



SICAK SU SİSTEMİNDE SU TASARRUFU

Kazım DEĞİRMENCİ

Yüksek Lisans Tezi

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Şubat - 2018

SICAK SU SİSTEMİNDE SU TASARRUFU

Kazım DEĞİRMENCİ

Dumlupınar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca

Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN

Şubat - 2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Kazım DEĞİRMENCİ'nin YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Sıcak Su Sisteminde Su Tasarrufu” başlıklı bu çalışma, jürimizce Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

07/02/2018

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Muammer GAVAS
Bölüm Başkanı, İmalat Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN
Danışman, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Sınav Komitesi Üyeleri

Doç. Dr. Ayhan İSTANBULLU
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Balıkesir Üniversitesi

Doç. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN
Teknoloji Fakültesi, Dumlupınar Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Murat KOYUNBAKAN
İmalat Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %22 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Doç.Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN

Kazım DEĞİRMENCİ

SICAK SU SİSTEMİNDE SU TASARRUFU

Kazım DEĞİRMENCİ

İleri Teknolojiler, Yüksek Lisans Tezi, 2018

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN

ÖZET

Küresel ısınma ve kuraklığın sonucu meydana gelen temiz su kaynaklarındaki azalma dünyayı tehdit ederken, mevcut temiz su kaynaklarını koruma ve planlı kullanımı konusunda tedbirler alınmasını zorunlu kılmıştır. Evlerimizde, işyerlerimizde genel ve kişisel temizlik amaçlı kullanılan sıcak su, kullanım alanı ile kaynak arası mesafeden dolayı belirli bir miktarı boşa akıtılmasından sonra kullanılabilir. Bu şekilde boşa giden temiz suyun miktarı kentsel hatta ulusal boyutta düşünülürse su kaybının ciddi boyutlarda olduğunu kaçınılmaz bir gerçektir.

Bu çalışmada musluk açıldığında sıcak su gelinceye kadar akan soğuk suyun tasarruf edilmesi amacıyla bir sistemin tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bunun için ATmega328 mikrodenetleyici programlanarak oluşturulmuş elektronik kontrol devresi, 220 v normalde açık ve kapalı olmak üzere iki adet solenoid vana, bir adet dijital basınç sensörü bir adet dijital sıvı akış sensörü ve bir adet dijital sıcaklık sensörü kullanılmıştır.

Çalışmamızda kullandığımız sıcak su kaynağı ile su kullanım noktası arasındaki mesafe 5 metredir. Günlük ortalama olarak dört defa sıcak suyun kullanıldığını düşünürse, günlük 5,72 litre, aylık 171,6 litre, yıllık ise 2059 litre içilebilir temiz suyu ücreti ödenerek atık su olarak boşa atılmaktadır.

Su tasarruf sistemi mikrodenetleyici tarafından ayarlanan değere bağlı olarak mevcut suyun sıcaklığını kontrol ederek sistemi çalıştırmaktadır. Mikrodenetleyiciyi programlamada IDE dili kullanılmıştır. Sistemde bulunan sensörler ile suyun sıcaklığı, şebeke suyunun basıncı ve suyun hareketi kontrol edilmiştir. Bu çalışma sonunda mikrodenetleyici kontrolü ile sıcak su gelinceye kadar boşa harcanan soğuk su geri kazanılarak önemli ölçüde su tasarrufu sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su, mikrodenetleyici, atmega328, solenoid vana, sensörler

SAVING WATER IN HOT WATER SYSTEM

Kazım DEĞİRMENCİ

Advanced Technologies, Master of Science Thesis, 2018

Thesis Supervisor: Assoc.Prof. Rüştü GÜNTÜRKÜN

SUMMARY

While the reduction in clean and usable water resources because of global warming and drought is threatening the World, taking some precautions about protecting available resources and planning its usage become compulsory. The hot water which is used for general and personal hygiene in homes and workplaces ready to use after a certain period of its wastage due to long distance between usage area of water and its source. It is an inevitable fact that the serious wasting of usable water affect us negatively in a national and global extend.

In this study, the system is designed and implemented with the aim of saving the cool water which is wasted until the hot water becomes an available for using when the tap is turned on. So, in the project, an electronic control circuit with a programmed ATmega328 micro-controller, two 220V water solenoid valves-one of is in on and the other valve is in off position normally- a digital pressure sensor, a digital fluid flow sensor and a digital temperature sensor are used to achieve this purpose.

The average distance between source of hot water and its usage point was accepted as 5 meters. We are assuming that the water being wasted 4 times a day; hence, 5,72 liters per day, 171,6 liters per month, as a result 2059 liters of potable water a year are wasted despite paying the fee.

The water-saving system is activating by checking the current temperature of water depending on the value set by the microcontroller. IDE programming language are predicate on the process of programming microcontroller. The temperature of water, the pressure of municipal water and movement of water are checked by sensors which are in the system. As a result of this study, substantial amount of water-saving was provided by recovering the cool water which is wasted until the hot water becomes an available for usage thanks to controlling of microcontroller.

Keywords: Water, microcontroller, atmega328, solenoid valve, sensors

TEŞEKKÜR

Bu Çalışmada bana yardımcı olan başta danışman hocam Doç. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Yüksek Lisans çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Simav Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi meslek arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. DÜNYA’DA SU	3
3. TÜRKİYE’DE SU	5
3.1. Dünyada ve Türkiye’deki Su Tasarrufuna Yönelik Atılan Adımlar	11
4. SICAK SU SİSTEMİNDE SU TASARRUFU UYGULANMASINDA KULLANILAN MATERYALLER.....	16
4.1. Arduino Uno R3.....	16
4.2. Arduino Uno R3 Teknik Özellikleri	17
4.2.1. Güç	18
4.2.2. Girişler ve çıkışlar	19
4.2.3. Haberleşme.....	20
4.2.4. Atmega 328 microcontroller	20
4.3. Sensörler	21
4.3.1. DS18B20 su geçirmez dijital sıcaklık sensörü	22
4.3.2. Sıvı akış sensörü.....	23
4.3.3. Su gaz yağı basınç sensörü 5 V G1/4 0-1.2 MPa/0-150PSI	24
4.4. Kontrol Kartı.....	24
4.5. Sıcaklık Ayar ve Gösterge Kartı	25
4.6. Solid-State Röle (SSR)	26
4.7. Besleme Ünitesi	28
4.8. Sirkülasyon Pompası.....	29
4.9. Solenoid Vana.....	31
4.10. Basınç Düşürücü	33

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5. SİSTEMİN TASARIM AŞAMALARI.....	34
5.1. Baskı Devrenin Hazırlanması	36
5.2. Kontrol Birimleri	41
6. YAZILIM VE PROGRAMLAMA	43
6.1. Yazılım.....	43
6.1.1. Arduino IDE.....	43
6.2. Programlama.....	44
6.2.1. Mikrodenetleyici programlama	44
6.2.2. Yazılan kod	45
7. SİSTEMİN ÇALIŞMASI.....	46
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR DİZİNİ	54
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Dünya'daki su dağılımı.....	3
2.2. Küresel su kullanımı dağılımı	4
3.1. Türkiye'deki 26 topoğrafik su havzası haritası	5
3.2. Türkiye yıllık yağış miktarları	6
3.3. Türkiye'de çekilen suyun kaynağına göre dağılımı.	9
3.4. Çekilen suyun sektörlere göre dağılımı.....	9
3.5. Konutlarda tipik su kullanımı.....	10
3.6. Turistik tesislerde tipik su kullanımı.	10
3.7. Su ihtiyacı minimum olan çalılar kullanılarak düzenlenmiş bir ev bahçesi.....	13
3.8. Gruplar halinde kullanılan kurakçıl bitkiler.	13
3.9. Çim alan yerine alternatif materyaller kullanılan bir uygulama.....	14
4.1. Tasarımı ve uygulaması yapılan sistemin blok şeması.	16
4.2. Arduino Uno R3.....	17
4.3. Arduino Uno R3 pinleri.	17
4.4. Atmega 328 microcontroller pinleri.....	20
4.5. Farklı türlerde sensörler	21
4.6. Su geçirmez dijital sıcaklık sensörü.....	23
4.7. Sıvı akış sensörü fiziksel yapısı.	24
4.8. Basınç sensörü 5 V G1/4 0-1.2 MPa fiziksel yapısı.....	24
4.9. Kontrol kartı.....	25
4.10. Gösterge kartı.....	25
4.11. Potansiyometre ve sembolü.....	26
4.12. 2 Bit 7 segment display ve fiziksel yapısı	26
4.13. Solid-stade röle	27
4.14. Solid-stade rölenin iç yapısı	28
4.15. Solid-stade rölenin devre bağlantısı.	28
4.16. Besleme katı devresi.	29
4.17. Sirkülasyon pompası kesiti	29
4.18. Islak rotorlu ve kuru rotorlu sirkülasyon pompası	30
4.19. Sirkülasyon pompası bağlantı şeması.	30
4.20. Sirkülasyon pompası.	31

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.21. Solenoid vana yapısı	32
4.22. Basınç düşürücü ve manometre.	33
5.1. Projeye ait tesisat bağlantı şeması.....	34
5.2. Projeye ait akış şeması.	35
5.3. Projeye ait devre şeması.....	36
5.4. Devre kartının baskı devre şeması.	37
5.5. Kontrol kartının baskı devre şeması.....	37
5.6. Baskı devrenin karta aktarılmış hali.....	38
5.7. Lehim noktalarının boya öncesi kaplanması.....	38
5.8. Devre elemanlarının montaj yerleri.	39
5.9. Ayar ve gösterge kartı.	39
5.10. Devre kartının montajlanmış son hali.	40
5.11. Klemens bağlantıları.	41
6.1. Arduino IDE.....	43
6.2. Arduino proje örnekleri.....	44
8.1. Sistemin bağlantı şekli.	47
8.2. Sıvı akış sensörü bağlantısı.	48
8.3. Şebeke basınç düşürücü ve basınç sensörü bağlantısı.....	49
8.4. Ayarlanan su sıcaklık değeri ve suyun mevcut sıcaklık değeri gösterimi.....	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Amaçlarına göre su verimliliği çalışmaları	11
4.1. Dijital giriş/çıkış pin fonksiyonları	19
4.2. Çalışma şekline göre sensör çeşitleri	21
4.3. Besleme ünitesinin teknik özellikleri	28
4.4. Sirkülasyon pompasının teknik özellikleri	31
8.1. İçme suyu tasarruf miktarı ve ücreti.....	51
8.2. Elektrik enerjisi sarfıyatı	52



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
ÇOB	Çevre ve Orman Bakanlığı
MAM	Marmara Araştırma Merkezi
TÜSİAD	Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
WWF	Dünya Doğayı Koruma Vakfı (World Wide Fund for Nature)
AC	Alternatif Akım
ADC	Analog Digital Converter
AVR	Automatic Voltage Regulator
COM	Communication Port
cm	Santi metre
DC	Doğru Akım
DTFM	Dual Tone Multi Frequency
EEPROM	Elektronik Olarak Programlanabilir Silinebilir Hafıza
GND	Toprak
GSM	Global System for Mobile Communications
HTML	Hyper Text Markup Language
HWB	Hot Water Boil
ICSP	In Circuit Serial Programming
IOREF	Input Output Reference
I/O	Input/Output
KB	Kilo Byte
KOhm	Kilo Ohm
KWH	Kilowatt saat
LED	Işık Yayan Diyot
mA	Mili Amper

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
MISO	Master In Slave Out
Mm	Milimetre
MOhm	Mega Ohm
MOSI	Master Out Slave In
MPPT	Maximum Point Power Tracker
NC	Normal Close
Nm	Nanometre
NO	Normal Open
NTC	Negative Temperature Constant
PIR	Passive Infra Red
Ppm	Parts Per Million
PWM	Pulse Width Module
RX	Recieve
RH	Relative Humidity
SCK	Saat Sinyali Hattı
SCL	Serial Clock
SDA	Serial Data
SPI	Serial Peripheral Interface
SRAM	Static Random Access Memory
SS	Screen Shot
TCP	Transmission Control Protocol
TTL	Transistör Tarnsistör Lojik
TWI	Temporary Work Instruction
TX	Transmit
UART	Donanım Seri Port
UDP	User Datagram Protocol
USB	Universal Serial Bus
V	Volt
VCC	Collector Collector Voltage
VDC	Voltage Direct Current
W	Watt

1. GİRİŞ

Bir canlının yaşamını devam ettirebilmesi için olmazsa olmazlardan en önemlisi sudur. Su bir besin maddesi olduğu gibi aynı zamanda yapısında bulundurduğu mineral ve bileşiklerle insan vücudunda birçok reaksiyonun gerçekleşmesinde önemli bir etkinliği vardır. Su aynı zamanda yaşam ortamı olduğundan içeriğinde bulunan mineral ve bileşiklerin olması gerekenden az veya çok olması insan yaşamını olumsuz etkilemektedir. Bu ortamın kirli olması insan yaşamını tehlikeye sokar. Vücudumuzun pH dengesinin korunmasından başlayarak, hücrelerdeki moleküllere ve organellere dağılma ortamı oluşturmaya; besinlerin, artık maddelerin ilgili yerlere taşınmasına kadar pek çok görev alır. Bu nedenle susuz hayat düşünülemez. Su canlının ve canlılığın her şeyidir (Curtis, 1986; Himes, 1991; Çukurçayır vd., 1997; M.Akın ve G.Akın, 2007).

İnsanoğlunun varoluşundan günümüze kadar yaşam alanı olarak belirlemede ilk aranan unsur olan su kaynakları, üstün teknolojilerin mevcut olduğu günümüz şartlarında bile önemini son derece korumaktadır. Nitekim çeşitli gezegenlerde dahi yaşam kaynağı olarak ilk önce su kaynaklarının var olup olmamasına bakılmaktadır. Dünya üzerinde su oranı sabit kalırken yaşamımızın temel yapısı olan tatlı su kaynakları her geçen yıl hatta gün azalmaktadır. Aynı zamanda tarım, endüstri gibi alanlarda da kullanım ihtiyacı düşünüldüğünde bu kaynakların azalması, ilerleyen zamanda karşımıza kuraklık olarak çıkacağı ihtimali yüksektir (Çakmak vd., 2008).

İnsanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için, içme suyu, banyo, sanitasyon ve yemek hazırlama gibi temel su gereksinimlerini karşılayabilmeleri gerekmektedir. Bu gereksinimleri için gerekli olan günlük su miktarları aşağıdaki gibidir:

- İçme suyu: 5 litre
- Banyo: 15 litre
- Sanitasyon: 20 litre
- Yemek hazırlama: 10 litre

Görülüyor ki, insanların temel gereksinimlerini karşılayabilmeleri için günlük ihtiyaçları olan su miktarı genel olarak 50 litre olduğu kabul edilmektedir (Ulurmak, 2014).

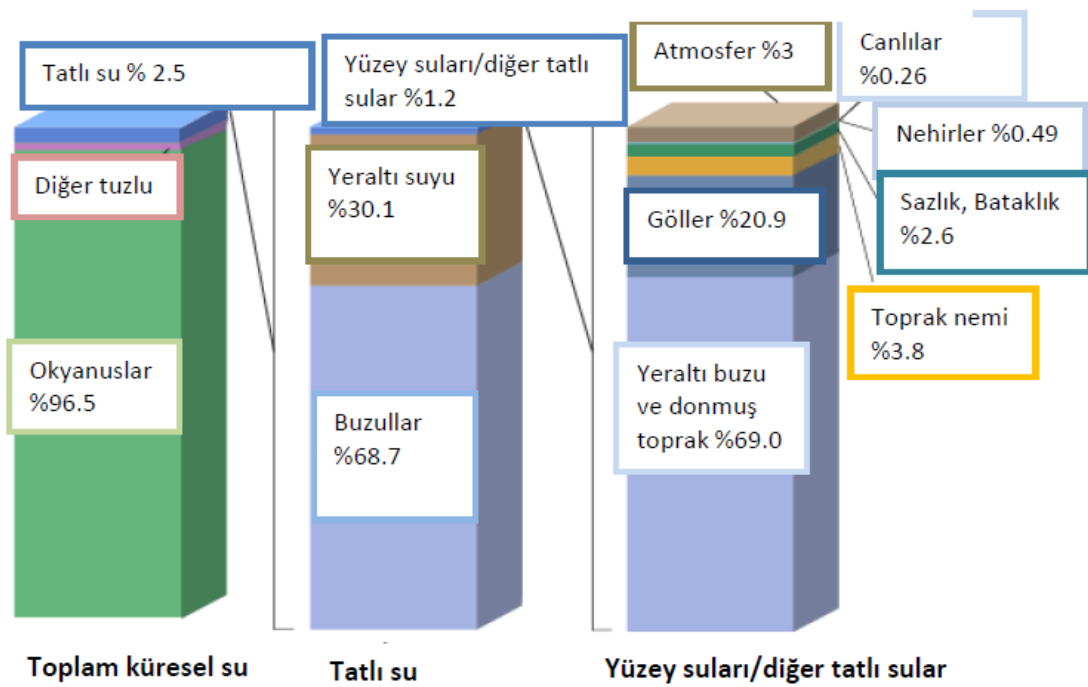
Her yıl yanlış ve bilinçsizce sulama uygulamaları sonucunda verimli toprakların % 10'unun erozyon ve tuzlanma sonucunda kaybedildiği belirtilmektedir. Suyun vazgeçilmez bir girdi olarak ön plana çıktığı bir sektör de sanayi sektörüdür. Sanayide, bir arabanın üretiminde yaklaşık 378 ton, bir ton çelik üretiminde 246 ton; bir ton kağıt için 350 ton, bir ton alüminyum

retimi için 1350 ton su gerekmektedir. Dünyada her yıl, 2 milyon ton atık esitli etkinlikler sonucunda su ortamlarına bırakılmaktadır. Bir litre atık su, sekiz litre temiz su kaynağını kirlitebilmektedir. Bu kirlenme nüfus artışı ile de birleştiginde 2025'te su kaynaklarını ciddi sorunların beklediği düşünülmektedir (Tomanbay, 1998; orbacıoğlu, 2003: Arapkirlioğlu'ndan 2003).



2. DÜNYA'DA SU

Dünyadaki toplam su miktarı yaklaşık 1.4 milyar km^3 'tür. Şekil 2.1. de de görüldüğü gibi, dünyanın %70'i su ile kaplı olsa da bu su kaynaklarının %97'si okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak bulunmaktadır. Sadece %3'lük kısmı tatlı su kaynaklarından oluşmaktadır. Hesaplamalar ışığında dünya üzerinde toplam tatlı su miktarı sadece 35,2 milyon km^3 'tür (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü [UNESCO], 2006; Meriç, 2004).



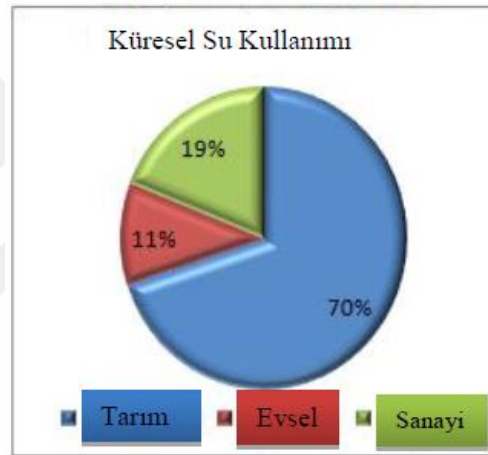
Şekil 2.1. Dünya'daki su dağılımı (USGS, 1993).

Ülkelerin su varlıklarını değerlendirmek ve su kıtlığı eşiğini belirlemek için kullanılan endekslerden biri Falkenmark Su Stres İndisi'dir. Falkenmark İndisine göre, bir ülkede kişi başına su arzı 1 700 $\text{m}^3/\text{yıl}$ 'ın üzerinde ise su arzı yeterlidir, 1 000-1 700 $\text{m}^3/\text{yıl}$ arasında ise su arzında stres vardır, 1 000 $\text{m}^3/\text{yıl}$ 'ın altında ise su kıtlığı vardır (Çiçek ve Ataol, 2009).

Genel anlamda kuraklık, normalden daha kurak geçen zaman diliminde suya bağlı problemlerin ortaya çıkması demektir. Birkaç hafta, ay veya yıl normalden az yağış alan bölgelerde; akarsu debileri azalır, göl ve barajlardaki su seviyesi düşer, su kuyularında suya erişim daha derinlerde gerçekleşir. Havaalar yağışsız sürer ve su temini problemleri oluşursa, kurak süreç kuraklığa dönüşmüş olur (Nagarajan, 2009).

Birçok ülke ve bölgede görülen su kaynaklarının azalmasının genel olarak sebepleri;

- Dünya nüfusunun sürekli artması, çarpık kentleşme
- İnsanların, atmosferi ve doğayı etkileyen olumsuz faaliyetleri sonucu giderek artan küresel ısınma
- Küresel ısınma sonucu iklim değişiklikleri; ani seller veya uzun süren kuraklıklar, dünyamızdaki tatlı su rezervlerinin azalması,
- Su kaynaklarının bilinçsizce kirletilmesi
- Suların gereğinden fazla kullanılarak israf edilmesi şeklinde sıralanabilir (Çakıroğlu, 2011).

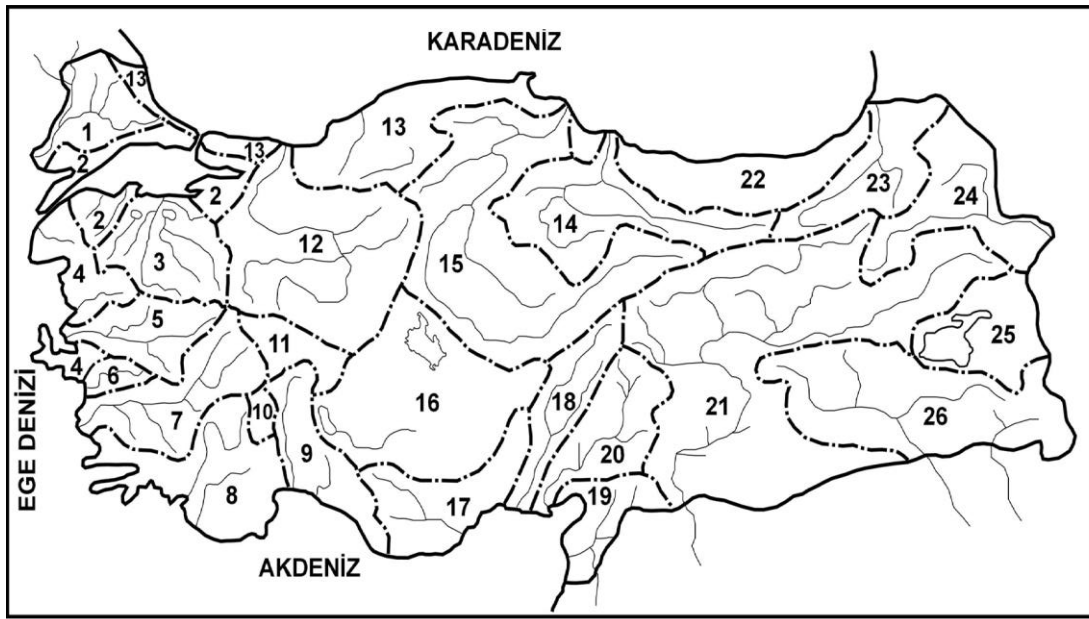


Şekil 2.2. Küresel su kullanımı dağılımı (FAO AQUASTAT, 2014).

Kullanılabilir su kaynaklarının kısıtlı olmasının yanında yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesi de canlıların yaşamını tehdit etmektedir. Küresel su kullanımı tarım, evsel ve sanayi olmak üzere üç ana başlık altında toplanmıştır (Şekil 2.2). Gerek yerüstü gerekse yeraltı sularının kirliliği birbirlerini ve bu sularla sulanmış toprakları etkileyebilmektedir. Kirli bir yüzey suyunun toprağın derinlerine doğru hareketi yeraltı suyu kalitesini etkileyebilmekte, kirlenmiş yeraltı suyu da akarsu ve göllere doğru hareket ederek yerüstü sularını kirletebilmektedir. Evsel atık suların özellikle arıtılmadan sulamada kullanıldığı yerlerde kirleticiler toprağa ve yeraltı suyuna geçebilmekte ve sonuçta insan ve hayvan sağlığını etkilemektedir. Çevre sorunlarına paralel olarak yüzey sularındaki kirliliğin artışı, yeraltı sularının değerini daha da artıracaktır. Gelecek yıllarda suyun kalitesi, miktarından daha fazla önem kazanacaktır (Evsahibioğlu, 2008; Çakmak vd., 2008).

3. TÜRKİYE’DE SU

Topoğrafik yapıya göre oluşturulmuş, ülkemizin hidrolojik su havzaları Şekil 3.1’de görülmektedir. Türkiye’de su fazla gibi gözükse de, havzalara farklı miktarlarda yağış düşmesi ve yılın farklı zamanlarında yağış alması nedenleriyle her zaman ihtiyaç karşılanamaz (Burak vd., 1997).



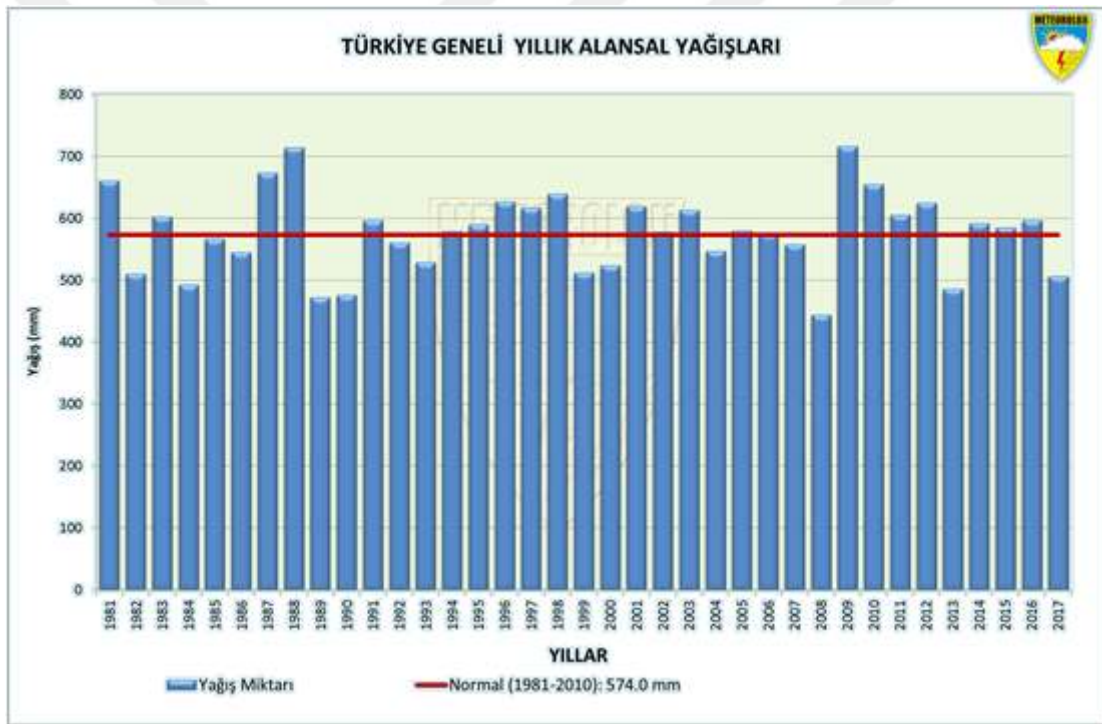
Havza adı ve su potansiyeli

1. Meriç-Ergene Havzası (1.33 milyar m ³)	11. Akarçay (Afyon) Havzası (0.49 milyar m ³)	21. Fırat Havzası (31.61 milyar m ³)
2. Marmara Havzası (8.33 milyar m ³)	12. Sakarya Havzası (6.40 milyar m ³)	22. Doğu Karadeniz Havzası (14.90 milyar m ³)
3. Susurluk Havzası (5.43 milyar m ³)	13. Batı Karadeniz Havzası (9.93 milyar m ³)	23. Çoruh Havzası (6.30 milyar m ³)
4. Kuzey Ege Havzası (2.09 milyar m ³)	14. Yeşilırmak Havzası (5.80 milyar m ³)	24. Aras Havzası (4.63 milyar m ³)
5. Gediz Havzası (1.95 milyar m ³)	15. Kızılırmak Havzası (6.48 milyar m ³)	25. Van Havzası (2.39 milyar m ³)
6. Küçük Menderes Havzası (1.19 milyar m ³)	16. Konya (Orta Anadolu) Havzası (4.52 milyar m ³)	26. Dicle Havzası (21.33 milyar m ³)
7. Büyük Menderes Havzası (3.03 milyar m ³)	17. Doğu Akdeniz Havzası (11.07 milyar m ³)	
8. Batı Akdeniz Havzası (8.93 milyar m ³)	18. Seyhan Havzası (8.01 milyar m ³)	
9. Antalya (Orta Akdeniz) Havzası (11.06 milyar m ³)	19. Asi (Hatay) Havzası (1.17 milyar m ³)	
10. Burdur Gölü Havzası (0.50 milyar m ³)	20. Ceyhan Havzası (7.18 milyar m ³)	

Şekil 3.1. Türkiye’deki 26 topoğrafik su havzası haritası (Burak vd., 1997).

WWF-Türkiye Su Kaynakları Program Raporu’na göre, bazı ülkelerin kişi başı su miktarları (WWF-Türkiye, 2014);

<u>Ülke</u>	<u>Kişi Başına Düşen Kullanılabilir Su Miktarı (yıllık)</u>
SURİYE	1 200 m ³
<u>TÜRKİYE</u>	<u>1 520 m³</u>
IRAK	2 020 m ³
AFRİKA ORT.	7 000 m ³
GÜNEY AMERİKA ORT.	23 000m ³
DÜNYA ORT.	7 600 m ³



Şekil 3.2. Türkiye yıllık yağış miktarları (Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM], 2017).

Türkiye'nin su bütçesi incelendiğinde, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Şekil 3.2'de yer alan verilerine göre, Türkiye'nin ortalama yıllık yağış oranı 646 mm'dir. Bu rakam yılda ortalama 504 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Bu miktarın 158 milyar m³'ü yüzey suyu olarak akarsulara ve göllere katılmaktadır. Ekonomik ve teknik şartlar göz önüne alındığında ise kullanılabilir su miktarı yıllık 112 milyar m³ olarak karşımıza çıkmaktadır. TÜİK verilerine göre, 2013 sonu 76,7 milyon nüfusa sahip Türkiye'de kişi başına düşen yıllık su miktarı yaklaşık 1 460 m³ olmaktadır. Türkiye'de su kaynakları en yoğun olarak sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır.

DSİ verilerine göre Türkiye’de suyun yüzde 11’i sanayi, yüzde 15’i evsel ve yüzde 74’ü ise tarımsal amaçlı kullanılmaktadır. 2008 yılı rakamları itibari ile sulama için yılda 34 milyar m³, içme kullanım için 7 milyar m³ ve sanayi için 5 milyar m³ su kullanılmıştır. Toplamda 46 milyar m³ olan su tüketimi Türkiye’nin toplam su potansiyelinin yüzde 41,1’ine karşılık gelmektedir (Yıldız ve Özbay, 2008; Bilen, 2008).

TUİK’in, 5 Haziran 2014 Dünya Çevre Günü’ne özel hazırladığı çevre istatistiklerinin özetinde su kaynaklarının korunması ve kullanılmasına ilişkin aşağıdaki bilgilere yer vermektedir:

- Belediye ve köylerde içme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılmak ve imalat sanayi işyerleri, termik santraller, organize sanayi bölgeleri (OSB) ve maden işletmeleri tarafından kullanılmak amacıyla 2014 yılında su kaynaklarından 14,7 milyar m³ su çekilmiştir. Çekilen suyun %55’i denizden, %13,8’i barajdan, %14,1’i kuyudan, %9,4’ü kaynaktan, %7,7’si diğer su kaynaklarından çekilmiştir.
- Su kaynaklarından çekilen toplam suyun %35,5’inin belediyeler, %44,3’ünün termik santraller, %14,9’unun imalat sanayi işyerleri, %2,9’unun köyler, %1’inin OSB’ler ve %4,4’ünün maden işletmeleri tarafından çekildiği belirlenmiştir.
- Belediye ve köy nüfusunun nüfusunun %97,4’üne içme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verildiği tespit edilmiştir.
- Belediyeler, köyler, imalat sanayi işyerleri, termik santraller, OSB’ler ve maden işletmeleri tarafından 2014 yılında doğrudan alıcı ortamlara 12,7 milyar m³ atıksu boşaltılmıştır. Alıcı ortamlara deşarj edilen atıksuyun %77,7’si denize, %18,4’ü akarsuya, %3,9’u diğer alıcı ortamlara boşaltılmıştır.
- Toplam atıksuyun %50,4’ünün termik santraller, %32,4’ünün belediyeler, %13,5’inin imalat sanayi işyerleri, %0,9’unun köyler, %1,7’sinin OSB’ler ve %1,1’inin maden işletmeleri tarafından boşaltıldığı belirlenmiştir.
- Nüfusun %87’sine atıksu toplama hizmeti verilmiştir.
- Belediye nüfusunun %90’ına, köy nüfusunun ise %49’una kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilmiştir. Belediye nüfusunun %68’i, köy nüfusunun ise %15’i olmak üzere toplam nüfusun %65’inin atıksularının arıtıldığı tespit edilmiştir.
- Belediye nüfusunun %98’ine atık toplama hizmeti verilmiştir.
- Belediyelerin 1391’inin atık toplama hizmeti verdiği, 5 belediyede ise atıkların toplanmadığı belirlenmiştir. Belediyelerde toplanan 28 milyon ton atığın, %35,5’i

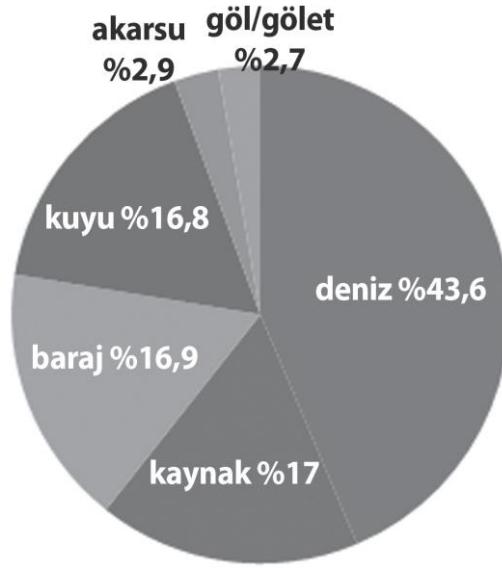
belediye çöplüklerine dökülürken, %63,5'i düzenli depolama sahaları veya kompost tesislerine gönderilmiş ve %0,5'i diğer yöntemler ile bertaraf edilmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2017).

Türkiye, sanılanın tersine, su zengini bir ülke değildir. Hâlen, kişi başına düşen 1 519 m³'lük su miktarı ile “su sıkıntısı çeken” bir ülke kabul edilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Türkiye nüfusunun 2030 yılında 100 milyona ulaşacağını öngörmektedir. Bu durumda, kişi başına düşen su miktarının 1 120 m³/yıl olması beklenmektedir. Diğer bir deyişle, artan nüfusu, gelişen ekonomisi ve büyüyen kentleriyle Türkiye, “su fakiri” olma yolunda ilerlemektedir (WWF-Türkiye, 2014).

İçilebilir temiz su kaynaklarının azalması küresel bir sıkıntı olmakla beraber, su kaynağı olarak bildiğimiz ülkemiz de bu sıkıntı ile karşı karşıyadır. Ülkemizde mevcut olan temiz su kaynakları her yıl çekilirken sulak alanlarda plansız amaçlar doğrultusunda geri dönmeyecek şekilde kurutuldu. Bunun yanında doğru ve verimli kullanılmaması nedeni ile kendi suyumuzu kendimiz yok etmekteyiz.

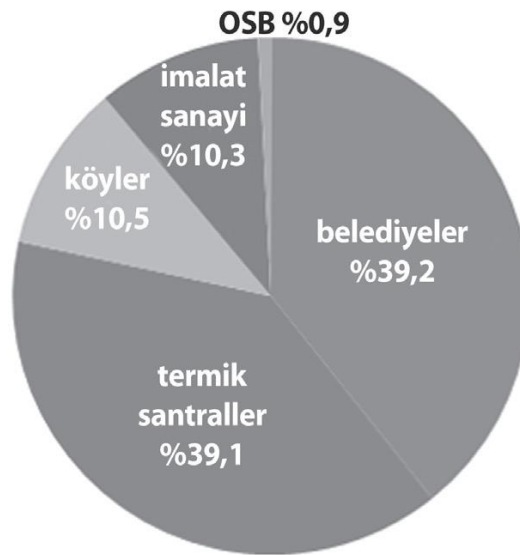
DSİ verilerine göre; Türkiye'nin brüt su potansiyeli 234 milyar m³/yıl, teknik ve ekonomik olarak tüketilebilir su potansiyeli ise 112 milyar m³/yıl'dır. Teknik ve ekonomik anlamda tüketilebilir su potansiyelinin 95 milyar m³/yıl'lık bölümü yurt içindeki akarsulardan, 3 milyar m³/yıl'lık bölümü yurtdışındaki akarsulardan, 14 milyar m³/yıl'lık bölümü ise yer altı sularından gelmektedir (Devlet Su İşleri [DSİ], 2017).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Sektörel Su ve Atık Su İstatistiklerine göre, Türkiye'de 2008 yılında belediyeler, köyler, imalat sanayi işyerleri, termik santraller ve organize sanayi bölgeleri tarafından 11,6 milyar m³ su, doğrudan su kaynaklarından çekilmiştir. Doğrudan su kaynaklarından çekilen suyun kaynağına göre dağılımı Şekil 3.3'de özetlenmiştir (TÜİK, 2017).



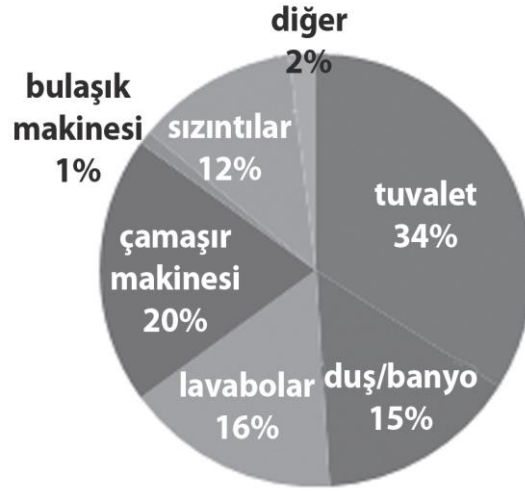
Şekil 3.3. Türkiye’de çekilen suyun kaynağına göre dağılımı.

TÜİK kaynaklarına göre Belediyeler tarafından içme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılmak üzere çekilen su miktarı verilerine göre çekilen suyun sektörlere göre dağılımı ise Şekil 3.4’de özetlenmiştir:



Şekil 3.4. Çekilen suyun sektörlere göre dağılımı.

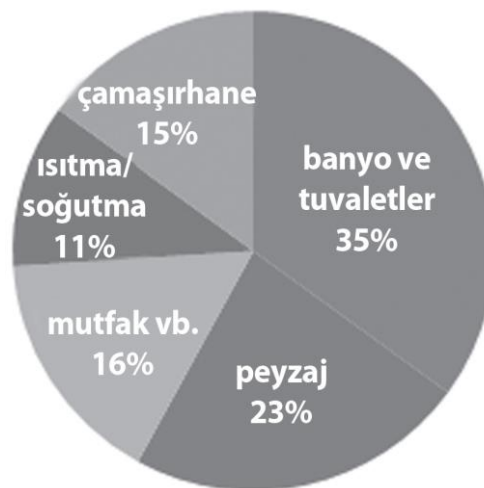
Konutlarda tipik su kullanımı Şekil 3.5'te özetlenmiştir (East Bay Municipal Utility District [EBMUD], 2017).



Şekil 3.5. Konutlarda tipik su kullanımı.

Şekil 3.5'te görüldüğü gibi, konutlarda su kullanımının yaklaşık üçte biri tuvaletlerdeki sifonlardan kaynaklanmaktadır. Yine toplam su kullanımının yaklaşık % 60'ı banyolarda gerçekleşmektedir.

Turistik tesislerdeki tipik su kullanımı Şekil 3.6'da özetlenmiştir:



Şekil 3.6. Turistik tesislerde tipik su kullanımı.

3.1. Dünyada ve Türkiye'deki Su Tasarrufuna Yönelik Atılan Adımlar

İç mekân kullanımları yıl boyunca görece sabit olarak nitelendirilebilirken dış mekân kullanımları sulamanın en fazla yapıldığı ilkbahar ve yaz aylarında pik rakamlarına ulaşmaktadır. Bu mevsimsel değişiklik, kişi başına günlük su kullanım miktarını % 50 artırdığı için ihmal edilmemeli ve titizlikle değerlendirilmelidir (Calgary, 2017).

Çizelge 3.1. Amaçlarına göre su verimliliği çalışmaları (Calgary Water Efficiency Plan, 2005).

AMAÇ	YAPILACAK ÇALIŞMALAR
OPERASYONEL VERİMLİLİĞİ GÖZETMEK	- Sızıntı teşhis ve su kaybı kontrol programları - Aritma tesislerinde verimlilik artırma çalışmaları - Kaynak yönetimi ekiplerinin oluşturulması - ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Sertifikasyonu - Su yönetimi stratejilerinin belirlenmesi
SU VERİMLİ TEKNOLOJİLERİ ERİŞİLEBİLİR KILMAK	- İç mekân ve dış mekânlar için su tasarruflu kitlerin dağıtımı ve tanıtımı - Yağmur suyu depolarının teşviki - Sifon değişim indirimi - Suyu verimli kullanan arazilerin sertifikalandırılması
KENT SAKİNLERİNİ BİLİNÇLENDİRMEK	- Reklam ve eğitim kampanyaları - Gençlik programları - Broşürler, elektronik postalar, web sayfası - Sulamada su verimliliği denetimleri
SU VERİMLİLİĞİNİ ŞART KOŞMAK	- Yasal kısıtlamalar - Yasal olarak zorunlu kılınan su verimli tesisat
İŞLETMELERE SU VERİMLİLİĞİ FIRSATLARI KONUSUNDA YARDIMCI OLMAK	- Su denetimleri - Sulamada su verimliliği denetimleri

Topoğrafik Su Havzalarında Kirlenme su, hava, toprak, gürültü kirliliği gibi çevresel kirlenme çeşitleri vardır. Ülkemizde hızlı nüfus artışıyla kişi başına düşen alanın azalması başta olmak üzere sanayinin yaygınlaşması, tarımın makinalaşması, çevrenin dolayısıyla suların kirlenmesinde önde gelen etmenlerdir. Bunların hepsinden önemlisi ise insanların genelde çevre koşullarının yaşam için taşıdığı önemi yeterince algılayamamalarından kaynaklanmaktadır. Ülkemizde birçok nedenden dolayı kontrol altında tutulamayan evsel, endüstriyel ve tarımsal etkinlikler sonucu, günümüzde pek çok su havzasında kirliliğin önemli boyutlara ulaştığı bilinmektedir (DSİ, 2017).

Küresel ısınma ve kuraklığın sonucu meydana gelen temiz su kaynaklarındaki azalma dünya yı tehdit ederken, mevcut temiz su kaynaklarını koruma ve planlı kullanımı konusunda tedbirler alınmasını zorunlu kılmıştır.

Dünya çapında susuzluğa karşı bir mücadele başlamıştır. Bunlardan bazıları yeni kaynaklar bulmak üzerine, bazıları atık suların geri dönüştürülmesi üzerine, bazıları ise suyu tasarruflu kullanmak üzerine yapılmaktadır. Bu alanla ilgili yapılan ulaşabildiğimiz çalışmaları şöyle sunabiliriz:

ABD eyaletlerinden California'ya bağlı Los Angeles Belediyesi bir ilke imza atarak şehire su sağlayan bölge barajlarındaki su miktarının aşırı sıcaklarda buharlaşarak azalmasını engellemek için barajlardaki su yüzeylerini gölge topu adını verdikleri elma büyüklüğünde siyah toprak ile kaplama kararı aldı. Bu çalışma da ilk adımı Las Angeles'a su sağlayan Sylmar barajı ile atarak baraja tam 96 milyon gölge topu bırakıldı ve baraj yüzeyi tamamen bu toprakla örtüldü. Barajı yüzeyini tamamen kaplayan gölge toprakları sayesinde, buharlaşma miktarı yüzde 85 ila 90 gibi bir oranda, yani neredeyse tamamen önlenmiş olacak (CBCNEWS, 2017).

Yine ABD eyaletlerinden Florida, Utah, Washington, Minnesota, Rhode Island eyaletleri ile Avustralya'dan ise Victoria Eyaletinde park, bahçe gibi yeşillik alanlarda yeraltı sularının daha az kullanılması için peyzaj çalışmalarına kurallar getirilmiştir. Bu çalışmadaki ana amaç iklim koşulları da dikkate alınarak yeraltı suyuna en az ihtiyaç duyan bitkiler kullanarak su tasarrufu sağlamaktır. Hatta bazı alanlarda çim alanlar yerine alternatif materyaller kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Su ihtiyacı minimum olan çalılar kullanılarak düzenlenmiş bir ev bahçesi.



Şekil 3.8. Gruplar halinde kullanılan kurakçıl bitkiler.



Şekil 3.9. Çim alan yerine alternatif materyaller kullanılan bir uygulama.

Avustralya'daki Ulusal Yeraltı Suları Araştırma ve Eğitim Merkezi'nin (NCGRT) yaptığı araştırmalar sonucunda, tuz oranının düşük olduğu yeni su kaynaklarındaki su miktarlarının yarım milyon kilometreküp civarında olduğu tespit edildi. Bu kaynaklardaki tuzluluk oranı, deniz suyu tuzluluk oranından daha düşük olduğundan, bu suların içme suyu haline getirebilebilmesi için harcanması gereken enerjinin daha az olacağı belirtilmiştir. Böylece dünyadaki tükenme noktasına gelen temiz içilebilir su miktarının artırılabilmesi imkânını varolması araştırma ekibi tarafından heyecan ile karşılandı.

Su yönetimi ile doğrudan ilgili temel politika belgesi; 1988 yılında yürürlüğe giren ve 2004 yılında revize edilen 25687 sayılı Su Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğidir (SKKY). Ayrıca Türkiye, Kopenhag Kriterleri doğrultusunda Avrupa Birliği (AB) mevzuatının tamamını iç hukuka aktarmakla yükümlü olduğundan, AB'ye uyum süreci kapsamında ve ilgili AB direktifleri doğrultusunda su ile ilgili bazı yeni yönetmelikler de hazırlanmıştır. Bu yönetmelikler aşağıdaki gibidir (Durmuş, 2013).

- Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği,
- Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği,
- İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik,
- Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği,
- İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik,
- Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği

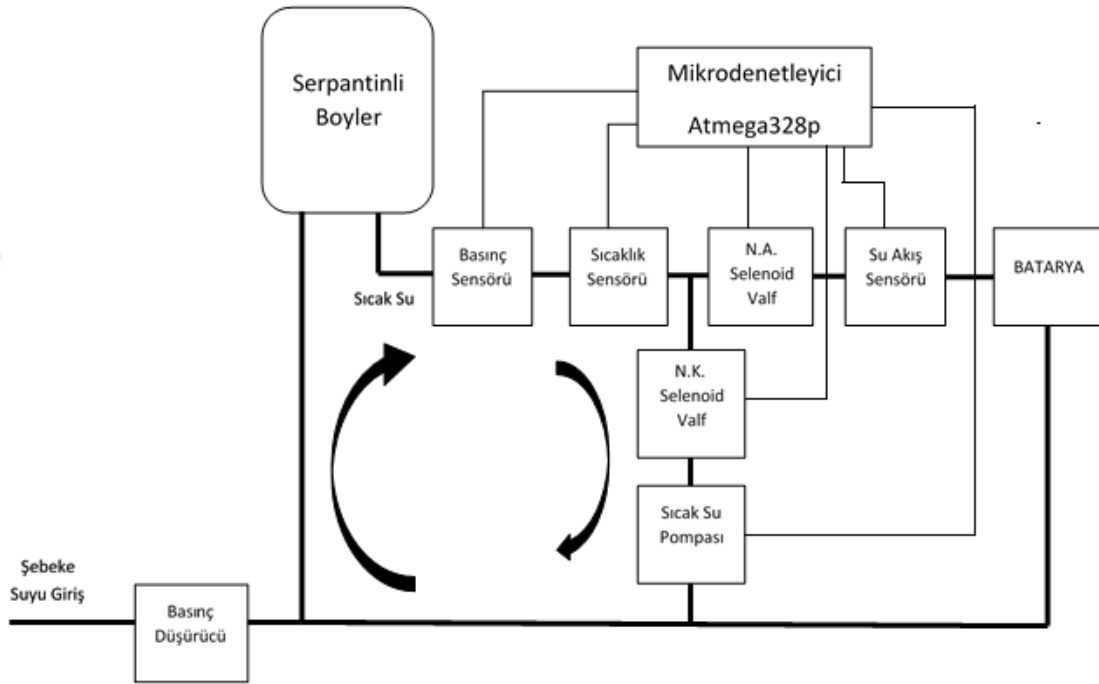
Türkiye’de tarım sektöründe su tasarrufu sağlamak amacıyla sulama sistemlerinde basınçlı iletim, yağmurlama ve damla sulama yapılması konusunda bazı çalışmalar yürütülmektedir. Ayrıca, Ankara, Gaziantep, Kayseri ve Eskişehir’de arıtılmış evsel atık su ile tarla sulaması yapılmakta, Ege ve Akdeniz Bölgesinde ise arıtılmış atık suların bir bölümü ile tarımsal sulama yapılmakta, bir bölümü ile de park ve bahçe sulaması yapılmaktadır (Türk Sanayicileri ve İş Adamları Derneği [TÜSİAD], 2017).

Türkiye’de su tasarrufu ile ilgili yapılan bir diğer çalışma ise, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) tarafından yürütülmektedir. Çalışmada Araştırma Merkezi’nin sosyal tesislerinin çatısından toplanan yağmur sularının bina içi tuvaletlerde kullanılması ve uygun arıtmadan geçirildikten sonra içme ve kullanma suyu amaçlı kullanılması amaçlanmış olup, sistem uygulamaya geçirilmiştir (Dölgen vd., 2006).

Yapmış olduğumuz tez çalışmamızda, evlerimizde genel ve kişisel temizlik amaçlı kullanılan sıcak su, kullanım alanı ile kaynak arası mesafeden dolayı belirli bir miktar boşa akıtılmasından sonra kullanılabilir. Bu şekilde boşa giden temiz suyun miktarını kentsel hatta ulusal boyutta düşünürsek, su kaybımızın ciddi boyutlarda olduğunu gözler önüne sermektedir. Çalışmamızda sıcak su gelene kadar, mevcut soğuk suyun boşa akmasını önleyerek şebekeye veya boylere geri kazandırmak amaçlanmıştır.

4. SICAK SU SİSTEMİNDE SU TASARRUFU UYGULANMASINDA KULLANILAN MATERYALLER

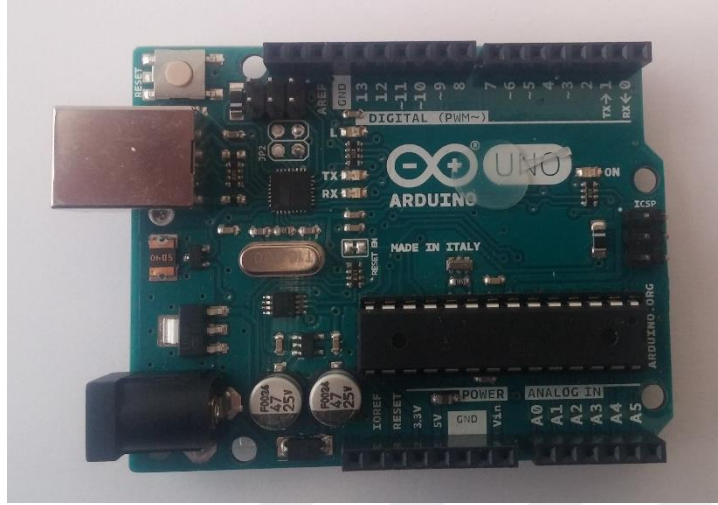
Çalışmamızın tasarlanması aşamasında, Şekil 4.1’de görülen blok şema dikkate alınmıştır.



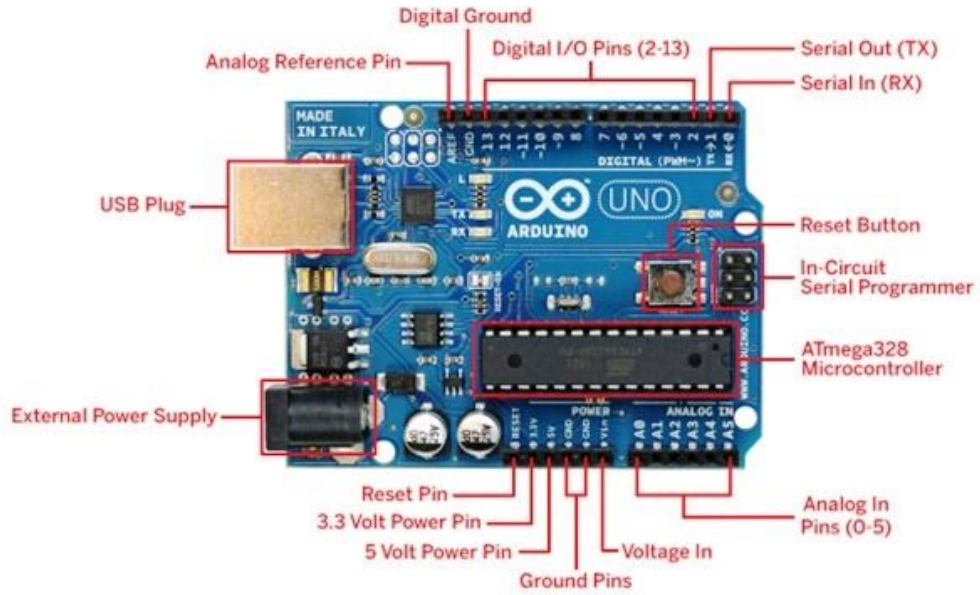
Şekil 4.1. Tasarımı ve uygulaması yapılan sistemin blok şeması.

4.1. Arduino Uno R3

Arduino, elektronik ile uğraşanların bilgi ve becerilerini daha iyi geliştirilebilmeleri için oluşturulmuş açık kaynaklı ve esnek bir uygulama alanıdır. Şekil 4.2’de görülen programlayıcı kart, yazılımının kolaylıkla oluşturulabilmesi ve donanımının kolaylıkla elde edilebilmesi üzerine tasarlanmıştır. Kendi platformundaki diğer hazır ürünler ile kolaylıkla uyum sağlaması ve birbirlerine sorunsuzca bağlanabilmeleri açısından bu alana ilgi duyan elektronikçiler ve diğer kullanıcılar için Donanım ve yazılımının kolaylıkla kullanılabilmesi için tasarlanmıştır (Saygılı ve Çayiroğlu, 2015).



Şekil 4.2. Arduino Uno R3.



Şekil 4.3. Arduino Uno R3 pinleri.

4.2. Arduino Uno R3 Teknik Özellikleri

Arduino Uno R3 USB kablosu üzerinden bilgisayara bağlayarak, harici bir kaynak veya pil ile rahatlıkla çalıştırılabilir şekilde oluşturulmuştur. Şekil 4.3'te görüldüğü gibi, bu kart üzerinde orta dereceli tasarımlar programlayabilmek için dijital giriş-çıkış olarak kullanabilmek için 14 tane pin bulunmaktadır. Bu pinlerden 6 tanesi PWM çıkışı olarakta kullanılabilmektedir. Bunların haricinde analog değerleri algılayabilmek için 6 adet te analog giriş bulunmaktadır.

Sistemde 16 MHz'lik bir kristal osilatör, pc bağlantısı veya kaynak olarak kullanılabilmek için USB bağlantısı, yine harici kaynak için power jakı (2,1mm), ICSP başlığı ve sistemi yeniden başlatmak için reset butonu bulunmaktadır. Arduino Uno R3 bir mikrodenetleyiciye program yüklemek ve çalıştırabilmek için gerekli tüm bileşenleri içerir (Çıkan, 2015).

Yukarıdaki şekilde (Şekil 4.3) Arduino Uno R3 'programlayıcı kartı oluşturan bölümler gösterilmektedir.

4.2.1. Güç

Arduino Uno R3 AC/DC adaptör yada pil-batarya gibi harici bir kaynak ile beslenebildiği gibi üzerinde bulunan USB giriş sayesinde bilgisayar bağlantısı yapılarak ta enerji beslemesi yapılabilir. Harici besleme yapılmak istendiğinde kullanılacak power jakın merkezi pozitif olmalı ve power girişine takılmalıdır. Harici olarak pil veya batarya kullanılacak ise pozitif uç Vin pinine negatif uç ise GND pinine bağlanmalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken harici kaynakların değerleri 7-12 V arası, USB jakın ise 5 V olması gerekliliğidir.

Vin : Arduino Uno R3 programlama kartına harici bir kaynak ile besleme yapılmak istendiğinde kullanılması gereken voltaj girişidir.

5V : Arduino Uno R3 programlama kartından 5V luk bir çıkış alınması gerekiyor ise bu pin üzerinden alınmasını sağlar. Bu pin üzerinden besleme yapılması regülatöre ve karta zarar verir.

3,3V : Arduino Uno R3 programlama kartından 3,3V 50 mA lik bir çıkış alınması gerekiyor ise bu pin üzerinden alınmasını sağlar. Bu pin üzerinden besleme yapılması regülatöre ve karta zarar verir.

GND : Negatif uç pinidir.

IOREF : Genel kullanımda 5 volt ile toprak arasında ölçüm yapan girişler için AREF bağlantısı kullanılarak ölçüm aralığı değiştirilebilir. Bu işlem için analogReference() komutu kullanılmaktadır (Yavuz, 2015).

Arduino Uno R3 kartını programlayabilmek için Arduino IDE programı kullanılması gerekir ve bu program Arduino resmi sitesinden ücretsiz indirilip kullanılabilir (Çayıroğlu ve Güneş, 2017).

4.2.2. Girişler ve çıkışlar

Arduino Uno R3 üzerinde mevcut olan 14 adet dijital giriş-çıkış pinlerinin tamamı, digitalWrite(), digitalRead() ve pinMode() fonksiyonları kullanılarak giriş ya da çıkış olarak çalıştırılabilir. Kart üzerinde bulunan bu 14 adet pin üzerinden 5 V ve maksimum 40 mA çıkış alınabilir. Aynı zamanda bu pinlerin 20-50 KOhm dahili pull - up direnç değerleri vardır. Arduino Uno R3 üzerinde bulunan bu pinlerden bazılarının özel fonksiyonları vardır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Dijital giriş/çıkış pin fonksiyonları (Çağatay, 2015).

Arduino Uno R3 üzerinde bulunan dijital giriş/çıkış pinlerinin özel fonksiyonları	
Serial 0 (RX) ve 1 (TX)	Seri İletişim RX(0) ve TX(0) bağlantı noktalarıdır. Bu bağlantılar, USB çıkışına bağlı olup TTL seri sinyalini taşımak için kullanılmaktadır.
Harici kesmeler (2 ve 3)	Alçalan ve yükselen sinyal durumuna göre bir kesmeyi tetiklemek için kullanılabilir.
PWM: 3, 5, 6, 9, 10, ve 11	AnalogWrite () fonksiyonu kullanıldığında 8-bit PWM sinyali sağlar.
SPI: 10 (SS), 11 (MOSI)	SPI kütüphanesi ile SPI iletişim uygulamalarında kullanılır.
12 (MISO), 13 (SCK)	
LED 13	13 nolu pine bağlı bir leddir. Pin değerine bağlı olarak yanar veya söner.

Arduino Uno R3'ün üzerinde A0, A1, A2, A3, A4 ve A5 olarak etiketlenmiş olan, 10 bitlik çözünürlük destekleyen 6 adet analog girişi bulunur. Varsayılan değer olarak ayarlarda GND ile 5 V luk değer ölçerler. AREF pini ile analogReference() fonksiyonu birlikte kullanıldığında üst limit değeri ayarlanabilmektedir.

- **TWI :** SDA veya A4 pini ve SCL veya A5 TWI haberleşmesini desteklemek için Wire kütüphanesini kullanır.
- **AREF :** AnalogReferance() fonksiyonu ile kullanıldığında analog girişler için referans voltajı değerini sağlar.
- **RESET :** Mikrodenetleyici üzerindeki programın yeniden başlanması istendiğinde sistemi resetlemek için kullanılır. Özellikle shield üzerine ayrıca reset butonu ekleyebilmek için kullanılır.

4.2.3. Haberleşme

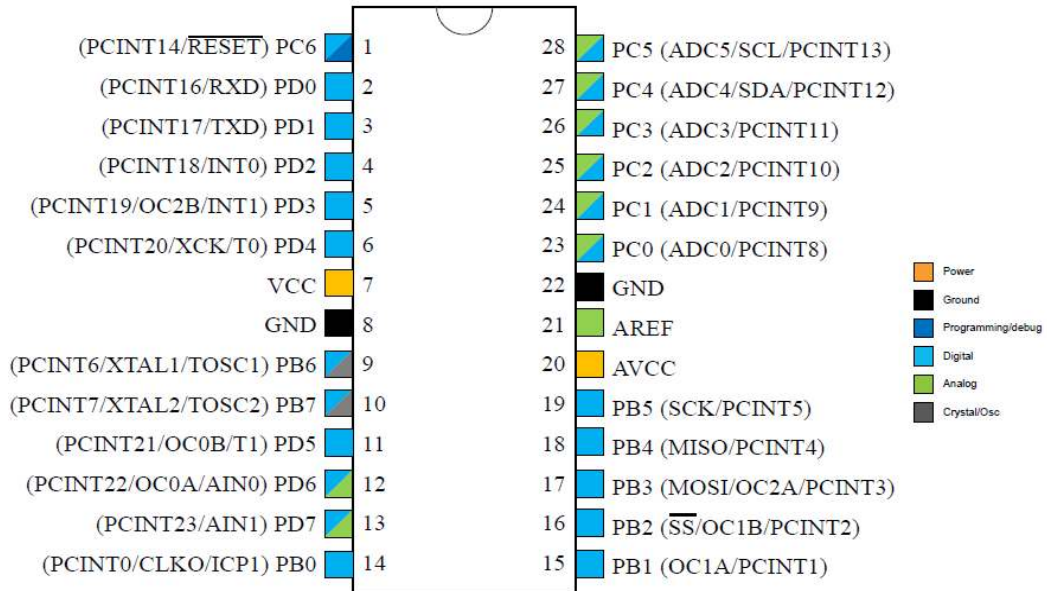
Arduino Uno R3 bir bilgisayar ile, başka bir Arduino platformu ile ya da diğer mikrodnetleyici platformları ile haberleşme için çeşitli imkanlar sunar. ATmega328 mikrodnetleyici, UART TTL (5V) seri haberleşmesini destekler ve bu desteği TX ve RX pinleri üzerinden sağlar. Kart üzerine gömülü olarak bulunan ATmega16U2 bilgisayar ile USB üzerinden haberleşmeyi sağlayabilmek için bilgisayar yazılımına sanal bir Com portu olarak görünmesini sağlar. 16U2 bu haberleşme için USB com sürücülerini kullanarak gerçekleştirir. Windows için ise .inf dosyasına gerek duymaktadır. Bilgisayar ile kart üzerindeki veri akışını görebilmek için kart üzerindeki TX ve RX ledleri yanıp söner (Taşdemir, 2014; Ersin, 2017).

SoftwareSerial kütüphanesi kullanılarak Arduino Uno R3'ün herhangi bir digital pini üzerinden de seri haberleşmeye imkan sağlar.

Ayrıca ATmega328 I2C (TWI) ve SPI haberleşmelerini de destekler.

4.2.4. Atmega 328 microcontroller

Devremizde kullanılan mikrodnetleyicinin pin bağlantıları, Şekil 4.4'e göre yapılmıştır.

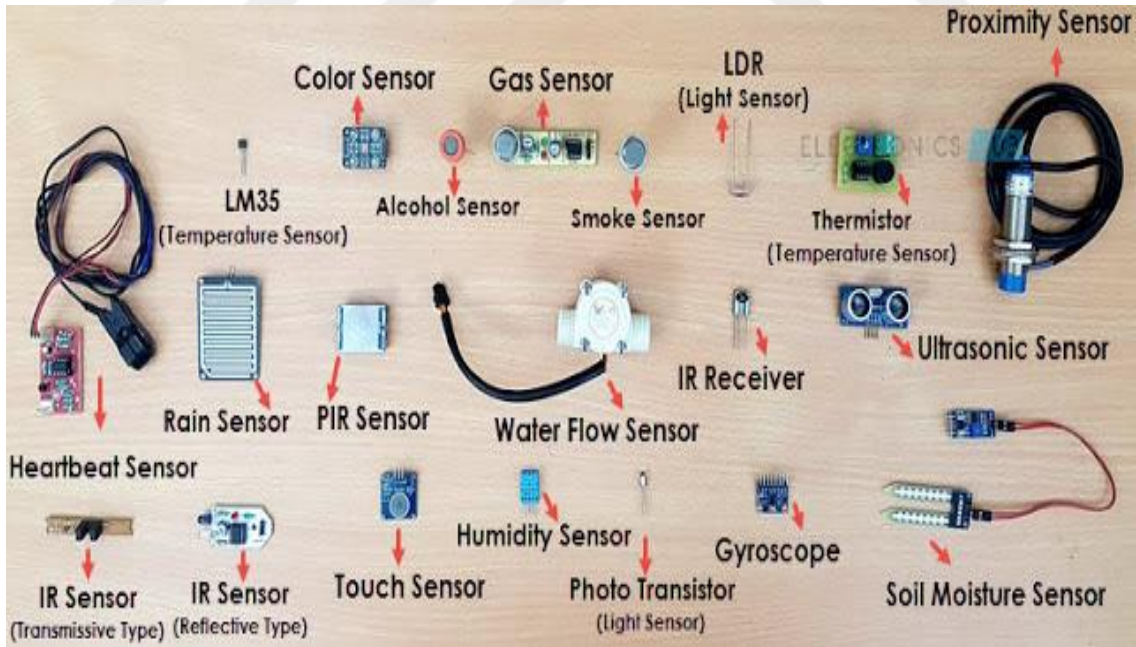


Şekil 4.4. Atmega 328 microcontroller pinleri (Microchip, 2016).

Atmel® picoPower® ATmega328 / P, düşük güçlü bir CMOS 8-bit AVR® gelişmiş RISC mimarisine dayanan mikrodenetleyici çeşitidir. ATmega328 / P tarafından tek bir saat çevriminde güçlü talimatlar uygulayarak, MHz başına 1MIPS'e yakın çıktı elde eder (Microchip, 2016).

4.3. Sensörler

Sensörler, fiziksel büyüklükleri elektrik sinyallerine çeviren aktif ya da pasif cihazlardır. Canlılar çevresindeki değişimlere göre şeklini, rengini, yönünü ve tavrını belirler. Elektronik sistemlerde ise çevresindeki değişimleri algılayabilmeleri için çeşitli sensörler kullanılır. Örneğin bulunduğumuz ortamın aydınlık seviyesine göre lambaları yakar veya söndürürüz, sıcaklık seviyesine göre ya ısıtma cihazlarını ya da soğutma cihazlarını çalıştırırız. Yine bulunduğumuz ortamın nem durumuna göre nemlendirme veya nem giderici cihazları çalıştırırız. Bütün bu değişiklikleri canlılar duyu organları ile algılar iken elektronik sistemler bunu sensörler aracılığı ile yaparlar. Sensörler, fiziksel ortam değişikliklerini algılayan elemanlardır. Teknik terminolojide Sensor ve Transducer terimleri birbirlerinin yerine sık sık kullanılan terimlerdir (Kanat, 2015).



Şekil 4.5. Farklı türlerde sensörler (İsmitekno, 2017).

Şekil 4.5'te arduino platformunda kullanılabilecek farklı türlerde sensörler görülmektedir.

Çizelge 4.2. Çalışma şekline göre sensör çeşitleri (Diyot, 2017).

Dijital sensörler	Dijital sensörler, ayrık sinyaller üretirler. Dijital sensörden alacağımız bilgiler belli adımlarla yükselen değerlere sahiptir.
Analog sensörler	Analog sensörler, fiziksel büyüklükleri kendisine referans olarak verilen akım ya da gerilim değerleri arasında bir değeri çıktı olarak veren sensörlerdir.
Pasif sensörler	Pasif sensörler, çevrelerinden aldıkları sinyalleri ölçen sensörlerdir. Bir sinyal gelmediği sürece durağandırlar. Anahtar tipi sensörler buna örnek verilebilir.
Aktif sensörler	Aktif sensörler, sinyallerini kendileri üretilip bu sinyallerin dış ortamla etkileşimlerini ölçen sensörlerdir. Mesafe sensörleri buna örnek verilebilir.

Nasıl biz canlılar her farklı değişikliği farklı duyu organımızla hissediyorsak elektronik sistemlerde fiziksel değişikliğe bağlı farklı sensörlerden faydalanmaktadır (Çizelge 4.2). Sensörlerin boyutları, şekilleri ve özellikleri kullanılacak alandaki ihtiyaca ve hassasiyete göre değişiklikler göstermektedir. Bizim çalışmamızda ihtiyaç duyulan sensörler ve özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

4.3.1. DS18B20 su geçirmez dijital sıcaklık sensörü

Çalışmamızda kullanmış olduğumuz şekil 4.6'da görülen DS18B20 sensörü, su geçirmeyen dijital sıcaklık sensörüdür. Dijital çıkış veren bir sensör olduğundan 1 metreye yakın uzunluktaki kablosu ile data transferinde herhangi bir bozulma olmadan derin mesafelerdeki ölçümleri de yapabilir. Tek bir kablo (1-wire) arabirimi üzerinden 9 veya yapılandırılabilir 12 bitlik okuma gerçekleştirebilmektedir. Çeşitli bina içi, teçhizat, makine ve sıvı havuzlarının sıcaklık ölçümleri rahatlıkla yapılabilir (Robotistan, 2017).



Şekil 4.6. Su geçirmez dijital sıcaklık sensörü (Maximintegrated, 2017).

Çalışma Voltajı: 3,0V-5,0V $\pm 0.5^\circ \text{C}$ hassasiyetle -10°C - 80°C arasında sıcaklık okuması 9 veya 12 bit seçilebilir çözünürlük 1-wire arabirimi ile iletişim için tek dijital pin kullanılabilir. Sıcaklık limiti uyarı sistemi bulunmaktadır. 750 mS'den daha az bir tepki süresine sahiptir.

3 tel arayüzü:

Kırmızı Kablo - VCC, Siyah Kablo - GND, Beyaz Kablo - DATA

4.3.2. Sıvı akış sensörü

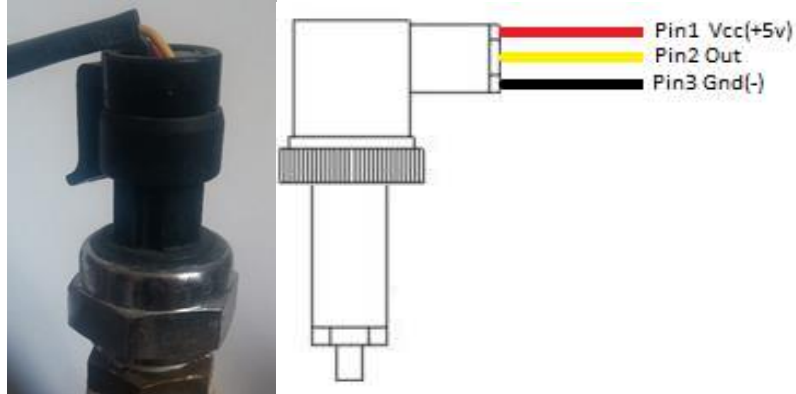
Şekil 4.7'de resmi verilen sıvı akış sensörü, içerisinden akan su sayesinde dönen pervanenin tur sayısı çıkışını veren bir sensördür. Pervane dönüş sayısı sensör içerisinde yer alan hall-effect manyetik sensörler ile ölçülmektedir. Dijital çıkışlı olduğu için Arduino başta olmak üzere bir çok mikrodenetleyeci platformu ile kullanılabilir. Yüksek performanslı sızdırmazlık, yüksek kaliteli manyetik sensör, çalışma Gerilmi: DC 5V-24V, çalışma Akımı: 15 mA (DC 5V), çıkış Türü: Dijital, debi: 1-30 L/dakika gibi değerleri ile bir kahve makinesi ya da bahçe sulama sisteminde akan sıvı miktarını ölçmek için rahatlıkla tercih edilebilir.



Şekil 4.7. Sıvı akış sensörü fiziksel yapısı.

4.3.3. Su gaz yağı basınç sensörü 5 V G1/4 0-1.2 MPa/0-150PSI

4-20 mA analog basınç sensörü, 5v çalışma Gerilimine sahip olup, çıkış gerilimi 0.5-4.5 v.dur. Çalışma akımı ise ≤ 10 mA dir. Çalışma basıncı aralığı: 0-1.2 MPa (0-12 Bar), çalışma sıcaklık aralığı -20-85 santigrat derecedir. Ölçme hatası $\pm 3.5\%$ FSO iken tepki Süresi: ≤ 2.0 ms dir. Şekil 4.8’de sıvı basınç sensörünün resmi ve pin isimleri verilmiştir.

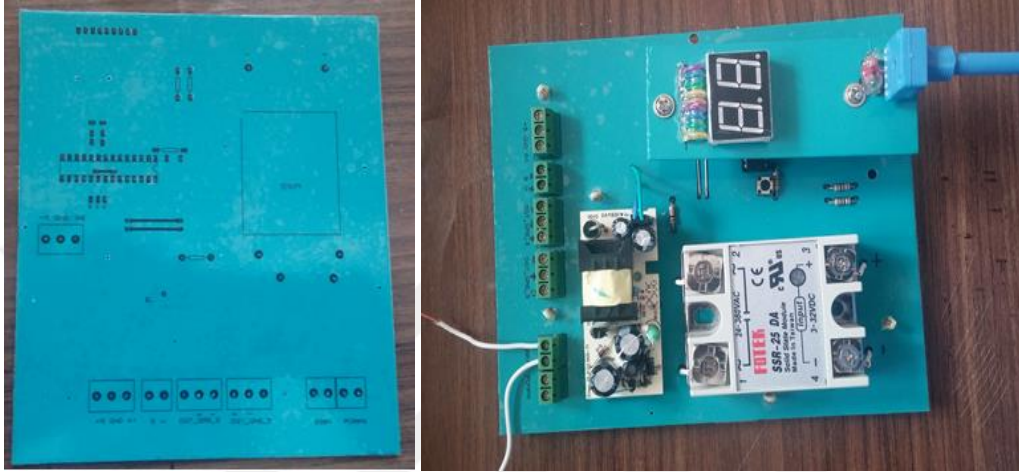


Şekil 4.8. Basınç sensörü 5 V G1/4 0-1.2 MPa fiziksel yapısı.

4.4. Kontrol Kartı

Arduino Uno R3 kartı ile üzerine gerekli yazılımın yüklendiği Atmega328 microkontrolör entegresini bağımsız olarak çalıştırmak ve sistemin çalışması için gerekli elemanların bağlantılarının yapılabilmesi Şekil 4.9’da görüldüğü gibi bir devre kartı

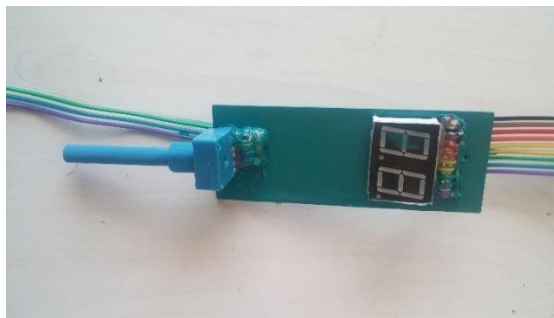
hazırlanmıştır. Üzerinde çeşitli sensörlerin ve enerji bağlantısı için klemens grubu, Atmega328 microkontrollerin çalışması için besleme ünitesi, istenen sıcaklığın ayarlanabilmesi ve anlık su sıcaklığını görebilmek için gösterge ve ayar kartı, pompa ve valfleri 220 v ile besleyebilmek için solid röle (3-32 VDC) bulunmaktadır.



Şekil 4.9. Kontrol kartı.

4.5. Sıcaklık Ayar ve Gösterge Kartı

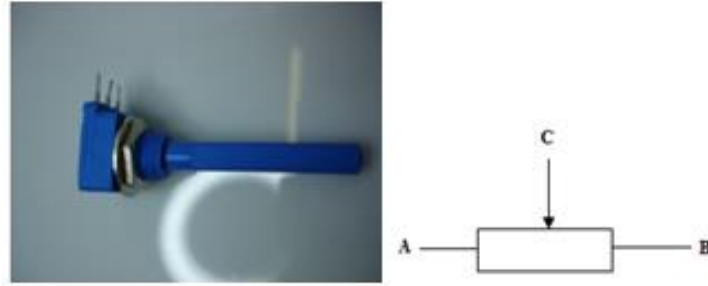
Sayısal değerleri okuyabilmek için hazırlanmış olan ve Şekil 4.10'da resmi görülen bu kart üzerinde 10K değerinde uzun milli potansiyometre (Pot) ile ayarlanan sıcaklık değerini ve anlık su sıcaklığını rakamsal olarak görebilmemizi sağlayan 2 bitlik ortak katotlu 7 segment display bulunmaktadır.



Şekil 4.10. Gösterge kartı.

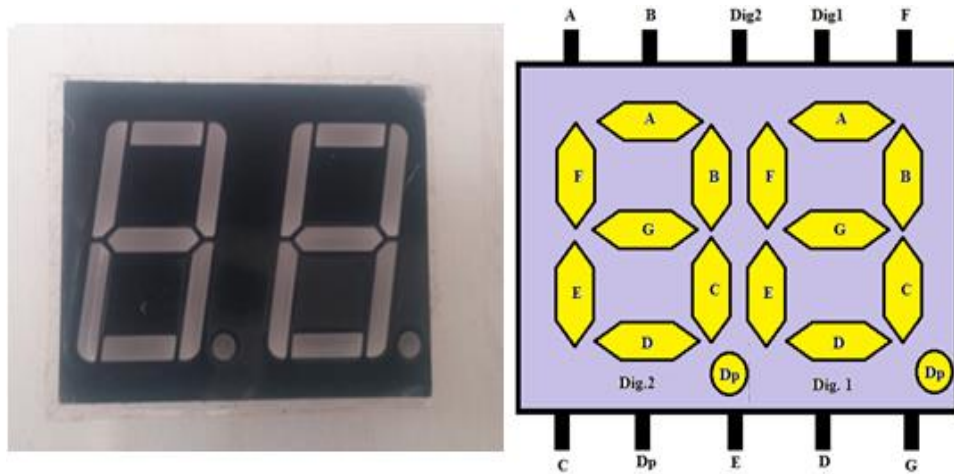
Devrede kullanılan potansiyometre (Şekil 4.11), 0-10K aralığında lineer (doğrusal) ayarlanabilen bir direnç görevi görmektedir. Yapılan ayar neticesinde kullanım amacına bağlı

olarak gerilim kontrolü veya akım kontrolü yapılabilir. Bu devredeki amacı ise 0-10 mA seviyesinde akım kontrolü yapmaktır. Potansiyometre ile yapılan akım ayarı mikrodenetleyicinin analog girişi tarafından alınarak dijital çıkışa aktarılır.



Şekil 4.11. Potansiyometre ve sembolü.

Çıkışa aktarılan bu değer, Şekil 4.12’de de görülen 2 bitlik 7 segment display tarafından 2 haneli rakam olarak okunmaktadır. 7 segment display, 7 adet çubuk led birer uçları birleştirilmiş olarak 8 rakamını oluşturacak şekilde bir kılıf içine yerleştirilmesinden meydana gelmiştir. Birleştirilen uçların Anod veya Katod olmasına bağlı olarak ortak anotlu veya ortak katodlu olarak iki ayrı isim almaktadır.



Şekil 4.12. 2 Bit 7 segment display ve fiziksel yapısı.

4.6. Solid-State Röle (SSR)

SSR olarak kısaltılan Solid State Röleler, tamamen elektronik parçalardan oluştuğu için hareketli bir parçası bulunmamaktadır. Bilinen röle ve kontaktörler gibi çalışır. Çok küçük akım

veya gerilim ile kontrol edilerek 1-2000 amper aralığında akımlar kontrol edilebilir. Bir fazlı ve üçfazlı olarak üretildiklerinden güç ve kontrol devrelerinde anahtarlama elemanı olarak kullanılabilirler.

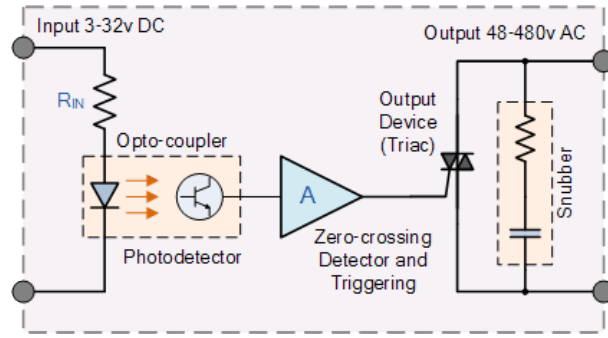
Şekil 4.13'te resmi verilen Solid State Röle (SSR)ler elektromıknatıs prensibi ile çalışan diğer rölelere göre, daha hızlı tepki verebilmektedirler. Çalışma hızı bir ledin yanıp sönmesi kadar hızlıdır. Şekil 4.14'te de görüldüğü gibi hareketli parçalarının olmaması ve gövde olarak darbelere daha dayanıklılığı sayesinde kullanım ömrünün uzun olması elektromekanik ve reed rölelere göre oldukça üstünlük sağlamaktadır.



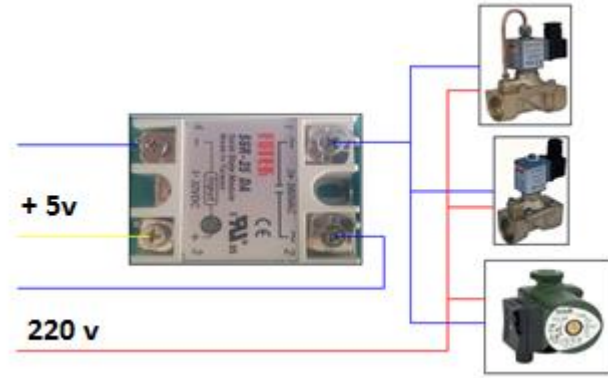
Şekil 4.13. Solid-state röle.

Elektromekanik ve reed rölelerin aksine bağlantı transistörler ile yapıldığı için SSR'lerin kontak dirençleri çok daha yüksektir. Ayrıca gelişen teknoloji ile beraber kontak dirençleri sürekli olarak artmaktadır. SSR'ler elektromekanik röleler kadar dayanıklı değildir ve Reed rölelerde olduğu gibi kaçak akımlara karşı daha dayanıksızlardır. Bu nedenle etiket değerlerinin üzerlerine çıkmamak gerekir.

Bir solid state rölede, kumanda devresi transistör benzeri elemanın enerjilendirilmesi ile güç devresi transistör benzeri elemanı açık konumdan kapalı konuma gelerek sisteme enerji verir. Elektrik rölesi veya kontaktörün bobinine enerji verilerek, kontaklarının açık konumdan kapalı konuma gelmesi gibi bir uygulamadır. Kontaktör ve rölelerden farkı, bobin yerine elektronik bir devre elemanının olması, güç kontakları yerine de elektronik devre elemanlarının olmasıdır (Otomasyonadair, 2017).



Şekil 4.14. Solid-stade rölenin iç yapısı (Frmotomasyon, 2017).



Şekil 4.15. Solid-stade rölenin devre bağlantısı.

4.7. Besleme Ünitesi

Besleme ünitesi AC/DC adaptör devresidir. Adaptör aynı zamanda uyarlayıcı demektir. İhtiyaç durumuna göre 220V şebeke gerilimini düşük gerilim ile çalışması gereken özellikle elektronik devreler için gerekli olan 5V gerilimi sağlayan, Şekil 4.16'da da görüldüğü gibi devre katıdır. Devrede kullanılan AC/DC adaptör devresinin özellikleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Besleme ünitesinin teknik özellikleri.

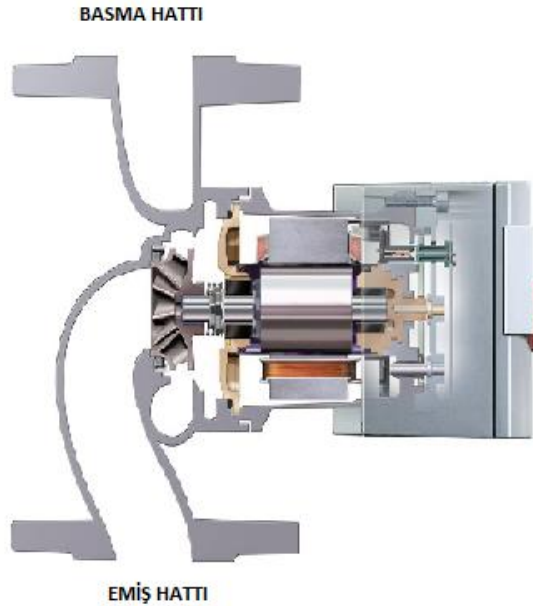
Giriş	100 ila 220V AC, 50 / 60Hz
Çıkış gücü	10 W Serisi
Çıkış voltajı	5V DC
Çıkış akımı	1750mA



Şekil 4.16. Besleme katı devresi.

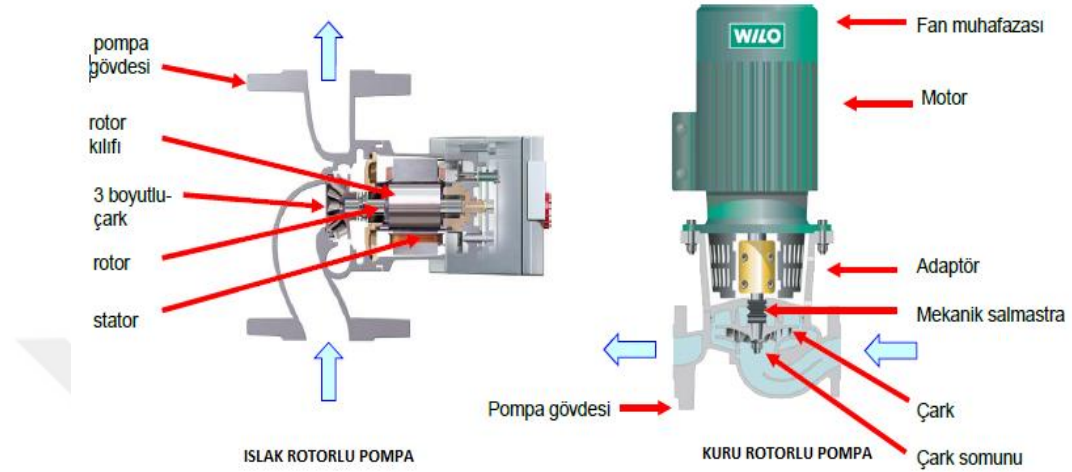
4.8. Sirkülasyon Pompası

Kapalı yaşam alanlarındaki ısınma ihtiyacını gidermek için sıcak sulu sistemler kullanılmaktadır. Isıtıcı veya kazanlarda ısınan sıcak suyun tesisattaki dirençleri yenerek ısı yayıcılara ulaşması için sirkülasyon pompaları kullanılmaktadır. Sıcak su hattında kullanılmaları sebebiyle çalışacakları ortamın sıcaklığına dayanıklı olmaları gerekmektedir. Sıcak suyun hareketini sağlayan bu pompalar, tek devirli olabildikleri gibi değişken devirli olarak ta olabilmektedir. Sirkülasyon pompasının iç yapısı Şekil 4.17'deki gibidir.



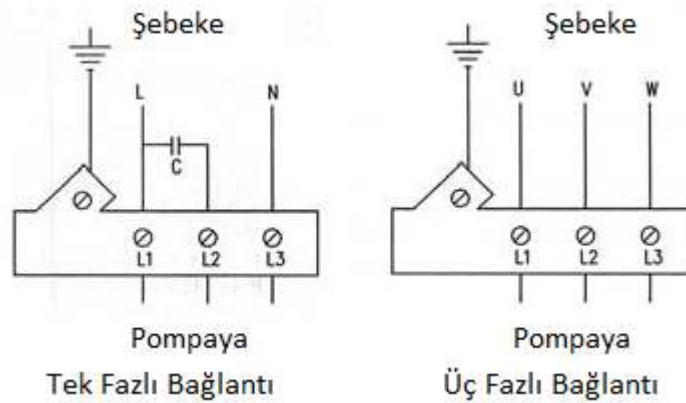
Şekil 4.17. Sirkülasyon pompası kesiti (Orijinalelektrik, 2017).

Sıcak su sistemlerinde kullanılan devir-daim veya sirkülasyon pompaları Şekil 4.18’da görüldüğü gibi kuru rotorlu ve ıslak rotorlu olmak üzere iki tipte üretilirler.



Şekil 4.18. Islak rotorlu ve kuru rotorlu sirkülasyon pompası (Orijinalelektrik, 2017).

Sirkülasyon pompaları farklı tiplerde üretildikleri gibi farklı güç değerlerine sahip olarak ta üretilmektedirler. Bu güçleri elde edebilmek için üç fazlı olarak kullanıldıkları gibi bir kondansatör yardımıyla tek fazlı olarak ta kullanılabilirler. Üç fazlı beslenen bir pompayı tek fazlı olarak çalıştırılmak istenirse uygun değerde kondansatörü Şekil 4.19’ daki gibi bağlantısı yapılarak yıldız bağlantı köprüsü kaldırılır ve üçgen bağlantı yapılmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 4.19. Sirkülasyon pompası bağlantı şeması (Alarko-carrier, 2017).

Bu projede kullanılan sirkülasyon pompasının görevi ise, sıcak suya ulaşana kadar, soğuk suyu şebekeye veya sıcak su kazanına geri vermektir. Şekil 4.20’de kullanılan sirkülasyon pompası görülmektedir.



Şekil 4.20. Sirkülasyon pompası.

Sirkülasyon pompası, 1 fazlı olup 220v 50 Hz ile çalışmaktadır. Değişken devirli olup 3 kademeli olarak ayarlanmaktadır. Kademelere göre sirkülasyon pompasının değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir.

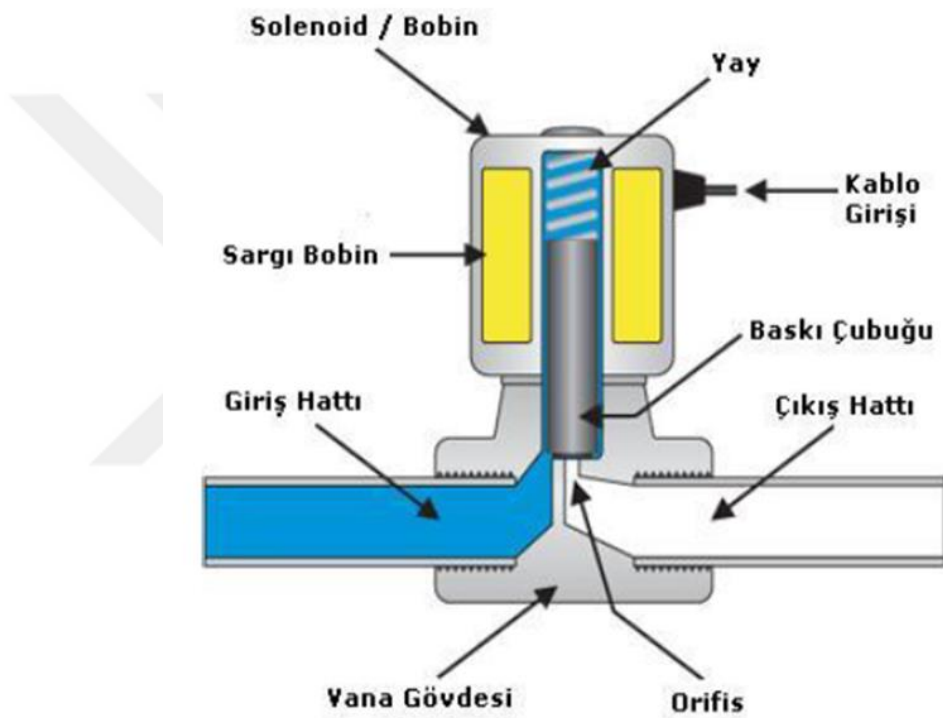
Çizelge 4.4. Sirkülasyon pompasının teknik özellikleri.

Kademe	Devir(d/d)	Güç(P)	Akım(A)
1	1200	38	0.18
2	1800	57	0.27
3	2400	90	0.40

4.9. Solenoid Vana

Elektromekanik vanalar olarak bilinen Solenoid Valfler, endüstriyel otomasyon sistemlerinin vazgeçilmez elemanlarındandır. Elektrik enerjisi ile çalışan solenoid valfler, gaz, hava, su, buhar ve yağ gibi akışkanların geçişini kontrol altında tutan elektromekanik vanalardır. Sıcaklıkları 150°C den düşük olan akışkanlar için kullanılan solenoid valfler, yapı itibariyle elektromıknatıs denetimli bir vanadır. Valfin içerisindeki pistonu hareket ettirmek için valfin

içindeki bobine elektriksel akım uygulanır. Meydana gelen manyetik alanın etkisiyle, manyetik pistonu hareket ettirir. Pistonun hareket etmesi ile serbest halde bulunan yay sıkıştırılır ve pistonu itmeye çalışır. Ancak yayın gücü manyetik alanın gücünü yenemediği için sıkışmış halde bekler. Solenoid, elektriksel sinyali aldığı anda giriş kanalı akışkanı direkt çıkışa doğru uygular. Elektriksel sinyalin kesilmesi ile sona eren manyetik alan etkisi, pistonu bir güç uygulamamakla birlikte sıkışmış vaziyette bulunan yay serbest hale gelir ve pistonu iter ve vana eski durumuna dönerek akışkan geçişini engeller (Hidrofen, 2017).



Şekil 4.21. Solenoid vana yapısı (Megep, 2017).

Elektrik enerjisinin manyetik etkisinden faydalınarak çalışan valfler, elektromıknatıs özelliğın doğrusal harekete dönüştürülmesi sonucu, vidalanarak veya rakor somunlarla bağlantısı yapılarak akışkan hattının açılıp kapanması sağlanmış olur.

Solenoid vana çalışma prensibi;

Solenoid valflerin bobinleri silindirik biçiminde olup, doğru ve alternatif akımın farklı gerilim değerlerinde çalışabilecek şekilde çeşitli olarak imal edilirler. Sistemde kullanılan solenoid valf bobinleri 220V ile çalışmaktadır. Şekil 4.21’de de görüldüğü gibi silindirik bobinin

içinde hareket edebilecek manyetik özellikli piston bulunmaktadır. Bobin içindeki bu piston yay aracılığı ile aşağıda veya yukarıda sabit duracak şekilde yerleştirilir. Elektrik enerjisi verilen bobinde oluşan elektromıknatıs özelliği sayesinde aşağı veya yukarı yönde hareket ettirilerek, akışkan yolunun kapanması veya açılması sağlanmış olur.

Solenoid valfler, piston konumlarına göre normalde kapalı ve normalde açık olmak üzere iki tipte üretilirler. Normalde kapalı tipler akışkan hareketinin sürekli olmadığı sistemlerde, normalde açık tipler ise akışkan hareketinin sürekli olduğu sistemlerde kullanılır. Piston konumları farklı olsa da çalışma biçimleri benzerdir. Normalde kapalı valflerde yay pistonu aşağıya iterek akışkan yolunu kapatırken, bobin enerjilendiğinde pistonu yukarı çekerek akışkan yolu açılmış olur. Normalde açık valflerde ise yay pistonu yukarıda tutarken akışkan yolu açık durumdadır. Bobine enerji verildiğinde piston aşağı çekilerek akışkan yolu kapatılır.

4.10. Basınç Düşürücü

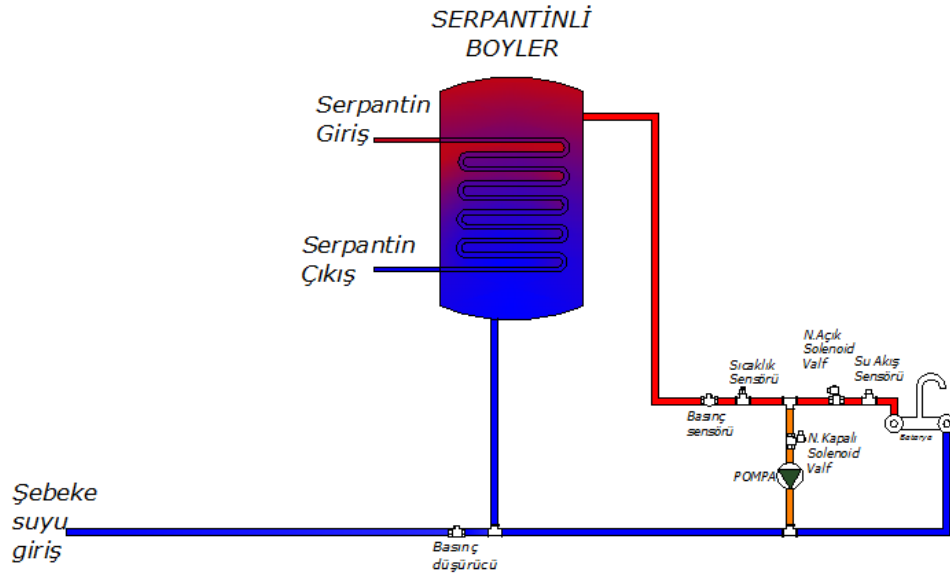
Basınç düşürücüler, akışkan hatlarında oluşabilecek yüksek basınçtan dolayı meydana gelebilecek sıkıntıları ortadan kaldırmak amacıyla Şekil 4.22’de görüldüğü gibi şebekeye bağlantısı yapılarak kullanılır. Fabrika çıkışında 3 bar olarak ayarlanmış olan basınç düşürücüler isteğe bağlı olarak bu ayar alt kısmında bulunan ayar vidası ile değiştirilebilmektedir.



Şekil 4.22. Basınç düşürücü ve manometre.

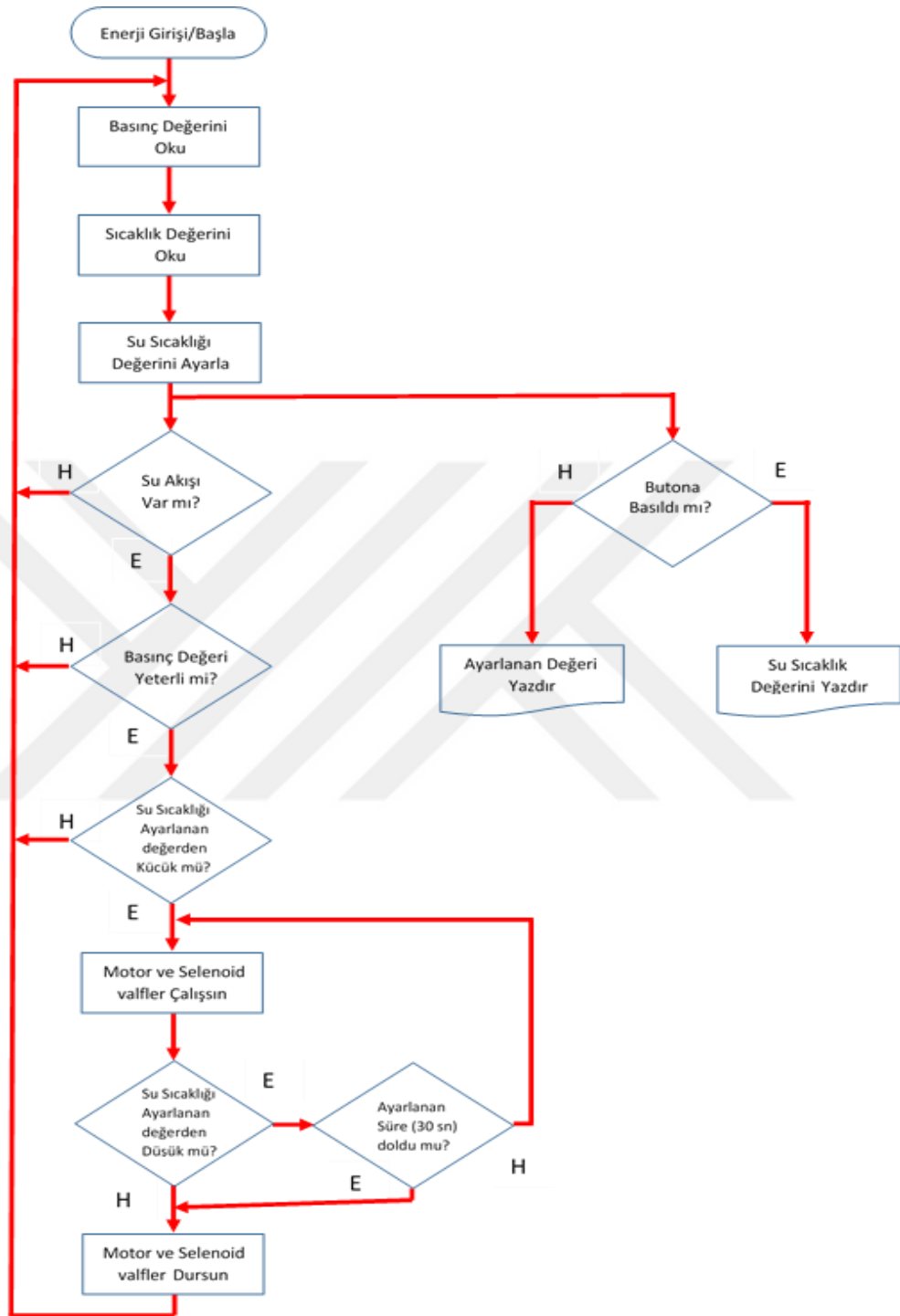
5. SİSTEMİN TASARIM AŞAMALARI

Sistemin çalışmasının temel yapısını oluşturan bu şema, bütün olasılıklar dikkate alınarak tasarlanmıştır. Tez çalışmamız, Şekil 5.1'deki bağlantı şeması dikkate alınarak geliştirilmiştir.



Şekil 5.1. Projeye ait tesisat bağlantı şeması.

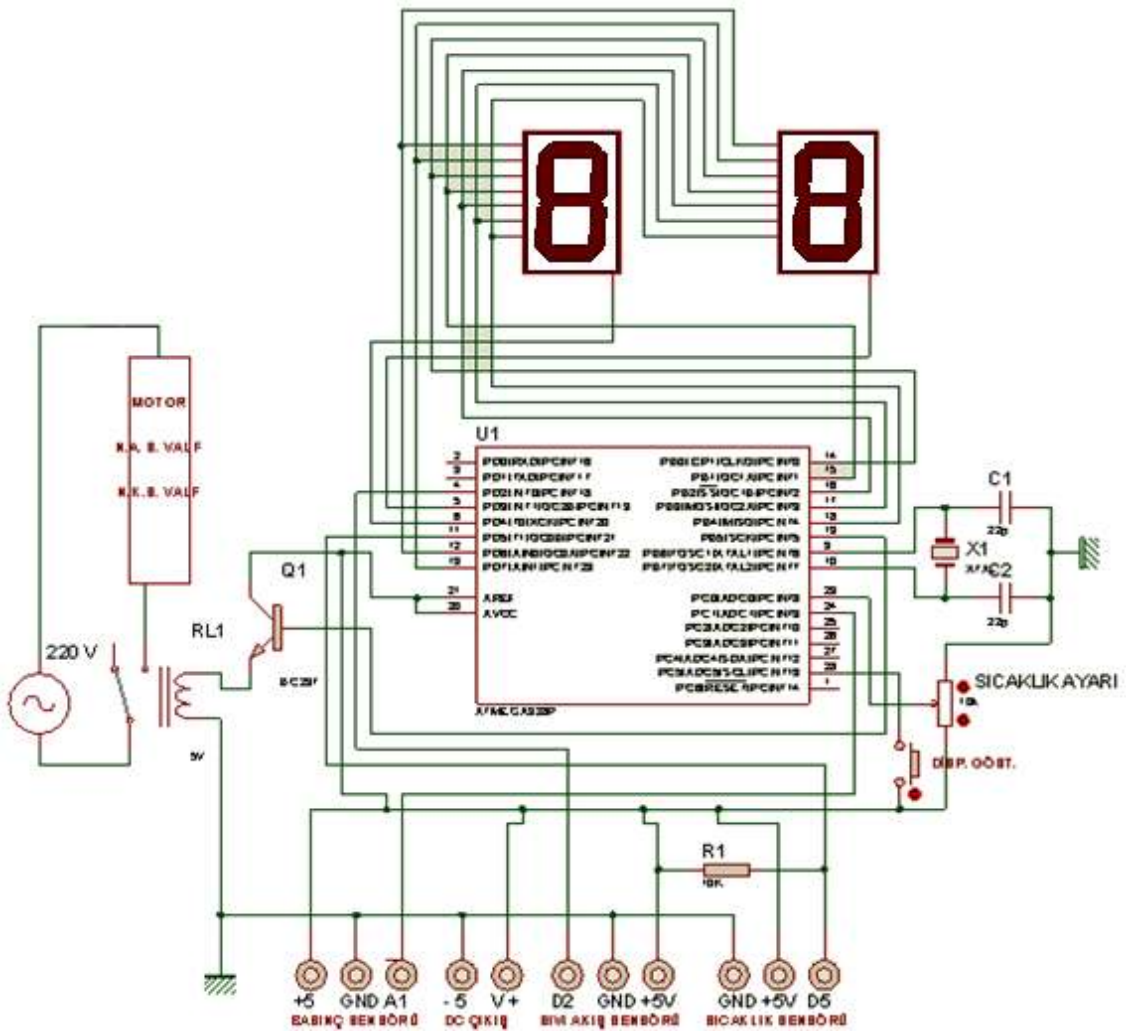
Sistemimizin çalışması için gerekli olan mikroişlemci, aşağıdaki Şekil 5.2'de görülen akış şeması dikkate alınarak programlanmıştır.



Şekil 5.2. Projeye ait akış şeması.

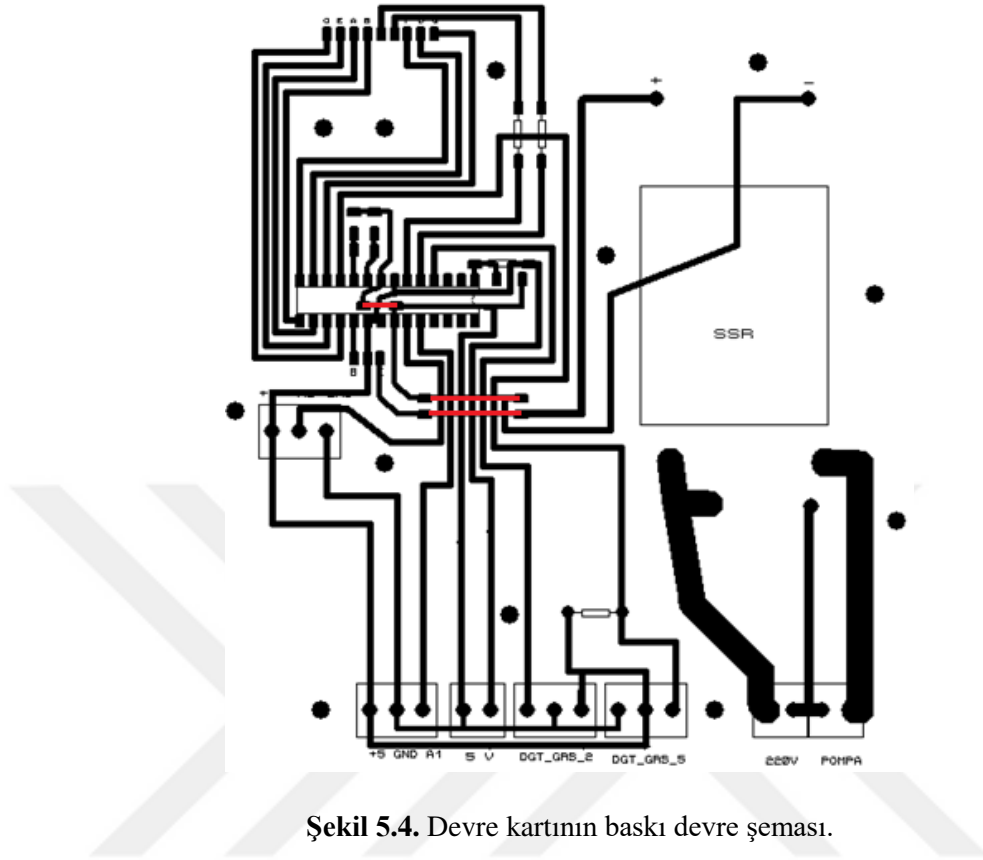
5.1. Baskı Devrenin Hazırlanması

Tez çalışmasına ait baskı devre tasarlamadan önce, sistemde çalışması gereken diğer elemanlar ve çalışma durumları gözden geçirilmiştir. Sistemin çalışması su hattında bir akış olması ile başlayacaktır. Su hareketi algılandığında, suyun basıncı ve sıcaklığı kontrol edilecektir. Su basıncı normal değerlerde ise suyun sıcaklığına göre Solenoid valfler ve sirkülasyon pompası devreye girecektir.

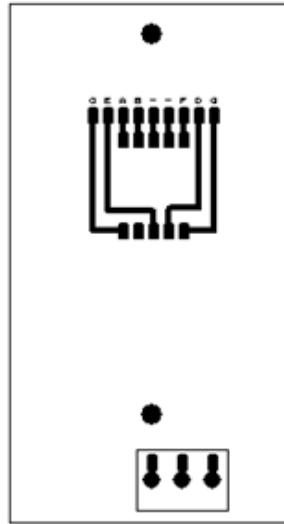


Şekil 5.3. Projeye ait devre şeması.

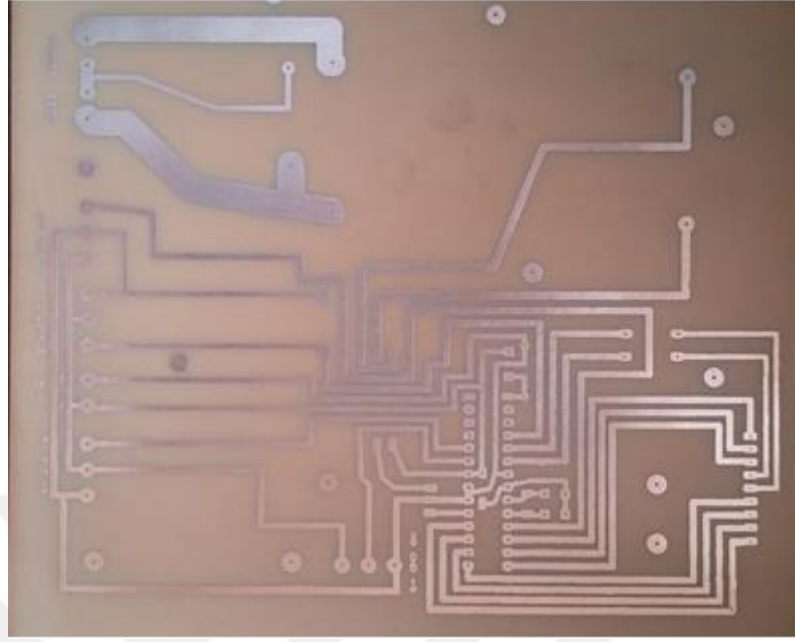
Şekil 5.3'te devreye ait bağlantı şeması na ait iki ayrı baskı devresi yapılmıştır. Şekil 5.4'te devre kartının baskı devre şeması, Şekil 5.5'te ise kontrol kartının baskı devre şeması görülmektedir.



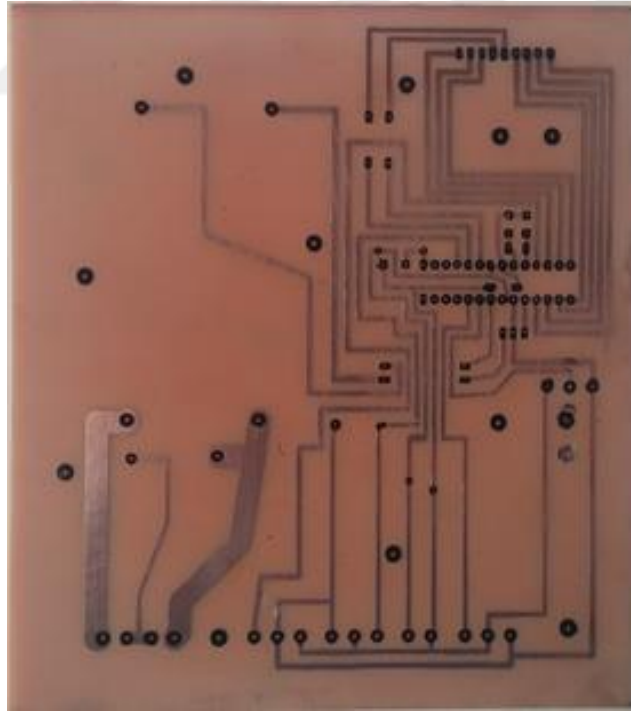
Şekil 5.4. Devre kartının baskı devre şeması.



Şekil 5.5. Kontrol kartının baskı devre şeması.

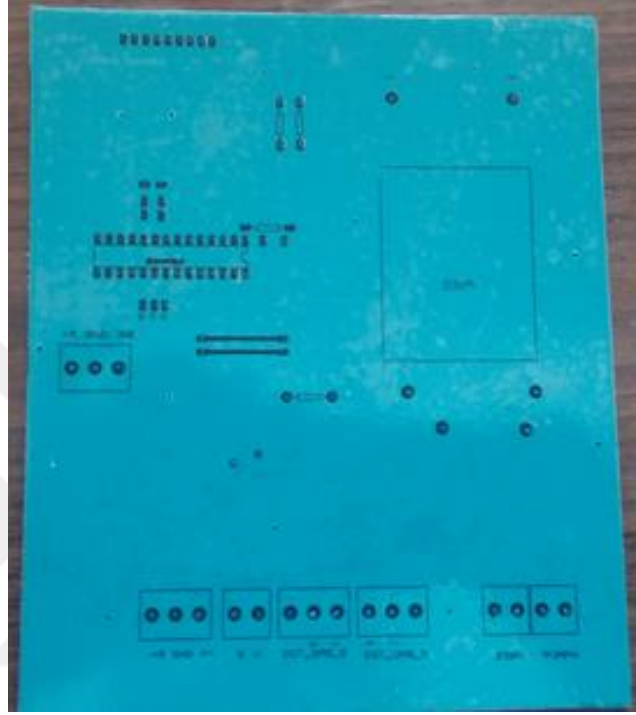


Şekil 5.6. Baskı devrenin karta aktarılmış hali.

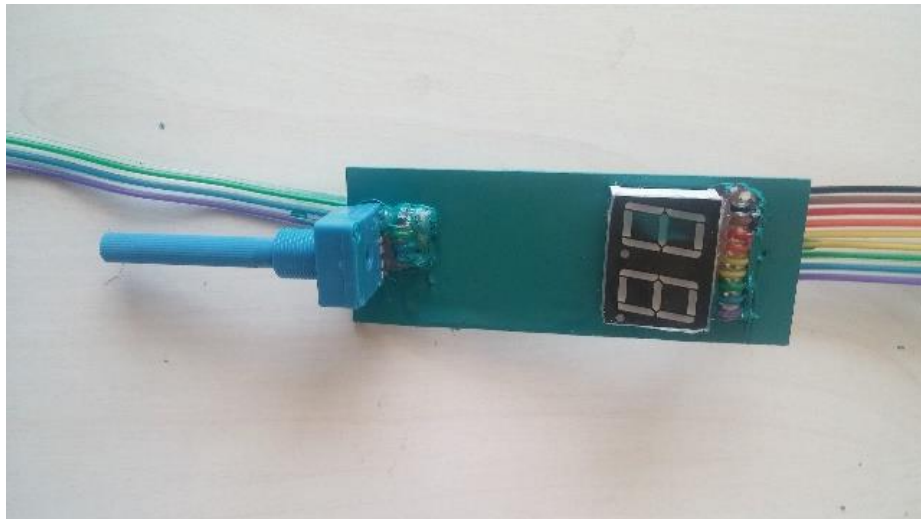


Şekil 5.7. Lehim noktalarının boya öncesi kaplanması.

Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de baskı devrenin bakır plakete aktarılmış durumları görülmektedir.Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’da bakır plaketin montaja hazır hale getirildiği görülmektedir.



Şekil 5.8. Devre elemanlarının montaj yerleri.



Şekil 5.9. Ayar ve gösterge kartı.

Şekil 5.10.'da devre kartının montajlanmış son hali görülmektedir.



Şekil 5.10. Devre kartının montajlanmış son hali.

Devre elemanlarının bağlı olduğu girişler

Analog Giriş A0: Sıcaklık ayar potansiyometresi

Analog Giriş A1: Basınç sensörü

Analog Giriş A5: Ayar sıcaklık değeri/su sıcaklığı geçiş butonu

Dijital Giriş D2: Sıvı Akış Sensörü

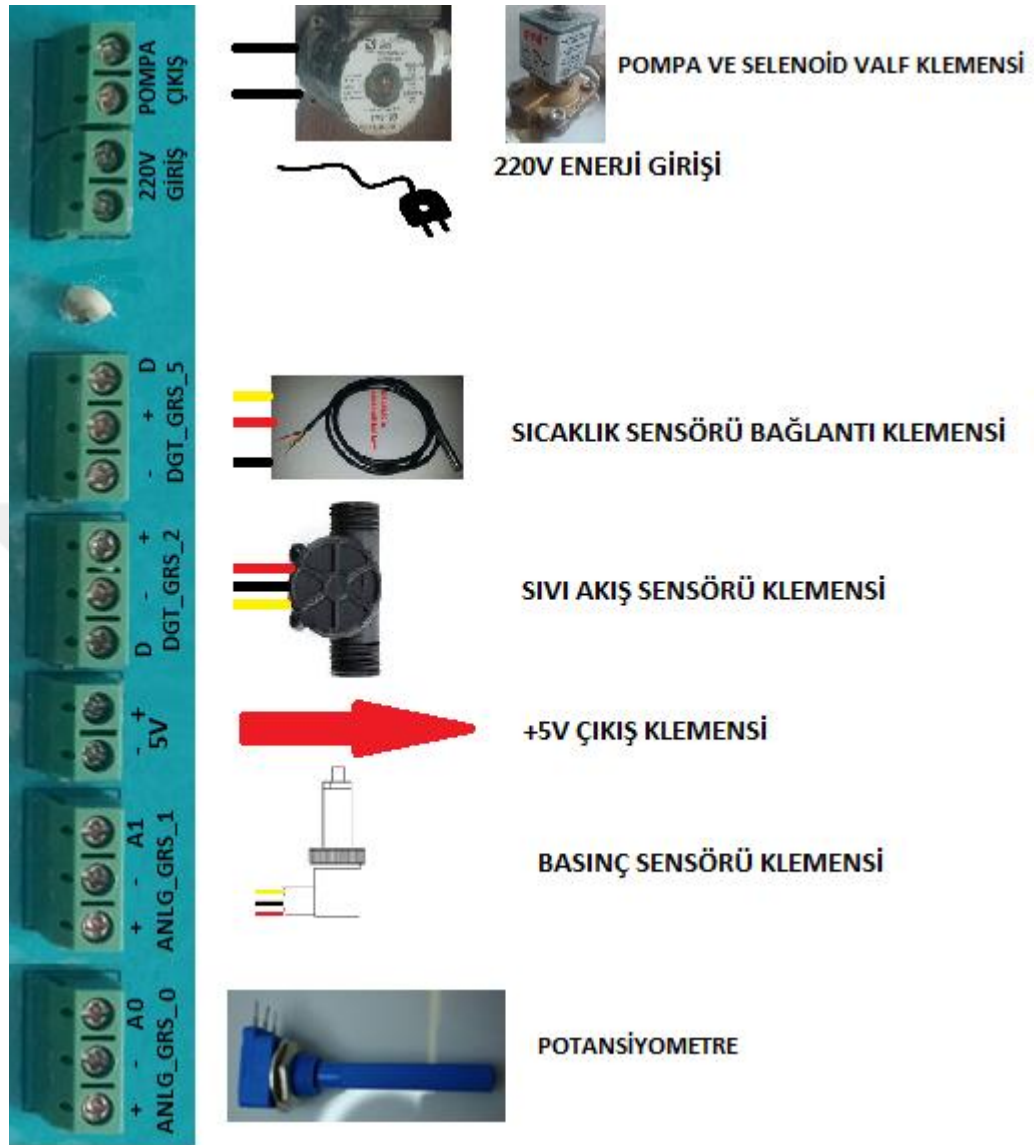
Dijital Giriş D5: Sıcaklık Sensörü

Dijital Giriş D6, D7,D8,D9,D10,D11,D12: 7 Segment Display

Dijital Giriş D3, D4: 7 Segment Display Ortak Uçları

Dijital Giriş PB5: Solid-State Röle

Şekil 5.11'de devre kartımıza ait klemens bağlantısı ve kullanılan materyallerin bağlantı noktaları görülmektedir



Şekil 5.11. Klemens bağlantıları.

5.2. Kontrol Birimleri

Sıcak su sistemindeki soğuk suyun tasarruf edilmesine yönelik yapılan bu çalışmada sistemin verimli çalışabilmesi için kullanılan birimlerin herbirinin kontrol görevi vardır.

Basınç: Sistemin çalışabilmesi için ilk kontrol edilmesi gereken görevlerden biridir. Sistemdeki suyun basıncı, basınç sensörü ile algılanarak şebekede suyun kullanılabilir seviyede olup olmadığı kontrol edilir. Basınç değeri ayarlanabilir belirli bir seviyeden düşük ise system devreye girmeyecektir.

Sıcaklık: Sıcak su tesisatındaki suyun sıcaklığının kontrol edilmesi sistemin çalışmasının temel amacını taşımaktadır. Su sıcaklığı dijital sıcaklık sensörü ile control edilmektedir. Sıcak su tesisatındaki suyun sıcaklığı istenen ve ayarlanabilen sıcaklık değerinden düşük ise sistem ayarlanan sıcaklığa ulaşana kadar belirli süre ayarlı olarak çalışacaktır. Sıcak su tesisatındaki su sıcaklığı istenen değere eşit veya yüksek ise sistemin çalışmasına gerek kalmayacağı için çalışmayacaktır.

Sıvı Akışı: Sistemin çalışmasını tetikleyecek olan unsurdur. Sıcak su tesisatından su alınmaya başlandığı sıvı akış sensörü aracılığı ile algılanır. Akışkan hareketi ile birlikte diğer birimlerin bilgileri control edilerek sistemin çalışıp çalışmaması sağlanmış olur.

Sıcaklık Ayarı: Sistemin çalışması için gerekli olan baz değeri belirtir. Sıcaklık sensörünün algıladığı sıcaklık değeri, bu ayar ile belirlenen değer ile karşılaştırılır.

Akışkan yönlendirme Sistemi: Sıcak su tesisatındaki soğuk suyun, ayarlanan sıcaklığa ulaşana kadar şebekeye veya boylere geri yönlendirme, sıcak su tesisatındaki suyun sıcaklığı ayarlanan değere ulaştığında ise kullanıcıya yönlendirme görevini üstlenir. Bu görevi yerine getirebilmek için Solenoid vanalar kullanılmaktadır.

Sirkülasyon: Sıcak su sistemindeki soğuk suyun şebekeye veya boylere geri gönderilme görevini yerine getirir. Bu görev ise sirkülasyon pompası aracılığı ile yapılır.

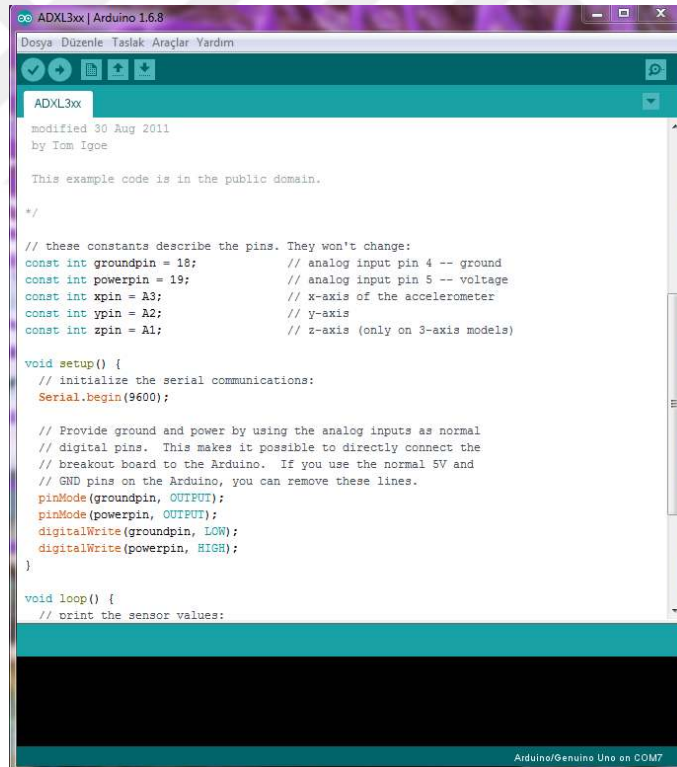
6. YAZILIM VE PROGRAMLAMA

6.1. Yazılım

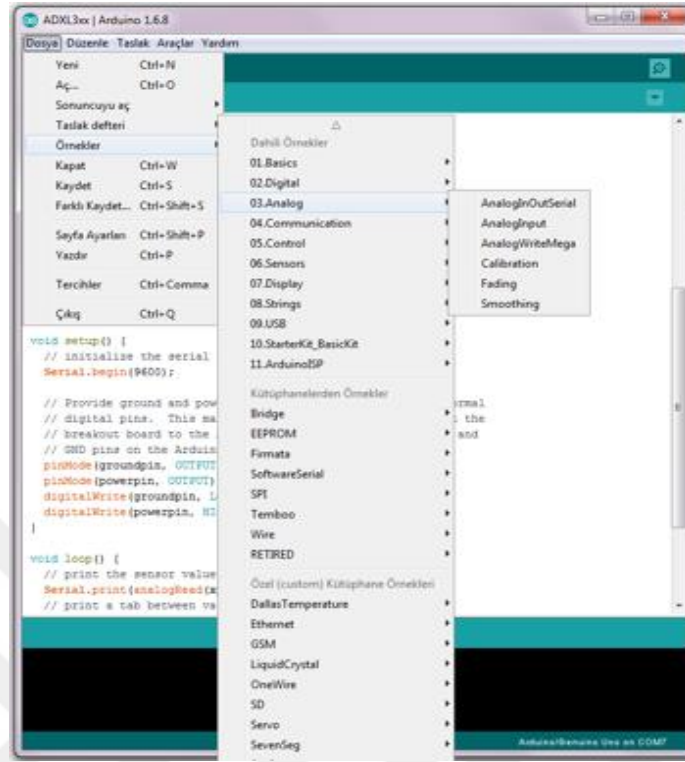
Bir görevi yerine getirmek amacıyla belirli kurallar çerçevesinde bir araya gelmiş komutlar dizisidir. Bu komut dizisinin çalıştırılabilmesi için makine dili olan ve 0-1 lerden oluşan binary sayı sistemine çevirilmesi gerekir. Bu çevirme işini yapan programlara ise derleyici denilmektedir.

6.1.1. Arduino IDE

Bu program, kodların oluşturulması, derlenmesi ve Arduino kartlarına yüklenebilmesi için Arduino firması tarafından Java dilinde yazılarak geliştirilmiştir. Bu projenin yapım aşamasında ise Arduino IDE 1.6.8 sürümü ile çalışılmıştır. Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de Arduino IDE programının arayüzü görülmektedir.



Şekil 6.1. Arduino IDE.



Şekil 6.2. Arduino proje örnekleri.

6.2. Programlama

6.2.1. Mikrodenetleyici programlama

Çeşitli marka ve özelliklerde olan mikrodenetleyiciler tüm elektronik programlama devrelerinde kullanılan temel yapıdır. Bunlardan biri de Atmel firmasının AVR serisine ait ATmega328 8 bitlik bir mikrodenetleyicidir. ATmega328 mikrodenetleyiciyi programlayabilmek için Arduino Uno R3 platformu kullanılmıştır. Program yazımı için ise Arduino IDE arayüzü kullanılmıştır. Arduinonun yapı haritasında temel olarak 2 kod bulunmaktadır.

- Setup

Setup fonksiyonu ilk değerlerin girildiği ve başlangıçta bir kere çalışacak kodların yazıldığı kısımdır. Donanım ve pinler burada tanımlılır.

- Loop

Loop fonksiyonu devamlı tekrarlanarak sırasıyla çalışacak kodların yazıldığı kısımdır. Tanımlamadan sonra gerçek görev loop fonksiyonu tarafından gerçekleştirilir.

6.2.2. Yazılan kod

Arduino Uno R3 çipinin programlanması aşamasında kullanılan kodların bir kısmı aşağıda açıklanmıştır.

- Kullanılan Kütüphaneler
#include <SevenSeg.h>
#include <OneWire.h>

Bu kütüphaneler sistemde kullanılan sensörlerden okuma yapabilmek ve çıkış birimlerini tanımlayabilmek amacıyla kullanılır.

- Değişkenler
- SETUP fonksiyonu
- LOOP fonksiyonu
- Arduino programlamada kullanılan diğer fonksiyonlar

7. SİSTEMİN ÇALIŞMASI

Sistemin amacı sıcak su hattındaki mevcut soğuk suyun israf edilmeden geri kazandırılması ve istenilen sıcaklık değeri elde edildiğinde kullanıma verilmesi üzerinedir. Bu nedenle sistem sadece sıcak su hattından su istenildiğinde devreye girmektedir. Soğuk su hattının kullanımında devreye girmemektedir. Sistemin çalışması için sıcak su musluğunun açılıp kapatılması yeterli olmaktadır.

Sıcak su hattından su çekilmeye başlandığı anda sıvı akış sensörü bu isteği algılayarak gerekli kontrolleri yaparak, belirlenen şartların oluşup oluşmadığına bakar. İlk bakması gereken değer ise sıvı basınç sensörü aracılığı ile suyun kesik olup olmadığı ve su basıncının yeterli olup olmamasıdır. Su basıncı ayarlanan değerin üzerinde (0,5) ise sistem çalışmaya hazır ve sırada suyun mevcut sıcaklık değeri ile ayarlanan sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması yer alır. Eğer mevcut sıcaklık ayarlanan sıcaklık değerinden büyük ise sistem yine çalışmayacaktır. Ancak mevcut sıcaklık, ayarlanan sıcaklık değerinden küçük ise sistem çalışarak, solenoid valfler suyun çıkışını engelleyerek şebekeye sirkülasyon pompası sayesinde geri basacaktır. Suyun şebekeye geri basma durumu süre ile kısıtlanmıştır. Çünkü burada sıcak su sistemindeki bir problemten dolayı suyun ısınmadığı durumlarda gözönüne alınarak, gereksiz enerji tüketiminin de önüne geçmek amaçlanmıştır. Suyun ısınıp ısınmadığı ve ayarlanan sıcaklık değerleri bir buton sayesinde dönüşümlü olarak gözlemlenebilmektedir. Buradan da gerekli kontroller yapılabilir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz dünyasının başına gelebilecek en büyük tehditlerden biri olan susuzluk, ülkeler arası su savaşlarına da yol açabilecek temel ihtiyaçların başında gelmektedir. Kişisel olarak alınabilecek tedbirlerin yanında her ülkenin hatta uluslararası yapılması gereken çalışmalar ile bu tehditi yok etmek veya en aza indirmek mümkün olacaktır.

Mevcut içilebilir su kaynakları, küresel ısınma, kirlenme ve dünya nüfusundaki artıştan dolayı yeterli gelmemektedir. Her geçen gün içilebilir temiz su ihtiyacı artmaktadır. Yapılan bilinçlendirme ve kamu spotları ile temiz suların gereksiz kullanımının önüne geçilmeye çalışılsa da gayri ihtiyari olarak israf edilmesidir. Bunlardan biri de sıcak su ihtiyacının karşılanabilmesi için su tesisatındaki soğuk suyun boşa akıtılmasıdır.

Bu çalışmada, programlama yapabilmenin kolaylığı ve analog-dijital girişlerin avantajlı görülmesinden dolayı Arduino Uno R3 platformu ve ATmega328 mikrodenetleyici kullanılmıştır.

Bu sistem ile sıcak su önündeki soğuk su, su sıcaklığı belirli bir değere ulşana kadar şebekeye veya boylere geri basılmaktadır.



Şekil 8.1. Sistemin bağlantı şekli.

Yukarıdaki Şekil 8.1’de bağlantısı görülen sistem çalışma görevini yürütürken aşağıdaki şartlar dikkate alınmıştır.

- Sistemin çalışabilmesi için musluğun açıldığını hissedilmesi amacıyla Şekil 8.2’de görüldüğü gibi sıvı akış sensörü kullanılmıştır.



Şekil 8.2. Sıvı akış sensörü bağlantısı.

- Su şebekesinde herhangi bir aksaklıktan dolayı suların kesilmesi durumunu veya su basıncının yeterli olmadığı durumları sisteme aktarabilmek amacıyla Şekil 8.3’deki gibi sıvı basınç sensörü kullanılmış, böylece su basıncı ayarlanan değerin altında olduğunda sistemin boşa çalışması engellenmiş olmaktadır .



Şekil 8.3. Şebeke basınç düşürücü ve basınç sensörü bağlantısı.

- Su yeterli veya ayarlanan sıcaklığa ulaşmış olup olmadığı için sıcaklık sensörü kullanılmış, ayarlanan sıcaklık değerini ve su sıcaklık değerinin okunabilmesi için 2 dijital 7 segment display kullanılmıştır (Şekil 8.4).

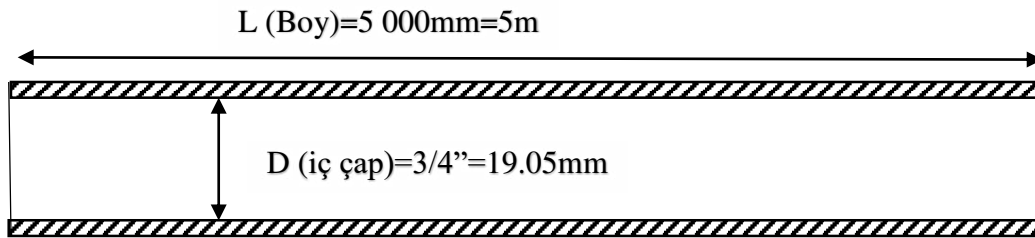


Şekil 8.4. Ayarlanan su sıcaklık değeri ve suyun mevcut sıcaklık değeri gösterimi.

- Su sıcaklığı değerini veya ayarlanan sıcaklık değerini isteğe bağlı olarak görülebilmesi için dijital girişlerden birine buton tanımlanmış ve bu buton sayesinde her iki değer de görülebilmektedir.
- Isıtma sistemindeki bir arızadan dolayı sular ısınmıyor ise yine sistemin boşa çalışmaması için zaman sınırı konulmuştur.

Projemizin uygulama alanı olan sıcak su sistemlerindeki suyu maalesef verimli ve tasarruflu kullanamamaktayız. Çünkü sıcak su musluğunu ilk açtığımız anda tesisatta bulunan soğuk su ile karşılaşırız ve bu soğuk su akmadan sıcak suya ulaşma durumu söz konusu değildir. Bu akıtılan su biriktirilerek başka alanlarda kullanılabilir. Ancak banyo, mutfak ve lavabolarda kullanılmak istenen sıcak su öncesi akıtılan soğuk su miktarı biriktirilebilecek kapasitenin üzerinde olmaktadır.

Yaşam alanlarımızda sıhhi tesisat yapımında kullanılan boru çapları genel olarak üç çeyrek diye ifade edilen 3/4" (DIN20) liktir. Kullanılan tesisat boru dış çapı 26,9 mm olup, iç çapı 19,05 mm' dir.Yapmış olduğumuz deneysel ölçüm bazında, sıcak su kaynağı yani boyler ile su kullanım noktası (mutfak veya banyo) arasındaki ortalama mesafe 5 metre olaak kabul edilmiştir.



5 metrelik su borusunun iç çapını hesaplarsak;

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 19,05^2 \cdot 5000}{4} = \frac{5697569,25}{4} = 1\,424\,392,3 \, mm^3 = 1,43 \, Lt \, tutmaktadır.$$

Buradan da görüldüğü gibi 5 metrelik bir uzaklıkta sıcak suya ulaşabilmek için tek seferde boşa akıtılması gereken su miktarı 1,43 litredir. Bir evde ortalama günde dört defa sıcak su kullanıldığı düşünülürse boşa akıtılacak temiz içilebilir su miktarı 5,72 litredir. Bu miktar bir evde ve bir günde kirli su olarak boşa atılan temiz içilebilir su miktarıdır. Aylık olarak hesaplayacak olursak;

$5,72 \times 30 = 171,6$ litre olmaktadır. Yıllık olarak hesaplandığında ise;

$171,6 \times 12 = 2\,059$ lt içilebilir temiz su atık olarak atılmaktadır.

Fiyat olarak hesaplandığında yıllık olarak fazladan ödenen miktar;

Simav Belediyesi Su İşleri Birimi'nden alınan fiyatlara göre 0-25 m³ arası 2,40 TL dir. Her m³ başına 0,30 TL çevre temizlik bedeli alındığında bu fiyat 2,70 TL olmaktadır.

$2\,059 \text{ lt} = 2,06 \text{ m}^3$ olduğundan;

$2,06 \times 2,70 = 5,56$ TL yapmaktadır.

Simav Kaymakamlığı resmi internet kaynağına göre ilçe bazında içme suyu abone sayısı 18 652'dir (Simav, 2017).

Bir aylık toplam su kaybı ise;

$171,6 \times 18\,652 = 3\,200\,683 \text{ lt} = 3\,201 \text{ m}^3$ su kaybı demektir.

Alınan fiyata göre atık sulara ödenen para;

$3\,201 \times 2,70 = 8\,642$ TL dir.

Aynı hesabı yıllık olarak ise

$3\,201 \times 12 = 38\,408 \text{ m}^3$ su kaybı ve bunun sonucu olarak;

$38\,408 \times 2,70 = 103\,702$ TL dir.

Simav ilçesi olarak mevcut su abonelerinin bir yıllık boşa akıtılan su miktarı 38408 m³ , abonelerin boşa akıttıkları suya ödedikleri toplam miktar ise 103 702 TL olmaktadır.

Yukarıdaki hesaplamalarda elde edilen değerle aşağıdaki Çizelge 8.1'de daha belirgin olarak görülmektedir.

Çizelge 8.1. İçme suyu tasarruf miktarı ve ücreti.

Kullanım Yeri	Aylık (Lt)	Yıllık (Lt)	Yıllık (m ³)	Ödenecek Ücret (₺)
Bir konut için	171,6	2.059,2	2,06	5,56
Simav (18 652)	3 200 683,2	38 408 198,4	38 408,2	103 702

Sistemin çalışması sırasında ortaya çıkan elektrik enerjisi tüketimi oldukça düşük rakamlardadır. Sıcak suyun 5 mt. uzaklıkta bulunan kaynaktan, kullanma noktasına ulaşımı yapılan ölçümlerde 6,42 sn de gerçekleşmektedir. Bu zaman zarfındaki enerji kaybı ölçülememektedir. Ancak sistemin 63 sn çalışması durumunda 0,001 kW/h lik enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Günde 4 defa sıcak su kullanımı dikkate alınarak yapılan enerji tüketimi ve bedeli Çizelge 8.2’de verilmiştir.

Çizelge 8.2. Elektrik enerjisi sarfıyatı.

Tüketim kW/h	Birim Fiyat (₺)	Tutar (₺)	Dağıtım Bedeli Birim Fiyatı (₺)	D.B.Tutarı (₺)	63 sn'lik kul. Ücreti (₺)	6,42 sn'lik kull. Ücreti (₺)
0,001	0,223515	0,0002235	0,12307168	0,0001231	0,0003466	0,0000353
	1 Günde Kullanım Ücreti (₺)		1 Ayda Kullanım Ücreti (₺)		1 Yıllık Kullanım Ücreti (₺)	
Konut için	0,0001413		0,0042383		0,0508591	
Simav İçin	2,63		79,04		948,52	

Çizelge 8.1 ve Çizelge 8.2 karşılaştırıldığında;

Toplam tasarruf= 103 702-948,52=102 753TL’lik tasarruf sağlanmıştır.

Yukarıda yapılan hesaplama; günümüz şartlarında su sıkıntısı yaşanmayan ve su bedelinin düşük olduğu Simav Belediyesine göre hesaplanmıştır. Dolayısı ile rakamlar göze küçük görünebilir. Diğer il veya ilçelerde yukarıdaki hesaplamalar birim fiyattaki değişiklikler nedeni ile daha farklı olabilmektedir.

İçilebilir su kaynaklarının korunmasına ve su tasarruf yöntemlerine ihtiyaç duymadığımızı varsayarsak su kıtlığı gelip kapımızı çaldığında yukarıdaki rakamlar gözümüze daha da küçük görünecektir. Su kaynaklarının yetersiz kaldığı bu kötü günde su birim fiyatları alıp başını gidecektir. Hatta para ile susuz bile kalınabilir. Günümüz şartlarında bile 1 lt lik içme suyuna 5 TL verdiğimizizi düşünürsek, işte o zaman korkutucu rakamlar ile karşılaşmamız kaçınılmaz olacaktır.

Günümüzde, piyasada 1 lt su 1,5 TL’den satılmaktadır. Bir konutta yıllık 2059 lt su, atık olarak kullanılmamaktadır. Atık suya harcanan bedel bir konut için $2\,059 \times 1,5 = 3\,088$ TL’dir. Eğer bunu Simav için hesaplarsak $38\,408\,198,4 \times 1,5 = 57\,612\,297,6$ TL’dir. Bu da gösteriyor ki, bugünün küçük rakamları yarın büyük rakamlar olarak karşımıza çıkacaktır.

Su tasarruf sistemleri günümüz imkanları ile geleceğe yönelik su kıtlığına çözüm getirmek, ihtimal de olsa yaşanabilecek su savaşlarının önüne geçebilmek için atılması gereken önemli bir adımdır.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akın M., Akın G. (2007). Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47(2), 105-118
- Arapkirlioğlu, K. (2003). Sınırtaşın Suların Kullanımında Ulusal Çıkarlar ve Çevre Etiği. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 419s.
- Bilen, Ö. (2008). Türkiye’nin Su Gündemi, Su Yönetimi ve AB Su Politikaları. ISBN: 978-9944-62-759-7, Ankara. 74-87.
- Burak, S., Duranyıldız, İ., Yetiş, Ü. (1997). Su Kaynaklarının Yönetimi, D.S.İ. 75s.
- Curtis, H. (1986). Biology. Worth Publishers Inc. New York.
- Çağatay, E. (2015). Arduino Mikrodenetleyici ve Güneş Enerjisi ile Çalışan Otomatik Bitki Sulama Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 38s.
- Çakıroğlu, G. (2011). Peyzaj Tasarımında Su Tasarrufuna Yönelik Güncel Uygulamaların İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2s.
- Çakmak, B., Gökalp, Z. ve Tas, İ. (2008). Yeraltı Su Kaynaklarının Tarımda Kullanımının Değerlendirilmesi. Çevre ve Orman Bakanlığı DSİ Genel müdürlüğü IV. Bölge Müdürlüğü, 222-229
- Çıkan, M. (2015). Arduino İle Park Sensörü Uygulaması. Fen ve Teknoloji Bilgi Paylaşımı, 1(1), 1-3.
- Çiçek, İ., Ataoğlu, M., (2009). Türkiye’nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım, Coğrafi Bilimler Dergisi, 7 (1), 51-64.
- Çukurçayır, F., Geçer, C., Arabacı, H. (1997). Yaşam İçin En Değerli Kaynaklar, Hava ve Su. Meteoroloji Mühendisliği. TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayın Organı. Sayı 2: 24-32.
- Dolgen, D., Baban, A., Alpaslan, M.N. (2006). Use of rainwater cistern systems (RWCS) as an alternative for freshwater augmentation. Sustainable Water Management, 11-13.
- Durmuş Ö. (2013). Su Verimliliği. (İkinci Baskı). Verimlilik Genel Müdürlüğü, Ankara, 6s.
- Evsahibioglu, A.N. (2008). Yüzyılımızda Dünyada ve Türkiye’de Su Sorunu ve Çözüm Yolları Üretmede Uzaktan Algılama Teknolojisinin Kullanımı. TRT GAP TV.
- Falkenmark, M., Rockström, J. (2004). Balancing Water for Humans and Nature, Earthscan, London. 2.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Himes, J.H. (1991). Anthropometrics Assessment of Nutritional Status. New York: A John Wiley and Sons. Inc. Publication.

<http://diyot.net>

<http://megep.meb.gov>

<http://tusiad.org>

<http://ww1.microchip.com>

<http://www.calgary.ca>

<http://www.cbc.ca>

<http://www.dsi.gov>

<http://www.ebmud.com>

<http://www.frmotomasyon.com>

<http://www.hidrofen.com>

<http://www.ibrahimcayiroglu>

<http://www.rijinalelektrik.com>

<http://www.simav.gov>

<http://www.tuik.gov>

<http://www.tuik.gov>

<https://maximintegrated.com>

<https://otomasyonadair.com>

<https://water.usgs.gov>

<https://www.alarko-carrier.com>

<https://www.ismitekno.com>

<https://www.mgm.gov.tr>

<https://www.robotistan.com>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kanat, V., (2015), Sensörler&Arduino (Birinci Baskı). İstanbul: Dikeyksen Yayınevi,3-51
- Meriç, B. T., (2004). Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 28 (1), 27-38.
- Murray, R.K., Granner, D. K., Mayes, P. A., Radwell, V. W. (1996). Harper'in Biyokimyası. (Çev: Dikmen, N., Özgünen, T.) Eğitim ve Bilim, (Yirmidördüncü Baskı). İstanbul: Barış Kitabevi.
- Nagarajan, R., (2009). Drought assessment, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 3-25.
- Saygılı, E., Çayıroğlu, İ. (2015). Servo Motor ile 2-Eksenli Robot Kolunun Kontrolü. Fen ve Teknoloji Bilgi Paylaşımı, 1(7), 1-3.
- Taşdemir, C. (2014). Arduino. (Yedinci Baskı). İstanbul: Dikeyksen Yayınevi, 8-39
- Uluırmak A. (2014). Türkiye’de Su Yönetimi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 24s.
- UNESCO, (2006). Water Shared Responsibility, The United Nations World Water Report II, Paris, s121.
- WWF-Türkiye, (2014). Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu.
- Yavuz, E. (2015). 3 Serbestlik Dereceli (3r) Bir Robot Manipülatörünün Kontrolü Ve Görüntü İşlemeye Dayalı Nesne Taşınması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 80s.
- Yıldız, D., Özbay, Ö. (2008). Su ve Toprak. (İkinci Baskı). USİAD, İstanbul, 22-23.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DEĞİRMENCİ, Kazım
Doğum tarihi ve yeri : 02.03.1975 Karabük
e-mail : degirmencikazim@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	-	-
Yüksek Lisans	-	-
Lisans	GÜTEF/ Elektrik Eğitimi Bölümü	1997
Lise	Karabük Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	1992

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1997	M.E.B.	Öğretmen

Yabancı Dil : İngilizce

Yayınlar : -