

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

**İÇ MEKÂN SU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE TASARRUF
SAĞLAYAN BİR KONTROL SİSTEMİNİN
TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nurdoğan CEYLAN

Enstitü Anabilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Durmuş KARAYEL

Temmuz 2016

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇ MEKÂN SU DAĞITIMINDA TASARRUF
SAĞLAYAN BİR KONTROL SİSTEMİNİN
TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nurdoğan CEYLAN

Enstitü Anabilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez .../.../2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabuledilmiştir.

Doç.Dr.
Durmuş KARAYEL
Jüri Başkanı



Prof.Dr.
Ahmet ERDİL
Üye



Doç.Dr.
Ahmet KOLİP
Üye



BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Nurdoğan CEYLAN

10.06.2016

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca, çalışmanın her aşamasında bilgi ve desteğini benden esirgemeyen, beni teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Durmuş KARAYEL'e teşekkürlerimi sunarım.

Sakarya Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü, bölüm hocaları başta olmak üzere üniversitemizin araştırma ve laboratuvar olanaklarını kullanırken desteklerini gördüğüm bütün yetkililere de teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: 2015-50-01-030) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Dünya’da ve Türkiye’de Suyun Durumu	1
1.2. Su Kaynaklarının Etkili Yöntemlerle Korunması ve Verimli Su Kullanımının Sağlanması İçin Yapılan Çalışmalar	7
1.2.1. Su konusunda sorumluluğu olan kamu kurumlarınca gerçekleştirilen çalışmalar	8
1.2.1.1. Türkiye’de su yönetiminde söz sahibi olan kurumlar ve görevleri	8
1.2.2. Su konusunda duyarlılığı olan çevre kuruluşları ve bu kuruluşların çalışmaları	10
1.2.3. Su tasarrufu sağlamak ve suyun sebep olduğu yapı hasarlarını önlemek için geliştirilen teknik önlem unsurları	11
1.3. İç Mekân Su Kayıpları ve Bu Kayıpların Sebep Olduğu Yapı Hasarları	12
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI	18

2.1. Su Konusunda Sorumluluğu Olan Kamu Kurumlarınca Gerçekleştirilen İdari ve Yasal Düzenlemeler	18
2.2. Su Konusunda Duyarlılığı Olan Çevre Kuruluşlarınca Gerçekleştirilen Toplantı, Aktivite, Tanıtım, Yayın gibi Toplumsal Duyarlılığı Artırmaya Dönük Çalışmalar	20
2.3. Su Tasarrufu Amaçlayan Teknik Ürünler	22
2.3.1. Su geri dönüşüm sistemleri	22
2.3.2. Su sızıntılarını ve taşkınlarını önleyen sistemler	27
2.3.3. Akıllı evlerde kullanılan sistemler	33
 BÖLÜM 3.	
ÖNERİLEN SİSTEMİN TASARIMI	37
3.1. Sıcak Su Geri Dönüşüm Sisteminin Tasarımı ve Çalışma Yöntemi	45
3.2. Sızıntı Önleme Sisteminin Tasarımı ve Çalışma Yöntemi.....	54
3.3. Taşkın Önleme Sisteminin Tasarımı ve Çalışma Yöntemi.....	57
 BÖLÜM 4.	
ÖNERİLEN SİSTEMİN UYGULANMASI	61
4.1. Sıcak Su Geri Dönüşüm Sistemi ve Taşkın Önleyici Sistemin Deneme Uygulaması.....	61
4.2. Maket Evin Tasarımı ve İmalatı	63
4.3. Prototip Gerçekleştirilirken Karşılaşılan Kısıtlamalar.....	67
4.4. Uygulanan Prototipin Tesisat Şeması ve Kullanılan Donanımların Özellikleri	69
4.4.1. Kontrol ünitesinde bulunan donanımlar	70
4.4.2. Su tesisatında bulunan donanımlar	80
4.5. Uygulanan Prototip ve Çalışması	85
4.5.1. Sıcak su geri dönüşüm sisteminin çalışması	86
4.5.2. Taşkın önleme sisteminin çalışması	90
4.5.3. Sızıntı önleyici sistemin çalışması.....	91
4.5.4. Prototipte uygulanan PLC yazılımı	92

BÖLÜM 5.

MALİYET ANALİZİ	97
5.1. Mevcut Yapılarda Su Kaybının Neden Olduğu Giderler	97
5.2. Bir Kontrol Birimi Olmayan Yapılarda Önerilen Sistemin Maliyet Analizi	98
5.3. Bir Kontrol Birimi Olan Yapılarda Önerilen Sistemin Maliyet Analizi	100
5.4. Sıcak Su Geri Dönüşüm Sisteminin Farklı Modülleri İçin Oluşan Sistemlerin Maliyet Analizi.....	101

BÖLÜM 6.

TARTIŞMA VE SONUÇ	104
KAYNAKLAR	108
ÖZGEÇMİŞ	112

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AA	: Akış Anahtarı
AWWA	: American Water Works Association
BS1	: Basınç Sensörü 1
BS2	: Basınç Sensörü 2
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	: Devlet Su İşleri
IBHS	: Insurance Institute for Business and Home Safety
IBNET	: International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities
IWA	: International Water Association
KHK	: Kanun Hükmünde Kararname
KOSKİ	: Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
ROT	: Reaktif oksijentürleri
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition
SS	: Sıcaklık
SSR	: Sıvı Seviye Rölesi
USGS	: United States Geological Survey

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Dünya'da tatlı suyun toplam su rezervi içindeki oranı ve dağılımı (Şahin ve Manioğlu, 2011)	1
Şekil 1.2. Su döngüsü (NASA, 2016)	3
Şekil 1.3. Ülkemizde yıllık kişi başına düşen su miktarı	5
Şekil 1.4. Ülkemizdeki su kullanımının sektörlere göre dağılımı (DSİ, 2007).....	6
Şekil 1.5. Evlerde suyun kullanım alanına göre dağılımı	15
Şekil 2.1. Watts'a ait sıcak su geri dönüşüm pompası (WATTS,2016)	25
Şekil 2.2. Laing-termetech kuruluşunun geliştirdiği ACT-4 ürünü	26
Şekil 2.3. RDT Endüstriyel kuruluşuna ait RS-080 ve RS-360 serisi ürünler (RDT,2016)	29
Şekil 2.4. QMI Manufacturing tarafından geliştirilen Water Guardian ve Water Guardian Pro ürünleri (QMI Manufacturing,2016).....	30
Şekil 2.5. QMI Manufacturing'e ait QMI Maestro System ürünü (QMI Manufacturing, 2016).....	32
Şekil 2.6. Honda'nın uyguladığı akıllı ev sisteminde tasarruf edilen su miktarı (HSHus, 2016).....	36
Şekil 3.1. Bir iç mekân örneği olan evin mimari şemasında, temiz su, sıcak su ve ısıtma sisteminin gösterimi	38
Şekil 3.2. Önerilen sistemin ev örneğinde uygulanması durumunda oluşacak yeni tesisat yapısının, evin mimari şemasında gösterimi	40
Şekil 3.3. Önerilen sistemin çalışmasına ilişkin akış diyagramı	44
Şekil 3.4. Örnek bir evin mimari şemasında sıcak su hattının gösterimi	45
Şekil 3.5. Evin mimari şemasında geri dönüşüm suyunun doğrudan şebekeye verildiği sıcak su geri dönüşüm sistemi.....	46
Şekil 3.6. Evin mimari şemasında ayrı bir dönüş hattının kullanıldığı sıcak su geri dönüşüm sisteminin gösterimi.....	46

Şekil 3.6. Ev örneğinde temiz su ve sıcak su tesisatının şematik tasarımı.....	48
Şekil 3.7. Ev örneğinde sıcak su tesisatına, sıcak su geri dönüşüm sisteminin ilave edilmesiyle oluşturulan şematik tasarım.....	48
Şekil 3.8. Sürekli çalıştırma modu algoritma akış diyagramı	49
Şekil 3.9. Zamanlayıcı kontrollü mod algoritma akış diyagramı.....	51
Şekil 3.10. Termostat kontrollü moda ilişkin algoritma akış diyagramı.....	52
Şekil 3.11. Kullanıcı kontrollü çalışma moduna ilişkin algoritma akış diyagramı	53
Şekil 3.12. Kullanıcı ekranının tasarımı.....	55
Şekil 3.13. Ev örneğinde, su tesisat şemasında sızıntı önleyici sistemin tasarımı	55
Şekil 3.14. Sızıntı önleyici sistemin algoritma akış diyagramı	56
Şekil 3.15. Sızıntı önleyici sistemin reset butonu ilave edilmemiş durumunun algoritma akış diyagramı	57
Şekil 3.16. Ev örneğinde, su tesisat şemasında taşkın önleyici sistemin tasarımı	58
Şekil 3.17. Taşkın önleyici sistemin algoritma akış diyagramı	60
Şekil 4.1. Sıcak su geri dönüşüm sistemi deneme uygulaması	62
Şekil 4.2. Sıcak su elde etmede kullanılan ısıtıcı ve gösterge.....	62
Şekil 4.3. Taşkın önleme sistemi deneme uygulaması.....	63
Şekil 4.4. Üzerine prototip su tesisatı kurulacak olan evin tasarımının ön ve arka görünüşü	63
Şekil 4.5. İmal edilen maket evin ön ve arka görüntüsü	64
Şekil 4.6. Tasarlanan maket ev üzerine kontrol paneli ve ısıtıcının yerleştirilmiş hali	65
Şekil 4.7. Üretilen maket evin içini ve kontrol panelini gösteren görüntüler	65
Şekil 4.8. Tasarlanan evin içinin açılması ile oluşan ön görünüş	66
Şekil 4.9. İmal edilen evin içi açılınca oluşan ön görünüş.....	66
Şekil 4.10. Tasarlanan maket evin içi açıldıktan sonra oluşan arka görünüş.....	67
Şekil 4.11. Uygulanan prototipin su tesisatının şematik gösterimi.....	69
Şekil 4.12. Kontrol panosu ve panonun içindeki donanımlar	70
Şekil 4.13. Programlanabilir mantık denetleyici LS XBC-DR30SU	72
Şekil 4.13. 24 V DC güç kaynağı.....	73

Şekil 4.14. Sıcaklık ölçüm modülü XBF-RD04A'nın görüntüsü ve donanım şeması	74
Şekil 4.15. Analog-dijital dönüştürücü modülü ve donanımsal şeması	76
Şekil 4.16. Sıvı seviye kontrol rölesi SSRC-04	78
Şekil 4.17. Kullanıcı paneli XP30-TTE	79
Şekil 4.18. Su tesisatına bağlı donanımlar	81
Şekil 4.19. Uygulanan prototipte kullanılan sirkülasyon pompası	82
Şekil 4.20. Uygulanan prototipte kullanılan normalde kapalı/normalde açık valfler.....	83
Şekil 4.22. PT100 sıcaklık sensörü	84
Şekil 4.23. Uygulanan prototipte kullanılan basınç sensörleri.....	85
Şekil 4.24. Sıcak su geri dönüşüm sisteminde “sistem kapalı” uyarısı.....	86
Şekil 4.25. Sıcak su geri dönüşüm sisteminde “su ısınıyor” uyarısı.....	87
Şekil 4.26. Sıcak su geri dönüşüm sisteminde “su yeterince sıcak” uyarısı	87
Şekil 4.27. Sıcak su geri dönüşüm sisteminde su ısınıyorken musluk kırmızı led uyarısı	88
Şekil 4.28. Sıcak su geri dönüşüm sisteminde yeterli sıcaklığa ulaşmamış suyun ısıtıcı kaynağa iletilmesi.....	89
Şekil 4.29. Sıcak su geri dönüşüm sisteminde suyun yeterli sıcaklığa ulaştığını gösteren yeşil ledin yanması.....	90
Şekil 4.30. Taşkın önleyici sistemde “şebeke suyu kesik” uyarısı	91
Şekil 4.31. Sızıntı önleyici sistemde “su kaçağı var” uyarısı.....	92
Şekil 4.32. Sıcaklık ve basınç sensörlerinden veri okuma komutları	93
Şekil 4.33. Kontrol panelindeki iki konumlu anahtar on konumuna gelmesiyle işlenen komutlar	94
Şekil 4.34. Sıcaklık yeterli dereceye ulaştığında muslukların önündeki valfleri ve kırmızı_ledleri kapatan program.....	95
Şekil 4.35. Kullanıcı ekranına program çalışırken yazdırılması gereken uyarılara ilişkin komutlar.....	96
Şekil 4.36. Entegre sistemin, taşkın önleyici birimin çalışmasını ifade eden program dilimi	96

TABLÖLÖRLÖSTESÖ

Tablo 1.1. KÖresel su dağılımı (Gleick, 1993).....	2
Tablo 1.2. Bazı Ölkeler/bÖlgelerde kişi başi ortalama kentsel su tÖkretim miktarı	6
Tablo 1.3. Evlerde sıcak su elde ederken boşa harcanan suyun miktarı	16
Tablo 1.4. Risk durumlarında oluşabilecek tahmini su kayıp miktarları	17
Tablo 4.1. XBC Serisi “SU” model PLC’nin teknik Özellikleri	71
Tablo 4.2. Programlanabilir mantık denetleyici XCB LS-DR30SU tanıtımı	72
Tablo 4.3. Sıcaklık ÖölçÖm modÖlÖ XBF-RD04A’nın donanımsal tanıtımı	74
Tablo 4.4. Sıcaklık ÖölçÖm modÖlÖ XBF-RD04A’nın teknik Özellikleri.....	75
Tablo 4.5. Analog-dijital dÖnÖştÖrÖcÖ donanım birimleri ve gÖrev aÖıklamaları.	76
Tablo 4.6. Analog-dijital dÖnÖřtÖrÖcÖ XBF-AD04A’nın Özellikleri.....	77
Tablo 4.7. Sıvı seviye kontrol rÖlesinin teknik Özellikleri	78
Tablo 4.8. Kullanıcı ekranı XP30-TTE gÖstergesinin teknik Özellikleri	80
Tablo 4.9. Prototipte kullanılan sirkÖlasyon pompasının teknik Özellikleri	82
Tablo 4.10. Prototipte kullanılan normalde kapalı/aÖık valflerin teknik Özellikleri.....	83
Tablo 4.11. Prototipte kullanılan basınÖ sensÖrlerinin teknik Özellikleri.....	85
Tablo 5.1. Sıcak su kullanımında oluşan yıllık kaybın ailedaki birey sayısına gÖre bedeli	98
Tablo 5.2. PLC tabanlı bir iÖ mekân su dağıtımında tasarruf sağlayıcı sistemin maliyeti.....	99
Tablo 5.3. Arduino tabanlı bir iÖ mekân su dağıtımında tasarruf sağlayıcı sistemin maliyeti	100
Tablo 5.4. Önerilen sistemin PLC tabanlı bir akıllı ev sistemine entegrasyonu durumunda oluşan maliyet	101
Tablo 5.5. Sıcak su geri dÖnÖşÖm sistemlerinin farklılaşması ile oluşan farklı maliyetler.....	102

ÖZET

Anahtar kelimeler: Akıllı yapılar, su tasarrufu, iç mekân taşkın önleme sistemi

Su kaynaklarımızın verimli kullanılmadığı ve gerekli tasarruf tedbirlerinin alınmadığı takdirde, gelecekte büyük su sıkıntılarının çekileceği kaçınılmaz bir gerçektir. Suyun tasarrufu varken yapılır, yokken yapılan tasarruf değil zorunluluktur. Bu çalışma, iç mekân kullanım suyu kaybının önlenmesi için bütüncül bir kontrol sistemi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Söz konusu kayıp genel olarak sıcak su kullanımında oluşan kayıplar ve sular kesik olduğunda bataryanın açık unutulması ya da herhangi bir sebeple tesisatta veya arızalı çamaşır makinası, bulaşık makinası vb. sistemlerde ki sızıntılardan dolayı meydana gelmektedir. Bu çalışmada, her bir kayıp için ayrı bir çözüm geliştirilmiştir. Ancak geliştirilen her üç alt sistemde birleştirilerek bütüncül bir sisteme dönüştürülmüştür. Sıcak su dağıtım sisteminde, bataryaya gelen soğuk su yeniden sirküle edilerek ısıtıcı kaynaktan geçirilmiş ve çok kısa bir süre zarfında kullanıma hazır sıcaklığa getirilmiştir. Su kaybının diğer bir önemli sebebi ise sular kesik olduğunda açık unutulan bataryalardır. Bu durumda da tesisatta su olmadığında basınç düşüşüne duyarlı bir basınç sensörü yardımıyla riskli durum algılanarak girişe yerleştirilen ana vananın kapatılması geliştirilen sistem tarafından sağlanmaktadır. Su kaybında yaygın olarak karşılaşılan bir başka sebep te, doğrudan tesisat üzerindeki ya da tesisata bağlı herhangi bir sistemdeki sızıntılardır. Bu sızıntılar esasen çok az olmasına karşılık fark edilmediğinde büyük kayıplar ve maddi hasarlara neden olmaktadır. Hatta sızıntının ortaya koyduğu olumsuz durumun büyüklüğüne göre insanlar üzerinde psikolojik tesirleri de olabilmektedir. Bu problem için mutfak, banyo ve lavabo gibi tesisatın geçtiği riskli alanlara nem sensörleri yerleştirilerek, herhangi bir sızıntı durumunda girişteki vananın kapanması sağlanmaktadır. Sözü edilen problemlerin çözümü için ülkemiz dâhilinde geliştirilmiş bir sisteme rastlanılamamıştır. Yurt dışında geliştirilmiş bazı sistemler olmakla birlikte, bu çalışma her üç problemi birlikte ele alarak bütüncül bir yaklaşımla çözmesi bakımından diğerlerinden farklıdır. Akıllı ev sistemlerinin hızla yaygınlaştığı günümüzde, geliştirilen sistemin yaygın bir kullanım alanı bulacağı, istihdama ve ekonomiye önemli katma değerler sağlayacağı ümit edilmektedir.

DESIGN OF CONTROL SYSTEM TO SAVE IN HOT WATER DISTRIBUTION SYSTEMS AND ITS PROTOTYPE PRODUCTION

SUMMARY

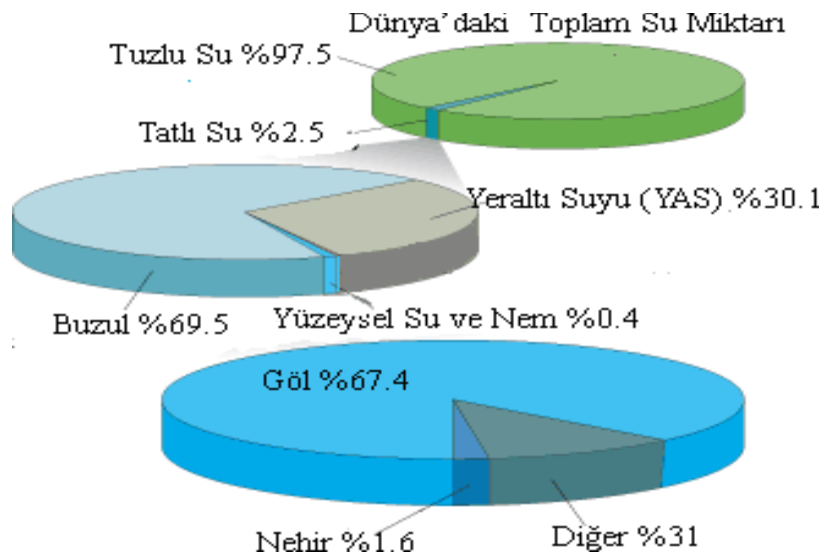
Keywords: Smart buildings, saving water, flood prevention system

This study aims to develop an integrated control system to prevent the loss of water for indoor places. In general these losses occur while using of the hot water, forgetting the water batteries into open during the water cuts, or due to faults in washing machine, dishwasher and indoor plumbing system. In this study, a different solution is developed for each loss type. Then, the developed three subsystems were combined and transformed into an integrated system. The cold water that comes to battery of the hot water distribution system is being recirculated and is being passed through heating source and made ready to use in suitable temperature in a very short time. Another important reason of water loss is the forgotten open water batteries during the water cuts. In this case, when there is no water in plumbing, the main valve is closed by the developed system using a pressure sensor for low pressure detecting risky situation. Another reason commonly encountered in water losses is leakages in plumber or in a system connected to the plumbing. When the leakages aren't detected, they causes big losses and material damages. Even the people may be affected psychologically according to negative situation because of these leakages. The closing of main valve can be a solution when any leakage is noticed by the humidity sensors placed in the risk area of pipe installation such as the kitchen, bathroom and lavatory. Any system developed in our country for the solution of the stated problems could not be found with our review. Although some systems have been developed abroad, this study is different from the others with regard to its holistic approach addressing all three problems together. Nowadays that the use of smart home systems began to become widespread, it is expected that the developed system will find a common use area and will provide significant contributions to employment and country's economy.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Dünya’da ve Türkiye’de Suyun Durumu

Su bütün canlıların yaşayabilmeleri ve yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli olan en temel bileşenlerden biridir. İnsanın yaklaşık %65’i sudur (Yüksel, 2013). Dünyamızın üçte ikisi sulardan oluşmaktadır. Bu suların %97’si okyanus ve denizlerdeki sulardır. Okyanus ve denizlerdeki bu sular tuzlu sulardır. Bir başka deyişle; dünyamızdaki suların sadece %3’ü tatlı sudur. Bu %3 oranındaki tatlı suyunda %68.3’ü buz dağları ve buzullardaki sular, %31.4’ü yeraltı suları ve %0.3’ü de yüzey sularıdır. Bu %0.3 oranındaki yüzey sularının, %2’si nehirlerde, %11’i bataklıklarda, %87’si de göllerdedir. Nehirlerdeki ve göllerdeki tatlı sular, insanların ulaşabileceği en kolay tatlı su kaynaklarıdır. Bu kaynaklardaki tatlı su miktarı, toplam depolanmış tatlı suyun ancak %0.04’üne karşılık gelmektedir (USGS,2016). Dünyada suyun bulunma yerleri ve ulaşılabilirliğine göre dağılımı bu şekildedir. (Bkz. Şekil 1.1.)



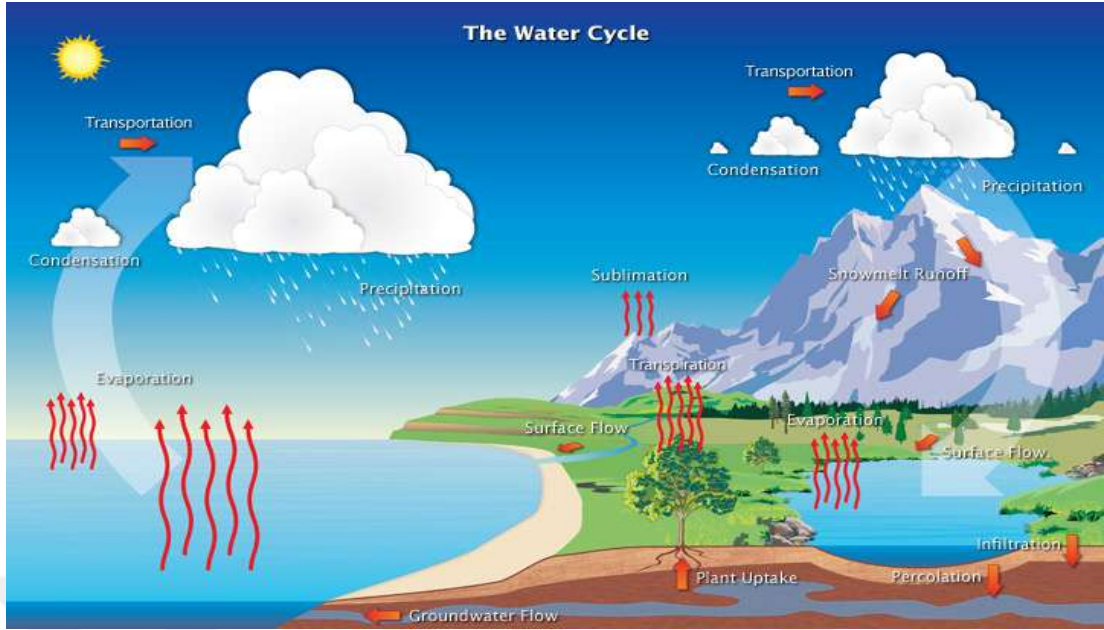
Şekil 1.1. Dünya da tatlı suyun toplam su rezervi içindeki oranı ve dağılımı(Şahin ve Manioğlu, 2011)

Şekil 1.1.'de oranları verilen suyun miktarları Tablo 1.1.'de verilmektedir.

Tablo 1.1.Küresel su dağılımı(Gleick, 1993)

Su Kaynağı	Su Miktarı(Metre Küp)	Temiz Su İçindeki Oranı(%)	Toplam Su Miktarı İçindeki Oranı(%)
Okyanuslar Denizler ve Körfezler	1,338,000,000	--	96,5
Buz tepeleri, Buzullar ve Kalıcı Kar	24,064,000	68,7	1,74
Yer altı suyu	23,400,000	--	1,7
	Tatlı 10,530,000	30,1	0,76
	Tuzlu 12,870,000	--	0,94
Toprak nemi	16,500	0,05	0,001
Zemin buzu ve Donmuş toprak	300,000	0,86	0,022
Göller	176,400	--	0,013
	Tatlı 91,000	0,26	0,007
	Tuzlu 85,400	--	0,006
Atmosfer	12,900	0,04	0,001
Bataklık suyu	11,470	0,03	0,0008
Nehirler	2,120	0,006	0,0002
Biyolojik Su	1,120	0,003	0,0001
Toplam	1,386,000,000	-	100

Dünyada suyun coğrafik yerleşimi, su döngüsü (çevrimi) denilen ekolojik bir sistemin parçasıdır. Bu sisteme göre; çeşitli yağış şekilleri ile (kar, yağmur, dolu vs.) yeryüzüne ulaşan suyun bir kısmı, daha yeryüzüne düşerken buharlaşarak atmosfere geri döner. Bir kısmı yeryüzünde akışa geçerek dereleri, çayları, nehirleri ve akarsuları oluştururlar. Bu akarsularda daha sonra durgun halde ki deniz ve göllere ulaşmaktadır. Bir kısmı da yağışın düştüğü yerde veya suyun akışı sırasında ortamın geçirgenliğine bağlı olarak yeraltına süzülerek yeraltı sularını oluşturur. Denizlere ve göllere ulaşan veya yeraltına sızan suyun bir miktarı buharlaşarak tekrar atmosfere döner.



Şekil 1.2. Su Döngüsü (NASA, 2016)

Bu süreçle ilgili olarak şu bilgiler verilmektedir:

- Okyanuslardan her yıl 333.000 km³ su buharlaşmaktadır.
- Karaların yüzeyinden buharlaşan su miktarı ise 63.000 km³'tür.
- Bu suların hepsi yeryüzü ile atmosfer arasında hareket etmektedir.
- Ancak, 100.000 km³ su yağış olarak yeryüzüne dönmektedir.
- Geriye kalan hareketli suyun bir kısmı ya yeryüzüne gelirken yenidenbuharlaşmakta, ya da kutuplarda katı halde bağlanıp kalmakta veya yüzlerce metre yer kabuğu derinliklerinde birikmektedir.
- Yağışlarla bir yılda karalara gelen miktar ortalama olarak 660 mm, denizlere düşen de 340 mm olmak üzere dünyamız toplam ve yaklaşık olarak yılda 1000 mm yağış almaktadır.
- Yağışların dünya üzerindeki dağılımı büyük oranda farklılık gösterir. Örneğin, tropik yağmur ormanlarına yılda yaklaşık 10.000 mm üzerinde yağış düştüğü halde, çöllerin birçoğu 25 mm' nin altında yağış almaktadır.

Suyun coğrafik dağılımının, insanların dünya üzerindeki sosyo-politik dağılımı ile ilişkilendirilmesi sonucu, insanların kullanabildiği su miktarını gösteren, su zenginliği ölçütü ortaya çıkmıştır. Bu ölçüte göre;

- a. Kişi başına düşen su miktarı 10.000 m³'ten fazla olan ülke su zengini,
- b. Kişi başına düşen su miktarı 3.000-10.000 m³ olan ülke yeterli suyu olan,
- c. Kişi başına düşen su miktarı 1.000-3.000 m³ olan ülke su sıkıntısı olan ülke,
- d. Kişi başına düşen su miktarı 1.000 m³'ten az olan ülke ise su fakiri ülkedir (KOSKİ,2011).

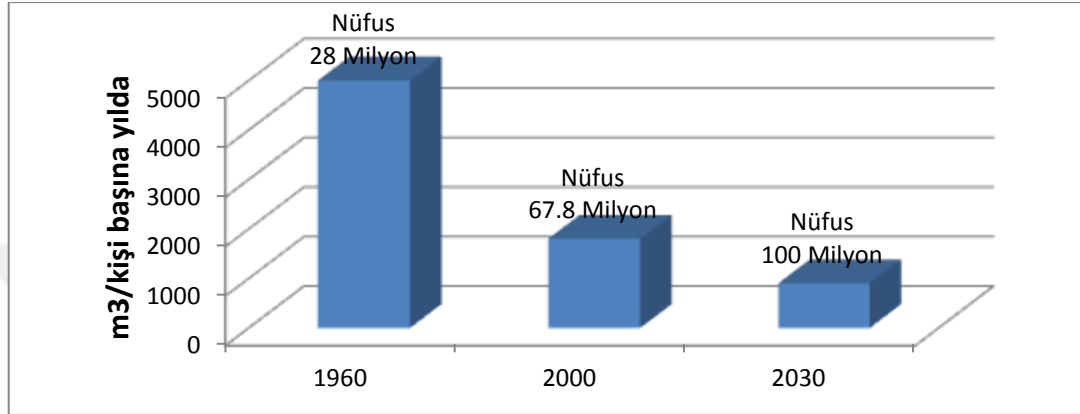
Hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşmeye bağlı olarak kullanılan su rezervleri gün geçtikçe tüketilmekte ve bunun yanında özellikle endüstrileşmiş ülkelerde zamanında alınmayan tedbirler nedeniyle, doğrudan veya dolaylı olarak suya bırakılan kirleticilerle sular kirlenmekte ve kullanılamaz hale gelmektedir. Dünya'daki birçok akarsu evsel ve endüstriyel atıklarla o kadar fazla kirlenmiştir ki bu akarsuların bazı kesimlerinden atık taşınımı dışında başka hiçbir amaçla yararlanılamamaktadır. Çok kısıtlı olan tatlı su kaynaklarının ekonomik bir şekilde kullanımının yanında, bu suların kirlenmemesi ve dengesinin bozulmaması için mutlaka tedbirler almak gerekmektedir (KOSKİ,2011).

Suyun dünyadaki durumuna benzer şekilde, ülkemizdeki durumu içinde şunları söylemek mümkündür: Ülkemizdeki su rezervlerine baktığımızda yerüstü kaynaklarının 98 milyar m³, yeraltı kaynaklarının 12 milyar m³ olup toplam su rezervinin 110 milyar m³ olduğu tahmin edilmektedir. Buna göre ülkemizde kişi başına düşen yıllık ortalama su miktarı 1600 m³'tür. Yani ülkemiz su zenginliği ölçütüne göre su sıkıntısı olan ülkeler kategorisinde yer almaktadır (Muluk ve ark., 2013).

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün (DSİ) 2007 yılında yaptığı bazı çalışmalardan elde ettiği verilerde ülkemizin su potansiyeli şu şekilde tespit edilmiştir; Türkiye'de yıllık ortalama yağış 643 mm ve toplam su kapasitesi 501 milyar m³'tür. Bu suyun 274 milyar m³'ü buharlaşmayla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³'ü yeraltına sızmakta ve 158 milyar m³'lük kısmı akışa geçmektedir. Yeraltı suyunun 28 milyar m³'ü pınarlar ile tekrar akışa katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelere gelen 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt su potansiyeli 193 milyar

m^3 olmaktadır. Ancak günümüzün teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde bu potansiyelin 112 milyar m^3 'ü kullanılabilir durumdadır.

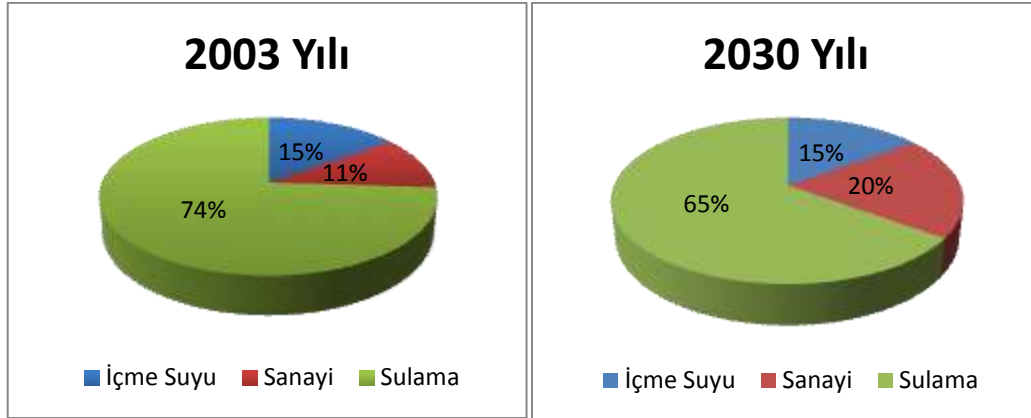
Şekil 1.3.'te görüldüğü gibi, ülkemiz şu anda su azlığı sınıfında bulunmaktadır ve yaklaşık 20 yıl sonra su fakiri sınıfına düşecektir (Toprak ve ark., 2007).



Şekil 1.3. Ülkemizde yıllık kişi başına düşen su miktarı

Ayrıca yine Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün ilgili çalışmasında ülkemizde suyun kullanım alanlarına göre dağılımı hakkında şu bilgiler yer almaktadır:

Ülkemizde suyun büyük bir kısmı tarımsal sulamada değerlendirilmektedir. Daha sonra evsel ve endüstriyel kullanım gelmektedir. Şekil 1.4.'te görüldüğü gibi önümüzdeki 20 yılda bütün su kaynaklarımızı değerlendirirsek, tarıma ayrılan su oranı azalıp sanayiye ayrılan su oranının artması ve içme suyu oranının ise aynı kalması öngörülmektedir.



Şekil 1.4. Ülkemizdeki su kullanımının sektörlere göre dağılımı (DSİ, 2007).

Kişi başına günlük ortalama kentsel su tüketim standardı 150 lt olarak kabul edilmektedir. Dünya genelinde bölgelere göre kişi başına su tüketim miktarları; sanayileşmiş ülkelerde ortalama 266 lt iken Afrika'da 67 lt, Asya'da 143 lt, Arap Ülkelerinde 158 lt, Latin Amerika'da 184 lt, Türkiye'de ise kişi başına günlük içme ve kullanma suyu tüketimi 2004 yılı DPT verilerine göre ortalama 111 litredir.(Tablo 1.2.'de bazıları gösterilmektedir.) Bu oran İstanbul için 125lt/gün/kişi, Ankara için 141 lt/gün/kişi olarak hesaplanmaktadır(KOSKİ,2011).

Tablo 1.2. Bazı ülkeler/bölgelerde kişi başı ortalama kentsel su tüketim miktarı

Ülkeler/Bölgeler	Kişi Başına Günlük Ortalama Kentsel Su Tüketim Miktarı (lt/gün/kişi)
Kanada	335
İtalya	250
İsviçre	200
Arap Ülkeleri	158
Fransa	150
Asya	143
Türkiye	111
Afrika	68

Dünyada ve ülkemizdeki suyun durumunu gösteren bu veriler dikkate alındığında su kaynaklarının korunması ve verimli su kullanımının sağlanması konusunda yapılan çalışmaların önemi ortaya çıkmış olacaktır.

Daha önce bahsi geçen, suyun Dünya’da ve ülkemizdeki durumunu gösteren verilere ek olarak, suyun coğrafik dağılımı, bu dağılımın su döngüsü ile sürekli bir değişim göstermesi, suyun coğrafik dağılımının insanların sosyo-politik dağılımı ile ilişkilendirilmesi sonucu ortaya çıkan su zenginlik ölçütleri ve su kirliliğinin gün geçtikçe artması gibi başlıca dört sebebin gösterdiği bir gerçek söz konusudur: “Her ne kadar su, geri dönüşümü mümkün olan bir kaynak olsa da bu dönüşüm niteliksel ve niceliksel olarak oldukça zordur.” Bu nedenle bir musluktan akıtılan temiz suyun, aynı temizlik ve aynı miktarda o musluktan tekrar akması için, geçtiği atıksu kanallarından temiz olarak geçmesi, sonra, akıtıldığı derelerden kirlenmeden, buharlaşmadan geçmesi, buharlaştıysa bile yine aynı ülkenin hatta aynı şehrin üzerine yağış olarak düşmesi, bu yağışın sonunda içme suyu kaynağı olarak kullanılan barajlara, göllere veya akarsulara karışması, sonra, tekrar aynı musluğa gelmesi gerekmektedir. Bu yolculuğun zorluğu hatta imkânsızlığı ise ortadadır. Öyle ise kullanım suyunun boşa harcanmaması konusunda azami ölçüde dikkat etmek gerekir.

1.2. Su Kaynaklarının Etkili Yöntemlerle Korunması ve Verimli Su Kullanımının Sağlanması İçin Yapılan Çalışmalar

Su kaynaklarının etkili yöntemlerle korunması ve verimli su kullanımının sağlanması gerektiği artık küresel boyutta kabul gören bir düşüncedir. Bu düşüncenin sonucunda su ile ilgili kamu kurumları ve su konusunda duyarlı çevre kuruluşları neler yapılması gerektiği konusunda çalışmaktadır. Bu çalışmaları üç grupta sınıflandırabiliriz:

- a. Su konusunda sorumluluğu olan kamu kurumlarınca gerçekleştirilen idari ve yasal düzenlemeler.
- b. Su konusunda duyarlılığı olan çevre kuruluşlarınca gerçekleştirilen toplantı, aktivite, tanıtım, yayın gibi toplumsal duyarlılığı artırmaya dönük çalışmalar.
- c. Bir takım ticari ve endüstriyel kuruluşlarca geliştirilen ürünler.

1.2.1. Su konusunda sorumluluğu olan kamu kurumlarınca gerçekleştirilen çalışmalar

Su konusunda sorumluluğu olan kamu kurumlarınca gerçekleştirilen yasal düzenlemelere örnek olarak Türkiye de bu konuda ki yasal mevzuatı gösterebiliriz. Bunlar;

- a. Kanunlar
- b. Kanun hükmündeki kararnameler
- c. Tüzükler
- d. Yönetmelikler
- e. Tebliğler
- f. Uluslararası sözleşmeler

başlıklarında olmak üzere çok sayıda yasal mevzuatla ortaya konulmuştur(Ceyhan, 2013).

Yine ülkemizde su ile ilgili sorumluluğu olan bakanlıklar ve bu bakanlıkların su ile ilgili sorumluluklarını ifade etmek, su konusunun bir ülke için arz ettiği önemi vurgulamak bakımından yararlı olacaktır. Ülkemizde su ile ilgili sorumluluğu olan bakanlıklar ve sorumlulukları aşağıda belirtilmiştir.

1.2.1.1. Türkiye’de su yönetiminde söz sahibi olan kurumlar ve görevleri

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın görevi: “Su Kirliliğinin önlenmesi, yeraltı ve yerüstü sularının, denizlerin ve toprağın korunması, kirliliğin önlenmesi veya bertaraf edilmesi maksadıyla kirletici unsurlar ile kirliliğin giderilmesi ve kontrolüne ilişkin usul ve esasları tespit etmek ve uygulamayı sağlamak, acil müdahale planları yapmak ve yaptırmak, çevrenin korunması maksadıyla uygun teknolojileri belirlemek ve bu maksatla kurulacak tesislerin vasıflarını tespit etmek ve bu çerçevede gerekli tedbirleri almak ve aldirmek, maddi destek sağlamak. Özel Çevre Koruma Sahaları tespit etmek yönetmek, kıyı kenar çizgisi tespiti ve nazım imar planları hazırlanmasında sulak alanların havza sınırlarının belirlenmesi, imar

izinlerinin verilmesi iş ve işlemlerini yapmaktır (644 sayılı KHK,04.07.2011 Tarih ve 27984 sayılı Resmi Gazete).”

Orman ve Su İşleri Bakanlığı’nın görevi: “Su kaynaklarının korunmasına ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına dair politikalar oluşturmak, ulusal su yönetimini koordine etmek, yerüstü ve yer altı sularının zararlarını önlemek, bunlardan çeşitli yönlerden faydalandırmak, enerji amaçlı su kaynakları araştırmak, su kaynaklarının tahsis ve istifade şekillerini belirlemek, planlamak, nüfusu 100000 üstündeki belediyelere suyu sağlamak, kısacası devlet adına su kaynaklarını yönetmek, sulak alanların korunması, doğal hayatın ve yaban hayatının korunması, erozyonla mücadele, ağaçlandırma iş ve işlemlerini yapmaktır (645 sayılı KHK,04.07.2011 Tarih ve 27984 sayılı Resmi Gazete).”

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’nın görevi: “Balıkçılık ve su ürünleri mevzuatı, su ürünleri sahalarının kalitelerinin korunması, zirai ilaç ve gıda kontrolü ve izlenmesi iş ve işlemlerini yürütmektir (639 sayılı KHK,08.06.2011 Tarih ve 27958 sayılı Resmi Gazete).”

Kalkınma Bakanlığı’nın görevi: “Ülkenin doğal, beşeri ve iktisadi her türlü kaynak ve imkânlarını tespit ederek takip edilecek iktisadi, sosyal ve kültürel politika ve hedeflerin belirlenmesinde hükümete müşavirlik yapmak, hükümetçe belirlenen amaçlar doğrultusunda su kaynakları yatırımlarının genel planlamasına ve kirlilik kontrolü alt yapı tesisleri planlarına kaynak sağlamak, beş yıllık kalkınma planları hazırlamaktır (64sayılı KHK,08.06.2011 tarih ve 27958 sayılı Resmi Gazete).”

İçişleri Bakanlığı’nın görevi: “Sınır, kıyı ve karasularımızın muhafaza ve emniyetini sağlamak, ülkenin idari bölümlere ayrılması, il ve ilçelerin genel idarelerini, mahalli idareleri ve bunların merkezi idare ile olan alaka ve münasebetlerini düzenlemektir (3152 Sayılı Kanun,23.02.1985 tarih ve 18675 Sayılı Resmi Gazete).”

Sağlık Bakanlığı’nın görevi: “Birey, toplum ve çevre sağlığını etkileyen ve genel sağlığı ilgilendiren her tür etkeni incelemek, teşhis etmek, değerlendirmek ve kontrol

etmek üzere gerekli laboratuvar hizmetlerinin organizasyonunu sağlamak ve ulusal referans laboratuvarı kurmak ve işletmek, içme suları, biyosidal ürünler gibi görev alanına giren konularda tüketici güvenliği ile ilgili tedbirleri almak ve buna yönelik her türlü iş ve işlemi tesis etmektir (663 Sayılı KHK, 12.11.2011 ve 28103 sayılı Resmi Gazete).”

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın görevi: “Ülkenin enerji ve tabii kaynaklara olan kısa ve uzun vadeli ihtiyacını belirlemek, temini için gerekli politikaların tespitine yardımcı olmak, planlamalarını yapmak, enerji ve tabii kaynakların ülke yararına, teknik icaplara ve ekonomik gelişmelere uygun olarak araştırılması, işletilmesi, geliştirilmesi, değerlendirilmesi, kontrolü ve korunması amacıyla genel politika esaslarının tespit ve tayinine yardımcı olmak, bu kaynakların değerlendirilmesine yönelik arama, tesis kurma, işletme ve faydalanma haklarını vermektir (3154 sayılı Kanun, 01.03.1985 Tarih ve 18681 sayılı Resmi Gazete)” (Ceyhan, 2013).

Bütün bu bakanlıkların alt birimleri olarak görev yapan, su konusunda sorumluluğu bulunan birçok alt birim de vardır. Bunlara bakarak su konusunun -Türkiye özelinde ifade edildiği üzere- bir ülke için arz ettiği önem görülebilir.

1.2.2. Su konusunda duyarlılığı olan çevre kuruluşları ve bu kuruluşların çalışmaları

Su konusunda duyarlılığı olan çevre kuruluşları ve bu kuruluşların çalışmalarına, gerek diğer ülkelerden gerekse de ülkemizden birçok örnek verilebilir. Bunlardan bazıları şunlardır:

- a. United Nations
- b. American Water Works Association
- c. Water Association
- d. International Water Association
- e. European Water Association

- f. World Wide Fund for Nature
- g. International Union for Conservation of Nature
- h. Su Vakfı
- i. Tema Vakfı
- j. Türkiye Çevre Vakfı
- k. Doğal Hayatı Koruma Derneği
- l. Doğa ve Çevre Vakfı

Bahsi geçen çevre kuruluşları su hakkında birçok yayın, tanıtım, eğitim programları, rapor, bilimsel toplantı vs. yapmaktadırlar.

1.2.3. Su tasarrufu sağlamak ve suyun sebep olduğu yapı hasarlarını önlemek için geliştirilen teknik önlem unsurları

Teknolojik ilerlemenin doğal bir sonucu olarak, bugün, insanın etkileşim halinde bulunduğu birçok alanda gelişmiş teknolojik ürünler kullanılmaktadır. Bu çalışmanın da konusu olan suyun verimli kullanımını sağlamak üzere geliştirilen teknik önlem unsurlarına da birçok örnek vermek mümkündür. Bu sistemler genel olarak aşağıdaki gibidir.

- a. Şehirlerin su dağıtım sistemlerinde oluşan kaçakları önlemeye dönük sistemler,
- b. Şehirlerin su dağıtım sistemlerini sürekli denetlemeyi amaçlayan SCADA sistemleri,
- c. İç mekânsu dağıtım sistemlerini kontrol etmeyi amaçlayan akıllı ev otomasyon sistemleri,
- d. Yapının üzerine düşen yağışı bahçe sulamada kullanılmak üzere depolayan - özellikle yeşil binalarda kullanılan-sistemler,
- e. Yapılarda oluşan atık suyu, temizlik derecesine göre ayrıştırıp çok temiz olan suyu sulamaya ve wc rezervuarına aktaran sistemler,
- f. Sensörlü musluklar,
- g. Az su kullanarak yüksek verim elde etmeye çalışan bulaşık makinaları, çamaşır makinaları vb. ev araçları

Bu başlıkta ele alınan örnek sistemler ayrı bir başlık altında detaylıca inceleneceğinden burada genel örnekler üzerinden ele alınmıştır.

Su kaynaklarının korunması ve suyun verimli kullanılmasının sağlanması için yapılan çalışmalarda –Bkz. Alt başlık 1.2.1., 1.2.2., 1.2.3.- iki temel hususun öncelendiği söylenebilir. Bunlar; şehirlerin ana su dağıtım sistemini ve bu sistemlerdeki kayıpları merkeze alması-su kayıplarının standartlaşmasını amaçlayan çalışmalardan (IWA/AWWA yöntemi, IBNET yöntemi vb.) da görüleceği üzere- ve su hakkındaki yasal düzenlemelerin su kullanım teknolojilerini yeterince ele almamasıdır.

Söz konusu çalışmaların hepsi ilgili olduğu alanda önem arz etmektedir. Fakat gerek bu konudaki yasal düzenlemeler gerekse çevre kuruluşlarınca yapılan toplumu bilinçlendirme çalışmaları teknik ürünlerle desteklenmezse amacına ulaşmakta başarısız olabilmektedir. Bu çalışmaların etkisini artırabilmek adına su kaynaklarının korunması konusunda yapılan bu üç başlıktaki çalışmalar bir arada veya belli bir paralellikte yürütülmesi gerekmektedir.

1.3. İç Mekân Su Kayıpları ve Bu Kayıpların Sebep Olduğu Yapı Hasarları

Ülkemizde belediyeler, su dağıtım sistemleri (şehir şebekeleri) ile suyu kullanım noktalarına taşımakta ve bu su yapılarında kullanıldıktan sonra, atık suyu arıtma tesislerine veya atık taşıyan akarsulara kadar götürmektedir. Suyun korunumunu sağlamayı amaçlayan çalışmalar temel olarak su kullanım noktasına gelmeden önceki süreç ve atık haline döndükten sonraki süreçle ilişkindir. İçme suyunun kullanıldığı mekânlara ilişkin düzenlemeler ve çalışmalar, gerek standartlaşma anlamında gerekse de bu standartlara uygun teknik ürün anlamında yeterli değildir.

Birçok sigorta kuruluşunun belirttiğine göre içme suyunun kullanıldığı mekânlar da su kullanımından kaynaklanan risk durumları oluşmaktadır. Örneğin Insurance Institute for Business and Home Safety'nin (IBHS) ev ve işyeri güvenliği için tesbit

ettiği risk durumları; deprem, sel, dolu, kasırga, tesisat hasarları, şimşek ve yıldırımlı yağışlar, hortum, yangın ve kış hava koşullarıdır(2016).

İç mekân olarak adlandırabileceğimiz, evler, iş yerleri, sanayi kuruluşlarındaki insan kullanımına açık alanlar, vb. yerlerdeki su kullanımı sırasında oluşabilecek su kayıplarını önlemek ve suyun yapılara verebileceği zararlara karşı yapıları güvenli kılmak, söz konusu çalışma ile mümkün olacaktır.

İç mekânlarda su kayıplarının ve/veya yapı hasarlarının sebeplerinden bazıları şunlardır:

- a. Yapılarda sıcak su elde etmek için kullanılan, kombi, şofben, termosifon gibi sistemlerde sıcak su elde etmek üzere musluk açıldığında, kullanım noktasından sıcak su akıncaya kadar suyun boşa akıtılması ile oluşan su kaybı. IBHS'nin risk unsuru olarak gösterdiği tesisat hasarlarının önemli bir kısmı su ısıtıcılarına ait hasarlardan kaynaklandığı belirtilmektedir(2016).
- b. Sıhhi tesisattaki yapım hataları veya hasarlardan kaynaklanan su sızıntılarının yol açtığı yapı hasarları ve su kaybı. Bu durum IBHS nin risk durum analizlerinde detaylıca belirtilmektedir(2016).
- c. Su kesintisi durumunda açık unutulmuş muslukların suyun tekrar gelmesi ile evlerde su taşkınına sebep olmasından kaynaklanan su kaybı ve yapı hasarları.

Sıcak su kullanımı sırasında gerçekleşen kayıplar; sıcak suyun elde edildiği cihaz (kombi, şofben vb.) ile kullanım noktası (bataryalar) arasındaki mesafelerin uzun olması sebebiyle başlangıçta suyun yeterli sıcaklığa ulaşamamasından dolayı kullanıcıların boşa akıttığı sularıdır.

Su taşkınlarının neden olduğu kayıplar ve hasarlar; su kesintisi durumlarında açık unutulmuş muslukların neden olduğu su kaybı ve bu kayıp nedeniyle oluşan yapı tahribatlarıdır.

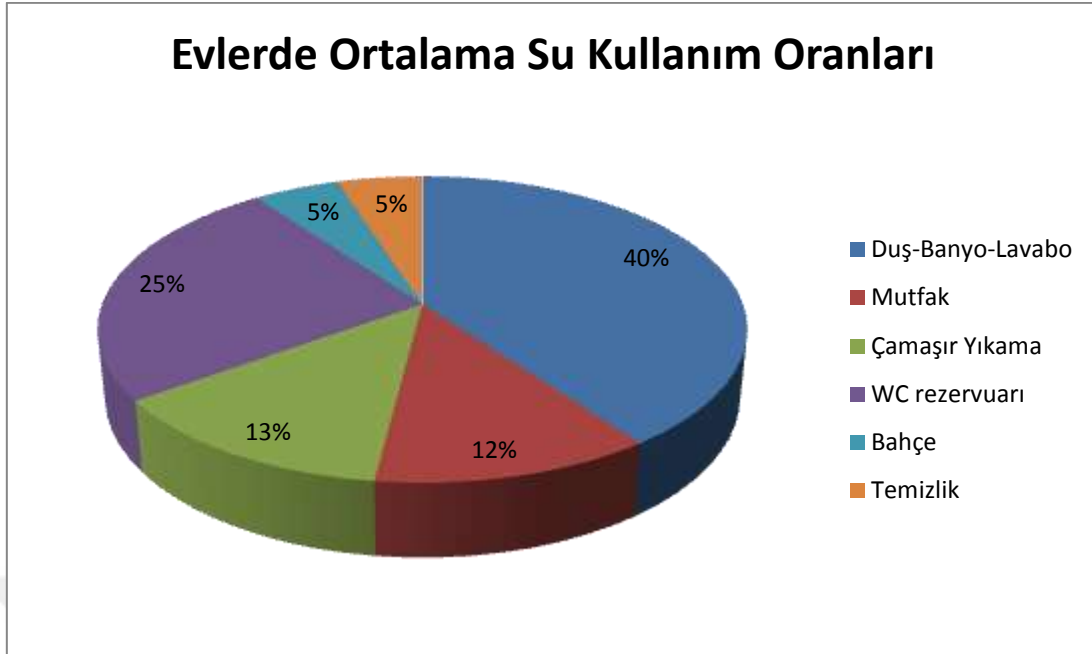
Tesisat sızıntılarından kaynaklanan kayıplar ve hasarlar ise; doğrudan tesisat üzerindeki ya da tesisata bağlı herhangi bir sistemdeki sızıntıların neden olduğu kayıplar ve yapı hasarlarıdır.

Teze konu olan bu çalışma, söz konusu bu üç yapı hasar ve su kaybı sebebini merkeze alarak iç mekân su kullanımını bir otomasyon sistemi ile kontrol edip su kaybının önlenmesi ve yapıyı, su hasarlarına karşı korumak için geliştirilmiş bir tasarım ve prototip içermektedir.

Şekil 1.4.'te belirtildiği üzere ülkemizde toplam su rezervinin %15'i içme suyu olarak, %20'si ise endüstride kullanılmaktadır. Teze konu olan çalışma, işte bu %15'lik kullanım suyunun yanında endüstride kullanılan %20'lik su hakkında da tasarruf ve güvenlik önlemleri içermektedir.

İçme suyu olarak kullanılan su rezervinin -toplam su rezervinin %15'i- bir iç mekân örneği olan evlerde kullanımı Şekil 1.5.'te verilmiştir. Buna göre konutlarda kullanılan suyun %40'ı banyo-duş-lavaboda, %25'i wc rezervuarlarında, %13'ü çamaşır yıkamada, %12'si mutfakta %10'u da bahçe ve temizlikte kullanılmaktadır(KOSKİ, 2011).

Bu oranlar dikkate alındığında sıcak su kullandığımız, banyo-duş-lavabo ve mutfaktaki kullanımlarda elde edilecek su tasarrufunun toplam evsel su kullanımındaki oranı belirlenebilir. Bu oran toplam evsel kullanımın %52'sini oluşturmaktadır. Söz konusu tez çalışmasının temel bir birimi, evlerde sıcak su kullanımında tasarruf sağlamaya dönüktür.



Şekil 1.5. Evlerde suyun kullanım alanına göre dağılımı

Sıcak su elde etme sistemlerinin çalışması temel olarak şu şekildedir: sıcak su akıtan musluk açıldığında kombi, şofben, termosifon vs. çalışmaya başlayarak musluğa gidecek olan suyu ısıtmaya başlar. Ve bir süre sonra istenen sıcaklıktaki su musluğa gönderilir. Özellikle duş ve banyo gibi yüksek sıcaklıktaki suya ihtiyaç duyulan kullanımlarda, sıcak su musluğundan başlangıçta akıtılan yeterli sıcaklığa ulaşmamış su boşa akıtılır. Yaptığımız ölçümlerde, sıhhi tesisattaki kombi-kullanım noktası uzaklığı, mevsimsel koşullar gibi etkilerle değişmekle birlikte yaklaşık 2-3 dk boyunca kullanım noktasından yeterli sıcaklığa ulaşmamış su akıtılmaktadır. Normal musluklarda dakikada 8-27 lt su akıtılır (Güven ve ark., 2012). Bu da yaklaşık olarak normal bir musluk için 12-16 lt suyun boşa akıtılması anlamına gelir ki çok önemli bir kayıptır. Beş kişilik bir ailenin haftada 3 kez duş aldığı varsayılarak bir hesaplama yapılacak olursa sadece duş almak için boşa harcadıkları yaklaşık yıllık su miktarı 11700 lt dir. Bu miktar mutfakta yaklaşık olarak, yıllık 2000 lt olmaktadır. Bu tez kapsamında önerilen sistemle bu kayıplar geri kazanılmaya çalışılacaktır.

Tablo 1.3. Evlerde sıcak su elde ederken boşa harcanan suyun miktarı

Evlerde Sıcak Su Elde Ederken Boşa Harcanan Suyun Miktarı	Evlerde Sıcak Suyun Kullanıldığı Batarya ve Musluklar			Toplam
	Banyo Duş Musluğu	Mutfak Bataryaları	Diğer Musluk ve Bataryalar	
Yaklaşık Yıllık Boşa Harcanan Su Miktarı(lt)	11700	2000	1000	14700

Bahsi geçen diğer kayıpların miktarları konusunda şu tespitler yapılmıştır: Muslukların akış debileri dikkate alındığında evlerde meydana gelen su taşkınlarının da su tasarruf tedbirleri konusunda dikkat edilmesi gereken bir husus olduğu söylenebilir. Buna göre ortalama dakikada 8-27 lt su akıtan bir musluğun bir gece-12 saat- açık kalması ile meydana gelen bir su taşkını durumunda, evdeki maddi hasarın yanında, boşa akan su miktarı yaklaşık, 6000 lt dir. Hem evde oluşan maddi kayıplar hem boşa akan bunca su, bu konuda alınacak teknik bir önlem unsurunun ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Geliştirilen sistemin su taşkınlarına önlem almayı amaçlayan modülü ise, iç mekândaki şebekenin basınç değişimlerini algılayarak, suyun kesilmesi ve bataryalardan birinin açık olması halinde şebeke girişine yerleştirilen vananın otomatik olarak kapatılmasını sağlamak ve böylece taşkın riskini önlemektedir.

Tesisat sızıntılarının neden olduğu kayıplarda ise sızıntı suyunun miktarı yanında, sızıntının yapıda sebep olduğu maddi hasar söz konusudur. Bu durumda tesisatın onarılabilmesi için ilgili mekânda önemli miktarda yapısal tahribat gerçekleşmektedir. Oysa erken uyarı sistemiyle söz konusu tahribat çok küçük mertebelerde olacak ya da hiç yaşanmayacaktır. EPA'nın belirttiğine göre Amerika Birleşik Devletleri'nde su sızıntıları nedeniyle her yıl 1 trilyon galon atık su oluşmaktadır. Bu nedenle Mart ayının bir haftasını evlerde oluşan kayıpları engellemek için tesisat onarım işlerine ayırmak için EPA tarafından etkinlikler düzenlenmektedir(2016).

Tablo 1.4. Risk durumlarında oluşabilecek tahmini su kayıp miktarları

Risk durumlarına ilişkin tahmini kayıplar	Su ve Mali Kayıp Oluşma Riski Doğuran Su Kayıp Unsurları		
	Normal Bir Musluğun On İki(12) Saat Açık Kalması İle Oluşan Bir Taşkın	Az Damlamayla Oluşan Günlük Sızıntı Kayıpları	Çok Damlamayla Oluşan Günlük Sızıntı Kayıpları
Tahmini Kayıp Miktarı (lt)	6000	100	1600

Esasen birlikte düşünüldüğünde önemli oranda su kaybına ve yapı hasarına neden olan bu üç durum gelişen teknoloji ve donanım ile önlenabilir niteliktedir. Bu çalışma, söz konusu kayıpların önlenmesi için bütüncül bir otomasyon sistemi geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Benzer bir takım sistemler, ABD başta olmak üzere bazı ülkelerde halen kullanılmaktadır. Ancak bu sistemler bu çalışmada geliştirilen bütüncül sistemin sadece bir türünün bir modülüne karşılık gelmektedir.

Sistemin, akıllı evler başta olmak üzere, yapılarda oldukça yaygın bir kullanım alanı bulacağı ve kullanıldığı yapıya ve suyun korunmasına önemli katkılar sağlayacağı ümit edilmektedir.

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Su kaynaklarının korunması ve suyun verimli kullanımının sağlanması için yapılan çalışmalar üç başlıkta toplanabilir. Bunlar aşağıda belirtilmektedir.

- a. Su konusunda sorumluluğu olan kamu kurumlarınca gerçekleştirilen idari ve yasal düzenlemeler.
- b. Su konusunda duyarlılığı olan çevre kuruluşlarınca gerçekleştirilen toplantı, aktivite, tanıtım, yayın gibi toplumsal duyarlılığı artırmaya dönük çalışmalar.
- c. Bir takım ticari ve endüstriyel kuruluşlarca geliştirilen ürünler.

Teze konu olan bu çalışma ise su tasarrufu sağlamak ve suyun sebep olduğu bazı yapı hasarlarını önlemek için bir prototip önermektedir. İlerleyen başlıklarda su tasarrufu konusunu ele alan çalışmalar, yayınlar, bazı patent ve projeler incelenecektir.

2.1. Su Konusunda Sorumluluğu Olan Kamu Kurumlarınca Gerçekleştirilen İdari ve Yasal Düzenlemeler

Bu başlık altında, su konusunda çalışma yapan kamu kurumlarının çalışmalarının ele alındığı bazı yayınlar incelenmektedir.

Toprak ve arkadaşlarının içme suyu dağıtım sistemlerindeki kayıpları ele aldıkları çalışmalarında (2007), su kayıplarının bileşenlerini standartlaştırma yöntemlerine göre, ülkemizdeki su kayıplarını tespit etmeyi ve ilgili kayıpları azaltmak için yöntem geliştirmeyi amaçlamışlardır. Amerikan Su İşleri Kurumu (American Water Works Association-AWWA) ve Uluslararası Su Kurumu'nun (International Water Association-IWA) 2003 yılında önerdiği Su Bilançosu Yöntemi ve Uluslararası Su

Dağıtım ve Kanalizasyon Hizmetlerini Standartlaştırma Birliği (The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities-IBNET) tarafından tanımlanan su kayıplarıyla ilgili göstergeleri kullanarak içme suyu dağıtım sistemlerindeki kayıpları tespit etmiş ve bu kayıpların azaltılması için bir yöntem önerisinde bulunmuştur. Bu yöntemle göre; şebeke basıncını yönetebileceğimiz bir kontrol sistemi olmalı, aktif kaçak kontrolü yapılmalı, dağıtım borularının yapıldığı malzeme seçiminin doğru yapılmış, bakımlarının zamanında yapılması ayrıca onarımların hızlı ve kaliteli yapılmış olması gerekmektedir.

Yapılan çalışma, içme suyu dağıtım sistemlerindeki kayıpları ele alırken evler, iş yerleri ve endüstriyel kullanım alanlarındaki içme suyu dağıtım sistemlerinin kayıplarını incelememiştir. Söz konusu çalışmanın temas etmediği bu kayıplar teze konu edilen çalışmada ele alınarak iç mekânlarda ki (endüstri ve içme suyu) su dağıtım sistemlerinin verimi konusunda bir prototip önermektedir.

Ceyhan, sürdürülebilir su yönetimini ele aldığı çalışmasında (2013), Türkiye’de su konusunda sorumluluğu olan bakanlıkları ve bu bakanlıkların su konusunda kanunlarca ortaya konulan sorumluluklarını belirtmiştir. Sürdürülebilir bir su yönetimi olması için üç alanda önlem almak gerektiğini vurgulamıştır. Bu alanları; hukuki, teknik ve sosyal alan olarak belirlemiştir.

Yapılan çalışmada su kaynaklarının yönetimi konusunda idari kurumların sorumlulukları ve bu kurumların hukuki mevzuatı belirtilmekte ve sürdürülebilir bir su yönetimi sağlanması için hukuki olarak, teknik olarak ve sosyal olarak önlem alınması gerektiği ifade edilmektedir. İlgili çalışmanın sürdürülebilir su yönetimi konusunda önerdiği, önlem alınması gereken alanlar önemlidir. Fakat teknik alanda alınacak önlemler konusunda, iç mekânlarda kullanım suyunda tasarruf sağlayan sistemlerin kullanılması gerektiği konusuna temas etmemektedir. Literatürde kalan bu eksiklik, tezde önerilen sistemde göz önüne alınarak, iç mekânların su dağıtım sistemlerini daha verimli ve güvenli yapmak amaçlanmıştır.

Nevşehir Üniversitesince düzenlenen su kaynaklarının yönetimi konulu panelde de (2013) su yönetimi kavramı salt politik bir kavram olarak ele alınmış, bu kavramın teknolojik anlamı göz ardı edilmiştir. Oysa bu kavram politik olduğu kadar teknolojik bir kavramdır. Bu tezin su yönetimi kavramını teknolojik olarak anlamlandırdığı söylenebilir.

2.2. Su Konusunda Duyarlılığı Olan Çevre Kuruluşlarınca Gerçekleştirilen Toplantı, Aktivite, Tanıtım, Yayın Gibi Toplumsal Duyarlılığı Artırmaya Dönük Çalışmalar.

Ulusal ve uluslararası faaliyet gösteren birçok çevre kuruluşu su konusunda çalışmalar yapmaktadır. Bu başlık altında bu kuruluşların faaliyetlerini ele alan yayınlar incelenmektedir.

Çepel ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (2004) suyun insan ve doğa için arz ettiği önem belirtilerek suyun dünyada ve ülkemizdeki durumu incelenmiştir. Buradan yola çıkarak baraj yapımında yöntem değiştirme, deniz suyundan tatlı su elde etme yöntemleri geliştirme ve su tasarrufu konusunda önlem alma önerilerinde bulunmuştur. Bu önerilerde, su tasarrufu konusunda alınacak önlemlerden bahsedilirken, teknik önlemler konusunda yapılması gereken çalışmalardan söz edilmemektedir. İç mekân su kullanımında tasarruf sağlamak üzere tasarlanan tezin konu edindiği bu çalışma ise geliştirilen teknik bir önlem unsuru olarak tasarlanmıştır.

Yüksel tarafından hazırlanan raporda (2013), suyun temel ihtiyaç olma yönü, ticari fonksiyonu, çevresel fonksiyonu, ekolojik fonksiyonu ve kültürel fonksiyonu ele alınmış ve bu özellikleri bakımından suyun kalkınmaya olan etkisini ortaya koymak amaçlanmıştır. Raporda, suyun kalkınmanın bütün bileşenleri üzerinde doğrudan bir etkisinin söz konusu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan çalışma suyun kalkınma ile olan ilişkisini incelemiş ve su kaynaklarının kalkınmaya olumlu etki edecek şekilde kullanılması için proje önerilerinde

bulunmuştur. Çalışmada önerilen projelerde suyun endüstriyel ve tarımsal kullanımını merkeze alan bir yaklaşım görülmektedir. İlgili alanlar su kullanımında önemli bir orana -%85- sahiptir. Bununla birlikte içme suyu kullanımı da su kullanımında göz önüne alınması gereken önemli bir alandır. Teze konu edinilen çalışma, suyun evsel ve endüstriyel kullanımının bazı alanlarındaki kayıpları dikkate alarak bu kayıplara teknik bir çözüm önermektedir.

İlhan'ın Türkiye'de su yönetimini ele aldığı, diğer bazı ülkelerden örnek vererek alternatif su yönetimi uygulamalarını belirttiği ve bu alternatifler üzerinden bazı önerilerde bulunduğu çalışmasında (2011), suyu, özelleştirmelerle piyasa ekonomisinin bir ürünü haline getirmenin su kullanımını gereksiz yere artıracığı ve su israfına sebep olacağı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Özelleştirme uygulamalarını daha önce yapan bazı ülkelerin elde ettiği olumsuz sonuçlar gösterilerek, özelleştirmelerin su kullanımını artıracığı saptanmıştır.

Yapılan çalışma su yönetimi konusunu salt politik olarak değerlendirmektedir. Oysa günümüzde 'su yönetimi' kavramıyla aynı zamanda suyun bir otomasyon sistemiyle kontrolü de anlaşılmaktadır. Söz konusu çalışma suyun politik yönetiminden bahsetmekte ve fakat su yönetimi kavramını teknolojik olarak ele almamaktadır.

Bu tez kapsamında, suyun evlerde, iş yerlerinde ve bazı endüstriyel kullanım alanlarında ki kullanımını bir otomasyon sistemi ile kontrol altına almak amaçlanmıştır.

Muluk ve arkadaşlarının hazırladığı çalışmada (2013), Türkiye'de suyun durumu ve su yönetiminde yeni yaklaşımlar ele alınmıştır. Su konusunda geliştirilen yeni bazı yaklaşımların -entegre su yönetimi yaklaşımı, ekosistem yaklaşımı gibi- ülkemiz su yönetimini daha verimli hale getireceğini belirtmek amaçlanmıştır. Su yönetimi konusunun ele alındığı uluslararası organizasyonlarda değerlendirilen yaklaşımlardan yola çıkarak, ülkemizin bu yaklaşımlara uygunluğu ve bu yaklaşımların ülkemize uyarlanması sırasında karşılaşılabilecek zorluklar –sonuç olarak- ortaya konulmuştur. Su yönetimi konusunun idari anlamıyla ele alındığı Muluk ve ark. çalışmasında,

entegre su yönetimi yaklaşımının su üzerindeki bütün hak sahiplerinin su yönetimine bir şekilde katılması gerektiği ve bu katılımın sistematize edilmesi önem arz etmektedir. Su yönetimine katılım konusunda, cinsiyetlerin su kullanım konusundaki pozisyonlarını göz önüne almaya varıncaya kadar detaylı bir çalışma olması bakımından da ayrıca önemlidir. Fakat bütün bu su yönetim yaklaşımlarında, gerek makro su dağıtım sistemlerine dönük teknolojik donanım gerekse mikro su dağıtım sistemlerinde kullanılan teknolojik donanımlar aynı ölçüde vurgulanmamaktadır. Bu tez kapsamında ortaya konulan bu çalışmada, bir mikro su dağıtım sistemi olarak, iç mekân su dağıtım sistemlerindeki bazı su kayıplarını önleyen ve bazı risk durumlarına karşı önlem alan teknolojik bir sistem önerilmektedir.

2.3. Su Tasarrufu Amaçlayan Teknik Ürünler

Willis ve arkadaşlarının verimli cihaz kullanımının su tasarrufuna etkisini araştırdıkları çalışmalarında (2011), verimli cihazların su tasarrufuna katkılarını belirlemiş ve bu su tasarrufu sağlayan cihazların bazıları için geri dönüşüm maliyetleri hesaplanarak iki yönlü katkı sağladıkları belirtilmiştir.

Bu başlık altında su tasarrufunu amaçlayan teknik ürünler hakkındaki patent, proje, yayın, ticari işletmelere ait ürün vb. ele alınmaktadır.

2.3.1. Su geri dönüşüm sistemleri

Selby tarafından geliştirilen patentte (1981), evlerde oluşan bütün atıksuyu içilebilir temizlikte bir suya dönüştürmeyi amaçlayan bir geri dönüşüm sistemi geliştirilmiştir. Sistem filtrasyon, demineralizasyon ve kontrol -mikroişlemcilerin kullanıldığı- biriminden oluşmaktadır.

Selby'nin patentinde evsel atıksuyun arıtılıp geri dönüşümü söz konusudur. Oysa su kullanımı sırasında daha atıksu aşamasına gelmeden geri dönüşümü yapılabilir bazı durumlar vardır. Sıcak su elde etme sistemlerindeki kayıplar bunlardandır.

Tezde ele alınan sistemde, temiz suyun kirlenmeden geri dönüşümünü yapabilen temel bir birim vardır.

Kimball'in patentinde (1990) ele aldığı su geri dönüşüm sisteminde, evsel atıksuyun filtrelendikten sonra bir tanka aktararak, bu tankta dezenfekte edilip tuvalet atıklarını temizlemek için rezervuarlara verilmesi amaçlanmaktadır. Sistem temel olarak dezenfekte ve depolama amacıyla kullanılan bir tank, filtreleme birimi ve kontrol biriminden oluşmaktadır.

Yapılan çalışma evsel atıksuyun geri dönüşümünü yapıp, geri dönüştürülen bu suyun yalnız tuvalet temizliğinde kullanılmasını sağlamaktadır. Ayrıca geri dönüşüm sisteminde kullanılacak tank, tesisat kurulumu için bazı zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Liu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (2010) belirtildiği üzere tanklı geri dönüşüm sistemlerinin depolanan suyun depoda kalma süresinin uzaması durumunda depolanan su miktarı potansiyelini olumsuz etkilediği de belirtilmektedir.

İlgili çalışmada ki bu eksiklikler teze konu olan çalışmada göz önünde tutularak, hem tanksız bir tasarım öngörülmüş hem de geri dönüşümü sağlanan su, hiç kullanılmadan geri kazanıldığı için, içme suyunun kullanılacağı her alanda kullanılabileceği bir sistem geliştirilmiştir.

Haesenin çalışmasında (2000), atıksuyun arıtılarak sulamada kullanılmasını sağlayan bir sistem geliştirmek amaçlanmıştır. Sistemde arıtılan su, sulama amaçlı kullanılacağı için arıtma aşamasından sonra içine böcek ilacı, gübre vb. şeyler ilave etmeyi sağlayan bir karıştırıcı ve enjeksiyon sistemi mevcuttur.

İlgili çalışma sulama amacına odaklanarak geliştirilmiş bir sistemdir. Bu nedenle geri dönüşüm suyunun yeniden evsel kullanımda değerlendirilmesi söz konusu değildir.

Tezde önerilen tasarım ve prototip ise geri dönüşümü yapılan suyun evde kullanılmasını olanaklayan bir tasarımıdır.

Diaper ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma (2001), atıksu geri dönüşüm sistemlerinin içerdiği bazı riskleri ele almaktadır. Buna göre bu sistemlerde sağlık açısından problem oluşturabilecek bazı riskler vardır. Çalışmada bu riskleri ortadan kaldırmak amacıyla evsel su kullanımında suyun geri dönüşümünü sağlayacak sistemler önerilmektedir.

Klein çalışmasında (2004) sıcak su dağıtım sisteminin verimliliğini artırmak için neler yapılması gerektiği konusunda tavsiyelerde bulunmaktadır. Buna göre; sıcak su tesisatının su israfını önlemek üzere planlanması gerekmektedir. Ayrıca sıcak su geri dönüşüm sistemlerinin kullanımının verimi artıracağı belirtilmektedir.

EPA (United States Environment Protection Agency) tarafından yayınlanan çalışmada ise Klein'in önerilerine benzer şekilde sıcak su tesisatının daha verimli hale getirilmesi için bazı tesisat kurma yöntemleri önerilmektedir.

Gerek Klein'in çalışması gerekse EPA'nın yayınladığı çalışma verimli sıcak su kullanımı için yapısal bir öneri içermektedir. Söz konusu öneriler yeni yapılar için dikkate alınması gerekmekte fakat mevcut yapılarda su tesisatının dönüşümü hem yapısal tahribatlara sebep olacağı için hemde yüksek bir maliyet oluşacağı için uygulanması zordur.

Bu tezde önerilen sistem hem yeni kurulacak tesisatlara hem mevcut yapıların tesisatlarına montajlanabilmektedir.

Watts firmasının geliştirilen geri dönüşüm sisteminde, sıcak su elde eden sistemlerin boşa akıttığı sıcak suyu bir geri dönüşüm pompası yardımıyla, su dağıtım sistemine geri vermek amaçlanmıştır. Su sıcaklığının kontrol edildiği bir sensör ve sıcak suyu musluğa veya geri dönüş hattına aktaran iki konumlu bir valf ve montaj borularından oluşmaktadır. Ayrıca sistemi aktifleştirme zamanını ayarlayan mekanik bir zamanlayıcı ünitesine de sahiptir (2016).



Şekil 2.1. Watts'a ait sıcak su geri dönüşüm pompası(WATTS,2016)

Söz konusu geri dönüşüm sistemi temiz suyun kirlenmeden ana dağıtım sistemine aktarılması, ani sıcak su elde etme özellikleri bakımından önemlidir. Ancak bu sistemler sıcak suyun sadece bir musluktaki kaybını önlemektedir. Sıcak su birden fazla muslukta kullanılıyorsa ek üniteler gerekmektedir. Veya sıcak suyun elde edildiği kombi, şofben gibi üreteçlerin çıkışlarına yakın bir yere montaj edilerek bu sorun giderilmeye çalışılmaktadır. Bu durumda da sıcak suyun kat ettiği mesafe sırasında soğuma problemi ortaya çıkmaktadır.

Teze konu olan çalışmanın amaçlarından biri de sıcak su elde etmek için kullanılan sistemlerdeki su kayıplarını geri dönüşüm yoluyla önlemektir. Watts'ın ürününe benzer şekilde bir geri dönüşüm pompası yardımıyla yeterli sıcaklığa ulaşmamış suyu istenen sıcaklığa ulaşınca kadar sirküle ederek boşa akıtılmasını engeller. Fakat Watts'ın sisteminden farklı olarak bu pompanın ve bu sistemle ilişkili valflerin çalışması bir kontrol elemanı -PLC- tarafından denetlenmektedir. Ayrıca bu sistem bütünlük bir kontrol sisteminin bir parçasıdır. Sistemde su tesisindeki sızdırmaları önleyen ve su taşkınlarına karşı önlem alan başka yapılar da bulunmaktadır.

Laing-termotech firmasına ait ACT-4 isimli sıcak su geri dönüşüm sistemi sıcak su elde etme sistemlerinde boşa akıtılan suyun geri dönüşümünü amaçlayan bir sistemdir. Sistem bir geri dönüşüm pompası, bu pompaya eklenmiş bir zaman kontrol

birimi ve valf-sensörlerden oluşmaktadır. Valf-sensörler, valflere sensör eklemlenerek oluşturulmuş bir üründür. Ayrıca valflere ve pompaya RF alıcısı yerleştirilmiştir. Böylelikle, sistemde kullanılan valf-sensörlerle pompa kablosuz olarak haberleşmektedir. Valflerde kullanılan sensörler pille beslenmektedirler (2016).

ACT-4 isimli ticari ürün kablosuz haberleşme, pille çalışabilen sensörler gibi özellikleri ile sıcak su elde etme sistemlerindeki boşa akıtılan suyu geri dönüştüren uygulamalar arasında ayrıcalıklı bir yere sahiptir. Sistemde kullanılan ürünler sistemin maliyetini de aynı ölçüde artırmaktadır.



Şekil 2.2. Laing-termetech kuruluşunun geliştirdiği ACT-4 ürünü

Tez kapsamında ele alınan çalışma, su kayıplarına bütüncül olarak -sızma önleyici sistem ve taşkın önleyici sistem özellikleri ile- yaklaşımı bakımından bu sistemden ayrılmaktadır. Ayrıca sistemde kullanılan valfler ve sensörler endüstriyel koşullara da uyumludur.

2.3.2. Su sızıntılarını ve taşkınlarını önleyen sistemler

Literatürde su sızıntıları kavramı genelde şehirlerin genel su dağıtım sistemlerinde oluşan basınç sebepli kayıpları ifade etmek üzere kullanılmaktadır. Bu çalışmada da olduğu gibi bazı ticari ve endüstriyel kuruluşların çalışmalarında ise bu kavram evsel ve endüstriyel kullanım alanlarındaki dağıtım sistemlerinde oluşan sızıntı kayıplarını ifade etmek üzere kullanılmaktadır.

Bu başlık altında su sızıntılarının önlenmesi için yapılan yayın, patent, teknik ürün vb. çalışmalar ele alınacaktır.

Almandoz ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (2005) su dağıtım ağı simule edilerek şebeke kayıplarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada şebekedeki fiziksel kayıplar ile ölçülemeyen su hacminin birbirinden ayrılabilmesi için bir metodoloji önerilmektedir.

İlgili çalışma su sızıntılarının su basıncıyla ilişkisinin formülasyonunu ortaya koyması önem arz etmektedir. Bu ilişki evsel su tesisatında oluşan bazı kayıpların belirlenebilmesinde de kullanılabilir. Fakat söz konusu çalışma da temel olarak şehir şebekelerindeki kayıplar dikkate alınmaktadır.

Kavurmacioğlu ve arkadaşlarının yaptığı çalışma (1999) ise otomatik kontrol vanaları kullanılarak her ölçekte şebekenin özellikle basınçtan kaynaklanan sızıntı kayıplarının önlenebileceğini belirtmektedir. Çalışmada, bazı şebekeler için kullanılabilecek otomatik kontrol vanalarının karakteristikleri incelenerek, ilgili şebeke de bu vanaların kullanılması ile sızıntı kayıplarının önlenebileceği ortaya konulmaktadır.

Su tesisatlarındaki sızıntılar ve bu sızıntılardan kaynaklanan sorunlar uzun yıllardır üzerine çalışılan bir sorundur.

Max'a ait buluşta (1965) su sızıntılarının farkedilerek bir alarm sinyali oluşturulup bu durumun kullanıcıya bildirilmesi amaçlanmaktadır.

İlgili çalışma yapıldığı yıllardaki mevcut teknolojiye endeksli bir çalışmadır. Bu bakımdan günümüzde böyle bir çalışma daha küçük ve etkili olarak yapılabilmektedir.

Krebs çalışmasında (1992) bir su sızıntısı detektörü tasarlamıştır. Buna göre bir alarm ünitesine bağlı bir çift iletken su sızıntısı olduğu durumda kısa devre olarak ünitenin alarm vermesini sağlamaktadır.

Krebs'in buluşu bu tezde tasarlanan su sızıntılarını önlemek için oluşturulan birimle benzerlik göstermektedir. Fakat tezde önerilen prototip uyarı biriminin yanında sızıntının önlenmesi için şebeke suyunu kesmektedir. Yani uyarı ve emniyet birimi bir arada bulunmaktadır. Bu yönüyle Krebs'in çalışmasından ayrılmaktadır.

Tryba ve arkadaşlarına ait buluş (1999), çalışması sudan olumsuz etkilenecek bir takım cihazların sudan korunması için geliştirilen bir su sızıntısı önleme aparatıdır. Cihaz temel olarak üç birimden oluşmaktadır. Bunlar; şebekedeki sızıntıları algılayan birinci cihaz, suya maruz alettaki suyu algılayan ikinci cihaz ve kontrol birimidir. Şebekede bir sızıntı varsa ve bu sızıntı cihaza etki ediyorsa şebeke kapatılmaktadır.

Tryba ve arkadaşlarının buluşunun, sızıntının algılanıp -cihazı oluşabilecek hasarlardan korumak için- şebeke suyunun kapatılması, yani algılama ve önlem alma işlerini bir arada yapması bu çalışmayı daha önce ele alınan çalışmalardan ayırmaktadır. Çalışmanın bir eksikliği olarak, kullanıcıya, şebeke kesintisinin bu cihaz tarafından yapıldığı uyarısı verilmemiş olması göze çarpmaktadır.

RDT (Reliance Detection Technology) isimli Amerika Birleşik Devletleri'nde 55 yıldır faaliyet gösteren ticari bir şirketin tesisat sızıntılarını önlemek için geliştirdiği farklı özelliklerde birçok ürünü bulunmaktadır. Bu ürünlerden bazılarının özellikleri belirtilecektir.

RS-360 System Kit isimli ürün temel olarak motor monte edilmiş valf, alıcı özelliğinde bir kontrol-alarm birimi ve kablosuz, su algılayabilen sensörlerden oluşmaktadır. Sensörler sızıntı ihtimali yüksek olan; su kullanan çamaşır makinası, bulaşık makinası gibi aletler ve radyatör muslukları gibi yerlere bırakılmaktadır. Bu yerlerde oluşabilecek herhangi bir sızıntı sensörler tarafından algılanarak kontrol-uyarı birimine iletilmektedir. Sızıntı bilgisini alan alıcı özelliğindeki kontrol birimi motorun valfe monte edilmiş motoru uyarak valfin kapalı pozisyona geçmesini sağlamakta böylece sızıntıların sebep olabileceği sorunlar önlenmektedir.



Şekil 2.3. RDT Endüstriyel kuruluşuna ait RS-080 ve RS-360 serisi ürünler (RDT,2016)

RS-360 System Kit ürünü, farklı büyüklükte valfler ve kablolu-kablosuz sensör alternatifleri ile alıcıya sunulmaktadır (2016).

RS-080 Series of Water Main Shut-Off and Alarm isimli ürün serisi ise sızıntı durumunda ana şebekeye monte edilmiş valfi kapatacak basınç değerlerine uygun olarak üretilmiştir. Bu seride de temel yaklaşım RS-360 serisi ile aynıdır. Alıcı özellikli bir kontrol-alarm birimi, kablosuz -veya kablolu- sensör diskleri, şebeke suyunu kapayabilen bir tork üreten motor monta edilmiş bir valften oluşmaktadır. RS-360 serisi ürünler temel olarak bir cihazı korumaya dönük iken Rs-080 serisi ürünler belli sınırlar dâhilinde ana şebekeye bağlı bütün bir sistemi -bir ev, iş yeri vb.- korumak için geliştirilmiştir (2016).

Bu ürünlerin yanı sıra, sıcak su elde etmek için kullanılan sistemlere ait riskleri önlemek için geliştirilen RS-94 serisi, özel olarak çamaşır makineleri için tasarlanmış RS-90 serisi, bazı farklı özellikleri olan RS-95, RS-96, RS-97 serisi ürünleri mevcuttur (2016).

RDT' ye ait ürünler sızıntı önleyici sistemler arasında, kablosuz sensörler, opsiyonel olarak sunulan farklı özellikteki sistem parçalarının bulunması gibi özellikleri ile ayrıcalıklı bir konuma sahiptir. Fakat söz konusu ürünlerin her farklı duruma karşılık yeni bir sistem olarak düşünülmesi bir eksiklik olarak ele alınabilir. Bu bakımdan tezde önerilen sistem bazı olanaklar sunmaktadır. Örneğin sensörlerden gelen veriler PLC' de işlenerek farklı komutlar üretilebilmektedir. Oysa RDT' nin ürünlerinde sabit komutlar üretilmektedir.

Kanada da faaliyet gösteren QMI Manufacturing Inc. isimli ticari kuruluş, sızıntı önleme ürünleri geliştirmektedir.



Şekil 2.4. QMI Manufacturing tarafından geliştirilen Water Guardian ve Water Guardian Pro ürünleri (QMI Manufacturing, 2016)

Water Guardian, QMI Manufacturing tarafından üretilen bir sızıntı önleme sistemidir. Sistemde bir alıcı-uyarıcı, kablosuz -opsiyonel olarak kablolu- sensörler, ve motor -opsiyonel olarak kablosuz haberleşebilen motor- monte edilmiş valf bulunmaktadır. Sensörler sızıntı ihtimali olan; su kullanan çamaşır makinası, bulaşık makinası gibi aletler ve radyatör muslukları gibi kritik yerlere konulmaktadır. Buralarda oluşacak

herhangi bir sızıntı, sensörler tarafından algılanarak alıcı-uyarıcı birime iletilmektedir. Sızıntı bilgisini alan alıcı özelliğindeki kontrol birimi motorun valfe monte edilmiş motoru uyararak valfin kapalı pozisyona geçmesini sağlamakta böylece sızıntılar önlenmektedir (2016).

QMI Manufacturing tarafından tasarlanmış başka ürünler de bulunmaktadır. Bir diğer sızıntı önleme sistemi ise Water Guardian Pro ürünüdür. Water Guardian'a benzer şekilde alıcı, sensörler ve valften oluşmaktadır. Bu ürün su ve gaz gibi farklı akışkanların oluşturduğu risk durumlarına önlem almak için kullanılmaktadır. Öyle ki su veya gaz sebebiyle oluşan risk durumunda elektriği kesmek içinde kullanılabilir. Ayrıca alıcısının çıkışları bir kontrol unitesi tarafından kontrol edilebilir. Bu özellikleriyle diğer sistemlere göre ayrı bir önem kazanmaktadır(2016).

Ayrıca bu şirket tarafından bir otomasyon sistemi ile desteklenen QMI Maestro System isimli bir diğer ürün geliştirilmiştir. Sismik sensörler, su sensörleri ve gaz sensörleriyle donatılan sistem, deprem, gaz kaçağı ve su sızıntısına bütüncül olarak önlem almayı amaçlamaktadır. Herhangi bir gaz kaçağı durumunda gazı, su kaçağı durumunda şebekeyi kapatmakta deprem durumunda ise her ikisini de kapatmaktadır. Bunun yanında sensörlerden bir uyarı aldığında cep telefonuna bu durumu mesajla iletmektedir. Kontrol biriminde ki lcd ekran ile çalışma durumunu göstermektedir.



Şekil 2.5. QMI Manufacturing'e ait QMI Maestro System ürünü (QMI Manufacturing, 2016)

Bu şirkete ait daha spesifik ürünler de bulunmaktadır. Çamaşır makinalarında kullanılmak üzere geliştirilen Washing Machine System böyle bir üründür (2016).

QMI Manufacturing Inc.'in ürettiği ürünler konutlarda risk durumlarına karşı alınabilecek önlemler açısından önemli alternatifler sunmaktadır. Water Guardian System' da kullanılan alıcının hem gaz hem su sensörleriyle çalışabilmesi, valfe monte edilmiş motorun kablolu veya kablosuz olarak tahrik edilebilmesi, DC veya AC olarak beslenebilmesi, AC güç kaynağı ile beslenirken şarj olabilmesi, önemli özelliklerdir. Water Guardian Pro ürününde sunulan alıcının çıkışlarının programlanabilir ünitelerde kullanılabilir olması da öyledir. Ayrıca QMI Maestro System ürününün bütüncül olarak, gaz, su ve deprem risklerini önlemeyi sağlayacak şekilde tasarlanmış olması ve bir yazılımla bu risklere sürekli müdahale edilebilmesi bu ürünü ayrıcalıklı kılmaktadır.

Bu tezde ele alınan çalışma da QMI Maestro System ürününe benzer şekilde iç mekân su kullanımına bütüncül olarak yaklaşmaktadır. QMI Maestro System güvenlik amaçlı bir sistem iken tezde önerilen sistem sıcak su geri dönüşüm sistemi ve taşkın önleyici sistem sayesinde, güvenliğin yanında su kullanımında tasarruf etmeyi de sağlamaktadır.

2.3.3. Akıllı evlerde kullanılan sistemler

Akıllı binalar/evler'in tanımında farklı yaklaşımlar söz konusudur. Bu yaklaşımlardan bazıları ele alınarak akıllı binalarda/evlerde otomasyon sistemlerinin, özeldede bina su yönetim sistemlerinin önemi ifade edilecektir.

Akıl kavramının binalarla birlikte kullanılması yani akıllı bina terimi ilk olarak Amerika da görülmüştür. İlk akıllı bina ise Hartfor'daki City Place Building olarak ifade edilmektedir (So ve ark., 2002).

Washington'da ki Akıllı bina enstitüsü tarafından yapılan akıllı bina tanımlaması da “yatırım ve işletme maliyetlerinde tasarrufu, teknik performansı ve esnekliği maksimum yapmak için değişik sistemleri entegre edilmiş, koordine bir şekilde çalışarak kaynakların etkili olarak yönetilmesini sağlayan bina” olarak belirtilmiştir (Derek ve ark., 1997).

Daha sonraları CIB (International Council for Building Research Studies and Documentation) grubu tarafından yapılan bir diğer tanıma göre ise akıllı bina; “dört temel bileşeni olan yer (konumsal, yapısal), oluşturma (otomasyon, kontrol, sistem), insan (servis, kullanıcı) ve yönetim (bakım, performans) fonksiyonlarının sürekli etkileşimi sayesinde kullanıcılarına verimli, düşük maliyetli, uygun çevre şartlarını sağlayan dinamik ve taleplere yanıt veren yapı” olarak tanımlanmıştır (Derek ve ark., 1997).

Sharples'a göre akıllı bina; kullanıcı konforunu, enerji tüketimini, güvenliği ve diğer fonksiyonel işlemleri en uygun hale getirip bina yönetimini gerçekleştirmek için bilgisayar teknolojilerini kullanan bina olarak tanımlanmıştır (1999).

Fernandez ve arkadaşlarının önerdikleri entegre ve düşük maliyetli bir ev otomasyon sisteminde (2014) bir ev otomasyon sisteminin temel görevleri şöyle sıralanmaktadır: “Aydınlatma, akıllı ısıtma-soğutma kontrolü, güvenlik sistemleri, müzik podcasts

gibi otomatik ev eğlence sistemleri.” Bu görevlerin yanında farklı görevler eklenebileceği de belirtilmektedir.

Aynı çalışmada bir ev otomasyon sisteminin temel özellikleri şöyle belirtilmektedir: “birlikte çalışabilirlik, uzaktan erişim, ölçülebilirlik, esneklik, dayanıklılık, güç tasarrufu/verimlilik.”

Li ve Yu’nun akıllı evler üzerine yaptıkları bir araştırmada (2011), akıllı evler için bütünsel teknolojiler ve nesnelerin interneti tabanlı bir sistem önerisinde bulunmaktadır.

Şahin ve Manioğlu’nun yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde yağmur suyunun kullanılmasına ilişkin yaptıkları değerlendirmede (2011), binalarda su korunumunun bir yöntemi olan, binalardaki su tesisatlarındaki kayıp ve kaçakların giderilmesinin önemi vurgulanmaktadır.

Baraka ve arkadaşlarının düşük maliyetli, arduino/android tabanlı, enerji verimliliği yüksek bir akıllı ev otomasyon sistemi ile akıllı görev planlama konulu çalışmada (2013), akıllı evlerin temel bir görevi olarak tanımladıkları enerji yönetim sistemlerinde su tüketiminde verimli yöntemler ortaya konulması gerektiğini belirtmektedirler.

Ayrıca akıllı evlerde enerji yönetimini konu edinen birçok çalışma su yönetimini bu başlık altında ele almaktadır. Bunlara örnek olarak; Han ve Lim’in “Smart Home Energy Management System using IEEE802.15.4 and ZigBee” isimli çalışması (2010), Al-Ali ve arkadaşlarının “Smart Home Renewable Energy Management System” başlıklı çalışması (2011), Darianan ve Michael’in “Smart Home Mobile RFID-based Internet-Of-Things Systems and services” isimli yayını (2008), Jahn ve arkadaşlarının “The Energy Aware Smart Home” isimli çalışması (2010), verilebilir.

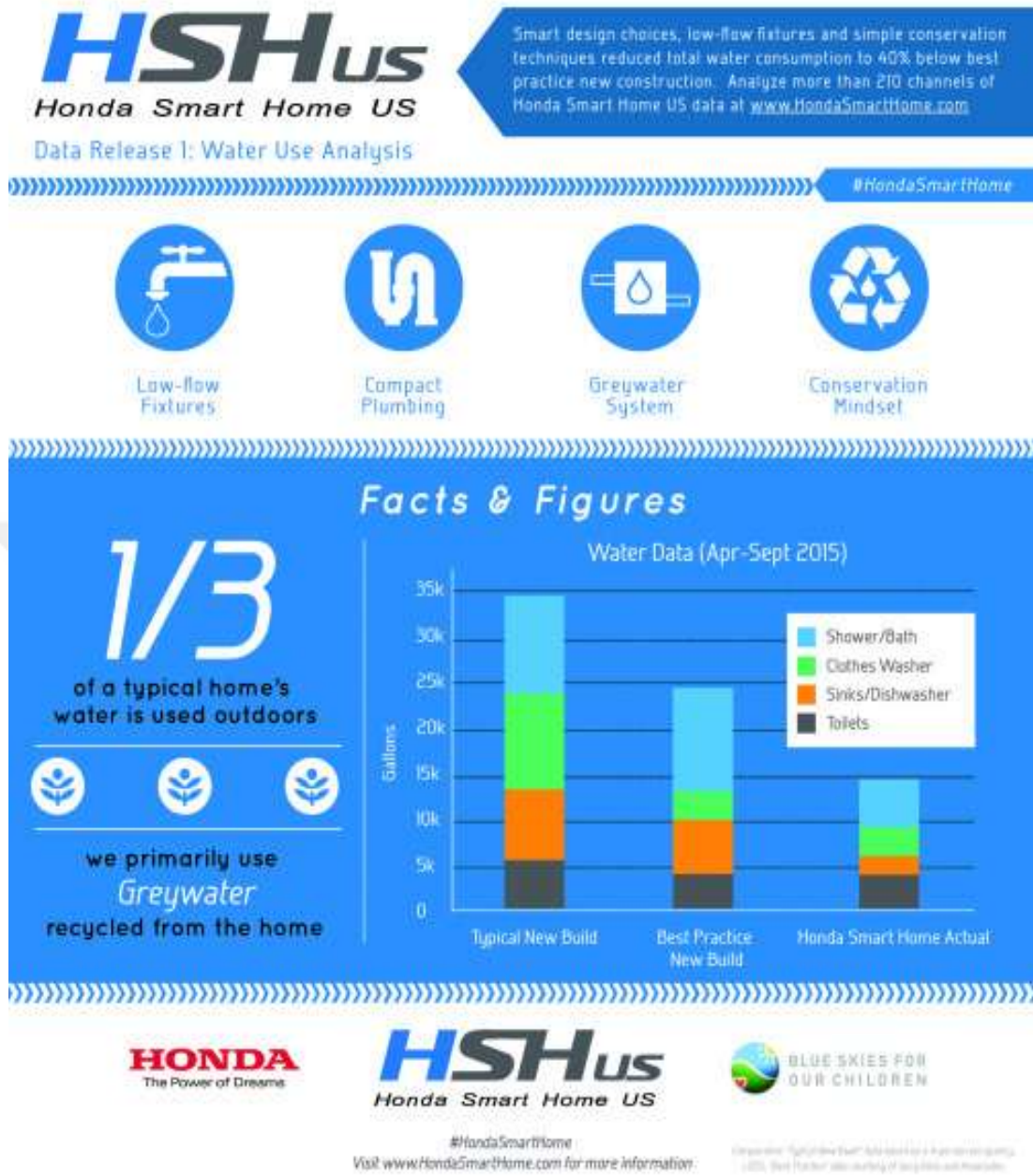
Bu yaklaşımlar dikkate alındığında tasarruf ve güvenlik bileşenlerinin akıllı evler/binalar için tanımı gereği bir zorunluluk olduğu söylenebilir.

Genel anlamda kaynak tasarrufunun özel olarak ise su yönetim sistemlerinin akıllı ev/bina uygulamalarında temel bir kriter olduğunu mevcut uygulama örneklerinde de görmek mümkündür. Bu uygulamalardan bazıları şunlardır:

Dubai de faaliyet gösteren NexNet Solutions isimli ticari kuruluş akıllı ev sistemleri üzerinde çalışmaktadır. Bu kuruluşun akıllı ev sistemleri çalışmalarından bazıları; ev güvenliği, eğlence sistemlerinin otomatizasyonu, yangın önleme sistemleri, sızıntı dedektörleri, telefon ses kontrol sistemleri, bilgisayar ve internet ağları, akıllı su temin sistemleri şeklindedir (2016).

Küresel endüstriyel bir kuruluş olan Schneider Electric akıllı şehirler başlığı altında yürüttüğü üretim çalışmalarında akıllı şehirlerin temel bileşenleri olarak; veri merkezleri ve ağları, sağlık hizmetleri, elektrikli araçlar, madencilik ve metal işleri, su ve atıksu, vd. gibi birimleri saymaktadır (<http://www.schneider-electric.com/b2b/en/solutions/for-business/smart-cities/address-your-challenge/>).

Honda, Amerika Birleşik Devletleri'nde akıllı ev uygulamaları gerçekleştirmektedir. Bu evlerde uyguladığı su tasarrufu sağlayan sistemler ile kendi beklentilerinin üzerinde su tasarrufu sağlandığını ifade etmektedir. Eylül ve Nisan ayları arasında su kullanım değerlerini yayınlayarak bu durumu delillendirmektedir. HSH (Honda Smart House) Bu durumu şöyle belirtmektedir: “ EPA verilerine göre dört üyesi olan Amerikalı bir ailenin günlük toplam su kullanımının 400 galondur. Oysa HSH'nin akıllı evinde ikamet eden denek ailenin günlük su kullanım miktarı sadece 85 galon olmaktadır.” (<http://www.hondasmarthome.com/>)



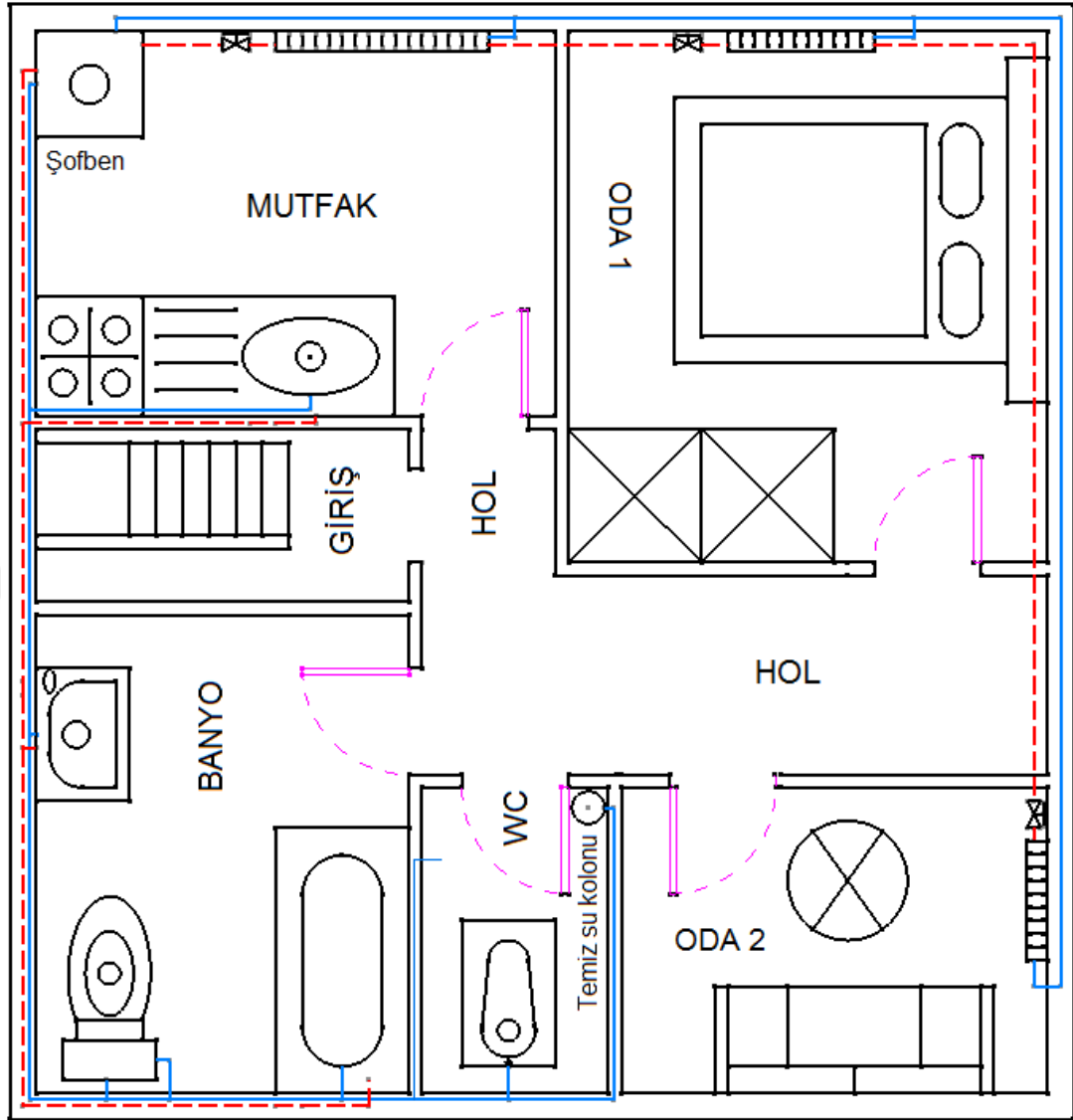
Şekil 2.6. Honda'nın uyguladığı akıllı ev sisteminde tasarruf edilen su miktarı (HSHus, 2016)

BÖLÜM 3. ÖNERİLEN SİSTEMİN TASARIMI

İç mekân su dağıtımının genel yapısı ele alındığında; dağıtım sisteminin teknik özelliklerinden kaynaklanan kayıplar ve bazı hasar durumlarında oluşan kayıplar olmak üzere sistem kayıplarını iki başlık altında toplayabiliriz. Sistemin teknik özelliklerinden kaynaklanan kayıplara sıcak su dağıtımı sırasında oluşan kayıplar, hasar durumlarındaki kayıplara ise evlerdeki su taşkınları ve sızıntı kayıpları örnek olarak verilebilir. Bu sistem bahsi geçen bu kayıpları bazı teknik tedbirler alarak asgari düzeye çekmeye çalışmaktadır. Bu üç türlü su kaybı durumuna karşın üç farklı teknik tasarruf tedbiri tasarlanmıştır.

Sistem, iç mekân olarak adlandırılan konutlar, iş yerleri, endüstride insan kullanımı için kurulu mekânlar başta olmak üzere çok farklı uygulama alanlarında kullanılabilir. Sistemin tasarımı da söz konusu her bir mekân için ayrı ayrı olmaktadır. Her bir uygulama alanı için ayrı bir tasarım ortaya koymak bu çalışmanın sınırlarının üstündedir. Bu nedenle çalışma boyunca bir iç mekân örneği olan evler merkeze alınarak sistemin tasarımı ev örneğine göre yapılmıştır.

Şekil 3.1.'de bir iç mekân örneği olan bir evde temiz su, sıcak su ve ısıtma sisteminin yapısı evin mimari şema görünüşünde gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Bir iç mekân örneği olan evin mimari şemasında, temiz su, sıcak su ve ısıtma sisteminin gösterimi

Mimari şemada gösterilen temiz su tesisatına bakılacak olursa; temiz su, tuvalet, banyo ve mutfakta kullanılmaktadır. Sıcak su ise; ısıtma tesisatında insan kullanımına kapalı olarak, banyo el yıkama lavabosunda, duş bataryasında ve mutfak bataryasında ise insan kullanımına açık olarak kullanılmaktadır.

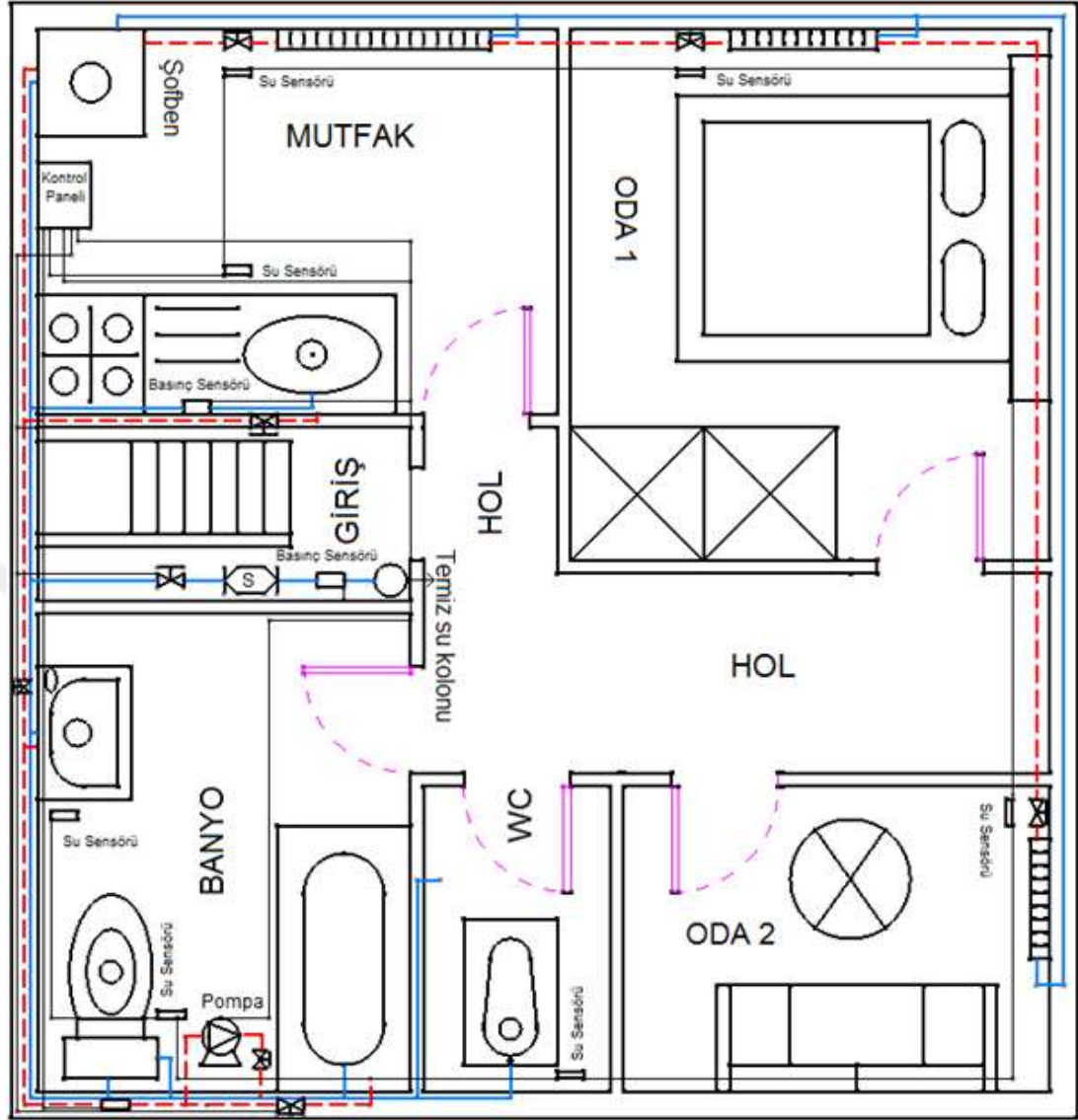
Temiz su tesisatında su kullanan ev araçları gösterilmemektedir. Bunun nedeni; bu tez kapsamında tasarımı ve prototip uygulaması yapılacak olan sistemin çamaşır makinası ve bulaşık makinası gibi su kullanan araçların şemaya dahil edilmesi ile önemli bir tasarım değişikliği gerçekleşmeyecek olmasıdır. İlgili ev araçları

bütünleşik sistemin, sızıntı önleme birimiyle ilişkilidir. Sızıntı önleme sisteminin çalışmasında ise bulaşık makinası veya çamaşır makinasının sisteme dahil edilmesi sadece kullanılacak sensör sayısında bir artışı gerektirmektedir.

Temiz su tesisatı tasarlanan sistemin iki birimi ile ilişkilidir. Bunlar; sızıntı önleme birimi ve taşkın önleme birimidir. Esasen sızıntı önleme birimi evin bütün su kullanılan alanlarında kullanılmaktadır. Fakat çamaşır makinası ve bulaşık makinasının temiz su tesisatında gösterilmeme nedenleri izah edilirken belirtildiği üzere, bu durum sadece sistemde kullanılacak sensör artışı ile ilgilidir. Nitekim önerilen sistemin tasarımında bu durum dikkate alınarak sızıntı önleme sistemi temiz su kullanım alanlarının yanında, ısıtma sistemi ile de ilişkilendirilmiştir.

Önerilen tasarımın diğer bileşeni olan sıcak su dağıtımında tasarruf sağlayan birim ise, sıcak suyun açıktan kullanıldığı, banyo el yıkama lavabosu, duş bataryası ve mutfak bataryasından oluşan tesisatı esas almaktadır.

Şekil 3.2.'de, tasarımı yapılan sistemin, bir iç mekân örneği olan Şekil 3.1.'deki evde kullanılması durumunda, tesisatın yeni hali ve önerilen sistemin bazı bileşenlerinin evde konumlanacağı muhtemel yerler, evin mimari şemasında gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Önerilen sistemin ev örneğinde uygulanması durumunda oluşacak yeni tesisat yapısının, evin mimarişemasında gösterimi

Şekil 3.2.'de bütünlük kontrol sisteminin ev örneğinde tasarımı gerçekleştirilmiştir. Buna göre; sızıntı önleyici sistem, su sensörleri, temiz su kolonunun önüne yerleştirilen valf ve kontrol biriminden oluşmaktadır.

Taşkın önleyici sistem, su saatinin önüne ve temiz su tesisatının uygun bir konumuna montajlanan basınç sensörleri, temiz su kolonunun önündeki valf ve kontrol biriminden oluşmaktadır.

Sıcak su kullanımında tasarruf sağlayan sistem ise, duş bataryası, banyo el yıkama lavabosunun musluğu ve mutfak bataryasının önüne montajlanmış valfler, sıcak su tesisatında sıcak suyun ulaştırıldığı en uzak noktanın yakınına konumlandırılmış bir sıcaklık sensörü, geri dönüşüm pompası, geri dönüş hattında oluşabilecek püskürtmeleri önlemek amacıyla pompanın çıkış ucuna yerleştirilen tek yönlü valf ve kontrol biriminden oluşmaktadır.

Böyle bir sistemin tasarlanmasını gerekli kılan durumlar ve bu durumlar dikkate alınarak önerilen çalışma durumları şu şekildedir:

- a. Sıcak su hattında bulunan musluklar kullanılacağı zaman, musluk açılmasıyla birlikte kombi devreye girmekte suyu ısıtmaya başlamaktadır. Fakat su bazı faktörlerin etkisi ile yaklaşık 2 dk istenilen sıcaklıkta akmamakta ve bu yeterli sıcaklığa ulaşmamış su genelde boşa akıtılmaktadır.

Bu durum, önerilen sistemde şu şekilde önlenmeye çalışılmıştır:

1. Kombinin çalışmaya başladığını kontrol birimine bildirmek için kombideki akış anahtarının değerini okuyabileceğimiz gibi harici bir akış sensörü ile de bu durumu tespit edebiliriz. Akış sensöründen aldığımız veriye göre sistem çalışmaya başlamaktadır.
2. Sıcak su hattındaki muslukların en uzağına yerleştirilen sıcaklık sensörü ile hatta verilen suyun sıcaklığı okunmaktadır.
3. Sıcak su hattına verilen suyun sıcaklığı, kontrol biriminden girilen istenen sıcaklık değerinden küçük olduğu süre boyunca, geri dönüşüm pompası çalıştırılarak yeterli sıcaklığa ulaşmamış su temiz su tesisatına aktarılmaktadır. Bu esnada sıcak su hattındaki normalde kapalı valfler kapalı konumdadır.
4. Kontrol birimi tarafından sıcaklık sensörünün okuduğu değer, istenen sıcaklık değeri ile sürekli karşılaştırılarak istenen sıcaklık değeri sıcaklık sensörünün okuduğu değere eşit olunca sıcak su hattındaki normalde kapalı valfler açılarak geri dönüşüm pompası kapalı hale getirilir. Sıcak su hattındaki musluklar

kapatılınca valfler normal konumuna döndürülür. Böylece sıcak su hattında su kaybı olmaksızın kullanıcı sıcak su elde etmiş olur.

- b. Evlerde gerçekleşen su taşkınları su kesintisi yapıldığı zaman ortaya çıkmaktadır. Açık unutulmuş musluklar evde kimse olmaması durumunda, şebekeye yeniden su verilirse su taşkınlarına sebep olmaktadır.

Bu durum önerilen sistemde şu şekilde önlenmeye çalışılmıştır:

1. Temiz su şebekesinin girişine ve temiz su hattının uygun bir yerine iki tane basınç sensörü yerleştirilmiştir. Ayrıca herhangi bir risk durumunda şebeke girişindeki suyu kesmek üzere temiz su girişine bir valf montajlanmıştır.
2. Basınç sensörü1 ve basınç sensörü2 bulundukları konumlardaki hat basıncını okuyarak kontrol birimine iletmektedirler. Şebeke girişindeki basınç sensörü1'in normal koşullarda okuması gereken basınç değeri 4 ila 10 bar arasındadır. Bu konumdaki basınç 4 barın altına düştüğü durumda sistem bunu su kesintisi olarak algılayacak ve taşkın ihtimaline karşın evi emniyet durumuna getirmek için şebeke girişindeki normalde açık valfi kapalı konuma getirecektir.
3. Kesinti durumunu kullanıcıya haber vermek için kullanıcı ekranına "şebeke suyu kesik" uyarısı yazdırılacaktır.
4. Şebekeye yeniden su verildiğinde suyu musluklara aktarmak için, kontrol birimi sürekli olarak basınç sensörü1'in ve basınç sensörü2'nin değerlerini okuyacaktır. Şebekeye yeniden su sağlandığında basınç sensörü1 4-10 bar arasında okuduğu değeri kontrol birimine aktaracaktır. Kontrol birimi basınç sensörü2'den gelecek basınç değeri musluklardan herhangi birinin açık olup olmayacağına karar verecektir. Eğer basınç sensörü1 4-10 bar arasında bir değer okuyorken, basınç sensörü2'de 1 bar (açık hava basıncı) değerini okuyorsa şebeke girişindeki ana valfi açmayacak taşkın riskini önlemiş olacaktır. Eğer 1 bardan küçük bir değer okuyacak olursa herhangi bir musluğun açık olmadığına karar verip ana valfi açık konuma getirerek yeniden suyu sisteme aktarmış olacaktır.

- c. Tesisat sızıntıları özellikle tesisattaki bağlantı noktalarından, arızalanmış çamaşır makinası, bulaşık makinası, kombi gibi su kullanan ev gereçlerinden ve eskimiş tesisatların aşırı basınç karşısında hasar görmesinden kaynaklanmaktadır.

Bu durum önerilen sistemde şu şekilde önlenmeye çalışılmıştır:

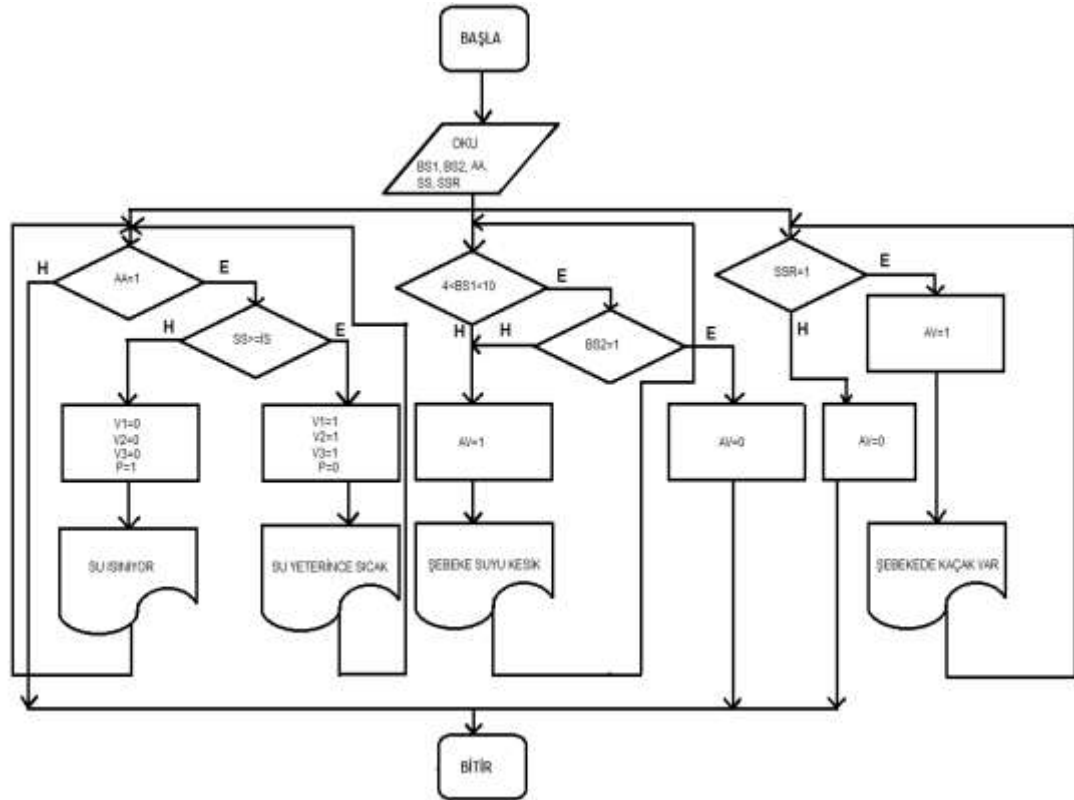
1. Mekânın su tesisatının kaçak olma ihtimali fazla olan yerlerine su sensörleri yerleştirilmiştir. Bu sensörler paralal olarak birbirine bağlanmıştır.
2. Tesisatta veya sızıntı olma ihtimali olan diğer yerlerde herhangi bir sızıntı olması durumunda bu sensörler sızıntıyı algılayarak bunu kontrol birimine iletmektedir.
3. Sensörlerden gelen bilgi doğrultusunda kontrol birimi temiz su girişindeki ana valfi kapalı konuma getirmektedir.
4. Temiz su girişindeki ana valfi kapatınca bu durumu “şebekede kaçak var” uyarısını ekrana yazdırarak kullanıcıya bildirir. Ayrıca ekrana konulan reset butonu ile ana valfin yeniden açık konuma geçmesine olanak tanır.

Bu durumlar ve durumlara karşı önerilen çözümler dikkate alınarak sistemin çalışma algoritması ve akış diyagramı aşağıda belirtildiği gibi oluşturulmuştur.

- a. Başla
- b. Basınç sensörü 1, basınç sensörü 2, akış sensörü, su sensörleri ve sıcaklık sensörünün değerlerini oku.
- c. Basınç sensörü 1, 4-10 bar arasında bir değer okuyor mu? Eğer okuyorsa basınç sensörü 2’nin, 0-2 bar arasında bir basınç okuyup okumadığını kontrol et. Eğer okuyorsa şebeke valfini açık konuma getir. Okumuyorsa çıkışa git. Eğer Basınç sensörü 1, 4 -10 bar arasında bir değer okumuyorsa şebeke valfini kapalı konuma getir. Ekrana “Şebeke suyu kesik” yazdır. “c” adımına geri dön.
- d. Veya sıcak su üretici çalıştı mı? (akış sensörü aktif mi?) Eğer aktifse “sıcaklık sensörünün okuduğu değer istenilen sıcaklık değerinden büyük veya istenilen sıcaklık değerine eşit mi?” diye sorgula. Eğer büyük veya eşitse sıcak su hattındaki valf1’i valf2’yi ve valf3’ü aç. Ekrana “Su yeterince sıcak” uyarısını yazdır. Ve d adımına geri dön. Büyük veya eşit değilse valfleri kapat. Geri

dönüşüm pompasını aç. Ekrana “Su ısınıyor” uyarısını yazdır. Ve d adımına geri dön. Sıcak su üretici çalışmıyorsa çıkışa git.

- e. Veya su sensörleri çıkış verdi mi? Eğer verdiyse şebeke valfini kapalı konumuna getir. Ekrana “Şebeke de kaçak var” uyarısını yazdır. Çıkışa git. Su sensörleri çıkış vermediyse çıkışa git.



Şekil 3.3. Önerilen sistemin çalışmasına ilişkin akış diyagramı

Önerilen sistemin alt birimleri ayrı ayrı ele alınarak çalışma durumları ve bu durumlar sonucunda oluşacak algoritmalar detaylıca incelenecektir.

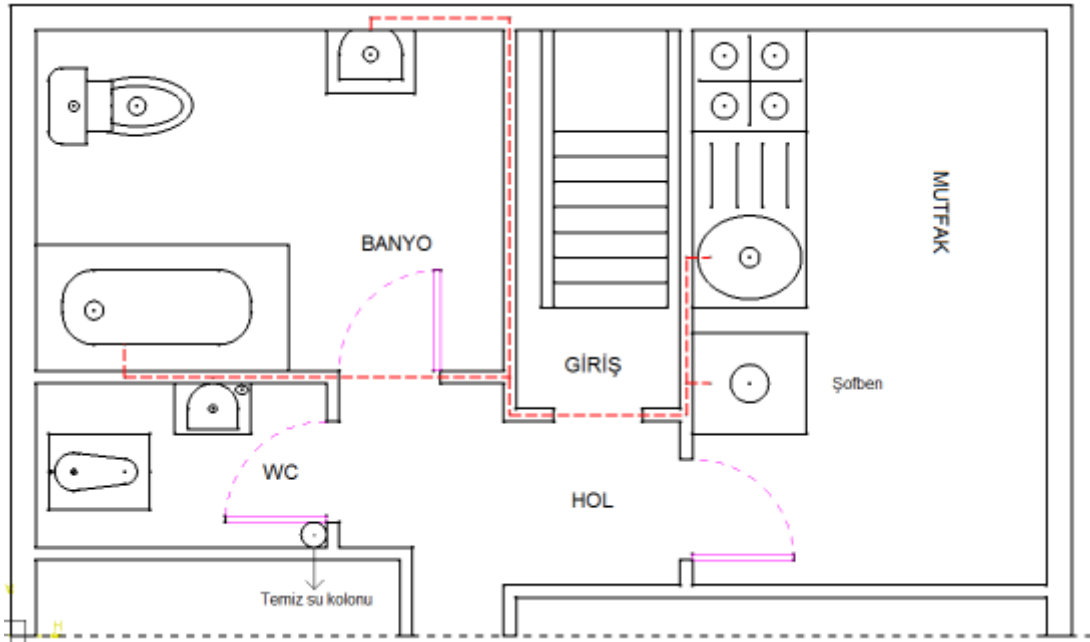
3.1. Sıcak Su Geri Dönüşüm Sisteminin Tasarımı ve Çalışma Yöntemi

Önerilen sistemin bu birimi ile, sıcak su kullanımı sırasında yeterli sıcaklığa ulaşmamış suyun geri kazanımı sağlanmaktadır.

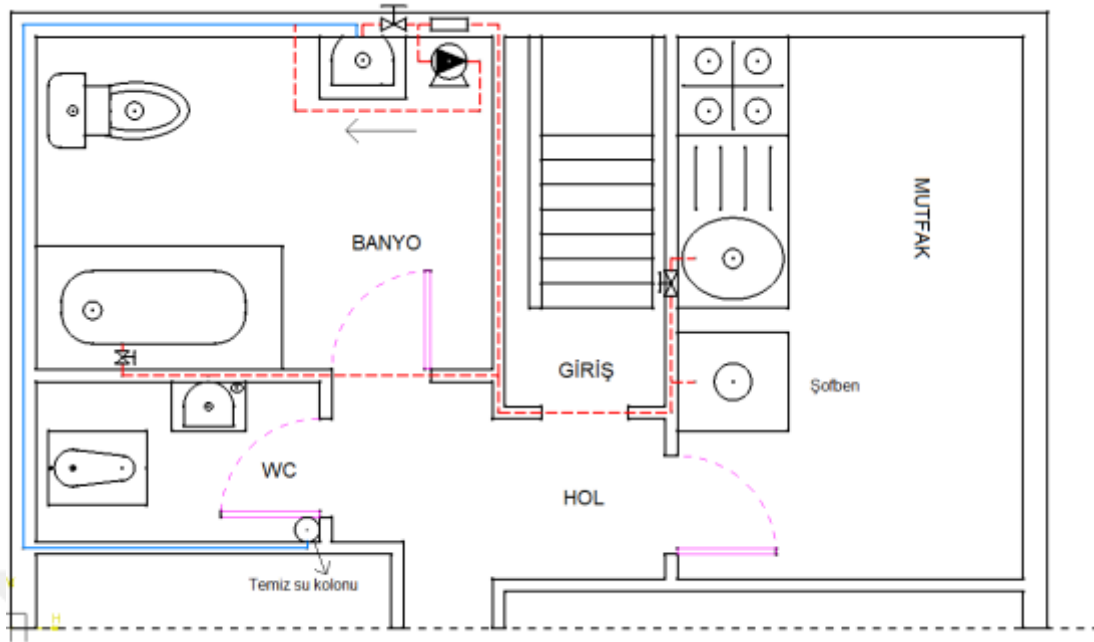
Bu geri dönüşüm işlemini gerçekleştirmek için hem pompanın kontrolü bakımından hem de pompanın tesisata montajı bakımından alternatif sistemler geliştirilmiştir. Buna göre, sıcak su geri dönüşüm sistemi; tesisat tipine göre ve çalışma moduna göre farklı tasarımlarda olabilmektedirler.

Tesisat tipine göre;

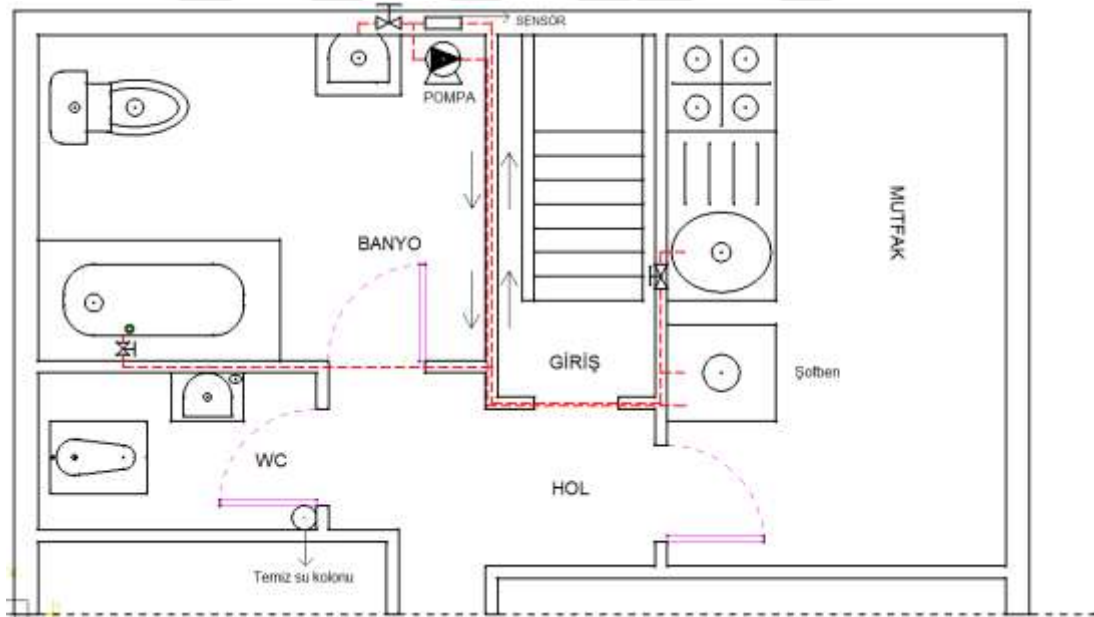
- Ayrı bir dönüş hattının kullanıldığı sistem (Bkz. Şekil 3.6.)
- Geri dönüşüm suyunun doğrudan şebeke girişine verildiği sistem olarak tasarlanmaktadır. (Bkz. Şekil 3.5.)



Şekil 3.4. Örnek bir evin mimari şemasında sıcak su hattının gösterimi



Şekil 3.5. Evin mimari şemasında geri dönüşüm suyunun doğrudan şebekeye verildiği sıcak su geri dönüşüm sistemi



Şekil 3.6. Evin mimari şemasında ayrı bir dönüş hattının kullanıldığı sıcak su geri dönüşüm sisteminin gösterimi

Şekil 3.4. 'te örnek bir evin sıcak su tesisatı evin mimari şemasında gösterilmektedir. Şekil 3.5.'ten ve Şekil 3.6.'dan görüleceği üzere sıcak su hattına ek olarak bir geri dönüşüm pompası ve sıcak su üreticiden en uzaktaki vananın sıcak su girişine sıcaklık ölçer sensör yerleştirilmiştir. Sıcaklık sensörünün kombiye en

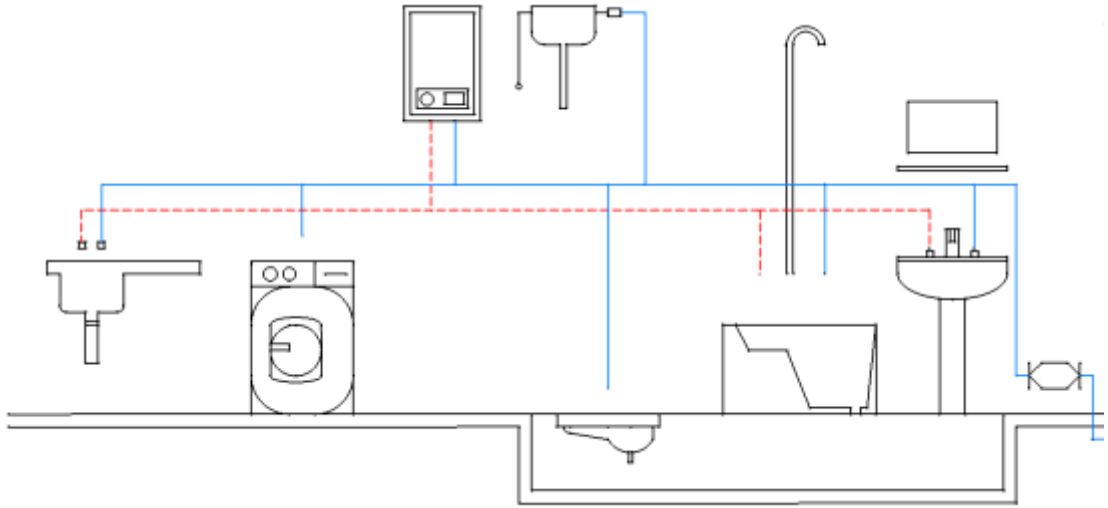
uzaktaki vananın girişine yerleştirilmesinin nedeni; suyun en son noktadaki sıcaklığının ölçülmesinin sağlanmasıdır. Aksi durumda, kombiye yakın bir noktadan elde edilen ölçüm, suyun ileri noktalara taşınması esnasında kaybedeceği ısı sebebiyle, uzak uçtan elde edilen suyun sıcaklığına eşit olmayacaktır. Yine bu durumda, kullanıcının kombiye uzak noktalardan elde edeceği sıcak su istenilen sıcaklıkta olmayacaktır.

Şekil 3.5.'teki geri dönüşüm suyunun doğrudan şebeke girişine verildiği sistem mevcut tesisatlara kurulmak için avantajlıdır. Çünkü yapı da herhangi bir tahribata neden olmadan bu sistemi kurmak mümkündür.

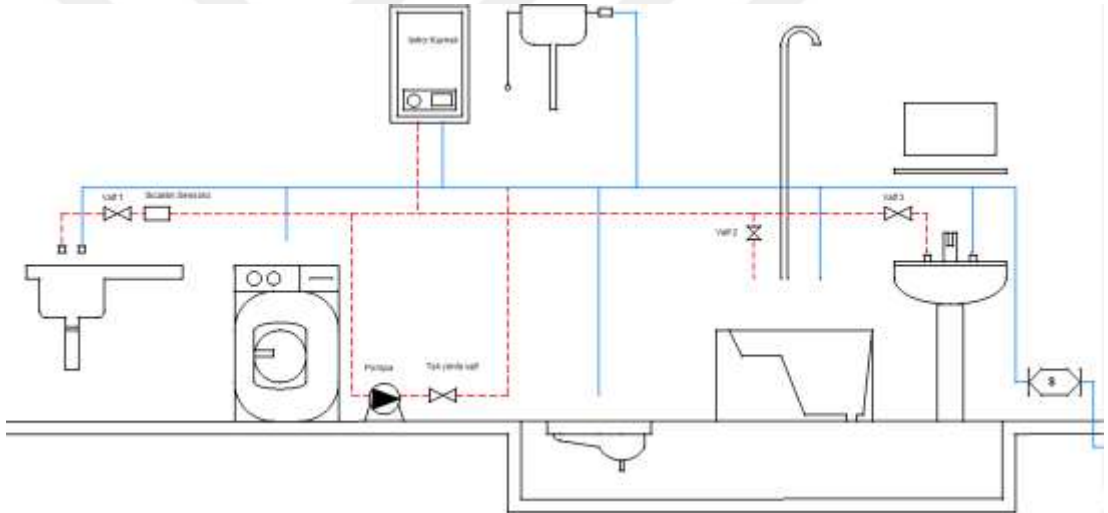
Şekil 3.6.'daki ayrı bir geri dönüş hattının tasarlandığı sistem ise yeni yapılacak yapılar için uygun bir tasarımıdır. Çünkü bu sayede yeterli sıcaklıkta olmasa da bir miktar ısınmış su, kombi soğuk su girişine verilerek daha kısa sürede istenilen sıcaklıktaki suyun elde edilmesi sağlanacaktır.

Tesisat yapısındaki farklılıklar çalışma algoritmasında herhangi bir değişikliğe neden olmamaktadır.

Bunun yanı sıra bu çalışmada farklı çalışma modları için farklı tasarımlar da geliştirilmiştir. Bu çalışma modları aşağıda sıralanmıştır. Gerek bu çalışma modlarına ilişkin algoritmaları gerekse sistemin tasarımını daha açıktan görmek için ev örneğine ilişkin temiz su tesisatı, sıcak su tesisatı ve bu tesisatlara sıcak su geri dönüşüm sistemi ilave edilerek oluşturulan yeni tesisat, Şekil 3.6.'da ve Şekil 3.7.'de verilmiştir.



Şekil 3.6. Ev örneğinde temiz su ve sıcak su tesisatının şematik tasarımı

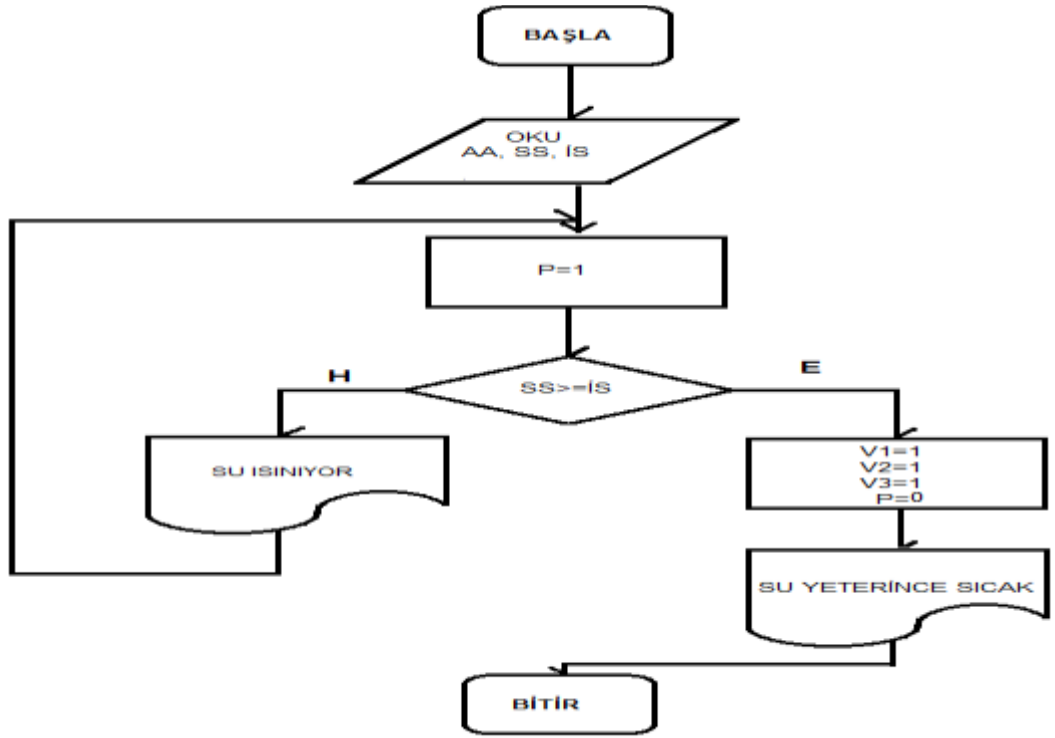


Şekil 3.7. Ev örneğinde sıcak su tesisatına, sıcak su geri dönüşüm sisteminin ilave edilmesiyle oluşturulan şematik tasarım

Sıcak su hattına yerleştirilen bu ek sistemle kontrol birimi üzerinde yapılacak bazı değişikliklerle farklı çalışma modları tasarlamak mümkündür. Bunlar;

- Sürekli çalıştırma modu: Sirkülasyon pompasının sürekli çalıştığı ve musluk açılır açılmaz anında sıcak suyun elde edilebildiği moddur. Bu mod için yazılan algoritma şu şekildedir:

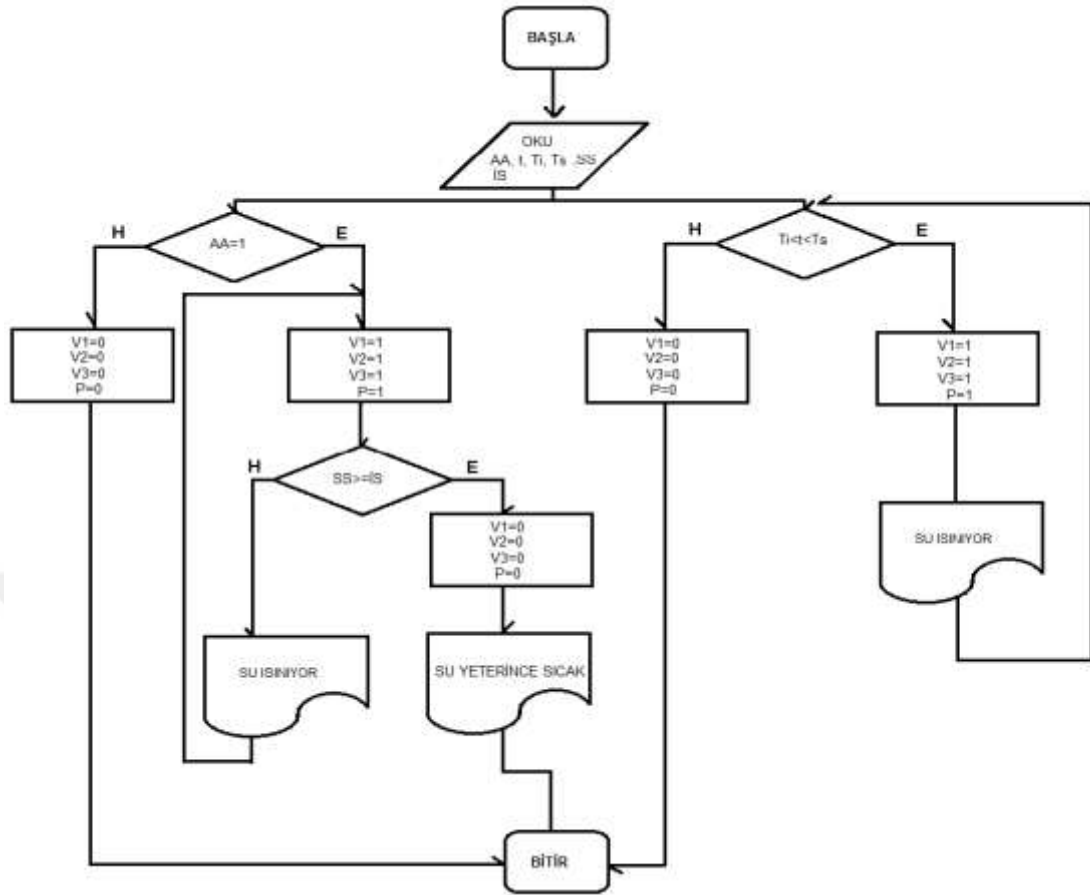
1. Başla
2. Akış anahtarının değerini, sıcaklık sensörünün okuduğu sıcaklık değerini ve istenilen sıcaklık değerini oku.
3. Geri dönüşüm pompasını çalıştır.
4. Sıcaklık sensörünün ölçtüğü değer istenilen sıcaklık değerinden büyük veya eşitse normalde kapalı valfleri açık konumuna getir pompayı durdur ve kullanıcı ekranına “SU YETERİNCE SICAK” uyarısını yaz. Değilse, ekrana “SU ISINIYOR” uyarısını yazıp 3. adıma geri dön.
5. Programı sonlandır.



Şekil 3.8. Sürekli çalıştırma modu algoritma akış diyagramı

- b. Zamanlayıcı kontrollü mod: Sisteme bir zamanlayıcı ilave edilerek kullanıcının önceden sirkülasyon pompasının günlük periyodik çalışma aralıklarını kendisinin seçebildiği ve bu aralıkları istediği zaman değiştirebildiği moddur. Bu çalışma modunun algoritması şu şekildedir:

1. Başla
2. Akış anahtarının durumunu, o anki saati, kurma aralığının ilk zaman değerini ve son zaman değerini, sıcaklık sensörünün okuduğu değeri, ve istenilen sıcaklık değerini oku.
3. Zamanın o anki değeri, kurma aralığında ise normalde açık konumda olan valfleri kapalı konuma getirerek, geri dönüşüm pompasını çalıştır ve ekrana “SU ISINIYOR” uyarısını yazdırıp adım 3’ün başına dön. Zamanın o anki değeri, kurma aralığında değilse valfleri ve pompayı normal konumuna getirip programı sonlandır.
4. Akış anahtarı aktifse, normalde açık konumda olan valfleri kapalı konuma getir ve pompayı çalıştır. Sıcaklık sensörünün değeri istenilen sıcaklık değerinden büyük veya eşitse valfleri açık konuma getirip pompayı kapat. Ekrana “SU YETERİNCE SICAK” uyarısını yazdır ve programı sonlandır. Sıcaklık sensörünün değeri istenilen sıcaklık değerinden küçükse ekrana “SU ISINIYOR” uyarısını yazdır ve adım 4’ün başına dön.
5. Akış anahtarı aktif değilse valfler normal konumunda dursun ve pompa çalışmasın.
6. Programı sonlandır.



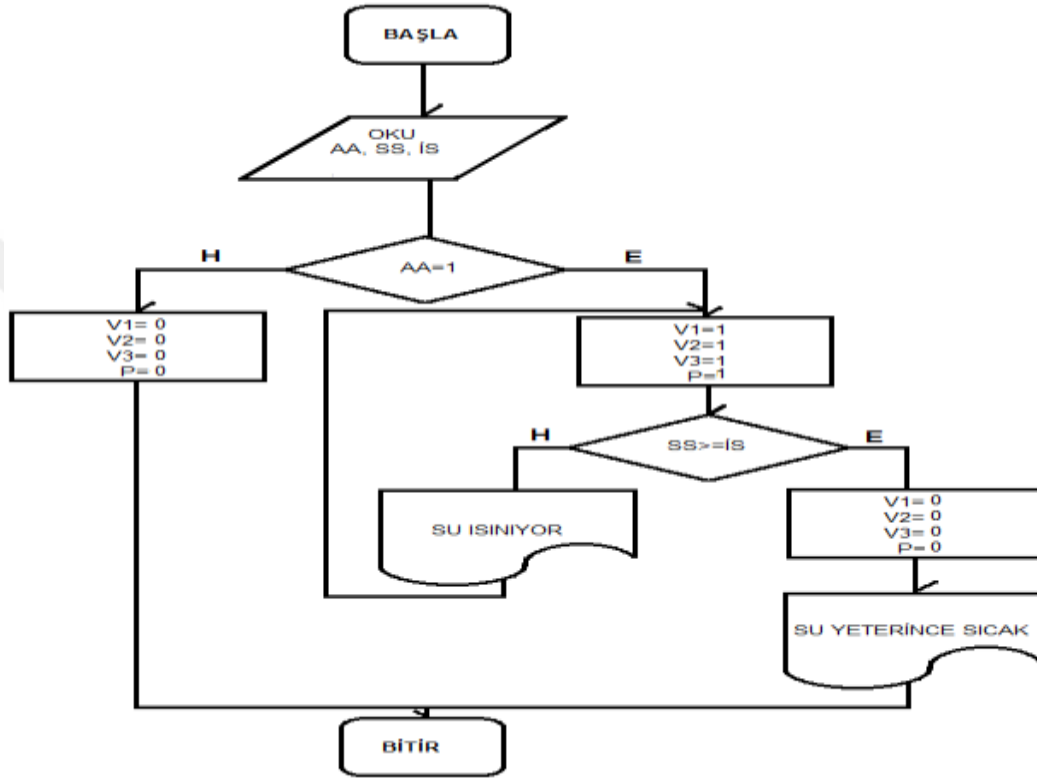
Şekil 3.9. Zamanlayıcı kontrollü mod algoritma akış diyagramı

c. Termostat kontrollü mod: Bataryaya gelen suyun sıcaklık sensörüyle(termostat) ölçüldüğü ve sıcaklığın istenilen değerin altında olması halinde pompanın çalışmaya başladığı ve su sıcaklığı ayarlanan değere ulaştığında pompanın kapanarak bataryadansıcak suyun aktığı moddur. Bu mod en tasarruflu olanlarındandır. Ancak kısa bir süre de olsa sıcak suyu beklemek gerekir. Bu moda ilişkin algoritma ve akış diyagramı şu şekildedir:

1. Başla
2. Akış anahtarının durumunu, sıcaklık sensörünün değerini ve istenilen sıcaklık değerini oku.
3. Akış anahtarının durumu aktifse, normalde açık konumunda olan valfleri kapalı konuma getir ve pompayı çalıştır. Bu durumda sıcaklık sensörünün değeri istenilen sıcaklık değerinden büyük veya eşitse pompayı kapatıp valfleri açık konumuna getir. Ekrana “SU YETERİNCE SICAK”uyarısını yazdırıp programı

sonlandır. Sıcaklık sensörünün değeri istenilen sıcaklık değerinden küçükse, ekrana “SU ISINIYOR” uyarısı yazdır ve adım 4’ün başına git.

4. Akış anahtarı aktif değilse valfleri normalde açık konumunda bırak ve pompayı çalıştırma.
5. Programı sonlandır.



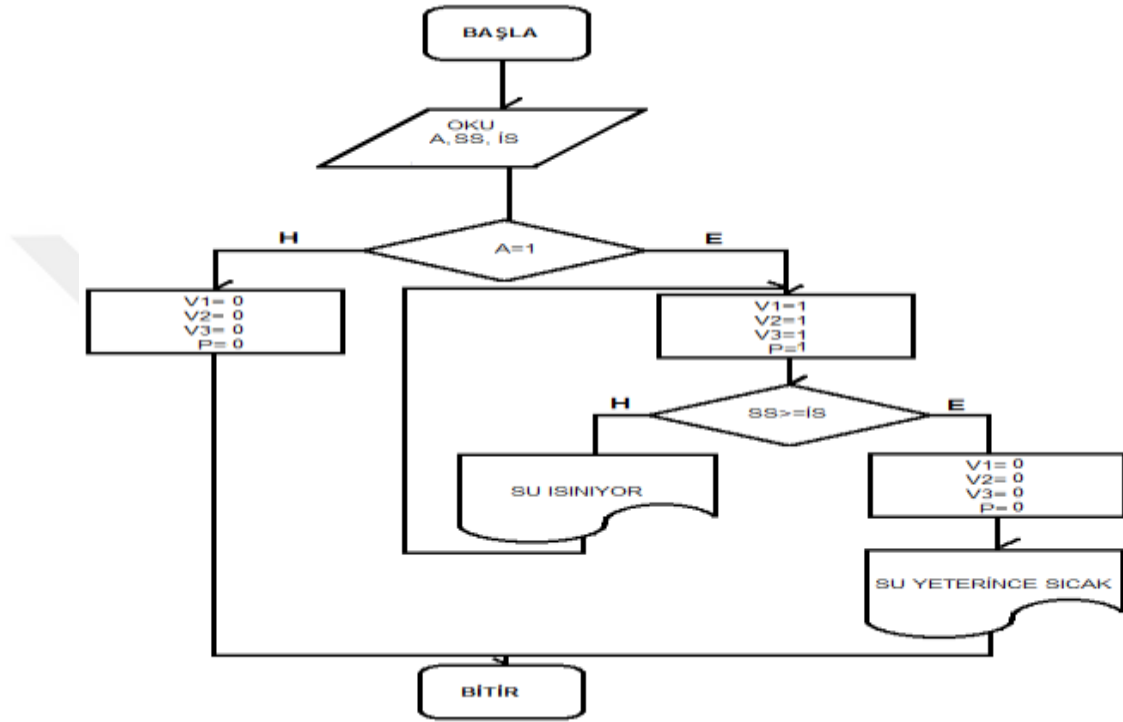
Şekil 3.10. Termostat kontrollü moda ilişkin algoritma akış diyagramı

- d. Kullanıcı kontrollü mod: Kullanıcının sirkülasyon pompasını bir buton ya da anahtarla çalıştırdığı işi bittiği zamanda kapattığı moddur. Bu modun çalışma algoritması ve akış diyagramı şu şekildedir:

1. Başla
2. Anahtarın durumunu, sıcaklık sensörünün değerini ve istenilen sıcaklık değerini oku.
3. Anahtarın durumu aktifse, normalde açık konumunda olan valfleri kapalı konuma getir ve pompayı çalıştır. Bu durumda sıcaklık sensörünün değeri istenilen sıcaklık değerinden büyük veya eşitse pompayı kapatıp valfleri açık konumuna

getir. Ekrana “SU YETERİNCE SICAK” uyarısını yazdırıp programı sonlandır. Sıcaklık sensörünün değeri istenilen sıcaklık değerinden küçükse, ekrana “SU ISINIYOR” uyarısı yazdır ve adım 4’ün başına git.

4. Anahtar aktif değilse valfleri normalde açık konumunda bırak ve pompayı çalıştırma.
5. Programı sonlandır



Şekil 3.11. Kullanıcı kontrollü çalışma moduna ilişkin algoritma akış diyagramı

Burada geliştirilen sistemlerin birbirine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Bu çalışma modlarının seçiminde kullanıcının tüketim miktarı ve kullanım alışkanlıkları belirleyici olmaktadır.

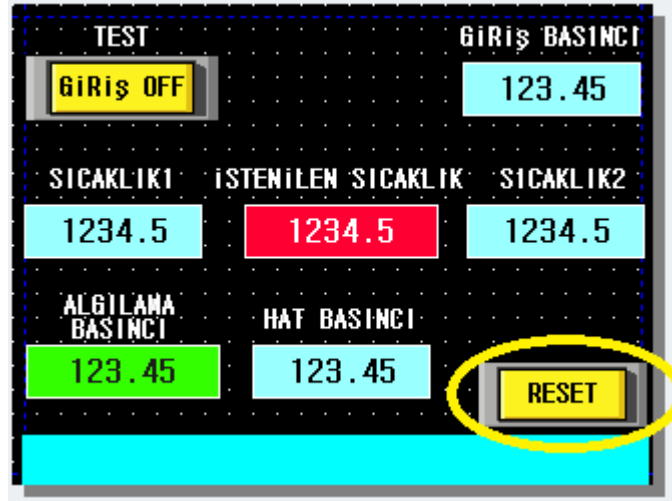
Sürekli çalışma modu, çok yoğun sıcak su kullanan ortamlar için uygun olmasına karşılık tüketimin az olduğu yerlerde dezavantajlıdır.

Günlük yaşıntısı belli bir programa dayalı kullanıcılar için zamanlayıcı kontrollü mod önerilirken, günlük programı oldukça esnek olan kullanıcılar için kullanıcı kontrollü mod ya da termostat kontrollü mod daha uygundur.

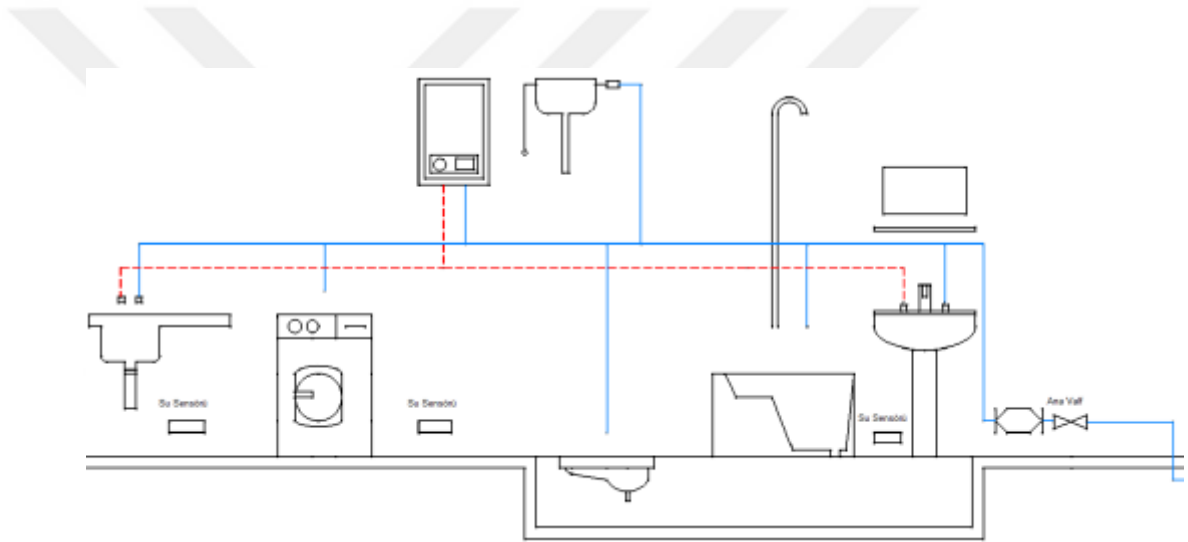
3.2. Sızıntı Önleme Sisteminin Tasarımı ve Çalışma Yöntemi

Birçok sigorta şirketi ev hasarlarının önemli bir kısmının tesisattan kaynaklanan su sızıntılarının yol açtığı hasarlar ve bozuk ev aletlerinden kaynaklanan sızıntıların yol açtığı hasarlardan kaynaklandığını ifade etmektedir. Bu nedenle su tasarrufu ve su kayıplarının neden olduğu hasarları önlemeyi amaçlayan bu çalışmaya sızıntı önleme sistemi entegre edilmiştir. Böylece sızıntıların neden olduğu kaybı ve hasarı önlemek amaçlanmaktadır.

Bütünleşik sistemin sızıntı önleme birimi, kontrol birimi, valf ve su sensörlerinden oluşmaktadır. Su sensörleri temiz su tesisatı, sıcak su tesisatı ve ısıtma sisteminin sızıntı olma ihtimali yüksek yerlerine konulmuştur. Valf ise temiz su şebeke girişine monte edilmiştir. Bu durum Şekil 3.2.'de gösterilmiştir. Yine Şekil 3.13.'de ev örneğine ilişkin temiz su ve sıcak su tesisat şeması ve sızıntı önleme sisteminin su tesisat şemasındaki tasarımı verilmiştir. Bu tasarıma ek olarak Şekil 3.2.'de verilen mimari grafikte kontrol birimi de gösterilmiştir. Kontrol biriminin görevi ise su sensörlerinden gelen bilgiye göre ana valfi açıp kapatarak sızıntı olma durumunda, sızıntının sebep olacağı zararlardan mekânı korumak için şebeke suyunu kesmektir. Bu durumda mekânın su tesisatının geçtiği herhangi bir yerinde sızıntı olması durumunda şebeke suyu kesik olduğu için mekân, hasar durumlarına karşı emniyette olacaktır. Kontrol panelinde sızıntıya karşı gerekli tedbirler alındıktan sonra su dağıtım sistemini normal pozisyonuna getiren bir reset butonu yerleştirilmiştir. Bu buton sayesinde tesisat normal şartlarına geri getirilmektedir. Kullanıcı ekranının tasarımını gösteren Şekil 3.12.'de reset butonu gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Kullanıcı ekranının tasarımı



Şekil 3.13. Ev örneğinde, su tesisat şemasında sızıntı önleyici sistemin tasarımı

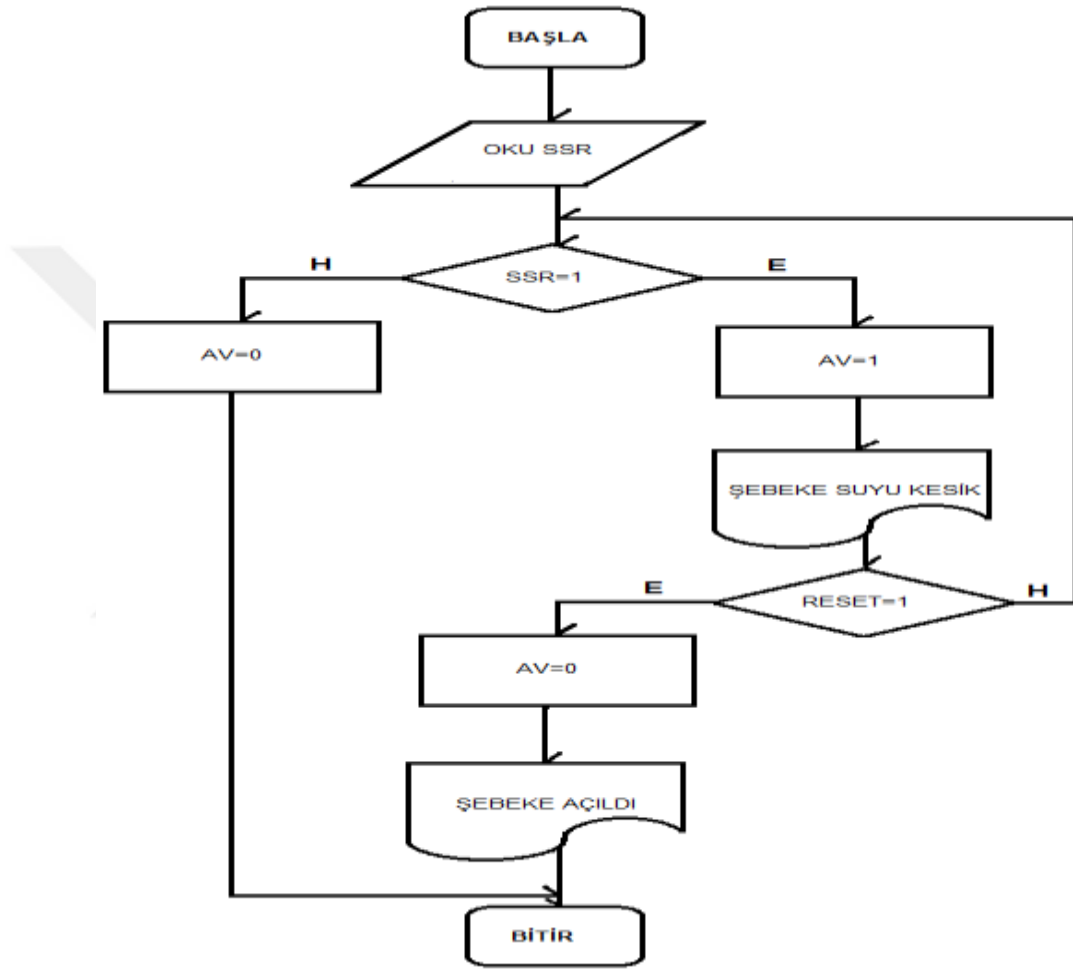
Şekil 3.13.'te tasarımı yapılan sistemin algoritma akış diyagramı Şekil 3.14.'te verilmiştir. Şekil 3.15.'te ise kullanıcıya reset butonunun sistemdeki görevini açıklamak için oluşturulan, reset butonu konulmamış sızıntı önleme sisteminin algoritma akış diyagramı verilmiştir.

Sızıntı önleme sisteminin çalışmasını gösteren algoritma şu şekildedir:

1. Başla
2. Su seviye rölesinin değerini oku.
3. Su sensörlerinden herhangi biri aktif ise ana valfi kapalı konuma getir ve ekrana

“ŞEBEKE SUYU KESİK” yaz. Bu durumda reset butonu aktif olursa ana valfi tekrar açık konumuna getir ve ekrana “ŞEBEKE AÇILDI” uyarısını yaz. Programı sonlandır. Reset butonu aktif değilse adım 3’ün başına geri dön.

4. Su sensörlerinden herhangi biri aktif değilse valfi normalde açık konumunda bırak.
5. Programı sonlandır.

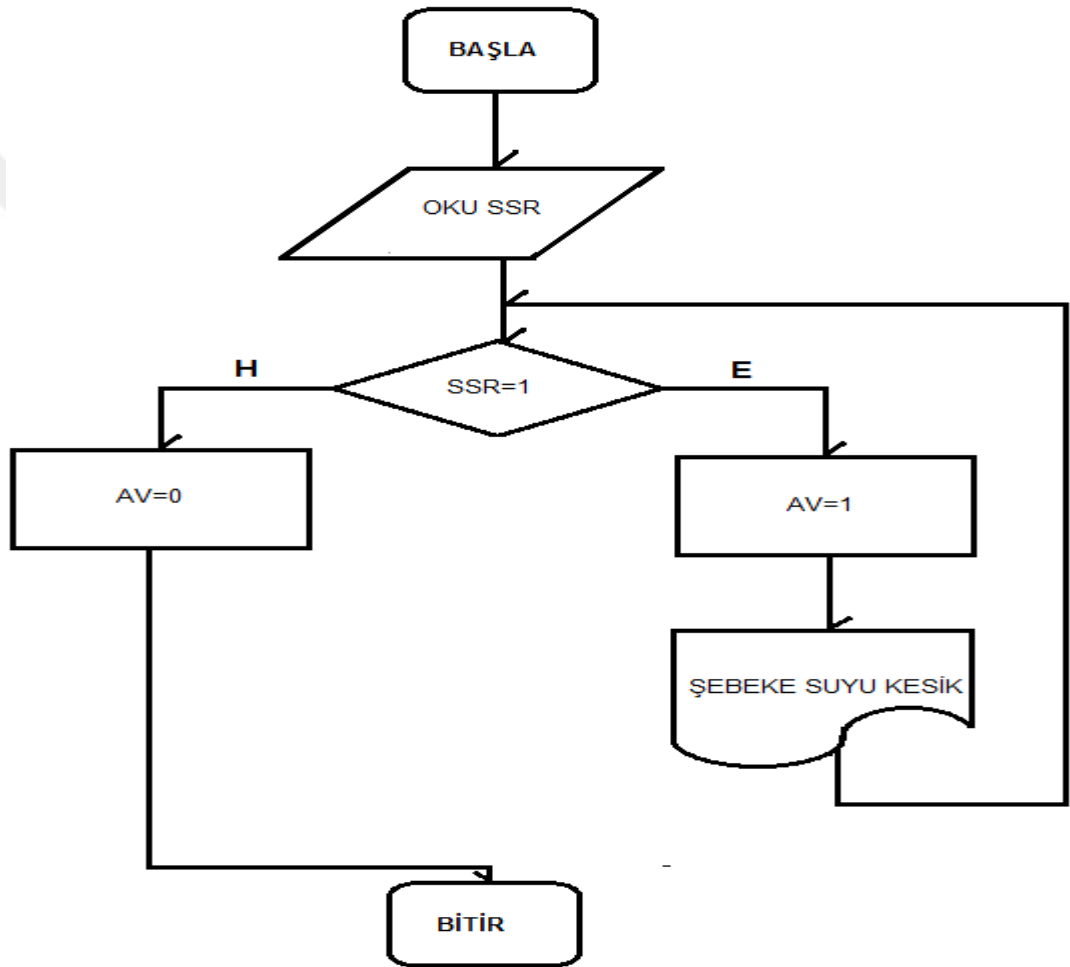


Şekil 3.14. Sızıntı önleyici sistemin algoritma akış diyagramı

Sistemde reset butonu olmazsa algoritma akış diyagramı Şekil 3.15.’teki gibi su sensörlerinin tespit ettiği kaçak onarılmıncaya kadar şebeke suyu kesik olacaktır. Fakat oluşan kaçakların tespiti için uygulanan hat dinleme ve hat basıncını ölçme gibi uygulamaların yapılabilmesi için kaçak olsa da hatta su dolaşması gerekmektedir. Reset butonu bu durumlara olanak tanımak için kullanıcı kontrollü olarak hatta su verilmesini mümkün kılmaktadır. Bu durumu açıklamak üzere reset butonu olmayan

sızıntı önleme sisteminin algoritması verilmiştir.

1. Başla
2. Su seviye rölesinin değerini oku.
3. Su sensörlerinden herhangi biri aktif ise ana valfi kapalı konuma getir ve ekrana “ŞEBEKE SUYU KESİK” yazıp programı sonlandır.
4. Su sensörlerinden herhangi biri aktif değilse valfi normalde açık konumunda bırak.
5. Programı sonlandır.

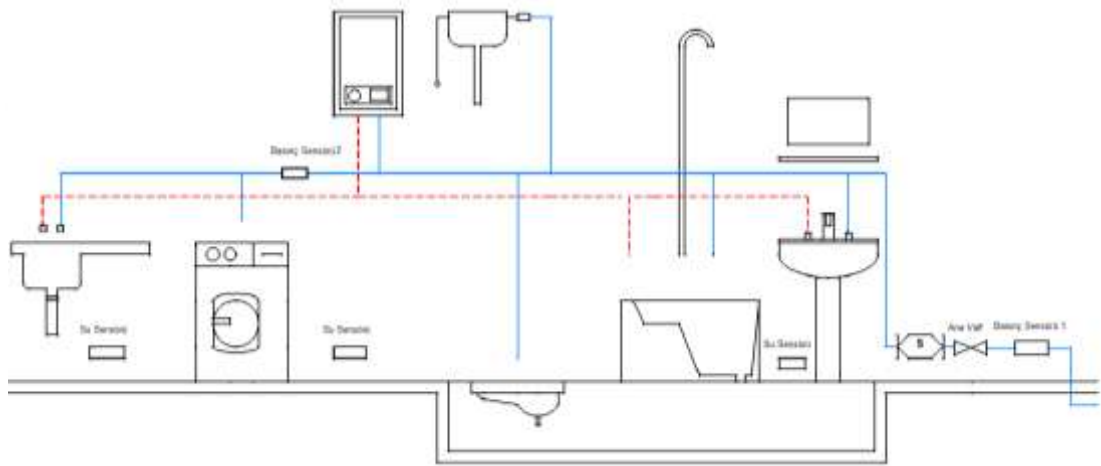


Şekil 3.15. Sızıntı önleyici sistemin reset butonu ilave edilmemiş durumunun algoritma akış diyagramı

3.3. Taşkın Önleme Sisteminin Tasarımı ve Çalışma Yöntemi

Özellikle su kesintisinin yoğun yaşandığı bölgelerde, sular kesikken bataryanın açık unutulması çok sık rastlanan bir durumdur. Suların yeniden gelmesi anında mekânda

kimsenin olmaması halinde genellikle iç mekân su taşkınları gerçekleşmektedir. Böylesi durumlarda su kaybının yanında gerek eşya ve gerekse yapı hasarları da meydana gelmektedir. Hatta bazen taşkın periyodunun uzaması halinde alt komşu daire de bu olumsuz durumdan etkilenir. Dolayısıyla, bu durum dolaylı olarak sosyal ve psikolojik problemlere de sebep olmaktadır. Hali hazırda kullanmış olduğumuz yapılarda ve hatta akıllı ev olarak adlandırılan yapılarda da bu tür problemlere karşı herhangi bir koruma yoktur. Oysa mevcut otomasyon teknolojisi ve donanımlar kullanarak söz konusu problem kolaylıkla çözülebilecek niteliktedir. Çözüm için farklı yöntemlerin kullanılması mümkündür. Bu yöntemlerin hepsindeki temel mantık suyun kesilmesi ile şebekede ne tür bir fiziksel değişimin olacağının belirlenmesidir. Başka bir söyleyişle suyun kesildiğinin hangi sensörle algılanacağı konusudur. Bu çalışma da bu konu etrafıca incelenmiş ve basınç değişiminin ve dolayısıyla basınç sensörü kullanımının daha pratik ve ekonomik bir çözüm olacağı kanaatine varılmıştır.

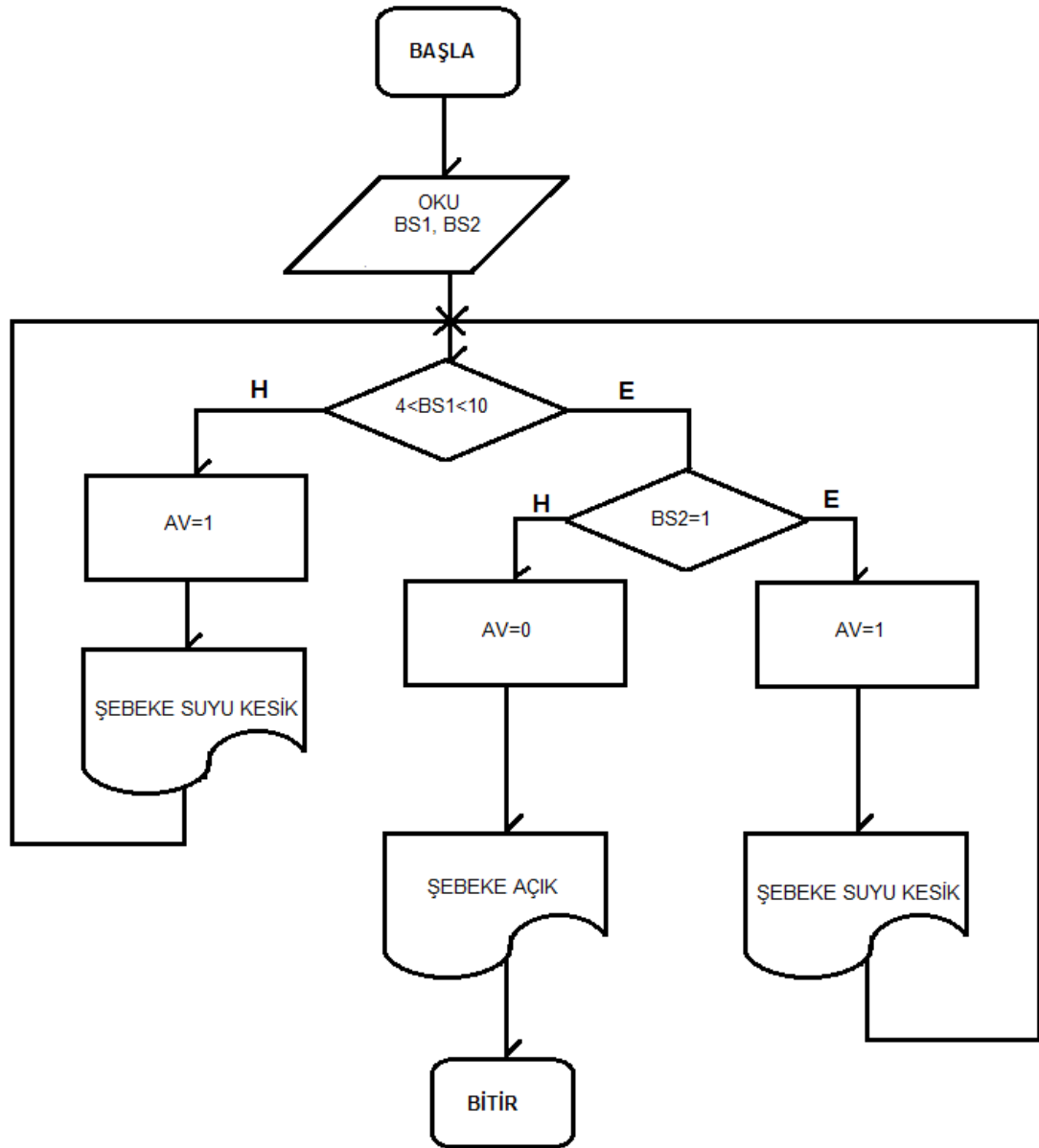


Şekil 3.16.Ev örneğinde, su tesisat şemasında taşkın önleyici sistemin tasarımı

Taşkın önleme için geliştirilen sistemin genel görünümü ve ana bileşenleri Şekil 3.16.'da gösterilmiştir. Yine Şekil 3.2.'de taşkın önleme sisteminin çalışması, sistem bileşenlerine göre şematik olarak ifade edilmiştir. Buna göre taşkın önleyici sistem, şebeke girişinde ve su tesisatının uygun bir konumunda bulunan iki adet basınç sensörü, ve yine şebeke girişine monte edilen bir ana valften oluşmaktadır. Su kesintisi durumunda şebeke girişindeki valf basınç düşüşünü kontrol ünitesine

iletecek, kontrol birimide aktuatörü kapalı konuma alarak hattaki basınç sensöründen gelecek değeri bekleyecektir. Eğer musluklardan herhangi biri açık unutulmuşsa hattaki basınç sensörünün değeri açık hava basıncına eşit olacağından bu sensörün değeri 1 bar olursa şebekeye tekrar su gelse dahi ana valf açılmayacaktır ve ekran üzerinden kullanıcı uyarılacaktır. Kullanıcı muslukları kontrol ederek açık musluğu kapatırsa hattaki basınç sensörü 1 bardan farklı bir değer okuyacak, böylelikle kontrol birimi açık unutulmuş musluğun kapatıldığını anlayarak ana valfi açık konumuna geri dönderecektir. Bu durumları gösteren algoritma akış diyagramı Şekil 3.17.'de gösterilmiştir. Sistemin algoritması şu şekildedir:

1. Başla
2. Basınç sensörü 1 ve basınç sensörü 2'nin değerini oku.
3. Basınç sensörü 1 4-10 bar arasında bir değer gösteriyor mu?
4. Basınç sensörü 1, 4-10 bar arasında bir değer gösteriyor ve basınç sensörü 2'nin değeri 1'e eşit ise, ana valfi kapalı konumuna getir ve ekrana "ŞEBEKE SUYU KESİK" uyarısını yaz 3. Adım'a geri dön.
5. Basınç sensörü 1, 4-10 bar arasında bir değer gösteriyor ve basınç sensörü 2, 1 bardan farklı bir değer gösteriyorsa ana valfi açık konuma getir ve ekrana "ŞEBEKE AÇILDI" uyarısını yazdırıp programı sonlandır.
6. Basınç sensörü 1, 4-10 bar arasında bir değer göstermiyorsa ana valfi kapalı konuma getirerek, ekrana "ŞEBEKE SUYU KESİK" uyarısını yazdırıp programı sonlandır.
7. Programı sonlandır.



Şekil 3.17. Taşkın önleyici sistemin algoritma akış diyagramı

BÖLÜM 4. ÖNERİLEN SİSTEMİN UYGULANMASI

Bu çalışmada iç mekân su dağıtımı için üç ayrı tasarruf ve önlem sistemi ve her bir sisteme ait yapısal ve fonksiyonel bakımdan farklılık arz eden alt sistemler önerilmiştir. Bu kısımda bu sistemlerin prototip uygulamasının yapılması amaçlanmıştır. Öncelikle sistemin neden bir prototip olarak uygulandığının izah edilmesi gerekmektedir.

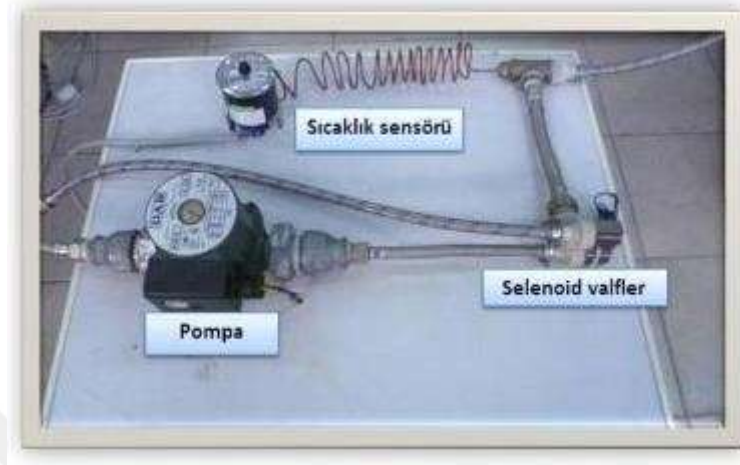
Önerilen sistem, evler, iş yerleri ve endüstriyel mekânların bazı birimlerinde kullanılmaya uygundur. Söz konusu bu 3 alanda da insanlar sürekli olarak su kullanmak durumundadırlar. Bir evin, iş yerinin veya endüstriyel bir kuruluşun uzun bir zaman su kesintisine tahammülü söz konusu olamaz. Önerilen sistemin gerçek bir örnek üzerine kurulumu hem deneme yanılma gerektiren bazı koşullar nedeniyle hemde ilgili örneğin su tesisat yapısında önemli değişiklikler yapma zorunluluğu olduğundan bu sistem gerçek bir örnek üzerinde değil bir prototip üzerinde uygulanmıştır.

4.1. Sıcak Su geri Dönüşüm Sistemi ve Taşkın Önleyici Sistemin Deneme Uygulaması

Prototip aşamasından önce taşkın önleme sistemi ve sıcak su geri dönüşüm sisteminin termostat kontrollü modülünün bazı ön hazırlık uygulamaları yapılmıştır. Şekil 4.1., Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.'te bu uygulamaları gösteren resimler verilmektedir.

Ancak sistemlerin birbirine benzer olması ve bu çalışmanın kapsamı düşünülerek uygulamalardan daha kapsamlı ve daha orijinal gördüğümüz iki tanesine yer verilmiştir. Bu kapsamda örnek bir sıcak su dağıtım hattı üzerinde sıcak su geri dönüşüm sisteminin ve deneme uygulaması olarak tasarlanan bir taşkın önleme

sisteminin uygulaması verilmiştir. Bu uygulama örneklerinde sistemden beklenen faydaların sağlandığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.1. Sıcak su geri dönüşüm sistemi deneme uygulaması



Şekil 4.2. Sıcak su elde etmede kullanılan ısıtıcı ve gösterge

Termostatlı geri dönüşüm uygulamasında, termostat 40 °C'ye ayarlanmış ve geri dönüşüm pompası sıcak su 40 °C'ye gelene kadar çalışarak soğuk suyun boşa akmasını önlemiştir. Kısa bir süre sonra su 40 °C'ye ulaşmış ve akmaya başlamıştır. Beklenildiği üzere su tasarrufu bakımından önemli bir kazanç sağlandığı gözlemlenmiştir

Taşkın önleme sistemi içinde bir deneme uygulaması gerçekleştirilmiş ve bununla ilgili resimler Şekil 4.3.'te gösterilmiştir. Bu uygulamada da şebekeyi temsil eden boru da su varken basınç sensörü herhangi bir değişim göstermemiş borudaki su

boşaltılınca boru iç basıncı düşmüş bu basınç düşümü sensör tarafından algılanmış ve valfin konumunu kapalı hale getirmiş böylece şebeke suyu kesilmiştir ve olası bir taşkına karşı önlem alınmıştır.

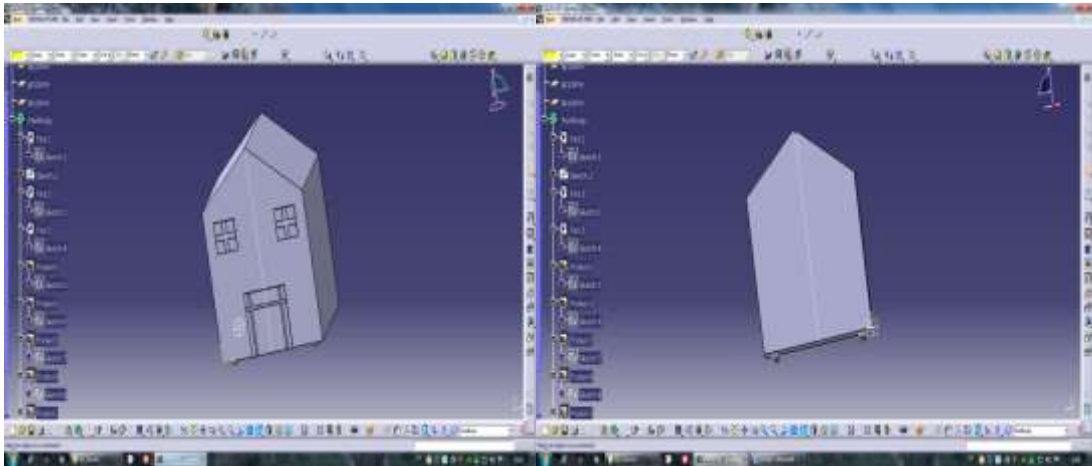


Şekil 4.3. Taşkın önleme sistemi deneme uygulaması

4.2. Maket Evin Tasarımı ve İmalatı

Önerilen sistemin ilgili birimleri için deneme uygulamaları gerçekleştirdikten sonra sistemin prototip olarak kurulum aşamasına geçilmiştir.

100*120*80 boyutlarında, iki adet musluk yerleştirecek şekilde ahşap bir ev tasarlanarak üzerine su tesisatının kurulacağı bu ev imal edilmiştir. Bu tasarım ve ürünün resimleri aşağıda verilmektedir.



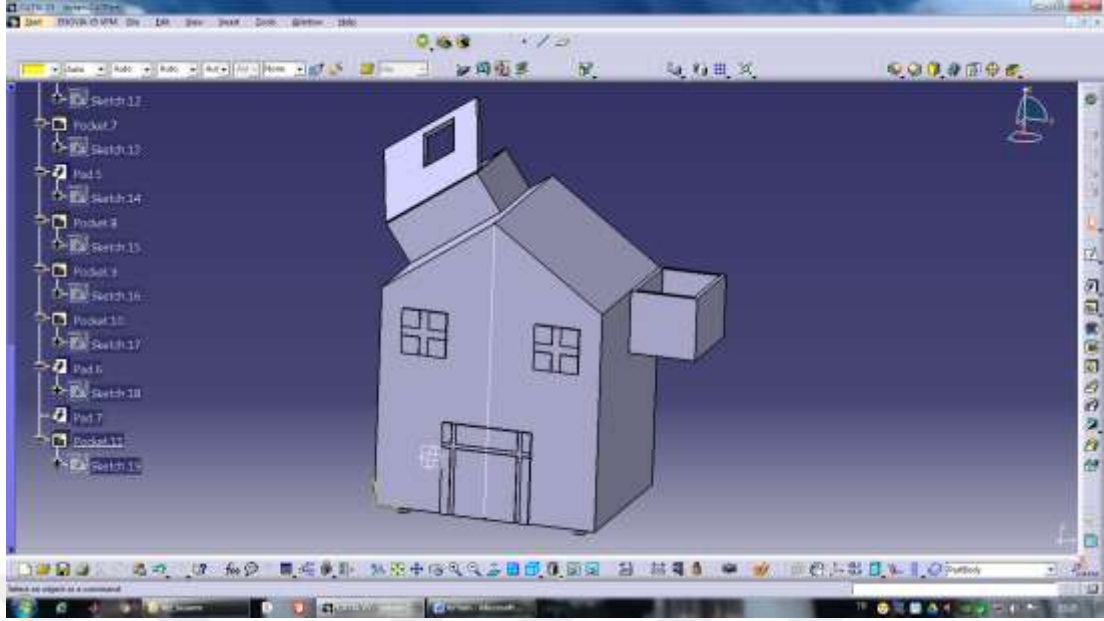
Şekil 4.4. Üzerine prototip su tesisatı kurulacak olan evin tasarımının ön ve arka görünüşü

Oluşturulan maket evin genişlik boyutu, ortadan ikiye ayrılabilir özelliktedir. Böylece derinlik boyutuna monte edilecek olan banyo ve mutfakı temsil eden musluklar açığa çıkarak onlardaki değişimi gözlemleme olanağı verecektir. Şekil 4.4.'te genişlik boyutunun ön ve arka yüzeyden tasarım görüntüleri verilen evin, imal edildikten sonraki görüntüleri Şekil 4.5.'te verilmektedir.



Şekil 4.5. İmal edilen maket evin ön ve arka görüntüsü

Prototipi oluşturulacak sistemde en büyük hacimli parçalar pano ve ısıtıcıdır. Tasarım resminde bu parçaları görmek pano seçiminde ve diğer parçaların yerleştirilmesinde faydalı olacaktır. Bu nedenle maket ev üzerinde bu parçalar, gerçek boyutlarına yakın değerlerde çizilerek pano boyutu ve maket evin boyutları yeniden değerlendirilmiştir. Bu duruma ilişkin tasarım ve imalat resimleri Şekil 4.6.'da ve Şekil 4.7.'de verilmiştir.

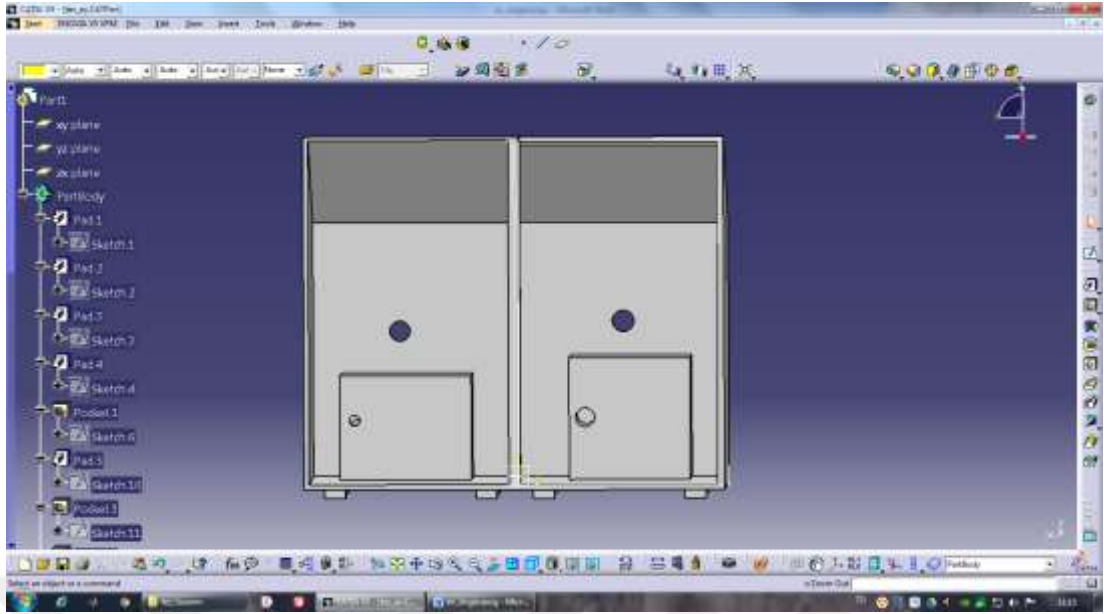


Şekil 4.6. Tasarlanan maket ev üzerine kontrol paneli ve ısıtıcının yerleştirilmiş hali



Şekil 4.7. Üretilen maket evin içini ve kontrol panelini gösteren görüntüler

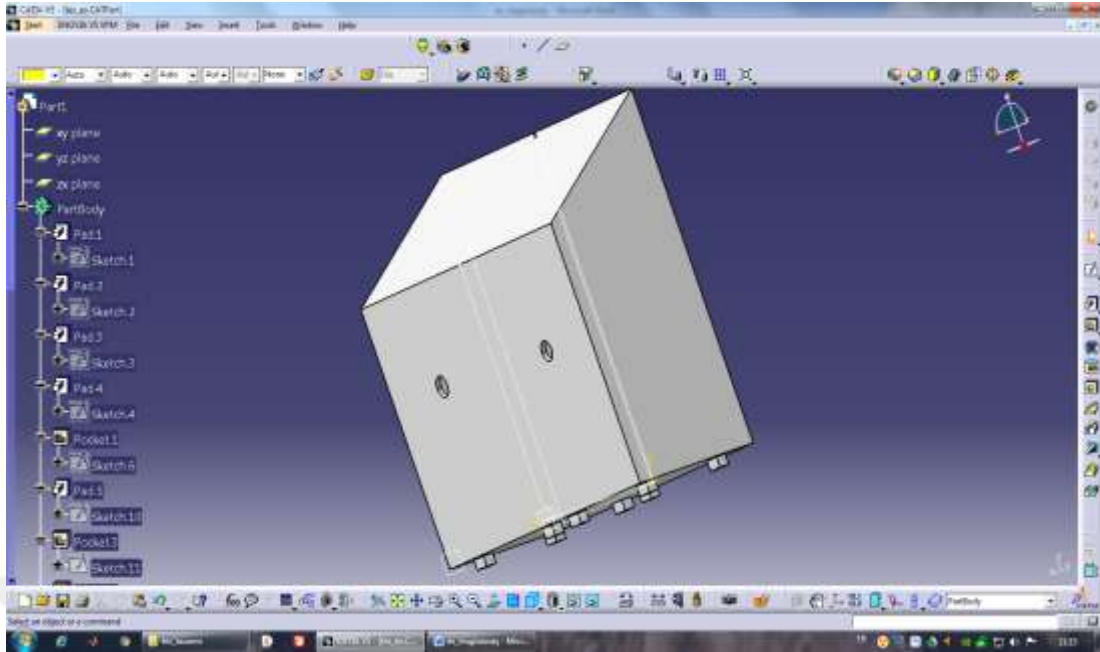
Maket evin derinlik boyutunun iç yüzeyine biri banyo küvetini, diğeri mutfak tezgâhını temsil etmek üzere iki adet kutucuk monte edilmiştir. Bu tezgah ve küvetin üstüne musluk monte edilmek üzere boşluklar açılmıştır. Bu durumu gösteren tasarım ve imalat resimleri Şekil 4.8.'de, Şekil 4.9. ve Şekil 4.10'da verilmektedir.



Şekil 4.8. Tasarlanan evin içinin açılması ile oluşan ön görünüş



Şekil 4.9. İmal edilen evin içi açılınca oluşan ön görünüş



Şekil 4.10. Tasarlanan maket evin içi açıldıktan sonra oluşan arka görünüş

Herhangi bir sistemin bir prototip uygulaması söz konusu ise gerçek sisteme göre bazı kısıtlamalar da söz konusudur. Bu sistemin prototipi için de, gerçek uygulamasına göre bazı kısıtlamalar vardır.

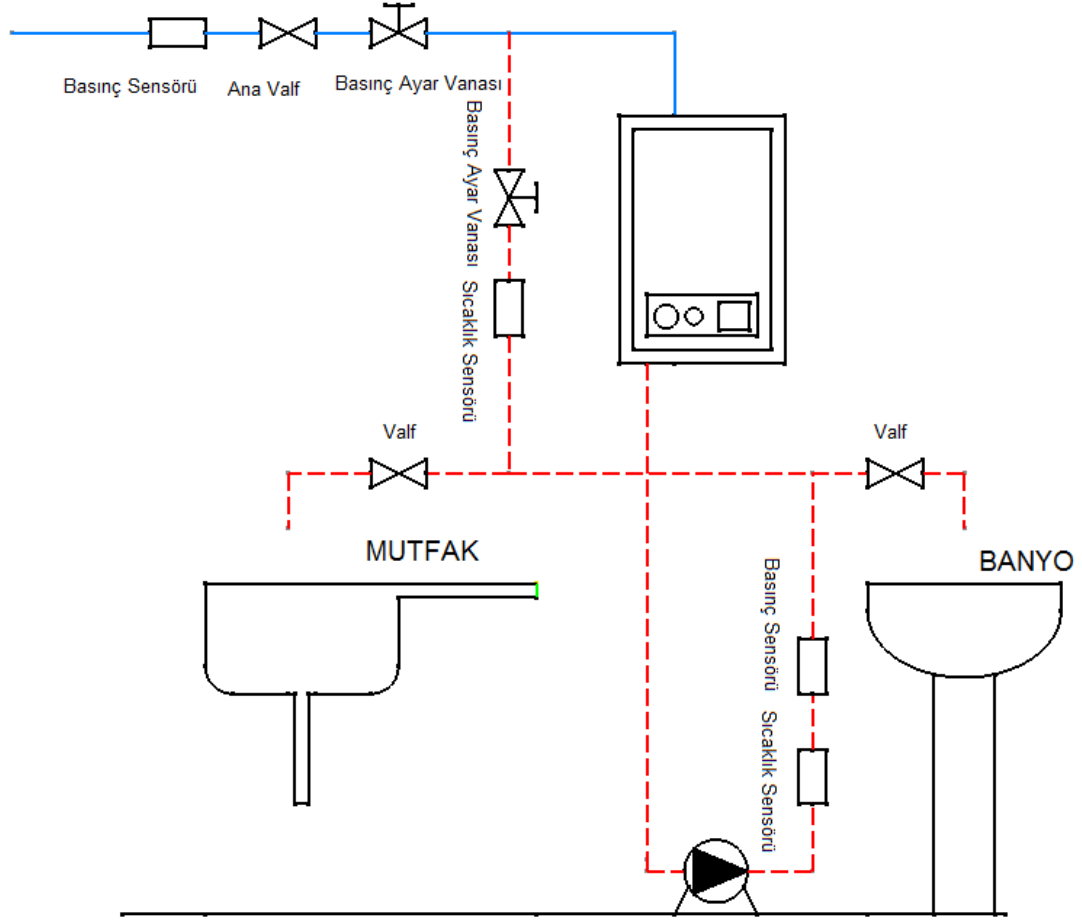
4.3. Prototip Gerçekleştirilirken Karşılaşılan Kısıtlamalar

- a. Gerçek bir evdeki bütün musluk ve bataryalar prototipte gösterilmemektedir. Bunun nedeni, musluk sayısındaki artışın, sistemin temel işleyişi ve yazılımında herhangi bir değişikliğe yol açmamasıdır. Örneğin bir evde sıcak suyun kullanıldığı musluk sayısı 1 artacak olursa bu değişiklik yazılımda herhangi bir değişikliğe yol açmayacak sadece tesisata eklenecek yeni bir valf bağlantısı anlamına gelecektir.
- b. Önerilen sistem 3 temel birimden oluşmaktadır. Her bir birim farklı algoritma veya tasarımlardan oluşan alt birimlerden oluşmaktadır. Örneğin sıcak su geri dönüşüm sistemi 2 farklı tesisat tipinde ve 4 farklı çalışma modunda tasarlanmıştır. Yani 8 farklı uygulama yapılabilir. Bu sayıya diğer birimlere ilişkin farklı alternatifler dahil edilecek olunursa söz konusu uygulama alternatiflerinin sayısı artacaktır. Bazı durumlarda mevcut tasarım üzerinde yeni bir algoritma

denenebilirken bazı durumlarda bu mümkün olmamaktadır. Ayrıca bazı yeni alternatifler maliyet konusunda zorlamalara neden olabilmektedir. Bu nedenle bu alternatif uygulamalardan sadece seçilen bazı algoritma ve çalışma modları uygulama olanağı bulmuştur.

- c. Uygulaması yapılan prototipte sıcak su hattı ve temiz su hattı olarak iki ayrı hat kullanılmamakta, taşkın önleyici sistem ve sızıntı önleyici sistemin çalışmasının gösterimi için sadece sıcak su hattı yeterli olduğu için sistemde yalnızca sıcak su tesisatı kurulmuştur.
- d. Prototipte kullanılan ısıtıcı, gerçeğinin aksine kapalı çevrim değil, açık çevrim bir ısıtıcıdır.
- e. Sistemde kullanılan geri dönüşüm pompası, aynı zamanda şebeke basıncını da karşılamak için kullanıldığı için bazı uygulama alternatiflerini oluşturmak mümkün olmamaktadır.

4.4. Uygulanan Prototipin Tesisat Şeması ve Kullanılan Donanımların Özellikleri



Şekil 4.11. Uygulanan prototipin su tesisatının şematik gösterimi

Uygulaması yapılan prototipte, donanımlar, su tesisatında kullanılan donanımlar ve kontrol ünitesinde kullanılan donanımlar olarak 2'ye ayrılmaktadır. Kontrol ünitesinde kullanılan donanımlar; 1 adet PLC, 1 adet 5,7" lcd dokunmatik ekran, 1 adet 24 V DC güç kaynağı, 1 adet PLC sıcaklık ölçüm modülü, 1 adet PLC analog dijital dönüştürücü modülü, 1 adet sıvı seviye rölesi ve koruma röleleridir. Su tesisatında kullanılan elemanlar ise 1 adet sirkülasyon pompası, 2 adet normalde açık selenoid valf, 1 adet normalde kapalı selenoid valf, 2 adet PT100 sıcaklık sensörü, 2 adet basınç transmitteri ve ısıtıcı kullanılmıştır.

4.4.1. Kontrol ünitesinde bulunan donanımlar

Kontrol ünitesinde sistemin elektronik alt yapısını oluşturan donanımlar bulunmaktadır. Şekil 4.12.'de kontrol ünitesine ait donanımlar gösterilmektedir. Bu donanımlar ve özellikleri şu şekildedir:

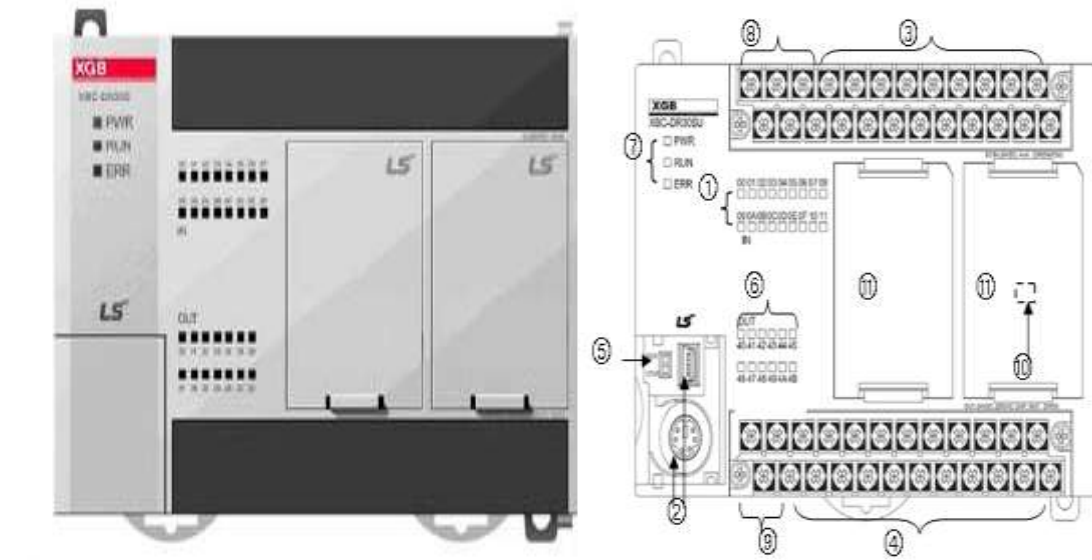


Şekil 4.12. Kontrol panosu ve panonun içindeki donanımlar

- a. Programlanabilir Mantık Denetleyici-LS XBC-DR30SU PLC: Sistemin yazılımının oluşturulduğu, sensörlerden alınan verilerin aritmetiksel ve mantıksal işlemlere tabi tutulduğu donanımdır. Prototipte LS marka XBC serisi DR30SU model PLC kullanılmıştır. Bu marka ve modelin seçiminde, maliyet bedeli, sıcaklık ölçüm modülüne uyum gösterme, giriş-çıkış kanallarının sayısı, uygun akım ve gerilim değerlerinde çalışabilme özellikleri etkili olmuştur. Tablo 4.1.'de genel özellikleri verilen PLC'nin Şekil 4.13.'te görüntü ve donanım birimleri verilmiştir. Tablo 4.2.'de ise Şekil 4.13.'teki donanım birimlerinin isimleri ve görevlerine ilişkin açıklamalar verilmektedir.

Tablo 4.1. XBC Serisi “SU” model PLC’nin teknik özellikleri

XBC Serisi “SU” model PLC özellikleri					
Özellik İsmi		XBC-DR20SU	XBC-R30SU	XBC-R40SU	XBC-R60SU
		XBC-DN20SU	XBC-N30SU	XBC-N40SU	XBC-N60SU
		XBC-DP20SU	XBC-DP30SU	XBC-P40SU	XBC-P60SU
Program kontrol metodu		Tekrarlanan işlemler, Sabit döngü işlemleri , Sabit tarama			
I/O kontrol metot		Senkron grup işlem tarama yöntemi (Yenileme yöntemi), Program komutlarıyla yönetme			
Program dili		Ladder Diagram, Komut listesi			
Komut sayısı	Temel	28			
	Uygulama	687			
İşlem hızı (Temel komutlar)		94 ns/Adım			
Program kapasitesi		15 k Adım			
Max. I/O uç sayısı (7 Adet genişleme modülü dahil)		244 uç	254 uç	264 uç	284 uç
Veri Alanı	P	P0000 ~ P1023F (16,384 point)			
	M	M0000 ~ M1023F (16,384 point)			
	K	K0000 ~ K4095F (65,536 point)			
	L	L0000 ~ L2047F (32,768 point)			
	F	F0000 ~ F1023F (16,384 point)			
	T	100ms, 10ms, 1ms : T0000 ~ T1023 (1,024 point)			
	C	C0000 ~ C1023 (1,024)			
	S	S00.00 ~ S127.99			
	D	D0000 ~ D10239 (10,240 word)			
	U	U00.00 ~ U0A.31 (Analog data refresh area: 352 word)			
Toplam program	Z	Z000~Z127 (128 Word)			
	R	R0000~R10239 (10,240 word)			
Çalışma modları		RUN, STOP, DEBUG			
Program port		RS-232C 1 kanal, USB 1 kanal			



Şekil 4.13. Programlanabilir mantık denetleyici LS XBC-DR30SU

Tablo 4.2. Programlanabilir mantık denetleyici XCB LS-DR30SU tanıtımı

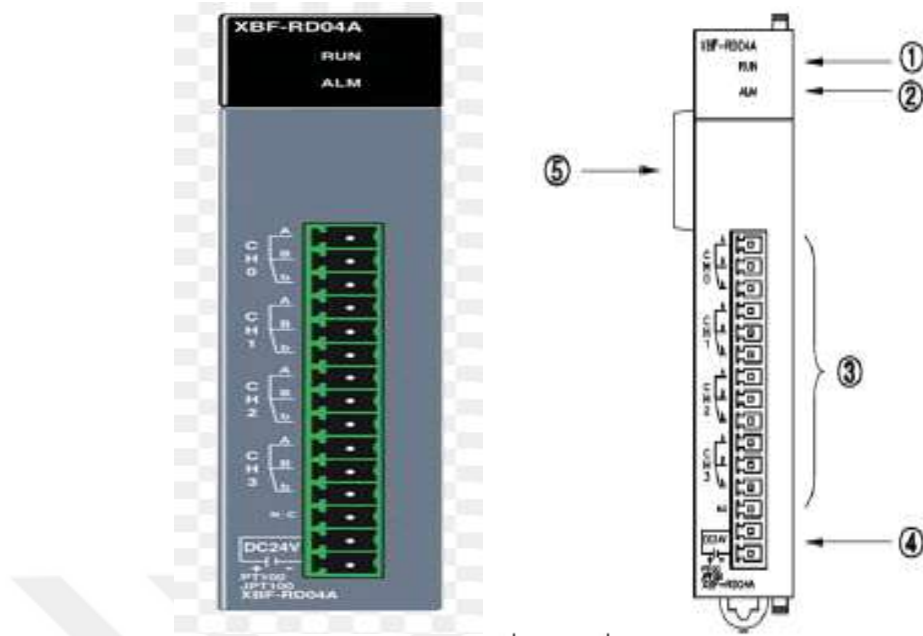
No	İsim	Açıklama
①	Input indicator LED	Giriş gösterge ledi
②	PADT connecting connector	PADT bağlantısı RS-232C ve USB kanalı
③	Input terminal block	Giriş terminali
④	Output terminal block	Çıkış terminali, PLC'nin program komutlarının çıkışlarıdır.
⑤	RUN/STOP mode switch	STOP → RUN: Program çalışırken RUN → STOP: Program durdurulunca STOP modunda uzaktan kumanda aktiftir.
⑥	Output indicator LED	Çıkış gösterge ledi(CPU'nun o anki durumunu gösterir) PWR(Red on): Power durumunda
⑦	Status indicator LED	RUN(Green on): RUN durumunda Error(Red flickering): Hata durumunda yanıp söner
⑧	Built-in communication Connecting connector	□RS-232C/485 bağlantı girişleri
⑨	Power supply connector	AC100~240V güç kaynağı girişleri
⑩	OS mode dip switch	O/S download/Operation seçim için dip switch. On: Download O/S için aktif
⑪	Option board holder	İsteğe bağlı bağlantı kapağı

b. DC güç kaynağı: kontrol birimindeki bu donanım PLC'nin çalışma gerilimine uygun güç sağlamak için kullanılmaktadır. Şebeke gerilimini 24 V'a çevirir. Şekil 4.13.'te güç kaynağının görüntüsü verilmektedir.



Şekil 4.13. 24 V DC güç kaynağı

- c. Sıcaklık ölçüm modülü : Kullanılan PLC'nin giriş terminalleri, PT100 sıcaklık sensörünün okuduğu analog değerler için kullanılamamaktır. Bu nedenle bu değerlerin dijital değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Sıcaklık ölçüm modülü sıcaklık sensörlerinden okuduğu analog gerilim değerlerini derece olarak ifade edilebilecek bir forma dönüştürerek, PLC'nin girişlerine uygun dijital geğerlere dönüştüren modüldür. Şekil 4.14.'te sıcaklık ölçüm modülünün görüntüsü ve donanım şeması verilmektedir. Tablo 4.3. te ise bu donanımların isim ve işlevleri belirtilmektedir. Tablo 4.4.'te de XBF-RD04A'nın özelliklerine ilişkin açıklamalar verilmektedir.



Şekil 4.14. Sıcaklık ölçüm modülü XBF-RD04A'nın görüntüsü ve donanım şeması

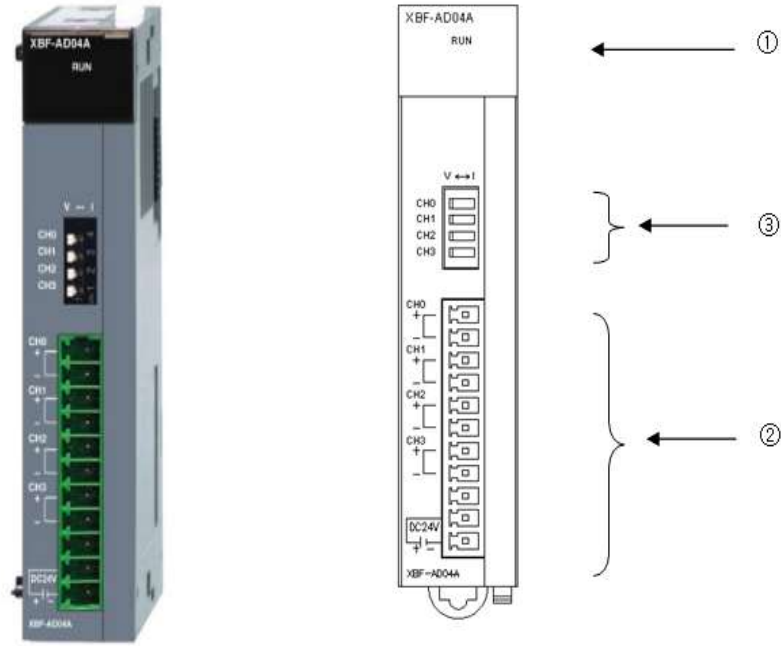
Tablo 4.3. Sıcaklık ölçüm modülü XBF-RD04A'nın donanımsal tanıtımı

Sıcaklık ölçüm modülünün tanıtımı		
No	İsim	Açıklama
①	RUN LED	XBF-RD04A'nın donanım işlemlerinin durumunu gösterir. On: Normal Yanıp-sönüyorsa: Hata Off: Güç bağlantısı yok veya donanım hatalı
②	ALM LED	XBF-RD04A'nın bağlı olmadığını gösterir. Yanıp-sönüyorsa: Bağlantı kopukluğunu algılar. Off: normal çalışma
③	Terminal blok	Sıcaklık sensörü terminal bloku
④	Harici güç kaynağı terminali	Harici DC24V güç terminali
⑤	Uzatma bağlantısı	Uzatma modülü bağlamak için bağlantı konektörü

Tablo 4.4. Sıcaklık ölçüm modülü XBF-RD04A'nın teknik özellikleri

RTD Giriş Modülü XBF-RD04A Teknik Özellikleri		
Özellik isimleri		Özellikler
Giriş kanal sayısı		4 giriş kanalı
Giriş sensör tipi	PT100	JIS C1604-1997
	JPT100	JIS C1604-1981 , KS C1603-1991
Giriş sıcaklık aralığı	PT100	-200 ~ 600°C
	JPT100	-200 ~ 600°C
Dijital çıkış	PT100	-200.0 ~ 600.0°C
	JPT100	-200.0 ~ 600.0°C
Doğruluk	Normal sic. (25°C)	±0.3% Aralığında
	Ful sic.(0~55°C)	±0.5% Aralığında
Dönüştürme hızı		40ms / kanal
Yalıtım	Kanaldan kanala	Yalıtımsız
	Terminalden PLC gücüne	Photo-Coupler
Terminal blok		15 uç
I/O uçları		Sabit tip:64 uç, Değişken tip:16 uç
Maksimum ek donanım sayısı		7 (XBM(XBC)-DxxxS “S” tip)
		10 (XBC(XEC)-DxxxH “H” tip)
Kablo sayısı		3-Kablo
Function	Filtreleme	Dijital filtre (160 ~ 64000ms)
	Alarm	Bağlantısız algılama
Kullanım akımı	DC5V	100mA
	DC24V	100mA
Ağırlık		630g

d. Analog-dijital dönüştürücü modül: sistemde kullanılan basınç sensörlerinin okuduğu değerler analog değerlerdir. Oysa bu değerlerin PLC'nin dijital değer okuma özelliği olan girişlerine bağlanmak durumundadır. Bu durumda basınç transmitterinin okuduğu analog değerleri PLC'nin girişlerine uygun dijital değerlere dönüştürmek için analog dijital dönüştürücü modüle ihtiyaç duyulmaktadır. XBF-AD04A analog dijital dönüştürücü modül bu dönüştürme işleminin gerçekleştirmektedir. Şekil 4.15.'te analog-dijital dönüştürücü XBF-AD04A'nın görüntüsü ve donanım şeması bulunmaktadır. Tablo 4.5.'te bu donanım şemasındaki donanımların isim ve işlevleri verilmekte, Tablo 4.6.'da ise XBF-AD04A'nın özellikleri verilmektedir.



Şekil 4.15. Analog-dijital dönüştürücü modülü ve donanımsal şeması

Tablo 4.5. Analog-dijital dönüştürücü donanım birimleri ve görev açıklamaları

Analog-Dijital Dönüştürücü Donanımları ve Açıklamaları

No	Açıklama
	RUN LED
①	XBF-AD04A'nın işlem durumunu gösterir. On: İşlem normal Yanıp-sönerken: Hata var Off: Modül hatası
	Terminal blok
②	Analog giriş terminali, kendi kanalları başka cihazlara bağlanmış olabilir.
	Gerilim/akım seçim anahtarı
③	Analog girişin akım veya gerilim olma durumuna göre seçim yapar

Tablo 4.6. Analog-dijital dönüştürücü XBF-AD04A'nın özellikleri

Analog -Dijital Dönüştürücü Özellikleri				
Özellik İsmi			XBF-AD04A	
Analog giriş aralığı	Tip		Gerilim	Akım
			DC 0 ~ 10V	DC 4 ~ 20mA DC 0 ~ 20mA
	Aralık		(Giriş direnci min: 1 MΩ)	(Giriş direnci: 250 Ω)
	Tip		12 bit binary data	
Digital output	Unsigned değer		0 ~ 4000	
	Signed değer		-2000 ~ 2000	
	Range	Precise değer	0 ~ 1000	400 ~ 2000/0 ~ 2000
		Percentile değer	0 ~ 1000	
Doğruluk			± 0.5% veya daha az	
Max. Dönüştürme hızı			1.5ms/channel	
Mutlak max. Giriş			DC ±15V	DC +25mA
Çıkış kanallarının sayısı			4 channels	
Bağlantı terminalleri			11 uç terminal bloğu	
İçerdiği I/O ucu			Sabit tipte: 64 uç	
Maksimum donanım sayısı			7 (XBM(C)-DxxxS “S”tip), 10 (XB(E)C-DxxxH “H”tip)	
	Dahili (DC 5V)		120mA	
Harcanan akım	Harici (DC 24V)		62mA	
Ağırlık			64g	

- e. Sıvı seviye kontrol rölesi: Bu donanım bütünleşik sistemin sızıntı önleyici biriminde görev almaktadır. Sıvı seviye kontrol rölesinin 2 ucu kısa devre edildiğinde röle çıkış vermektedir. PLC'nin seçilen bir girişine verilen rölenin ilgili çıkışına bağlı olarak PLC şebeke girişindeki valfi kapatıp kullanıcı paneline bu durumu ifade eden bir uyarı yazdırmaktadır. Şekil 4.16.'da SSRC-04 kodlu sıvı seviye kontrol rölesinin görüntüsü verilmektedir. Tablo 4.7'de ise bu sıvı seviye kontrol rölesinin teknik özellikleri ifade edilmektedir.



Şekil 4.16. Sıvı seviye kontrol rölesi SSRC-04

Tablo 4.7. Sıvı seviye kontrol rölesinin teknik özellikleri

Sıvı Seviye Kontrol Rölesi Teknik Özellikleri	
Özellik İsmi	Özellik
İşletme Frekansı	50/60 Hz
Çıkış Kontakları	1 C/O, 8A, 2000 VA
Hassasiyet(R(kΩ))	Ayarlanabilir 5-50 kΩ
İkaz ışığı	Out LED'i
Ortam Sıcaklığı	-5 °C;+50 °C
Bağlantı Şekli	Pano içine dikey veya klemens rayına
Ağırlık	0,2 kg

f. Kullanıcı ekranı: Bu donanım kullanıcı ile sistem arasındaki etkileşimi sağlamakta, sıcak su geri dönüşüm biriminde istenilen sıcaklık değerinin kullanıcı tarafından sisteme girişini sağlamaktadır. Entegre sistemin bütün birimlerinin çalışmasına ilişkin uyarılar bu ekran üzerinden kullanıcıya iletilmektedir. Ekran seçiminde ekranın veri giriş parametreleri, ebadı ve PLC ile uyumlu olup olmadığı gibi kriterler belirleyici olmaktadır. Şekil 4.17.'de gösterilen XP30-TTE displayinin teknik özellikleri Tablo 4.8.'de verilmektedir.



Şekil 4.17. Kullanıcı paneli XP30-TTE

Tablo 4.8. Kullanıcı ekranı XP30-TTE göstergesinin teknik özellikleri

XP30 Serisi Display Panellerinin Özellikleri		
Özellik İsmi	XP30-BTE	XP30-TTE
Display tip	Monochrome LCD	TFT LCD
Ekran ölçüsü	5.7”(14cm)	
Ekran çözünürlüğü	320 x 240 pixel	
Ekran Rengi	8 step Gray Scale	256 Colors
Ekran açısı	Sol/Sağ: 45 deg.	Sol/Sağ: 80 deg.
	Üst: 20 deg.	Üst: 80 deg.
	Alt: 40 deg.	Alt: 80 deg.
Arka ışıklar	LED tip	
Arka ışık ömrü	50,000 saat	
Dokunmatik panel	Analog	
Ses	Manyetik buzzer	
İşlemci	ARM920T (32bit RISC), 200MHz	
Görüntü hızlandırıcı	Donanımsal hızlandırıcı	
Hafıza	Flash	16MB
	Operating RAM	32MB
	Backup RAM	128KB
Batarya süresi	Yaklaşık 3 yıl (25°C de çalıştığında)	
USB	1 kanal USB 2.0 (USB bellek sürücüsü mevcuttur)	
RS-232C		
RS-422/485	Terminal Blok tip	
Ölçüleri (mm)	181 x 140 x 56.5	
Panel kesiti (mm)	156 x 123.5	
Giriş gerilimi(V)	DC24V	
Güç tüketimi (W)	5	
Ağırlık (kg)	0,62	

4.4.2. Su tesisatında bulunan donanımlar

Valfler, pompa, basınç ve sıcaklık sensörleri, sistemin bir diğer donanım grubudur. Şekil 4.18.’de su tesisatındaki donanımlar gösterilmektedir.



Şekil 4.18. Su tesisatına bağlı donanımlar

Su tesisatındaki donanımlar ve özellikleri aşağıda ifade edilmektedir.

- a. Sirkülasyon pompası: Tasarımı yapılan sistemde sirkülasyon pompası farklı çalışma modlarında farklı görevler yerine getirmektedir. Sürekli çalışma modunda, sistemin enerjilenmesi ile çalışırken, termostat kontrollü çalışma modunda sıcak su kullanılmak istendiğinde çalışmaya başlamaktadır. Pompanın bu çalışması kontrol birimi tarafından yönetilmektedir. Sistemde yeterli sıcaklığa ulaşmamış suyun şebeke girişine geri döndürülmesinden sorumludur. Şekil 4.19.'da sistemde kullanılan sirkülasyon pompası gösterilmektedir. Tablo 4.9.'da ise bu pompanın teknik özellikleri belirtilmektedir.



Şekil 4.19. Uygulanan prototipte kullanılan sirkülasyon pompası

Tablo 4.9. Prototipte kullanılan sirkülasyon pompasının teknik özellikleri

Sirkülasyon Pompasının Özellikleri	
Çalışma aralığı	6,3 m yüksekliğe çıkaran basınçla 0-4,2 m ³ /h aralığında
Sıvı sıcaklık aralığı	-10 °C-110 °C
Pompalanan akışkanlar	Temiz, süzölmüş atıklar, mineral yağlar, su özelliklerine yakın glikol
Max. Çalışma basıncı	10 bar
Kurulum	Yatay motor şaftı ile

- b. Valfler: Kurulumu yapılan sistemde 2 tane normalde açık tek yönlü valf, 1 tane de normalde kapalı tek yönlü valf kullanılmaktadır. Normalde açık valfler musluk önlerine bağlanmış, normalde kapalı valf ise şebeke girişine monte edilmiştir. Şekil 4.20.'de kurulumu yapılan prototipte kullanılan normalde açık ve normalde kapalı valfler gösterilmektedir. Tablo 4.10.'da ise bu valflere ilişkin teknik özellikler belirtilmektedir.

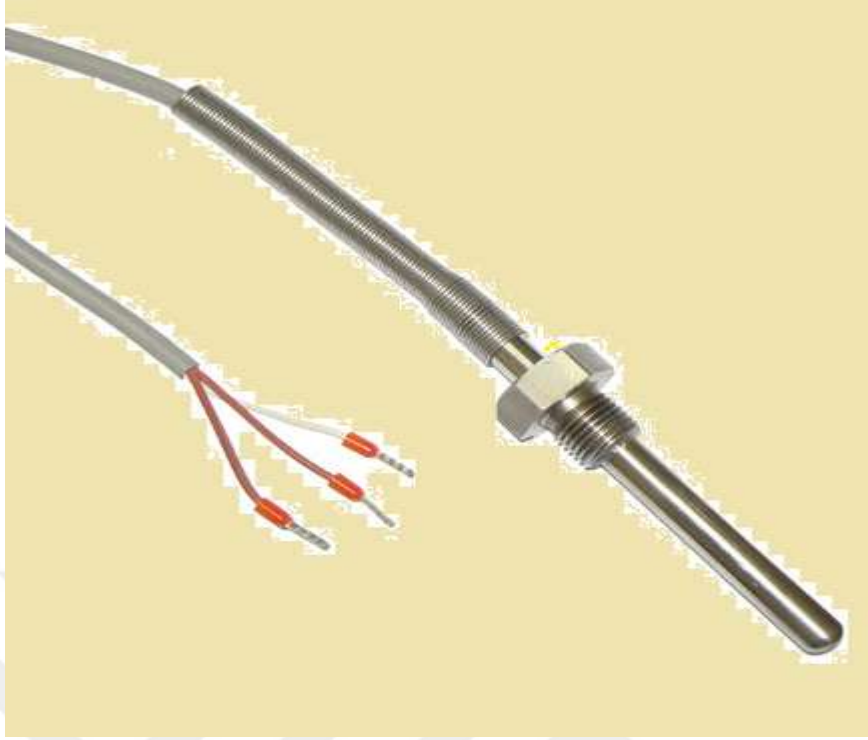


Şekil 4.20. Uygulanan prototipte kullanılan normalde kapalı/normalde açık valfler

Tablo 4.10. Prototipte kullanılan normalde kapalı/açık valflerin teknik özellikleri

Normalde Kapalı/Açık Valflerin Teknik Özellikleri	
Özellik ismi	Açıklama
Gövde	Pirinç (Ms 58)
Çekirdek	Paslanmaz çelik
Diyafram	Nitril, viton
Kovan	Pirinç (Ms 58) veya paslanmaz çelik(AISI 316)
Bağlantı	R dişli (DIN 2999, ISO R7)
Akışkan sıcaklığı	Nitril (-20 °C/+80 °C), Viton (-10 °C/+110 °C)
Ortam sıcaklığı	-20 °C /+40 °C
Bobin gücü	10-14 watt
Bobin gerilimi	6,12,24,48,110,220 AC/DC
Gerilim toleransı	+/- %10 AC/DC
Kullanıldığı yerler	Su, hava, asal gazlar, ince yağlar, vb.

- c. Sıcaklık sensörü PT100: Önerilen sistemin, sıcak su geri dönüşüm sisteminde görev alan bir donanımdır. Bulunduğu konumdaki su sıcaklığını ölçerek PLC'nin temperature measurement modülüne iletmekte, bu modülde PLC'nin main modülüne iletmektedir. Şekil 4.21.'de prototipte kullanılan PT100 sıcaklık sensörü gösterilmektedir.



Şekil 4.22. PT100 sıcaklık sensörü

PT100 sıcaklık sensörünün teknik özellikleri şunlardır: “ 3 veya 6 bağlantı ucu bulunmaktadır. Maksimum sıcaklık değeri 160 °C olmaktadır. Ayrıca maksimum 8 bar basınçta çalışmaktadır.”

- d. Basınç transmitteri: Entegre su tasarruf sisteminin sızıntı önleyici sistemi ve taşkın önleyici sistemi hat ve şebeke basıncındaki değişimlere göre çalışmaktadır. Bu basınç değişimlerini algılamak üzere hattın uygun yerlerine basınç sensörleri yerleştirilmiştir. Şekil 4.23.’te bu basınç sensörlerinin görüntüleri verilmiş, Tablo 4.11.’de ise bu sensörlerin teknik özellikleri sıralanmıştır.



Şekil 4.23. Uygulanan prototipte kullanılan basınç sensörleri

Tablo 4.11. Prototipte kullanılan basınç sensörlerinin teknik özellikleri

Basınç Transmitteri Teknik Özellikleri	
Ölçüm Aralığı	100 Milibar ile 600 Bar
Çıkış Sinyali	4...20mA (2 Telli) , 0...10VDC (3 Telli)
Mekaniksel Bağlantı	G1, G1/2, G1/4
Besleme Voltajı	+12...30 VDC
Hassasiyet	0,50%
Çalışma Sıcaklığı	-20°C / +85°C arası
Gövde	Paslanmaz Çelik, Pirinç
Ağırlık	140 gr

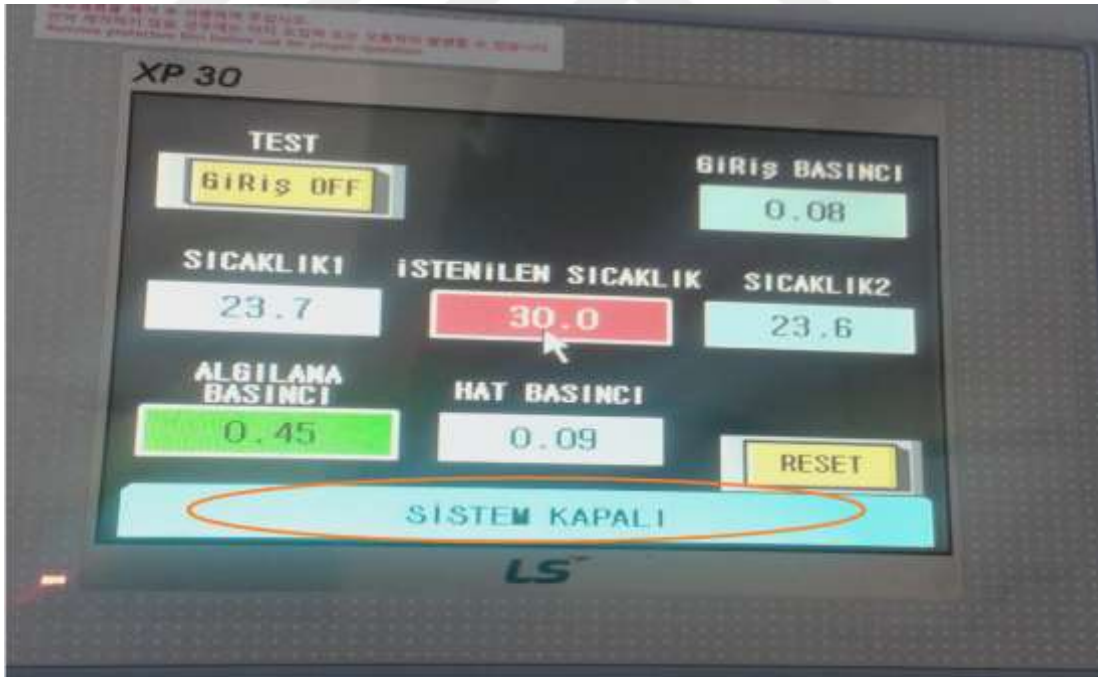
4.5. Uygulanan Prototip ve Çalışması

Bundan önceki ilgili başlıklarda tasarımı yapılan, çalışma algoritması oluşturulan bütünleşik kontrol sisteminin uygulaması gerçekleştirilerek çalışması gözlemlenmiştir. Sistemin çalışmasını anlamak için uygulaması yapılan prototipin uygulanan birimleri ve aşamaları belirtilmiştir.

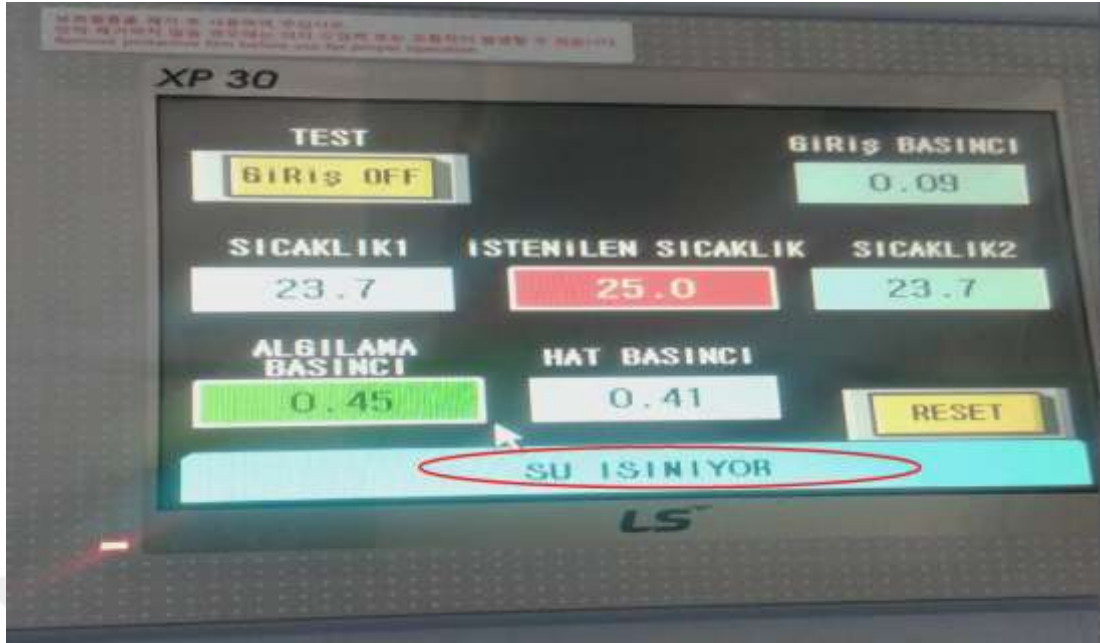
4.5.1. Sıcak su geri dönüşüm sisteminin çalışması

Sıcak su geri dönüşüm sisteminin çalışmasını iki türlü gözlemlemek mümkündür. İlk olarak kullanıcı ekranından sıcak su geri dönüşüm sisteminin çalışmasına ilişkin uyarıları takip ederek sistemin çalışması gözlemlenebilir. İkinci olarak sıcak su hattındaki muslukları açarak bu çalışma durumu gözlemlenebilir.

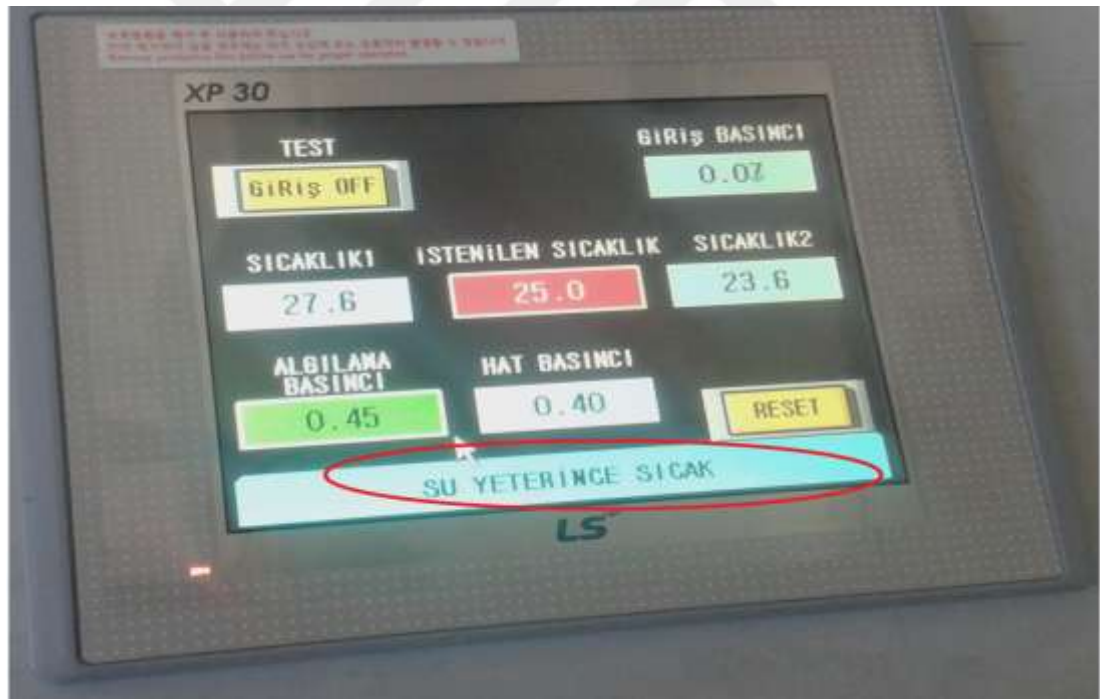
İlk olarak kullanıcı ekranındaki uyarıları takip ederek sistemin çalışması izlenecek olursa, 3 uyarı ile sistemin çalışması takip edilebilir. Sistem enerjilendirilmemişken kullanıcı ekranında “SİSTEM KAPALI” uyarısı, sisteme enerji verilip su sıcaklığı istenen sıcaklık değerinden küçük olduğunda “SU ISINIYOR” uyarısı, suyun sıcaklığı istenen sıcaklık değerinden büyük veya istenen sıcaklık değerine eşit olduğunda “SU YETERİNCE SICAK” uyarısı ekranda görünecektir. Bu durumlara ilişkin ekran görüntüleri Şekil 4.24.’te, Şekil 4.25.’te ve Şekil 4.26.’da verilmektedir.



Şekil 4.24. Sıcak su geri dönüşüm sisteminde “sistem kapalı” uyarısı



Şekil 4.25. Sıcak su geri dönüşüm sisteminde “su ısıtılıyor” uyarısı



Şekil 4.26. Sıcak su geri dönüşüm sisteminde “su yeterince sıcak” uyarısı

İkinci olarak sıcak su geri dönüşüm sisteminde sistemin çalışmasını muslukların yan kısımlarına monte edilen kırmızı-yeşil led ışıklarından takip etmek mümkün olmaktadır. Sisteme enerji verildiğinde su sıcaklığı istenilen sıcaklık değerinden

küçükse muslukların önündeki normalde açık konumundaki selenoid valfler kapalı konuma geçmekte ve geri dönüşüm pompası yeterli sıcaklığa ulaşmamış bu suyu ısıtıcı kaynağa iletmektedir. Bu esnada musluğun yanındaki kırmızı-yeşil led kırmızı renkte yanmaktadır. Bu durum Şekil 4.27.'de gösterilmektedir. Şekil 4.28.'de ise su ısınıyorken geri dönüşüm pompasının ısıtıcı kaynağa ilettiği su gösterilmektedir.



Şekil 4.27. Sıcak su geri dönüşüm sisteminde su ısınıyorken musluk kırmızı led uyarısı



Şekil 4.28. Sıcak su geri dönüşüm sisteminde yeterli sıcaklığa ulaşmamış suyun ısıtıcı kaynağa iletilmesi

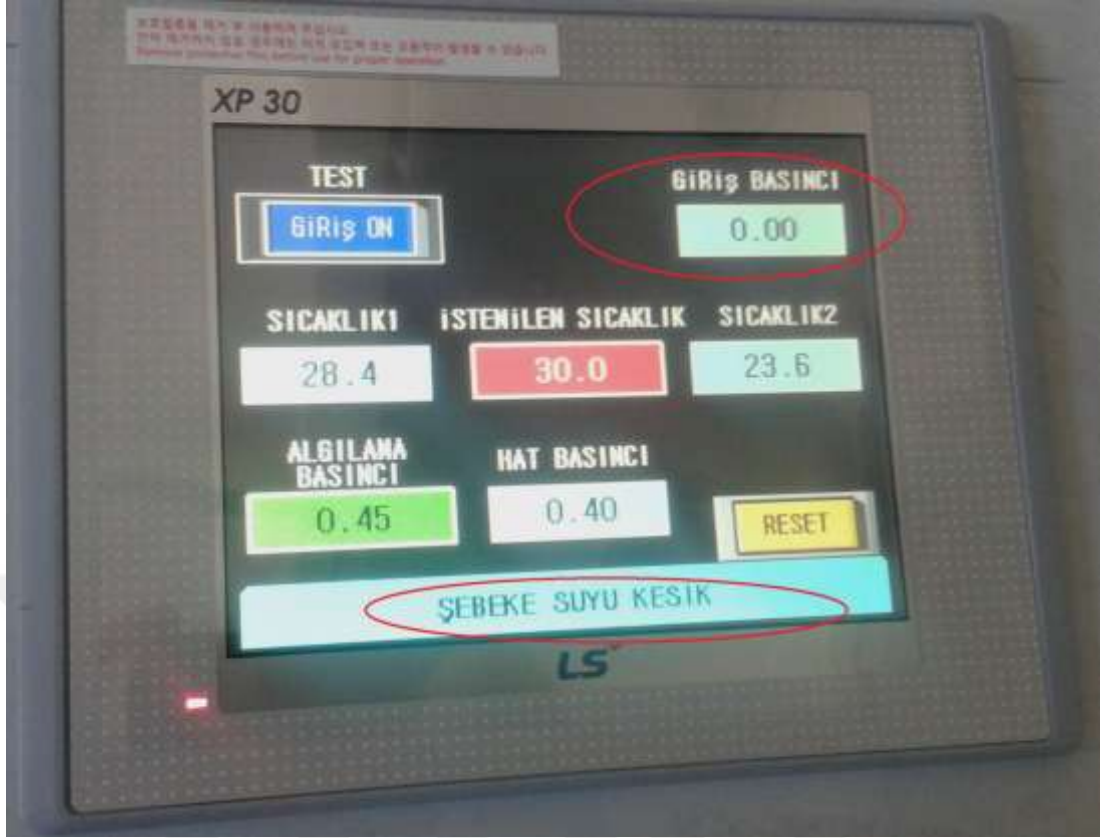
Sistemde ısıtıcı kaynak suyu ısıtmaya devam ederken suyun sıcaklığı istenilen sıcaklık değerine ulaştığında muslukların önündeki kapalı konumunda olan valfler açık konumuna getirilmektedir. Bununla birlikte musluk açıldığında sıcak su akacağı anlamına gelen kırmızı-yeşil ledin yeşil ışığı yanmaktadır. Bu durum Şekil 4.29.'da gösterilmektedir.



Şekil 4.29. Sıcak su geri dönüşüm sisteminde suyun yeterli sıcaklığa ulaştığını gösteren yeşil ledin yanması

4.5.2. Taşkın önleme sisteminin çalışması

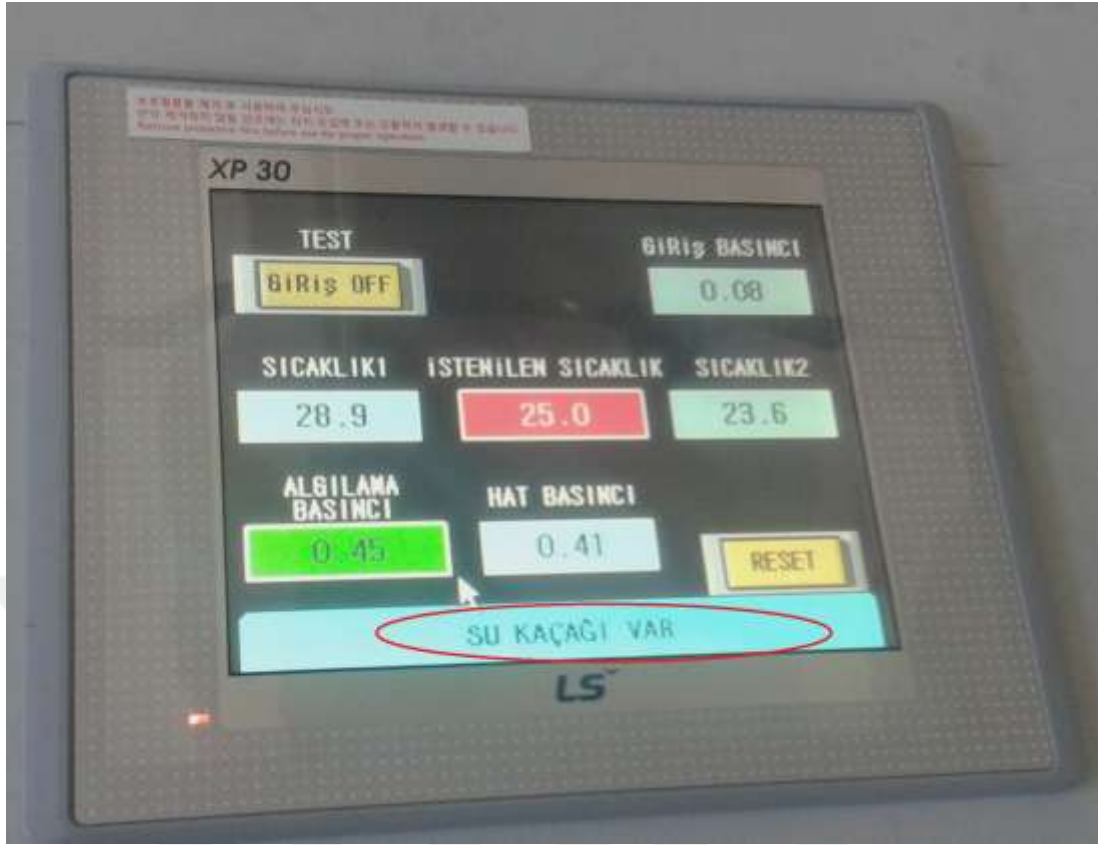
Taşkın önleme sistemi temiz su girişine monte edilmiş bir valf, basınç sensörü ve temiz su hattına bağlanmış bir diğer basınç sensöründen oluşmaktadır. Sistemin prototip uygulamasında valfler ve basınç sensörleri yerleştirilmiştir. Fakat sistemde olması gereken şebeke girişi prototipte kurulmamıştır. Bu durumda şebeke suyunun kesilip kesilmediğine ilişkin bir sonucu prototip uygulamadan görmek mümkün olmamaktadır. Bunun yerine, kullanıcı ekranından şebeke girişindeki basınç 0 olduğu durumda, şebeke suyu kesik uyarısından sistemin çalışması izlenebilmektedir. Buna ilişkin görüntü Şekil 4.30.'da gösterilmektedir.



Şekil 4.30. Taşkın önleyici sistemde “şebeke suyu kesik” uyarısı

4.5.3. Sızıntı önleyici sistemin çalışması

Sızıntı önleyici sistem, su seviye rölesine bağlı sensörler ve şebeke girişine bağlı valften oluşmaktadır. Uygulaması yapılan sistemde şebeke girişindeki valf minimum 0,5 bar basınç değerinde çalıştığı için ve sistem girişine bu büyüklükte bir basınç uygulayacak bir şebeke kurulmadığı için valfin çalışmasını kullanıcı ekranından kontrol etmek mümkün olmaktadır. Bu durumda sistem kullanıcı ekranında “su kaçağı var” uyarısı yazdırmaktadır. Buna ilişkin görüntü Şekil 4.31.’de verilmektedir.



Şekil 4.31. Sızıntı önleyici sistemde “su kaçağı var” uyarısı

4.5.4. Prototipte uygulanan PLC yazılımı

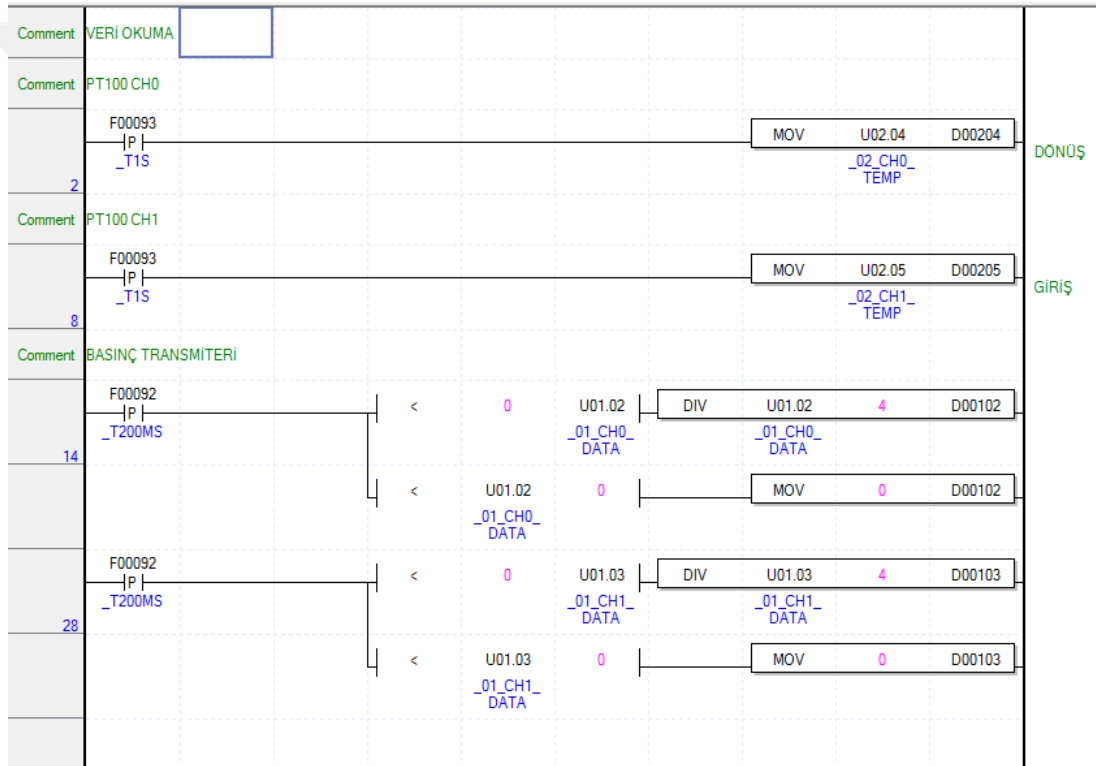
Önerilen entegre tasarruf ve güvenlik sisteminin çalışması kontrol birimi tarafından gerçekleştirilmektedir. Prototipte PLC tabanlı bir kontrol birimi uygulanmıştır. PLC’ye yazılan ladder diyagramı komutları entegre sistemin alt birimlerinin çalışmasına ilişkin komutları içermektedir. Sistemin çalışmasını sağlayan bu komutlar aşağıda verilmektedir.

İlk olarak sıcaklık sensörleri ve basınç sensörlerinden veri okuma işlemleri yapılmıştır. Şekil 4.32.’deki komutlar veri okuma işlemlerini ifade etmektedir. Buna göre;

- F93 dahili clock sinyalinin yükselen kenar tetiklemesiyle temperature measurement modülün 0. kanalındaki bilgi D204 adresine taşınmıştır.
- F93 dahili clock sinyalinin yükselen kenar tetiklemesiyle temperature

measurement modülün 1. kanalındaki bilgi D205 adresine taşınmıştır.

- c. F92 dahili clock sinyalinin yükselen kenar tetiklemesi ile birlikte analog-dijital dönüştürücü modülün 0. kanalındaki bilgi 0'dan büyükse 4'e bölüp D102 adresine gönder. 0. kanaldaki bilgi 0'dan küçükse D102 adresini 0 yap komutu işlenmektedir.
- e. F92 dahili clock sinyalinin yükselen kenar tetiklemesi ile birlikte analog-dijital dönüştürücü modülün 1. kanalındaki bilgi 0'dan büyükse 4'e bölüp D103 adresine gönder. 1. kanaldaki bilgi 0'dan küçükse D103 adresini 0 yap komutu işlenmektedir.

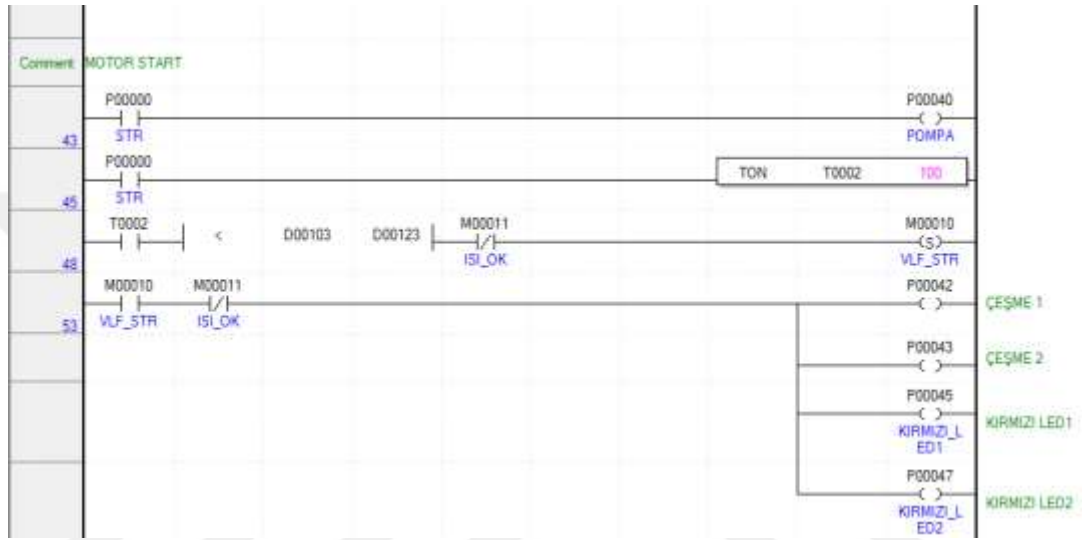


Şekil 4.32. Sıcaklık ve basınç sensörlerinden veri okuma komutları

İkinci olarak pompa ve ısıtıcının çalıştırılmasına ilişkin komutlar işlenmektedir. Şekil 4.33.'te verilen komutlar, kontrol panelinin enerjilendirilmesini kontrol eden, iki konumlu anahtarın on konumuna gelmesiyle yapılması gereken işlemleri ifade etmektedir. Buna göre;

- a. P0 girişinin aktif olması ile (iki konumlu anahtar on) pompayı çalıştır.

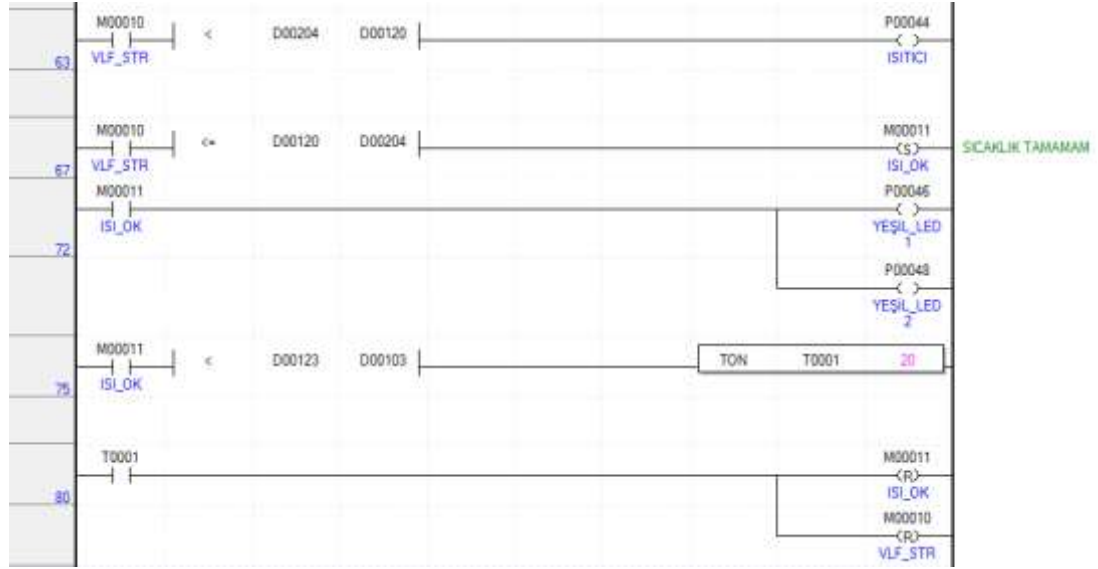
- b. P0 girişinin aktif olması ile (iki konumlu anahtar on) T2 zamanını 100ms sonra aktif hale getir..
- c. T2 aktif olunca, D103'teki sıcaklık istenen sıcaklıktan (D123) küçükse ve M11 aktif değilse M10'u set değerine kur.
- d. M10 aktif olunca, M11 aktif olmayınca, P42 (1.valf), P43 (2.valf), P45(Kırmızı_led1), P47(Kırmızı_led2) çıkışlarını aktif et.



Şekil 4.33. Kontrol panelindeki iki konumlu anahtar on konumuna gelmesiyle işlenen komutlar

Üçüncü olarak M10 dahili hafıza bitinin aktif olmasıyla, ısıtıcının çalıştırılması ve bazı sıcaklık değeri karşılaştırma işlem komutlarının gösterildiği Şekil 4.34. aşağıda verilmektedir. Buna göre;

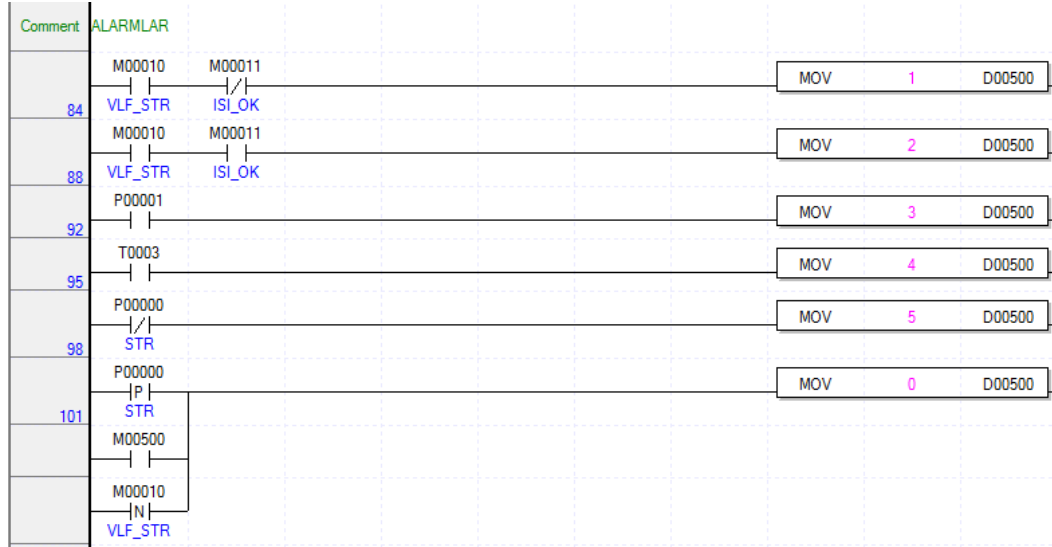
- a. M10 biti aktifken D204, D120 değerinden küçükse P44 (ısıtıcı) çıkışı aktif edilsin.
- b. M10 biti aktifken D120,D204 değerinden büyük veya D204 değerine eşit ise M11 biti set değerine kurulsun. (Muslukların önündeki valfler açılsın, kırmızı_ledler kapansın.)
- c. M11 biti aktif olunca yeşil_led1 ve yeşil_led2 yansın.
- d. M11 aktifken, D123, D103'ten küçük ise T1, 20 ms sayıp akti olsun.
- e. T1 aktifken M11 ve M10 reset değerine kurulsun.



Şekil 4.34. Sıcaklık yeterli dereceye ulaştığında muslukların önündeki valfleri ve kırmızı ledleri kapatan program

Dördüncü olarak kullanıcı ekranına uyarıları yazdırma komutları Şekil 4.35.'te gösterilmektedir. Buna göre;

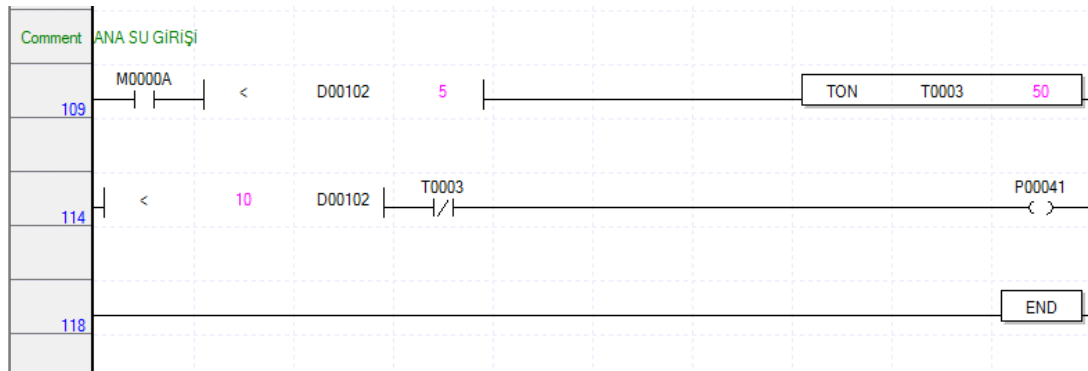
- M10 aktif, M11 pasifken D500'e 1'i ilet.
- M10 aktif, M11 aktifken D500'e 2'i ilet.
- P1 aktifken D500'e 3'ü ilet.
- T3 aktifken D500'e 4'ü ilet.
- P0 pasifken D500'e 5'i ilet.
- P0'ın yükselen kenar tetiklemesiyle veya M500 aktifken veya M10'un düşen kenar tetiklemesi ile D500'e 0'ı ilet.



Şekil 4.35. Kullanıcı ekranına program çalışırken yazdırılması gereken uyarılara ilişkin komutlar

Son olarak taşkın önleyici sistemin çalışması sırasında işlenen komutlar Şekil 4.36.'da gösterilmektedir. Buna göre;

- M0A aktif ve D102 5'ten küçükken T3'ü 50 ms beklet, sonra aktif et.
- D102 10'dan büyükken ve T3 pasifken P41 çıkış kanalını aktif et.
- Programı sonlandır.



Şekil 4.36. Entegre sistemin, taşkın önleyici birimin çalışmasını ifade eden program dilimi

BÖLÜM 5. MALİYET ANALİZİ

Önerilen sistemin maliyet analizi yapılırken bazı yaklaşımlar söz konusudur. İlk olarak; sistemin kurulacağı mekânın tesisat ve elektrik anlamında donanımsal altyapısının nasıl olduğu sorusu cevap bulmak durumundadır. Örneğin sistem klasik su tesisat yapısı olan kullanılmakta olan bir konuta kurulacaksa farklı bir maliyet ortaya çıkarken, programlayıcı ünitesinin, kullanıcı ekranının bulunduğu bir akıllı eve kurulacaksa farklı bir maliyet oluşmaktadır. İkinci olarak kurulacak sistemden kullanıcının neler beklediği sorusu önem arz etmektedir. Örneğin kullanıcı bütünlük kontrol sisteminin bir birimi olan sıcak su geri dönüşüm sisteminin alt modüllerinden olan sürekli çalıştırma modülünü mü istiyor veya kullanıcı kontrollü modülü mü istiyor sorusu cevap bulmalıdır. Kullanıcıya farklı alternatifler sunan böyle bir sistemde haliyle maliyette kullanıcının istekleri doğrultusunda farklılık arz edecektir. Üçüncü olarak; sistemin bazı alt birimleri bir risk durumuna karşı önlem almaktadır. Yani sistemin kurulumu sırasında ortaya çıkan maliyetin karşılığında sonucu hakkında sadece rastlantısal sıklıklarla ifade edilebilen bazı gider olasılıkları kapatılmaya çalışılmaktadır. Bu giderlerin boyutları hakkında tahmine dayalı öngörülerin dışında herhangi bir şey söylemek mümkün olmamaktadır. Bu durumda ortaya çıkan maliyetin başabaş noktası konusunda herhangi bir hesaplama yapılması olanaksız hale gelmektedir. Bu nedenle sistemin maliyet analizi yapılırken bu temel yaklaşımları göz önünde bulundurmak gerekmektedir.

5.1. Mevcut Yapılarda Su Kaybının Neden Olduğu Giderler

Mevcut yapıların birçoğu sıcak su elde etme sistemlerinde herhangi bir geri dönüşüm sistemi kullanmamaktadır. Yine bu yapılar, tesisat sızıntılarını önleyici bir sistem ve taşkın önleyici bir sistem kullanmamaktadır. Bu nedenle bu yapılarda sıcak su kullanmak istenildiğinde, taşkın veya tesisat sızıntıları olduğunda su kaybı

gerçekleşmektedir. Bu kayıplardan sıcak su kullanımı sırasında gerçekleşen kayıpların miktarları konusunda ölçümlere dayalı bir sonuç elde etmek mümkündür. Fakat sızıntı ve taşkın kayıpları için sadece bazı tahminler yapılabilmektedir. Bu kayıplara ilişkin Tablo 1.3.'te ve Tablo 1.4.'te bazı ölçümlere ve tahminlere dayalı miktarlar verilmektedir. Buna göre; 5 kişilik bir ailenin sadece sıcak su kullanımı sırasında oluşan kayıp miktarı yıllık yaklaşık 15 tondur. Suyun ücretlendirilmesi şehirlere, şehir içerisinde bölgelere göre farklılık arz etmektedir. Fakat belli kabullere göre ortalama bir fiyat söylemek mümkündür. Vergilendirilmiş olarak suyun ücretlendirilmesi yaklaşık 4 TL/ton olmaktadır. Ayrıca buna ek olarak sızıntı ve taşkınların oluşturduğu kayıplar ve hasarlar söz konusudur. Tablo 5.1.'de ailedeki birey sayısına göre sıcak su kullanımı sırasında oluşacak kayıp miktarları verilmiştir.

Tablo 5.1. Sıcak su kullanımında oluşan yıllık kaybın ailedeki birey sayısına göre bedeli

Sıcak Su Kullanımında Oluşan Kaybın Miktarı ve Bedeli			
Ailedeki Birey Sayısı(kişi)	Kişi Başı Oluşan Kayıp(ton/yıl)	Birim Fiyatı(TL/ton)	Toplam(TL)
4	3	4	4*3*4=48
5	3	4	5*3*4=60
6	3	4	6*3*4=72
7	3	4	7*3*4=84
8	3	4	8*3*4=96

Tablo 5.1'deki değerler esas alınacak olursa 5 kişilik bir aile için sadece sıcak su geri dönüşüm sistemi 60 TL'lik bir kayıp bedeli oluşmasına engel olmaktadır. Bütünleşik sistemin diğer birimleri ise öngörülmesi zor olan fakat hem ekonomik hem de fiziksel olarak çok olumsuz sonuçları olan kayıp ve yapı hasarlarına karşı önlem almaktadır.

5.2. Bir Kontrol Birimi Olmayan Yapılarda Önerilen Sistemin Maliyet Analizi

Sistemin maliyet analizi yapılırken dikkat edilmesi gereken hususların başında, kurulacağı mekânın donanımsal altyapısının nasıl olduğu gelmektedir. Eğer sistem, herhangi bir programlayıcının bulunmadığı -ki mevcut yapıların büyük bir kısmı böyledir- yapılarda kurulacaksa, sistemin bütün olarak kurulumu söz konusudur. Bu durumda maliyet çıkarılırken programlanabilir kontrol elemanları gerekmektedir. Bu

elemanların seçiminde ürün alternatifleri oldukça fazladır. Fakat teknik özellikleri böyle bir sistemi uygulamaya yetecek bir kontrol elemanı için temelde 2 alternatif vardır. Sistem ya PLC tabanlı olarak kurulabilir veya daha ekonomik bir maliyet için mikrodnetleyici tabanlı olabilir. Tablo 5.2.'de PLC tabanlı, entegre bir tasarruf sisteminin maliyet tablosu verilmiştir.

Tablo 5.2. PLC tabanlı bir iç mekân su dağıtımında tasarruf sağlayıcı sistemin maliyeti

PLC Tabanlı Sistem			
Kullanılan Elemanlar	Miktarı (Adet)	Birim Fiyatı	Toplam
Geri dönüşüm pompası	*1	450 TL	450 TL
Programlayıcı (PLC, Mikrodnetleyici, vs.)	*1	560 TL	560 TL
Güç kaynağı	*1	160 TL	160 TL
Kullanıcı ekranı	*1	200 TL	200 TL
Programlayıcı modülleri	*2	710 TL	1420 TL
Valfler	*5	150 TL	750 TL
Sıcaklık sensörü	*1	30 TL	30 TL
Basınç sensörü	*2	75 TL	150 TL
Sıvı seviye rölesi	*1	45 TL	45 TL
Destek ürünler	-	100 TL	100 TL
Toplam	-	-	3865 TL

PLC tabanlı sistemler, birçok sistem uygulamasına olanak tanımaktadır. Örneğin evinde böyle bir sistem bulunan bir kullanıcı, yangın önleme sistemi, aydınlatma yönetim sistemi ve iklimlendirme yönetim sistemi gibi birçok ek uygulamayı çok düşük maliyetlerle kurabilir. Bu ek sistemler de mevcut sistemin kontrol birimine dâhil edildiğinde sistem tam anlamıyla bir akıllı yapıya uygun hale gelecektir. Bu nedenle PLC tabanlı uygulamalar maliyetin değil alt yapı yatırımının yapılmak istendiği durumlarda tercih edilebilir. Aksi halde Tablo 5.3.'te görüldüğü gibi mikrodnetleyici tabanlı bir sistemin kurulum maliyetleri PLC tabanlı sistemlere göre çok daha düşüktür. Maliyetin önem arz ettiği durumlarda mikrodnetleyici tabanlı bir sistem daha avantajlı olmaktadır. Mikrodnetleyici tabanlı sistemler ayrıca sistemin tükettiği güç bakımından da daha avantajlıdır. Bu nedenle mikrodnetleyici tabanlı sistemlerin yatırım maliyeti daha kısa sürede geri kazanılmaktadır.

Tablo 5.3. Arduino tabanlı bir iç mekân su dağıtımında tasarruf sağlayıcı sistemin maliyeti

Mikrodenetleyici (Arduino) Tabanlı Sistem			
Kullanılan Elemanlar	Miktarı (Adet)	Birim Fiyatı	Toplam
Geri dönüşüm pompası	*1	75 TL	75 TL
Programlayıcı (PLC, Mikrodenetleyici, vs.)	*1	45 TL	45 TL
Güç kaynağı	*1	10 TL	10 TL
Kullanıcı ekranı	*1	120 TL	120 TL
Programlayıcı modülleri	*2	15 TL	30 TL
Valfler	*5	150 TL	750 TL
Sıcaklık sensörü	*1	10 TL	10 TL
Basınç sensörü	*2	10 TL	20 TL
Sıvı seviye rölesi	*1	45 TL	45 TL
Destek ürünler	-	100 TL	100 TL
Toplam	-	-	1205 TL

5.3. Bir Kontrol Birimi Olan Yapılarda Önerilen Sistemin Maliyet Analizi

Önerilen sistem esasen birçok farklı yapıda uygulanabilmektedir. Yapı çeşitliliğindeki bu farklılık bazı durumlarda gerek maliyet yaklaşımı gerekse tasarım yaklaşımı konusunda bazı farklılıklar ortaya çıkarmaktadır. Yapıların farklılıkları tesisat farklılıklarına neden olabileceği gibi kontrol biriminin seçimi konusunda da bazı farklılıklara neden olabilmektedir. Örneğin böyle bir sistem akıllı yapı olarak isimlendirebileceğimiz bazı programlanabilir kontrol birimlerinin bulunduğu – PLC tabanlı veya mikrodenetleyici tabanlı- yapılarda uygulanacak olursa, yapıdaki mevcut kontrol birimi alt yapısı kullanılarak kurulum maliyeti konusunda bazı tasarruflar sağlanabilir. Böyle bir yapıda PLC tabanlı bir kontrol sistemine, önerilen sistemin entegre edilmesiyle ortaya çıkacak maliyet Tablo 5.4.’te verilmektedir.

Tablo 5.4. Önerilen sistemin PLC tabanlı bir akıllı ev sistemine entegrasyonu durumunda oluşan maliyet

PLC Tabanlı Bir Akıllı Ev Sistemine Entegrasyon Maliyeti			
Kullanılan Elemanlar	Miktarı (Adet)	Birim Fiyatı	Toplam
Geri dönüşüm pompası	*1	450 TL	450 TL
Programlayıcı (PLC, Mikrodenetleyici, vs.)	*1	-	-
Güç kaynağı	*1	-	-
Kullanıcı ekranı	*1	-	-
			1420
Programlayıcı modülleri	*2	710 TL	TL
Valfler	*3	150 TL	750 TL
Sıcaklık sensörü	*1	30 TL	30 TL
Basınç sensörü	*2	75 TL	75 TL
Sıvı seviye rölesi	*1	45 TL	45 TL
Destek ürünler	-	100 TL	100 TL
			2870
Toplam	-	-	TL

5.4. Sıcak Su Geri Dönüşüm Sisteminin Farklı Modülleri İçin Oluşan Sistemin Maliyet Analizi

Önerilen sistemin maliyet analizi yapılırken, bir diğer yaklaşım olarak, sistemin kullanıcı isteklerine göre farklılaşmasından kaynaklanan ek maliyet unsurlarının etkisini ortaya koymak gerekmektedir. Önerilen sistem sıcak su geri dönüşüm sistemlerinin çalışma modlarına göre farklılaşması ve sızıntı önleme sisteminde kullanılan sensör sayısındaki artışa göre farklılaşmaktadır. Sızıntı önleyici sistemin sensörleri çok düşük maliyetli kablo bağlantılarıdır. Bu nedenle önemli bir maliyet değişikliği oluşturmamaktadır. Sıcak su geri dönüşüm sisteminin farklı çalışma modaları ise sadece zamanlayıcı kontrollü mod ve sensör kontrollü modda bir miktar maliyet artışı gerçekleşmektedir. Bu artış ta söz konusu modun harcadığı enerji bir tarafa bırakılacak olursa, yaklaşık 20 TL'lik bir artıştır.

Tablo 5.5. Sıcak Su geri dönüşüm sistemlerinin farklılaşması ile oluşan farklı maliyetler

Farklı Sıcak Su Geri Dönüşüm Modüllerinin Oluşturduğu Maliyet			
Kullanılan Elemanlar	Miktarı (Adet)	Birim Fiyatı	Toplam
Geri dönüşüm pompası	*1	450 TL	450 TL
Programlayıcı (PLC, Mikrodenetleyici, vs.)	*1	560 TL	560 TL
Güç kaynağı	*1	160 TL	160 TL
Kullanıcı ekranı	*1	200 TL	200 TL
Programlayıcı modülleri	*2	710 TL	1420 TL
Valfler	*5	150 TL	750 TL
Sıcaklık sensörü	*1	30 TL	30 TL
Basınç sensörü	*2	75 TL	150 TL
Sıvı seviye rölesi	*1	45 TL	45 TL
Diğer sensörler(Zamanlayıcı, Akış anahtarı, vs.)	*1	20 TL	20 TL
Destek ürünler	-	100 TL	100 TL
Toplam	-	-	3885 TL

Bu bölümdeki maliyet yaklaşımlarını genel olarak ele alınacak olursa aşağıdaki değerlendirmeleri yapmak mümkündür.

- Önerilen sistemin kurulu olmadığı yapılarda, ölçülebilir bazı kayıpların yanında ölçülemeyen bazı kayıplar vardır. Ayrıca bazı kayıplara neden olan risk unsurları söz konusudur ve bu risk unsurlarının meydana geldiği durumdaki kayıp ve hasarların bedeli konusunda ancak tahmine dayalı bazı kabuller yapılabilir. Durum böyle olduğundan, önerilen sistemin yatırım maliyetinin geri dönüş süresini hesaplamak yeterince mümkün olmamaktadır. Bu durum dikkate alındığında Tablo 5.1.'deki sadece sıcak su geri dönüşüm sisteminin sağladığı kazançla yapılan geri dönüş süresi hesaplamaları gerçeği tam olarak yansıtmamaktadır.
- Önerilen sistemin kontrol biriminin PLC tabanlı seçilmesi durumunda bu sistem tam olarak bir alt yapı yatırımına dönüşmektedir. Sistemin kullanıldığı yapı, böylelikle birçok güvenlik ve kontrol uygulamasının kurulumu bakımından hazır hale gelmektedir. Böylelikle yapı daha konforlu ve güvenli olacaktır. Sistemin yapıya sağladığı bu katma değer sayesinde yapının ekonomik değeride artacaktır. Yani sistemin geri dönüş yapıya sağladığı katma değerle sağlanmış olacaktır.

- c. Önerilen sistem mikrodnetleyici tabanlı olarak kurulacak olursa sıcak su geri dönüşüm sisteminin sağladığı kazancın yanında, sızıntı ve taşkın riski de ele alınacak olursa, sistemin maliyetinin geri dönüş süresi önemli oranda kısalmaktadır. Bu risk durumlarının belirsizliği geri dönüş süresini de belirsiz kılmaktadır.
- d. Önerilen sistem kullanıcı seçimine göre farklı alternatifler sunmakta ve bu alternatifler küçük maliyetlerle sisteme eklemlenebilmektedir.



BÖLÜM 6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

İç mekân su dağıtımında tasarruf sağlayan ve olası bazı hasar durumlarını önleyen bir sistem önerisinde bulunan bu çalışma değerlendirilirken verimlilik, kullanım alanı bulma olanakları, teknolojik alt yapısının geliştirilebilirliği, alternatif tasarım durumları ve bu tasarımların mevcut tasarımla karşılaştırılması kriterlerine göre bir değerlendirme yapılabilir.

Önerilen çalışmanın verimliliği değerlendirilirken iki durumdan söz etmek mümkündür. Bunlar; çalışma verimliliği ve maliyete karşın geri kazanım olanağı durumlarıdır. Çalışma verimi değerlendirilirken, sistemin harcadığı enerji ve bu enerjiye karşılık sağladığı geri dönüşüm suyu miktarı ve bedeli arasındaki ilişkiye bakmak gerekmektedir. Sistemin kullandığı enerji, başta pompa olmak üzere valfler, sensörler, PLC ve PLC modülleri, operatör paneli, vb. donanımlarda kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu enerjiyi kullanan donanımın olabildiğince düşük akım ve gerilim değerlerinde çalışan donanımlardan seçimi önem arz etmektedir. Bu konuda mikrodnetleyici tabanlı sistemler düşük maliyetli kurulum olanağı tanınmanın yanında, düşük enerji kullanımı sağlama özellikleriyle de oldukça kullanışlı olmaktadır. Yani mikrodnetleyici tabanlı kontrol sistemleri kullanılırsa çalışma verimliliği açısından herhangi bir sorun teşkil etmeyecektir. PLC tabanlı sistemler, performans parametreleri bakımından mikrodnetleyici tabanlı sistemlerden üstün özelliklere sahip olsa da, yüksek maliyet çıkaran kurulumlarından ötürü ve fazla enerji tüketen donanımla uyumlu çalıştıkları için çalışma verimi konusunda dezavantaj oluşturmaktadırlar.

Bu çalışmada önerilen tasarruf ve önlem sistemlerinin verimi konusunda, dikkate alınması gereken bir diğer husus; sistemin kurulum maliyetinin, sistem sayesinde

yapılan tasarruf ve alınan önlemlerle geri kazanılıp kazanılamayacağıdır. Yine sistemin çalışma verimi ile de ilişkisi bulunan bu husus, sızıntı önleyici alt sistem birimi ve taşkın önleyici birimlerin çalışma karakteristiklerinden dolayı yeterince net bir biçimde ortaya konulamamaktadır. Çünkü herhangi bir yapıda su tesisatında sızıntı olması, su kullanan ev aletlerinin arızalanarak taşan suyun yapıya hasar vermesi veya yapıda taşkın olması, sıcak su kullanımı gibi belirli rutinleri olan olaylar değildirler. Bu durumlar için bazı tahminler ve sıklık ihtimalleri ortaya konulabiliyor olsa da, bu risk durumlarında oluşacak hasar miktarı ve bu hasarın bedeli konusunda net bir şey söylenememektedir. Bu nedenle bu sistemin geri kazanım olanağı konusunda farklı bir yaklaşım ortaya konulmak durumundadır. O da; önerilen bu sistemin, yapıların risk güvenliğini ve ekonomik değerini artıran bir alt yapı sistemi olduğudur. Günümüzde bu sistemlerin kurulacağı ev, iş yeri gibi mekânlar sadece insanların barınmak ve ihtiyaçlarını gidermek için kullandıkları yerler değil aynı zamanda insanlar arasındaki ekonomik ilişkilerin de birer aracıdır. Bu bakımdan içinde böyle bir sistem kurulu olan evler veya iş yerleri ekonomik değerce değerlendirilecekleri için yapılan harcamaların geri kazanımını bu sayede sağlamak mümkündür.

Önerilen sistem değerlendirilirken göz önüne alınması gereken başka bir kriter, böyle bir sistemin kullanım alanı bulup bulamayacağıdır. Günümüzde, akıllı ev teknolojileri yoğun olarak uygulanmaya başlanmış ve hızla yaygınlaşmaktadır. Akıllı yapı -Bölüm 2.'de verilen birçok tanımdan da görülebileceği üzere- tanımı gereği tasarruf eden ve güvenlik önlemleri alınmış yapı demektir. Akıllı yapı teknolojisinin emniyet tedbirlerine yönelik uygulamaları olası birçok riski önleyebilecek nitelikte olup, günlük yaşantımızda pozitif etkileri görülmeye başlamıştır. Ancak, yüksek maliyeti sebebiyle şimdilik toplumun zengin kesimlerine hitap ettiğinden, henüz kaynakların kullanımında tasarrufu kapsamı içine almamıştır. Oysa iç mekân su dağıtımında tasarrufu amaçlayan bu çalışma, böyle bir teknolojiyle kolaylıkla bütünleşebilecek özelliktedir. Konu çok kapsamlı olarak incelenmiş, farklı nitelikteki yapılar ve değişik kullanım periyotları için değişik çözümler geliştirilmiştir. Hem bireysel ve hemde toplumsal açıdan fayda sağlayacağı öngörülmektedir. Geliştirilen sistemin öncelikle akıllı yapılarda olmak üzere yaygın bir kullanım alanı bulacağı,

istihdama ve ekonomiye önemli katma değerler sağlayacağı ümit edilmektedir.

Söz konusu tasarruf ve önlem sisteminin tartışılabilir bir diğer yönü teknolojik alt yapısının ne ölçüde geliştirilebileceğidir. Bu konuda önerilen sistemin çok güçlü sayılabilecek bazı özellikleri vardır. Öncelikle önerilen sistemin endüstriyel otomasyon sistemlerinin merkezini oluşturan PLC tabanlı olarak tasarlanmış olması bu konuda çok geniş olanaklar sunmaktadır. PLC ve PLC modüllerinde gerçekleşen her teknolojik gelişme bu sistemlerde gerçekleşecek ilerleme anlamına gelmektedir. PLC'nin farklı birçok modülle uyumlu çalışması bu sistemin yeni özelliklere donatılabileceği anlamına gelmektedir. Örneğin sisteme gaz dedektörleri eklenerek olası gaz kaçaqlarını önlemek, yangın sensörleri ekleyerek yangın riskini önlemek, yazılımsal bazı değişikliklerle yapının aydınlatma sistemini yönetmek mümkün olmaktadır. Bu durumda bütünleşik kontrol sistemi orta düzeyde bir akıllı yapı kontrol sistemine dönüşmektedir. Ayrıca bu çalışmada önerilen bütünleşik kontrol sisteminin sızıntı önleyici birimi, kolaylıkla yapının daha önce uygulanmamış başka bölümlerine kurulabilir. Çünkü sızıntı önleyici birimde kullanılan sıvı seviye sensörünün iki çıkışından uzatılan kablolarla bu röleye bağlı su sensörü görevi gören uçların sayısı, yazılımsal olarak herhangi bir değişim söz konusu olmadan artırılabilir.

Son olarak, önerilen sistemin alternatif tasarımlara olanak sağlaması konusu ele alınacak olursa, bütünleşik tasarruf ve önlem sisteminin bu konuda bazı kısıtlamalar içerdiğini belirtmek gerekir. Bu kısıtlamalar, yapının su tesisatının yapı inşa edilirken tesis edilmesinden kaynaklanmaktadır. Bölüm 3'te belirtildiği üzere sıcak su geri dönüşüm sistemi için 2 ayrı tesisat yapısı öngörülmektedir. Bu tesisat yapılarından, harici bir geri dönüş hattı gerektiren tesisat tipi, mevcut yapılara uygulanacak olursa yapıda önemli oranda bir tahribat gerekmektedir. Bu ise kullanıcıların böyle bir sistemi satın almak istemesi konusunda engel oluşturabilir. Ayrıca yine sıcak su geri dönüşüm sisteminde sıcak suyun kullanıldığı her musluğun önüne yerleştirilen valfler bazı lavabo yapılarında kullanıma güçlüğü olmaktadır. Bu durumda geri dönüşüm pompasının çıkışına konulacak bir adet iki yönlü valf bu problemi çözer fakat sıcak suyun musluklara istenen sıcaklıktan biraz düşük bir değerde ulaşmasına

neden olabilir. Bu gibi durumlar da çalışmanın tasarım alternatiflerini belli oranda kısıtlamaktadır. Bu kısıtlamalara rağmen gerek tesisat şekli yönüyle gerek yazılım alternatifleri yönüyle yapı şartlarına en uygun tasarım ve yazılımları oluşturmak olanaklıdır.

Sonuç olarak bu tezde önerilen tasarımlar ve uygulanan prototipin çalışmasından görülmektedir ki, yapıların su tesisatında yapılacak bazı iyileştirmelerle, su kullanımı daha verimli bir hale gelmektedir. Ayrıca yapılarda su kullanımından kaynaklanan sızıntı ve taşkın gibi risk durumları ilgili çalışma da alınan önlemlerle engellenebilir. Böylelikle verimli su kullanımı gibi insanlık için her geçen gün daha da önemli bir hal alan bir konuda yapılabilecek alternatif bir çalışma ortaya konulmuştur. Bu çalışmanın hem suyun neden olduğu yapı hasarlarını önleme konusunda hem de verimli su kullanımı sağlama konusunda geliştirilerek yaygın bir kullanım alanı bulacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Al-Ali,A. R.,El-Hag, A., Bahadiri, M., Harbaji, M., El-Haj, Y.A., 2011, “Smart Home Renewable Energy Management System” *Energy Procedia*, 12:120-126
- Almandoz,J.,Cabrera, E., Asce, M., Arregui, F., Cabrera, J.E., Cobacho, R., 2005, “Leakage Assessment through Water Distribution Network Simulation” *American Society of Civil Engineers*, 131(6):458-466
- Baraka, K., Ghobril, M., Malek, S. Kanj, R., Kayssi, A., 2013, *Low Cost Arduino/Android-based Energy-Efficient Home Automation System with Smart Task Scheduling*, Fifth International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks,IEEE Computer Society 296-301
- Ceyhan, N., 2013, *Sürdürülebilir Su Yönetimi*, Konya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Konya
- Çağatay, U., 2013, *Bilgi Çağında Nasıl Bir Su Yönetimi*, Su Kaynaklarının Yönetimi Politikalar ve Sorunlar: Küreselden Yerele, Nevşehir Üniversitesi iktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü, Nevşehir, 15 Mart.
- Çepel, N., Ergün, C., 2004, *Suyun Önemi ve Ekolojik Sorunları*, 31 Mayıs 2016, <http://docplayer.biz.tr/393666-Suyun-onemi-ve-ekolojik-sorunlari-prof-dr-necmettin-cepel-ve-celal-ergun.html>
- Darianian, M.,Michael, M.P., 2008, *Smart Home Mobile RFID-based Internet-Of-Things Systems and Services*, International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, IEEE Computer Society, 116-120
- Derek, T., Clement-Croome, D.J., 1997,”What Do We Mean by Intelligent Buildings?”*Automation in Construction*, 6: 395-400
- Diaper, C.,Dixon, A., Butler,D., Fewkes,A., Parsons, S.Strathern,M.,Stephenson,T.,Strutt,J., 2001, “Small Scale Recycling System-Risk Assesment and Modeling” *Water Science et Technology*, 43(10):83-90
- Fernandez, J.L., Losada, D.P., Domonte, E.P., 2014, “*An Integrated and Low Cost Home Automation System with Flexible Task Scheduling*”XV. Workshop Of Physical Agents,Leon, Spain, 18 Haziran

- Gleick, P.H. 1993, *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*, USGS, New York, 31.05.2016, <http://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>
- Haese, L.W., 2000, *GreyWater Recycling System*, US6132138
- Han, D.M., Lim, J.H., 2010, "Smart Home Energy Management System using IEEE802.15.4 and ZigBee" *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 56(3): 1403-1410
- Honda Smart Home US, 2016, April To September Data Release; Water Conservation Better Than Expectations, 31 Mayıs 2016, <http://www.hondasmarthome.com/>
- İlhan, A., 2011, *Yeni Bir Su Politikasına Doğru*, 1. Baskı, İstanbul: Eylül Ofset
- Jahn, M., Jentsch, M., Prause, C.R., Pramudianto, F., Al-Akkad, A., Reiners, R., 2010, *The Energy Aware Smart Home*, 5th International Conference on Future Information Technology, IEEE, Busan, 21-23 Mayıs
- Kavurmacioğlu, L., Karadoğan, H., 1999, *Otomatik Kontrol Vanaları kullanılarak Tesisatların Su Kaçaklarının Azaltılması*, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresinde sunulan bildiri. 4-7 Kasım, İzmir
- Kimball, J.L., 1990, *Water Recycling System*, US5084920
- Klein, G., 2004, *Saving Water and Energy in Residential Hot Water Distribution Systems*, California Energy Commission, Sacramento
- KOSKİ 2011, Hayatın Her Noktasında Su ve Enerji Verimliliği, KOSKİ, Konya
- Krebs, R.G., 1993, *Water Leakage Detection Device*, US5188143
- Laing Termotech, 2016, ACT-4 Instant Hot Water System, Laing Termotech, 31.05.2016, Amerika Birleşik Devletleri, <http://laing-termotech.com/plumbing-solar-pumps/act-4-instant-hot-water-system/>
- Li, B., Yu, J., 2011, "Research and application on the smart home based on component technologies and internet of things" *Procedia Engineering*, 15: 2087 – 2092
- Liu, S., Butler, D., Memon, F.A., Makropoulos, C., Avery, L., Jefferson, B., 2010, "Impacts of Residence Time During Storage on Potential of Water Saving for Grey Water Recycling System" *Water Research*, 44: 267-277
- Max, R.U., 1965, *Water Leakage Alarm System*, US3200388

- Muluk, B.Ç., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U., 2013, *Türkiye’de Suyun Durumu ve Su YönetimindeYeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif*, Doğa Koruma Merkezi, Ankara
- NexNet Solutions, 2016, Green and Smart House, 31 Mayıs 2016, <http://nexnetsolutions.com/solutions/green-smart-solutions/green-smart-homes/>
- NOAA National Water Service 2016, *A Multi-Phased Journey*, NASA, Washington D.C., 31.05.2016, <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Water/page2.php>
- Ödemiş, B., 2013, *Kentlerde Su Talebi ve Kullanımı*, Su Kaynaklarının Yönetimi Politikalar ve Sorunlar: Küreselden Yerele, Nevşehir Üniversitesi iktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü, Nevşehir, 15 Mart.
- QMI Manufacturing Inc., 2016, Maestro Home Automation Protection System, QMI Manufacturing Inc., Kanada, 31 Mayıs 2016, <http://qmimfg.com/qmi-net-maestro/maestro-home-automation-protection-system/>
- QMI Manufacturing Inc., 2016, Water Guardian Pro+, QMI Manufacturing Inc., Kanada, 31 Mayıs 2016, <http://qmimfg.com/water-products/water-guardian-pro-plus/>
- QMI Manufacturing Inc., 2016, Water Guardian, QMI Manufacturing Inc., Kanada, 31 Mayıs 2016, <http://qmimfg.com/water-products/water-guardian/>
- Reliance Detection Technologies, 2016, RS-360 Wireless Plumbing Leak/Frozen Pipe Protection System, RDT, Branford ,31 Mayıs 2016, <http://reliancedetection.com/products/wireless-leak-detection-water-alarm/water-leak-frozen-pipe-protection/>
- Reliance Detection Technologies, 2016, Wired Plumbing Leak Protection & Water Main Shut-Off System, RDT, Branford, 31 Mayıs 2016, <http://reliancedetection.com/products/water-alarms-leak-detection/wired-water-main-shut-off/>
- Reliance Detection Technologies, 2016, Plumbing Leak Protection & Automatic Water Shut-Off Systems, RDT, Branford, 31 Mayıs 2016, <http://reliancedetection.com/products/>
- Rost, S., Gerten, D., Bondeau, A., Lucht, W., Rohwer, J., Schaphoff, S., 2008, “Agricultural Green and Blue Water Consumptionand Its Influence on the Global Water System” *Water Resource Research*, 44:9, 31 Mayıs 2016, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2007WR006331/full>
- Schneider Electric, 2016, Smart Cities, 31 Mayıs 2016, <http://www.schneider-electric.com/b2b/en/solutions/for-business/smart-cities/address-your-challenge/>

Sellby, W.H., 1981, *Water Recycling System*, US4246101

Sharples, S., Callaghan, V., Clarke, G., 1999, "A Multi-agent Architecture for Intelligent Building Sensing and Control" *Sensor Review*, 19: 135-140.

So, A.T.P., Wong, K.C., 2002, "On the Quantitative Assessment of Intelligent Buildings" *Facilities*, 20: 208-216

Şahin, İ ve Manioğlu G 2011, "Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması" *Tesisat Mühendisliği*, 125: 21-32

Şengül, M., 2013, *Türkiye de Su Politikası ve Köylülerin Öfkesi*, Su Kaynaklarının Yönetimi Politikalar ve Sorunlar: Küreselden Yerele, Nevşehir Üniversitesi iktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü, Nevşehir, 15 Mart.

Toprak, S., Koç, A.C., Bacanlı, Ü.G., Dikbaş, F., FIRAT, M., Dizdar, A., 2007, İçme Suyu Dağıtım Sistemlerindeki Kayıplar, III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 10-14 Eylül

Tryba, A.S., Slavkovsky, M., 1999, *Water Leakage Protector Aparatus*, US5992218

USGS 2016, *Where is Earth's Water*, Amerika Birleşik Devletleri, 31.05.2016, <http://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>

WATTS Water Technologies, 2016, Instant Hot Water Recirculating Pump with Built-in Timer, WATTS Water Technologies, 31.05.2016, North Andover, <http://www.watts.com/pages/whatsnew/IHWRS.asp>

Willis, M.R., Stewart, R.A., Giurco, P.D., Talebpour, M.R., Mousavinejad, A., 2013, "End Use Water Consumption in Households: Impact of Socio-demographic Factors and Efficient Devices" *Cleaner Production*, 60:107-115

Yıldırım, Y.E., 2013, *Tarımsal Su Yönetimi*, Su Kaynaklarının Yönetimi Politikalar ve Sorunlar: Küreselden Yerele, Nevşehir Üniversitesi iktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü, Nevşehir, 15 Mart.

Yüksel, N., 2013, *Orman ve Su Kaynakları*, Trakya Kalkınma Ajansı, Edirne

ÖZGEÇMİŞ

Nurdoğan Ceylan, 28.04.1987 tarihinde Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Erzurum’da tamamladı. 2009 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü’nü 2013 yılında bitirdi. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Sakarya Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.