleşmiş olduğundan, cevizin iriliğini artıramayacak ve dolayısıyla meyve verimi istenilen oranda olmayacaktır (Akça, 2014).



ABD'de, Serr ve Ashley ceviz çeşitleriyle yapılan denemede, sulanmış parseldeki cevizlerle sulanmamış parsellerdeki cevizler arasında ağaç gelişmesi, meyve iç ağırlığı ve iç rengi yönünden önemli farklılıklar bulunmuştur. Araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre Haziran sonunda güneşe maruz kalmış birçok cevizin kalinde (yeşil kabuğu), karakteristik güneş yanığının belirtisi olan yeşil rengin sarımsı kahverengine dönüşmesinde artış gözlenmiştir. Buna karşın sulanmamış ağaçlarda güneşe maruz kalan meyveleri bu problemi daha büyük ölçüde sergilemişlerdir. Sulu ve kuru şartlarda ağaçların güneybatı yanlarındaki dallarda, güneşe maruz kalmış cevizlerin iç renginin bozulması, kal (yeşil kabuk) zararı ile birleşmiştir. Haziran ve temmuz'da iç ceviz kabuğunda küçük siyah lekeler gelişmiş (beneklilik); ağustos ve eylül'de iç kabukta daha geniş bir kararma olmuştur. Sulanmayan cevizlerdeki zarar, sürekli olarak daha şiddetli bulunmuştur. Haziran ortası başlangıç örneklerinde, sulanmayan ağaçlarda, güneşe maruz kalmış cevizlerde siyah büzülmüş içli olanların sayısında önemli bir artış görülmüştür. Bu durum sulu şartlardaki ağaçlarda kayda değer görülmemiştir. Hem suluda hem de kurudaki ağaçların gölgedeki kısımlarında, iç cevizin kararmasında veya büzülmesinde pratik olarak önemli bir belirti görülmemiştir. Her iki uygulamada da gölgedeki cevizlerin %72'si açık renkli olmuştur. Kuzey kaliforniyada chandler cevizleriyle yaptıkları çalışmada düzenlenmiş kısımlı sulamanın ceviz iç kararmasını azalttığını belirlemişlerdir (Buchner ve ark., 2008).

Akın (2016), Tekirdağ koşullarında ceviz ağaçlarının su tüketimini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Bu çalışmada, A sınıfı buharlaşma kabından 7 günde ölçülen buharlaşma miktarının %50, 75 ve 100'ünün uygulandığı üç farklı sulama konusu oluşturmuştur. Çalışma sonucunda deneme konuları birinci ve ikinci yılda sırasıyla 8 ve 15 kez sulanmıştır, Sırasıyla toplam 58-117 mm ve 95-191 arasında değişen sulama suyu uygulanmıştır. Günlük ve toplam bitki su tüketimi yıllar itibariyle sırasıyla 2.6-6.6 mm/gün ve 2.2-5.4 mm/gün, 264-305 mm ve 347-419 mm arasında değişmiştir.

Göçmen (2017), farklı sulama suyu uygulamalarının ceviz ağaçlarının su kullanımı ve vejetatif gelişme unsurlarına etkileri araştırmıştır. Bu çalışmada, her ağaç sırasına çift sıra lateral tertip ve ağaç gövdesi etrafına sarılan salkım tertip olmak üzere iki farklı tertip biçimi kullanılmıştır. Ayrıca sulama suyu, A sınıfı buharlaşma kabından 5 günde bir ölçülen buharlaşma değerlerinin % 75, 100 ve 125'i uygulanmıştır. Toplam buharlaşma miktarı, çalışmanın birinci yılında 596 mm, ikinci yılında ise 586 mm olarak ölçülmüştür. Sulama sayısı, ilk yılda 23 ve ikinci yılda 22'dir. Sulama mevsiminde toplam bitki su tüketimi birinci yıl 726-984 mm ve ikinci yıl 605-906 mm aralığında değişmiştir.

Hu ve ark. (2010), damla sulama yöntemi kullanarak ceviz ağaçlarının su tüketimi, belirlemiştirlerdir. Çalışma sonucunda, ortalama günlük su tüketimi değerleri çiçeklenme döneminde 2.9 mm, meyve oluşumu döneminde 3.97 mm, kabuk oluşumu döneminde 5.55 mm ve olgunlaşma döneminde 3.39 mm olarak ölçülmüştür. Zhao ve ark. (2010), Çin’ de yürüttükleri çalışmada yağmurlama sulama yöntemiyle ceviz ağaçlarının toplam su tüketimi değerlerini 585.6 ile 840.3 mm arasında ölçmüşlerdir.

Araştırma sonuçlarından anlaşıldığına göre, ceviz çeşitlerinin su kısıntısına karşı davranışları oldukça farklı olmaktadır. Bazı ceviz çeşitleri (Serr gibi) susuzluktan çok etkilendikleri halde, diğer bazıları (Ashley gibi), o kadar etkilenmemektedirler. Bu bakımdan, sulama uygulamalarında bu durum göz önüne alınmalıdır.

#### **2.4. Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC)**

Başta programlanabilir lojik kontrol sistemleri (PLC) olmak üzere otomatik kontrol sistemlerinin güvenilirliği, kullanım esnekliği, insan iş gücü ihtiyacını en aza indirmesi bakımından işletmelere büyük kolaylıklar sağlamaktadır. PLC işlem kontrollerini üzerinde bulunan analog ya da dijital giriş-çıkış modülleri sayesinde gerçekleştirmektedir (Fenercioğlu,1996).

PLC’lerin hareket, işlem sırası, zamanlama denetimlerinin yapılmasında ve bir çok verilerin toplanıp yeniden değerlendirilmesi gibi alanlarda kullanıldığını belirtmişlerdir. Sulama otomasyon sistemlerinde kullanılan dijital ve analog ünite elemanlarını kontrol imkanı sağlayacağını belirtmişlerdir (Gençoğlu ve ark., 2015a). PLC’lerin diğer kontrol sistemlerine göre bazı avantajları vardır. Bunlar mekanik darbelere, elektriksel gürültülere ve sıcaklık değişimlerine karşı dayanıklı olarak tasarlanmış olmalarıdır. Değişik marka PLC’lerin farklı işletim sistemleri olabilmektedir. PLC çalışma yapısı, giriş bilgilerini hızlı şekilde tarayarak elde ettiği verileri gerçek zamana en yakın şekilde cevap verecek tarzda çalışmaktadır. PLC; giriş birimi (IN) ve çıkış birimi (OUT), merkezi işlem birimi (CPU), bellek biriminden (ROM, RAM, EPROM, PROM veya EEPROM) oluşur. Merkezi işlem birimi (CPU); PLC’nin sayma, zamanlama gibi işlevlerini yapan, çalışmasını düzenleyen, eksiksiz mantıksal ve aritmetik işlemlerini gerçekleştiren önemli bir birimdir. CPU bellek PLC’nin zekâsıdır. Aynı iki PLC aynı mikroişlemciyi kullanabilir. PLC’lerin işletim sistemlerinin değişik olması işlevlerinin de değişik olmasına neden olabilir. Bellek birimi; program belleği, giriş, veri ve görüntü birimi gibi kısımlara ayrılmıştır. Her bellek biriminin farklı görevleri vardır (Anonim, 2016). PLC’lerde çoğunlukla EPROM tipi

bellekler kullanılmaktadır. EPROM birimi hafızasına kaydettiği programları saklar. Hafızasına kaydettiği programları CPU ya gönderir (Otter, 1994). Her PLC'nin kendine ait programları vardır ve bu programlar hafızasında saklanır. Buradan da CPU'ya gönderilmektedir. Giriş birimi, kontrol edilen sistemle ilgili algılama elemanlarından gelen analog verileri PLC'nin anlayıp işleyebileceği lojik gerilim seviyelerine dönüştürür. Kontrol edilen sisteme bağlı olan algılayıcı çeşidine göre sıcaklık, basınç, seviye, yakınlık gibi elemanlardan gelen binary değerler (1 veya 0) giriş biriminden alınır. Giriş birimlerinin voltaj değerleri 24 V, 48 V, 100-120 V, 200 V ve 240 V doğru veya alternatif akım şeklindedir. Limit anahtarları, seçici anahtarlar, düzey anahtarları, fotoelektrik gözler motor kontaktör ya da röle kontakları PLC'nin giriş elemanlarıdır (Anonim, 2016). Sıcaklık, basınç, nem, ışık, hız, ultrasonik vb algılayıcılar genelde PLC'nin analog girişlerine bağlanmaktadır (Petruzella, 1989).

PLC'deki çıkış birimi, çıkış noktalarına ilişkin hesaplanan lojik gerilim voltajını, sistem üzerindeki kontaktör, röle, selenoid gibi kumanda öğelerini kontrol etmeye yönelik uygun elektriksel işaretlere dönüştürür. Çıkış birimi röle, triyak ya da transistörlü devrelerden oluşur. Genellikle de röleli çıkış birimlerinin kullanıldığı görülmektedir. Yüksek hızlarda açma ve kapama işlemi gerektiren durumlarda triyaklı veya transistörlü çıkış birimleri kullanılmaktadır. Ayırık I/O arabirim ile kontrol edilebilir çıkış elemanları olarak motor starterleri , selenoidler, alarmlar, fanlar, denetim röleleri, vb gösterilebilir. PLC'lerin kullanılmaya başlamasıyla birlikte birçok röleli devre uygulamadan çıkmıştır. PLC'ler günümüzde her türlü endüstriyel imalat, kontrol vb sistemleri robotize edebilmektedir (Anonim, 2016).

Gençoğlan ve ark. (2017a), PLC yazılımları kullanarak iklim istasyonu verilerini ölçen ve kaydeden otomasyon çalışması yapmışlardır. Yapılan çalışmayla yazılım içerisine iklim istasyonu ölçüm parametreleri tanımlanmış ve bunlara bağlı olarak ET'ın hesaplanması sağlanmıştır. PLC içeriğinde ET hesaplama akışını ve iklim parametrelerini CODESYS-ST dilinde yazmışlardır. Çalışmada, PLC'nin yazılım dili, dijital ve analog girişler hesaplanan ve programlanan çıkışlar kullanılarak sulama sisteminde otomasyonun geliştirildiğini vurgulamışlardır.

## **2.5. Algılayıcılar ve Sulama Amaçlı Çalışmalar**

BA, üzerlerine düşen basınçla orantılı olarak fiziki yapılarında meydana gelen değişiklikten dolayı basınç değerini ya da basınçtaki değişim miktarını elektriksel

sinyallere çeviren devre elemanlardır. BA, çalışma sistemlerine göre dört bölümde incelenir. Bunlar; strain gage (şekil değişikliği), kapasitif (basınç ölçme), load cell (yük hücresi) ve piezoelektrik özellikli basınç algılayıcılarıdır. Kondansatörler, elektrik enerjisini depolayan devre elemanlarıdır. Kondansatör plakaları baskıyla birbirinden uzaklaştırılmaya çalışılır ya da esnetilirse yahut iki plaka arasındaki yalıtkan malzeme harekete zorlanırsa kondansatörün kapasitesi değişecektir. Kondansatörün kapasitesi ile birlikte alternatif akıma gösterdiği direnç de değişmektedir. Bu özelliklerinden faydalanarak kapasitif BA'ları üretilmiştir. Strain gage algılayıcılar; kuvvet, ağırlık, basınç vb fiziksel değişkenlerin ölçümlerinde kullanılmaktadır (Anonim 2019b).

Load cell'ler daha çok elektronik terazilerde kullanılan algılayıcılarıdır. Günümüzde 50-100 gr'dan 1000-2000 tona kadar load cell'ler üretilmektedir. Load cell BA'ları dijital tartılarda, kantarlarda sıvı ve gaz basınçlarını ölçmede, kan basıncının ölçümünde vb yerlerde kullanılmaktadır. Basıncın elektrik akımına dönüştürülme çeşitlerinden biri de piezoelektriktir. Piezoelektrik özellikli algılayıcılarda; kuartz (quartz), roşel (rochelle) tuzu, baryum, turmalin gibi kristal yapılu maddeler kullanılmaktadır. Piezoelektrik basınç ölçme algılayıcıları basınç ve titreşim ölçümlerinde, hassas terazilerde, elektronik saatlerde ve kristal mikrofonlarda kullanılırlar (Anonim, 2014; Anonim, 2015).

Gençoğlan ve ark. (2015a), BA kullanarak su seviyesinin ölçülebileceğini belirtmişlerdir. Gençoğlan ve ark, (2015b), PLC ve BA birlikte kullanılarak toprağın hidrolik geçirgenliğinin hesaplanabileceğini söylemişlerdir. Gençoğlan ve Gençoğlan (2016), BA ve PLC kullanarak A sınıfı buharlaşma kabındaki su yüksekliğini atölye koşullarında ölçmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Buharlaşma kabında ölçülen su yüksekliği ölçümlerini olumsuz etkileyen en önemli faktörün suyun dalgalanması olduğunu belirtmişlerdir. Lee ve Park (1999), en popüler ölçüm yöntemlerinin BA ve UA olduğunu bildirmişlerdir. BA'ların birim alandaki kuvvet ve suyun yerçekimi ivmesi olan basıncın, birim alan üzerindeki su miktarını gösterebildiğini ve doğrudan su seviyesine dönüştürdüğünü belirtmişlerdir. BA'ların kullanımının kolay olmasına rağmen, sürekli su basıncı nedeniyle olası bozulma riski taşıdığını ve bu bozulma nedeniyle sık sık kalibre edilmesi veya değiştirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Gençoğlan ve Tüysüz (2018), Kahramanmaraş Kartalkaya Barajı açık gözlem istasyonunda bulunan kanaldaki su yükü ve debisini elektronik limnigraf (EL), basınç (BA) ve ultrasonik algılayıcı (UA)'lar kullanarak ölçmüşlerdir. Bu çalışmada, EL su yükü ve debi değerleri doğru ölçüldüğü kabul edilmiş ve diğer iki yöntemin ölçtüğü su yükü ve debi değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda BA ve UA su yükü ve debi

değerlerinin, EL su yükü ve debi değerlerinden istatistiksel olarak farklı olmadığını belirlemiştir. Bu çalışmanın sonucunda açık kanaldaki su yükü ve debisinin BA ve UA'larla ölçülebileceği sonucuna varılmıştır.

Bir kıyas düzlemi seviyesinden dik olarak su yüzeyine olan mesafe (derinlik) ultrasonik sensör aracılığıyla belirlenerek, ölçülen mesafe mikrometrelilik derinlik ölçerden okunan değerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada 3.5 cm'ye kadar olan buharlaşmada regresyon katsayısı  $r^2 = 0.94$  ve 4.2 cm'ye kadar olan buharlaşmada ise  $r^2 = 0.71$  olan doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Sezer ve ark, 2017).



### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma Alanı

Çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi yerleşke alanında bulunan araştırma alanında 2018 yılında yürütülmüştür. Tartılı lizimetre kurulu alanın doğusunda erik, batısında Trabzon hurması, kuzeyinde kiraz ve ayva, güneyinde armut ve elma bahçesi parselleri bulunmaktadır. Çalışma alanının denizden ortalama yüksekliği, 508 m olup  $37^{\circ}35'36''$  N,  $36^{\circ}49'20''$  E enlem ve boylamlarında yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Araştırma alanı konumu

##### 3.1.2. Araştırma Yeri ve Toprak Özellikleri

Tartılı lizimetreye doldurulacak toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla lizimetrenin kurulacağı alanın yakınında bir toprak profili açılmış ve profilin 0-30, 30-60 ve 60-90 cm'lik toprak katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bu örneklerin fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.1 ve 3.2'de verilmiştir. Anılan çizelgelerde görüldüğü gibi katmanlara göre toprağın hacim ağırlığı  $1.38-1.5 \text{ gr/cm}^3$ , ağırlık esasına göre tarla kapasitesi su içeriği %35.04-41.19 ve solma noktası %20.43-24.17 arasında değişmektedir. Toprak profilinin 0-30 ve 30-60 cm'lik katmanları kili-tın; 60-90 cm katmanı ise kil bünyeye sahiptir. Toprağın kimyasal özelliklerinden toprak katmanlarına göre pH'sı 7.61-7.80; elektriksel iletkenliği 0.022-0.018 dS/m arasında değiştiği bulunmuştur.

Çizelge 3.1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Katman Derinliği (cm)	Dane İrilik Dağılımı (%)			Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi P <sub>w</sub> (%)	Solma Noktası P <sub>w</sub> (%)	Hacim Ağırlığı (gr cm <sup>-3</sup> )
	Kum	Silt	Kil				
0-30	49.50	20.32	30.18	CL	35.04	22.39	1.38
30-60	36.28	23.91	39.80	CL	35.99	24.17	1.36
60-90	31.81	23.97	44.22	C	41.19	20.43	1.50

(TK=388.52 mm ve SN=210.054 mm)

Çizelge 3.2. Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri

Katman Derinliği (cm)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	Organik Madde (%)	Katyonlar (me lt <sup>-1</sup> )			Anyonlar (me lt <sup>-1</sup> )		
					Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>
0-30	0.022	7.61	9.29	0.88	2.5	0.16	0.04	1.6	0.1	1.0
30-60	0.018	7.76	7.96	1.76	3.5	0.51	0.05	2.1	0.5	1.5
60-90	0.019	7.80	9.29	2.67	2.9	0.27	0.03	1.7	0.4	1.1

### 3.1.3. Sulama Suyu Özellikleri

Cevizin sulamasında kullanılan sulama suyu olarak Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar yerleşkesi içindeki şebeke suyu kullanılmıştır. Bu sulama suyundan örnek alınmış ve analiz sonuçları Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre sulama suyunun ceviz yetiştiriciliğinde tuz ve sodyum açısından herhangi zarar verici etkisi bulunmamaktadır. Tuzluluk ve sodyum açısından ikinci sınıfa (250-750 µS/m) giren sulama suyu damla sulama ile kullanıldığında herhangi bir yıkama suyu gerektirmediği gibi tuza karşı hassas olan tüm bitkilerde rahatlıkla kullanılabilir.

Çizelge 3.3. Sulama suyu analiz sonuçları

Suyun Sınıfı	EC (µS m <sup>-1</sup> )	pH	Na %	SAR	Katyonlar (me lt <sup>-1</sup> )			Anyonlar (me lt <sup>-1</sup> )			
					(Ca <sup>++</sup> )+(Mg <sup>++</sup> )	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>
C <sub>2</sub> .S <sub>1</sub>	410	7.26	51	0.01	3.8	0.02	0.07	-	2.0	0.29	1.6

### 3.1.4. Araştırma Yerinin İklim Özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü Kahramanmaraş ili yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. Akdeniz iklimi, ilin 1000 metreye kadar olan kesimlerinde hakimdir. Yüksekliği 1000 metreyi aşan kısımlarında, kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları nispeten serin bir Akdeniz dağ ikliminin etkileri hissedilir (Kıraç, 2007).

Kahramanmaraş iline ait uzun yıllık (1960-2014) ve 2015 yıllarının iklim verileri Çizelge 3.4.' te verilmiştir. Sıcak bir bölge olan Kahramanmaraş'ta çiçeklenmenin olduğu Nisan ayında uzun yıllık, 2015 iklim verilerinde ölçülen minimum sıcaklık değerleri don açısından herhangi bir risk oluşturmamıştır. Uzun yıllık toplam yağış ortalaması 728 mm olan Kahramanmaraş'ta 2017 yılı eklensin yılında toplam yağış miktarı 762 mm olarak ölçülmüştür. Sulama mevsimi genellikle kurak geçmektedir.

Çizelge 3.4. Araştırma yıllarına ilişkin ve uzun yıllık ortalama iklim verileri

Yıllar	İklim Ögeleri	Aylar											
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllık Ort.	En Düşük Sıcaklık, C	-9	-9.6	-7.6	1.8	5	10.3	15.6	15.7	8.6	0	-4.4	-7.6
	En Yüksek Sıcaklık, C	18.7	22.4	29.2	36	38	42	45.2	44.4	41.3	37.2	28.9	24
	Ortalama Sıcaklık, C	4.9	6.4	10.6	15.4	20.3	25.2	28.3	28.4	25.1	19	11.8	6.7
	Yağış, mm	127.3	113	96.6	73.9	40	6.8	1.1	0.8	8.7	46.2	82.6	130.6
1960-2014	Oransal Nem (%)	70.1	66.5	60.4	58	54.6	49.2	51	52.3	49.6	54	63.5	70.9
	Rüzgar Hızı (m/s)	1.2	1.5	1.9	2.1	2.5	3.5	3.9	3.5	2.5	1.3	1	1.1
	En Düşük Sıcaklık, C	-4.7	-0.2	2.6	5.7	10.9	15.3	19.3	18.4	18	11.6	4.9	-0.1
	En Yüksek Sıcaklık, C	16	17.6	25	27.5	35.4	35.5	44.5	41.9	40	31.9	24.4	19.6
	Ortalama Sıcaklık, C	5.2	7.3	10.9	14.4	21	24.5	29.4	29.6	28.1	20.6	13.9	8.8
2015	Yağış, mm	173.6	204.6	183	62.6	63.8	-	-	3.9	20	35	15.4	20
	Oransal Nem (%)	70.5	73.6	63.2	54.9	46	46.9	40.3	41.5	36.2	54.2	42.4	44.7

### 3.1.5. Ceviz Bitkisi

İki yaşındaki Maraş 18 tüplü ceviz fidanı, 15.05.2018 tarihinde lizimetreye dikilmiştir (Şekil 3.2). Dikilen ceviz fidanı 5 yapraklıdır. Ceviz dikildikten sonra can suyu ve 200 gram 20-20-0 gübre uygulanmıştır. Maraş 18 ceviz çeşidinin orijini Kahramanmaraş olup seleksiyon yoluyla ıslah edilmiş bir çeşittir. Kalite, verim ve lezzet



yönünden üstün özelliğe sahiptir. Genel anlamda; meyve yetiştiriciliği açısından uygun toprak yapısına sahip sulama suyu bulunan, sık sık ve aniden hava sıcaklık değerlerinin sert bir biçimde düşmediği, yaz sıcaklıklarının sık sık 40°C'nin üzerine yükselmediği yöreler olmak üzere 500 ile 1.800 m rakımlı bölgeler için tavsiye edilmektedir (Anonim, 2018).



Şekil 3.2. Tartılı Lizimetreye dikilen Maraş 18 ceviz çeşidi

## 3.2. Metot

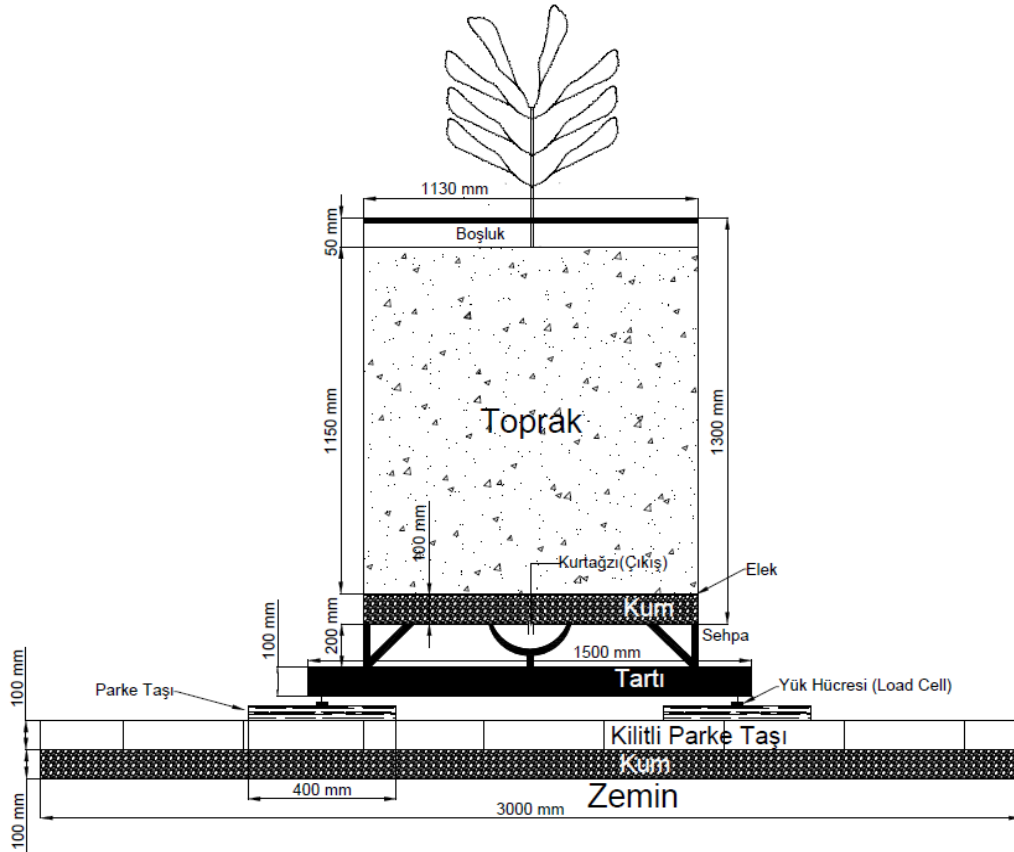
### 3.2.1. Tartılı Lizimetrenin Kurulumu ve Toprak Dolumu

Tartılı lizimetre kurulacak 3x3 m'lik alan temizlenmiş, tesviye edilmiş, sıkıştırılmış, 10 cm derinliğinde kum serilmiş, bunun üzerine kilitli parke taşı döşenmiştir (Şekil 3.3). Elektronik tartı (1.5x1.5 m) kilitli parke taşı ile kaplı alan üzerine kurulmuştur. Elektronik tartının dört yük hücresi (load cell) ayakları altına 40x40 cm boyutlarında parke taşı yerleştirilmiştir. Su terazisi yardımıyla ve tartı ayar vidalarıyla elektronik tartının tesviyesi yapılmıştır.



Şekil 3.3. Tartılı Lizimetrenin yerleştirildiği zemin

Tartının üzerine 40 cm yüksekliğinde 114 cm çapında dairesel bir sehpa konulmuştur. Sehpanın üzerine de lizimetre tankı yerleştirilmiştir. Lizimetre 113 cm çapında ve 130 cm yüksekliğinde paslanmaz N304 çelik sacından silindir şeklinde yapılmıştır. Lizimetre tabanı drenajı kolaylaştırmak için dışa doğru hafif bombelendirilmiştir. Lizimetreden suyun drene olması için tabanın merkezine  $\phi 1/2''$  kurtağzı kaynatılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Tartılı Lizimetre ve ekipmanı

Toprak yüzeyinde bir metrekarelik alan belirlenmiştir. Bu alandan, toprağın yeterince kuru olduğunda, 10 cm lik katmanlar halinde toprak profili kazılmış ve 1 den 12 ye kadar etiketli çuvalara doldurulmuştur. Lizimetrenin tabanına, drenajı kolaylaştırmak amacıyla ortalama çapı 1 cm olan çakıldan 10 cm derinliğinde doldurulmuştur (Şekil 3.4). Çakıl üzerine paslanmaz krom nikel kaplı 0.5 cm gözenekli elek yerleştirilmiştir. Bu eleğin üzerine 12 etiket nolu çuvalın yarısı boşaltılmış ve derinliği 5 cm gelene kadar sıkıştırılmıştır. Diğer kazılan topraklarda aynı yöntemle lizimetreye doldurulmuş ve 10'ar cm'lik derinliğe gelene kadar sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Böylece 115 cm lik, toprak profili oluşturulmuştur. Tarla kapasitesinde toprak nemi elde etmek için lizimetre toprağı suyla doyurulmuştur. Lizimetre toprak profilinde üniform nem dağılımı elde etmek için

lizimetre yüzeyi siyah bir plastikle kapatılmış ve sızmanın sona ermesi beklenilmiştir. Sızmanın bittiği andaki toprak nem içeriği tarla kapasitesi kabul edilmiştir.

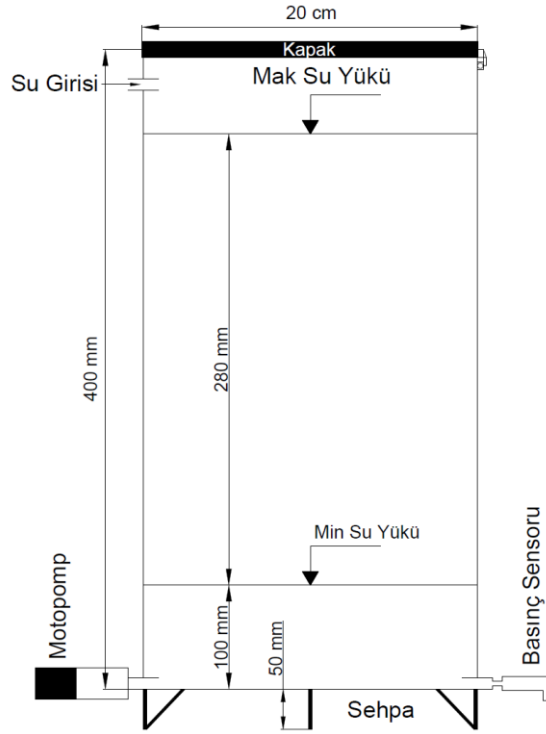
Lizimetre üzerindeki çevresel sıcaklık ve radyasyonu en aza indirmek için tankın dış yüzeyine 10 santimetre kalınlığında cam yünü sarılarak izolasyon sağlanmıştır. Cam yünün üzeri de şeffaf plastik naylon ile kapatılarak yağmur sularının izolasyon içinde birikmesi engellenmiştir. Rüzgarın, tartımı etkilememesi için yukarıda anılan iskelet etrafına file gerilmiştir. Lizimetre tankına aşırı rüzgarın çarpmasıyla etkilenecek olan 200 gram hassasiyetindeki kantardan sağlıklı veri alınması amacıyla lizimetre etrafındaki iskelet sistemine tabanından 1 metre yüksekliğe kadar file gerilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Lizimetrenin cam yünü ile izole edilmesi, gölgelenmesi ve file gerilmesi

### 3.2.2. Tahliye Tankı

Lizimetreden drene olan suyu ölçmek için 40 cm yüksekliğinde 20 cm çapında N304 kalite paslanmaz çelikten kapaklı tahliye tankı yapılmıştır. Tahliye tankının tabanına yakın bir yere karşılıklı olarak iki adet  $\phi 1/2$ " lik manşon, üst kapağa yakın bir noktaya da  $\phi 1/2$ " lik kurtağzı kaynatılmıştır. Lizimetre çıkışı bir  $\phi 1/2$ " lik bir hortumla tahliye tankının girişine bağlanmıştır. Tahliye tankının tabanındaki manşonlardan birine 50 mBar'lık basınç sensörü ve diğerine de otomobil su fiskeye motopompu bağlanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Tahliye tankı ve ekipmanları

### 3.2.3. Pano Projesinin Çizimi

Tartılı Lizimetreyi ve sulama sistemini kontrol eden, drenaj ve yağışı ölçen bir otomasyon pano projesi hazırlanmıştır. Bu sisteme, tartılı lizimetre otomasyon sistemi (TLOS) olarak adlandırılmıştır. TLOS projesinden yararlanarak otomasyon panosu hazırlanmıştır. Bu pano projesi 5 otomatik sigorta, 2 güç kaynağı, PLC, analog modül, 2 röle, tartı (RS232 çıkışlı) ve 4 klemens grubu kullanılarak hazırlanmış ve Şekil 3.7-15 arasında verilmiştir. Şekil 3.7 ve 3.8 projenin kapak ve indeksini oluşturmaktadır. Anılan bu iki şekilde de projenin başlığı hazırlayan, çizen, kontrol eden ve içeriği verilmiştir.

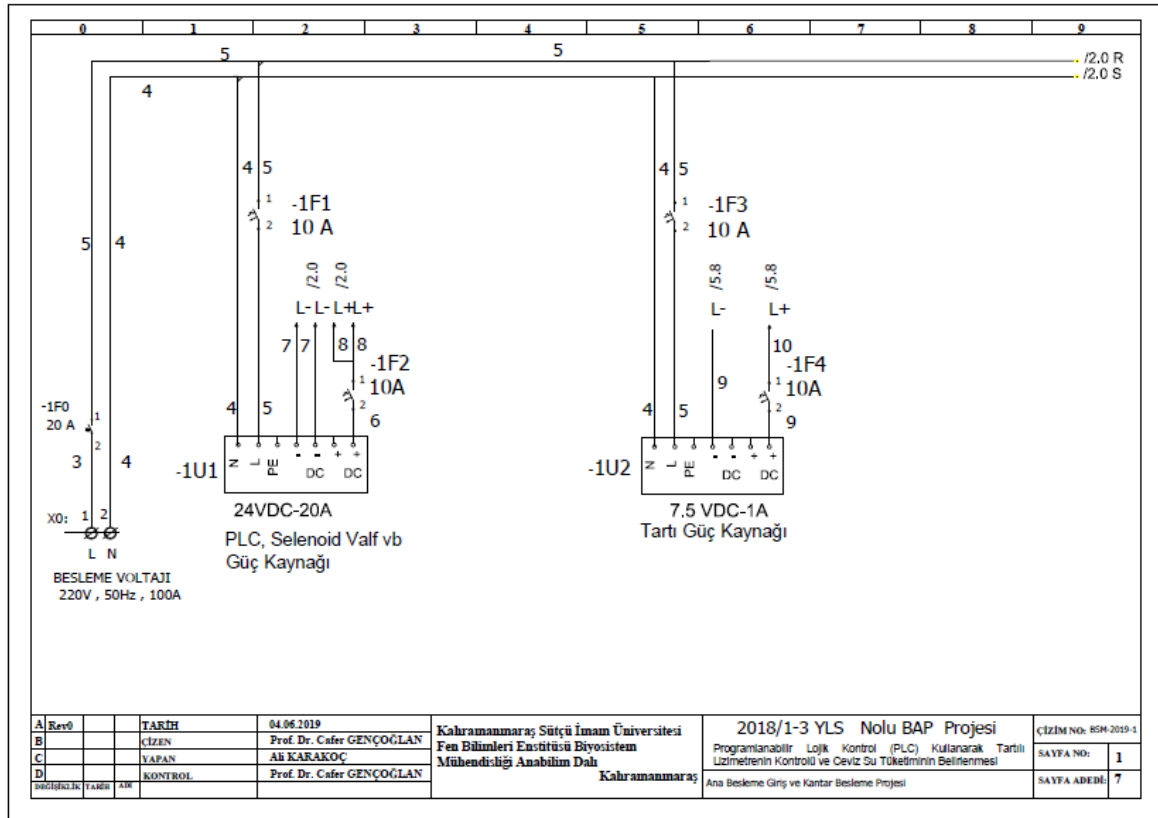
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PROJENİN ADI :		Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) Kullanarak Tartılı Lizimetrenin Kontrolü ve Ceviz Su Tüketiminin Belirlenmesi" Başlıklı Projenin Pano Projesi							
HAZIRLAYAN :		Ali KARAKOÇ							
TARİH :		04.6.2019							
REVİZYON :		00							
REVİZYON TARİHİ :		20.6.2019							
ÇİZEN :		Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN							
KONTROL :		Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN							
A	Revizyon	TARİH	04.06.2019	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Kahramanmaraş	2018/1-3 YLS Nolu BAP Projesi Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) Kullanarak Tartılı Lizimetrenin Kontrolü ve Ceviz Su Tüketiminin Belirlenmesi	ÇİZİM NO: BSM-2019-1			
B		ÇİZEN	Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN			SAYFA NO:			
C		YAPAN	Ali KARAKOÇ			SAYFA ADEDE	I		
D		KONTROL	Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN						
DEĞİŞİKLİK		TARİH	ADI		PROJE KAPAK				

Şekil 3.7. Proje kapağı

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) Kullanarak Tartılı Lizimetrenin Kontrolü ve Ceviz Su Tüketiminin Belirlenmesi									
SIRA NO	AÇIKLAMALAR								SAYFA NO
1	Ana Besleme Girişi ve Kantar Besleme Projesi								1
2	Su Sayacı ve Pluviyometre Okuma ile Selenoid Vana ve Tahliye Motoru Kontrol Projesi								2
3	Röle Kontak Kontrol Projesi								3
4	Tahliye Tankı Su YÜKÜ Okuma Projesi								4
5	PLC ile Kantardan Veri Okuma Projesi								5
6	Klemens Tablosu ve Konnektör Bağlantısı								6
7	Pano Görünümleri ve PLC Montaj Projesi								7
8									8
9									9
10									10
11									11
12									12
13									13
A	Revizyon	TARİH	04.06.2019	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Kahramanmaraş	2018/1-3 YLS Nolu BAP Projesi Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) Kullanarak Tartılı Lizimetrenin Kontrolü ve Ceviz Su Tüketiminin Belirlenmesi	ÇİZİM NO: BSM-2019-1			
B		ÇİZEN	Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN			SAYFA NO:			
C		YAPAN	Ali KARAKOÇ			SAYFA ADEDE	II		
D		KONTROL	Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN						
DEĞİŞİKLİK		TARİH	ADI		Proje İndeksi				

Şekil 3.8. Proje indeksi

Panoya güç sağlamak için pano güç kaynağı projesi çizilmiş ve Şekil 3.9'de verilmiştir. Projede 5 adet otomatik sigorta ve 2 adet güç kaynağı kullanılmıştır. Bu otomatik sigortalar ray tipidir. Bunlardan anma gerilimi 1F0'in 220/240 VAC ve 20 A, 1F1 ve 1F3'ün 220/240 VAC ve 10 A'dir. 1F2 ve 1F4 otomatik sigortalarının anma gerilimi 24 VDC ve 10A'dir. Güç kaynağı 1U1'in girişi 100/240 VAC, 50/60 Hz, 1.5 A; çıkışı 24 VDC, 2 A ve maksimum çalışma sıcaklığı 45 °C'dir. 1U2 adaptörün girişi 220/240 VAC, 50 Hz, çıkışı 7.5 VDC, 1 A'dir.



Şekil 3.9. Ana giriş, PLC ve tartı besleme projesi

Lizimetreye uygulanan sulama suyu ve düşen yağışı ölçmek, sulamayı başlatıp durdurmak, tahliye tankı içerisindeki su miktarını dışarı pompalamak için su sayacı ve pluviyometre okuma ile selenoid vana ve tahliye motopompu kontrol projesi Şekil 3.10'da verilmiştir. Bu amaçla projede birer PLC, dijital su sayacı, pluviyometre, selenoid vana motopomp ve 2 adet röle kullanılmıştır. PLC'nin girişine (in) 24 VDC, com ve M girişine ise 0 VDC uç bağlanmıştır. Su sayacı ve pluviyometrenin girişine sırasıyla 1X1 ve 1X3 numaralı klemens bağlantısı üzerinden 24 VDC uygulanmış ve bu uç elemanının çıkışı PLC'nin DI0 ve DI1 girişine sırasıyla 1X2 ve 1X4 numaralı klemens aracılığı ile bağlanmıştır. 2.R1 ve 2.R2 numaralı röleler, sırasıyla selenoid vana ve tahliye motopompu

kontrol etmiştir. PLC'nin NO0 ve NO1 numaralı çıkışlar sırasıyla 2.R1 ve 2.R2 numaralı rölelerin A1 ucuna, ortak (com) uç ise A2'ye bağlanmıştır. Şekil 3.10'da verilen projede kullanılan cihazların teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

PLC (CPU) 128 kB program hafızasına, RS485'e, ethernet modüllü, 24 VDC'ye, hızlı sayıcı modüle, sinyal genişlik modülü (PWM), 8 dijital giriş (DI), 6 dijital çıkış (DO), 2 analog giriş (AI), 1 analog çıkış (AO), gerçek zamanlı saat (RTC) ve SD modüle sahiptir. Giriş ve çıkışlar, 24 VDC ve 0.5 A'dır. PLC'nin dış ortamda çalışma sıcaklığı 0°C ile 60°C'dir. Çalışmada kullanılan PLC'nin yazılım dili CODESYS'tir. SD kart 2 GB hafızalıdır. Zamanı belirlemek için RTC (Real Time Clock) kullanılmıştır. PLC, 4 - 20 mA arasında değişen akıma karşılık 1 - 27648 arasında değişen sayısal değerler üretmektedir.

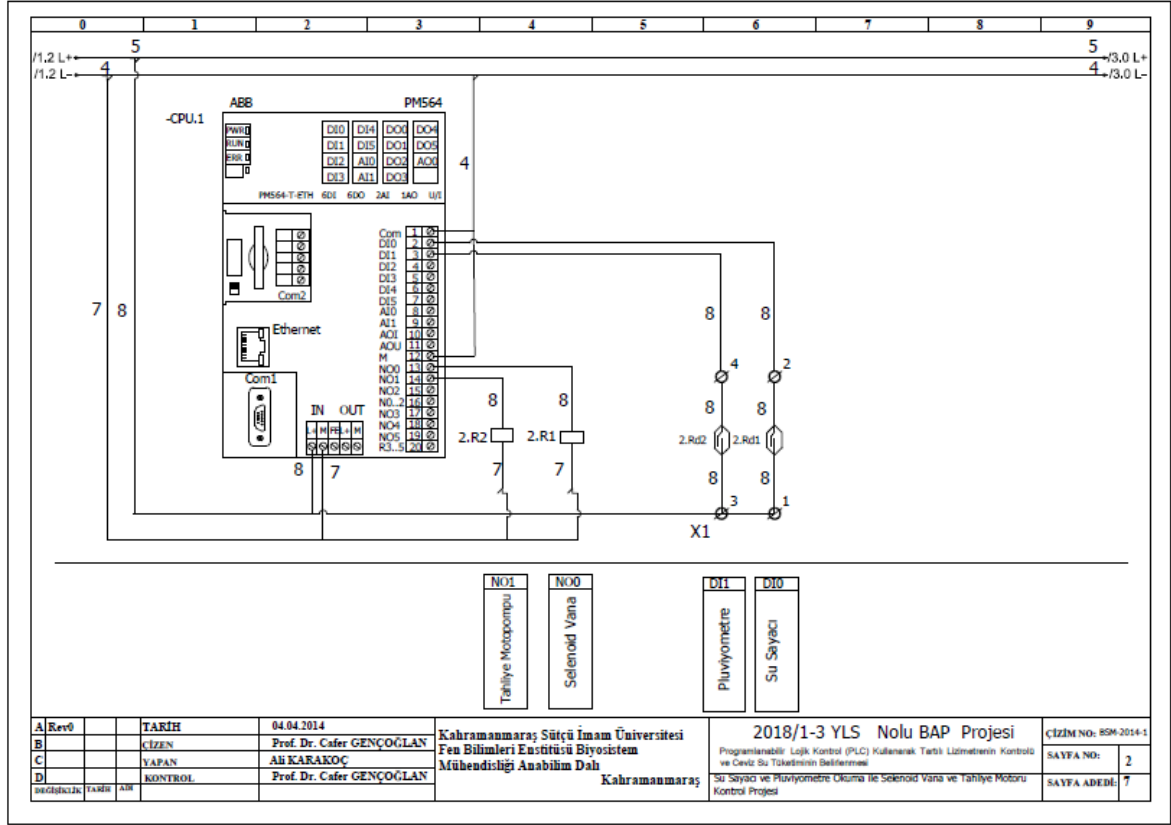
Röle, küçük motopompu ve selenoid vanayı kontrol etmek için röle kullanılmıştır. Rölenin çalışma gerilimi 24 VDC ve 5A'dır. Rölenin soketi ray tipidir.

Dijital su sayacı reed sensor okumalı, 1 lt'de 1 puls çıkışına sahip, minimum debi 0.025 m<sup>3</sup>/h, aşırı yük debisi 3.125 m<sup>3</sup>/h, geçiş akışı hız debisi 0.04 m<sup>3</sup>/h, ilk akış hız debisi 0.005 m<sup>3</sup>/h, kalıcı akış hız debisi 2.5 m<sup>3</sup>/h, maksimum çalışma sıcaklığı 50°C, nominal çap (DN) Ø1/2 ", maksimum çalışma basıncı 16 bar'dir. Anılan sayacın girişine 24 VDC uygulanmış ve çıkışında da 24 VDC alınmıştır.

Yağış ölçer (Pluviyometre) ölçek (kaşık) hacmi 6000 mm<sup>3</sup>, ağız çapı 163.5 mm ve alanı ise 20985 mm<sup>2</sup>'dir. Dil roleli pluviyometrenin girişi ve çıkışı 24 VDC'dir.

Selenoid vana paslanmaz çelikten yapılmış, Ø1/2" BSP dişi bağlantılı, akış etmen (Kv) 3.9 m<sup>3</sup>/h, normalde kapalı (NC), maksimum çalışma basıncı 10 bar, hava, yağ, çalışma sıcaklığı -10°C ile +100°C aralığında ve su ortamında çalışma özelliklerine sahiptir.

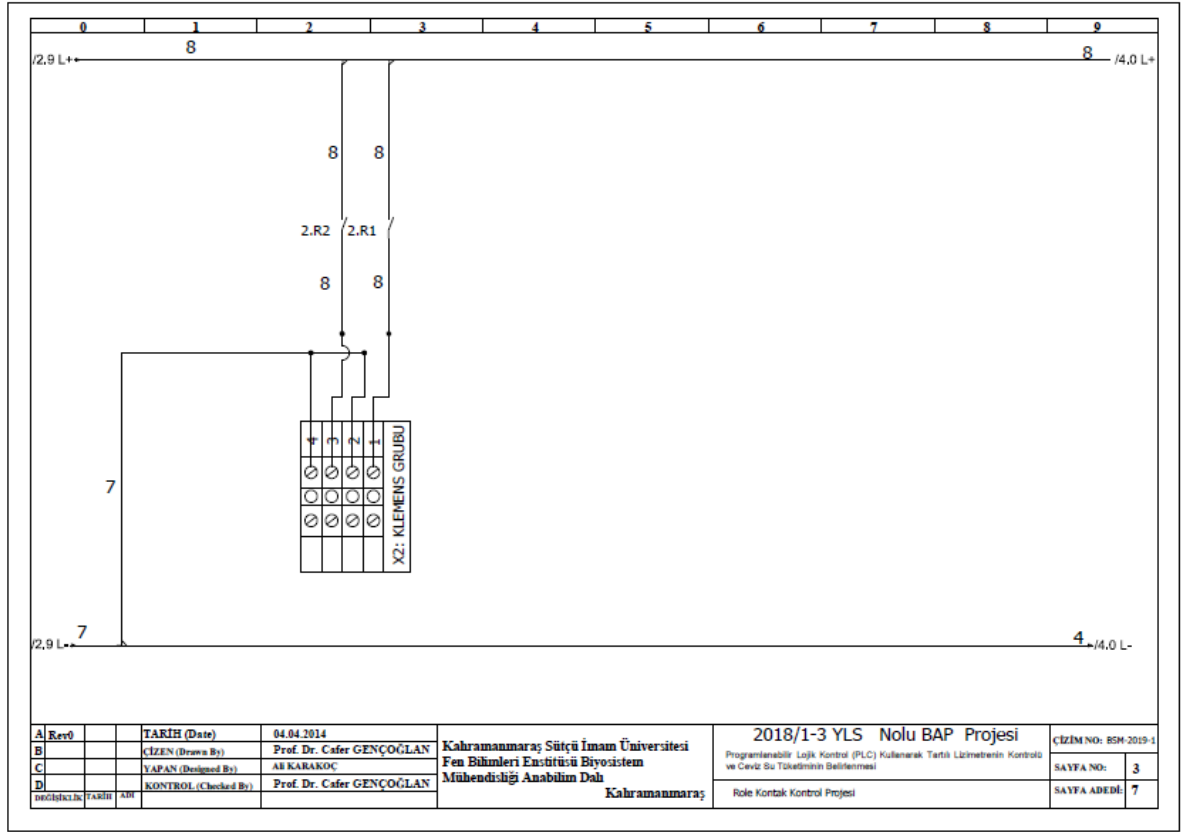
Tahliye motoru olarak, giriş gerilimi 24 VDC olan otomobil ön cam fiskiye motopompu kullanılmıştır.



Şekil 3.10. Su sayacı ve pluviyometre okuma ile selenoid vana ve tahliye motoru kontrol projesi

2.R1 ve 2.R2 rölelerin (com) kontaklarına 24 VDC bağlanmıştır. Normalde açık (NO) kontakları X2 klemens grubunun 1 ve 3 nolu klemenslerine bağlanmıştır. Bir ve üç nolu klemensler sırasıyla uç elemanı olan selenoid vana ve tahliye motopompu bağlanmıştır. X2 klemens grubunun 2 ve 4 nolu klemensleri ortak (com) uca bağlanmıştır. Panodan uç elemanı olan selenoid vana ve tahliye motopompu kablo bağlantısı, ray tip klemens grubu aracılığı ile yapılmıştır (Şekil 3.11). Klemens, 2,5 mm<sup>2</sup> kablo girişli, tek katlı pratik yay baskılı ray tipidir.



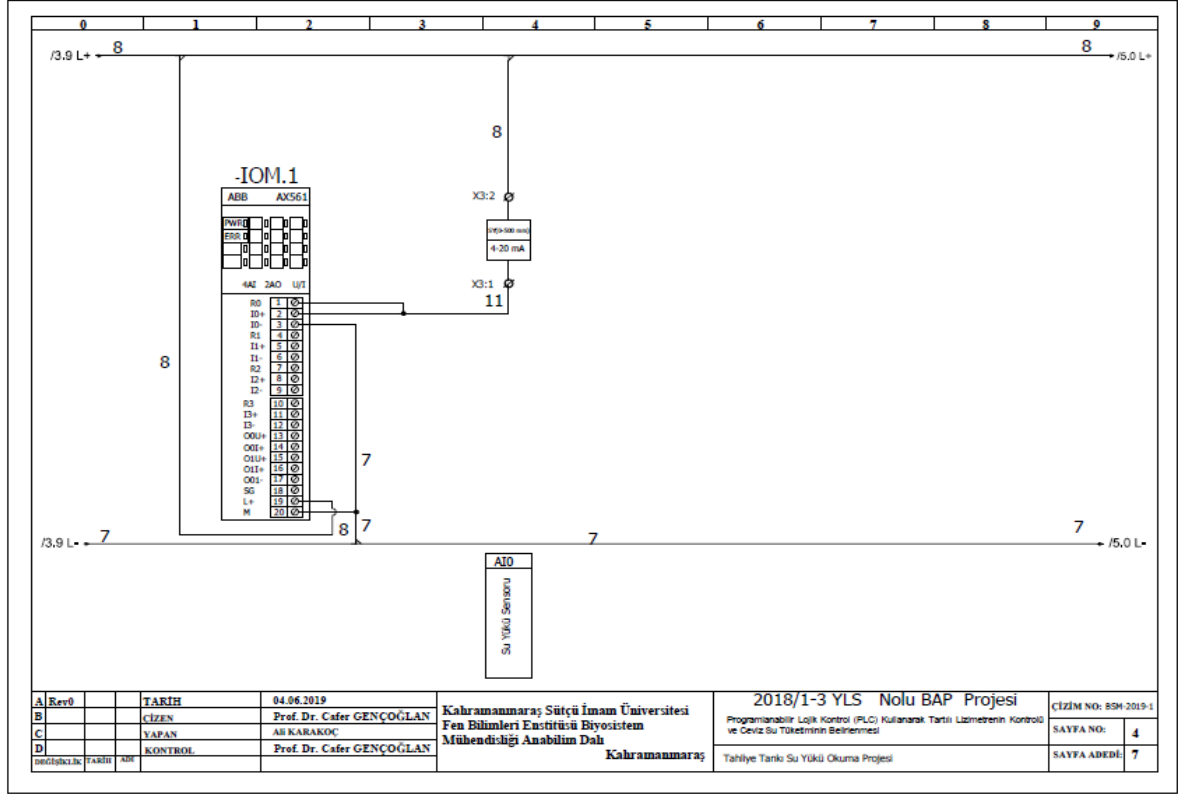


Şekil 3.11. Role kontak kontrol projesi

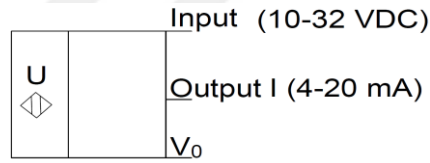
Proje, tahliye tankındaki su yükünü belirlemek için Şekil 3.12'deki gibi çizilmiştir. Bu projede basınç sensörü ve bu sensörün çıkışını algılayan bir analog modül kullanılmıştır. Anılan modülün 4 analog girişi (4AI), 2 analog çıkışı (2AO) (U/I 12 bit + işaretli), çalışma gerilimi 24 VDC'dir (ABB, 2017). Dış ortam çalışma sıcaklığı 0°C ile 60°C arasında değişmektedir. Analog modüle güç bağlantısı, 24 VDC 19 nolu (L+) kontağa, ortak (com) ucu ise 3 nolu (I0-) ve 20 nolu (M) kontaklara bağlanması şeklinde yapılmıştır.

Basınç algılayıcısı, tahliye tankındaki su yükünü ölçmek için 0-50 cm H<sub>2</sub>O sütununu ölçebilen özelliğe sahiptir. Algılayıcının, enerji beslemesi 10-32 VDC, çıkışı ise 4-20 mA (Şekil 3.13), çalışma sıcaklığı -40°C ile 70°C, hassasiyeti  $\leq \pm \%0.2$ 'dir (MAS-1, 2011).

X3 klemens grubunun 2 nolu klemensi aracılığı ile basınç sensörü girişine 24 VDC uygulan ve çıkışı da X3 klemens grubunun 1 nolu kelemsi aracılığı ile analog modülün 2 nolu kontağına (I0+) ve paralel bağlantısı da 1 nolu R0 kontağına bağlanmıştır.



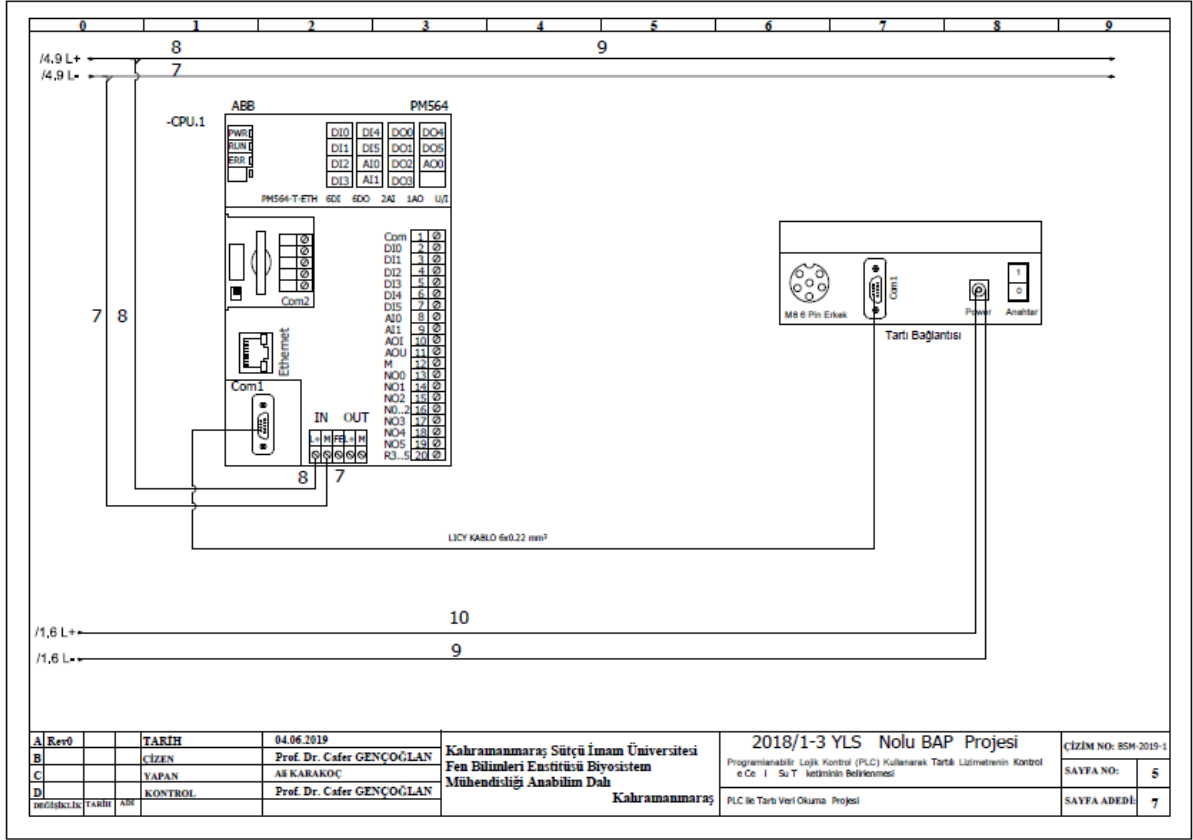
Şekil 3.12. Tahliye tankı su yükü okuma projesi



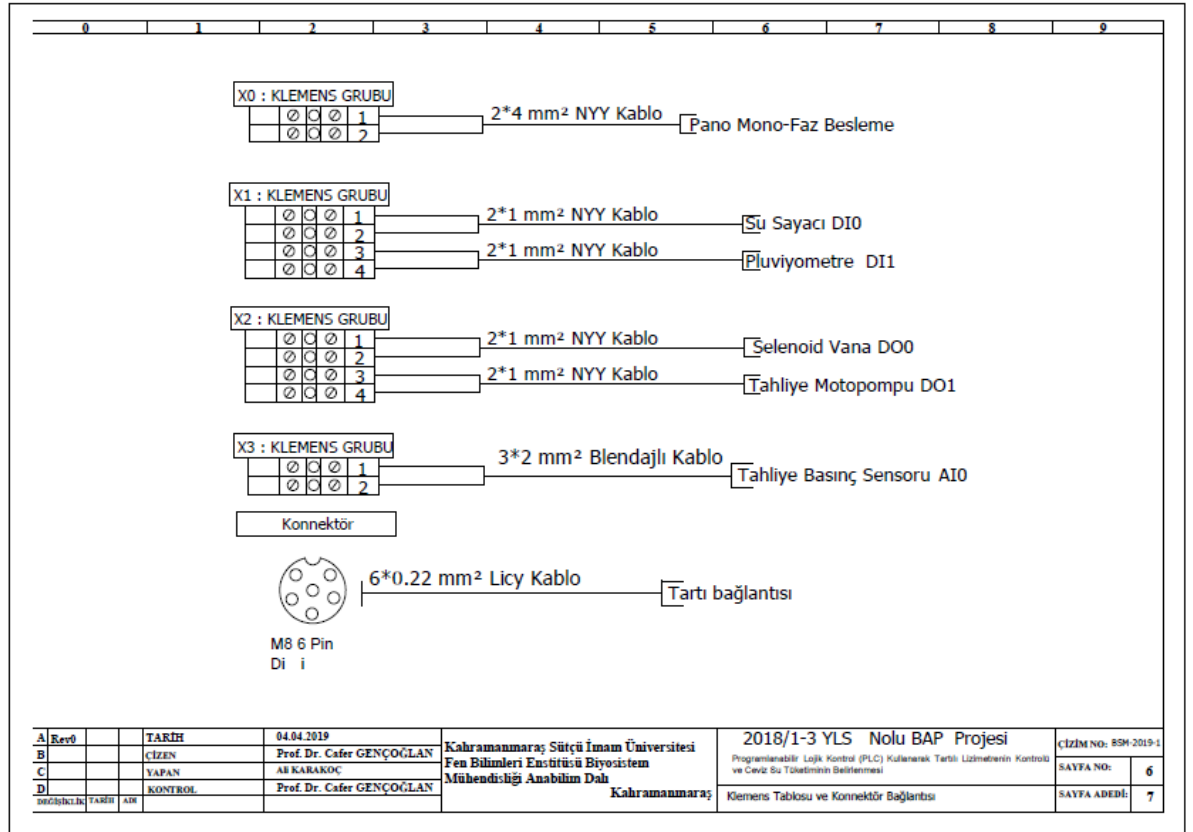
Şekil 3.13. Basınç algılayıcı stand

PLC ile lizimetre tartısı arasında haberleşme, D-9 pin konektörünü kullanarak RS232 protokolü ile sağlanmıştır. Haberleşmede PLC ve tartı paneli üzerindeki com1 portu kullanılarak yapılmıştır. Haberleşmede, Tx (Transmit) ve Rx (Receive) kabloları çapraz (cross) olarak bağlanmıştır. Anılan haberleşmede licy (blendajlı) kablo ( $6 \times 0.22 \text{ mm}^2$ ) kullanılmıştır (Şekil 3.14). Tartıda, 4 adet 5 tonluk yük hücresi (load cell) vardır. Bunların hassasiyeti 200 g, adaptör girişi 220-240 VAC, 50 Hz, çıkışı 7.5 VDC, 10 W, tartı elektriksel özelliği 7.5 VDC ve 6 W, RS232 çıkışına sahip çalışma sıcaklığı  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  ile  $+40 \text{ }^\circ\text{C}$  arasında değişmektedir.

Klemens grubu ve konektör kablo bağlantı projesi Şekil 3.15 'de verilmiştir. Bu projede pano beslemesi, su sayacı, pluviyometre, su sayacı, tahliye motopompu, basınç sensörü ve tartı klemens grupları ve klemens numaraları ile kablo özellikleri verilmiştir.

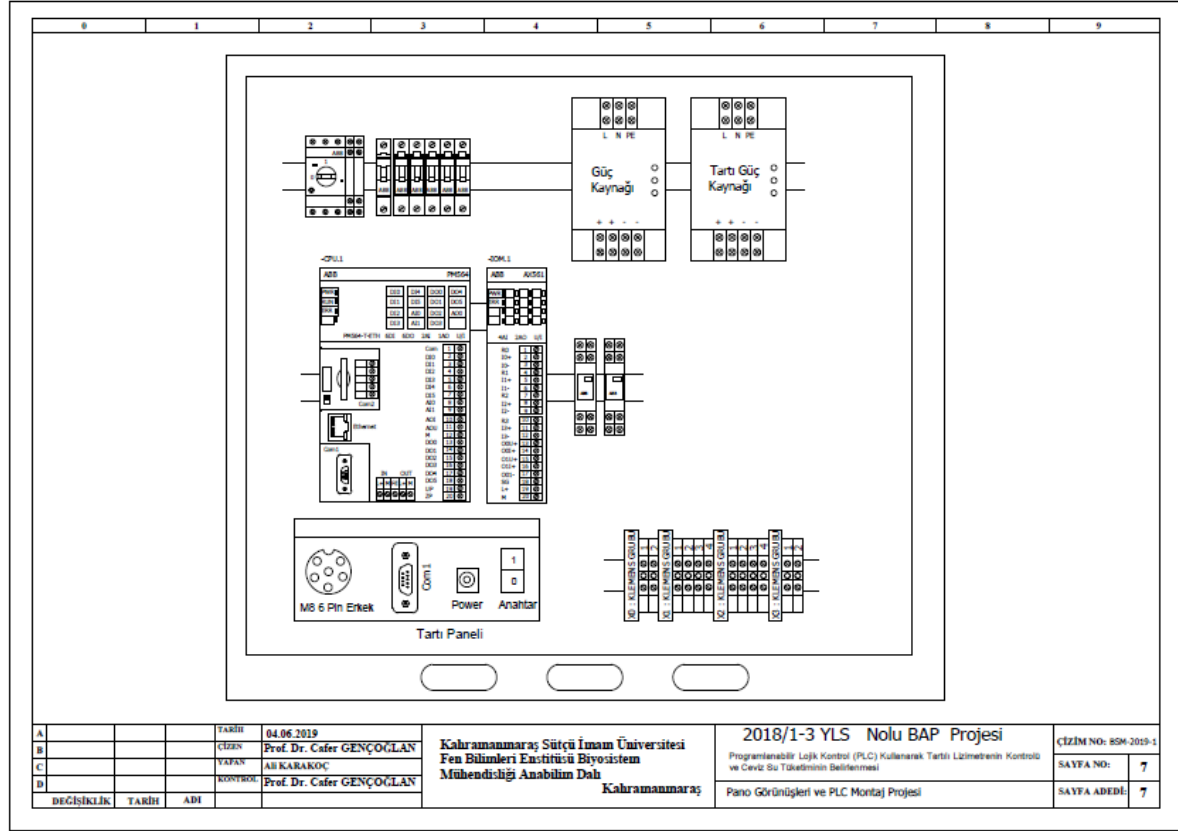


Şekil 3.14. PLC'nin kantardan veri okuma projesi



Şekil 3.15. Klemens tablosu ve konektör bağlantısı

Projede, 50x50x80 cm boyutunda pano kullanılmıştır. Panoda ana otomatik sigorta, 5 otomatik sigorta, 2 güç kaynağı, PLC, analog modül, 2 röle, RS232 çıkışlı tartı paneli ve 4 klemens grubunun dizilimi verilmiştir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Pano görünüşü ve PLC montaj projesi

### 3.2.4. Evapotranspirasyonun Belirlenmesi

Tartılı lizimetrede yetiştirilen 2 yaşındaki ceviz fidanının evapotranspirasyonu, bir boyutlu su dengesi eşitliği kullanılarak belirlenmiştir. Bunun için TLOS, önce günlük su tüketimini bulmaya yönelik programlanmıştır. Bu amaçla sistem, öncelikle bir günlük dönemin başındaki lizimetre ağırlığını tartmış, yağışı ölçmüş ve o gün sulama varsa uygulanan sulama suyu miktarını belirlemiş (yoksa sulama değerini sıfır olarak almıştır); o dönemin sonundaki lizimetre ağırlığını tartmış ve günlük drenaj miktarını hesaplamıştır. TLOS, cevizin günlük evapotranspirasyon miktarı yukarıda verilen parametreleri kullanarak bir boyutlu su dengesini baz alan Eşitlik 3.1 yardımıyla hesaplamıştır (Howell ve ark., 1986, Young ve Erk., 1996, Gençoğlan ve ark., 2017). Anılan eşitlikte yukarıda verilen parametreler kullanılmıştır.

Bir sulama döngüsü içerisindeki toplam evapotranspirasyon, günlük evapotranspirasyonun toplamını yapan Eşitlik 3.2'den hesaplanmıştır. Bir sulama döngüsü iki sulama arasındaki dönem olarak tanımlanmıştır. Cevizin mevsimlik evapotranspirasyon miktarı ise sulama döngüsü evapotranspirasyon toplamını yapan Eşitlik 3.3' den tahmin edilmiştir.

$$\text{gun\_ET}=(P+I+W_1)-(W_2+D) \quad (3.1)$$

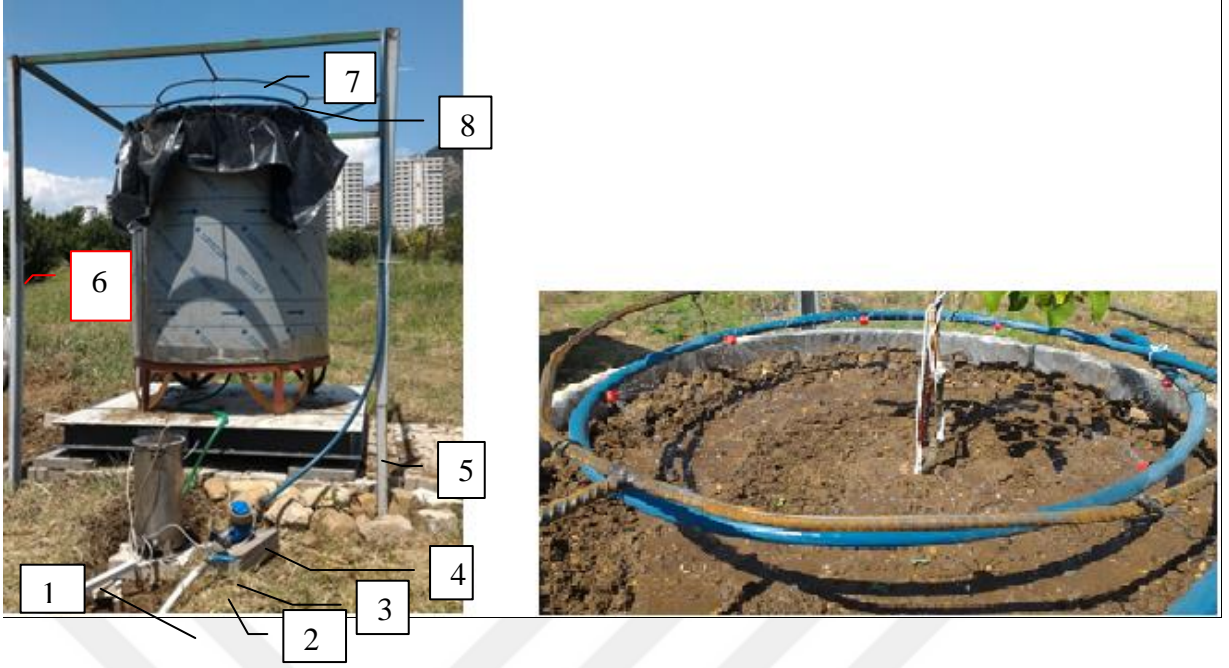
$$t\_ET= \Sigma \text{gun\_ET} \quad (3.2)$$

$$ET_m= \Sigma t\_ET \quad (3.3)$$

Eşitliklerde  $\text{gun\_ET}$ ; günlük evapotranspirasyon miktarı (mm),  $P$ ; yağış miktarı (mm);  $I$  sulama suyu miktarı (mm);  $W_1$ ; bir sulama dönemi başındaki lizimetre ağırlığı (kg) ve  $W_2$ ; bir sulama dönemi sonundaki lizimetre ağırlığıdır (kg),  $t\_ET$ ; bir sulama döngüsü içerisindeki günlük evapotranspirasyon toplamı (mm),  $ET_m$ ; mevsimlik evapotranspirasyon miktarıdır (mm).

### 3.2.5. Sulama Sistemi ve Programı

TLOS, tartılı lizimetreye dikili ceviz fidanını damla sulama yöntemiyle sulamıştır. Anılan damla sulama sistemi,  $\phi 1/2"$  lik PE şebeke borusuna (1) sırasıyla  $\phi 1/2"$  lik küresel vana (2),  $\phi 1/2"$  lik selenoid vana (3) ve  $\phi 1/2"$  lik dijital su sayacı (4) bağlanmıştır. Selenoid vananın çıkışına da  $\phi_{20}$  lik kangal (5) boru eklenmiştir. Bu boru, iskele profillerine (6) ve lizimetre ağızı üzerinde, ceviz fidanı merkezde olacak şekilde, 80 cm çapında dairesel demir (7) üzerine tutturulmuştur. Cevizin sulama suyu bu daire üzerine dizili 8 adet mini yağmurlama (6 l/h) şeklinde verilmiştir. Sulama sisteminde kullanılan boruların ve damlatıcıların tartı üzerine ağırlık yapmaması, tabandaki su sayacı ve ana borunun ağırlıklarının da lizimetreye etkilememesi için tank etrafında dört ayak üzerinde bir iskelet sistemi tasarlanmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Lizimetre, sulama sistemi ve tahliye tankı

Sulama zamanı, bir sulama döngüsü içerisinde günlük evapotranspirasyon (gun\_ET) toplamı (t\_ET) 20'ye eşit veya büyük olduğu gün olarak belirlenmiştir. Sulama suyu miktarı ise aşağıda verilen Eşitlik 3.4'den hesaplanmıştır.

$$S_{lm\_mkt} = 1.2 * t_{ET} * A \quad (3.4)$$

Burada  $S_{lm\_mkt}$ ; her sulama uygulanan sulama suyu miktarı (L), A; lizimetre alanı  $1 \text{ m}^2$ 'dir. Cevizin su stresi yaşamaması için toplam evapotranspirasyon miktarı 1.2 katsayısı ile çarpılmıştır.

TLOS sulamayı,  $t_{ET}$  miktarı 20 mm'ye eşit olunca selenoid vanayı açarak başlatmış ve dijital su sayaç sayımı olan su\_say,  $S_{lm\_mkt}$  eşit olunca anılan vanayı kapatarak durdurmuştur. Dijital su sayacının her bir sayımı 1 litredir.

### 3.2.6. Lizimetreden Tahliye Olan Suyun Ölçümü

Lizimetreden sızan, tahliye tankı içerisinde biriken suyu ölçmek ve bu suyu lizimetreden sızan suya dönüştürebilmek için Şekil 3.17'da verilen tahliye tankından yararlanılmıştır. Tahliye tankında kullanılan basınç sensörü çıkışı 4-20 mA ve ölçüm aralığı ise 0-50 m Bar'dır. Bu ölçüm aralığı 0-500 mm su yüküne karşılık gelmektedir. PLC'nin normal dijital ölçüm aralığı ise 0-27648'dir. Basınç sensörünün bağlandığı kanal %IW0'dır ve bunun değişkeni "drenaj" dır. Sulama mevsiminin başından sonuna kadar

tahliye tankı içersine, motopomp ve basınç sensörü kurtağzı çıkışları su içinde kalması için 100 mm'lik su doldurulmuş ve bu seviyede tutulmuştur. Tahliye tankı içerisinde anılan su seviyesi üzerinde biriken suyu ölçmek ve bu suyu lizimetreden sızan suya dönüştürebilmek için aşağıdaki işlemler yapılmıştır. Deneme başlamadan önce tahliye tankı içersine anılan su yükü üzerinde olmak üzere farklı düzeylerde su yükleri oluşturulmuştur. Anılan su yüklerine karşılık gelen dijital değerler okunmuştur. Bu iki değer grubu arasında birinci dereceden regresyon analizi yapılarak elde edilen sonuç Eşitlik 3.5'de verilmiştir. (Dügüneş ve ark., 1983).

$$Su\_Yuku = a*DD + b \quad (3.5)$$

Sulama döneminin başında tahliye tankı içersine 100 mm su yükü konulmuş ve lizimetreden anılan su yükü üzeren sızan su birikmiştir. Bu nedenle Eşitlik 3.3 ölçülen su yükünden Eşitlik 3.6'da verildiği gibi 100 mm su yükü çıkarılmıştır.

$$Su\_Yuku = a*DD + b - 100 \quad (3.6)$$

Burada Su\_Yuku; su yükü (mm), DDO; PLC'de okunan dijital değer, a ve b katsayılarıdır.

Günlük lizimetreden sızan su hacmi, tahliye tankı içersinde biriken su hacmine eşittir. Bu eşitlik eşitlik 3.7'deki gibi yazılabilir.

$$A_L * Drenaj\_Miktari = A_T * Su\_Yuku \quad (3.7)$$

Eşitlik 3.7 deki Drenaj\_Miktari, eşitliğin bir tarafında yalnız bırakılarak Eşitlik 3.8'deki gibi yazılabilir.

$$Drenaj\_Miktari = Su\_Yuku * A_T / A_L \quad (3.8)$$

Burada Drenaj\_Miktari; lizimetreden tahliye olan günlük su miktarı (mm),  $A_T$ ; tahliye tankının alanı ( $31400 \text{ mm}^2$ ), Su\_Yuku; tahliye tankında ölçülen günlük su yükü (mm),  $A_L$ ; lizimerenin alanıdır ( $1002367 \text{ mm}^2$ ). Tahliye tankı ve lizimere çapları sırasıyla 10 cm ve 113 cm'dir.

Eşitlik 3.6 ve lizimetre-tank alanı oranı ( $A_T/A_L = 31400/1002367 = 0.031326$ )  $0.031326$  Eşitlik 3.8'de yerine konulduğu zaman Eşitlik 3.9 elde edilmiştir.

$$Drenaj\_Miktari = (a*DDO + b - 100) * 0.031326 \quad 3.9$$

Drenaj miktarı, basınç sensörü dijital değer okumalarından yararlanarak Eşitlik 3.9'dan hesaplanmıştır. Tahliye tankı içersindeki su yükü, her gün saat 10:00'da basınç

sensörü kullanarak ölçülmüştür. Hergün saat 10:00'da motopomp, tahliye tankı içerisindeki 100 mm üzerindeki su yükünü dışarı pompalamıştır.

### 3.2.7. Yağışın Ölçümü

Günlük yağış miktarı, o günün saat 10:00'ından bir sonraki günün saat 10:00'ına kadar dijital yağış ölçerle (Pluviyometreyle) ölçülmüştür. Günlük yağış miktarı puls sayımı ve kaşık hacminden yararlanarak Eşitlik 3.10 aracılığı ile hesaplanmıştır.

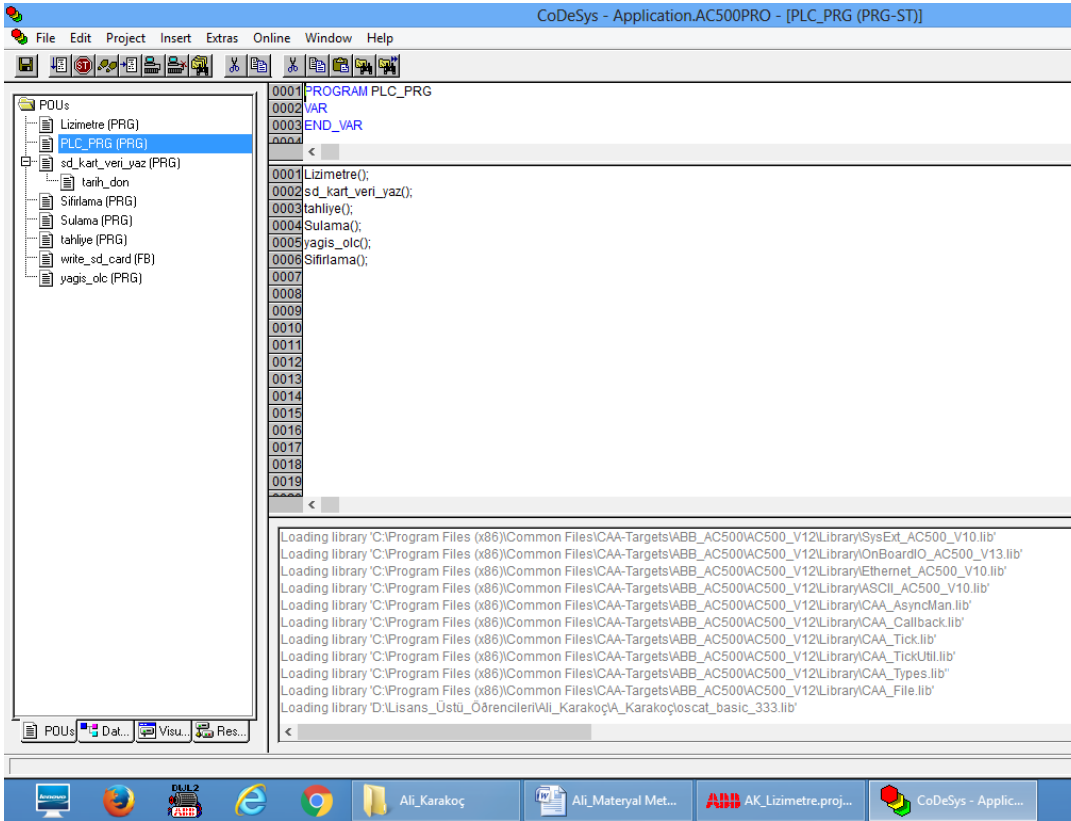
$$g\_yagis:=yagis*birim\_hacim/pluviyometre\_alani \quad (3.10)$$

Burada  $g\_yagis$ ; günlük ölçülen yağış miktarı (mm),  $yagis$ ; günlük TLOS tarafından saydırılan puls sayısı (adet),  $birim\_hacim$ ; yağış ölçer kaşığının hacmi (6000 mm<sup>3</sup>) ve  $pluviyometre\_alani$ ; yağış ölçerin ağız alanıdır (20985 mm<sup>2</sup>)

### 3.2.8. TLOS Yazılımı

Tartılı lizimetre ağırlığını okuyan, sulama sistemini (dijital su sayacı ve selenoid vanayı) ve lizimetreden çıkan suyun biriktiği tahliye tankını (motopomp ve basınç sensörünü) kontrol eden ve yağış miktarını ölçen bir TLOS oluşturulmuştur. Bu sistemde, CODESYS-ST dilinde bir yazılım kullanılmıştır. Bu amaçla program organizasyon birimi (Program Organization Unit(POU)) altında PLC\_Prog (PRG) programına ek olarak Lizimetre (PRG),  $sd\_kart\_veri\_yaz$  (PRG), sulama (PRG), tahliye (PRG) ve  $yagis\_olc$  (PRG) programı ile  $write\_sd\_card$  (FB) fonksiyon blok yazılmıştır.  $sd\_kart\_veri\_yaz$  (PRG) programı altına bir aksiyon (action) tanımlanmıştır. Bu aksiyon içerisinde değişkenler string değişkenlere dönüştürülmüştür. Bu arayüz Şekil 3.17'de verilmiştir. Her programın yerel değişkenleri kendi programı içerisinde verilmiştir. Anılan programlarda kullanılan yerel (var), global ve global kalıcı (retain persistent) değişkenler tanımlanmıştır (Çizelge 3.5). Bu değişken kaynaklar (resources) arayüz içerisinde verilmektedir.





Şekil 3.18. CODESYS arayüzü ve yazılım programlar

Çizelge 3.5. Global değişkenler ve kalıcı değişkenler

Global kalıcı değişkenler (Global retain persistent)	
Değişken adı	Değişken tipi
data	array [1..15] of lzm_data
i	byte:=1;
Slm_mkt	word
yagis	uint:=0
valf AT %QX4000.1	bool
Thly_mtr AT %QX4000.0	bool
drenaj AT %IW0	int
su_say	int
Global değişkenler (Global)	
lzm_Agirlik	real
Su_Yuku	word
drenaj_miktari	word
g_yagis	real
saat	clock
ii	byte:=0
step	byte:=0
veri_kayit	bool

Günlük ölçüm değerlerinin takibini kolaylaştırmak için Çizelge 3.5'de verilen lzm\_data isimli bir yapı (Struct) tanımlanmıştır. Bu yapı altında güne (gun), lizimetre ağırlığına (g\_lzm\_ag), sulama suyu miktarına (slm\_mkt), toplam evapotranspirasyona (Top\_ET), günlük evapotranspirasyona (g\_ET), günlük drenaj miktarına (g\_drenaj) ve g\_yağış günlük yağış miktarına ilişkin 6 değişken ve tipleri tanımlanmıştır. Lzm\_data isimli yapı (Struct) "data" isimli diziye atanmıştır (Çizelge 3.6).

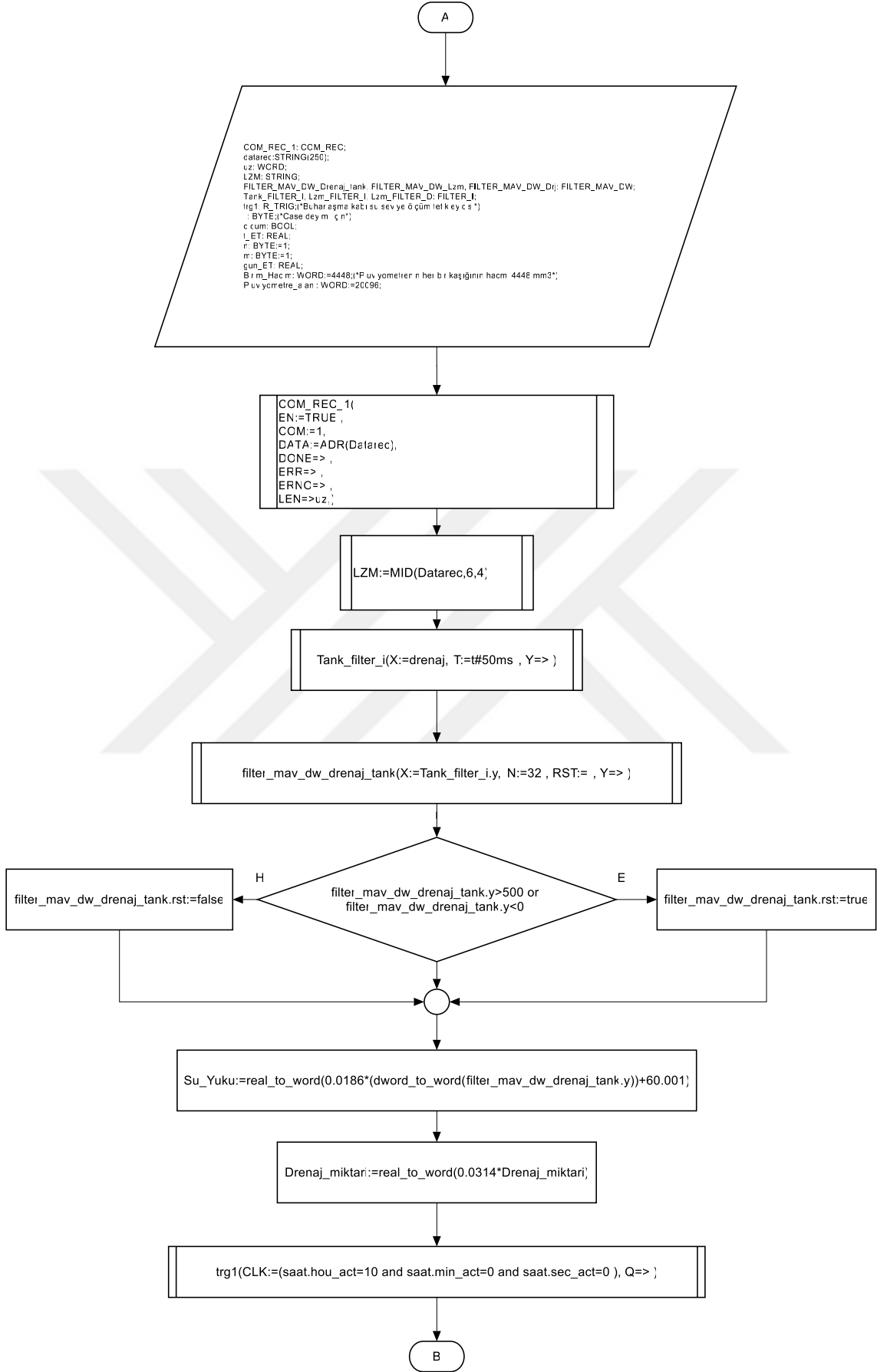
Çizelge 3.6. Lzm\_data yapısının değişkenleri ve tipleri

Yapı değişkeni	Yapı tipi
gun	byte
g_lzm_Ag	real
Slm_mkt	real
Top_ET	real
g_ET	real
g_drenaj	real
g_yagis	real

TLOS'nin alt programı olan lizimetre (PRG) alt programı akış diyagramı, 2 kısma bölünerek Şekil 3.19 ve 3.20'de verilmiştir. Şekil 3.19'de görüldüğü gibi önce lizimetre (PRG) programının değişkenleri verilmiştir. Daha sonra COM\_REC\_1 fonksiyon bloğu kullanılarak lizimetre ağırlığı, COM1 portundan RS232 protokolü aracılığı ile okutulmuş ve alınan veri "datarec" yerel değişkenine atanmıştır. "datarec" değişkeni, aktarılan veri içerisinde, kantarın tarttığı lizimetre ağırlık yanında diğer parametrelerde bulunmaktadır. Sadece lizimetrenin ağırlığını, "datarec" değişkeni içerisinde MID string fonksiyonu kullanılarak ayıklanmış ve "lzm" yerel değişkenine atanmıştır. Tahliye tankı içerisinde su yükü "drenaj" global değişkeni atanmıştır. Basınç sensörü signalindeki gürültü (noise) etkisini azaltarak su yükünü doğru ölçmek için ilk önce Tank\_Filter\_I ve arkasında Filter\_Mav\_dw\_tank fonksiyonları kullanılmıştır. Tank\_Filter\_I fonksiyonu basınç sensörü okumalarını 50 milisaniye geciktirerek okuma yapmayı sağlamıştır. Filter\_Mav\_dw\_tank, hareketli ortalama fonksiyonudur. Bu fonksiyon arka arkaya 32 adet sensor değerini okumada ve bunların ortalamasını almaktadır. Bir sonraki aşamada ilk değeri çıkarmakta sonra çıkarılan ilk değerin yerine ikinci değeri, ikinci değerin yerine üçüncü değeri kaydırarak 32 değeri yeniden atamaktadır. Otuzikinci değer yerine yeni bir sensör değeri konularak bu kez yeni 32 iki değerin ortalaması alınmaktadır. Ölçüm süreci boyunca bu

işlem devam etmektedir. Tahliye tankı basınç sensörü su yükü okuma limitleri 0-500 mm arasında belirlenmiştir. Eğer basınç sensörü su yükü 0-500 mm dışında olursa, fonksiyon o değeri işleme almamaktadır. Bu iki filtreleme fonksiyonu ile tahliye tankı içerisinde biriken su yükü ölçen sensörün sinyali fitrelenmiştir. Tahliye tankı içerisindeki filtrelenen su yükü değeri "Su\_Yuku" global değişkenine ve drenaj miktarı da "drenaj\_miktari" global değişkenine atanmıştır. Tahliye tankı içerisindeki su yükü, bir kalibrasyon eşitliği ile belirlenmiştir. Drenaj miktarı ise Su\_Yuku değişkeni bir 0.0314 katsayısı ile çarpılarak hesaplanmıştır. Hergün saat 10:00'da yükselen kenar fonksiyonunun "trig1.q" çıkışı aktif olmuş ve işlemler yapılmıştır.





Şekil 3.19 Lizimetre (PRG) alt programı akış diyagramı birinci bölümü

TLOS'nin alt programı olan lizimetre (PRG) alt programı akış diyagramı 2. bölümü Şekil 20'da verilmiştir. İşlemlerin sırasıyla yapılması için case deyimi kullanılmıştır. Case deyiminin ii değişkeni 0 ila 50 arasında değişmiştir. Saat 10:00 olduğunda, ii değişkenine ve gr1.q çıkışına sırasıyla 0 ve true olmuş, bunlara bağlı olarak ii ve olcum değişkenlerine sırasıyla 10 ve true atanmıştır. Bu koşullarda ölçümün birinci günü olduğu için i değişkenine 1 atanmıştır. Burada i değişkeni kaçınıcı gün olduğunu ifade etmektedir. Ölçümün 1. gününde gün değeri (saat.day\_act) ve lizimetre ağırlığı (lzm\_agirlik) sırasıyla data[i].gun ve data[i].g\_lzm\_Ag dizi-yapı değişkenlerine, diğer değişkenlere (data[i].g\_et:=0, data[i].g\_drenaj:=0, data[i].slm\_mkt:=0, data[i].g\_yagis:=0, data[i].top\_et:=0) 0 değeri, gün değişkeni i'ye 2 ve olcum tekrar false atanmıştır. Sonrada tüm 1. günün dizi-yapı değişkenleri sd karta kaydedilmiş ve başa dönmüştür. İkinci gün saat 10 olduğunda ii değişkenine ve gr1.q çıkışına sırasıyla 0 ve true olmuş, bunlara bağlı olarak ii ve olcum değişkenlerine sırasıyla 10 ve true atanmıştır. Şekil 3.20 daki görüldüğü akış diyagramında i değişkenine 2 atamış, gün değeri (saat.day\_act) ve lizimetre ağırlığı (lzm\_agirlik) sırasıyla data[i].gun ve data[i].g\_lzm\_Ag dizi-yapı değişkenlerine atanmıştır. Case değişkeni ii'ye 20 atandığından 20'ye gitmiştir. Günlük düşen yağış miktarını (mm) ölçmek için birinci gün saat 10:00'dan sonraki gün saat 10:00'a kadar pluviyometre kaşık sayımları yapılmıştır (Şekil 3.20). Derinlik cinsiden günlük yağış miktarını (mm) hesaplamak için pluviyometre kaşık sayımı ile kaşık hacmi (4448 mm<sup>3</sup>) çarpılmış ve pluviyometre alanına bölünmüştür. Hesaplanan günlük yağış miktarı g\_yagis değişkenine atanmıştır. g\_yagis değeri 0'a eşit veya 0'dan büyük ise bu değişken, data[i]. g\_yagis dizisine atanmış, anılan değişkeni sıfırlanmış ve case değişkeni ii'ye, 30 atanarak 30'a gitmiştir. Tahliye tankı içerisindeki su yükü (Su\_Yuku), 0-500 mm'nin dışında bir değer okunduğunda güvenlik açısından lizimetreden tahliye olan drenaj miktarı (data[i].g\_drenaj) 0 olarak alınmıştır. Anılan su yükü bu limitler içerisinde ise ve bu tankın içerisindeki su yükü 103 mm'ye eşit ve altında ise yine lizimetreden drene olan su miktarı (data[i].g\_drenaj) 0 olarak kabul edilmiştir. Söz konusu tank içerisindeki su yükü, 103 mm'ye eşit ve üzerinde ise lizimetreden tahliye olan günlük su miktarı "data[i].g\_drenaj:=Drenaj\_Miktari-3" şekli data dizinine atanmıştır. Tahliye motoru değişkeni olan "thly\_mtr" true atanmış ve tahliye tankı içerisindeki suyu dışarı pompalamak için motor çalıştırılmıştır. PLC'ler bir işlemi yapmak için komut verildiğinde aksine bir komut verilmediği sürece o işi yapmaya devam eder. Bu bağlamda motopomp, tahliye tankı içerisindeki su yükü 98 mm'ye eşit ve altına düşene kadar çalışmış ve durmuştur (Şekil.20). Akış diyagramında işlem sırası ii=40 karar verme işlemine gelmiştir.

Bu aşamada Lizimetre (PRG) alt programı, lizimetreler için kullanılan su denge eşitliğini kullanarak günlük ET hesaplanmış ve `gun_Et` değişkenine atanmıştır. `gun_ET` değeri sıfıra eşit ve büyükse anılan değişken `data[i].g_ET` dizinine atanmıştır. Sonra 1 'den 15'e kadar `data[i].g_ET` dizin değerleri, `t_ET` değişkeninde toplatılmıştır. `t_ET` değişken değeri, `data[i].Top_ET` dizinine atanmış ve `ii=50` karar verme işlemine gitmiştir. Bu işleminden sonra `t_ET` karar verme işlemine geçilmiştir. Bu işlemde `t_ET`, 20'ye eşit ve büyük değilse `veri_kayıt`, `true` ve `olcum`, `false` yapılmış, gün sayısı bir arttırılmış, `case` değişkeni `ii`'ye 0 atanarak başa dönmüştür. `sd_kart_veri_yaz` (PRG) programı, `veri_kayıt`, `true` olduğunda günlük bir önceki ve bir sonraki günün lizimetre ağırlığını, sulama suyu, yağış, drenaj, günlük ET ve toplam ET miktarını sd karta yazmış ve `veri_kayıt` değişkenini, `false` almıştır. O gün ölçülmeyen ve hesaplanmayan değerler sıfır olarak atanmıştır. Lizimetre (PRG) alt programı yukarıda anlatılan işlemleri her saat 10:00'da tekrarlamıştır.

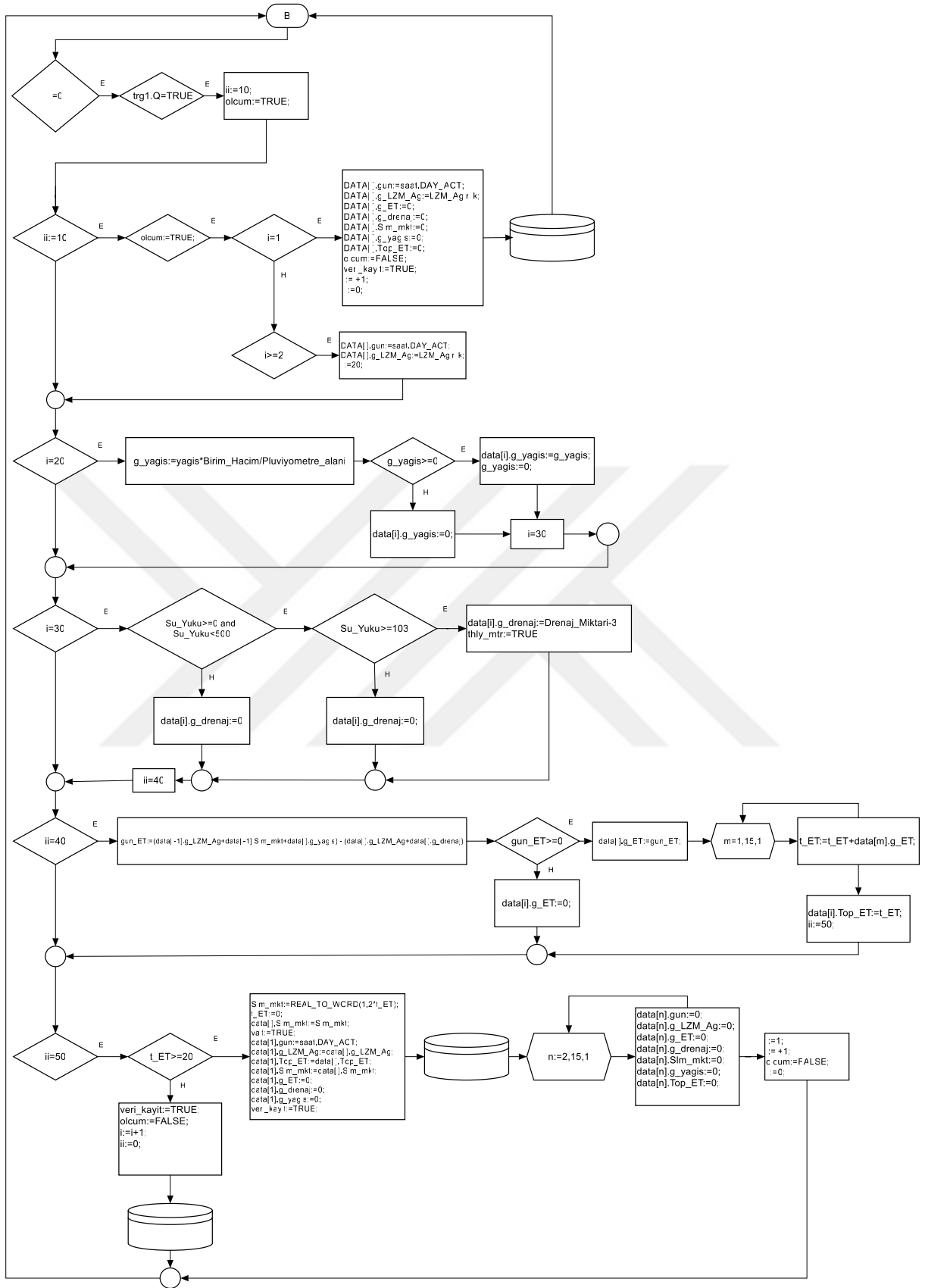
TLOS'nin alt programı olan `sd_kart_veri_yaz` (PRG) yazılımı, her saat 10:00'da günün tarihini, sulama dönemi başlangıcında ve sonundaki lizimetre ağırlığını, sulama suyu ile günlük yağış, drenaj, Et ve toplam Et miktarını ile her saat başını 5 saniye geçe günün tarihini ve lizimetre ağırlığını SD karta yazmıştır (Şekil 3.21). Anılan şekilden görüldüğü bu işlemleri yapmak için program önce değişkenler tanımlanmakta, sonra bu değişkenleri kullanarak işlemler yapılmaktadır. Saat 10:00 olduğunda sırasıyla veri kayıt ve `r_trig_agirlik_kayir.q` `true` olmaktadır. Trigger `q` çıkışı `true` olunca `DataTosend`'in değeri sıfırlanmakta, `veri_kayıt` `false` olmakta ve step 10'na gitmektedir. Step 10'da görüldüğü gibi gün, ay, yıl, string değerleri aralarına noktalı virgöl konarak birleştirilmekte ve step 20'ye gitmektedir. Step 20'de, step 10'da birleştirilmiş değerlere, aralarına virgöl konarak, lizimetre ağırlığı, sulama suyu miktarı, günlük yağış, günlük ET ve toplam ET string değerleri de birleştirilmektedir. Sonra işlem sıra step 25' gitmiştir. Bu işlem sırasında veriler, `write_sd_card` (FB) fonksiyon blok yazılımı yardımıyla SD karta kaydedilmiş ve programın başına dönmüştür. Her saat başını 5 saniye geçe yapılan kaydetme işlemleri benzer şekilde yapılmıştır.

TLOS'nin alt programı olan sulama (PRG) programı, sulamada su sayacı pulse sayımını ve selenoid vanayı kontrol akış diyagramı Şekil 3.22'de verilmiştir. Lizimetre (PRG) alt programı selenoid vanayı açınca dijital su sayacında akış geçmeye başlamış ve akış geçtikçe pulse üretmiştir. Bu pulseler `f_trig` komutunu ve `say_say` sayacını kullanarak saydırılmıştır. Sayaç değeri, sulama suyu miktarına eşit olunca selenoid vana kapatılmış ve sulama tamamlanmıştır.

TLOS'nin alt programı olan tahliye (PRG) programı, her gün saat 10'da tahliye tankı içerisinde biriken su dışarı pompalayan akış diyagramı Şekil 3.23'de verilmiştir. Bu Lizimetre (PRG) alt programı thly\_mktr değişkenini true yapmış yanı motopompu çalıştırmış ve tank içerisindeki su yükü 98 mm'ye eşit ve küçük olunca motopomp durdurulmuştur.

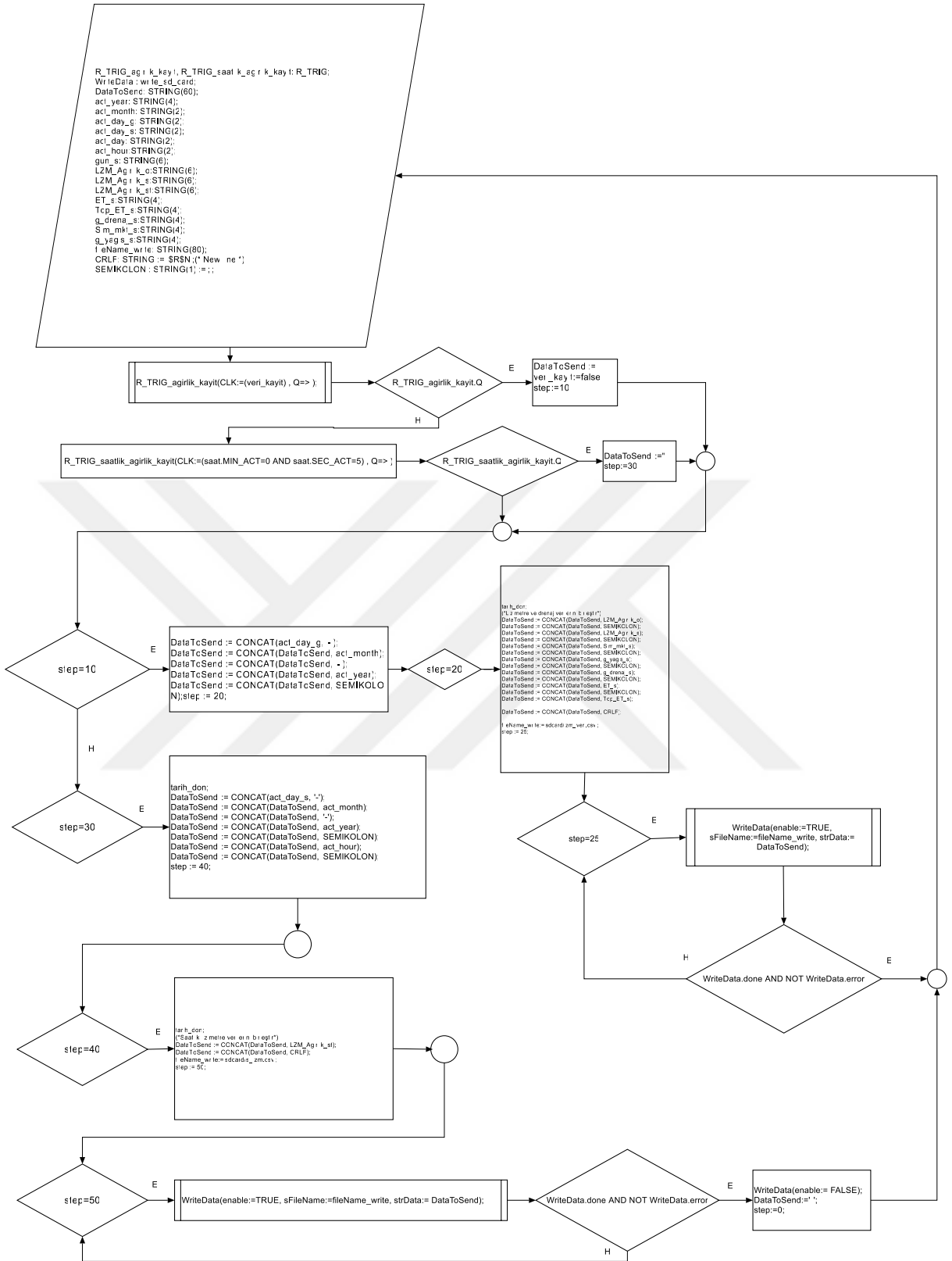
TLOS'nin alt programı olan yagis\_olc (PRG) programı akış diyagramı Şekil 3.24'de verilmiştir. Yağış miktarı saat 10'dan 10'a ölçülmüştür. Pluviyometre çıkışı, triggerde giriş olarak kullanılmıştır. Triggerin çıkışı kullanılarak, "yagis" sayaç değişkeni ile saydırılmıştır. Saydırma sayısı ve pluviyometre kullanılarak düşen yağış miktarı hesaplanmıştır.



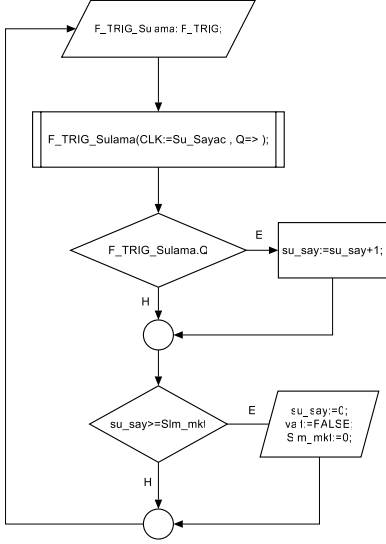


Şekil 3.20 Lizimetre (PRG) alt programı akış diyagramı ikinci bölümü

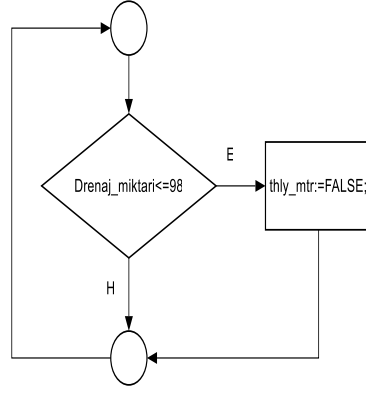




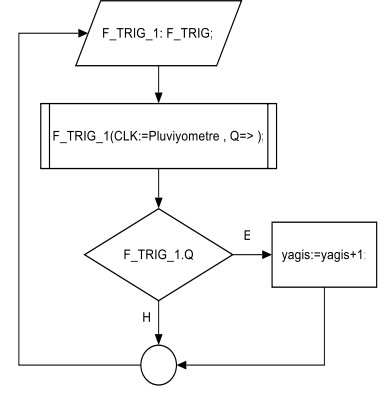
Şekil 3.21. Verilerin SD karta kayıt yapılması



Şekil 3.22. Sulama akış diyagramı



Şekil 3.23. Günlük drenaj miktarını ölçümü akış diyagramı



Şekil 3.24. Günlük yağış miktarını ölçümü akış diyagramı

## 4. BULGULAR

### 4.1. SD Karta Veri Kaydı

Mid string değişkeni tartılı lizimetre ağırlığını okuyan, sulama sistemini (dijital su sayacı ve selenoid vanayı) ve lizimetreden çıkan suyun biriktiği tahliye tankını (motopomp ve basın sensörünü) kontrol eden ve yağış miktarını ölçen bir TLOS oluşturulmuştur. Bu sistemde, CODESYS-ST dilinde bir yazılım kullanılmıştır.

TLOS, saat 10:00'da Şekil 4.1'de verilen tarih, sulama öncesi ve sonrası lizimetre ağırlığı, sulama suyu, yağış, drenaj, günlük ET ve toplam ET miktarları ile her saat başını 5 saniye geçe Şekil 4.2'de verilen tarih, saat, lizimetre ağırlığı ve saatlik ET değerlerini SD karttaki dosyalara kaydetmiştir.

### 4.2. Tartılı Lizimetre Kaydı

TLOS, Lizimetre(PRG) alt programını kullanarak her gün saat 10:00 ve her saat başını 5 saniye geçe o günün tarihini ve lizimetre ağırlığını bir diziyeye atamıştır. sd\_kart\_veri\_yaz(PRG) alt programı da diziden günün tarihi ve lizimetre ağırlığı değerlerini almış, Şekil 4.1 ve 4.2'de verildiği gibi SD karttaki "lzm\_veri.csv" ve "s\_lzm.csv" dosyalarına sırasıyla kaydetmiştir. Günlük evapotranspirasyonu hesaplamak için Şekil 4.1'den görüldüğü gibi günlük döngü başındaki (Ö\_LZM\_AG) ve sonundaki lizimetre ağırlığı (SON\_LZM\_AG) şeklinde kaydetmiştir. Tarih, günlük döngü başındaki ve sonundaki lizimetre ağırlıkları "lzm\_veri.csv" dosyasında sırasıyla A, B ve C sütunlarında verilmiştir (Şekil 4.1). Ayrıca tarih ve saatlik lizimetre ağırlığı ise "s\_lzm.csv" dosyasında sırasıyla A ve B sütunlarına kaydedilmiştir (Şekil 4.2). Lizimetre tartı sistemi, ağırlığı 200 g hassasiyetle tartmıştır. Anılan şekillerde verilen lizimetre ağırlıkları, lizimetre toprak nem içeriğine bağlı olarak sırasıyla 2237.6-2220.2 kg ve 2261.2-2245.4 kg arasında değişmiştir. Lizimetre ağırlığı, sulamadan sonra 2261.2 kg gibi en yüksek ağırlığa ulaşmış ve lizimetreden su tahliye ve evapotranspirasyon oldukça azalmış ve 2245.4 gibi değerlere düşmüştür.

### 4.3. Sulama Kaydı

TLOS, Lizimetre(PRG) alt programını kullanarak sulamanın yapılacağı gün saat 10'da sulama suyu miktarını hesaplamış ve "data[i].Slm\_mkt" diziyeye atamıştır.

sd\_kart\_veri\_yaz(PRG) alt programı da diziden sulama suyu miktarını, Şekil 4.1'de verildiği gibi SD karttaki "lzm\_veri.csv" dosyasına kaydetmiştir. Sulama suyu miktarı "lzm\_veri.csv" dosyasında D sütununda verilmiştir (Şekil 4.1).

#### **4.4. Yağış Kaydı**

TLOS, yagis\_olc alt programını kullanarak günlük pluviyometre pals sayımı yapılmıştır. Lizimetre(PRG) alt programını, bu pals sayımını, kaşık hacmini ve pluviyometre alanını kullanarak günlük toplam yağış miktarı belirlenmiştir. Lizimetre(PRG) alt programı, bu günlük yağış miktarını, saat 10'da "data[i].g\_yagis" adlı diziye atamıştır. sd\_kart\_veri\_yaz(PRG) alt programı da diziden günlük yağış miktarını, Şekil 4.1'de verildiği gibi SD karttaki "lzm\_veri.csv" dosyasına kaydetmiştir. Günlük yağış miktarı "lzm\_veri.csv" dosyasında E sütununda verilmiştir (Şekil 4.1).

#### **4.5. Drenaj Kaydı**

TLOS, Lizimetre(PRG) alt programını kullanarak lizimetreden günlük drene olan su miktarını hesaplamış ve saat 10'da "data[i].g\_drenaj" adlı diziye atamıştır. sd\_kart\_veri\_yaz(PRG) alt programı da diziden drene olan su miktarı Şekil 4.1'de verildiği gibi SD karttaki "lzm\_veri.csv" dosyasına kaydetmiştir. Drene olan su miktarı "lzm\_veri.csv" dosyasında F sütununda verilmiştir (Şekil 4.1).

#### **4.6. Günlük ve Toplam Evapotranspirasyon Kaydı**

TLOS, Lizimetre(PRG) alt programı aracılığı ile her sulama döngüsü içerisinde günlük ölçüm değerlerini kullanarak bir boyutlu su dengesi eşitliğinden cevizin günlük evapotranspirasyonunu hesaplamış ve günlük evapotranspirasyonu toplayarak toplam evapotranspirasyonu bulmuştur. TLOS'un sd\_kart\_veri\_yaz alt programı, sulama döngüsü içerisinde cevizin günlük ve toplam evapotranspirasyonunu SD karttaki "lzm\_veri.csv" dosyasına kaydetmiştir (Şekil 4.1). Şekil 4.1'den de görüldüğü gibi günlük ve toplam evapotranspirasyonunu sırasıyla G ve H sütunlarında verilmiştir.

A28	Tarih							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	Tarih	Ö_LZM_AG	SON_LZM_AG	Sulama	Yagis	Drenaj	G_ET	Top_ET
36	10,07,2018	2228	2237,6	0	0	9	7,39	7,39
37	11,07,2018	2237,6	2232,6	0	0	2	3	10,3
38	13,07,2018	2232,6	2229,6	0	0	1	2	12,3
39	14,07,2018	2229,6	2227	0	0	1	1,6	14
40	15,07,2018	2227	2225,4	0	0	0	1,6	15,6
41	16,07,2018	2225,4	2223,8	0	0	0	3,59	19,1
42	17,07,2018	0	2222,4	25	0	0	0	20,6
43	18,07,2018	2222,4	2237,8	0	0	1	8,59	8,59
44	19,07,2018	2237,8	2231,6	0	0	2	4,19	12,7
45	20,07,2018	2231,6	2229,2	0	0	1	1,4	14,1
46	21,07,2018	2229,2	2226,2	0	0	1	2	16,1
47	22,07,2018	2226,2	2225,2	0	0	0	1	17,1
48	23,07,2018	2225,2	2223,6	0	0	0	1,59	18,7
49	24,07,2018	0	2222,4	24	0	0	0	20
50	25,07,2018	2222,4	2236	0	0	1	9,39	9,39
51	26,07,2018	2236	2231,6	0	0	2	2,39	11,7
52	27,07,2018	2231,6	2229	0	0	1	1,6	13,3
53	28,07,2018	2229	2226,6	0	0	1	1,39	14,7
54	29,07,2018	2226,6	2224,6	0	0	1	1	15,7
55	30,07,2018	2224,6	2222,8	0	0	0	1,8	17,5
56	31,07,2018	2222,8	2221,4	0	0	0	1,4	19
57	1,08,2018	0	2220,2	24	0	0	0	20,1
58	2,08,2018	2220,2	2232	0	0	1	11,1	11,1
59	3,08,2018	2232	2229,2	0	0	2	0,8	12

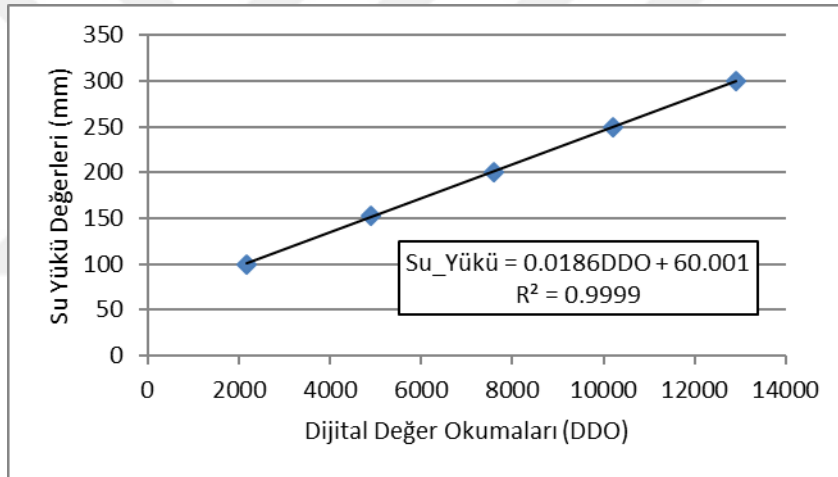
Şekil 4.25. TLOS tarafından SD karta kaydedilen tarih, sulama öncesi ve sonrası lizimetre ağırlığı, sulama suyu, yağış, drenaj, günlük ET ve toplam ET miktarları

E26	Tarih	Saat	LZM_Ag	Günlük_ET
25	7.6.2018	1	2261,2	1,4
26	7.6.2018	2	2259,8	0,8
27	7.6.2018	3	2259	0,6
28	7.6.2018	4	2258,4	0,6
29	7.6.2018	5	2257,8	0,4
30	7.6.2018	6	2257,4	1,6
31	7.6.2018	7	2255,8	0,8
32	7.6.2018	8	2255	0,4
33	7.6.2018	9	2254,6	2
34	7.6.2018	10	2252,6	1
35	7.6.2018	11	2251,6	1
36	7.6.2018	12	2250,6	0
37	7.6.2018	12	2250,6	0,6
38	7.6.2018	13	2250	0,6
39	7.6.2018	14	2249,4	0,6
40	7.6.2018	15	2248,8	0,6
41	7.6.2018	16	2248,2	0,6
42	7.6.2018	17	2247,6	0,6
43	7.6.2018	18	2247	0,4
44	7.6.2018	19	2246,6	0,6
45	7.6.2018	20	2246	0,2
46	7.6.2018	21	2245,8	0,2
47	7.6.2018	22	2245,6	0,2
48	7.6.2018	23	2245,4	0,4

Şekil 4.26. TLOS'nin SD karta kaydettiği tarih, saat, lizimetre ağırlığı ve saatlik ET değerleri

#### 4.7. Kalibrasyon Eşitliği ve Drenaj

Tahliye tankı içerisindeki su yükü ve buna karşılık gelen dijital değerler Şekil 4.3’de verilmiştir. Su yükü, sabit su yükü olan 100’mm den başlanılmış ve 300 mm’ye kadar değiştirilmiş ve bu değerlere karşılık gelen sayısal değerler okunmuştur. Sayısal değerler bağımsız değişken ve su yükü ise bağımlı değişken olarak alınmıştır. Bu ikisi arasında yapılan regresyon analizi sonucunda  $Su\_Yükü = 0.0186DDO + 60.001$  ( $R^2 = 0.9999$ ) şeklinde bir kalibrasyon eşitliği elde edilmiştir. Belirleme katsayısı ( $R^2$ ) 1’e çok yakın çıkmıştır. Bu sonuca göre su yükü bağımlı değişkeni, DDO bağımsız değişkenini %99.99 oranında temsil ettiği söylenebilir (Yurtsever, 1984). Örneğin PLC, basınç sensörü verilerini kullanarak tahliye tankı içerisindeki su yüküne karşılık gelen DDO’yı 5583 olarak belirlemiş, bu değeri regresyon eşitliğinde yerine koymuş ve su yükünü 164 mm olarak ölçmüştür.



Şekil 4.27. Dijital değer okumaları ve su yükü değerleri

Tartılı lizimetreden sızan su (drenaj) miktarı, basınç sensörü dijital değer okumalarından yararlanarak  $(0.0186*DDO+60.001+(-100))* 0.031326$  eşitliğinden hesaplanmıştır. Örneğin PLC, dijital değeri 5584 olarak okumuş ve yukarıda verilen eşitlikten drenaj miktarını 2 mm olarak göstermiştir. (Şekil 4.3). Diğer okumaları aynı şekilde yapmıştır. Basınç sensörleri su yükü ölçümünün güvenilir olduğu söylenebilir. Bu konuda Gençoğlan ve Tüysüz (2018) Kahramanmaraş Kartalkaya Barajı akış gözlem istasyonunda bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, elektronik limnigraf (EL), basınç (BA) ve ultrasonik algılayıcı (UA)’lar kullanarak açık kanaldaki su yükü ölçülerek karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda BA ve UA su yükü değerlerinin, EL su yükü değerlerinden istatistiksel olarak farklı olmadığını belirlemişlerdir. Gençoğlan ve

Gençoğlan (2016), BA kullanarak A sınıfı buharlaşma kabı içindeki su yükünü atölye koşullarında ölçmüşlerdir. Bu ölçümlerde 33 değerin farklarını incelediklerinde 1 gözlemde 2 mm fark, 13 gözlemde 1 mm fark ve kalan 19 gözlemde sıfır fark, elle ve PLC ölçümü arasında ortalama 0.21 mm fark bulmuşlardır. Bu verilere göre PLC, buharlaşma kabındaki su yüksekliğini doğruya yakın ölçtüğünü bildirmişlerdir. Hesapladıkları korelasyon katsayısı 0.999 olarak bulmuşlardır. Elle ölçüm verilerinin ortalamasını 172.5 mm, PLC ile ölçüm verilerinin ortalamasını 172.3 mm olarak hesaplamışlardır.

#### **4.8. Cevizin Sulama Suyu ve Su Tüketimi**

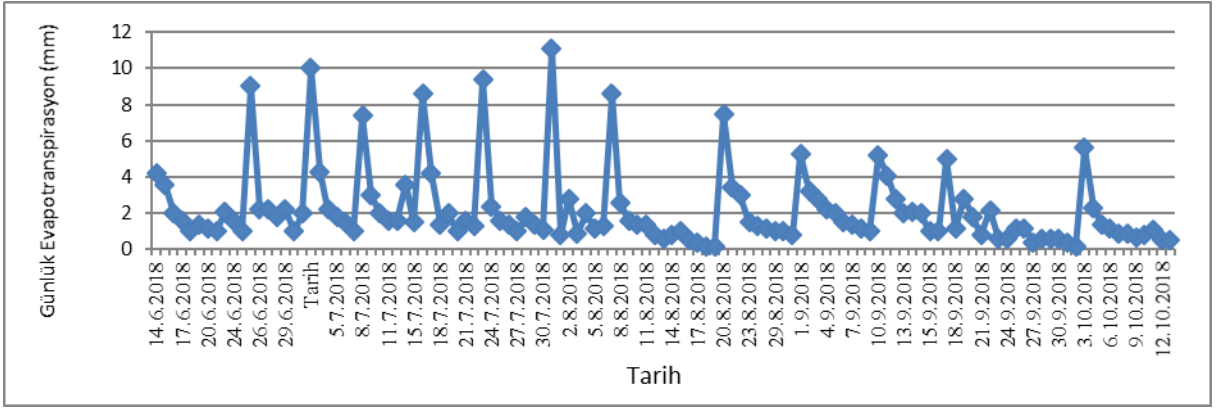
Bir sulama döngüsü içerisindeki cevizin sulama suyu miktarı, cevizin günlük evapotranspirasyon toplamının 1.2 çarpımından elde edilmiştir. Sulama zamanı, bir sulama döngüsü içerisinde günlük evapotranspirasyon ( $gun_{ET}$ ) toplamı ( $t_{ET}$ ) 20'ye eşit veya büyük olduğu gün olarak belirlenmiştir. TLOS sulamayı,  $t_{ET}$  miktarı 20 mm'ye eşit veya büyük olunca selenoid vanayı açarak başlatmış ve dijital su sayaç sayımı olan "su\_say" değişkeni değeri, "Slm\_mkt" değişkeni değerine eşit olunca anılan vanayı kapatarak durdurmuştur. TLOS, ceviz sulamasına 15.06.2018 tarihinde başlamış ve 4.10.2018 tarihinde son vermiştir. Anılan dönemde 12 kez sulamayla, toplam 293 mm su uygulamıştır. Tartılı lizimetrede yetiştirilen 2 yaşındaki ceviz fidanının evapotranspirasyonu, bir boyutlu su dengesi eşitliği kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla TLOS, önce günlük su tüketimini hesaplamıştır. Sistem, öncelikle bir günlük dönemin başındaki lizimetre ağırlığını tartmış, yağışı ölçmüş ve o gün sulama varsa uygulanan sulama suyu miktarını belirlemiş, o dönemin sonundaki lizimetre ağırlığını tartmış ve günlük drenaj miktarını hesaplamıştır. Cevize, 121 günlük bir sulama döneminde günlük ortalama 2.5 mm'lik su uygulanmıştır. Her sulamada uygulanan sulama suyu, sulama mevsimi boyunca 24-25 mm arasında değişmiştir (Çizelge 4.1). Cevizin sulama aralığı, iklim koşullarına bağlı olarak 6-16 gün arasında değişmiştir. Sulama aralığı, hava sıcaklığının ve rüzgar hızının yüksek olduğu dönemlerde azalmış ve sıcaklığın düşük ve rüzgar hızının az olduğu dönemlerde ise artmıştır. Sulama mevsimi boyunca toplam 293 mm su uygulanmış, 19 mm yağış düşmüş, 66 mm drenaj suyu ölçülmüştür. Bu sonuçlarla 15.06.2018 tarihi ile 4.10.2018 tarihleri arasında toplam evapotranspirasyon, 261 mm olarak hesaplanmıştır. Son sulama olan 4.10.2018 tarihi ile çalışmanın sonlandırıldığı 14.10.2018 tarihi arasında meydana gelen 16 mm'lik ET'ye karşılık sulama yapılmamıştır. Günlük evapotranspirasyonu 0.2-11.1 mm arasında değişmiştir. Sulamalarının ilk gününde

ET her zaman yüksek çıkmış ve sonraki günlerde azalmıştır (Şekil 4.4). Akın (2016), ceviz ağaçlarını 8 - 15 kez sulama yapmış, 59-191 mm arasında değişen sulama suyu uygulamış, günlük su tüketiminin 2.6-6.6 mm/gün ve toplam bitki su tüketiminin 264-419 mm arasında değiştiğini bildirmiştir. Göçmen (2017), cevizin toplam bitki su tüketiminin 605 ile 984 mm arasında değiştiğini belirlemiştir. Cevizin, damla sulama yöntemiyle sulanması toprak yüzeyini ıslattığından evapotranspirasyonu arttırmıştır. Genellikle sulamadan sonraki il günlük ET miktarı 5 ile 11.1 mm arasında değişmiştir. Lizimetredeki toprak yüzeyi kurudukça günlük ET miktarı bu değerlerin altına düşmüştür. Sulama mevsiminde günlük ET ortalama 2.2 mm olarak hesaplanmıştır. Türkiye’de yürütülen her ki çalışmada verilen sulama suyu miktarları ve su tüketimlerinin bu çalışmada yürütülen sulama suyu ve su tüketimleri değerinden daha yüksek çıkmıştır. Bunların nedenleri, çalışmanın yürütüldüğü iklim koşullarının farklı olması ve iki yaşında yeni dikilen cevizde sürgün ve yaprak gelişiminin olmamasıdır.

Çizelge 4.1. Sulama suyu, yağış, drenaj ve evapotranspirasyon miktarları

Ölçüm başlangıcı	Tarih	Sulama Aralığı	Sulama Suyu Miktarı (mm)	Yağış (mm)	Drenaj Miktarı (mm)	ET (mm)
	15.6.2018		Tarla kapasitesinde başlanılmıştır			
1. Sulama	26.6.2018					21
	26.6.2018	11	25			
2. Sulama	3.7.2018			9	8	20
	3.7.2018	7	24			
3. Sulama	9.7.2018			5	7	21
	9.7.2018	6	25			
4. Sulama	17.7.2018				6	21
	17.7.2018	8	25			
5. Sulama	24.7.2018				4	20
	24.7.2018	7	24			
6. Sulama	1.8.2018				5	20
	1.8.2018	8	24			
7. Sulama	8.8.2018				4	20
	8.8.2018	7	24			
8. Sulama	21.8.2018				6	20
	21.8.2018	13	24			
9. Sulama	2.9.2018				5	21
	2.9.2018	12	25			
10. Sulama	11.9.2018				6	21
	11.9.2018	9	25			
11. Sulama	18.9.2018				5	20
	18.9.2018	7	24			
12. Sulama	4.10.2018			3	4	20
	4.10.2018	16	24			
	14.10.2018	Ölçüm sonu		2	6	16
<b>Toplam</b>			<b>293</b>	<b>19</b>	<b>66</b>	<b>261</b>





Şekil 4.28. İki yaşındaki cevizin günlük su tüketimleri



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tartılı lizimetrenin PLC kullanılarak kontrol edilmesi ve iki yaşındaki Maraş 18 ceviz çeşidinin mevsimlik su tüketiminin belirlenmesine yönelik araştırma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi bahçesinde 2018 yılında yürütülmüştür. Kurulan tartılı lizimetre 113 cm çapında ve 130 cm yüksekliğinde silindirik bir tank şeklinde olup içerisine bulunduğu toprak alanını temsil eden bozulmuş toprak örneği doldurulmuş ve iki yaşında Maraş 18 ceviz çeşidi dikilmiştir. Lizimetre içerisindeki toprak tarla kapasitesine getirilip ondan sonra sulama ihtiyacının olduğu ilk günde TLOS ile otomatik olarak sulanmaya başlamıştır. Tartılı lizimetre, PLC kullanılarak önceden programlanmış yazılımla günlük ET belirlenmiştir. Günlük ET'ler her ölçümde toplanarak toplam ET bulunmuştur. Sulamalar, toplam ET 20 mm'ye eşit veya daha büyük olduğunda yapılmıştır. Her sulama döneminde bitkiyi su stresine sokmamak için hesaplan toplam ET nin 1.2 katı su verilmiştir. Sulama sonrası lizimetre altından sızan su, tahliye tankında biriktirilmiş ve günlük drenaj miktarı belirlenmiştir. Sulama mevsimi 15.06.2018 tarihinde başlamış ve 121 gün sonra 14.10.2018 tarihinde tamamlanmıştır. Bu sulama mevsiminde ilk sulama 26.06.2018 tarihinde, son sulama ise 04.10.2018 tarihinde olmak üzere toplam 12 kez sulama yapılmıştır. Sulama mevsimi boyunca TLOS ile 261 mm toplam ET hesaplanmış, 293 mm sulama suyu uygulanmış, 66 mm drenaj ölçülmüş, 19 mm de yağış kaydedilmiştir. Son sulama tarihi ile çalışmanın sonlandırıldığı 14.10.2018 tarihi arasında meydana gelen 16 mm'lik ET'ye karşılık sulama yapılmamıştır. İki yaşındaki Maraş 18 ceviz bitkisinin mevsimlik su tüketimi 261 mm olarak belirlenmiştir. Her sulamada uygulanan sulama suyu, sulama mevsimi boyunca 24-25 mm arasında değişmiş ve sulama aralığı, iklim koşullarına bağlı olarak 6-16 gün arasında değişmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

- ABB, 2017. Automation Builder 2.1-Basic. ABB Automation Products GmbH  
Eppelheimer Str. 8269123 Heidelberg, Germany
- Abbey, M., Noaks, M., Belling, G.B., Nestel, P.J., 1994. Partial Replacement of Saturated Fatty Acids with Almonds or Walnuts Lowers
- Aboukhaled, A., Alfaro A., Smith, M., 1982. Lysimeters Food and Agriculture Organisation of the United Nations, *FAO Irrig and Drain*. Paper No. 39, Rome
- Akça, Y. 2014. Ceviz Yetiştiriciliği. ISBN:975 – 97498 - 07: Anıt Matbaa, Ankara
- Akın, S. Tekirdağ koşullarında ceviz ağaçlarının su tüketiminin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 31s.
- Akpolat, A., Ünlü, M. 2011. Mikrometeorolojik ve Lizimetre Yöntemleriyle Belirlenen Buğday Bitki Su Tüketimlerinin Karşılaştırılması. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Yıl:2011 Cilt:26-2
- Alagöz, H., 1969. Yonca Su Sarfıyatı Üzerinde Araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No: 151, İzmir, 42 s
- Anonim, 2014. Sensörler-Transdüserler. URL (erişim tarihi: 12.03.2017)  
<http://www.turkbiyofizik.com/TR.html>
- Anonim, 2015. Basınç Algılayıcı. URL (erişim tarihi: 20.02.2017)  
<https://kontrolotomasyon.files.wordpress.com/2012/09/sc3brec3a7-c3b6lc3a7c3bcmleri-sensc3b6rler.pdf>
- Anonim, 2016. PLC Nedir. URL (erişim tarihi: 18.03.2017)  
<https://tr.wikipedia.org/wiki/PLC>
- Anonim, 2018. [http://ceviz.ksu.edu.tr/?page\\_id=31](http://ceviz.ksu.edu.tr/?page_id=31)
- Anonim, 2019a. TÜİK Bitkisel Üretim Verileri URL (erişim tarihi: 19.04.2019)  
[http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001)

- Anonim, 2019b. Sensör ve Transdüser URL (erişim tarihi: 19.04.2019)  
<https://www.elektrikrehberiniz.com/elektronik/sensor-ve-transduser-1907/>
- Ardahanlıoğlu, O., Yılmaz, H., Sevim, Z., Evren, S. 1996. Lizimetrelerde Buğday için Drenaj Kriterlerinin Belirlenmesi. *Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Araştırma Projesi No. 96230K01*, Erzurum, 11 s
- Armijo, J. D., Tvvtichell, G. A., Burman, R. D., Nunn, J. R. 1972. A Large, Undisturbed, Weighing Lysimeter for Grass-Land Studies. *Transac. of ASAE* 15(5):827-830
- Ayaz, A. 2008. Yağlı Tohumların Beslenmemizdeki Yeri. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727 ISBN: 978- 975-590-243-2. Klasmat Matbaacılık, Ankara, 32s.
- Belford, R. K., 1979. Collection and Evaluation of Large Soil Monoliths for Soil and Crop Studies *Journal of Soil Science* 30:363-373
- Beyce, Ö., Madanoğlu, K., Ayla, Ç. 1972. Türkiye’de Yetiştirilen Bazı Sulanır Mahsûllerin Su İstihlakleri. *Merk. Topraksu Araş. Enst. Yay. No. 15(12)*, Cilt. I, Ankara, 65 s
- Black, T. A., Thurtell, G. W., Tanner, C. B. 1968. Hydraulic Load-Cell Lysimeter, Construction, Calibration, and Tests. *Soil Sci. Soc.Amer. Proc.* 32:623-629. Bölümü, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları Yayın No: 52, Adana.
- Buchner, R., Fulton, A., Gilles, C., Lampinen, B., Shackel, K., Metcalf, S., Schwankl, L 2008. Effects of Regulated Deficit Irrigation on Walnut (*Juglans regia*) Grafted on Northern California Black (*Juglans hindsii*) or Paradox Rootstock. *In Hortscience* (Vol. 43, No. 4, pp. 1192). 113 S WEST ST, STE 200, ALEXANDRIA, VA 22314-2851 USA: AMER SOC HORTICULTURAL SCIENCE.
- Çetinkökü, Ö., 1998. Automatic Canopy Chamber For The Determination of Field Crops Evapotranspiration. Master of Science Thesis, CIHAEM-IAM/Bari-Italya, 73 s
- Dickinson, A., 1981. Lysimeter Design and Constnction. Rota, London, 91 s
- Dugas, W. A., Upchuech, D.R., Ritchie, J.T., 1985. A Weighing Lysimeter for Evapotranspiration and Root Measurements. *Agron. J.* 77:821-825

- Düzgüneş, O., Kesici, T., Gürbüz, F. 1983. İstatistik Metodları I. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*:861, Ders Kitabı:229, Ankara
- Fenercioğlu, A., 1996. Teknik Eğitimde Programlanabilir Denetleyiciler (PLC) Eğitimi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 108s
- Gençoğlu, C., Gençoğlu, S. 2019. Lizimetre Kullanılarak Cevizin Su Tüketiminin Belirlenmesi. In T. Eryığıt, A. M. Gunduz, A. R.i Kaya, R. Aldemir, S. Khadhraoui Ontunç (eds), International Asian Congress On Contemporary Sciences, Mecca-Saudi Arabia p. 74-79 April 15-24.
- Gençoğlu, C., Gençoğlu, S., 2016. Basınç Transdüseri ve Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) Kullanarak Buharlaştırma Kabındaki Su Yüksekliğinin Ölçülmesi. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2016, Cilt 30, Sayı 2, s.35-43, Bursa.
- Gençoğlu, C., Gençoğlu, S., Başpınar, A., Uçak , A. B. 2015. Programlanabilir Kontrol Cihazı (PLC)'nin Sulama Otomasyonunda Kullanımı. 2. İç Anadolu Bölgesi Tarım ve Gıda Kongresi, 28-30 Nisan 2015, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. Nevşehir, 676 s
- Gençoğlu, C., Gençoğlu, S., Küçüktopcu, E., Uçak, A. B., Kırac, A. M. 2013. Ultrasonik Algılayıcı Kullanarak A Sınıfı Buharlaştırma Kabındaki Su Yüksekliğinin Ölçülmesi. 3. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 22-24 Ekim 2013, Tokat, s:391-398
- Gençoğlu, C., Gençoğlu, S., Nikpeyma, Y. 2017. Bodur Armut (*Pirus Communis L.*) Sulamasında A Sınıfı Buharlaştırma Kabı Kullanarak Oluşturulan Sulama Programlarının Programlanabilir Lojik Kontroller (PLC) Tarafından Kontrol Edilmesi. TÜBİTAK Proje No: 213O097, Ocak 2017 Ankara
- Gençoğlu, C., Gençoğlu, S., Uçak, A. B. 2017. Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) Kullanarak Referans Evapotranspirasyon (ET0) Hesaplamasında Kullanılan İklim Verileri Ölçen İklim İstasyonunu Yazılımının Geliştirilmesi. 2. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi, 29 Haziran-1 Temmuz 2017, s.101-103, Tokat

- Gençoğlan, C., Gençoğlan, S., Uçak, A. B., Çatalkaya, V., Düzgün, M., Ataşoğlu, M., 2015. Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) ve Basınç Transduserü Kullanarak Toprak Hidrolik İletkenliğini Ölçen Sistemin Geliştirilmesi. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 21-23 Eylül 2015, Kahramanmaraş, 31 s.
- Gençoğlan, C., Tüysüz, D. M. 2018. Using Programmable Logic Control (PLC), Flow Key Curve, Pressure and Ultrasonic Sensors to Measure Water Flow Rate in Open Channels. In T. Binici, E. Sakin, O. Çopur, G. Ö. Özbakır, M. İ. Odabaşoğlu, E. Şimşek, (eds), 1st International GAP Agriculture and Livestock Congress. Şanlıurfa, 25-27 April 2018.
- Göçmen, E. Tekirdağ Koşullarında Farklı Sulama Uygulamalarının Ceviz Ağaçlarının Su Kullanımı ve Vejetatif Gelişme Unsurlarına Etkisinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 94s.
- Güngör, H., 1985. Lizimetreler. Topraksu Araşt. Ana Projesi. No.433'e Ek Talimat No. 5.1.2, Eskişehir, 16 s
- Harrold, L. L., Dreibelbis, F. R. 1958. Evaluation of Agricultural Hydrology by Monolith Lysimeters. Tech. Bull. No: 1179. USDA-ARS, Washington, Dc. 166 s.
- Harrold, L. L., Dreibelbis, F. R. 1967. Evaluation of Agricultural Hydrology by Monolith Lysimeters. Tech. Bull. No:1367. USDA-Washington, DC. 123 s.
- Harrold, L. L., Dreibelbis, F. R., 1951. Agricultural Hydrology as Evaluated by Monolith Lysimeters. Tech. Bull. No:1050. LISDA-Washington, D.C. 149 s.
- Howell, T. A., McCormick, R. L., Phene, C. J. 1985. Design and Installation of Large Weighing Lysimeters. Trans, of ASAE 28 (1): 106-112.
- Howell, T. A., Musick, J. T., Tolk, J. A. 1986. Canopy Temperature Of Irrigated Winter Wheat. 29(6), 1692-1699.
- Howell, T. A., Schneider, A. D., Jensen, M. E. 1991. History of Lysimeter Design and Use for Evapotranspiration Measurements. "In Lysimeters for Evapotranspiration and Environmental Measurements" IR Div/ASCE/Honolulu, HI/July 23-25, Ayn basım, 9 s

- Hu, Q., Ma, Y., He, J., Zhang, Q., Hong, M. 2010. Effect of Drip Irrigation and Micro - Sprinkler Irrigation on Water Consumption, Yields and Quality of Walnut. *Journal of Water Resources and Water Engineering*,1: 020
- Kanber, R. (1977). Çukurova koşullarında bazı toprak serilerinin değişik kullanılabilir nem düzeylerinde yapılan sulamaların pamuğun verim ve su tüketimine etkileri üzerinde bir lizimetre araştırması. TOPRAKSU Araşt. Enst. Müd. G. Yay, (78), 1-151
- Kanber, R. (1997). Sulama. Çukurova Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama (174).
- Kanber, R. (1999). Sulama Ders Kitabı, 2. Baskı, ÇÜ Ziraat Fakültesi Yayınları, 174, 52.
- Ledrew, E. F., Emerick, J. C. 1974. A Mechanical Balance Type Lysimeter For Use In Remote Environments. *Agric. Meteorol.* 13:253-258
- Lee, B. Y., ve Park, B. Y. 1999. Development of High Precision Underground Water Level Meter Using a Buoyant Rod Load Cell Technique. *KSAFM*, Vol. 1, s.1-5.
- Libby, F. J., Nixon, P. R. 1963. A Portable Lysimeter Adaptable to A Wide Range of Site Situation. *Intl. Assoc. Sci. Hydrol.* 62:153-158
- Marek, T. H., Schneider, A. D., Howell, T. A., Ebeling, L. L. 1988. Design and Construction of Large Weighing Monolithic Lysimeter. *TRANSACTION of the ASAE*, Vol.31(2):477-484.
- MAS-1, 2011. User Manual. Decagon Devices, Inc. 2365 NE Hopkins Court Pullman WA 99163.
- Mukammal, E. I., McKay, C. A., Tumer, V. A. 1971. Mechanical Balance-Electrical Readout Weighing Lysimeter. *Boundary-Layer Meteorol.* 2.207-217
- Otter J. D. 1994. Programlanabilir Mantık Denetleyicileri. MEB, Ankara, Türkiye. s.50-54.
- Pelton, W . L. 1961. The Use of Lysimetric Methods to Measure Evapotranspiration. *Proc. Hydrol. Symp. Toronto, Canada*, 2:106-134
- Petruzella, F. D. 1989. Programmable Logic Controllers. Macmillan/McGraw-Hill, Ohio, USA. s.238-241.

- Pruitt, W. O., Angus, D. E. 1960. Large Weighing Lysimeter for Measuring Evapotranspiration. Trans, of ASAE. 3(2): 13-15.
- Ritchie, J. T., Bumett, E. 1968. A Precisson Weighing Lysimeter for Row Crop Water Use Studies. Agron. J. 60:545-549.
- Ruggeri, S., Cappelloni, M., Gambelli, L., Nicoli, S. ve Carnovale, E. 1998. Chemical Composition and Nutritive Value of Nuts Grown in Italy. Italian Journal of Food Science, 1998, 10 (3): 243-252.
- Sammis, T. W. 1981. Lysimeter for Measuring Arid-Zone Evapotranspiration. *Journal of Hydrol.*49:385-394.
- Schneider, A. D., Marek, T. H., Ebeling, L. L., Howell, T. A., Steiner, J. L. 1988. Hydraulic Pulldown Procedure for Collecting Large Soil Monoliths. *TRANSACTION of ASAE* 31(4);1092-1097.
- Sezer, Ç. Ö., Öztekin, T., Cömert, M. M. 2017. A Sınıfı Buharlaşma Kabından Olan Anlık Buharlaşma Miktarının Ultrasonik Derinlik Ölçer ile Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 31(1), 1-7.
- Şen, M.S. 2011. Ceviz yetiştiriciliği, Besin Değeri ve Folklorü. Ankara ISBN 978-605-891150-0-8
- Tanner, C. B. 1967. Measurement of Evapotranspration. "In Imgation of Agricultural Lands. Ed.R. H.Hagan ve ark." ASAE Monograph No. 11, Madison, Wisconsin, s. 534-576
- Tanner, C.B., Pelton, W. L. 1960. Potential Evapotranspiration Estimates by the Approximate Energy Balance Method of Penman. J. Geophys. Res. 65:3391-3413
- Tekinel, O., Kanber, R. 1975. Lizimetrelerin Doldurulmasında Bozulmuş Toprak Örneklerinin Kullanılması Yolu ile Arazideki Doğal Toprak Profiline Sağlanması Olanığı Üzerinde Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı 6. 1: 1-24



- Van Bavel, C. H. M. 1961. Lysimetric Measurements of Evapotranspiration In the Eastem United States. *Soil Science Soc. Am. Proc.* 25:138-141
- Van Bavel, C. H. M., Myers, L. E. 1962. An Automatic Weighing Lysimeter. *Agric. Engin.* 43:580-588.
- Van Bavel, G. H. M., Reginato, R. J. 1965. Presision Lysimetry for Direct Measurement of Evaporative Flux. *Metedology of Plant Ecophysiology*, Proc. United Nations, Rome, Italy, s. 129-135.
- W.M.O., 1966. Measurement and Estimation of Evaporation and Evapotranspiration. Tech. Note No. 83, geneve, 121 s
- Young M. H., Wierenga P. J., Mancino C. F. 1996. Large Weighing Lysimeters for Water Use and Deep Percolation Studies. *Soil Science*, 161: 491-501
- Yurtsever, N. 1984. Deneysel İstatiksel Metotları. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Zhao, J., Hong, M., Ma, Y., Wang, C., Zhang, O., Zheng, B. 2011. Matured Walnut Water Consume Under Different Micro - İrrigation Method. *Journal of Irrigation and Drainage*. 05.
- Zwarts, L., Savage, G.P. ve McNeil, D.L. 1999. Fatty acid Content of New Zealand-Grow Walnuts (*Juglans regia* L). *International Journal of Food Scence and Nutrition*, 1999, 50: 189-194

## **Kişisel Bilgiler**

Adı, soyadı : Ali KARAKOÇ  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 03.08.1976 Elbistan  
Medeni hali : Evli  
Telefon : 0 (506) 541 62 54  
e-posta : karakoc.ali@gmail.com

## **Eğitim**

<b>Derece</b>	<b>Eğitim Birimi</b>	<b>Mezuniyet tarihi</b>
Yüksek Lisans	KSÜ/Biyosistem Mühendisliği Bölümü	2019
Lisans	GOPÜ/Tarım Makinaları Bölümü	2000
Lise	Ekinözü Lisesi	1992

## **İş Denevimi**

<b>Yıl</b>	<b>Yer</b>	<b>Görev</b>
2000-2003	Ekinözü İlçe Milli Eğitim	Ücretli Öğretmen
2003-2006	Ekinözü Ziraat Odası	Yön. Kur. Başkanı
2006-2007	Kırklareli/Yoğuntaş Tarım Kred Koop.	Sözleş. Ziraat Müh
2007-2008	Konya/Taşkent İlçe Tarım	Sözleş. Ziraat Müh
2008-2011	Yozgat/Yenifakılı İlçe Tarım	Ziraat Mühendisi
2011-2012	K.Maraş/Pazarcık İlçe Tarım	Ziraat Mühendisi
2012-.....	K.Maraş/Onikişubat İlçe Tarım	Ziraat Mühendisi

## **Yabancı Dil**

Fransızca

## **Yayınlar**

1. Çokkızgın, H. Girgel, Ü. Çokkızgın, A. Karakoç, A. Dünyada Ve Türkiye'de Lif Bitkileri Tarımı III. Uluslararası AVRASYA Multidisipliner Çalışmalar Kongresi Gaziantep,(2019): s.254
2. Gençoğlan, C., Gençoğlan, S., Karakoç,A. Lizimetre Kullanılarak Cevizin Su Tüketiminin Belirlenmesi. International Asian Congress On Contemporary Sciences, Mecca,(2019):p.74-79

## **Hobiler**

Tabiat gezileri, seyahat, enerji, bilim ve zaman konularıyla ilgilenmek