

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK KATLI BİNALARDA TEMİZ KULLANIM SUYU VE ATIKSU
SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ**

TUĞBA DEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISI PROSES PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. GALİP TEMİR**

MAYIS, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK KATLI BİNALARDA TEMİZ KULLANIM SUYU VE ATIKSU
SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ**

Tuğba DEMİR tarafından hazırlanan tez çalışması 08.05.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Galip TEMİR
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Galip TEMİR
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Zeynep Duriye BİLGE
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ebru MANÇUHAN
Marmara Üniversitesi

Ülkemizde inşaat sektörünün gelişimiyle birlikte yüksek katlı binalara önem verilmeye başlanmıştır. Yüksek katlı binalarda en büyük sıkıntılar mekanik tesisat tarafında olmaktadır. Bu tezimde yüksek katlı binalarda temiz su tesisatı ve pis su tesisatı ile ilgili geçmişte yapılan ve günümüzde yapılmaya başlanmış olan yöntemlere değinilmiştir. Yüksek katlı binalarda temiz su tesisatında en kritik konu doğru zonlamanın yapılmasıdır. Tezimde yüksek katlı bir ofis binası üzerinde temiz su tesisatı ve pis su tesisatı incelenmiştir. Dünya da ve ülkemizde en önemli konulardan birisi de azalan su kaynaklarıdır. Gri su tesisatının önemi ve yüksek katlı ofis binasında kurulan gri su arıtma prosesi ile kazanılan su hesaplanmıştır. Gri su tesisatının projelerde yapılıyor olması azalan su kaynaklarını korumak için önemli bir adım olacaktır.

Öncelikle tez konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup bana yardımcı olan tez danışmanım Prof. Dr. Galip Temir'e teşekkürlerimi sunarım. Tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan değerli annem, Ayşegül Filik, babam M. Sadık Filik'e teşekkürlerimi bir borç bilirim. Tez sürecinde benden desteğini bir an için bile esirgemeyen eşim Murat Demir'e sonsuz teşekkür ederim.

Mayıs, 2019

Tuğba DEMİR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	7
1.3 Hipotez	8
BÖLÜM 2	
TEMİZ SU TESİSATI	9
2.1 Yüksek Yapı	9
2.1.1 Yüksek Yapıların Özellikleri	11
2.1.2 Yüksek Yapılarda Mekanik Tesisat	13
2.2 Yüksek Yapılarda Sıhhi Tesisat	14
2.2.1 Sıhhi Tesisat Tanımı	14
2.2.2 Sıhhi Tesisat Standartları	15
2.2.3 Yüksek Yapılarda Sıhhi Tesisat Genel Kuralları	17
2.3 Temiz Su Hesabı	19
2.3.1 Tahmini Temiz Su İhtiyacının Belirlenmesi	19
2.3.2 Su Debisi Hesabı ve Boru Boyutlandırılması	23
2.3.2.1 ABD ASPE ve ASSE Standartlarına Göre Su Debisinin Hesabı	23
2.3.2.2 DIN ve Eski TS 1258 Türk Standartlarına Göre Su Debisi Hesabı	28
2.3.2.3 Güncel TS EN 806-1 Standartına Göre Su Debisinin Hesabı	32

2.3.3	Suyun Depolanması	39
2.3.4	Suyun Basınçlandırılması ve Basınç Kademeleri (Zonlama)	40
2.3.5	Suyun Basınçlandırılması ve Dağıtım Sistemleri	41
2.3.6	Basınç Düşürücüler	44
2.3.7	Boru Basınç Kaybının Hesaplanması	44
2.3.8	Suyun Depolanması ve Lejyoner Hastalığı	50
2.3.8.1	Lejyoner Hastalığı	50
2.3.8.2	Tesisatta Lejyonella Potansiyeli Olan Yerler	50
2.3.8.3	Kullanım Suyu Sistemleri	52
2.3.8.4	Su Depolarının Temizliği ve Dezenfeksiyonu	53

BÖLÜM 3

PİS SU TESİSATI	54
3.1 Pis Su Tesisatı Bölümleri	54
3.2 Pis Su Tesisatı Sistemler ve Boru Bağlantı Tipleri	55
3.3 Pis Su Borularının Boyutlandırılması	56
3.3.1 Pis Su Debisi	57
3.3.2 Pis Su Boru Çapı Belirlenmesi	58
3.3.2.1 Havalandırılmayan Pis Su Borusu Sistemleri	58
3.3.2.2 Havalandırılan Pis Su Borusu Sistemleri	58
3.4 Pis Su Borularının Havalandırılması	60
3.4.1 Pis Su Tesisatında Sifonlar	60
3.4.2 Pis Su Tesisatında Sifonlar	61
3.4.2.1 Ana Havalandırma Kolonu ile Havalandırma	61
3.4.2.2 Müşterek Havalık Borusuyla Havalandırma	62
3.4.2.3 Bağımsız Havalık Borusuyla Havalandırma	63
3.4.2.4 Yardımcı Havalık Kolonuyla Havalandırma	63
3.4.3 Pis Su Havalandırma Boru Çapı Tayini	66
3.4.4 Pis Su Terminal Hız	68
3.4.5 Pis Su Terminal Uzunluk	73
3.4.6 Pis Su Kolon Yer Değiştirmeleri	76
3.5 Pis Su Tesisatında Gürültü	77
3.5.1 Gürültünün Kaynakları	77
3.5.2 Pis Su Sistemlerinde Ses İzolasyonu	79
3.6 Sabun Köpüğü Basıncı	81

BÖLÜM 4

GRİ SU TESİSATI ve GRİ SUYUN DEĞERLENDİRİLMESİ	83
4.1 Gri Suyun Geri Kazanımı.....	83
4.2 Gri Su.....	84
4.3 Gri Suyun Karakteristiği.....	86
4.3.1 Gri Su Miktarı.....	86
4.3.2 Gri Su Bileşenleri.....	87
4.4 Gri Su Arıtımı ve Yeniden Kullanımı	89
4.4.1 Gri Suyun Doğrudan Yeniden Kullanımı	89

4.4.2	Gri Suyun Arıtılarak Yeniden Kullanımı.....	90
4.4.2.1	Yapay Sulak Alan	92
4.4.2.2	Döner Biyolojik Reaktörler Rotating biological contactors (RBC)	94
4.4.2.3	Ardışık Kesikli Reaktörler (Sequencing batch reactors-SBR).....	95
4.4.2.4	Membran Biyoreaktörler	96
4.4.3	Gri Suyun Kullanım Suyu İçin Kalite Standartları	97
4.4.3.1	Tuvalet Rezervuarları	97
4.4.3.2	Çamaşır Yıkama	97
4.4.3.3	Bahçe Sulama	97
4.4.4	Membran Biyoreaktör ile Gri Su Arıtma Prosesi	99
4.4.4.1	Tasarım ve Çalışma Şekli	99
4.4.4.2	Teknik Özellikleri	99
BÖLÜM 5		
YÜKSEK KATLI BİNALARDA YANGIN TESİSATI		102
5.1	Genel Tanım	102
5.2	Basınç Zonlaması.....	103
5.2.1	Bağımsız Pompa Grubu.....	103
5.2.2	Seri Bağlı Pompa Grubu	104
5.2.3	Ara Depolu Sistemler	105
5.3	Sulu Söndürme Sistemleri Basınç Zonu Uygulamaları	107
BÖLÜM 6		
MATERYAL VE METOT.....		110
6.1	Temiz Su Tesisatı Projelendirilmesi.....	110
6.1.1	Temiz Su Tesisatı Boru Çaplandırılmasının Karşılaştırılması.....	129
6.2	Pis Su Tesisatı ve Pis Su Havalık Hattının Projelendirilmesi	132
6.3	Gri Su Tesisatının Projelendirilmesi	136
BÖLÜM 7		
SONUÇ VE ÖNERİLER		144
KAYNAKLAR.....		150
EK-A		
BORU BASINÇ KAYBI TABLOLARI.....		154
ÖZGEÇMİŞ.....		157

SİMGE LİSTESİ

z	Toplam temiz su yük birimi değeri
q	Borudan akan su debisi
Q_a	Temiz su kullanma noktalarındaki debi
P	Borudaki basınç
v	Borudaki akış hızı
ρ	Akışkan yoğunluğu
g	Yer çekimi ivmesi
h	Boru kesit yüksekliği
R	Sürtünme kaybı katsayısı
L	Boru boyu
Z	Yerel basınç kaybı
K	Vana fittings kaybı
C	Boru malzeme pürüzlülük katsayısı
D	Boru iç çapı
Q_{ww}	Pis su akış debisi
K	Pis su kullanım sıklığı
τ_0	Birim alandaki kayma gerilmesi
Δm	Su kütlesi
λ	Boyutsuz sürtünme direnci
V_t	Terminal hız
f	Boru akışı için boyutsuz sürtünme katsayısı
$\bar{V}$	Ortalama hız
V^*	Kayma hızı
R_h	Hidrolik yarıçap
T	Akan su tabakasının kalınlığı
L_t	Terminal uzunluk

KISALTMA LİSTESİ

LU	Loading Unit
LUC	Loading Unit Cold
LUH	Loading Unit Hot
WSFU	Water Supply Fixture Unit
ASPE	American Society of Plumbing Engineers
DU	Drain Unit
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
BOİ5	Biyolojik Oksijen İhtiyacı (5 saatlik)
RBC	Rotating Biological Contactors
SBR	Sequencing Batch Reactors
MBR	Membran Bioreaktör
AKM	Askıda Katı Madde
NFPA	National Fire Protection Association
NBD	Net Bugünkü Değer

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Bank of China Tower Binası [24]	11
Şekil 2.2 BMW AG, Münih/Almanya [24]	12
Şekil 2.3 Burj Dubai [24]	13
Şekil 2.4 Farklı sıcak ve soğuk su kombinasyonları için kolon şemaları [31]	36
Şekil 2.5 LU-Debi diyagramı [31]	37
Şekil 2.6 Modüler depo sistemleri	39
Şekil 2.7 Tek zonlu sistemler	42
Şekil 2.8 Ara depo yerleşimli zonlar	42
Şekil 2.9 Tipik tesisat katları planlanması [22]	43
Şekil 2.10 Dizayn sıcaklıkları ve risk oluşumu [20]	52
Şekil 3.1 Bina içi atıksu tesisatı boru bölümleri [36]	54
Şekil 3.2 Çeşitli sifon tipleri [13]	60
Şekil 3.3 Sifondaki su tabakası üzerine etki eden basınçlar [13]	61
Şekil 3.4 Doğrudan ana havalandırma kolonu ile havalandırma [13]	62
Şekil 3.5 Ana pis su kolonuyla havalık [13]	62
Şekil 3.6 Müşterek havalık borusuyla havalandırma [13]	63
Şekil 3.7 Bağımsız havalık borusuyla havalandırma [13]	63
Şekil 3.8 Doğrudan yardımcı havalandırma kolonuyla havalandırma [13]	64
Şekil 3.9 Yardımcı havalandırma kolonu ile havalandırma detayı [30]	65
Şekil 3.10 Adetten fazla branşmana sahip hatlarda havalandırma [30]	67
Şekil 3.11 Pis su dikey akış [39]	68
Şekil 3.12 Ölçülen ve hesaplanan terminal hız değerlerinin karşılaştırılması [39]	72
Şekil 3.13 Terminal uzunluğun terminal hız ile fonksiyonu [39]	74
Şekil 3.14 Boru çapının fonksiyonu olarak terminal hız [39]	75
Şekil 3.15 Yatay yön değiştirmede hidronik sıçrama [30]	76
Şekil 3.16 Gürültü oluşturan ve gürültüyü ileten pis su tesisat şeması [14]	78
Şekil 3.17 Pis su tesisatında ses kaynakları [19]	79
Şekil 3.18 Darbeye bağlı sesin beton döşemeye geçişinin engellenmesi [14]	80
Şekil 3.19 Boru destek metotları ve düz montaja göre gürültü azalması [29]	81
Şekil 4.1 Yıllara göre kişi başına düşen su miktarı [41]	84
Şekil 4.2 Günlük evsel su tüketim oranları [43]	85
Şekil 4.3 Gri suyun kaynaklarına göre sınıflandırılması [45]	85
Şekil 4.4 Başlıca arıtılmış gri su kullanım yerleri [45]	86
Şekil 4.5 Gri suyun arıtılmadan kullanılması	89

Şekil 4.6	Gri suyun konut içerisinde kullanımı [49]	91
Şekil 4.7	Kaynağına göre gri suların arıtılması yöntemleri [51].....	91
Şekil 4.8	İspatlanmış gri su geri kazanım teknolojileri [52]	92
Şekil 4.9	Yapay sulak alan [53]	93
Şekil 4.10	Yapay sulak alan akış şeması [53]	93
Şekil 4.11	Döner biyolojik reaktörler [50]	94
Şekil 4.12	Gri suyun RBC ile arıtımı adımları [6]	95
Şekil 4.13	SBR teknolojisinin şematik diyagramı [53].....	95
Şekil 4.14	Prosesin şematik gösterimi	96
Şekil 4.15	Arıtma prosesi akış diyagramı [55]	99
Şekil 4.16	Toplanan gri su ve arıtılmış gri su [55]	101
Şekil 5.1	Basınç zonları için ayrı bağımsız pompa grupları	104
Şekil 5.2	Seri bağlı pompa grupları	105
Şekil 5.3	Ara depolu basınç zonlaması	106
Şekil 5.4	Ara depolu basınç düşürücülü zonlama [56]	107
Şekil 5.5	180 metre bir binada basınç zonlaması alternatif – 1	108
Şekil 5.6	180 metre bir binada basınç zonlaması alternatif – 2	109
Şekil 6.1	Alternatif-1'e göre temiz su tesisatı zonlaması.....	112
Şekil 6.2	Alternatif-1'e göre zonlamanın şematik gösterimi	113
Şekil 6.3	Alternatif-2'e göre temiz su tesisatı zonlaması.....	118
Şekil 6.4	Alternatif-2'e göre zonlamanın şematik gösterimi	119
Şekil 6.5	Temiz kullanım suyu tesisat bölümleri.....	129
Şekil 6.6	Terminal hızın yüksekliğe karşı grafiği	136

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Çok katlı yapılar [21].....	11
Çizelge 2.2 Sıhhi tesisat mühendisliği çalışma alanları [27]	15
Çizelge 2.3 Yıllara göre sıhhi tesisat, TSE standartları ve sayfa adedi [27].....	15
Çizelge 2.4 DIN 1988'in yıllara göre sayfa adedi olarak gelişimi [27]	16
Çizelge 2.5 DIN normların ait olduğu konular [27].....	17
Çizelge 2.6 Konutlarda günlük temiz su ihtiyacı, l/gün [22]	20
Çizelge 2.7 Ticari ve endüstriyel binalarda günlük temiz su ihtiyacı, l/gün [22]	20
Çizelge 2.8 Hastaneler için su ihtiyacı [22]	22
Çizelge 2.9 Ünitelerin minimum su sağlama boru çapları [27]	23
Çizelge 2.10 Ünitelerin su ihtiyacı (l/s) [27].....	24
Çizelge 2.11 Ünite birimlerinde ünitelerin talep ağırlıkları [27].....	25
Çizelge 2.12 Çeviri tablosu (ASPE databook) [27]	26
Çizelge 2.13 WSFU boru bağlantı çapı, mm (inç).....	27
Çizelge 2.14 WSFU	28
Çizelge 2.15 WSFU'ya göre hesap sonucu	28
Çizelge 2.16 Debi, bağlantı ve kullanma değerleri [30]	30
Çizelge 2.17 Çeşitli Armatürler İçin Debi ve Yük Birimi Değerleri [30]	31
Çizelge 2.18 TS-EN 806-3'e göre cihazların LU değerleri [31]	32
Çizelge 2.19 Kullanma noktalarındaki asgari debileri ve yük birimleri [31]	33
Çizelge 2.20 Küçük binalar, çelik galvaniz borular için LU değeri-ön çap tablosu [31]	33
Çizelge 2.21 Boru çaplarının belirlenmesi için yük birimleri [31]	34
Çizelge 2.22 Örnek bir ıslak hacimde ekipmanların toplam LU değerleri	36
Çizelge 2.23 Yükleme birimine göre debisi (l/s) [31]	38
Çizelge 2.24 Hazen-Williams formüllerinde kullanılan c sabitinin değerleri [27].....	47
Çizelge 2.25 K faktörü - vidalı boru fittingsleri [27]	48
Çizelge 2.26 Çeşitli armatürler için akma basıncı değerleri [27]	49
Çizelge 2.27 Sıcaklık-lejyonella bakteri ilişkisi [20]	50
Çizelge 3.1 Tahliye biçimleri [38]	57
Çizelge 3.2 Tipik frekans faktörleri (K) [38]	58
Çizelge 3.3 Havalandırılmayan pis su sistemi hidrolik kapasite ve anma çapı [38]... ..	58
Çizelge 3.4 Havalandırılan pis su sistemi hidrolik kapasite ve anma çapı [38].....	59
Çizelge 3.5 TS EN 12056-2'ye göre pis su sarfiyat birimleri [38]	59
Çizelge 3.6 TS EN 12056-2'ye göre pis su boru çaplandırma tablosu [38]	60
Çizelge 3.7 Pis su boru çapına göre havalık boru çapı tayini [13]	66

Çizelge 3.8	Yük değerine göre havalık boru çapı tayini [13].....	66
Çizelge 3.9	Klozet sayısına göre havalık boru çapı tayini [13]	66
Çizelge 3.10	Yardımcı havalandırma kolonu çapları [13]	67
Çizelge 3.11	DIN 4109 normunca müsaade edilen ses geçirgenlikleri [19].....	77
Çizelge 4.1	Üretilen atıksu / hane halkının yaklaşık yüzdesi [38]	86
Çizelge 4.2	Gri suların tipik bileşenleri [7]	87
Çizelge 4.3	Farklı kaynaklardan alınan gri suyun içeriği [7]	88
Çizelge 4.4	Arıtılmamış gri su ve pis su içindeki bakteriler [27]	88
Çizelge 4.5	Tuvalet rezervuarı için gereken kalite gereksinimleri [27].....	97
Çizelge 4.6	Ham su giriş özellikleri [55]	98
Çizelge 4.7	Ürün suyu özellikleri [55]	98
Çizelge 6.1	Alternatif- 1 kullanım suyu zon-1 ve zon-2 hidrofor basınç kaybı	115
Çizelge 6.2	Alternatif- 1 kullanım suyu zon-3 hidrofor basınç kaybı	116
Çizelge 6.3	Alternatif- 1 kullanım suyu zon-4 ve zon-5 hidrofor basınç kaybı	117
Çizelge 6.4	Alternatif- 2 kullanım suyu zon-1 hidrofor basınç kaybı	121
Çizelge 6.5	Alternatif- 2 kullanım suyu zon-2 hidrofor basınç kaybı	122
Çizelge 6.6	Alternatif- 2 kullanım suyu zon-3 hidrofor basınç kaybı	123
Çizelge 6.7	Alternatif- 2 kullanım suyu zon-4 hidrofor basınç kaybı	124
Çizelge 6.8	Alternatif- 2 kullanım suyu zon-5 hidrofor basınç kaybı	125
Çizelge 6.9	Alternatif- 2 kullanım suyu zon-6 hidrofor basınç kaybı	126
Çizelge 6.10	Alternatif-1 için net bugünkü değer yöntemi hesabı	127
Çizelge 6.11	Alternatif-2 için net bugünkü değer yöntemi hesabı	128
Çizelge 6.12	TS 806-3 'e göre boru çapı belirleme	129
Çizelge 6.13	Boru basınç kaybına göre boru çapı belirleme.....	131
Çizelge 6.14	Pis su terminal hız çizelgesi	134
Çizelge 6.15	Gri su için lavabo tüketim debisi	137
Çizelge 6.16	Günlük klozet su tüketimi	139
Çizelge 6.17	Klozet rezervuarları suyu zon-1 ve zon-2 hidrofor basınç kaybı	141
Çizelge 6.18	Klozet rezervuarları kullanım suyu zon-3 hidrofor basınç kaybı	142
Çizelge 6.19	Klozet rezervuarları kullanım suyu zon-4-5 hidrofor basınç kaybı.....	143
Çizelge 7.1	Alternatif-1 pompa listesi.....	144
Çizelge 7.2	Alternatif-2 pompa listesi.....	145
Çizelge 7.3	Gri su tesisatı pompa listesi	148

YÜKSEK KATLI BİNALARDA TEMİZ KULLANIM SUYU VE ATIKSU SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Tuğba DEMİR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Galip TEMİR

Son yıllarda özellikle büyük şehirlerimizde nüfus artışına bağlı olarak yüksek yapılar yaygınlaşmaya başlamıştır. Yüksek katlı binalarda mekanik tesisat uygulamaları ve uygulamaların getirdiği zorluklarla beraber ilk yatırım maliyetleri gündeme gelmiştir.

Yüksek katlı binalar ülkemizde genellikle ofis , otel binalarında tercih edilmektedir. Normal binalardaki sıhhi tesisatta fazla önemli olmayan problemler, yüksek yapılarda büyük zorluklara neden olabilmektedir. Bu tez çalışmam da yüksek yapılarda temiz su ve atıksu tesisatı sistemleri incelenmiştir. Kullanım sıcak suyu bu çalışmada incelenmemiştir.

En önemli konu yüksek katlı binalarda basınç zonlamasının doğru bir şekilde oluşturulmasıdır. Hem mühendislik yönü hemde ilk yatırım maliyeti göz önüne alınarak doğru bir seçim yapılmalıdır. Günümüzde bir çok farklı şekillerde basınç zonlaması yapılmaktadır. Tezimde yüksek katlı bir ofis binasında basınç zonlaması iki alternatif olarak değerlendirilmiştir. Her iki alternatif kıyaslanarak net bugünkü değer yöntemi ile ekonomik analizi incelenmiştir.

Temiz su tesisatında göz ardı edilen ama en önemli konulardan biri de durgun su da oluşan lejyonella bakterisidir. Bu durumu engellemek için neler yapılabileceği kısaca anlatılmıştır.

Temiz su tesisatındanda sonra yüksek katlı binalarda en tereddüt edilen konu pis su tesisatıdır. Yüksek katlı binalarda pis su tesisatında çok yüksek hızların olduğu bu da

tesisatta ciddi sıkıntılara neden olduğu konusunda tereddütler vardır. Bu konu ile ilgili örnek bir ofis binası üzerinde inceleme yapılmıştır. Pis su tesisatların da hız kesiciye gerek duyulmadığı gösterilmiştir.

Yüksek katlı bir binada yangın tesisatında zonlamanın nasıl yapıldığı ile ilgili gelen standartlara dayanılarak bilgi verilmiştir.

Dünya nüfusunun hızla artması su kaynaklarının önemini her geçen gün daha da arttırmaktadır. Su, insanın temel ihtiyacını karşılaması yanında; sürdürülebilir tarım, enerji üretimi, endüstri, ulaşım ve turizm gibi konularda da gelişmenin kaynağıdır. Çağımızda birçok ülke su fakiri haline gelmiştir. Bu yüzden özellikle ofis gibi kalabalık olan binalarda gri su geri kazanım prosesinin önemi vurgulanmak istenmiştir. Örnek bir ofis binasında gri su geri kazanım sistemi kurularak günlük kazanılan su ve yatırımın ekonomikliliği net bugünkü değer ile incelenmiştir.

Burada maliyetten elde ettiğimiz kazançtan çok suyun geri kazanımının önemi vurgulanmak istenmiştir. Değerlendirme sonucunda, gri suyun yeniden kullanımının ekonomik analizde de gösterdiği gibi doğal kaynakların korunmasında en etkili yöntemlerden biri olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yüksek katlı binalarda tesisat, Basınç Zonlaması, Net Bugünkü Değer

**EXAMINATION OF DOMESTIC WATER AND WASTEWATER SYSTEMS IN
HIGH RISE BUILDINGS**

Tuğba DEMİR

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Galip TEMİR

In recent years, especially in large cities due to population growth, high-rise buildings have become widespread. In high-rise buildings, initial installation costs have emerged with the challenges of mechanical installation applications and applications.

High-rise buildings are generally preferred in office and hotel buildings in our country. In non-critical problems in sanitary installations in normal buildings, they can cause great difficulties in high buildings. In this study, examination of domestic water and wastewater systems in high buildings. In this study domestic hot water not been examination.

The most important issue is the correct formation of pressure zoning in high-rise buildings. A correct choice should be made considering both the engineering direction and the initial investment cost. Nowadays, many different forms of pressure zoning. In my thesis, pressure zoning in a high-rise office building was evaluated as two alternatives. The net present value method and the economic analysis were analyzed by comparing both alternatives.

One of the most important issues that are ignored in the domestic water installation is the legionella bacteria, which also occurs in stagnant water. What can be done to prevent this situation is explained briefly.

The most hesitated issue in high-rise buildings after the domestic water installation is the sewage installation. In high-rise buildings, there are very high speeds in the sewage

installation, and there are doubts about the serious problems in the installation. A sample office building was examined on this subject. It has been shown that there is no need for velocity breaker in sewage systems.

In a high-rise building, find out about how the zoning is done at the fire installation.

The rapid increase in the world population increases the importance of water resources every day. In addition to meeting the basic human needs of water; sustainable agriculture, energy production, industry, transportation and tourism. In our age, many countries have become water poor. Therefore, it was aimed to emphasize the importance of gray water recycling process in buildings such as office buildings. In a sample office building, the gray water recovery system was installed and the economic benefits of daily water and investment were examined with a net present value.

Here, we emphasized the importance of the recovery of water rather than the profit we obtain from the cost. As a result of the evaluation, the reuse of gray water was found to be one of the most effective methods for the protection of natural resources as demonstrated by economic analysis.

Keywords: Installation in high rise buildings, Pressure Zoning, Net Present Value

1.1 Literatür Özeti

Megri, A.C., (2011). "Teaching High-rise Plumbing Design for Engineers", American Society for Engineering Education, ASCE Annual Conference [1]

Sıhhi tesisat büyüyen bir alandır. Bundan on yıl önce, sıhhi tesisat projeleri, sıcak / soğuk su, drenaj / havalandırma sistemlerine odaklanılmıştır. Uluslararası Yapı Kanunu (2009), bölüm 403, yüksek binaları, en düşük itfaiye aracı erişim seviyesinin (itfaiye aparatının yerleştirileceği seviyenin üzerinde) 75 feetten (22 860 mm) üzerinde, dolu bir zemine sahip bir bina olarak tanımlamaktadır. Aynı tanım NFPA “Yangından Korunma Derneği” tarafından da verilmektedir. İlk yüksek binalar 1880'lerde Amerika Birleşik Devletleri'nde inşa edilmiştir. Yüksek binalar genellikle konut, çok amaçlı ticari binalar veya karma kullanımlı yapılardır. Bu makalede yüksek katlı binalardaki temiz su zonlama tipleri anlatılmıştır. Tekli zonlu dağıtım, çoklu zonlar, ara depo yerleşimli zonlamalar tariflenmiştir. Pis su sistemlerinde terminal hız formülü gösterilmiştir.

Dr. Cheng, C. L., He, K. C. ve Lin, C. L., (2010). "Empirical study on terminal water velocity of drainage stack", Sage Journals, 171-181 [2]

Dikey pis su akışı karmaşık bir olguya sahiptir ve katı, sıvı ve hava içeren üçlü faz akış özelliğinden oluşabilir. 1970'lerde Japonya'nın HASS 203'ün ilk çalışmasının ardından, sürekli akış koşulu yöntemi, tedarik referansı ve değerlendirme tekniği olarak birleştirilmiştir. Daha önceki araştırmalarda çift teorileri ve tahminleri bildirilmiştir. Bu makale ayrıca hava basıncı dağıtım araştırmasından elde edilen teorik çalışma ile ampirik yaklaşıma sahip bir tahmin yöntemi sunulmuştur. Bu makalede pis su akışının terminal

hızının tahminini doğrulamak için dijital yüksek hızlı kameralı yeni bir teknoloji kullanılmıştır. Hava basıncı dağıtım araştırmasından elde edilen teorik çalışma ile terminal hız için ampirik yaklaşımı olan bir formül sunulmuştur. Yapılan kameralı deney düzeneğinde ölçülen terminal hızlar ile ampirik formülden hesaplanan terminal hızlar bir birine yakın olarak hesaplanmıştır.

Dr. Cheng vd.,(2004). " Current Design of High-Rise Building Drainage System in Taiwan", Symposium CIB W62, 2004, France [3]

Araştırmanın temel amacı, yüksek katlı binalarda drenaj sorunlarının çözümünü, yığın akışkan mekanizmasının incelenmesidir. Gözlemler ve incelemeler yoluyla, bu makale mevcut drenaj sorunlarına yönelik çözümler incelenerek, yüksek binaların hava basıncı dağılımı teorisi uygulanabilirliği incelenmiştir. Geçmiş araştırma ve tasarım kodları, apartman dairelerinin tek borulu veya çift borulu drenaj havalandırma sistemlerine sahip olabileceğini göstermektedir. Bu makalede, on altı kat veya elli metre yüksekliğe sahip bina kodu tanımına göre yüksek binalar incelenmiştir. Farklı havalık hatları tasarımlarından bahsedilmiştir, birleştirilmiş tek havalık sistemi, ayrı havalık hattı, birleştirilmiş ayrı havalık hattı ve bireysel havalık hatları gösterilmiştir. Yüksek katlı binalar için birleştirilmiş ayrı havalık hatlarının kullanılmasının uygun olacağı belirtilmiştir.

George,R., (2017). " High Rise Plumbing Design", Indian Plumbing Today, 16 [4]

Yüksek binaların benzersiz basınç sorunları ve tipik olarak tasarlanmış bir sistem olan sistem tasarım sorunları ile çok karmaşık ve zorlu tesisat boru sistemleri olduğu belirtilmiştir. Su dağıtım sistemini yüksek katlı bir binada tasarlayanın birkaç yolu olduğu bahsedilmiştir. En verimli sistem tasarımı, binadaki her bir basınç bölgesi için yaklaşık 40-60 kat yüksekliğe kadar (zeminden zemine bağlı olarak) ayrı bir hidrofor pompası kullanılmasıdır. Bu tarz binalarda, su yükselticisi binada yükseldikçe alt katlarda basınç düşürücü vanalara konulması gerektiği belirtilmiştir. Bypass vanaları, izolasyon vanaları, taşma drenajlarını içerebilecek bu tip ultra yüksek katlı sistemler için doğru seçim yapılmasından bahsedilmiştir.

Lambe,J.S., ve Chougule R.S., "Greywater - Treatment and Reuse", IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, PP: 20-26 [5]

Gri suyun düzgün bir şekilde yönetildiğinde, bahçecilik ve tarım üreticilerinin kullanabileceği değerli bir kaynak olacağından bahsedilmiştir. Gri su geri dönüşümünün faydaları: Azaltılmış tatlı su kullanımı, daha etkili saflaştırma, yeraltı suyu şarjı, bitki gelişimi, besinlerin geri kazanımı , doğal çevrimler konusunda artan farkındalık ve hassasiyetten bahsedilmiştir. 50 öğrencinin bulunduğu bir okul için inceleme yapılmış ve günde 750 ile 1000 litre arasında tasarruf edildiği görülmüştür. Suyun geri kazanımın önemi vurgulanmıştır.

Fangyue, L., Wichmann, K. ve Otterpohl, R., (2009). "Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses", Science of the Total Environment, 407 3439–3449 [6]

Bu makalede içilemez kentsel gri su yeniden kullanım standardı önerilmiş ve gri su kullanımları için arıtma alternatifleri ve yeniden kullanım şeması gri su özelliklerine ve önerilen standarda göre değerlendirilmiştir. Gri su arıtma yöntemleri fiziksel arıtma, biyolojik arıtma yöntemleri anlatılmıştır. İçilebilir olmayan kentsel gri su arıtımı ve yeniden kullanım şemaları gösterilmiştir. Mutfak gri suyunun diğer akışlarla karıştırılmaması gerektiğinden bahsedilmiştir. Sadece fiziksel ayırma işleminin, organiklerin, besin maddelerinin ve yüzey aktif maddelerin yeterli bir şekilde azaltılmasını garanti etmek için yeterli olmadığı, bu nedenle gri su geri dönüşümü için önerilmediği belirtilmiştir. Kimyasal işlemler, askıda katı maddeleri, organik maddeleri ve yüzey aktif cisimlerini düşük mukavemetli gri su içerisinde etkili bir şekilde çıkarabildiği gösterilmiştir. Mebran Bioreaktör arıtma sisteminin, özellikle 500'den fazla kişiye hizmet veren toplu konutlarda, orta ve yüksek mukavemetli gri su geri dönüşümü için en uygun yöntem olduğu belirtilmiştir.

Alaziz,A.I., ve Al-Saqer N.F., (2014) "The Reuse of Greywater Recycling For High Rise Buildings in Kuwait Country", Journal of Engineering Research and Applications, PP.208-215 [7]

Kullanım gri suyun geri dönüşümü ve yüksek binalarda yeniden kullanımı tartışılmış ve detaylandırılmıştır. Kullanılabilir ev içi gri su kaynağının toplam iç talebin %35 ila %39'u

arasında olabileceği belirtilmiştir. Çoğu durumda, banyo lavabolarından, banyolardan ve duşlardan gelen açık gri su doğrudan bahçe sulamalarında tekrar kullanılabilirdiği bahsedilmiştir. Bir çökeltme tankı, bazen katı su ve katı yağları gri sudan uzaklaştırma aracı olarak önerilmiştir. Sudan daha yoğun olan maddeler, tankın dibine (yerçekimi ile) süspansiyondan düşmektedir. Bu şekilde basit bir arıtma yöntemi ile arıtma sağlanmakta ve Kuveyt gibi kurak ülkeler için bu basit arıtma yöntemi bahçe sulamasında kullanılmaktadır.

Rajkuma, B., S., ve Nielsen A., (2017). "Water Distribution In High Rise Buildings", Indian Plumbing Today [8]

Yüksek katlı binalar da temiz su beslemesindeki farklı yöntemleri avantajları ve dezavantajları incelenmiştir. Bu sistemler, tek pompa ile beslemeli sistemler, zonlara bölünmüş pompalı sistemler, seri bağlı ara depolu sistemlerdir. Her bir sistem incelenmiştir. Sonuç olarak, uygun büyüklükte, bölgeye bölünmüş ve ara depolu sistemler bu makalede ele alınan diğer sistemlere kıyasla yüksek katlı bir binanın çalışma ömrü için daha verimli olacağına karar verilmiştir. Bununla birlikte, belirli zonlara bölünmüş sistemin seçilmesinin yıllık enerji tüketimini yaklaşık %10 azaltacağı gösterilmiştir.

Wentink K.G.,ve Jackson R.D., (2003). " High-Rise Domestic Water Systems", System & Desing [9]

Chicago da bulunan Water Tower Place binasında temiz su beslemesinin nasıl yapıldığı ile ilgili örnek verilmiştir. Yüksek katlı bir binada gereken basınç düşürücü vana sayısını en aza indirmek için en uygun yöntemin, basınç zonun 5 barı geçmeyecek şekilde tasarlanması anlatılmıştır. 5 bar yaklaşık 10 katta bir zon yapılması anlamına gelmektedir. Tek borulu sistemin avantajları düşük kurulum maliyeti, düşük enerji tüketimi (düşük işletme maliyeti), sistem tasarımı kolaylığı ve geliştirilmiş sistem performansı olarak belirtilmiştir.

Gupta L.C., ve Thawari S., (2016). " Plumbing System in High Rise Building", International Journal for Innovative Research in Science & Technology [10]

Yüksek katlı tasarımların çoğu için, boru sistemleri çok standart boru ve bağlantı parçaları kullanıldığı belirtilmiştir. İlk yöntemlerden biri olan, binanın tepesindeki yüksek

depolama tanklarını, binanın dibindeki dolum pompalarıyla, klasik yerçekimi aşağı besleme düzeninde kullanılmasıdır. Bu yöntem, sabit hızda, sabit basınç kontrollerine sahip birden fazla pompa paketi kullanarak doğrudan pompalama sistemlerine geliştirmiştir. Bu yöntem yıllar boyunca güvenilir ve uygun maliyetli olduğu kanıtlanmıştır ve bu tür birçok tasarım bugün hala etkindir veya halen mevcut durumda kullanıldığı anlatılmıştır.

Üstün E.G., ve Tırpancı A., (2015). "Gri Suyun Arıtımı ve Yeniden Kullanımı", Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 20, Sayı 2 [11]

Bu makalede gri suyun günlük evsel tüketim oranları verilmiştir ve %40 lık oranla duş, banyo ve lavabo tüketimi en yüksek oranda çıkmıştır. Wc rezervuarları ise %25 lik oranla 2. sırada yer almaktadır. Gri su kaynağını oluşturan kirletici maddeler, gri suyun fiziksel ve kimyasal karakteristiğine yer verilmiştir. Gri su kullanım yöntemleri, gri suyun doğrudan kullanımı, gri suyun arıtılarak yeniden kullanımı detaylandırılmıştır. Bütün gri su artıma yöntemleri ile gri su geri kazanım sistemi ile yapılan çalışmanın sonuçları paylaşılmıştır. En sonunda maliyet analizi yapılarak yatırımın uygunluğu incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda Membran bioreaktör arıtma sisteminin kaliteli çıkış suyu verdiği ve biyolojik patojen gideriminin daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır.

Küçükçalı R., (2004). "Yüksek Bloklarda Tesisat", Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 81, S.3-13 [12]

Yüksek katlı binalarda ısıtma, soğutma ve sıhhi tesisata değilmiştir. Yüksek yapının tanımı ve zonlamanın önemi vurgulanmıştır. Yüksek yapılarda tasarım yaparken, yatırım ve işletme maliyetlerinin göz önünde bulundurularak araştırılması gerektiğinden bahsedilmiştir. Sıhhi tesisatta 50 metrede bir zonlama yapılmasından bahsedilmiştir. Bu da yaklaşık 35 metrelik bir zon yani 10 kat olarak düşünöldüğü anlatılmıştır.

Arısoy Ö., (2018). "Bina İçi Pis Su Borularının Havalandırılması", Tesisat Dergisi, Sayı 266, S.114-124 [13]

Pis su tesisatındaki havalandırmanın önemi vurgulanmıştır ve çaplandırılmanın nasıl yapılacağı standartlara dayanılarak anlatılmıştır. Pis su tesisatında havalandırmanın basınç dengelemesi için önemli bir parametre olduğu, aksi takdirde tesisatta tikanıkların oluşabileceğı anlatılmıştır.

Binyıldız E., (2000). " Pis Su Tesisatındaki Gürültü ve Önlenmesi", Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi [14]

Bu makalede Alman Standardı DIN4109 standardından yararlanılarak pis su tesisatındaki gürültünün nedenleri ve önlenmesi için neler yapılabileceği incelenmiştir. Sonuç olarak tesisat yalıtımında kullanılacak yalıtım malzemelerinden bahsedilmiş ve mineral elyafı malzemelerin kullanılmasının uygun olduğu belirtilmiştir.

Kantarcıoğlu Ö., (2000). "Sıhhi Tesisat Teknolojisi", Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi [15]

Sıhhi tesisat mühendisliği nedir ve neler yapmaktadır, bu bilgiler anlatılmıştır ve Amerika, Almanya sıhhi tesisat standartlardaki gelişmeler incelenmiştir. Yıllara göre TSE stadardındaki gelişmelere değinilmiştir. En önemli konunun sıhhi tesisatta ekipman seçiminin olduğu belirtilmiştir. Söz konusu öneriye ASPE nin 1500 sayfadan oluşan Data Book'u bu konunun önemini gösterdiği anlatılmıştır.

Önen İ., (2000). "Sıhhi Tesisat Projelendirmede Ön Tasarım ve Hesapları ", Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi [16]

Bu makalede iş merkezleri, otel ve hastaneler için günlük su tüketim değerlerinin ön hesap olarak bulunduğu gösterilmiştir ve bu hesaplar doğrultusunda depo hesabı gösterilmektedir. Tahmini pis su ve yağmur suyu akışları anlatılmıştır.

Dickerson D., (2000). "Yüksek Binalar için Sıhhi Tesisat Tasarımı ", Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi [17]

Makalede yüksek katlı binalardaki sıhhi tesisat genel hatlarıyla bahsedilmiştir. Temiz su dağıtım sistemleri ve ara depo yerleşimine kısaca değinilmiştir. Örnek bir bina üzerinde pis su yükleri ve pis su havalık hat çapları gösterilmiştir. 10 kattan fazla olan yüksek katlı binalarda havalık hattının nasıl yapıldığı şema üzerinde gösterilmiştir.

Tüzün C., vd. (2016). " TS-EN 806-3 Normuna Göre Bina İçi Temiz Su Boru Çaplarının Belirlenmesi", Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi [18]

Türkiye'de temiz su tesisatı için Nisan 2009 yılından itibaren geçerli olan TS-EN 806 standardı 5 bölümden oluşmaktadır. Bu makalede bu bölümlerden boruların çaplandırılmasında kullanılan TS-EN 806-3 standardı incelenmiştir. Avrupa ile uyumlu

olan bu normun incelenmesi sonucunda gelinek noktanın standardın yeteri kadar açık ve ne yazılmadıdır. Örnek bir hesap üzerinden nasıl debi ve çap hesabı yapıldığı anlatılmıştır.

Schoemaker A., ve Bıdı A., (1999). "Bina İçi Tesisatlarda Gürültü Oluşumu Ve Ses İzolasyonu, Özellikle Pis Su Tesisat Sistemi", IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi [19]

Gelişen teknoloji ile insanların konfor arttırıcı unurlara dikkat edildiği ve son zamanlarda pis su tesisatında sesin minimum seviyeye inmesi için gerekli çalışmalar yapıldığından bahsedilmektedir. Bu makalede ses, ses basıncı, sesin yayılması ve nasıl izolasyon yapılması gerektiği DIN4109 a anlatılmıştır. Özellikle iş merkezi, hastane ve otel gibi binalarda mineral takviyeli boruların kullanılmasının önemi vurgulanmaya çalışılmıştır.

Küçükçalı R., (2001). "Lejyoner Hastalığına Karşı Mekanik Tesisatta Alınması Gereken Önlemler", V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi [20]

Makalede lejyoner hastalığı tanımlanmakta ve mekanik tesisat ile ilişkisi verilmiştir. Tesisatlarda Lejyonella potansiyeli olan yerler ve dizayn sıcaklıklarına göre risk oluşumları değerlendirilmiştir. Dezenfeksiyon işleminin nasıl yapılacağı kısaca anlatılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Yüksek katlı binalarda temiz su tesisatlarının zonlanmasında alışa gelmiş standart zonlamasının aksine gelişen pompa teknolojisi, yüksek basınç sınıfı dayanımlı borular ve basınç düşürücülerin kullanımıyla, daha az tesisat katı ve ara su deposu yerleşiminin yapılmasıdır. Bu uygulama ile basınç zon aralıkları arttırılarak gereksiz ara tesisat katı oluşturulmasının önüne geçilmiş olacaktır. Yüksek katlı binalarda pis su tesisatının projelendirilmesi ve pis su hızlarının incelenerek hız kesici kullanılmasının gerekli olup, olmadığı araştırılacaktır. En önemli konulardan biri olan gri suyun geri kazanımı ile tüketilen su miktarının geri kazanılarak hem ülke ekonomisine hemde doğaya katkısı gösterilmesi amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Yüksek katlı binalarda pis su kolon hatlarında kullanılan hız kesiciler hızı düşürmek yerine aksine hidronik sıçramalara neden olmaktadır. Pis su tesisatında ki hız 3 katlı bir bina içinde aynı 100 katlı bir bina içinde aynı olmaktadır. Pis su hızın kolonun en altında hızlanarak fittingslere zarar verdiği algısı yanlıştır. Aksine hız belirli bir noktadan sonra sabitlenerek devam etmektedir. Yüksek katlı binalarda temiz su tesisatlarının zonlamasında geçmişte günümüze gelen kabul edilmiş olan standart bir zon aralığının olmadığı, basınç sınıfına uygun boru, armatür ve uygun basınç düşürücü ile basınç zonları arttırılabileceği görülmektedir. Gri su tesisatlarının ilk yatırım maliyetleri kullanıcı açısından çok pahalı görünse de kendisini çok kısa sürede amorti edebilmektedir.



TEMİZ SU TESİSATI

2.1 Yüksek Yapı

Yüksek yapı; binanın kot aldığı noktadan itibaren 10 kat veya daha çok katlı binadır. Dışardan bakıldığında yükseklik, anlaşılabilir. Avrupa’da on beş katlı bina, ‘yüksek’ olarak tanımlanabilir. Ancak, bir kasabaya göre beş katlı bir bina, yüksek olarak tanımlanabilir [21].

Günümüzde gökdelen olarak ifade edilen çok katlı yüksek yapılarda, belirgin bir şekilde yüksek olan, bina içerisinde kullanım alanı artışı sağlayan, kütlesinin üçüncü boyutu ve tüm yapı yüzeylerinin algılanma özelliği nedeniyle kentsel ve çevresel etkileme niteliği olan yapılardır. Zaman içinde bu yapılar güç ve statü sembolü oluşturmuşlardır [21].

Bunun yanında yüksek binalar için yapılmış olan birçok tanım bulunmaktadır. Bu tanımları şu şekilde sıralayabiliriz:

- “Yirmi, otuz ya da daha çok katlı yapı”
- “Yapı kurallarına göre; asansör konulma zorunluluğundan dolayı 5 ya da daha fazla katlı binalar”
- “Büyük şehirlerde yangın yönetmeliğine göre; yangına karşı özel önlemler alma zorunluluğundan dolayı 10 ya da daha çok katlı binalar”
- “ABD’de yapı kurallarına göre; çevredeki yapı üst sınırını genellikle 12 kat aşan binalar”
- “Belirli bir şehir parçasındaki yapıların yüksekliğini aşan binalar”

- “Genel olarak 10 kat mertebesinde başlayan yüksek yapılar, bugün 100 katın üstüne çıkabilmektedir.”
- Yapı mühendisliği açısından tanımlamada ise, “Alman standartları, en yüksek noktası 22 m.yi aşan yapıları, ‘Yüksek yapı’ olarak tanımlar. Amerika’da ise bu sınır, 12 kat olarak kabul edilmiştir.”
- “Türkiye’de imar yönetmeliklerinde 10 kat veya daha çok katlı bina, yüksek bina kabul edilir.”
- “Yüksek bina, 25 kat sınırını aşan, çoğunlukla iş merkezi kullanım amaçlı üretilen, dikey gelişimi nedeni ile ileri teknoloji uygulamaları gerektiren, görsel etkisi ile prestij imajı yaratan bir binadır.”
- "Taban alanı küçük, yüksekliği taban boyutlarına göre daha fazla, genellikle kule biçiminde, narin binalardır.”
- “Yüksek bir yapı yüksekliği ile çevresindeki binalardan farklı bir tasarım, konstrüksiyon ve kullanım koşulları oluşturan binadır.”
- ASHARE TL 9.12 (Technical Committae for Tall Buildings) 91 metre (300 feet) ve daha fazla yükseklikteki binaları yüksek yapılar olarak kabul etmektedir.

Yapı mühendisliği açısından bir başka tanımlamada ise, “Yüksek yapılar, yapı mühendisliği açısından bakıldığında, en üst kat döşemesinin, yapının oturduğu zemin yüzeyinden yüksekliği 22 m. ve daha fazla olan yapılardır. Bu üst sınırı aşan yapılarda, yatay yüklerin (deprem, rüzgar) taşınması düşey yüklere oranla daha fazla önem kazanmaktadır.” [22].

İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliğinde ise, yüksek yapılar şöyle tanımlanmaktadır: “ 2.01 - Yüksek yapılar: Yüksek yapı, genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, kent dokusu ve her türlü kentsel alt yapı yönünden etkileyen bir yapı (bina) türüdür. Son kat tavan döşeme kotu 30.80 m.yi ve/veya bodrum kat dahil olmak üzere toplam kat adedi 13’ü aşan (13. kat hariç) yapılar yüksek yapı olarak kabul edilir.” [23].

Amerikan literatürüne göre, 75 feet (25 m) ve üzerindeki yapılar yüksek bina statüsüne girmektedir. 50 metre yüksekliğin, yani 15 katın üzerine çıkıldığında, mekanik tesisatta ciddi sorunların oluşmaması için tesisat mühendisinin yüksek yapı koşullarını iyi etüd etmesi gerekir [22].

2.1.1 Yüksek Yapıların Özellikleri

Yüksek yapı tiplerinin belirlenmesinde, bir kriter olarak 22 metrelik sınır kabul ederek, (22 metrelik sınırı, düşey yüklere oranla yatay yüklerin (deprem, rüzgar) daha fazla önem kazandığı sınırdır.) yüksek yapıları; yapım, üretim yöntemleri ve teknolojik problemler açısından; kule yapıları, yüksek yapılar ve çok katlı yüksek yapılar olmak üzere üçe ayırabiliriz [21].

Çizelge 2.1 Çok katlı yapılar [21]

ÇOK KATLI YAPILAR		
KULE YAPILARI	YÜKSEK YAPILAR	ÇOK KATLI YÜKSEK YAPILAR

Kule Yapılar; günümüzde batı literatürü, kule kelimesine, İngilizce’de karşılık olarak gelen “tower” sözcüğünü genellikle, çok yüksek yapılar için kullanılmaktadır (Bank of China Tower, Sears Tower vs.). Fakat bu yapılar yükseklik ve formlarından dolayı bu şekilde isimlendirilmektedirler [21].



Bina Adı	Bank of China
Yapım Yılı	1990
Durumu	Mevcut
Kat Adeti	72
Yüksekliği	288 m

Şekil 2.1 Bank of China Tower Binası [24]

Bu noktada, günümüzde yapılan telekominikasyon kuleleri, aydınlatma kuleleri, yüksek voltaj kuleleri, hava alanı kuleleri, rüzgar kuleleri gibi daha pek çok çağdaş kule örnekleri de sayılabilir. Beyazıt Su Kulesi İstanbul, İspanya-Barcelona Telecommunication Tower-Norman Foster vs.). Bu çağdaş örnekler genel olarak; ince narin bir yapı, ortada bulunan bir çekirdek ve bu çekirdeğe asılı bulunan yatay katlar şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

Yüksek Yapılar; 25 kata kadar yükselen binalardır. Bu kısımda yer alan binaları iki kısımda incelemek mümkündür [21].

10-12 kata kadar yüksek binalar; yaygın alışlagelmiş teknoloji ile inşa edilebilen, işletmede önemli güçlükler çıkartmayan binalardır. Kullanım amaçlarına göre, bazı özel tip binalarda, özel güçlükler söz konusudur.

20-25 kata kadar yüksek binalar; taşıyıcı ve tesisat bakımından daha karmaşık problemler taşıyan bu yapılardır.



Bina Adı	BMW Tower
Yapım Yılı	1972
Durumu	Mevcut
Kat Adeti	22
Yüksekliği	101 m

Şekil 2.2 BMW AG, Münih/Almanya [24]

Çok Katlı Yüksek Yapılar (Gökdelenler): 25 katın üzerindeki tüm yüksek yapılar bu gruba girer. 25-60 kata kadar yükselen binalar; taşıyıcı sisteminde ilk zamanlar, çelik kullanılmasına rağmen, günümüzde betonarme olarak da yapılmaktadır. Tesisat bakımından düşey kısımlara ayrılması ve arada yardımcı merkezler kurulması gerekmektedir [21].

60 kattan yüksek binalar; taşıyıcı sistem, tesisat, dış cephe malzemesi ve yangın önlemleri için üstün teknoloji gerektirir [21].



Bina Adı	Burj Khalifa
Yapım Yılı	2010
Durumu	Mevcut
Kat Adeti	163
Yüksekliği	828 m

Şekil 2.3 Burj Dubai [24]

2.1.2 Yüksek Yapılarda Mekanik Tesisat

Yüksek yapılarda bütün disiplinlerin, ısıtma, soğutma, havalandırma tesisatı, iç hava kalitesi, yangın tesisatı, deprem önlemleri, bina zonlama gerekliliklerini dikkate almak zorundadır. Şaft boşlukları, kazan daire odaları gibi hacimleri minimumda tutacak şekilde düzenleme yapılmaya çalışılmalıdır [25].

Yüksek yapılarda sistem seçimi yapılırken, mühendisliğin dışında dikkat edilecek nokta yatırımın ve işletme maliyetlerinin en optimum seviyede tutulmasıdır. Yapılacak en ufak hatalı bir hareket büyük malzeme israfına neden olabilir.

Yüksek yapıların özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Yüksek yapılarda infiltrasyon sızıntı kayıplarından ve yangından dolayı pencerelerin açılması istenmemektedir.
- Bina yalıtımında ısı ekonomisi ve kondensasyonu engellemek için çok iyi önlem alınmalıdır.
- Yüksek bloklar çevrelerindeki binalardan yüksekte kaldıkları için gölgeleme etkisi olmadığından güneşten gelen ısı kazancı yüksek olmaktadır.
- Yüksek bloklarda rüzgar en önemli bir konudur. Bu yüksek rüzgar hızına bağlı olarak, bina cephesi açıklıklarından çok fazla hava sızmaktadır.

- Yüksek bloklarda çok farklı zonlardan olduğundan dolayı, ısıtma ve soğutma sistemlerinde ısı geri kazanımını yapılması açısından uygundur.
- Basınç zonlamasının amaçları:
 - Sistemin statik basıncını azaltmak,
 - Alt/üst basınç farkını azaltmak,
 - Akışkan debisini kontrol edebilmektir.

Her basınç zonu eşanjörü, hidroforu, pompası vs. gibi bağımsız işletme ve kumanda elemanlarına sahip olmalıdır [12].

2.2 Yüksek Yapılarda Sıhhi Tesisat

2.2.1 Sıhhi Tesisat Tanımı

Sıhhi tesisat, temiz suyun sağlıklı bir şekilde kullanım yerlerine kadar iletilmesini, pis suların toplanarak bina dışına atılmasını sağlayan boru sistemine denir [26].

Aşağıdaki şema, Alman Mühendisler Birliği'nin (VDI) bir kolu olan Bina Hizmetleri Derneği'nin (TGA) yaptığı bir çalışmadan alınmıştır. Hangi alanların Sıhhi Tesisat Mühendisliği teriminin ve hangi konuların Sıhhi Tesisat hizmetlerinin, içine girdiğini gösteren faydalı bir şemadır. Bu şema çok sayıdaki olanaklı kombinasyonların belirlenmesini ve bu alanın ne kadar geniş olduğunun kavranmasını kolaylaştırıyor [27].

Sıhhi tesisat deyince “ Temiz su dağıtım sistemi, sıhhi tesisat üniteleri (lavabo, klozet, bide vb. ve armatürleri) ile sifonları, pissu, atıksu ve havalık kolonları, bina drenaj ve yağmur suyu sistemleri ile ilgili müştemilatı, bina içi ve bina dışı bağlantıları içeren sistemler” olarak tanımlanmaktadır [27].

Çizelge 2.2 Sıhhi tesisat mühendisliği çalışma alanları [27]



2.2.2 Sıhhi Tesisat Standartları

Sıhhi tesisat standartlarının gelişim tarihçesinin kısmen gözden geçirilmesi, sıhhi tesisat tasarımındaki gelişmelerin izlenebilmesi için gereklidir. Ülkemizde sıhhi tesisat cihaz ve armatürlerinin standartları genel olarak mevcut olmakla birlikte, tasarım ve uygulamaya yönelik standartlar, yıllara göre gelişimi ve sayfa adedi Çizelge 2.3’de görülmektedir. Tüm bunlardan anlaşılabacağı gibi, Türkiye’de Sıhhi Tesisatla ilgili standartların geçmişi ancak 1980’li yıllara dayanmaktadır. Eğer, Batı’ya bakacak olursak; [27]

Almanya: Çizelge 2.4 ve Çizelge 2.5’e bakarsak Almanya’daki sıhhi tesisat teknolojisinin gelişimini çok çarpıcı bir şekilde görmekteyiz.

Çizelge 2.3 Yıllara göre sıhhi tesisat, TSE standartları ve sayfa adedi [27]

SIHHİ TESİSAT TSE STANDARTLARI			
TS.1258	Temiz Su Tesisatı Hesap Kuralları	Ocak-1984	32 Sayfa
TS.828	Binalarda Temiz Su Tesis Kuralları	Mart-1984	25 Sayfa
TS.827	Binalarda Pis Su Tesisatı Yapım Kuralları	Aralık-1988	117 Sayfa
TS.826	Binalarda Pis Su Tesisatı Hesaplama Kuralları	Aralık-1988	55 Sayfa

Çizelge 2.3 Yıllara göre sıhhi tesisat, TSE standartları ve sayfa adedi [27] (Devamı)

SIHHİ TESİSAT TSE STANDARTLARI			
TS.806	Binalarda Temiz Su Tesis Kuralları	Nisan -2009	34 Sayfa
TS.12056	Binalarda Pis Su Tesisatı Hesaplama Kuralları	Nisan -2005	16 Sayfa

Çizelge 2.4 DIN 1988'in yıllara göre sayfa adedi olarak gelişimi [27]

DIN 1988'in GELİŞİMİ		
1930	Sıhhi Tesisat İçin Teknik Kurullar; DWGN'nin Teknik Kurallar	5 1/2 Sayfa
1940	Sıhhi Tesisat İçin Teknik Kurullar; DWGN'nin Teknik Kurallar	8 Sayfa
1955	Sıhhi Tesisat İçin Teknik Kurullar; DWGN'nin Teknik Kurallar	14 Sayfa
1962	Sıhhi Tesisat İçin Teknik Kurullar; DWGN'nin Teknik Kurallar	14 Sayfa
1988	Sıhhi Tesisat İçin Teknik Kurullar; DWGN'nin Teknik Kurallar	113 Sayfa

Çizelge 2.5 DIN normların ait olduğu konular [27]

SIHHİ TESİSAT DIN NORMLARI	
DIN 1988/1	Sıhhi Tesisat Montaj Uygulama Kodları (TRWI) Genel DVGW Uygulama Kodları
DIN 1988/2	Sıhhi Tesisat Montaj Uygulama Kodları (TRWI) Planlama, İşletme Ana Parçalar, Aparatlar, Materyaller DVGW Uygulama Kodları
DIN 1988/3	Sıhhi Tesisat Montaj Uygulama Kodları (TRWI) Çapların Tespiti DVGW Uygulama Kodları

Çizelge 2.5 DIN normların ait olduğu konular [27] (Devamı)

SIHHİ TESİSAT DIN NORMLARI	
DIN 1988/4	Sişhi Tesisat Montaj Uygulama Kodları (TRWI) İçme Suyunun Kirlenmesinin Önlenmesi, İçme Suyu Kalitesinin Kontrolü DVGW Uygulama Kodları
DIN 1988/5	Sişhi Tesisat Montaj Uygulama Kodları (TRWI) Ara Pompa, Hidrofor ve Basınç Düşürme DVGW Uygulama Kodları
DIN 1988/6	Sişhi Montaj Uygulama Tesisat Kodları (TRWI) Yangın Koruma ve Söndürme Uygulaması DVGW Uygulama Kodları
DIN 1988/7	Sişhi Tesisat Montaj Uygulama Kodları (TRWI) Korozyon Tahribatın Önlenmesi ve Kalker Oluşması DVGW Uygulama Kodları
DIN 1988/8	Sişhi Tesisat Montaj Uygulama Kodları (TRWI) Fabrikaların İşletmesi DVGW Uygulama Kodları

2.2.3 Yüksek Yapılarda Sişhi Tesisat Genel Kuralları

Borulama sistemleri Sişhi Tesisat'ında ana öğesi ve dolayısı ile "Hidrolik Gereklilikler" yüksek yapılarda öncelik ve özellik arz ediyor [28].

- Musluktan akma basıncı : 8 - 10 mSS olmaktadır. Klozet arkası rezervuar için akma basıncı 8 mSS idealdir. Özel armatür için (masaj, duş vb) akma basıncı 15-20 mSS değerine ulaşabilir,
- Tesisattaki kritik ekipmanların yedekli olması gerekir bu ekipmanlar (Yangın sistemi, hidrofor sistemi gibi ekipmanlardır)
- Sıcak ve soğuk kullanma suyu dağıtım basınçları iyi ayarlanmalıdır, aksi takdirde sıcak ve soğuk sular birbirine karışarak konforsuzluğa neden olmaktadır.

- Temiz kullanım suyu borulardaki hızlar 2 m/s 'nin altında tasarlanmalıdır. Aksi takdirde borulardaki hızlar 3 m/s değerini aşarsa aşırı sesler oluşacaktır [22].

Kısacası borulama sistemleri "Statik Yükseklik + Pompa Basıncının" getirdiği basınçlara uygun olmak durumunda; genellikle sıhhi tesisat borulama ve diğer elemanları PN 16 (16 Bar) basınca dayanıklı kapasitelerde seçilip kullanılmaktadır. Belirtilen çalışma basıncı üzerinde seçilen malzemeler ve bu malzemelerin montaj fiyatları çok yüksek olmaktadır. Tasarım yapılırken en önemli kriterlerden birinin ekonomiklik olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle belirtilen malzeme basınçlarının aşıldığı "YÜKSEK YAPILAR" da "ZONLAR" bir zorunluluk haline gelmektedir [28].

Boru elemanları basınç kategorileri kısıtlaması dışında yüksek basınçla çalışma, alt katlarda yüksek akma basıncı problemi getirmektedir. Bu da, yükselti sonlarına ilaveten belli noktalarda Basınç Regülatörleri veya Basınç Düşürücülerinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır [28].

- Basıncın fazla olması borulardaki hızın artmasına neden olur. Sonuçta ses, işletme problemleri, bakım ve tamir giderleri artar. Aşırı basınç ve hızın doğurduğu sorunlar:
 - Ses,
 - Aşırı su sarfiyatı,
 - Vana yataklarında arıza,
 - Aşırı basınçlı suyun çarpma etkisi ile kullanımda yarattığı rahatsızlık,
 - Sistem ve ekipmanlarda ömür azalması,
 - Boruların aşırı aşınması,
 - Su darbesi riski, bunun yarattığı tahribat,
 - Yüksek basınca dayanıklı ekipmanın yüksek maliyeti.
- Proje hesaplarında kullanılacak akma basıncı değerlerinin armatür imalatçısından alınması gereklidir [22].

2.3 Temiz Su Hesabı

2.3.1 Tahmini Temiz Su İhtiyacının Belirlenmesi

Kişi başına günlük su tüketimi binaların kullanım amacına göre değişmektedir. Konutlar, ofisler, okullar, oteller, hastahaneler arasında kişi başına düşen günlük su tüketim değerleri arasında farklılıklar vardır [29].

Bazı kuruluşlar, kendilerinin işlettikleri benzer nitelikteki yapılara ait su tüketim kayıtlarına dayanarak daha güvenilir değerler verebilmektedirler. Bunun tipik örneği uluslararası otel zincirleridir. Burada dikkat edilecek en önemli nokta, yıl boyunca ortalama bir günde kişi başına su tüketimi ile kişi başına günlük maksimum su tüketimi arasında, yapı tipine de bağlı olarak önemli farklılıkların olabilmesidir. Yine tipik örnek olarak otellerde, mevsimlere ve doluluk oranlarına bağlı olarak büyük ölçüde değişen günlük su tüketim miktarları gösterilebilir [29].

İlk yaklaşım değerleri olarak aşağıdaki maksimum kişi başına günlük su tüketim değerlerini verebiliriz [29]:

- Bürolar : 50 litre
- Orta ve yüksek nitelikli konutlar : 200 litre
- Beş yıldızlı oteller, yatak başına : 500 litre (Otel personelinin tüketimi bu sayının içinde, çamaşırhanenin tüketimi ise dışındadır.) Kesin bir kural olmamakla birlikte, genel olarak iki günlük maksimum su tüketimini karşılayacak kadar su depolanır [29].

Burada verilen değerler ve hesaplamalar çok sayıda uygulamanın gözlemlenmesinden ve bitmiş projelerdeki sayaç ölçümlerinden elde edilmiştir [15].

Çizelge 2.6 Konutlarda günlük temiz su ihtiyacı, l/gün [22]

Kullanım alanı	Tüketim	Birim
Kırsal alanda konut	40-60	L/gün/kişi
İşçi konutları	40-100	L/gün/kişi
Kaplıca	150-250	L/gün/kişi
100.000'e kadar nüfuslu kentlerde konutta	100-250	L/gün/kişi
100.000 üzerinde nüfuslu kentlerde konutta	150-300	L/gün/kişi
Banyolu ve tuvaletli konut	100-220	L/gün/kişi
Banyosuz ve tuvaletli konut	50-100	L/gün/kişi
Banyosuz ve tuvaletsiz konut	25-40	L/gün/kişi
1 Duşlu banyo	40-100	L/gün/kişi
1 Oturmalı banyo	35-50	L/gün/kişi
1 Küvetli banyo	150-400	L/gün/kişi
1 Bide Kullanımı	15-20	L/gün/kişi
1 Küçük çocuk banyosu	30-40	L/gün/kişi
1 Klozet temizliği	6-12	L/gün/kişi
1 Lavabo kullanımı	15-30	L/gün/kişi
İçme, yemek pişirme temizlik	20-30	L/gün/kişi
Bulaşık makinesi	20	L/gün/kişi
Çamaşır makinesi	20-40	L/gün/kişi
Ticari bahçelerin sulanması m ² başına	0,3-3	L/gün/kişi
Sebze bahçesi, hektar başına	3000-4000	L/gün/hektar
Meyve bahçesi, hektar başına	4000-6000	L/gün/hektar

Çizelge 2.7 Ticari ve endüstriyel binalarda günlük temiz su ihtiyacı, l/gün [22]

Kullanım alanı	Tüketim	Birim
Misafirhane, pansiyon	100	L/gün/kişi
Oteller	200-600	L/gün/yatak
Lüks oteller	1100	L/gün/oda
Okullar	5	L/gün/öğrenci
Çocuk yuvaları	100-120	L/gün/çocuk
Hastaneler	250-650	L/gün/hasta
Bürolar, iş yerleri	40-60	L/gün/kişi
Alışveriş merkezleri	3-5	L/gün/m ²
Kafeteryalar	15-25	L/gün/müşteri
Lokantalar	20-100	L/gün/müşteri
Spor salonları	20-30	L/gün/kişi
Yüzme havuzları	50-150	L/gün/kişi

Ofisler için örnek hesap: Personel sayısı önceden bilinmiyorsa, ortalama olarak kişi başına 9 m²'lik bir kullanım alanı için hesap yapılabilir.

Kişi başına günlük su tüketimi: 75,6 litre

Günlük su tüketimi süresi: 11 saat

Pik su kullanımı: 2,5 x ortalama saatlik tüketim hızı

Eğer restoran veya diğer yemek tüketimi yapılan yerler söz konusu ise, kişi başına tüketim 75,6 litre yerine 94,6 litre alınmalıdır.

Brüt alanı 50.000m² olan bir yapı ele alalım.

Günlük su tüketimi: 50000 / 9 = 5555 kişi

5555 x 75,6 L/gün kişi = 417.000 L/gün

Ortalama akış miktarı: 417.000 / (11 x 60 x 60) = 10,5 L/s

Toplam su tüketimi: 10,5 L/s

Pik akış miktarı: 10,5 x 2,5 = 26,25 L/s

Binadaki sıhhi tesisat yük birimlerinin toplam sayısı bilindiğinde; daha sağlıklı bir sonuca ulaşmak için yük birimi yöntemi kullanılabilir.

Apartmanlar için örnek hesap: İnsan sayısı bilinmiyorsa yatak odası başına 1,75 kişi alınır.

Kişi başına günlük tüketim: 380 L/gün kişi

Günlük kullanım saati: 15 saat

Pik su kullanımı : 3 x ortalama saatlik tüketim hızı

İnsan sayısı: 1000 kişi

Günlük su tüketimi: 1000 x 380 = 380.000 L/gün

Ortalama akış miktarı: 380.000 / (15 x 60 x 60) = 7 L/s

Pik akış miktarı: 3 x 7 L/s = 21 L/s

Oteller için örnek hesap: İnsan sayısı bilinmiyorsa yatak odası başına 1,75 kişi alınır.

Günlük tüketim: 500 L/gün kişi

Günlük kullanım saati: 11 saat

Pik akış miktarı: 3 x ortalama akış miktarı

İnsan sayısı : 1000 kişi

Günlük su tüketimi: $1000 \times 500 = 500.000$ L/gün.

Ortalama akış miktarı: $500.000 / (11 \times 60 \times 60) = 12,7$ l/s

Pik akış miktarı : $12,7 \times 3 = 38,1$ l/s

Hastaneler için örnek hesap: Aşağıda değişik su kullanım değerleri gösterilmektedir.

- Yatak başına yıllık: 380 m³/yıl yatak
- Yatak başına aylık: 31,5 m³/ay yatak
- Yatak başına günlük: 0,9 - 1,14 m³/gün yatak
- Saatlik pik akış miktarı: 114 l/h yatak
- Min. Saatlik akış miktarı: 11,4 l/h yatak
- Ani pik akış miktarı l/h: Saatlik pik akış miktarı x 2 = 228 l/h yatak
- Ortalama pik akış miktarı: Ani pik akış miktarı / 2 = 114 l/h yatak.

Çizelge 2.8 Hastaneler için su ihtiyacı¹ [22]

Yatak Başına Yıllık Tüketim	378.000 Litre
Yatak Başına Aylık Tüketim	38.000 Litre
Yatak Başına Günlük Tüketim	900-1.100 Litre
Pik Debi	113,4 Litre/saat 110 Litre/yatak/saat
Minimum Debi	11 Litre/yatak/saat

¹ Tablodaki veriler mutfak, çamaşırhane ve hidroterapi merkezi olan bir hastane için verilmiştir. Klima sistemi için su ihtiyacı kataloglardan seçilir.

2.3.2 Su Debisi Hesabı ve Boru Boyutlandırılması

2.3.2.1 ABD ASPE ve ASSE Standartlarına Göre Su Debisinin Hesabı

Su tedariki kanunsuz bağlantılardan, geri akış ve sifonlamadan gelen kirliliklere maruz kalmamalıdır. Bir sistemdeki her sıhhi tesisat ünitesine uygun basınçta yeterli su akışının olması gereklidir.

Çizelge 2.9'da gösterilen boru boyutları minimum boyutlardır. Belirli bir ünite, dizaynının iyi çalışan bir sistemle sonuçlanması sağlanıyorsa, bir boy büyük boru kullanılabilir. Yalnız boru büyüdükçe tesisat maliyetinin arttığının göz önüne alınması gerekir. Her ünite tipinin su çıkışında belirli bir talebi vardır [27].

Çizelge 2.9 Ünitelerin minimum su sağlama boru çapları [27]

Ünite veya Alet	Mevcut Boru Çapı, mm(inç)	
	Soğuk	Sıcak
Lavabo	10 (3/8")	10 (3/8")
Küvet	15 (1/2")	15 (1/2")
Duş (tek başlık)	15 (1/2")	15 (1/2")
Mutfak evyesi (evsel)	15 (1/2")	15 (1/2")
Mutfak evyesi (ticari)	20 (3/4")	20 (3/4")
Evye ve tabla birleşimi	15 (1/2")	15 (1/2")
Çamaşır tablası	15 (1/2")	15 (1/2")
Lavabo (servis)	15 (1/2")	15 (1/2")
Lavabo (fışkırtmalı kenarlı)	20 (3/4")	20 (3/4")
Klozet, tank tipi	10 (3/8")	-
Pisuar, flaş tank	15 (1/2")	-
Pisuar, direk flaş vanalı	20 (3/4")	-
İçme suyu çeşmesi	10 (3/8")	-
Bulaşık makinesi, evsel	-	15 (1/2")
Hortum başlığı	15 (1/2")	-
Duvar yangın musluğu	15 (1/2")	-

Çizelge 2.10 Ünitelerin su ihtiyacı (l/s) [27]

Çıkış	İhtiyaç, Litre/saniye
Lavabo musluğu	0,189 [3,0]
Lavabo musluğu, fotoselli	0,158 [2,5]
Evye musluğu, 9,525 mm veya 12,7 mm	0,284 [4,5]
Evye musluğu, 19,05 mm	0,378 [6,0]
Küvet musluğu, 12,7 mm	0,316 [5,0]
Duş başlığı, 12,7 mm.	0,316 [5,0]
Çamaşır teknesi musluğu, 6,35 mm	0,316 [5,0]
Klozet, top-musluk flaş tanklı	0,189 [3,0]
WC flaş vanası, 25,4 mm, 172 atm akış basıncı	2,208 [35,0]
WC flaş vanası, 25,4 mm, 103 atm akış basıncı	1,703 [27,0]
WC flaş vanası, 19,05 mm, 103 atm akış basıncı	0,946 [15,0]
İçme suyu çeşmesi	0,047 [0,75]
Bulaşık makinesi, evsel	0,252 [4,0]
Çamaşır makinesi, 3,6 kg veya 2,26 kg	0,252 [4,0]
Hortum başlığı veya eşik musluğu	0,316 [5,0]

Her bir ünite için belirtilmiş ağırlığa ünitenin "yük değeri" denir ve "Su tedarik üniteleri birimi" nin ingilizce'deki kısaltması olan WSFU (Water Supply Fixture Units) olarak kullanılır. Aşağıdaki tabloda çeşitli üniteler için WSFU değerleri listelenmiştir.

Çizelge 2.11 Ünite birimlerinde ünitelerin talep ağırlıkları [27]

Ünite Grubu ^b	Kullanım	Sağlama ve Kontrol Tipi	Ünite Birimi ^c		
			Sıcak	Soğuk	Toplam
Klozet	Umumi	Flaş Valf	-	10	10
Klozet	Umumi	Flaş Valf	-	5	5
Ayaklı Pisuar	Umumi	Flaş Valf	-	10	10
Duvar Pisuarı	Umumi	Flaş Valf 1"	-	5	5
Duvar Pisuarı	Umumi	Flaş Valf 3/4"	-	3	3
Lavabo	Umumi	Musluk	1,5	1,5	2
Küvet	Umumi	Musluk	3	3	4
Duş Başlığı	Umumi	Karıştırıcı Valf	3	3	4
Servis Evyesi	Ofis vb.	Musluk	2	2	4
Mutfak Evyesi	Otel/Restaurant	Musluk	3	3	4
Klozet	Hususi	Flaş Valf	-	6	6
Klozet	Hususi	Flaş Valf	-	3	3
Lavabo	Hususi	Musluk	0,75	0,75	1
Küvet	Hususi	Musluk	1,5	1,5	2
Duş Başlığı	Hususi	Karıştırıcı Valf	1,5	1,5	2
Ayrı Duş	Hususi	Karıştırıcı Valf	1,5	1,5	2
Banyo Grubu ^a	Hususi	Flaş Valf WC	2,25	6	8
Banyo Grubu ^a	Hususi	Flaş Valf WC	2,25	4,5	6
Mutfak Evyesi	Hususi	Musluk	1,5	1,5	2
Bulaşık Makinası	Hususi	Otomatik	1	-	1
Çamaşır Makinası	Hususi	Otomatik	1,5	1,5	2
Çamaşır Makinası	Ticari (3,5 kg)	Otomatik	2,25	2,25	3
Çamaşır Makinası	Umumi (7 kg)	Otomatik	3	3	4

^a Olası sürekli ihtiyacını karşılamak için sağlama çıkışları için, sürekli tedarigi ayrı hesapla ve ünitelerin toplam ihtiyacını ekle.

^b Listelenmeyen üniteler için, ağırlıkları, benzer miktarda ve oranlarda u kullanan listelenmiş ünitelerle kıyaslanarak kabul edilebilir.

^c Verilen ağırlıklar toplam ihtiyaç için. Hem sıcak hem soğuk su sağlayan üniteler için, maksimum ayrı ihtiyaçlar için ağırlık sağlanması için listelenmiş ihtiyacın %75'i olarak kabul edilir.

Çizelge 2.12 Çeviri tablosu (ASPE databook) [27]

Akış (L/s)	Ünite Birimi		Akış (L/s)	Ünite Birimi		Akış (L/s)	Ünite Birimi	
	Flaş Tank	Flaş Vana		Flaş Tank	Flaş Vana		Flaş Tank	Flaş Vana
0,063	0	-	2,776	103	35	8,517	559	460
0,126	1	-	2,839	107	37	8,833	585	490
0,189	3	-	2,902	111	39	9,148	611	521
0,252	4	-	2,965	115	42	9,464	638	559
0,316	6	-	3,028	119	44	9,779	665	596
0,379	7	-	3,091	123	46	10,094	692	631
0,442	8	-	3,155	127	48	10,410	719	666
0,505	10	-	3,218	130	50	10,725	748	700
0,568	12	-	3,281	135	52	11,041	778	739
0,631	13	-	3,344	141	54	11,356	809	775
0,694	15	-	3,407	146	57	11,672	840	811
0,757	16	-	3,47	151	60	11,987	874	850
0,821	18	-	3,533	155	63	12,618	945	931
0,883	20	-	3,596	160	66	13,249	1018	1009
0,946	21	-	3,66	165	69	13,880	1091	1091
1,009	23	-	3,722	170	73	14,511	1173	1173
1,073	24	-	3,785	175	76	15,142	1254	1254
1,136	26	-	3,912	185	82	15,792	1335	1335
1,199	28	-	4,038	195	88	16,403	1418	1418
1,262	30	-	4,164	205	95	17,034	1500	1500
1,325	32	-	4,29	215	102	17,665	1583	1583
1,388	34	5	4,416	225	108	18,296	1668	1668
1,451	36	6	4,543	236	116	18,927	1755	1755
1,514	39	7	4,669	245	124	19,558	1845	1845
1,577	42	8	4,795	254	132	20,189	1926	1926
1,640	44	9	4,921	264	140	20,820	2018	2018
1,703	46	10	5,047	275	148	21,451	2110	2110
1,767	49	11	5,173	284	158	22,082	2204	2204

Çizelge 2.12 Çeviri tablosu (ASPE databook) [27] (Devamı)

Akış (L/s)	Ünite Birimi		Akış (L/s)	Ünite Birimi		Akış (L/s)	Ünite Birimi	
	Flaş Tank	Flaş Vana		Flaş Tank	Flaş Vana		Flaş Tank	Flaş Vana
1,830	51	12	5,3	294	168	22,713	2298	2298
1,893	54	13	5,426	305	176	23,343	2388	2388
1,956	56	14	5,552	315	186	23,974	2480	2480
2,019	58	15	5,678	326	195	24,605	2575	2575
2,082	60	16	5,804	337	205	25,236	2670	2670
2,145	63	18	5,931	348	214	25,867	2765	2765
2,208	66	20	6,057	359	223	27,129	2960	2960
2,271	69	21	6,183	370	234	28,319	3150	3150
2,334	74	23	6,31	380	245	31,545	3620	3620
2,397	78	25	6,625	406	270	34,700	4070	4070
2,461	83	26	6,94	431	295	37,854	4480	4480
2,524	86	28	7,256	455	329	44,163	5380	5380
2,587	90	30	7,571	479	365	50,472	6280	6280
2,650	95	31	7,886	506	396	56,781	7280	7280
2,712	99	33	8,201	533	430	63,090	8300	8300

Örnek; her birinde duş başlığı, lavabo ve rezervuar musluğu bulunan 3 adet daireyi besleyen borudaki hesaba esas olacak standart su debisinin bulunması istensin. Bunun için Çizelge 2.11 'den armatürlerin ünite birim talep ağırlıkları bulunur. Çizelge 2.9'dan ise boru bağlantı çapı alınır.

Çizelge 2.13 WSFU boru bağlantı çapı, mm (inç)

Tip	Soğuk	Sıcak	Toplam	Minimum	Seçilen
Duş Başlığı (özel)	1.5	1.5	2.0	15 (1/2)	20(3/4)
Lavabo (özel)	0.75	0.75	1.0	10(3/8)	15(1/2)
Rezervuar	3	-	3	10(3/8)	15(1/2)

Çizelge 2.14 WSFU

Tip	Ünite Birimi	Montaj Adeti	Toplam
Duş Başlığı (özel)	2	3	$3 \times 2 = 6$
Lavabo (özel)	1	3	$3 \times 1 = 3$
Rezervuar	3	3	$3 \times 3 = 9$
Toplam			18

Çizelge 2.12'den 18 birimi için l/s değerine geçilirse 18 WSFU için tablo'dan 0.821 l/s okunur. Eğer ihtiyaç, bütün ünitelerin birlikte çalışmak zorunda olduğu durum ise,

Çizelge 2.15 WSFU'ya göre hesap sonucu

Tip	Her Bir Ünite Debisi (L/s)	Montaj Adeti	Toplam
Duş Başlığı (özel)	0.316	3	$3 \times 0.316 = 0.948$
Lavabo (özel)	0.189	3	$3 \times 0.189 = 0.567$
Rezervuar	0.189	3	$3 \times 0.189 = 0.567$
Toplam			2.082

Toplam su debisi 2.082 L/s olarak hesaplanır.

2.3.2.2 DIN ve Eski TS 1258 Türk Standartlarına Göre Su Debisi Hesabı

Armatürlerin akma basınçları, su sıcaklıkları ve akış miktarları ile su akma süreleri Çizelge 2.16' da verilmiştir. Muslukların aynı anda aktığı kabul edilemez. Bunun için bir eş kullanım veya diversite faktörü dikkate alınmalıdır [30].

Yük Birimi yöntemine göre, armatürleri besleyen borudaki su debisini bulmak için öncelikle bu borunun beslediği armatürlerin yük birim değerleri toplanır ve bu şekilde borunun toplam yük birimi değeri, yani Z bulunur.

$$Z = \sum YB \quad (2.1)$$

Borudan akan standart su debisi ise,

$$q = 0,25 \sqrt{(L/s)} \quad (2.2)$$

ifadesi ile bulunur.

Her birinde duş başlığı, lavabo ve rezervuar musluğu bulunan 3 adet daireyi besleyen borudaki hesaba esas olacak standart su debisinin bulunması istensin. Bunun için Çizelge 2.17 'den armatürlerin Y.B. değerleri alınır.

Duş Başlığı = 2,5 YB

Lavabo = 0,5 YB

Rezervuar = 0,25 YB.

TOPLAM = 3,25 YB.

3 daire için = 3 x 3,25 = 9,75 Y.B.

Su debisi, $q = 0,25 \times \sqrt{9.75} = 0,78 \text{ L/s}$ değerindedir.

Çizelge 2.16 Debi, bağlantı ve kullanma değerleri [30]

Adı	DIN	Akma Basıncı (mbar)	Sıcaklık (°C)	Her Kullanışta		Debi	
				Litre	Saniye	Soğuk Su (l/s)	Sıcak Su (l/s)
Boşaltma Elemanları							
Musluk	15	1000	10	6...10	60	0,12	0,18
Batarya	15	1000	40	6...10	60	0,12	0,18
Basmalı Musluk	20	1200	10	7...10	10	1,00	
Duş Elemanları							
Duş Kafası	15	1000	38	60...90	300	0,10	0,10
Yarı Duş	15	1000	38	10...15	180	0,05	0,05
Duş Kafası	20	1000	38	110	300	0,18	0,22
Duş Kafası	25	1000	38	160	300	0,31	0,39
Küvet Elemanları							
Batarya	15	1000	40	140	500	0,15	0,15
Batarya	20	1000	40	250	250	0,40	0,60
Batarya	25	1000	40	650	300	1,00	1,50
Klozet Elemanları							
Bas Rezervuar	15	1200	10	6...7	8	0,70	
Bas Rezervuar	20	1200	10	6...8	8	1,00	
Bas Rezervuar	25	400	10	6...9	8	1,00	
Rezervuar Musluğu	15	500	10	6...9	70	0,13	
Eviye Elemanları							
Batarya	15	1000	50...55	12...20	180	0,07	0,10
Batarya	20	1000	50...55	35...50	80	0,20	0,70
Pisuar Elemanları							
Basmalı Musluk	15	1000	10		7	0,30	
Manyetik Ventil	15	700	10	4	30	0,15	
Manyetik Ventil	25	400	10		30		
Lavabo Elemanları							
Musluk	15	500	10	5	60	0,07	
Batarya	15	1000	35	15	600	0,07	0,07
Sıra Yıkama Elemanları							
Batarya	15	1000	35	10...20	240	0,05	0,05
Duş Bataryası	15	1000	38	60...90	300	0,15	0,15
Bulaşık Makinesi		1000	10			0,10	
Çamaşır Makinesi		1000	10			0,10	
Şofben 21 kW		1000	10			0,10	

Çizelge 2.17 Çeşitli Armatürler İçin Debi ve Yük Birimi Değerleri [30]

Armatür (veya kullanma yeri)	Standart Akma Basıncı (mSS)	Debi L/s	Yük Birimi Y.B.
Musluk Batarya			
DN 10 (3/8")	5	0,25	1,0
DN 15 (1/2")	5	0,4	2,5
DN 20 (3/4")	5	1,0	16
DN 25 (1")	5	1,5	35
Gazlı Şofben			
10 l/dk	25	0,175	0,5
16 l/dk	25	0,25	1,0
25 l/dk	25	0,43	3,0
Lavabo	5	0,175	0,5
Banyo küvet bataryası			
DN 15	5	0,4	2,5
DN 20	5	1,0	16
Banyo duş bataryası			
DN 15	10	0,25	2,5
DN 20	10	1,0	16
Basınçlı hela yıkayıcı			
DN 15	13	0,6	6
DN 20	12	0,8	11
DN 25	4	1,2	27
Rezervuar musluğu	5	0,125	0,25
Pisuar	5	0,125	0,25
Sıra yıkama tesisleri için batarya			
DN 15	5	0,25	2,5
DN 20	5	1,0	16
Çamaşır makinesi (3,5-7,3 kg)	5	0,4	2,5
Bulaşık makinesi (Domestik)	5	0,4	2,5

2.3.2.3 Güncel TS EN 806-1 Standartına Göre Su Debisinin Hesabı

LU (Loading Unit) Yükleme Birimi Esas Alınarak Hızlı Ön Çap Verilmesi

1 yük birimi (LU) , 0.1 L/s ' lik bir kullanma debisine (QA) eş değerdir.

Çizelge 2.18 TS-EN 806-3'e göre cihazların LU değerleri¹ [31]

Cihaz	Soğuk Su (LUC)	Sıcak Su (LUH)
Lavabo	1,0	1,0
Klozet	1,0	-
Pisuar	1,0	-
Bide	1,0	1,0
Duş-Küvet	4,0	4,0
Ev Tipi Eviye	2,0	2,0
Ticari Tip Eviye	8,0	-
Kurna	2,0	2,0
Ev Tipi Bulaşık/Çamaşır Makinası	2,0	-
Ticari Tip Bulaşık/Çamaşır Makinası	10,0	-
Bas Rezervuar Vanası	15,0	-

¹ Bu çizelgedeki değerler, mamul standartlarındaki değerlere karşılık gelmez. Bu değerler sadece boru boyutlandırılması için kullanılır [13].

Çizelge 2.19 Kullanma noktalarındaki asgari debileri ve yük birimleri [31]

Kullanma Noktası	Q _A	Q _{min}	Yükleme birimleri
	L/S	L/S	LU
Lavabo, el lavabosu, bide, klozet rezervuarı	0,1	0,1	1
Evsel kullanım amaçlı mutfak eviyesi, çamaşır makinası, bulaşık makinası, eviye, duş başlığı	0,2	0,15	2
Pisuar ani yıkama vanası	0,3	0,15	3
Evsel kullanım amaçlı banyo	0,4	0,3	4
Musluklar (bahçe/garaj)	0,5	0,4	5
Evsel kullanım amaçlı olmayan mutfak eviyesi dn20, evsel kullanım amaçlı olmayan banyo	0,8	0,8	8
Ani yıkama vanası dn 20	1,5	1	15

Çizelge 2.20 Küçük binalar, çelik galvaniz borular için LU değeri-ön çap tablosu [31]

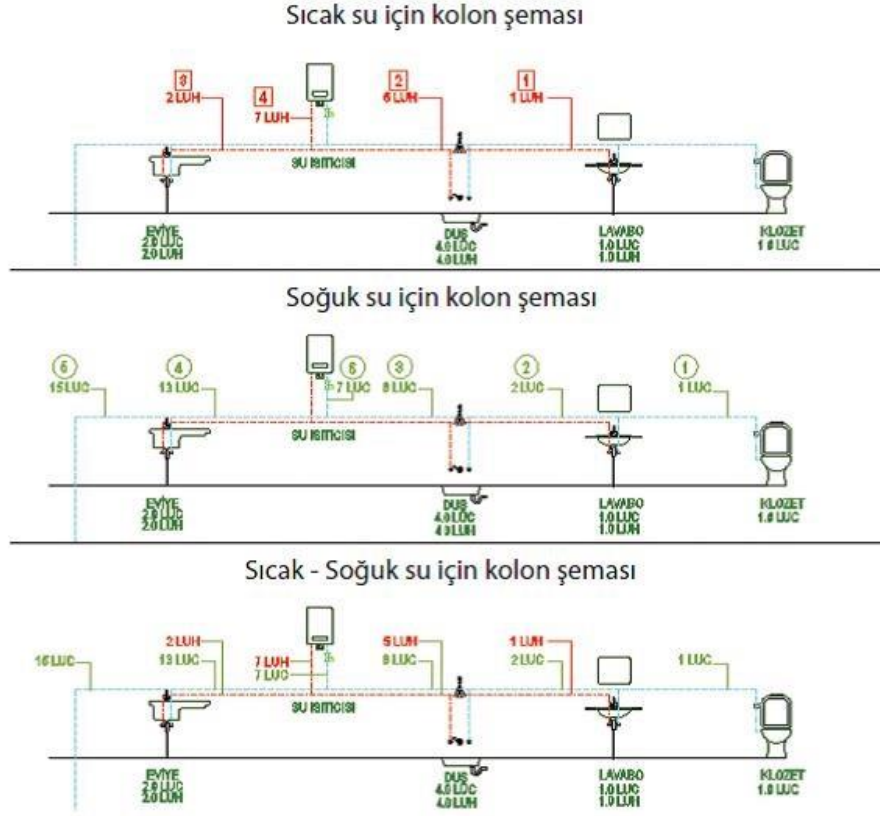
LU	DN (mm)
0-6	15
7-16	20
17-40	25
41-60	32
61-300	40
301-600	50
601-1600	65

Çizelge 2.21 Boru çaplarının belirlenmesi için yük birimleri [31]

Sıcak daldırma galvanizli çelik														
Azami yük	LU	6						16	40	160	300	600	1 600	
En yüksek değer	LU	4						15						
DN		15						20	25	32	40	50	65	
d _i	mm	16						21,6	27,2	35,9	41,8	53	68,8	
Azami boru uzunluğu	m	10						6						
Bakır														
Azami yük	LU	1	2	3	3	4	6	10	20	50	165	430	1 050	2 100
En yüksek değer	LU			2			4	5	8					
d _e x s	mm	12 x 1,0			15 x 1,0			18 x 1,0	22 x 1,0	28 x 1,5	35 x 1,5	42 x 1,5	54 x 2	76,1 x 2
d _i	mm	10,0			13,0			16,0	20,0	25	32	39	50	72,1
Azami boru uzunluğu	m	2 0	7	5	1 5	9	7							
Paslanmaz çelik														
Azami yük	LU	3	4	6	10			20	50	165	430	1 050	2 100	
En yüksek değer	LU			4	5			8						
d _e x s	mm	15 x 1,0			18 x 1,0			22 x 1,0	28 x 1,2	35 x 1,5	42 x 1,5	54 x 1,5	76,1 x 2	
d _i	mm	13,0			16,0			19,6	25,6	32	39	51	72,1	
Azami boru uzunluğu	m	1 5	9	7										
PE-X														
Azami yük	LU	1	2	3	4	5	8	16	35	100	350	700		
En yüksek değer	LU					4	5	8						
d _e x s	mm	12 x 1,7			16 x 2,2			20 x 2,8	25 x 3,5	32 x 4,4	40 x 5,5	50 x 6,9	63 x 8,6	
d _i	mm	8,4			11,6			14,4	18,0	23,2	29	36,2	45,6	
Azami boru uzunluğu	m	1 3	4	9	5	4								

Çizelge 2.21 Boru çaplarının belirlenmesi için yük birimleri [31] (Devamı)

PB													
Azami yük	LU	1	2	3	3	4	6	13	25	55	180	500	1 100
En yüksek değer	LU			2			4	5	8				
$d_s \times s$	mm	12 x 1,3			16 x 1,5			20 x 1,9	25 x 2,3	32 x 3	40 x 3,7	50 x 4,6	63 x 5,8
d_i	mm	9,4			13,0			16,2	20,4	26	32,6	40,8	51,4
Azami boru uzunluğu	m	20	7	5	15	9	7						
PP													
Azami yük	LU	1	2	3	3	4	6	13	30	70	200	540	970
En yüksek değer	LU			2			4	5	8				
$d_s \times s$	mm	16 x 2,7			20 x 3,4			25 x 4,2	32 x 5,4	40 x 6,7	50 x 8,4	63 x 10,5	75 x 12,5
d_i	mm	10,6			13,2			16,6	21,2	26,6	33,2	42	50
Azami boru uzunluğu	m	20	12	8	15	9	7						
PVC-C													
Azami yük	LU	3	4	5	10			20	45	160	420		900
En yüksek değer	LU			4	5			8					
$d_s \times s$	mm	16 x 2,0			20 x 2,3			25 x 2,8	32 x 3,6	40 x 4,5	50 x 5,6	63 x 6,9	
d_i	mm	12,0			15,4			19,4	24,8	31	38,8	49,2	
Azami boru uzunluğu	m	10	6	5									
PE-MD/AL/PE-HD dikkate alınarak PEX/AL/PE-HD													
Azami yük	LU	3	4	5	6			10	20	55	180	540	1 300
En yüksek değer	LU			4	5			5	8				
$d_s \times s$	mm	16 x 2,25/16 x 2,0			18 x 2			20 x 2,5	26 x 3	32 x 3	40 x 3,5	50 x 4	63 x 4,5
d_i	mm	11,5/12,0			14			15	20	26	33	42	54
Azami boru uzunluğu	m	9	5	4									



Şekil 2.4 Farklı sıcak ve soğuk su kombinasyonları için kolon şemaları [31]

Soğuk su boru devresi üzerinde 10 adet lavabo, 8 adet klozet, 3 adet duş bulunmaktadır.

Ana boru çapının bulunması için kullanılacak su debisine bakılırsa, LUC toplamı alınır.

Çizelge 2.22 Örnek bir ıslak hacimde ekipmanların toplam LU değerleri

Ekipman	Cihaz Adet	Cihaz Soğuk Su Yükleme Birimi (LUC)	Toplam Yükleme Birimi (LUC)
Lavabo	10 Ad.	1 LUC	10 LUC
Klozet	8 Ad.	1 LUC	8 LUC
Duş-Küvet	3 Ad.	4 LUC	12 LUC
TOPLAM			30 LUC

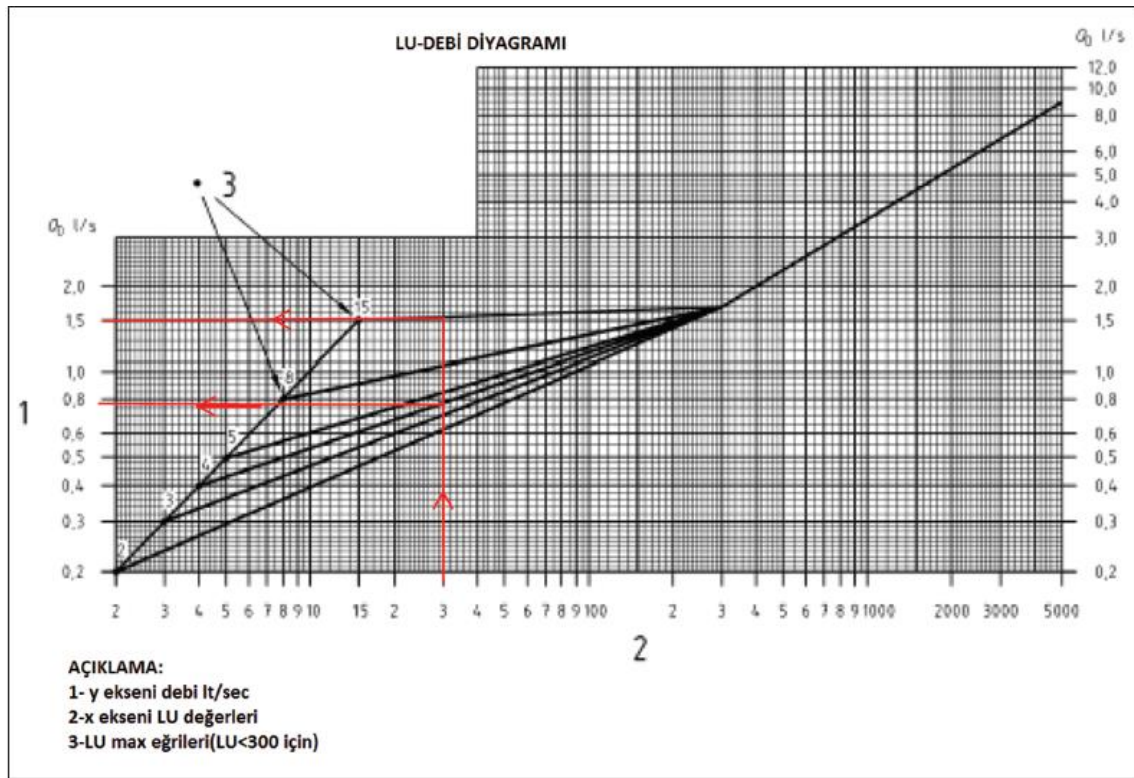
Devredeki su kullanıcılarının en büyüğünün LU değeri

Devredeki yüklerin en büyüğünün LU değeri "4" tür ve bu da duşa aittir. Toplam 30LUC için ve sistemdeki en büyük yükün LUC değeri 4 olduğuna göre, TS EN 806-3 LU- debi diyagramına bakılır.

X ekseninden 30 noktası bulunur.

LU-Debi Diyagramına bakılırsa,

4 LUC için işaretlenmiş olan 4 numaralı eğri ile kesiştirilir ve yataya dönülerek, y ekseninden lt/s olarak 30 LUC'a karşılık gelen su debisi $0.8 \text{ L/s} = 2.88 \text{ m}^3/\text{h}$ olarak bulunur.



Şekil 2.5 LU-Debi diyagramı [31]

Çizelge 2.23 Yükleme birimine göre debisi (l/s) [31]

YÜKLEME BİRİMİ (LU) & DEBİ (l/s)								
0-300 LU KAPASİTELERİ İÇİN TEK CİHAZIN MAX. TÜKETİMİNE GÖRE DEBİ DEĞERLERİ							300-6000 LU KAPASİTELERİ İÇİN DEBİ DEĞERLERİ	
2 LU		3 LU	4 LU	5 LU	8 LU	15 LU		
LU	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	LU (300-6000)	Q (l/s)
2	0,20						300	1,68
3	0,24	0,30					400	2,00
4	0,27	0,34	0,40				500	2,33
5	0,30	0,37	0,43	0,50			600	2,61
6	0,32	0,39	0,46	0,53			700	2,86
7	0,34	0,41	0,48	0,55			800	3,08
8	0,36	0,43	0,50	0,57	0,80		900	3,32
9	0,38	0,45	0,52	0,59	0,80		1000	3,54
10	0,40	0,47	0,54	0,60	0,84		1500	4,50
15	0,47	0,54	0,61	0,69	0,91	1,50	2000	5,32
20	0,57	0,60	0,68	0,75	0,98	1,54	3000	6,69
30	0,62	0,71	0,78	0,85	1,06	1,56	4000	7,86
40	0,71	0,78	0,86	0,92	1,13	1,57	5000	9,00
50	0,78	0,85	0,92	0,98	1,18	1,59	6000	10,13
60	0,85	0,91	0,98	1,04	1,23	1,60		
70	0,90	0,96	1,04	1,10	1,27	1,60		
80	0,96	1,00	1,09	1,15	1,30	1,61		
90	1,00	1,07	1,14	1,19	1,34	1,62		
100	1,05	1,12	1,18	1,23	1,36	1,62		
150	1,27	1,31	1,35	1,38	1,46	1,65		
200	1,43	1,44	1,47	1,50	1,57	1,66		
250	1,51	1,55	1,58	1,60	1,63	1,67		
300	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68		

30 LUC için ve devre üzerindeki en büyük cihazın LUC değeri 15 olduğu kabul edilirse, X ekseninden 30LU noktası seçilir ve 15 LU eğrisi ile kesiştirilerek, y eksine yatay çizilerek y ekseninden lt/s olarak 30 LUC'a karşılık gelen su debisi 1.5 lt/s = 5.4 m³/h olarak bulunur.

Her ikisinde de toplam LU değeri 30 olmasına rağmen birinci örnekte borunun su debisi 0.8 lt/s, ikinci örnekte ise 1.5 lt/s'dir. Bunun sebebi devre üzerindeki en büyük su kullanıcı cihazın LUC değeri birinci halde 4 iken diğerinde 15 olmasıdır.

Her bir dairede duş başlığı, lavabo ve rezervuar musluğu bulunan 3 adet daireyi temiz su borusunda standart su debisine bakılırsa, bunun için izelge 2.19'dan armatürlerin LU değerleri okunur.

Duş Başlığı = 2 LU, Lavabo = 1 LU , Rezervuar = 1 LU

TOPLAM = 4 LU , 3 daire için = 3 x 4 = 12 LU

Su debisi, 12 LU için, 12 LU ile sistemdeki en yüksek LU değeri keşiştirilir. Sistemde en yüksek 2 LU batarya vardır.

Grafikten QD değeri okunur veya tablodan enterpolasyon yapılarak,

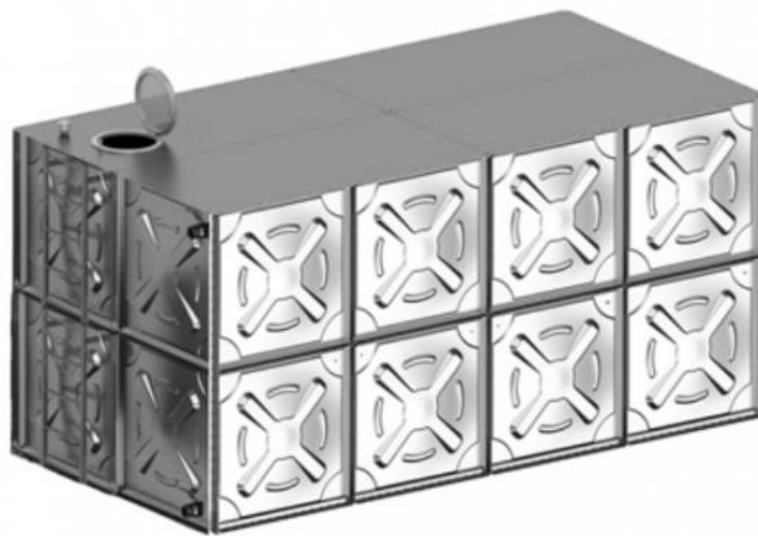
Sistemde diversite alınarak gerekli su debisi hesaplanmış olur.

3 daire için gerekli su debisi, 0,43 l/s olarak hesaplanır.

12 LU için gerekli galvaniz boru için n çap tablodan DN20 olarak bulunur.

2.3.3 Suyun Depolanması

şehir şebeke suyunun kesintili aktığı veya şebeke basıncının yetersiz kaldığı durumlarda suyu bünyesinde bulunduran kaplara su deposu denir. Su depoları atmosfere açık veya kapalı yapılabilir. Betonarme, elik sac (modüler depo) olarak yapılabilir. Son zamanlarda modüler su depoları kullanılmaya başlanmıştır [32].



şekil 2.6 Modüler depo sistemleri

Yüksek binalarda bir su deposu yapma zorunluluğu bulunmaktadır. Bu kullanıcıların su ile ilgili gereksinmelerinin karşılanması açısından olduğu kadar, güvenlikle de yakından ilgilidir. Şehir şebekesinden alınan suyun kullanıcı gereksinimine ve servis sistemlerine göre dağılımı yapılarak, kapasitesi belirlenmiş su depolarında kullanıma hazır duruma getirilmesi gerekmektedir. Proje aşamasında depoların kapasitesi belirlenirken, binanın günlük su gereksiniminin belirlenmesi de yönlendirici rol oynamaktadır [33].

2.3.4 Suyun Basınçlandırılması ve Basınç Kademeleri (Zonlama)

Yüksek katlı binalarda temiz su tesisatın tek zonlu olması, alt katlardaki armatürler ve borularda yüksek bir statik basınç oluşturmaktadır. Bu basıncın oluşması, hem işletme problemleri çıkaracak hem de tesisatı pahalı hale getirecektir. Bazı durumlarda da tesisatın bu basınca dayanması mümkün olmayacaktır. Bu yüzden yüksek yapılarda tesisat zonlara bölünür. Bu bölünme diğer disiplinler içinde ısıtma, havalandırma ve soğutma tesisatı için de gereklidir. Dolayısıyla cihazların yerleştirilebileceği bir tesisat katı oluşturulması gereklidir. Ana tesisat dairesi genellikle en alt bodrum kata konur. Tesisat katları 42 metrede bir zon yapıldığında, 126 metrede bir tesisatı katı yapılabilir. Diğer bir alternatif 35 metrede bir zon yapılması durumunda yaklaşık 70 metrede bir tesisat katı oluşturulması tavsiye edilir [33].

Ana tesisat katında ana su deposunun yanına konulan bir hidroforla ve ara tesisat katına konulan ara hidrofor ile temiz su tesisatının basınçlandırılması mümkündür. Artık günümüzde tesisatlarda enerji verimliliği açısından, frekans konvertörlü hidroforlar kullanılmaktadır. Frekans invertörlü hidroforlarda, değişen debi gereksinimi ile pompa debisinin ihtiyaca göre sürekli değiştirerek çalışmaktadır ve böylece sessiz ve sarsıntısız bir çalışmanın yanı sıra, sabit basınçlı, konforlu ve ekonomik bir işletme elde edilmektedir [29].

Kullanma suyu sistemindeki tüm tesisat elemanları en az 16 bar basınca dayanıklı olmalıdır. Güvenlik amacıyla bu basıncın % 5 kadar altında kalmak istersek, hidrofor basıncının 15,5 bar ya da mSS cinsinden 155 mSS ile sınırlanması gerektiği ortaya çıkar. Bu durumda hidrofor basıncı 155 mSS'den boru kayıpları ve akma basıncı için gerekli 30 mSS çıkarılırsa geriye kalan yaklaşık 125 mSS bir düşey basınç bölgesi olarak belirlenebilir. Yapıdaki kat yüksekliklerine bağlı olarak, bu şekilde 125 m zon yapılabilir

olarak görünmektedir. Bu da yaklaşık 35 kata karşılık gelir. Bu şekilde tasarım yapıldığında bodrum kata hidroforların yerleştirilmesiyle birlikte 125 metrede bir tesisat zonu yapılabilir sonucu çıkarılabilir.

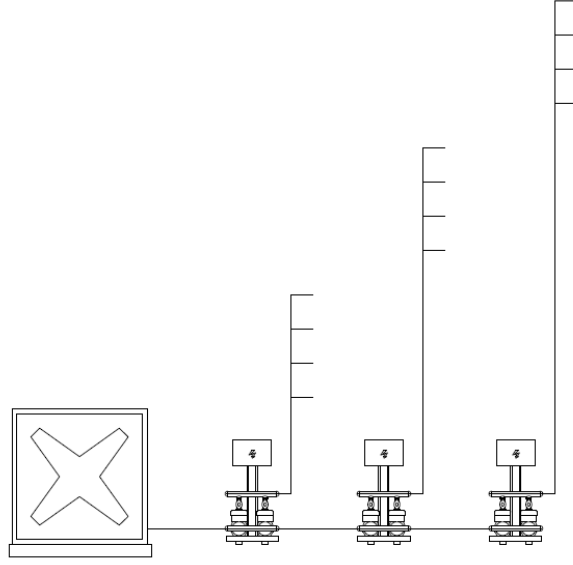
Düşey basınçlandırmada iki yöntem vardır. İlki yüksek basınçlı transfer pompaları ve az sayıda ara kat su depoları (toplamda bir veya iki adet) kullanılıp, her kata basınç düşürücü konulmasıdır. Diğer bir alternatif ise yaklaşık her 10 kat için bir su deposu ve hidrofor sistemi ile çok sayıda zon oluşturmaktır.

Her bina için zon sayısının belirlenmesi çok önemli bir karardır. Akma basıncını 10 mSS olarak kabul edersek, kat yüksekliği 3,5 mSS olan binalarda 10 kat bir basınç zonu olarak planlandığında statik basınç (35 mSS) + akma basıncı (10 mSS) = 45 mSS olarak zonlama yapılmış olacaktır [22].

2.3.5 Suyun Basınçlandırılması ve Dağıtım Sistemleri

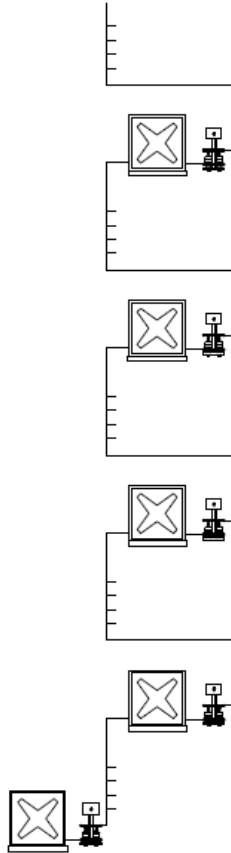
Su dağıtım sistemlerinin işlevi sıcak ve soğuk suyu; binanın her yerindeki kullanım apareylerine uygun bir basınç ve sıcaklıkla iletmektir. Bu sistemler aşağıdaki temel amaçları gerçekleştirmelidir [8]:

- Suyu, uygun bir hacimsel debi; minimum basınç kaybı ve maksimum akış koşulları ile en uzaktaki apareye ulaştırmak,
- Maksimum ve minimum basınç koşullarında, en uzaktaki ve en yakındaki apareyde gereksinimleri karşılamaya yeterli bir aralıkta, bir su basıncı sağlamak,
- Maksimum akış koşullarında aşırı basınçlardan korumak,



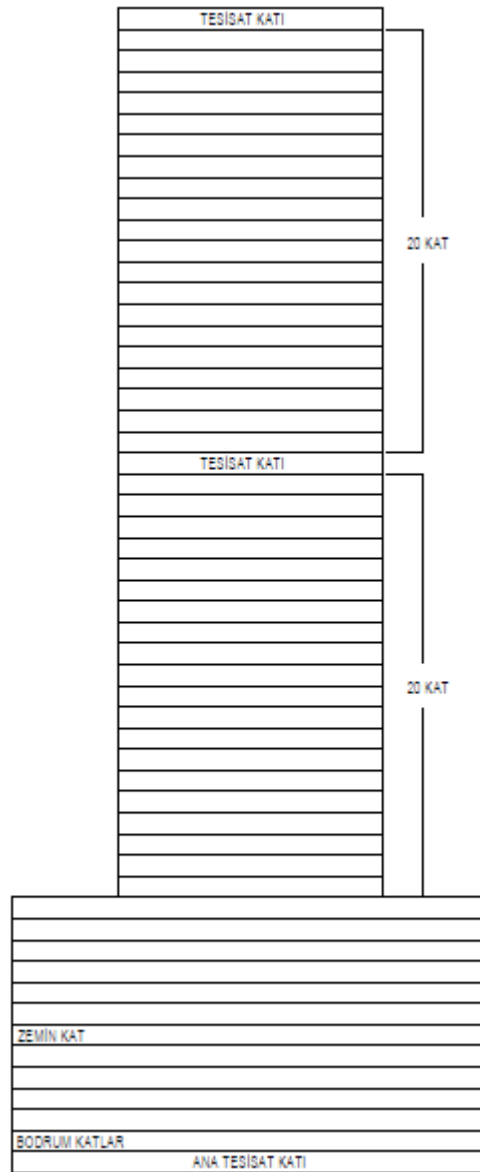
Şekil 2.7 Tek zonlu sistemler

Tek Zonlu Sistemler: Her bir zon, kat yüksekliği 3,5 metre düşünüldüğünde, 12 katlı olarak düşünülebilir. Burada önemli olan kural 16 bar basıncı geçmemesi gerektiğidir [16].



Şekil 2.8 Ara depo yerleşimli zonlar

Ara depolu sistemler: Ana su deposundan emiş yapan ana hidrofor, en alttaki 1.basınç bölgesini beslerken, aynı zamanda bir üstteki 2.basınç bölgesinde bulunan ara su deposunu da doldurur. Bu depodan emiş yapan 2.basınç bölgesi hidroforu ise, kendi bölgesini beslerken, aynı zamanda bir üstteki 3.basınç bölgesinde bulunan ara su deposunu da doldurur. Bu sistem en üstteki basınç bölgesine kadar benzer şekilde devam eder. Ara tanklardaki su düzeyi bina otomasyon sistemi üzerinden izlenebilir olmalı, tankların üzerinde minimum, maksimum su düzeyleri ve taşma alarmı veren su düzeyi kontrol cihazları bulunmalıdır [8].



Şekil 2.9 Tipik tesizat katları planlanması [22]

Yüksek yapılarda en büyük problem, su akma basınçları arasındaki büyük farklardır. Aralarında 20 kat fark olan iki musluk akma basınçları arasında, yaklaşık 6 bar fark vardır. Bu durumda en alt kattaki musluklarda su sarfiyatı arttığı gibi, su koçu olayları da artar. Ayrıca conta ve sızdırmazlık elemanlarında problemler oluşur; bu nedenle basınç farkının makul ölçülerde kaldığı düşey zonlar oluşturulmalı ve basınç düşürücü vanalar kullanılmalıdır [22].

2.3.6 Basınç Düşürücüler

Her ne kadar, düşey basınç bölgeleri aracılığıyla bir yüksek yapıda tüm katlardaki su basınçları sınırlandırılmakta ise de, her basınç bölgesinin alt katlarında oluşan basınçlar oldukça yüksektir. Ayrıca, değişken devirli (frekans konvertörlü) olmayan hidroforlu sistemlerde alt ve üst basınçlar arasında genellikle 1 ile 2 bar arasında değişen bir basınç farkı bulunur ki, bu da alt katlardaki basınçların daha da yükselmesine neden olur. Yüksek basınç, vanalarda ve bataryalarda ses oluşması ve kullanma noktalarında suyun aşırı yüksek hızla akması gibi konfor bozukluklarına neden olabilir. Bu olumsuz durum basınç düşürücüler ile önlenir. Piyasada sabit ya da ayarlanabilen basınç düşürücüler bulunmaktadır. Çıkış basıncı sabit olanlarda bu basınç genellikle 3-4 bar olmaktadır [29].

2.3.7 Boru Basınç Kaybının Hesaplanması

Temiz su tesisatında boru çapının hesap esası suyun izlediği yol boyunca oluşan basınç kayıplarının belirli bir değerde tutulmasına dayanır [30].

Basınç kayıpları belli bir boru çapı için , boru iç yüzeyinin pürüzlülüğüne dolaylı olarak boru malzemesine , borudaki su akışına , dirsek , vana gibi bağlantı malzemesinin oluşturduğu yerel , özel kayıplara , sayaç ve benzeri özel donatım ve malzemelerden ileri gelen basınç kayıplarına bağlıdır . Su akışı, borunun beslediği kullanma yerlerinin sayı, cins ve tümü için düşünülecek kullanma eş zaman etkenine bağlıdır [30].

Temiz su tesisatı kapsamına giren soğuk su ve sıcak su tesisatı boru çapı hesapları aynı esaslara göre yapılmalıdır. Boru tesisatının hesabı, esas olarak çapların belirlenmesidir. Bu boyutlandırmanın temeli, verilen yük altında en elverişsiz kullanma yerinde istenen su debisinin ve basıncının sağlanmasıdır. Bunun için girişten kullanma yerine kadar olan boru tesisatındaki basınç kaybının, kullanılabilecek basınç değerini geçmemesi gerekir.

TS 806'da verilen hesap yöntemi ile DIN 1988'de verilen hesap yöntemi arasında fark vardır. DIN 1988 daha hassas hesap yapma imkanı verir [30].

Her iki yöntemle göre hesap aşağıdaki sıra ile yapılır:

- a- Temiz su şebeke basıncı belirlenir. (veya hidrofor alt basıncı)
- b- En elverişsiz kullanma yerinin bina bağlantı borusundan itibaren (veya hidrofor alt su seviyesinden itibaren) olan yüksekliği belirlenir.
- c- Kullanma yerindeki akma basıncı belirlenir.
- d- Etkin basınç belirlenir.
- e- Su sayacı, filtre vs. gibi elemanların basınç düşümleri belirlenir.
- f- Boru tesisatı için toplam basınç kaybı belirlenir.
- g- Toplam boru boyu belirlenir.

Boru tesisatındaki basınç kaybının belirlenmesi için iki yöntem vardır:

- a- Boru tesisatında meydana gelen sürtünme ve lokal kayıpların toplamı,

Temiz su tesisatında hızlar 1 m/s ile 2 m/s arasında olmalıdır. Sese çok duyarlı hastane gibi uygulamalarda hız 1 m/s'nin altında, sesin önemsiz olduğu endüstriyel uygulamalarda 2 m/s değerinin üstünde (3 m/s değerine kadar) değerler alabilir.

- b- Diğer boru ve kanal tesisatlarında olduğu gibi sürtünme kaybı ve yerel kayıp değerleri ayrı ayrı hesaplanmaktadır.

Bernoulli denklemini ele alırsak [27],

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{Sabit} \quad (2.3)$$

Bernoulli denklemi kararlı, viskozluğu olmayan sıkıştırılamaz akış içindir. Bu denklem ilk defa Daniel Bernoulli tarafından 1738 yılında bulunmuştur.

$$P + \rho gh = \text{statik basınç} \quad (2.4)$$

$$\frac{1}{2}\rho v^2 = \text{dinamik basınç} \quad (2.5)$$

Toplam basınç kaybı, ΔP

$$\Delta P = \sum R L + \rho gh + Z \quad (2.6)$$

ifadesi ile bulunabilir.

Burada;

R = Sürtünme kaybı katsayısı (Pa/m)

L = Boru boyu (m)

Z = Yerel basınç kaybıdır.

$Z = P$ dinamik basınç x K (Pa)

K = Vana, fittings kaybı (Birimsiz)

Formülasyonun açılımı ;

$$\Delta P = \sum R L + \rho g h + \left(\frac{v^2}{2}\right) \rho K \quad (2.7)$$

Basınç düşüşü hesaplamalarında R değerini hesaplamak için ilgili grafiklerden hız ile boru çapı kesiştirilerek okunabilir.

Grafikten okumak yerine teorik olarak kullanılan bir eşitlik de Hazen-Williams eşitliğidir.

$$R = 6,819 \left(\frac{v}{C}\right)^{1,852} \left(\frac{1}{D}\right)^{1,167} \rho g \quad (2.8)$$

C Pürüzlülük faktörüdür.

Tipik C 'nin değeri , plastik boru için 150 , bakır tüp için 140 , çelik boru için 100 olarak kabul edilir.

C = Boru malzemesine dayanarak pürüzlülük katsayısı (Çizelge 2.24)

v = Ortalama hız (m/s)

D = Borunun iç çapı (m)

ρ = Akışkanın yoğunluğu (kg/m³)

g = Yer çekim ivmesi 9.8 m/s²

R = Birim sürtünme kaybı (Pa/m)

Çizelge 2.24 Hazen-Williams formüllerinde kullanılan c sabitinin değerleri [27]

Boru Malzemesi					C Değerleri					
					Aralık	Ortalama Değer		Kullanılan Değer		
Bitüm emayeli santrifüj döküm çelik boru					130-160	148		140		
Asbestos-Çimento					140-160	150		140		
Çimento kaplı santrifüj döküm demir veya çelik boru					-	150		140		
Bakır, pirinç veya cam, tüp boru					120-150	140		130		
Dikişli veya dikişsiz çelik					80-150	140		100		
Pik Döküm					80-150	130		100		
Katranlanmış Döküm Boru					50-145	130		100		
Beton					85-152	120		100		
Komple Perçinlenmiş Çelik Boru (Perçinler kuşaklanmada ya da dikiş hatlarında kullanılıyor.)					-	115		100		
Oluklu Çelik					-	60		60		
C Değerleri	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60
100/C için 1,85 güçte	0,47	0,54	0,62	0,71	0,84	1	1,22	1,5	1,93	2,57

K = Vana, fittings kaybı ise çizelgelerden belirlenir. Geometri ve boyuta göre Çizelge (2.25) da gösterilmiştir ve daha sonra dinamik basınç ifadesinde denkleme yazılır.

$$P_{\text{dinamik basınç}} = \left(v^2 / 2 \right) \rho K \text{ (Pa)} \quad (2.9)$$

Çizelge 2.25 K faktörü - vidalı boru fittingsleri [27]

Nomi nal Boru Çapı, mm	90° Dir. Nor .	90° Dir. Uzun.	45° Dir.	Dön me Dir.	T- Düz	T- Br.	Glob V.	Sür V.	Açı V.	Sving Kont. V.	Çan Ağ. Giriş	Kar e Giriş	Çık ıntı Giriş
10	2,5	-	0,3 8	2,5 0	0,9	2,7	20	0,4	-	8	0,05	0,5	1
15	2,1	-	0,3 7	2,1 0	0,9	2,4	14	0,3 3	-	5,5	0,05	0,5	1
20	1,7	0,92	0,3 5	1,7 0	0,9	2,1	10	0,2 8	6,1	3,7	0,05	0,5	1
25	1,5	0,78	0,3 4	1,5 0	0,9	1,8	9	0,2 4	4,6	3	0,05	0,5	1
32	1,3	0,65	0,3 3	1,3 0	0,9	1,7	8,5	0,2 2	3,6	2,7	0,05	0,5	1
40	1,2	0,54	0,3 2	1,2 0	0,9	1,6	8	0,1 9	2,9	2,5	0,05	0,5	1
50	1,0	0,42	0,3 1	1	0,9	1,4	7	0,1 7	2,1	2,3	0,05	0,5	1
65	0,8 5	0,35	0,3 0	0,8 5	0,9	1,3	6,5	0,1 6	1,6	2,2	0,05	0,5	1
80	0,8 0	0,31	0,2 9	0,8 0	0,9	1,2	6	0,1 4	1,3	2,1	0,05	0,5	1
100	0,7 0	0,24	0,2 8	0,7 0	0,9	1,1	5,7	0,1 2	1	2	0,05	0,5	1

$$\Delta P = \sum R L + \rho g h + (v^2/2)\rho K \quad (2.10)$$

Bu ifadede değerler yerine konulduktan sonra elde edilen basınç kaybı Pa cinsinden bulunmuş olup mSS' ye çevrilir. Her bir armatür için standart akma basıncı bulunmaktadır. Bulunan değere akma basınç kaybı eklenir ve elde edilen değer %5 emniyet faktörü eklenerek gerekli pompa basma yüksekliği hesaplanmış olur.

Çizelge 2.26 Çeşitli armatürler için akma basıncı değerleri [27]

Armatür (veya kullanma yeri)	Standart Akma Basıncı (mSS)
Musluk, Batarya	
DN 10	5
DN 15	5
DN 20	5
DN 25	5
Gazlı Şofben	
10 L/dk	25
16 L/dk	25
26 L/dk	25
Lavabo	5
Banyo küvet Bataryası	
DN 15	10
DN 20	10
Basınçlı hela yıkayıcı	
DN 15	13
DN 20	12
DN 25	4
Rezervuar Musluğu	5
Pisuar	5
Çamaşır Makinası (Ev tipi)	5
Bulaşık Makinası (Ev tipi)	5

2.3.8 Suyun Depolanması ve Lejyoner Hastalığı

2.3.8.1 Lejyoner Hastalığı

Legionella bakterileri, insanlarda ciddi enfeksiyonlara neden olabilen bir mikroorganizmadır. Lejyoner hastalığı ve Pontiac ateşlenmesi adında iki formu olan enfeksiyona neden olur. Lejyoner hastalığı, hayati tehlikesi olan ve pnömanın (akciğer iltihabı) bir tipi olan bir enfeksiyondur. Pontiac ise solunum hastalıklarının hafif formlarından biridir [34].

Legionella bakterileri nemli ve sulu ortamda yaşar ve çoğalırlar. Genellikle en fazla bulaşma yolu binalardaki sıhhi tesisat ve soğutma (klima) tesisatıdır. Özellikle hastaneler, iş merkezleri, fabrikalar gibi özellikli yapılarda karşılaşılır [20].

Buna göre hastalıkla mücadelenin esas alanı bina tesisatı olmaktadır. Bu alanda hastalık,

- a) iyi mühendislik tasarımı
- b) doğru uygulama
- c) iyi bakım ve işletme ile önlenabilmektedir [20].

2.3.8.2 Tesisatta Lejyonella Potansiyeli Olan Yerler

Legionella bakterisinin büyümesi için:

Sıcaklık en önemli faktörlerden biridir. 20°C'nin altındaki sıcaklıklarda üreme miktarı önemsizdir. Özellikle en uygun sıcaklık aralığı 25-45 °C dir.

En uygun sıcaklık ise; 37 °C olarak saptanmıştır. 37°C sıcaklıkta ve uygun ortamda yaklaşık 2 saat içinde iki katına çıkar. 48 saat içinde de sayısal olarak patlama yaparak tehdit edici boyuta ulaşır [20].

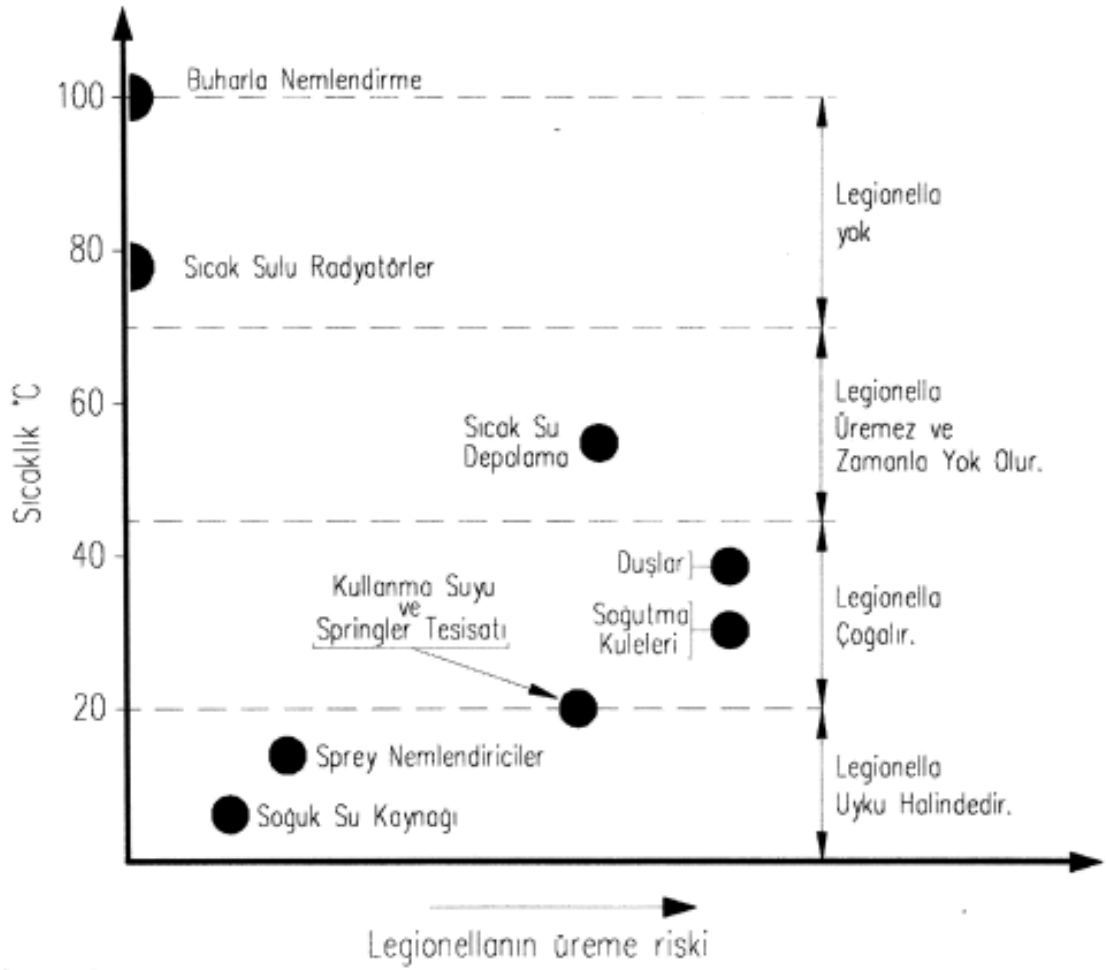
Çizelge 2.27 Sıcaklık-lejyonella bakteri ilişkisi [20]

46°C sıcaklıkta : üremesi durur.
50°C sıcaklıkta : birkaç saat yaşayabilir.
60°C sıcaklıkta : ömrü dakikalar mertebesinde.
70°C sıcaklıkta : yaşam şansı sıfıra yakındır.

Tesisatta Legionella üremesine uygun olan ve lejyoner hastalığının çıkmasına neden olabilecek sistemler aşağıda verilmiştir.

- Kullanım su sistemleri (duşlar ve musluklar ve su depoları),
- Soğutma kuleleri ve evaporatif kondenserler,
- Fancoiller,
- Açık sistem güneş kollektörleri,
- Terapi havuzları, jakuziler,
- Nemlendiriciler (özellikle sulu tip),
- Süs havuz ve çeşmeleri, fıskiyeleler,
- Bahçe sulama ve yangın söndürme sistemlerinde kullanılan sprinkler sistemi [35].

Duş başlıkları ve musluklar da solunabilen aerosoller oluşturmaktadır ve buradan kaynaklanan hastalıklar tanımlanmıştır. Kullanma soğuk suyu ve yangın söndürme sistemleri ise yaz mevsiminde havaların ısınmasıyla birlikte bakteri üremesi için çok uygun ortamlar haline gelir [20].



Şekil 2.10 Dizayn sıcaklıkları ve risk oluşumu [20]

2.3.8.3 Kullanım Suyu Sistemleri

En iyi korunan içme suyu kaynaklarında bile küçük miktarlarda bu bakterilere rastlanmaktadır. Bu bakteriler şebeke ile evlere taşınır. Ancak iyi bir şehir şebekesinde bu bakterilerin sayısı çok azdır ve zararlı düzeyde değildir. Ancak bina tesisatında bakterilerin yaşaması için uygun koşullar yaratılırsa, bakteriler hızla çoğalır ve hayati tehlikeye yol açacak kadar bakterilerin çoğalmasına neden olabilir. Su tankları, kullanılmayan boru sistemi parçaları, duş başlıkları bakteri ve virüslerin çoğalma yerleridir.

Lejionella büyümesi için en uygun sıcaklık aralığı 20-45 °C arasındır ve bu sıcaklıklar genellikle temiz su sistemlerinde kullanılan sıcaklıklardır. Hatalı mühendislik, kötü işletme ve bakım, ilgili bakterilerin gelişmesi ve çoğalmasına neden olmaktadır. Özellikle

suyun durgun kalmasına veya çeperlerde biofilm oluşmasına imkan tanınıyorsa, bu potansiyel daha fazla olacaktır [20].

Tesis soğuk su tankları, yılda en az bir kez olmak üzere temizlenmelidir. Temiz kullanım soğuk su depoları, günlük maksimum su tüketimin üzerinde su depoluyorsa, mevcut su içinde sürekli bir dezenfeksiyon sağlanmalıdır ve depodaki suyun kendi içinde günde en az 1–2 kez sirkülasyonu sağlanmalıdır. Soğuk suyun 25 °C'nin altında depolanmasına dikkat edilmelidir ve su sıcaklığı günde 2 kez ölçülerek kayıt altına alınmalıdır. Su dağıtım sisteminde; su akımının olmadığı veya çok yavaş olduğu noktalar var ise bu noktalar tespit edilerek hareketsizlik ortadan kaldırılmalıdır [35].

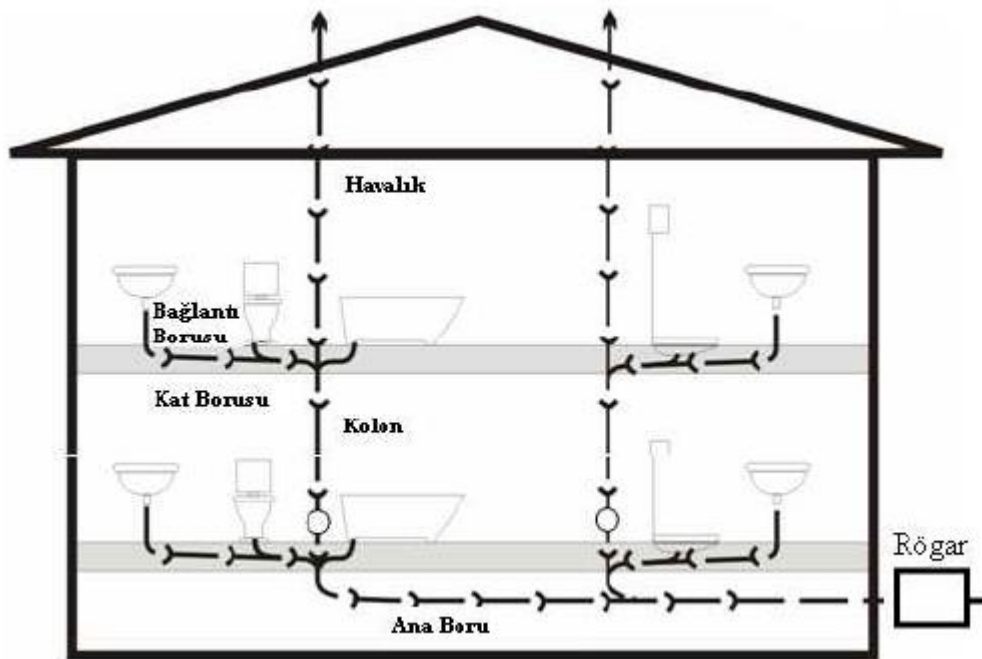
2.3.8.4 Su Depolarının Temizliği ve Dezenfeksiyonu

Su deposu boşaltılarak içi öncelikle kaba kirlere (kum, çamur vb.) arındırılarak genel ön temizlik yapılmalıdır. Daha sonrasında kimyasal ile dezenfeksiyonu sağlanmalıdır. Bu şekilde dezenfeksiyon yapıldıktan sonra depo tekrardan doldurabilir [35].

Durgun su bakterilerin çoğalmasını hızlandırmaktadır. Bunu engellemek için depolara suyun hareket etmesi için re-sirkülasyon pompası konulabilir.

PİS SU TESİSATI**3.1 Pis Su Tesisatı Bölümleri**

Su kullanma yerlerinden başlayan ve bina dışındaki röğara kadar olan boru bölümlerinin tümüne bina içi pis su tesisatı denir. Bina içi pis su tesisatı boruları bölümlerine göre dikkate alındığında ana boru, kat borusu, kolon borusu, bağlantı borusu ve havalık borusu olmak üzere beş bölümde incelenir [36].



Şekil 3.1 Bina içi atıksu tesisatı boru bölümleri [36]

Atıksu Kolonu: Katlardan gelen pis su boru hatlarını ana boruya ileten düşey konumda döşenen borulardır [36].

Atıksu Kat Borusu: Daire içlerine döşenen pis suları atıksu kolonuna ileten yatay olarak döşenen borulardır [36].

Atıksu Bağlantı Borusu: Su kullanma yerleri ile daire borusu arasına döşenen borulardır [36].

Atıksu Havalık Borusu: Atıksu boruları içerisindeki hava basıncının artı ya da eksi yönde değişmesi, sistemdeki suyun akışını engeller. Kokuların binaya yayılmasını önleyen sifonlardaki suyun kaybına neden olur. Böyle bir durumda sifon işlevini yerine getiremez. Bina içi pis su tesisatındaki açık hava basıncını sabit tutmak için kullanılan boru hattına havalık borusu denir. Atıksu kolon borusunun çatı katının üzerine kadar çıkartılan boru bölümüdür. Çatıdan sonra borunun bitiş ucuna havalandırma şapkası takılır [36].

Havalık Kolon Borusu: Bu sistemde pis su kolonu yanına konulan, ikinci bir havalık kolonu ile havalandırılır. Havalandırma kolonu her katta atıksu kolonuna bağlanır. Ayrıca kat borularının en uç noktasından ayrı bir boruyla da kolona havalık borusu bağlanabilir [36].

3.2 Pis Su Tesisatı Sistemler ve Boru Bağlantı Tipleri

Binalardaki bulunan başlıca su kullanım yerleri lavabolar, banyolar, yer süzgeçleri, tuvaletler ve mutfak olarak sayılabilir. Pis su tesisatında bütün kullanım yerlerinden gelen pis sular toplanarak kanalizasyona gönderilir. TS EN 12056-2 standardında pis su tesisatı sistem I, II ve III olarak ele alınmıştır. Günümüzde pis sular, siyah su (helalardan gelen) ve gri su (diğer yerlerden, örneğin lavabolardan gelen) olarak ayrılmakta ve bu yeni tesisat yaklaşımı TS EN 12056-2 standardında Sistem IV olarak tanımlanmaktadır. Bu durumda gri suyu geri kazanarak tekrar kullanmak mümkündür. Türkiye'de pis su ve yağmur suyu tesisatı projelendirilmesi ve yapımı TS EN 12056-1, TS EN 12056-2 ve TS EN 12056-3 kapsamında tanımlanır. TS EN 12056-1 Genel kurallar ve performans kuralları içermektedir. TS EN 12056-2 Sıhhi tesisat boru sistemi – tasarım ve hesaplamasını verir. TS EN 12056-3 ise yağmur suyu tesisatıyla ilgilidir.

Türkiye’de geleneksel olarak kullanılan pis su tesisatı projelendirme yöntemi Alman DIN 1986 Standardına dayanmaktadır. Buna dayanan Türk Standardı ise TS 826 idi.

TS 826, standardı, bina içinde ve binadan kontrol çukuruna (rögara) kadar olan pis su tesisatı hesaplama kurallarını kapsar. Standard yürürlükte değildir. TS 12056-1,2,3,4 standardı, tahliye boru sistemleri ve kanalizasyon borusuna bağlantıları ile birlikte dışkı ihtiva eden atıksu, dışkı ihtiva etmeyen atıksu ve yağmur suyu için binalar ve yerleşim yerleri içinde bulunan atıksu terfi tesislerine ait tasarım, hesaplama ve bakım kurallarını kapsar [37].

EN 12056-2, pis su tesisatını oluşturan boruların boyutlandırılmasında belirleyici olan aşağıdaki dört sistemi şöyle tanımlamaktadır :

- Sistem I : Tek inişli borulu (kolonlu) sistem olup, cihazları kolonlara bağlayan branşman boruları (yatay toplama boruları) %50 doluluk oranına göre hesaplanmıştır.
- Sistem II : Tek inişli borulu (kolonlu) sistem olup, cihazları kolonlara bağlayan branşman boruları % 70 doluluk oranına göre hesaplanmıştır.
- Sistem III : Tek inişli borulu (kolonlu) sistem olup, cihazları kolonlara bağlayan branşman boruları % 100 doluluk oranına göre hesaplanmıştır ve branşman boruları kolonlara ayrı ayrı bağlanmıştır.
- Sistem IV : Çift inişli borulu sistem olup, yukarıdaki sistemlerde klozetlerin ve pisuvarların pis su (black water) taşıyan bir inişli borusuna, geriye kalan diğer cihazların ise kirli su (grey water) taşıyan diğer inişli borusuna bağlanması esasına dayanır [38].

3.3 Pis Su Borularının Boyutlandırılması

Bir binanın pis su atıklarının ana kanala veya fosseptiğe akıtılabilmesi için gerekli boru (PP, PVC, Pik Boru ve PE) tesisatı belirli yöntemlere uygun olarak yapılmalıdır. Atıksu tesisatı boru çapları tüketim birimi yöntemine göre hesaplanır.

Hesaplarda hela taşı ve klozet çıkışı bağlantısı mutlaka Ø100 olmalıdır.

Çizelge 3.1 Tahliye biçimleri [38]

	Sistem I	Sistem II	Sistem III	Sistem IV
	DU L/s	DU L/s	DU L/s	DU L/s
Lavabo, bide	0,5	0,3	0,3	0,3
Tapasız duş	0,6	0,4	0,4	0,4
Tapalı duş	0,8	0,5	1,3	0,5
Sifonlu pisuvar	0,8	0,5	0,4	0,5
Su yıkama vanalı pisuvar	0,5	0,3	-	0,3
Paka pisuvar	0,2*	0,2*	0,2*	0,2*
Banyo	0,8	0,6	1,3	0,5
Eviye	0,8	0,6	1,3	0,5
Bulaşık makinesi (Ev tipi)	0,8	0,6	0,2	0,5
Çamaşır makinesi (6 kg'a kadar)	0,8	0,6	0,6	0,5
Çamaşır makinesi (12 kg'a kadar)	1,5	1,2	1,2	1,0
4,0 Litre su hazneli tuvalet	**	1,8	**	**
6,0 Litre su hazneli tuvalet	2,0	1,8	1,2 ile 1,7***	2,0
7,5 Litre su hazneli tuvalet	2,0	1,8	1,4 ile 1,8***	2,0
9,0 Litre su hazneli tuvalet	2,5	2,0	1,6 ile 2,0***	2,5
Yer süzgeci DN 50	0,8	0,9	-	0,6
Yer süzgeci DN 70	1,5	0,9	-	1,0
Yer süzgeci DN 100	2,0	1,2	-	1,3
* Kişi başına				
** Müsaade edilmez				
*** Tipe bağlı (sadece, yıkama suyu hazneli tuvaletler için geçerlidir.)				
- Kullanılmaz veya veri yok				

3.3.1 Pis Su Debisi

TS EN 12056 'ya göre,

Q_{ww} , sadece bina sıhhi tesisat birimlerinin bağlı olduğu drenaj sisteminin içinde ya da bir bölümünde beklenen atıksu akış debisidir [38].

$$Q_{ww} = K \sqrt{\sum DU} \quad (3.1)$$

Q_{ww} : L / s

K : Sıklık Faktörü

$\sum DU$: Boşlatma birimlerinin toplamı

K sıklık faktörü birimlerin farklı kullanımlarına göre, aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.2 Tipik frekans faktörleri (K) [38]

Sihhi tesisatların kullanımı	K
Aralıklı kullanım (örneğin; ev, misafirhane, iş yeri)	0,5
Sık kullanım (örneğin; hastane, okul, restoran, otel)	0,7
Yoğun kullanım (örneğin; umumi tuvaletler ve/veya duşlar)	1,0
Özel kullanım (örneğin, laboratuvar)	1,2

3.3.2 Pis Su Boru Çapı Belirlenmesi

3.3.2.1 Havalandırılmayan Pis Su Borusu Sistemleri

Branşman borularının ölçüleri ve havalandırılmayan branşmanların kullanımı üzerindeki kısıtlamaları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.3 Havalandırılmayan pis su sistemi hidrolik kapasite ve anma çapı [38]

Q _{en} yüksek	Sistem I	Sistem II	Sistem III	Sistem IV
L/s	DN	DN	DN	DN
0,40	*	30		30
0,50	40	40		40
0,80	50	*		*
1,00	60	50		50
1,50	70	60		60
2,00	80**	70**		70**
2,25	90***	80****		80****
2,50	100	90		100
* Müsaade edilmez				
** Tuvalet yok				
*** En fazla iki tuvalet ve yönlerdeki toplam değişimler 90°den küçük				
**** En fazla bir tuvalet				

3.3.2.2 Havalandırılan Pis Su Borusu Sistemleri

Havalandırılan pis su boşatma bağlantı borularının çapları ve kullanımı ile ilgili kısıtlamalar aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Havalandırılan pis su sistemi hidrolik kapasite ve anma çapı [38]

Q _{en} yüksek	Sistem I	Sistem II	Sistem III	Sistem IV
L/s	DN	DN	DN	DN
	Tali boru-baca ağızı	Tali boru-baca ağızı	Tali boru-baca ağızı	Tali boru-baca ağızı
0,60	*	30/30		30/30
0,75	50/40	40/30		40/30
1,50	60/40	50/30		50/30
2,25	70/50	60/30		60/30
3,00	80/50**	70/40**		70/40**
3,40	90/60***	80/40****		80/40****
3,75	100/60	90/50		90/50
* Müsaade edilmez				
** En fazla iki tuvalet ve yönlerdeki toplam değişimler 90°den küçük				
*** Tuvalet yok				
**** En fazla bir tuvalet				

Çizelge 3.5 TS EN 12056-2'ye göre pis su sarfiyat birimleri [38]

Kullanma Noktası	Sarfiyat birimi (DU)
Lavabo	0,5
Wc	2
Duş	0,8
Küvet	0,8
Pisuar	0,8
Eviye-evsel	0,8
Çamaşır makinası, bulaşık makinası	0,8
Bahçe, garaj musluğu	5
Yer süzgeci	0,8
Otopark süzgeci	2

Çizelge 3.6 TS EN 12056-2'ye göre pis su boru çaplandırma tablosu [38]

Baca ve baca ağzı	Sistem I, Sistem II, Sistem III, Sistem IV	
DN	Eşit giriş	Kavisli giriş
60	0,5	0,7
70	1,5	2,0
80*	2,0	2,6
90	2,7	3,5
100**	4,0	5,2
125	5,8	7,6
150	9,5	12,4
200	16,0	21,0
* Sistem II'de tuvaletlerin sistemle bağlandığı en küçük çap		
** Sistem I, Sistem III, Sistem IV'de tuvaletlerin sisteme bağlandığı en küçük çap		

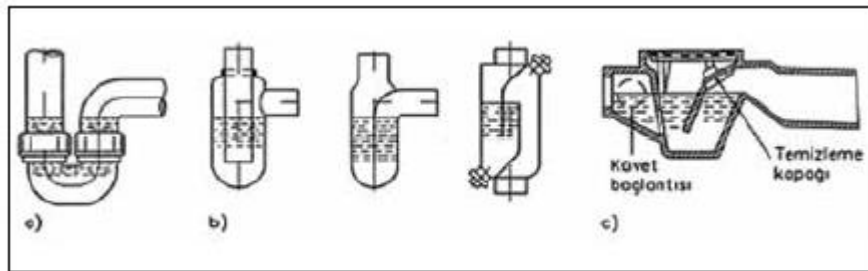
Yatay borularda pis ve kirli suyun akışının uygun bir biçimde temini ve havanın ters akışı için, borulara akış doğrultusunda eğim verilir.

3.4 Pis Su Borularının Havalandırılması

3.4.1 Pis Su Tesisatında Sifonlar

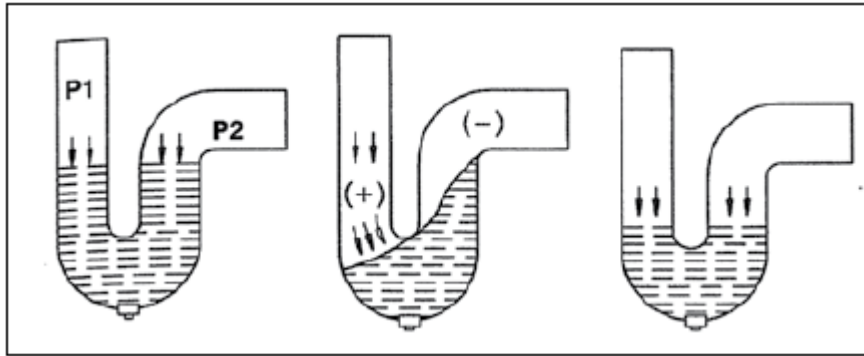
Bina içi pis su tesisat borularında sağlığa zararlı gazlar ve rahatsız edici kokular bulunur. Bu zararlı gazları ve rahatsız edici kokuların yaşadığımız mekanlara yani banyolara, tuvaletlere, mutfaklara sızmasının engellenmesi gerekir. Aksi durum hijyen ve konfor açısından kabul edilemez [13].

Bunun için binadaki bütün su kullanım noktalarında sifon kullanılmaktadır. Koku engelleyici olarak da ifade edebileceğimiz bu sifonlar basit ve mükemmel çalışan elemanlardır ve günümüzde de kullanılmaya devam edilmektedir. Şekil 3.2'de gösterildiği gibi çeşitli tipte sifonlar yapılmaktadır [13].



Şekil 3.2 Çeşitli sifon tipleri [13]

Sifonun asıl görevi bulundurduğu belirli yükseklikteki su kolonu vasıtasıyla kanalizasyondaki rahatsız edici kokuların ve gazların kullanım mahallerine geçişini engellemektir. Sifondaki suyun arkasında kanalizasyon, önünde yaşam mahalleri bulunmaktadır. Sifonlar birleşik kaplar yöntemine göre çalışırlar. Su kullanımı olduğu sürece sifondaki bulunan bu su tabakası sürekli olarak korunur. Sifonun başarılı bir şekilde çalışabilmesi için bu su tabakasının sürekli korunması gerekir. Sifondaki su kolonu yüksekliği genellikle 50-100 mm olur. Normal sifonlar 50 mm yüksekliktedir. 100 mm yükseklikteki sifonlara derin sifon denir [13].

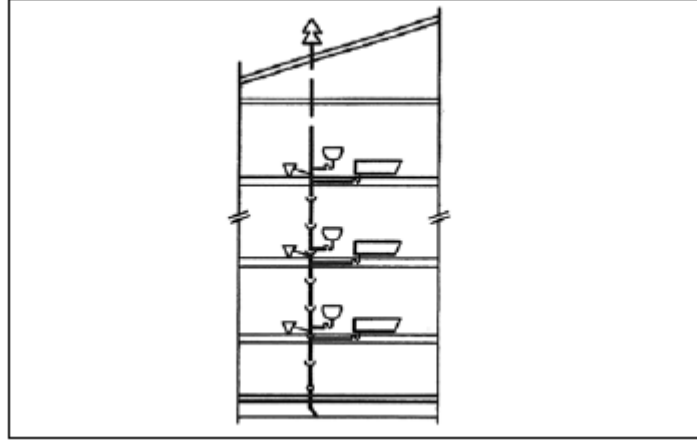


Şekil 3.3 Sifondaki su tabakası üzerine etki eden basınçlar [13]

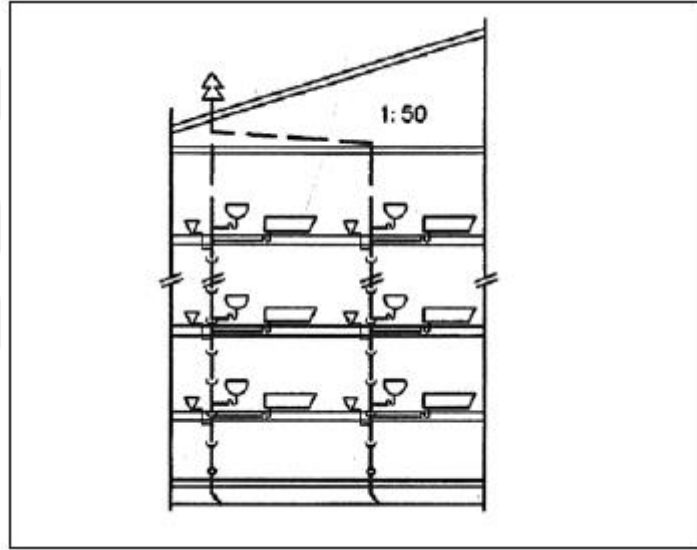
3.4.2 Pis Su Tesisatında Sifonlar

3.4.2.1 Ana Havalandırma Kolonu ile Havalandırma

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan havalandırma yöntemlerinden biridir. Şekil 3.4'deki gibi pis su kolonlarının her biri ayrı ayrı veya Şekil 3.5' daki gibi bir kaç kolon birleştirilerek, aynı çapta çatı üzerine kadar uzatılır ve havalandırma böyle sağlanır. En basit ve en ucuz havalandırma sistemi olup, özel durumlarda yetersiz kalır [13].



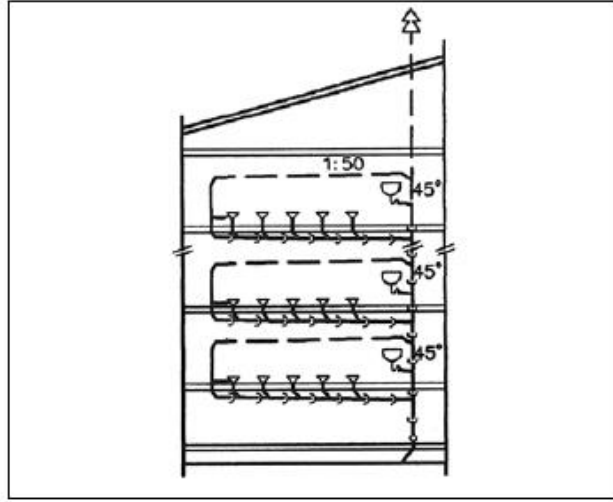
Şekil 3.4 Doğrudan ana havalandırma kolonu ile havalandırma [13]



Şekil 3.5 Ana pis su kolonuyla havalık [13]

3.4.2.2 Müşterek Havalık Borusuyla Havalandırma

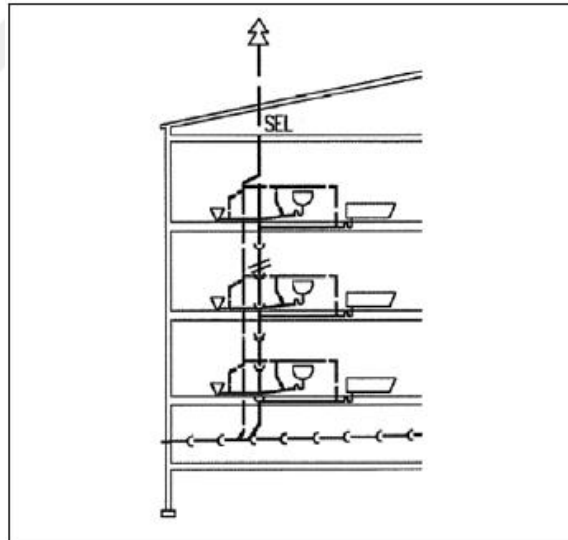
Bu sistem daha konut dışı binalarda uygulanır. Özellikle kalabalık kullanımların olduğu hastane, okul, AVM gibi yerler müşterek pis su borusu özel olarak havalandırılır [13].



Şekil 3.6 Müşterek havalık borusuyla havalandırma [13]

3.4.2.3 Bağımsız Havalık Borusuyla Havalandırma

Her bir kullanım yeri ayrı olarak havalandırılır. Bu sistem Türkiye’de kullanılmamaktadır. Bu yüzden TS EN 12056-2’de de yer almamaktadır. Mükemmel bir havalandırma yöntemi olmasının yanında oldukça maliyetlidir [13].

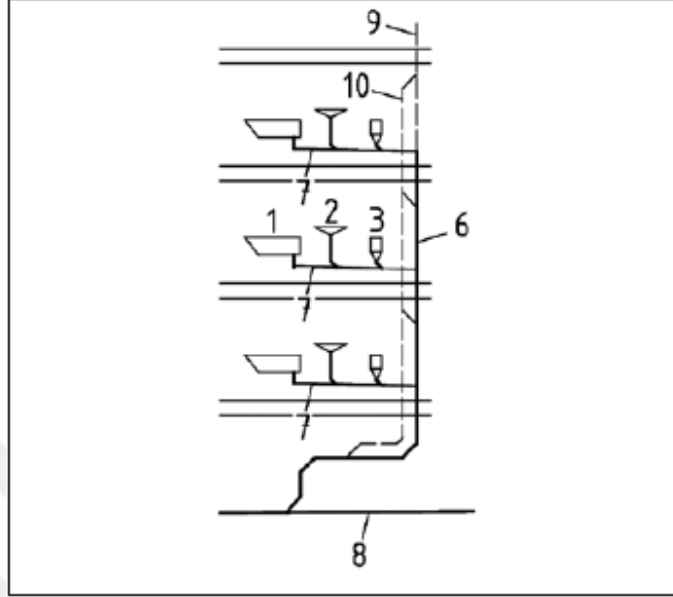


Şekil 3.7 Bağımsız havalık borusuyla havalandırma [13]

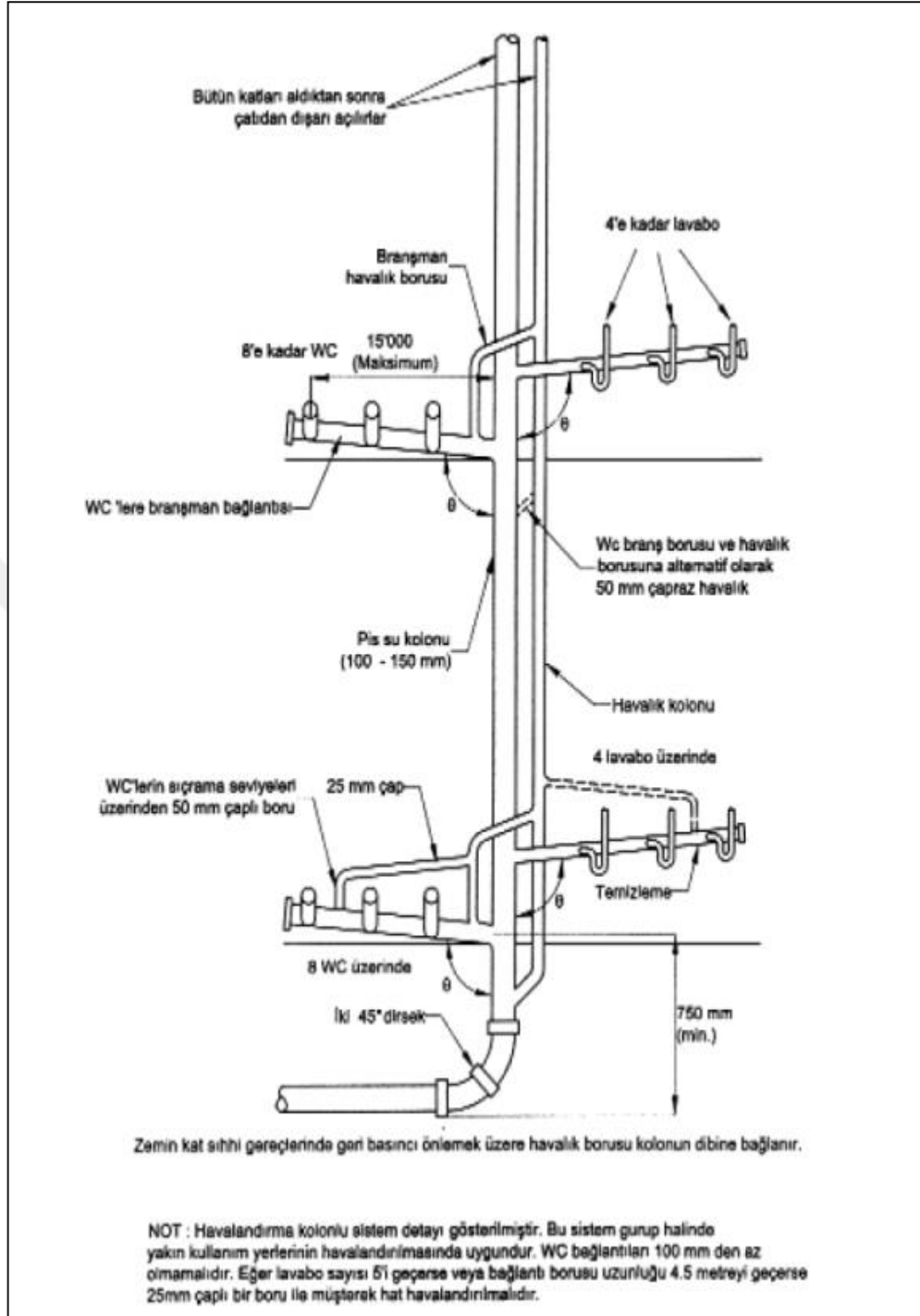
3.4.2.4 Yardımcı Havalık Kolonuyla Havalandırma

Pis su kolonu, yanında bulunan ayrı bir havalandırma kolonu ile havalandırılır. Genellikle yüksek katlı ve büyük binalarda tercih edilir. Yüksek katlı binalarda havalandırma kolonu her 10 katta bir pis su kolonuna bağlanır. Bu sistem Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Yardımcı

havalandırma kolonu her katta en son hatta bulunan armatürden havayı alır ve ana pis su kolonuna bağlanır. Pis su hatları sadece ana pis su kolonuna bağlanır, yardımcı havalandırma kolonunda sadece hava vardır [13].



Şekil 3.8 Doğrudan yardımcı havalandırma kolonuyla havalandırma [13]



Şekil 3.9 Yardımcı havalandırma kolonu ile havalandırma detayı [30]

3.4.3 Pis Su Havalandırma Boru Çapı Tayini

Pis su tesisatı havalandırma boruları çapları genellikle ilgili pis su boruları çaplarıyla belirlenir.

1. Ana Havalandırma kolon sistemiyle yapılan bir havalandırmada, havalandırma kolonu ana pis su kolon çapıyla aynı çapta çatı üstüne kadar devam eder [13].
2. Müşterek havalandırma borusu çapı en az 40 mm olmalıdır. Yine bağlı olduğu müşterek pis su borusu çapına göre belirlenir. Çizelge 3.7'de ve Çizelge 3.8'de ise yük birimine bağlı olarak müşterek havalandırma borusu çapları verilmiştir [13].

Çizelge 3.7 Pis su boru çapına göre havalık boru çapı tayini [13]

Müşterek pis su borusu çapı, mm	Müşterek havalık borusu çapı, mm
DN 40	DN 40
DN 50	DN 40
DN 70	DN 50
DN 100	DN 50

Çizelge 3.8 Yük değerine göre havalık boru çapı tayini [13]

Bağlanabilecek yük değeri, YB	Müşterek havalık boru çapı, mm
8	DN 40
18	DN 50
56	DN 70

Çizelge 3.9 Klozet sayısına göre havalık boru çapı tayini [13]

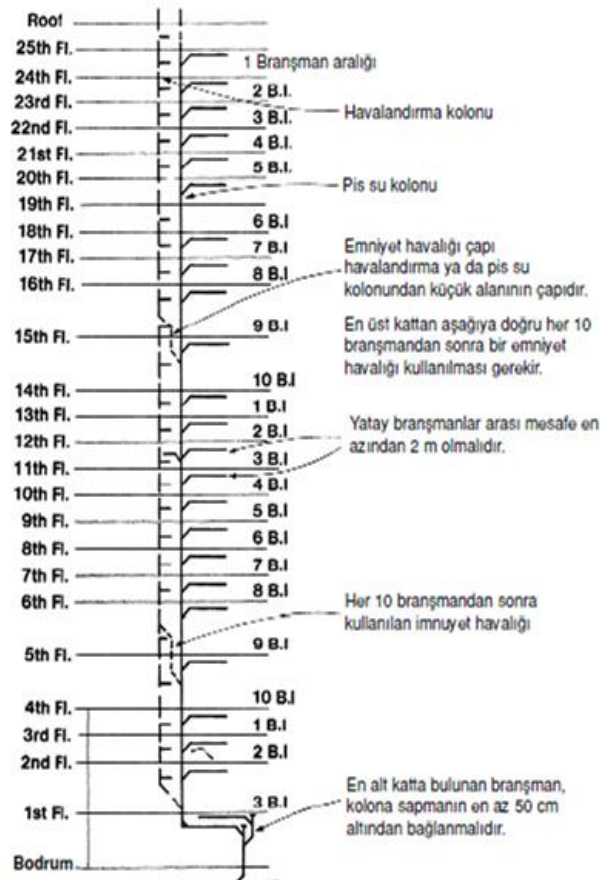
Bağlanabilecek klozet sayısı	Müşterek havalık boru çapı, mm
2	DN 50
3-6	DN 70
7-8	DN 100

3. Yardımcı havalandırma kolonları çapları ise bağlı oldukları ana pis su kolonuna eşit veya daha küçüktür, Çizelge 3.10 'dan alınabilir.

Çizelge 3.10 Yardımcı havalandırma kolonu çapları [13]

Kolon çapı, mm	Yardımcı havalandırma kolonu çapı, mm
DN 70	DN 70
DN 100	DN 70
DN 125	DN 100
DN 150	DN 100

Havalandırma boruları çatıda belirli yükseklikte olmalı ve çatı yüzeyini en az 60 cm aşmalıdır. Konut çatı teras çatı gibi kullanılabilir bir çatı ise bu yükseklik en az 1.5 m olmalı ve havalandırma ağzlarından uzak olacak şekilde yerleştirilmelidir. Yağmur suyunun içeri girişini engellemek için ucuna başlık konulmalıdır [13].



Şekil 3.10 Adetten fazla branşmana sahip hatlarda havalandırma [30]

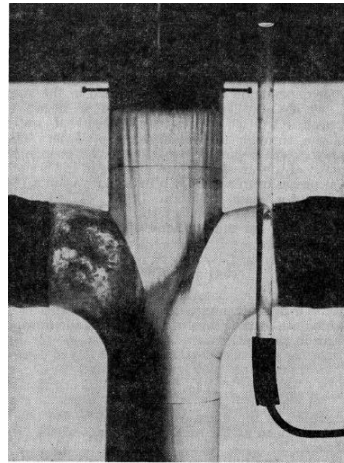
3.4.4 Pis Su Terminal Hız

Pis su tesisatında ; yatay branşmandan kolona olan su akış hızına, kolon fittings tipine, kolon çapına ve üst katlardan kolona olan akışa bağlı olarak, branşmandan kolona boşalan su bağlantı noktasında kolon kesitini tamamen doldurabilir veya doldurmayabilir [1].

Pis suyun dikey olarak boşalması, karmaşık bir olguya sahiptir ve katı, sıvı ve hava içeren üçlü faz akış özelliğine sahiptir. Bu mekanizma, binanın dikey akış sisteminde üst katlarda negatif basınç ve altta pozitif basınç neden olur. Roy.B.Hunter akış sistemini araştırmıştır, daha sonra Wyly & Dawson 1960 yıllarında terminal hız teorisini araştırmıştır [2].

Pis su akış teorisi ilk olarak Wyly& Dawson tarafından 1960 yılında yayınlanmıştır. Daha sonra, bazı araştırmalar yığında akan suyun hızını deneysel yöntem ve teori ile bulmaya çalışmış, ancak bu dönemde sonuç bildirilmemiştir. Dikey drenaj içerisindeki akış mekanizması şematik olarak anlatılmıştır. Dikey drenaj istifindeki hava basıncı, akışkan su ile dikey borudaki akış havası arasındaki seri etkileşimlerinden kaynaklanır [2].

Yatay bir daldan çok katlı bir pis su akışı, aynı anda pis su tesisat boru duvarında aşağıya doğru akabilen yüksek hızlı su örtüsünü karşıladığında bir dirençle karşılaşır. Bu direnç, hem yatay hem de dikey akımlardaki momentum değişimlerinin bir sonucu olarak dalda bir geri basınç oluşturur. Bu değişikliklere bir akıntının diğeri tarafından sapması neden olur [39]. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi,



Şekil 3.11 Pis su dikey akış [39]

Terminal hızları için denklemin aşağıdaki türevi, suyun radyal hız gradyanına sahip bir akışkan tabakası yerine yığın akış aşağı kayan sert bir cisimmiş gibi muamele edildiği yaklaşık bir değerdir. Daha doğru bir çözüm, burada gelişen türbülanslı sınır katmanının dikkate alınmasını gerektirir [39].

Halka şeklindeki su tabakası, dikey bir duvardan aşağıya doğru hareket ederken sert bir gövde gibi muamele görür, yalnızca yerçekimi ve duvar sürtünme kuvvetlerinden etkilenir [39].

Suyun, aşağı doğru bir başlangıç V_0 hızı ile başladığı varsayılmaktadır. V_0 hızı, düşme uzunluğu, V_t terminal hızdan düşüktür. Katmanın kalınlığı z (azalan su giriş noktasından aşağıya doğru ölçülen mesafe ölçülen noktaya kadar) ile azalmakta, z , z_t 'nin terminal uzunluğunun değerini elde ettiğinde sabit olmaktadır [39].

Yukarıda yapılan varsayımlar altında, ivmelenme kuvveti çekim kuvveti ile eşit olduğundan, sürtünme direnci daha azdır,

$$\Delta m \frac{dV}{dt} = \Delta m g - \tau_0 \pi D_1 \Delta L \quad (3.2)$$

t_0 , birim alandaki kayma gerilmesi,

Δm , su kütlesi,

D_1 , borunun çapı,

$$\Delta m = \rho_w Q_1 g \Delta t (3.x)$$

$$\rho_w Q_1 \frac{dV}{dt} \Delta t = \rho_w Q_1 g \Delta t - \tau_0 \pi D_1 \Delta L \quad (3.3)$$

t_0 ile ilişkisi tanımlanırsa,

ρ_w , suyun yoğunluğu,

g , yer çekimi ivmesi,

$$\tau_0 = \frac{\lambda \rho_w}{2} V^2 \quad (3.4)$$

λ , boyutsuz sürünme direnci,

V , boru içindeki hız

ΔL değeri yerine, $V \cdot \Delta t$ değeri yazılırsa (3.2) denklemi;

$$\rho_{\omega} Q_1 \frac{dV}{dt} \Delta t = \rho_{\omega} Q_1 g \Delta t - \frac{\pi \lambda \rho_{\omega}}{2} D_1 V^3 \Delta t \quad (3.5)$$

$$\frac{dV}{dt} = g - \frac{\pi \lambda}{2 Q_1} D_1 V^3 \quad (3.6)$$

Terminal hızı V_t 'nin ifadesi şimdi dV / dt sıfıra eşit olarak ayarlanarak elde edilecektir.

$$V_t = \left(\frac{2gQ_1}{\pi \lambda D_1} \right)^{1/3} \quad (3.7)$$

λ nin $f/4$ değerine eşit olduğu gösterilebilir, f değeri Darcy-Weisbach formülünde boru akışı için boyutsuz sürtünme katsayısı değeridir.

Reynolds sayısının, $NR = TV / \nu$, yaklaşık olarak ve pürüzlülük oranı, k_s / R_h veya k_s / T nin bir fonksiyonudur. λ sürtünme katsayısının ortadan kaldırılması için (3.7) denkleminin değiştirilmesi gerekir.

Bunu yapmak için, Keulegan tarafından Manning formülüne dayanarak açık kanallardaki akış için verilen aşağıdaki denklem kullanılır:

$$\frac{\bar{V}}{V_*} = 8,12 \left(\frac{R_h}{k_s} \right)^{1/6} \quad (3.8)$$

$\bar{V}$, kesitteki ortalama hızdır ve V_* kayma hızıdır,

k_s , pürüzlülük katsayısı,

R_h , hidrolik yarıçap,

$$V_* = \sqrt{\tau_0 / \rho_{\omega}} \quad (3.9)$$

$\bar{V}$ ortalama hız diğer eşitliklerde verilen V hızı ile aynıdır. t_0 değeri (3.8) ve (3.9) denkleminden ayıklanırsa, R_h yerine yaklaşık olarak yapılabileceği gibi, T ile değiştirilirse, denklem sonuçları,

T , akan su tabakasının kalınlığı

$$\lambda = 0,0303 \left(\frac{k_s}{T} \right)^{1/3} \quad (3.10)$$

λ değeri (3.7) denklemine yerleştirilirse, terminal hız,

$$V_t = \sqrt[3]{21g \frac{Q_1}{D_1} \left(\frac{T_t}{k_s}\right)^{1/3}} \quad (3.11)$$

T_t nin T değerinin terminal hızına tekabül ettiğini göstermek için yazılmıştır.

Su tabakasının kalınlığının (T_t) kalınlığı, tabakanın enine kesit alanı ve akış hızı arasındaki ilişki yoluyla elimine edilerek, terminal hızı ifadesinde bir başka değişiklik yapılacaktır.

$$Q_1 = \pi D_1 T_t V_t \quad (3.11)$$

veya daha doğru bir ifade ile,

$$Q_1 = \pi(D_1 - T_t)T_t V_t \quad (3.12)$$

Denklem (3.11), kısmen dolu akan drenaj yığınlarında üretilen nispeten küçük T_t değerleri için yeterince doğru olmalıdır. Yaklaşık ifade kullanılırsa, sonuç:

$$V_t = 2,22 \left(\frac{g^3}{k_s}\right)^{1/10} \left(\frac{Q_1}{D_1}\right)^{2/5} \quad (3.13)$$

Reynold sayısının denklemi (3.13) bir faktör olmamasının nedeni, λ yı ortadan kaldırmak için kullanılan denklem (3.8)'dir.

Hunter tarafından test edilen yeni dökme demir toprak borusu boyunca akış için sürtünme kayıpları verilerinden k_s 'nin uygun bir değeri belirlenmiştir. Bu, yaklaşık değeri, $k_s = 0.00083$ ft verilir. Denklem (12) k_s (0.00083 ft) ve g (32.2ft / sn / sn) sayısal değerlerini kullanarak hesaplama için uygun bir şekilde ifade edilebilir.

$$V_t = 12,8 \left(\frac{Q_1}{D_1}\right)^{2/5} \quad (3.14)$$

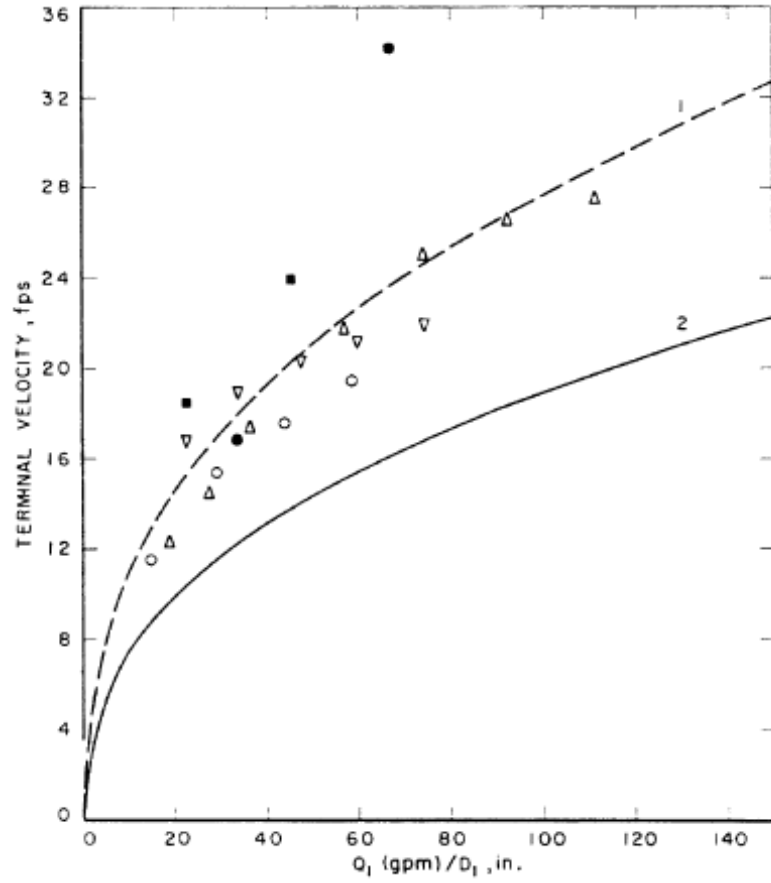
V_t , feet / saniye , Q_1 ise kübik feet / saniye ve D_1 birimi feet olarak verilmiştir.

Q_1 galon / dakika ve D_1 birimi inch olarak düzenlenirse, denklem (3.15) gibi olur.

$$V_t = 3 \left(\frac{Q_1}{D_1}\right)^{2/5} \quad (3.15)$$

Beklenildiği gibi, deney noktalarının önemli ölçüde dağılması nedeniyle, uç birim hızının ölçülmesi çok zordur. Tüm ölçümler, dökme demir toprak borusu üzerindeki direnç

ölçümlerinden hesaplanan eğrinin üzerindedir. Bu etki için olası bir açıklama su katmanındaki hız dağılımı ile ilgilidir. Katman içinde dik bir hız gradyanı vardır, hız duvardaki sıfırdan yapağın iç yüzeyinde maksimuma yükselir.



Şekil 3.12 Ölçülen ve hesaplanan terminal hız değerlerinin karşılaştırılması [39]

Terminal hız SI birimine göre düzenlenirse,

Terminal hız,

$$V_t = 1,96 \left(\frac{q}{d} \right)^{0,4} \quad (3.16)$$

q = Akışkan Debisi (L / dakika)

d = Kolon Çapı (mm)

V_t = Terminal Hız (m/s)

3.4.5 Pis Su Terminal Uzunluk

Katmandaki terminal uzunlukları için denklem, dikey yığınların duvarlarından aşağı akarken, denklem (3.5), (3.6) ile başlayarak, gerekli dönüşümleri yaparak ve terminal uzunluğu için ifadeyi elde etmek için sonucu birleştirerek türetilir.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{dV}{dz} \frac{dz}{dt} = V \frac{dV}{dz} \quad (3.17)$$

Denklem dz eşitliği haline getirilirse,

$$dz = \left(\frac{1}{g}\right) \left(\frac{V dV}{1 - \frac{\pi \lambda D_1 V^3}{2g Q_1}} \right) \quad (3.18)$$

λ değerinin V 'nin bir fonksiyonu olmadığı kabul edilirse ve denklem (3.7) kullanılırsa,

$$dz = \frac{(V_t)^2}{g} \left(\frac{\left(\frac{V}{V_t}\right) d\left(\frac{V}{V_t}\right)}{1 - \left(\frac{V}{V_t}\right)^3} \right) = \frac{(V_t)^2}{g} \left(\frac{\theta d\theta}{1 - \theta^3} \right) \quad (3.19)$$

$$L_t = z \frac{z_t}{\theta} = \frac{1}{3} \frac{(V_t)^2}{g} \left[\frac{1}{2} \log_e \frac{1 + \frac{V}{V_t} - \left(\frac{V}{V_t}\right)^2}{\left(\frac{V}{V_t} - 1\right)^2} - \tan^{-1} \left(2 \frac{V}{V_t} + 1 \right) \right]_0^1 \quad (3.20)$$

Üst limit ($V / V_t = 1$) değiştirilirse, parantez içindeki ilk terimin paydası sıfır olduğunda sonsuz bir sonuç elde edilir.

Bu zorluk, hızın gerçek terminal hızının 0,99 katına eşit bir değere ulaştığında, terminal uzunluğunun tüm pratik amaçlar için elde edilmiş olduğunu varsaymak suretiyle önlenir.

Denklem (3.20) V / V_t yerine bu ikame yapılarak sınırların eklenmesiyle elde edilir.

$$L_t = \frac{(V_t)^2}{3g} \left[\frac{1}{2} \log_e 29.700 - \tan^{-1} 2,98 - \frac{1}{2} \log_e 1 + \tan^{-1} 1 \right] \quad (3.21)$$

$$L_t = 0,052 (V_t)^2 \quad (3.22)$$

Denklem (3.21), (3.22) bir pis su borusunun duvarındaki suyun, terminal hızına yaklaşık olarak eşit bir hıza ulaşmadan önce düşmesi gereken mesafeyi hesaplamak için kullanışlıdır.

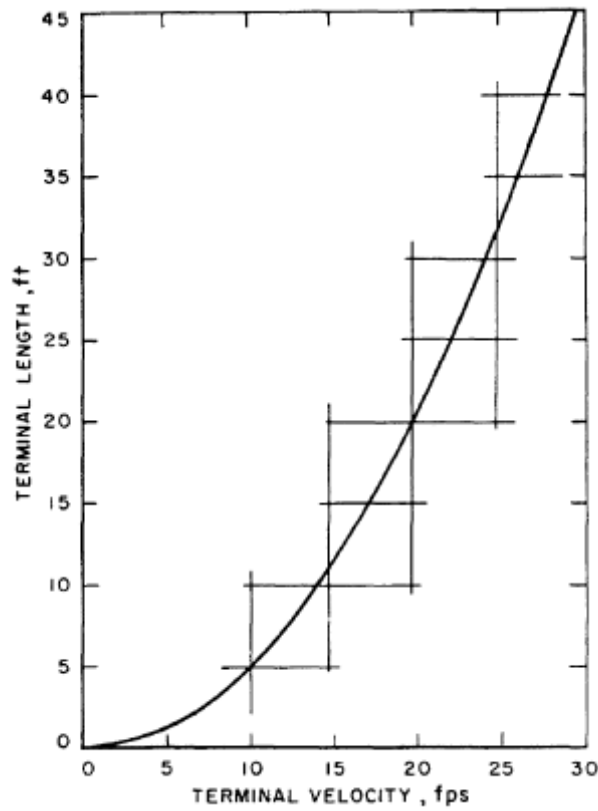
Aşağıdaki şekil, terminal uzunluğu, terminal hızının bir fonksiyonu olarak vermektedir.

Eğer denklem (3.21), (3.22) yerçekiminin etkisi altında serbest düşüş denklemi ile karşılaştırılırsa, borudaki su katmanının, serbest bir şekilde düşerken yerçekiminin etkisi ile belirli bir düşme hızına ulaşması için üç kat kadar düşmesi gerektiği bulunmuştur.

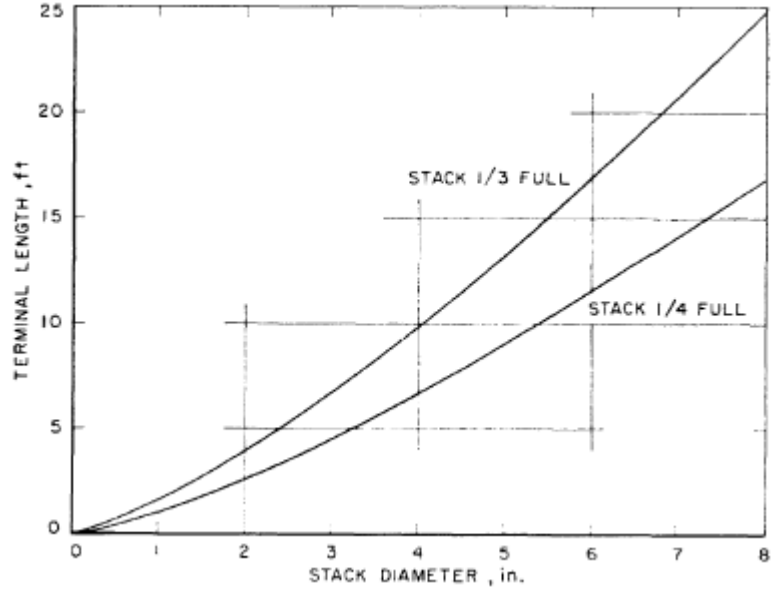
Şekil 3.13'de , iki doluluk derecesi için pis su boru çapının bir fonksiyonu olarak terminal uzunluğunu göstermektedir.

Bu eğriler denklemlerden (3.15), (3.21), (3.22) ve (3.23) ile hesaplanmıştır.

Çoğu pratik durumda, düşen suyun terminal hızına bir ila iki kat arasında yaklaşacağını belirtir.



Şekil 3.13 Terminal uzunluğun terminal hız ile fonksiyonu [39]



Şekil 3.14 Boru çapının fonksiyonu olarak terminal hız [39]

r_s (bir pis su akışının enine kesit alanının, yığının toplam enine kesitine oranı)

Akış kapasitesi pis su çapı ve su kesiti cinsinden ifade edilebilir. Bu ifade, bir pis su akışının kesit alanının, yığının toplam kesit alanına oranı aşağıdaki denklemde gösterilmiştir.

$$Q_1 = 27,8(r_s)^{5/3}(D_1)^{8/3} \quad (3.23)$$

Temel ifade eşitlendiğinde,

$$A = \frac{\pi r_s}{4} (D_1)^2 \quad (3.24)$$

Denklemde (3.23) Q_i , gpm cinsinden su akışının hacim oranıdır ve D_1 pis su boru çapının inç cinsinden ifadesidir.

Terminal Mesafenin SI Birimi Cinsinden ifade,

Terminal mesafe ,

$$L_t = 0,17(V_t)^2 \quad (3.25)$$

V_t = Terminal Hız (m/s)

L_t = Terminal mesafe (m)

Su kolona girdiği an 9.81 m/s^2 değerinde yer çekimi ivme ile hızlanmaya başlar ve çok kısa bir mesafe içerisinde borunun iç çeperlerinde bir tabaka oluşturur. Bu çekirdeği hava

olan, su tabakası boru çeperindeki sürtünme kuvveti yer çekimi kuvvetine eşit olana kadar hızlanmaya devam eder. Sürtünme kuvvetinin yer çekimi kuvvetine eşit olduğu noktada su filmi pratik olarak değişmeyen bir hızla düşmeye devam eder. Bu ulaşılan düşey hız "terminal hız" olarak adlandırılır, ve terminal hıza ulaşım mesafesi "terminal mesafe" olarak adlandırılır [39].

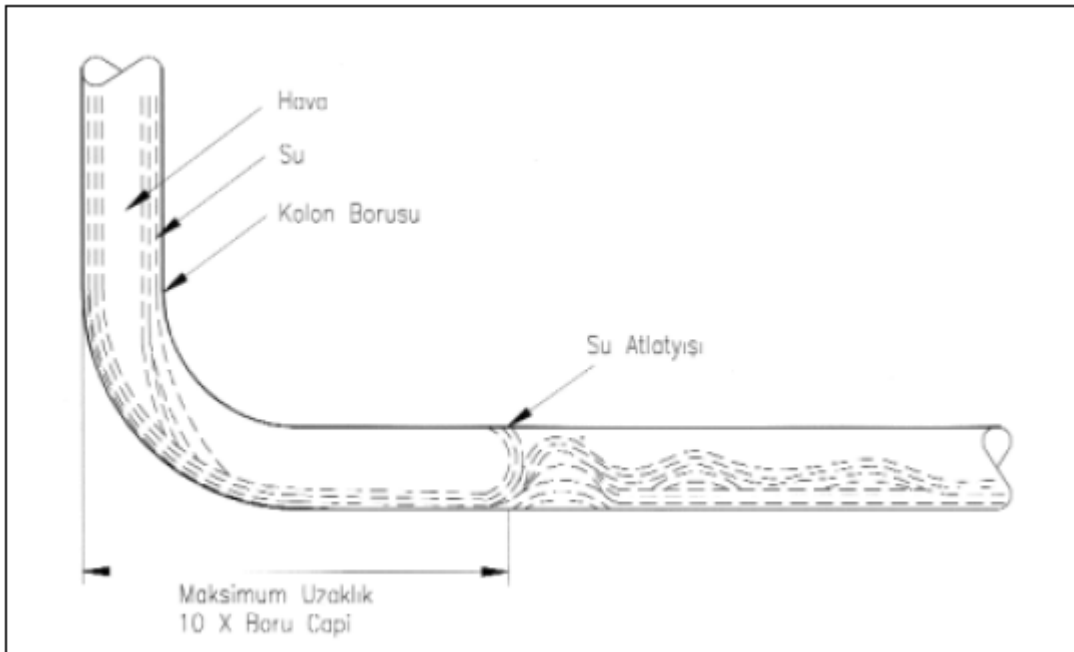
Terminal hızın yaklaşık olarak 3.0 - 4.5 m/s olduğu ve giriş noktasından 3.0- 4.5 m uzakta ortaya çıktığı görülebilir [40].

Aşağıda hız ve terminal mesafenin sınırlamaları gösterilmiştir.

$$3 \leq V_t \leq 4.6 \text{ m/s} \quad 3 \leq L_t \leq 4.6 \text{ m}$$

3.4.6 Pis Su Kolon Yer Değiştirmeleri

Bir kolonda 45° 'den daha büyük bir açı ile yön değiştirme olursa problem yaşanır. Düşeyden yataya dönülen dirsekte, yatay boru girişinde suyun akış hızı, bir yatay boru girişinde suyun akış hızı, bir yatay boruda üniform akış şartlarında boru kesitinin tam veya yarım dolduran suyun akış hızına göre, çok fazladır [30].



Şekil 3.15 Yatay yön değiştirmede hidronik sıçrama [30]

3.5 Pis Su Tesisatında Gürültü

Gürültü istenmeyen ses olarak nitelendirilir ve gürültü denince sağır edici sestən, komşu konuttan gelen seslere dahil hepsini kapsar. Gürültü insan üzerinde fizyolojik ve psikolojik olmak üzere iki yönde etki eder [27].

Gürültü ile ilgili henüz yayınlanmış standartlar bulunmamaktadır. Batı Ülkeleri'nde yayınlanmış ve gelişmiş standartlar bulunmaktadır. Bu ülkelerden biri olan Almanya'da gürültü ile ilgili DIN 4109 standardı uygulanmakta ve pis su tesisatlarındaki gürültünün engellemesi için öneriler içermektedir [19].

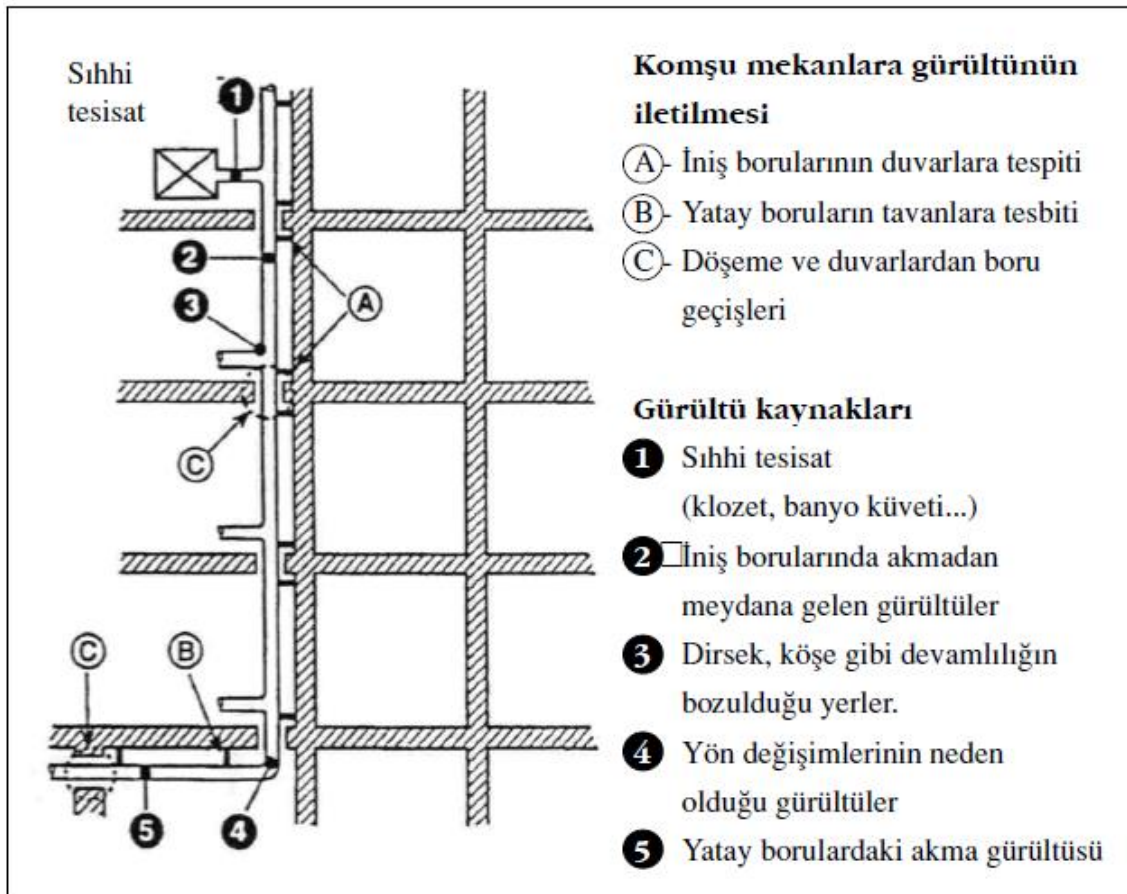
DIN 4109 Standardının adı "Binalarda Ses Yalıtımı" olup, bu standardda pis su tesisatının ses yalıtım kuralları belirtilmiş bulunmaktadır. Standartta izin verilen ses geçirgenlik değerleri aşağıda verilmiştir [19].

Çizelge 3.11 DIN 4109 normunca müsaade edilen ses geçirgenlikleri [19]

Ses Kaynağı	Korunması Gereken Oda Çeşidi	
	Oturma ve Yatak Odaları	Sınıflar ve Bürolar
Su tedarik ve atıksu tesisatları	$\leq 35^{1)}$	$\leq 35^{1)}$
Diğer ev içi tesisatlar	$\leq 30^{2)}$	$\leq 35^{2)}$
6-22 saatleri arası işletmeler	≤ 35	$\leq 35^{2)}$
22-6 saatleri arası işletmeler	≤ 25	$\leq 35^{2)}$
¹⁾ Armatür veya cihazların kullanılması esnasında bir defa ve kısa süreli yüksek sesler dikkate alınmaz.		
²⁾ Devamlı ve dikkat çekmeyen tek ton olduğu müddetçe havalandırma tesisi ve tesisatlarına yukarıdaki değerlerden 5 dBA fazla sese müsaade edilir.		
Klozet kapağı veya duş kabinin kapatılması veya dış fırçası bardağının konması sırasında ortaya çıkan kullanıcı sesleri dikkate alınmaz.		

3.5.1 Gürültünün Kaynakları

Pis su tesisatındaki gürültü kaynakları lavabo, klozet, banyo-duş tekneleri gibi gereçler olup, montaj sırasında darbe tesirli sesleri ana yapıya iletecek şekilde direkt bağlantılı olmasından kaynaklanır. Bu nedenle bu tür gereçler ana yapıya bağlanırken bağlantı noktalarında ses iletimini kesecek ses yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır [27].

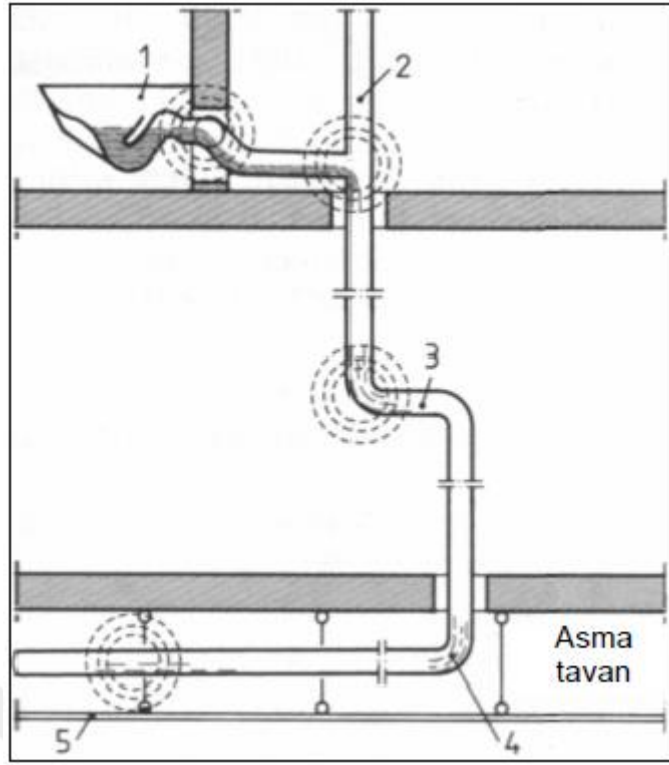


Şekil 3.16 Gürültü oluşturan ve gürültüyü ileten pis su tesisat şeması [14]

Pis su tesisatında meydana gelecek gürültüleri proje safhasında hesap yoluyla ortaya çıkaracak her hangi bir hesap metodu yoktur. Bu nedenle duvar ve döşemelerde her hangi bir hesap yapılamamaktadır [14].

Pis su tesisatında ses oluşma şekilleri

- Kullanım yerleri WC , duş gibi
- Kolona pis suyun akması
- Kolonun içinde ve yön değiştirmelerinde, alt toplamaya geçerken [19].



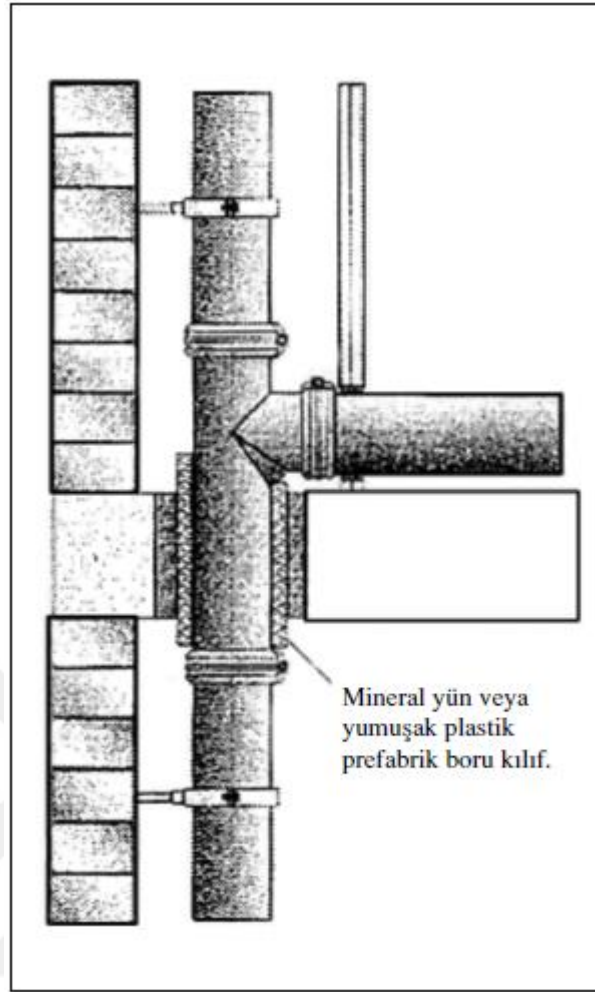
Şekil 3.17 Pis su tesisatında ses kaynakları [19]

Düşme yüksekliği çok önemli değildir, çünkü belirli bir akış yüksekliğinden sonra akış hızı değişmemektedir [19].

3.5.2 Pis Su Sistemlerinde Ses İzolasyonu

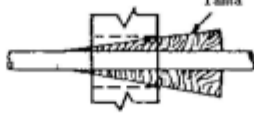
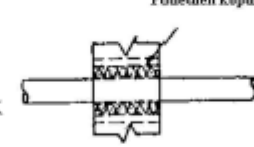
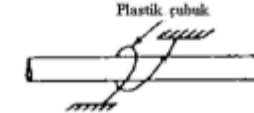
Pis su tesisatı gürültüyü engelleyecek şekilde planlanmalı ve döşenmelidir. Pis su tesisatı boruları duvar ve döşemelerden geçerken borulara ses yalıtıcı kılıflar konulmalıdır. Böylece, borunun içinde meydana gelen hava sesinin direkt olarak ana yapıya, bu şekilde hava sesi olarak mahallere geçmesi önlenmiş olur [14].

Yapılan testler sonucunda yalıtımlı boruların yalıtımsız borulara oranla 8 dB sesi azalttığı saptanmıştır (suyun akış hızı 2 lt/sn.).



Şekil 3.18 Darbeye bağlı sesin beton döşemeye geçişinin engellenmesi [14]

Aşağıdak verilen tablo, çeşitli montaj metotlarını örnekliyor ve buna bağlı çift direkli duvarlardan gürültü yayılımının nispeten azalmasını gösteriyor. Bu bilgi binalardaki tesisatın izole edilmesinin avantajlarını göstermektedir [29].

Boru İzolasyon Metotları	Örnekleme	Doğrudan montaja göre gürültü azalması, dB
Tahta Takoz: 2 tahta takoz boru ile duvar arasına konulmuş		0
J Kancalı Tırnak: 3/4 inç J kancalı tırnak bütün duvarla boru birleşmelerine takılmış		0
Köpük ile Boru İzolasyonu: Poliütilen köpük eklenmiş plastik izolasyon		-11
Elastik Destek: Duvardan elastik çubukla izole edilmesi		-19

Şekil 3.19 Boru destek metotları ve düz montaja göre gürültü azalması [29]

Tesisat yalıtımında kullanılacak ses emici malzemeler :

Bu tür işlerde, kesinlikle sert malzemeler kullanılmamalıdır. Kullanılacak malzemeler açık, yarı-açık veya kapalı gözenekli olmalı, ses emme katsayısı $a = 0.60 - 1.00$ arasında bulunmalıdır. Mineral elyafli malzemeler (camyünü, taşyünü), kauçuk köpüğünden ve polietilenden yapılmış hazır boru veya levhalar, bazı keçeler, basınca dayanıklı poliüretan ve elastomerik kauçuk köpüğünden yapılmış hazır boru supportları bu malzemelerin başlıcalarıdır [14].

Günümüzde sessiz pis su boruları projelerde tercih edilmektedir. Piyasada kullanılan markalardan alınan bilgi doğrultusunda , Almanyada ki Freunhofer enstitüsü tarafından yapılan ölçümlerde 4 l/s akışlarda 13 dB ses şiddeti seviyesine ulaşacak şekilde borular üretilmektedir. Günümüzdeki tesisatlarda bu tarz boruların kullanılması daha uygun olacaktır.

3.6 Sabun Köpüğü Basıncı

Çamaşır makinelerinden, bulaşık makinelerinde ve mutfak eviyelerinde kullanılan köpüren deterjanların kullanımı pis su tesisatında özellikle yüksek katlı binalarda ciddi problem oluşturmaktadır. Sıvı atıklar köpükten ağır olduğu için, köpük ile dolu pis su

borusunda köpüğü almadan sıvı atıklar akabilirler. Böyle bir durumda köpük atık ile birlikte dışarı atılmamaktadır. Bu durumu engellemek için köpüklü su kullanılan yerlerde havalandırma borusu çapı normal havalandırma boru çapına göre %20 ile %80 den fazla seçilebilir [30].

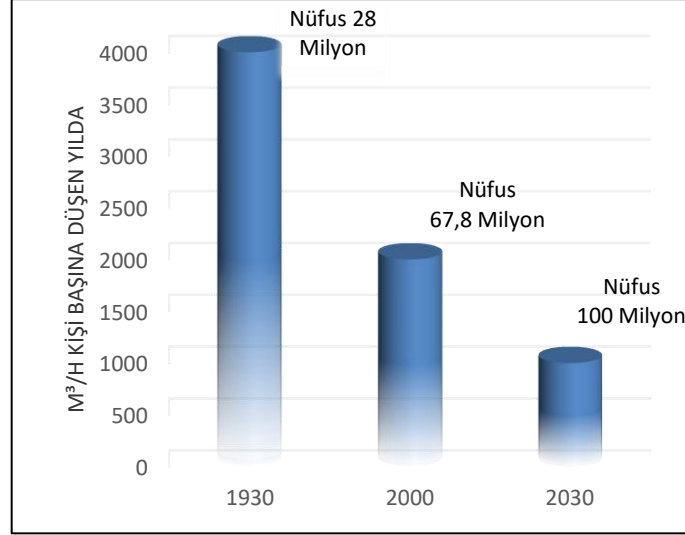


GRİ SU TESİSATI ve GRİ SUYUN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Gri Suyun Geri Kazanımı

Dünya nüfusunun hızla artması su kaynaklarının önemini her geçen gün daha da arttırmaktadır. Su, insanın temel kullanım ihtiyacının yanında; tarım, enerji üretimi, endüstri, ulaşım ve turizm gibi konularda da gelişmenin kaynağıdır. Günümüzde bir çok ülke su fakiri haline gelmiştir.

1960'larda ülke nüfusu 28 milyon iken kişi başı yıllık su miktarı 4000 m³ iken, 2000'li yıllarda nüfus 67,8 milyona ulaşmıştır ve bu değer yaklaşık yarıya düşmüştür. Kullanılabilir su miktarındaki bu düşüşün aynı oranda devam edeceği yönünde öngörüler vardır ve bu durumda 2030'lu yıllarda nüfus 100 milyona erişecek ve kullanılabilir su miktarı da kişi başına 1000 m³ dolayına düşecektir. Bu sonuca göre Türkiye 25 yıl sonra su kıtlığı çeken ülkeler sınıfına düşecektir [41].



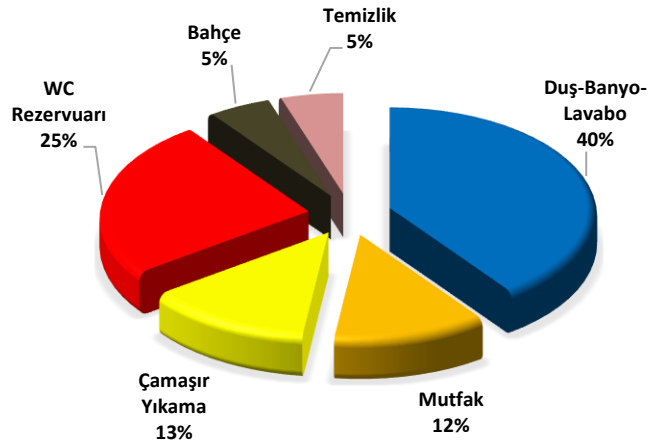
Şekil 4.1 Yıllara göre kişi başına düşen su miktarı [41]

4.2 Gri Su

Gri su, ismini bulutlu görünümünden ve temiz, içilebilir su "beyaz su" olarak bilinir, ile atıksu "siyah su" arasında olma durumundan alır. Gri su; duş, banyo, lavabosundan kaynaklanan atıksudur [42].

Mutfak atıksuyu arıtılmamış ise gri su olarak kullanılması tavsiye edilmez. Gri su, tuvaletler, pisuarlar veya bidelerden kaynaklanan atıksuları içermez. Buna siyah su (insan dışkısı içeren su) denir. Gri su, bu kaynakların bir kısmından veya tamamından toplanabilir ve işlemden sonra, içme suyu kalitesi gerektirmeyen tuvalet sifonu veya bahçe sulaması gibi ev çevresindeki amaçlar için kullanılabilir [42].

Düzgün bir şekilde yönetildiğinde, gri su bahçecilik ve tarım üreticilerinin yanı sıra bahçıvanların yararlanabileceği değerli bir kaynak olabilir. Ayrıca, tesis içi gri su arıtma / yönetiminin tasarım ve peyzaj avantajları nedeniyle peyzaj planlamacıları, inşaatçılar, geliştiriciler ve müteahhitler için de değerli olabilir. Sonuçta, aynı fosfor, potasyum ve azottan oluşan su göller, nehirler ve yeraltı suları için kirletici bir kaynak yapar ve bu özel arıtılmış gri su formunun sulama için uygun hale getirilmesi durumunda bitki örtüsü için mükemmel besin kaynağıdır [5].



Şekil 4.2 Günlük evsel su tüketim oranları [43]

Şekil 4.2'de görüldüğü gibi konutlarda oluşan gri su hacmi azımsanmayacak kadar fazladır. Konutlarda kullanılan su, tek kullanımdan sonra atıksu şebekesine verilmektedir. Su kaynaklarının giderek azalması nedeniyle atıksuyu arıtıp yeniden kullanmak sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir.

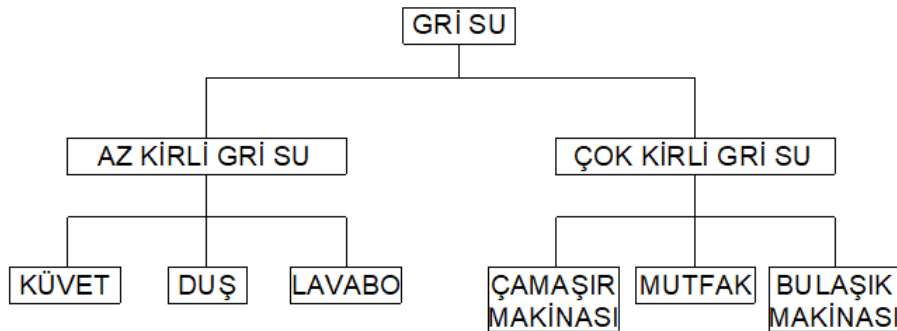
Gri su olan evsel su yüzdesi, bir evdeki suyun birincil kullanımına ve suyun ne kadar verimli kullanıldığına bağlı olarak, bölgesel olarak ve haneler arasında değişir, ancak genellikle kullanılan toplam suyun % 50 ile % 80'i arasındadır [44].

İçme suyu: Arıtılmış temiz sudur, içinde hiç bir kirletici barındırmaz.

Yağmur suyu: Yağmur suyu hasatı sonucunda elde edilmiş sudur.

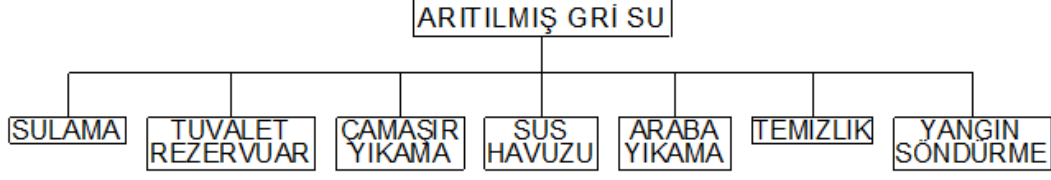
Gri Su: Lavabo ve duşlardan gelen, az kirlenmiş sudur.

Siyah Su: Tuvalet ve pisuar atığı içeren, kirletici oranı yüksek pis sudur [27].



Şekil 4.3 Gri suyun kaynaklarına göre sınıflandırılması [45]

Gri su geri kazanımı, kullanım sularının en az kirli olan kısmının, duştan, lavabodan, küvetten gelen suyun tekrar kullanılmak üzere arıtılmasıdır. Arıtılmış gri sular ise Şekil 4.4 'de verilen alanlarda kullanılabilir [45]



Şekil 4.4 Başlıca arıtılmış gri su kullanım yerleri [45]

4.3 Gri Suyun Karakteristiği

4.3.1 Gri Su Miktarı

Her hangi bir hane tarafından üretilen atıksu miktarı hanede yaşayan insanların dinamiğine göre büyük ölçüde değişecektir. Bazı bölgelerde su kullanım araştırmaları yapılmıştır, gri su yönetimine genel bakış: sağlıkla ilgili konular farklı ülkeler ortalama 586 L atıksu akışı tespit etmişlerdir. Çizelge 4.1'de gösterildiği gibi her hane için günlük su tüketimi gösterilmiştir [46].

Çizelge 4.1 Üretilen atıksu / hane halkının yaklaşık yüzdesi [38]

Pissu Tipi	Toplam Pissu		Toplam Gri Su	
	Toplam (%)	(L/ Gün)	Toplam (%)	(L/ Gün)
Klozet	32	186	-	-
Lavabo	5	28	8	28
Duş	33	193	54	193
Eviye	7	44	-	-
Çamaşır Makinası	23	135	38	135
Toplam	100	586	100	356

Çizelgeden gri suların toplam atıksuyun yaklaşık % 61'ini temsil ettiğini göstermektedir. Bu oranlar yönetilebilecek önemli bir su kaynağı olduğunu göstermektedir. Ekolojik olarak çevreye duyarlı bir şekilde insan sağlığına tehdit oluşturmayan sürdürülebilir kalkınma ilkeleri ile su kaynağının sürdürülebilirliğine katkıda bulunur [46].

4.3.2 Gri Su Bileşenleri

Gri su kalitesi kaynağına bağlı olarak değişir. Örneğin, Otomatik çamaşır makinesi çıkışı; askıda katı maddeler, organik malzeme, yağ ve gres, sodyum, nitratlar, fosfatlar (deterjandan) ve tuzlar içerir. Bu suyun pH'ı yüksektir.

Tablo... otomatik çamaşır makinesinden ve diğer yerel kaynaklardan gelen gri suların olası bileşenlerini göstermektedir. Bu kaynakların çoğunda ısının reddedildiğine dikkat edilmelidir. Bu durumda, gri su bir süre soğutmak için bir depolama tankına konulmalıdır.

Otomatik çamaşır makinesinden ve otomatik bulaşık makinesinden çıkan su nedeniyle bu suyun pH değeri yüksek olabilir. Bu nedenle, bu su doğrudan bahçede kullanıldığında dikkatli olunmalıdır. Suyun pH değeri, sulama ve tüpler için kabul edilen sınırlar içerisinde olmalıdır [7].

Çizelge 4.2 Gri suların tipik bileşenleri [7]

Gri Su Kaynakları	Kirletici Maddeler
Çamaşır Makinası	Askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, sodyum, tuzluluk, nitrat, fosfor (deterjan), çamaşır suyu, pH.
Bulaşık Makinası	Askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, artan tuzluluk, pH, bakteri ve deterjan.
Duş	Bakteri, saç, askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, sabun, şampuan kalıntıları.
Lavabo ve Eviye	Bakteri, saç, askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, sabun, şampuan kalıntıları.
Yüzme Havuzu	Organik maddeler ve askıda katı maddeler.

Gri su içerisinde kolayca ayrışabilen organik maddeler deterjanlardan, vücut yağlarından, saçlardan ve saç kepeğinden kaynaklanır. Biyolojik ayrıştırma hızla başlayacağından, arıtma da aynı hızla başlanmazsa sülfatla birleşme noktalarda kötü kokular oluşur. Gri su içerisindeki kirletici organik maddeler KOİ ve BOİ parametreleriyle ölçümlendirilir. Gri su içindeki organik madde miktarı, suyun geldiği kaynaklara bağlı olarak değişir [27].

Çizelge 4.3 Farklı kaynaklardan alınan gri suyun içeriği [7]

	Birim	Küvetten, duştan ve lavabodan gelen su (çökelme deposundan sonra ölçülen değerlerdir.)	Küvetten, duştan, lavabodan ve çamaşır yıkamadan gelen su	Küvetten, duştan, lavabodan, çamaşır yıkamadan ve mutfaktan gelen su
KOI	[mg/l]	150-400 Ø225	250-430	400-700 Ø535
BOİ5	[mg/l]	85-200 Ø111	125-250	250-550 Ø360
AFS	[mg/l]	30-70 Ø40	n/a	n/a
Ptoplaml(A)	[mg/l]	0,5-4 Ø1,5	n/a	3-8 Ø5,4
Ntoplaml(A)	[mg/l]	4-16 Ø10	n/a	10-17 Ø13
pH	[-]	7,5-8,2	n/a	6,9-8

Yukarıdaki çizelgede verilen parametreler, örnek alımı yapılan kaynaklara bağlı olarak değişir. Örneğin, sularda bulunan yüksek miktardaki fosfat borulardaki korozyona engel olur. Çamaşır makinelerine konulan deterjanlar, ekstra fosfat kaynağıdır [27].

Gri suyun mikrobiyal kalitesi, dışkı varlığının bulaşmasına bağlıdır. Gri sulardan kaynaklanan asıl tehlike dışkıdan kaynaklanmaktadır. Küvet, duş ve el lavabolarından kaynaklanan atıksular göz önünde bulundurulduğunda daha az kirli gri su olduğu görülmüştür [47].

Çizelge 4.4 Arıtılmamış gri su ve pis su içindeki bakteriler [27]

Parametre	Birim	Küvetten, duştan ve lavabodan gelen gri su	Küvetten, duştan, lavabodan ve çamaşır yıkamadan gelen gri su	Küvetten, duştan, lavabodan, çamaşır yıkamadan ve mutfaktan gelen gri su	Foseptik atığı da içeren evsel atıksu
Toplam koliform bakteri	1/ml	10^1-10^5	10^2-10^6	10^2-10^6	10^4-10^7
e-koli (kolibasili)	1/ml	10^1-10^5	10^1-10^5	10^2-10^6	10^4-10^7

Yapılan çok sayıdaki araştırmalara bakıldığında, banyo küveti, duş ve el yıkama lavabosundan gelen atıksu içerisindeki toplam koliform bakteri sayısı, evsel pis suya göre 100 kat daha azdır.

4.4 Gri Su Arıtımı ve Yeniden Kullanımı

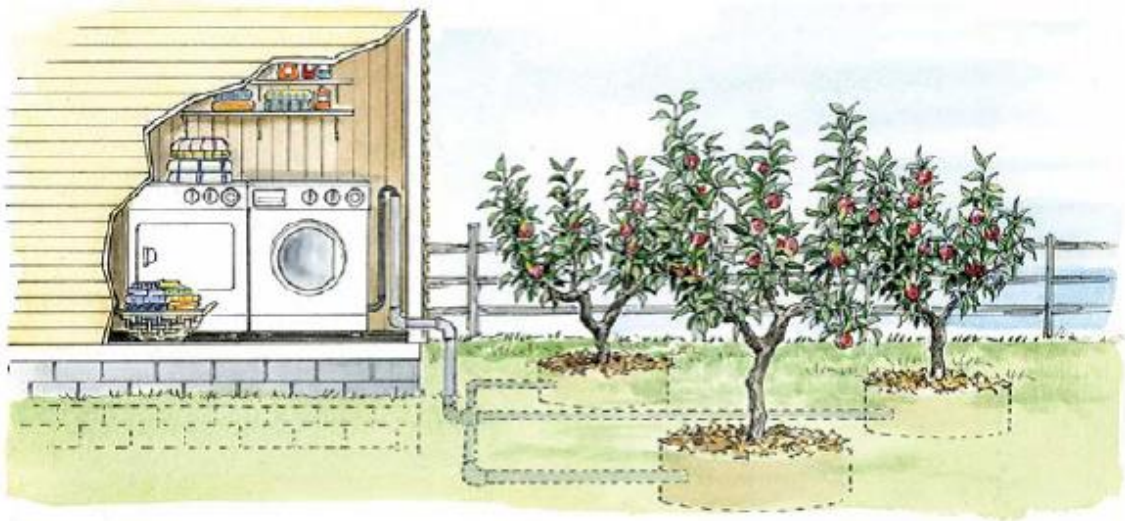
4.4.1 Gri Suyun Doğrudan Yeniden Kullanımı

Gri su Avustralya ve Güney Afrika'da bahçe ve peyzaj sulamada, İsrail de ise meyve ağaçlarını sulamada doğrudan kullanılmaktadır.

Ancak yinede gri suyu kullanmadan önce arıtılması tavsiye edilmektedir. Gri suyun doğrudan uzun süreli olarak sulama amaçlı kullanımı, su da tuzların, yüzey aktif maddelerin, yağ ve gresin birikmesine yol açmaktadır. Bu yüzden özellikle bitki sağlığını ve toprağın yapısını olumsuz yönde etkilemektedir [48].

Arıtılmadan bahçe sulamasında kullanılması isteniyorsa, bu tip kullanımlarda gri su her hangi bir arıtmadan geçmediği için bakteri oluşumunun artması ve koku gibi nedenlerden ötürü en fazla 24 saat içerisinde kullanılmak zorundadır [49].

Böyle bir sistemde siyah su ve gri su hatları ayrı döşenmektedir. Duş teknesi ve banyo lavabosundan gelen gri sular direk bahçeye verilmektedir. Toprağın altında bulunan kanallar yoluyla damlama sulama ile bahçe sulaması gerçekleştirilmektedir [49].



Şekil 4.5 Gri suyun arıtılmadan kullanılması

4.4.2 Gri Suyun Arıtılarak Yeniden Kullanımı

Gri su arıtma teknolojileri, gri suyu yönlendiren basit düşük maliyetli cihazlardan, tuvaletler veya dış mekan peyzajı gibi doğrudan yeniden kullanımlara, sedimantasyon tankları, bioreaktörler, filtreler, pompalar ve dezenfeksiyon içeren karmaşık arıtma işlemlerine kadar uzanmaktadır [50].

Günümüzde, bir çok farklı tipte arıtım sistemi mevcuttur. Tesislerde kullanılan yöntemler ön eleme, akış dengeleme, mikrobik arıtım, filtreleme, çökeltme, dezenfeksiyon, membran filtrasyonu ve aktif karbon filtrasyonu olarak sınırlanabilir. Gri suyun arıtıldıktan sonra kullanıldığı alanlar [49];

- Bahçe sulaması (Yeraltı ve yerüstünden sulama),
- Tuvaletlerin rezervuarları,
- Çamaşır makinaları, şeklinde sıralanabilir .

Fiziksel Ayırma;

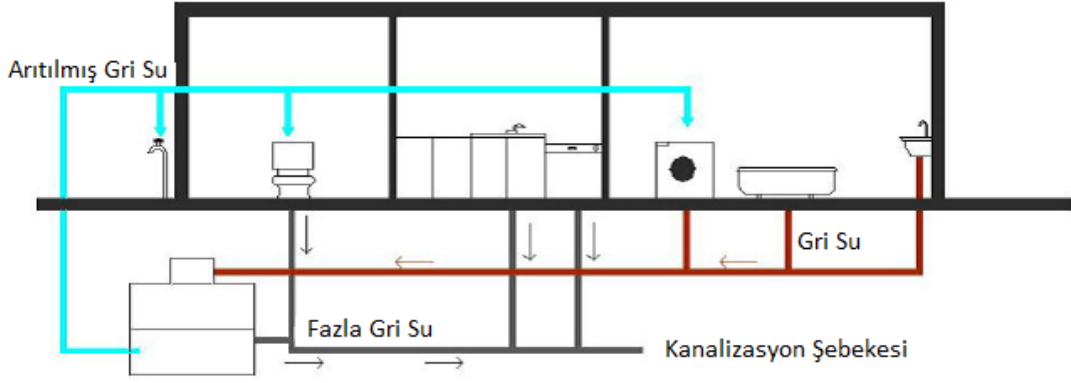
Fiziksel işlemler arasında kaba kum, toprak ve membran filtrasyonu ve ardından çoğunlukla bir dezenfeksiyon aşaması bulunur [42].

Kimyasal Arıtma;

Gri su arıtma işlemleri için uygulanan kimyasal işlemler arasında koagülasyon, fotokatalitik oksidasyon, iyon değişimi ve granül aktif karbon bulunur [42].

Biyolojik Arıtma;

Evsel nitelikli atıksuların kimyasal işlemlerle arıtımında normal olarak kendi halinde çökelemeyen maddelerin kimyasal madde ilavesi ile çökmesi ve zararlı mikroorganizmaların yok edilmesi (dezenfeksiyon) gerçekleştirilebilmektedir [42].



Şekil 4.6 Gri suyun konut içerisinde kullanımı [49]

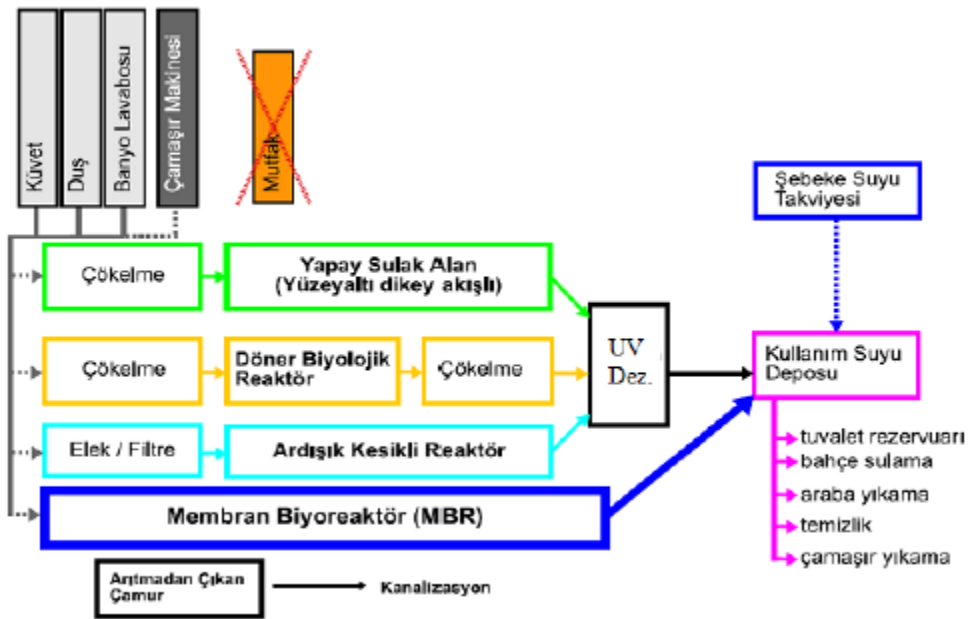
Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, gri su arıtımı amacıyla çok farklı teknolojilerin uygulanabilirliğinin araştırıldığı görülmektedir. Çalışma yapılan teknolojiler filtrasyon, ultrafiltrasyon gibi fiziksel arıtma seçeneklerinden yapay sulak alan, döner biyodisk, ardışık kesikli reaktör (AKR), membran biyoreaktör (MBR) gibi biyolojik arıtma seçeneklerine kadar çok çeşitlidir.



Şekil 4.7 Kaynağına göre gri suların arıtılması yöntemleri [51]

Önemli gri su geri kazanım sistemleri:

- Yapay Sulak Alanlar (Wetlands)
- Döner Biyolojik Reaktörler (Rotating Biological Contactors – RBC)
- Ardışık Kesikli Reaktörler (Sequencing Batch Reactors – SBR)
- Membran Biyoreaktörler (MBR)



Şekil 4.8 İspatlanmış gri su geri kazanım teknolojileri [52]

Gri suyu arıtmak için en verimli sistemler fiziksel arıtma işlemleriyle birleştirilmiş biyolojik arıtma sistemlerdir. Bu tip sistemlerin gri sudaki BOİ'nı 10mg/l'nin altına düşürdüğü görülmüştür.

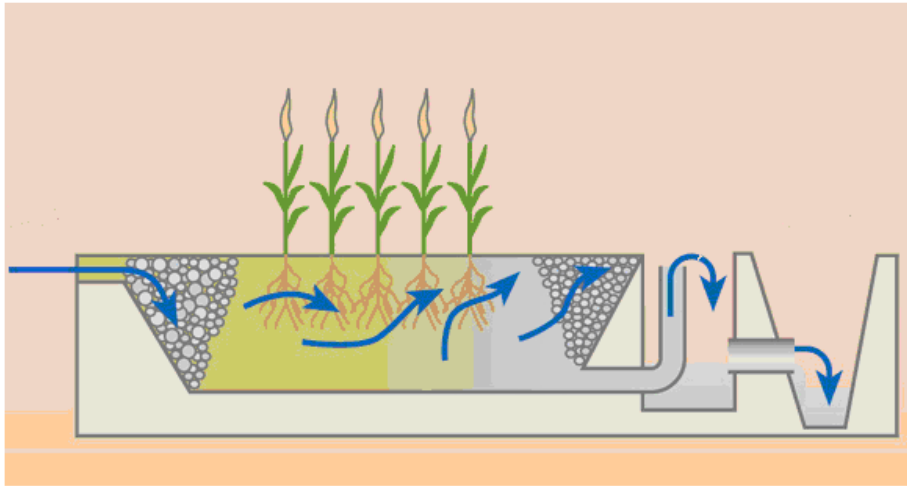
4.4.2.1 Yapay Sulak Alan

Son yıllarda yapay sulak alanlar evsel ve endüstriyel atıksu arıtımı için konvansiyonel arıtma sistemlerine bir alternatif olarak önerilen enerji ihtiyacının az, yatırım ve işletme maliyetlerinin düşük, işletim şartlarının basit, çamur üretiminin çok az olduğu doğal bir atıksu arıtma sistemleridir. Özellikle arazinin bol, ucuz ve işletme için kalifiye teknik personelin az olabileceği kırsal bölgelerde geleneksel arıtma sistemlerine göre daha

uygun bir arıtma yöntemi olarak önerilmektedir. Basit bir arıtma sistemi olarak gözüktüğünde yapay sulak alanlarda mikroorganizmalar, hayvanlar, bitkiler ve sucul ortamı çevreleyen ekolojik fazlar arasında kompleks ve bütünleşmiş ilişkiler mevcuttur. Başarılı bir tasarım ve işletim için bu ekolojik ilişkilerin iyi kavranması gereklidir [52].



Şekil 4.9 Yapay sulak alan [53]



Şekil 4.10 Yapay sulak alan akış şeması [53]

Yapay sulak alanlar askıdaki katıları (AKM) ve BOİ5'i çok iyi gidermesine karşılık azot ve gri suda bol miktarda bulunan fosfor gideriminde çoğu kez yetersiz kalmıştır. Bu sistemlerin diğer bir dezavantajı ise özellikle sıcak iklimlerde sazlıklardaki yüksek

buharlaşma oranı ve büyük alan ihtiyacıdır. Bundan dolayı bu tür sistemlerin arazi masraflarının düşük olduğu bölgelerde kurulması daha uygundur [52].

4.4.2.2 Döner Biyolojik Reaktörler Rotating biological contactors (RBC)

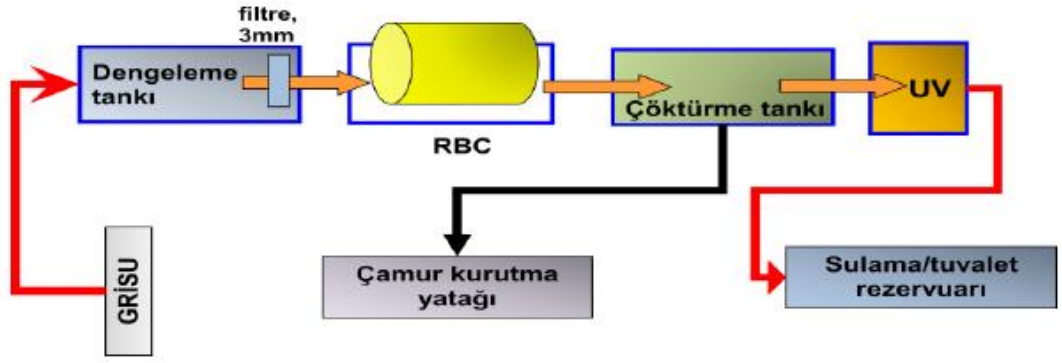
Döner biyolojik reaktörler 1900'li yılların başında ilk olarak Almanya'da kullanılmıştır. Bir dizi dairesel, hafif dönen disk, içinden atıksuyun aktığı bir şafta monte edilir. Kısmen suya batırılmış diskler atıksudan yavaşça döner. Diskler en yaygın şekilde yüksek yoğunluklu plastik tabakalardan yapılır ve alanı arttırmak için genellikle çıkıntılı, oluklu veya kafes benzeridir. Disklerin yüzeyi, bakteriler için bir birleşme yeri sağlar ve diskler döndükçe yüzeylerinde bir biyo-kütle filmi büyür [50].



Şekil 4.11 Döner biyolojik reaktörler [50]

Bu biyofilm, alternatif olarak, döndükçe havaya veya atıksuya maruz kalır. Bu mikroorganizmaların büyümesi için gerekli olan oksijen, disk üzerindeki biyofilm sıvının dışına döndürüldüğü için havadan adsorpsiyonla elde edilir. Biyofilm sıvı fazdan geçerken, besinler ve organik kirleticiler alınır [50].

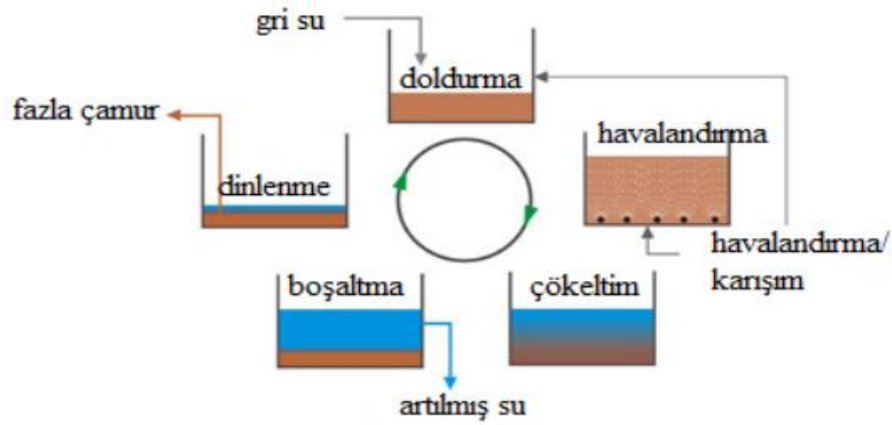
RBC ile evsel atıksu giderimi gerçekleştirilen çalışmalarda yükleme hızına (loading rate) bağlı olarak % 90'a kadar KOİ ve NO₃-N (anoksik işletme koşulları altında) ve % 60 a kadar TN giderim verimleri elde edildiği raporlanmıştır [54].



Şekil 4.12 Gri suyun RBC ile arıtımı adımları [6]

4.4.2.3 Ardışık Kesikli Reaktörler (Sequencing batch reactors-SBR)

Ardışık kesikli reaktörler aktif çamur yönteminin bir başka biçimidir bu sistemlerin aktif çamur yönteminden farkı sadece aralıklı olarak çalışmasıdır (dolması ve boşalması). Ardışık kesikli reaktörlerde artıma için dört aşama vardır: doldurma, havalandırma, çökeltme ve tortudan ayırma. Bu arıtma sistemi gri sudaki kolloidal ve çözülmüş formlarda bulunan ve çökelemeyen maddeleri çökelebilen biyolojik yumaklara dönüştürür. Biyolojik yumaklar havalandırma deposunda meydana getirilir ve son çökeltme deposunda çökeltilerek sistemden atılır [53].

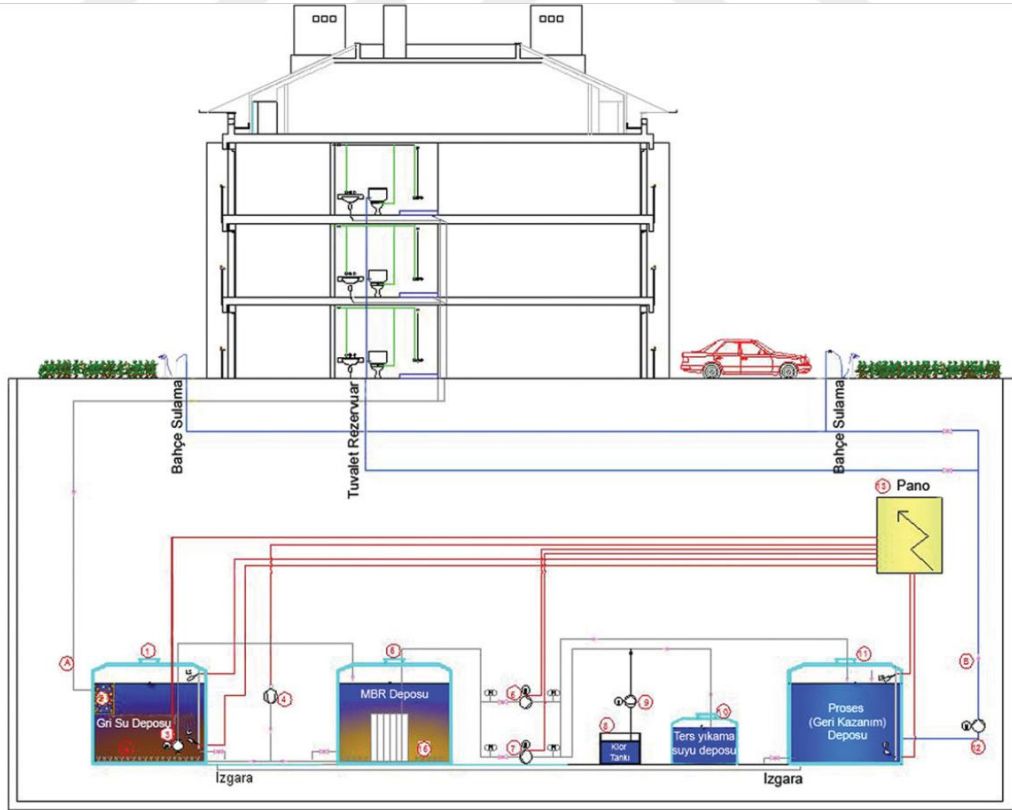


Şekil 4.13 SBR teknolojisinin şematik diyagramı [53]

4.4.2.4 Membran Biyoreaktörler

Membran biyoreaktörler, durultucular yerine katı / sıvı ayırımı için mikro-gözenekli zarlar kullanan bir aktif çamur sistemidir. Sistem, ön arıtma yerleşim tankı, havalandırılmalı yerleşim deposu (bu depo üretilen gri suyu depolamak için kullanılır) ve havalandırılmalı aktif çamur deposundan oluşur. Oluşturulan çamur havalandırma tankında kurulu membran filtre modülü tarafından geri tutulur. Arıtılmış ve bakteri içermeyen atıksu, 0.1-0.3 bar arasında bir basınç altında partiküllerden, mikroplardan, bakterilerden ve virüslerden arındırılarak membrandan geçer [27].

Membran biyoreaktör sisteminden elde edilen suyun kalitesi diğer sistemlere göre çok daha yüksektir. Ayrıca MBR sistemleri geleneksel arıtma sistemlerine göre daha kısa sürede arıtma işlemini gerçekleştirdiğinden dolayı sistem için daha küçük yere ihtiyaç duyulmaktadır. MBR sistemleri de kendi içerisinde de hollow fibre, ve plaka tipi olmak üzere çeşitli kategorilere ayrılır. Bu kategoriler arasında plaka tip membran sistemleri kimyasal gerektirmeden ve ters yıkama ile kendi kendini temizleme özelliğine sahip sistemlerdir [53].



Şekil 4.14 Prosesin şematik gösterimi

4.4.3 Gri Suyun Kullanım Suyu İçin Kalite Standartları

Geri kazanımı sağlanan gri suyun kullanılacağı yerin standartlarını sağlıyor olması gerekmektedir. Arıtılmış gri sular tuvalet rezervuarları, çamaşır yıkama, bahçe sulama, süs havuzlarında kullanılmaktadır.

4.4.3.1 Tuvalet Rezervuarları

Tuvalet süpürmesi için kullanılacak suyun standart kalite parametreleri Çizelge 4.5'de gösterildiği gibi olmalıdır. Toplam koliform ve fekal koliform ile ilgili hijyen değerleri için Avrupa Birliği Banyo Suyu Rehberi standart alınmıştır. Bu standart, insanın temas halinde olduğu su ile ilgili bir takım hijyen değerlerine uygunluğu zorunlu kılar.

Çizelge 4.5 Tuvalet rezervuarı için gereken kalite gereksinimleri [27]

Parametre	Değerler
BOI ₇	<50 mg/L
Oksijen Doygunluğu	>50%
Toplam Koliform ^{A)}	<100/mL
Dışkısal Koliform ^{A)} (E Koli)	<10/mL
Pseudomonas Aeriginosa ^{B)}	<1/mL
^{A)} AB 76/160/EEC Yönetmeliğine Uygun	
^{B)} Alman İçme Suyu Standartına Uygun	

4.4.3.2 Çamaşır Yıkama

Yukarıdaki tabloda verilmiş işlenmiş su değerleri, çamaşır yıkama işlemi için de geçerlidir. İşlenmiş gri su üzerine yapılan araştırmalar da aynı şekilde Çizelge 4.5 'de gösterilen kriterlere uygun olarak arıtılmış gri su ile yıkanan çamaşırlar ve içme suyu ile yıkananlar arasında mikrobik açıdan hiç bir fark olmadığını ortaya koymuştur [27].

4.4.3.3 Bahçe Sulama

Sulama suyu standartları ile ilgili DIN 19650 incelenmelidir. Bu standartta tarım arazileri, bahçe, peyzaj ve spor parkı alanları için gereken sulama suyu özellikleri belirlenmiştir. Sulama suyu, hijyenik güvenlik açısından, 4 sınıfa ayrılır. Çeşitli amaçlarda kullanılan bu 4 sınıf sulama suyu için Çizelge 4.6'da verilmiştir [27].

Çizelge 4.6 Ham su giriş özellikleri [55]

BOI (BOD)	85-200 mg/l
KOI (COD)	15-400 mg/l
AKM (TSS)	30-70 mg/l
pH	6,5-8,2
TKN-N	4-16 mg/l
TP	0,5-4 mg/l
Koli Basili (E-coli)	10-10 ⁵ 1/ml
Toplam Koliform	10-10 ⁵ 1/ml

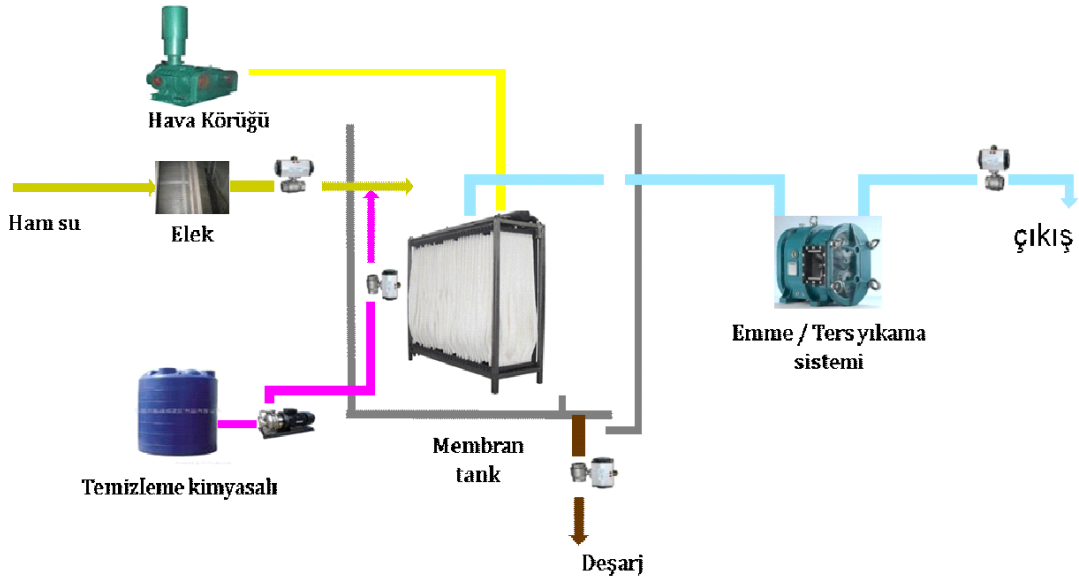
Çizelge 4.7 Ürün suyu özellikleri [55]

BOI (BOD)	< 5 mg/l
KOI (COD)	< 30 mg/l
AKM (TSS)	< 1 mg/l
pH	6,5-8
TKN-N	< 5 mg/l
Koli Basili (E-coli)	<1 1/100 ml

4.4.4 Membran Biyoreaktör ile Gri Su Arıtma Prosesi

4.4.4.1 Tasarım ve Çalışma Şekli

Gri su geri kazanım sistemi kullanılan binalarda öncelikli olarak lavabo, duş ve banyolardan gelen sular, pis su hattından ayrılarak, ayrıca toplanır ve gri su geri kazanım sistemine gönderilir. Gri su geri kazanım sisteminin yerleşim yeri genellikle yapıların en alt katlarında, gri suyun kendi cazibesi ile gelebileceği şekilde belirlenir. Gri sular ultrafiltrasyon teknolojisiyle, MBR daldırma tip membran filtrasyonu yöntemi ile veya basınçlı tip membran filtrasyon yöntemi ile arıtılır. Bu teknikte, gri sular 0.02 mikron büyüklüğünde gözenekleri olan filtre dokusundan geçirilir. Atıksuda bu büyüklüğün üzerinde bulunan tüm katı maddeler tutulurken neredeyse hiç katı madde ve mikroorganizma içermeyen su geri kazanılır. Kullanılan membranların micron membran gözenek çapı halen bu tür ürünlerdeki en küçük gözenek çapıdır. BOİ yükü 5 mg/l den daha düşük su elde edilir [55].



Şekil 4.15 Arıtma prosesi akış diyagramı [55]

4.4.4.2 Teknik Özellikleri

Gri Su Geri Kazanım Sistemi toplam 3 tanktan oluşmaktadır. Gri su öncelikle birinci tankta toplanır. Burada havalandırma ile ön arıtması yapıldıktan sonra ikinci tanka alınır. İkinci tankta bulunan MBR (Membran Biyoreaktör) Sistemi ile ultrafiltrasyon

teknolojisine göre arıtma gerçekleşir. Arıtılmış temiz su üçüncü tankda depolanır ve buradan rezervuarlara dağıtılır [55].

Ön Filtreleme Sistemi: Duş, lavabo, küvet gibi kullanım alanlarından toplanan gri suyun içinde bulunması muhtemel katı maddeleri (saç, kıl, vb.) gri su toplama havuzuna girmesine engel olması ve membranların tıkanmasını önlemek amacıyla sistemde seperatör filtre kullanılmaktadır [55].

Gri Su Toplama Havuzu /Dengeleme Havuzu: Duş, lavabo, küvet gibi kullanım alanlarından toplanan gri suyu depolamak ve dengelemek amacıyla kullanılacaktır [43].

Gri Su İletim Pompası / Terfi Pompası: Gri su toplama havuzunda depo edilen suyu Gri Su MBR Havuzuna iletmek amacıyla kullanılacaktır.

Gri Su MBR Havuzu: Gri su iletim pompası ile iletilen suyu ve depolamak amacıyla kullanılacaktır.

MBR Ünitesi: Gri su toplama havuzunda dengelenen ham suyu MBR modüllerinden geçirerek arıtım gerçekleştirilir.

Blower: Gri su MBR havuzundaki difüzörlere gerekli havayı sağlamak amacıyla blower kullanılacaktır.

Difüzör Emiş Pompası: MBR sisteminde filtre edilmiş suyu geri kazanım havuzuna iletmek amacıyla emiş pompası kullanılacaktır.

MBR Ters Yıkama Pompası

MBR modüllerini yıkamak amacıyla gerekli debi ve basınçta MBR ters yıkama pompası kullanılacaktır.

Ters Yıkama NaOCl (Sodyum Hipoklorit) Dozaj Pompası: Ters yıkama sırasında MBR modüllerini dezenfekte etmek amacıyla ters yıkama hattı çıkışına klor dozlaması yapılacaktır.

Ters Yıkama Sitrik Asit veya HCl Dozaj Pompası: Ters yıkama sırasında MBR modüllerindeki organik kirliliği temizleme amacıyla ters yıkama hattı çıkışına sitrik asit veya HCl dozlaması yapılacaktır. Asit ile ters yıkama membran üzerindeki kirlilik yüküne bağlı olarak 15-30 günde bir yapılacaktır.

Solüsyon Tankları: Ters yıkma sırasında MBR modüllerini temizleme amacıyla kullanılacak kimyasalların depolanması için kullanılacaktır.

Membran Reaktör ile yapılan çalışmalar sonucunda gri su ile arıtılmış suyun farkının gösterildiği resim aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.16 Toplanan gri su ve arıtılmış gri su [55]

YÜKSEK KATLI BİNALARDA YANGIN TESİSATI

5.1 Genel Tanım

Ülkemizde, yapı yüksekliği 30,50 m'den fazla olan binalara “yüksek bina”, 51,50 m'den yüksek olanlara ise yangın riski açısından “çok yüksek bina” denilmektedir.

Yapıların 30,50 m'den itibaren yüksek yapı kabul edilmesinin asıl nedeni, bina dışından, yangına etkin müdahale edilebilecek azami yüksekliğin yaklaşık 30 m olmasındandır.

Bir binanın yangın güvenlik önlemleri olarak aşağıdaki sistemleri sayabiliriz;

- Tahliye olanakları
- Yangının yayılmasını önleyici sistemler
- Algılama sistemleri
- Duman kontrol sistemleri
- Söndürme sistemleri

Bu sistemler içerisinde, “sulu söndürme sistemleri” olarak ifade edilen yangın söndürme sistemi, bina yangın güvenliğinin sağlanmasında oldukça önemli rol oynamaktadır [48].

Yüksek binalarda yağmurlama sisteminin çalışması esnasında, yağmurlama başlığından su akışı için istenen en düşük basma yüksekliği genellikle 50 kPa alınarak tasarım yapılmalıdır. Yağmurlama başlıkları 70 kPa ile 700 kPa basma yüksekliği aralığında uygun olarak çalışmakla birlikte NFPA 13 kodu'nda sistem elemanlarının çalışma basınç değeri olarak 1200 kPa basınca izin verilmektedir [57].

Yangın dolabı tasarım(işletme) basınçlarının 400 kPa olması ve hortum lüle girişindeki basıncın 900 kPa'ı geçmesi halinde basınç düşürücü kullanılması istenmektedir. Sistem elemanları basınç değerinin ise 1200 kPa değerini geçmemeleri önerilmektedir.

5.2 Basınç Zonlaması

Yüksek yapılarda, maksimum sistem basıncını sınırlandırmak için yükseklikler bölümlere ayrılırlar. Bu bölümlere zon adı verilmektedir.

Böylece, yüksek basınç sınıfı özelliklerine sahip bağlantı elemanlarına, kesme basınç düşürücü vana veya relief vana gibi diğer yardımcı elemanlara olan ihtiyaç azalmaktadır.

Yangın tesisatında kullanılan armatürlerin ve bağlantı elemanlarının dayanabildiği basınç seviyesi 1200 kPa'dır. Bu değer, yaklaşık olarak, 120 m'lik su sütununa eşdeğerdir [48].

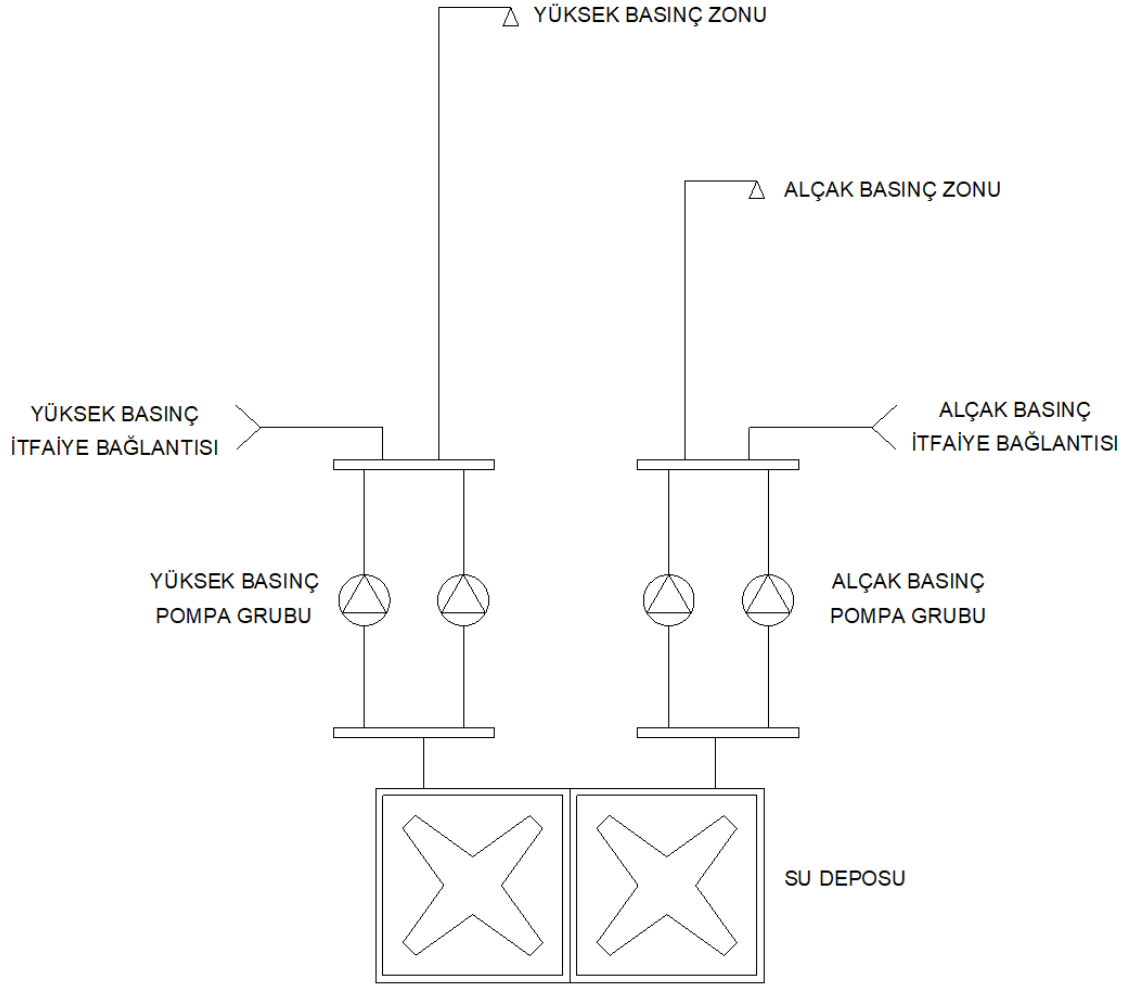
Standartlarda önerilen maksimum zon yüksekliğinin 45 m. dir. TS EN 12845'de, "Yüksek yapılarda yağmurlama sistemi, herhangi bir tesisattaki en yüksek ve en alçak yağmurlama başlığı arasındaki yükseklik farkı 45 m'yi geçmeyecek şekilde alt yağmurlama gruplarına (zonlarına) bölünmelidir."denilmektedir [56].

Yangın tesisatında kullanılan elemanların, azami çalışma basınçları, 1200 kPa olmakla birlikte, özel durumlarda 2400 kPa basınç dayanımına sahip elemanlar kullanılabilir [48].

Örneğin; yükseklik 90 m ise, bina iki zona ayrılarak, alt zonda bir basınç düşürücü kullanılacak ve pompa üst zonu doğrudan besleyecektir. Bina yüksekliği 130 m'ye çıktığında, üç zon yapmak zorunlu olacaktır.

5.2.1 Bağımsız Pompa Grubu

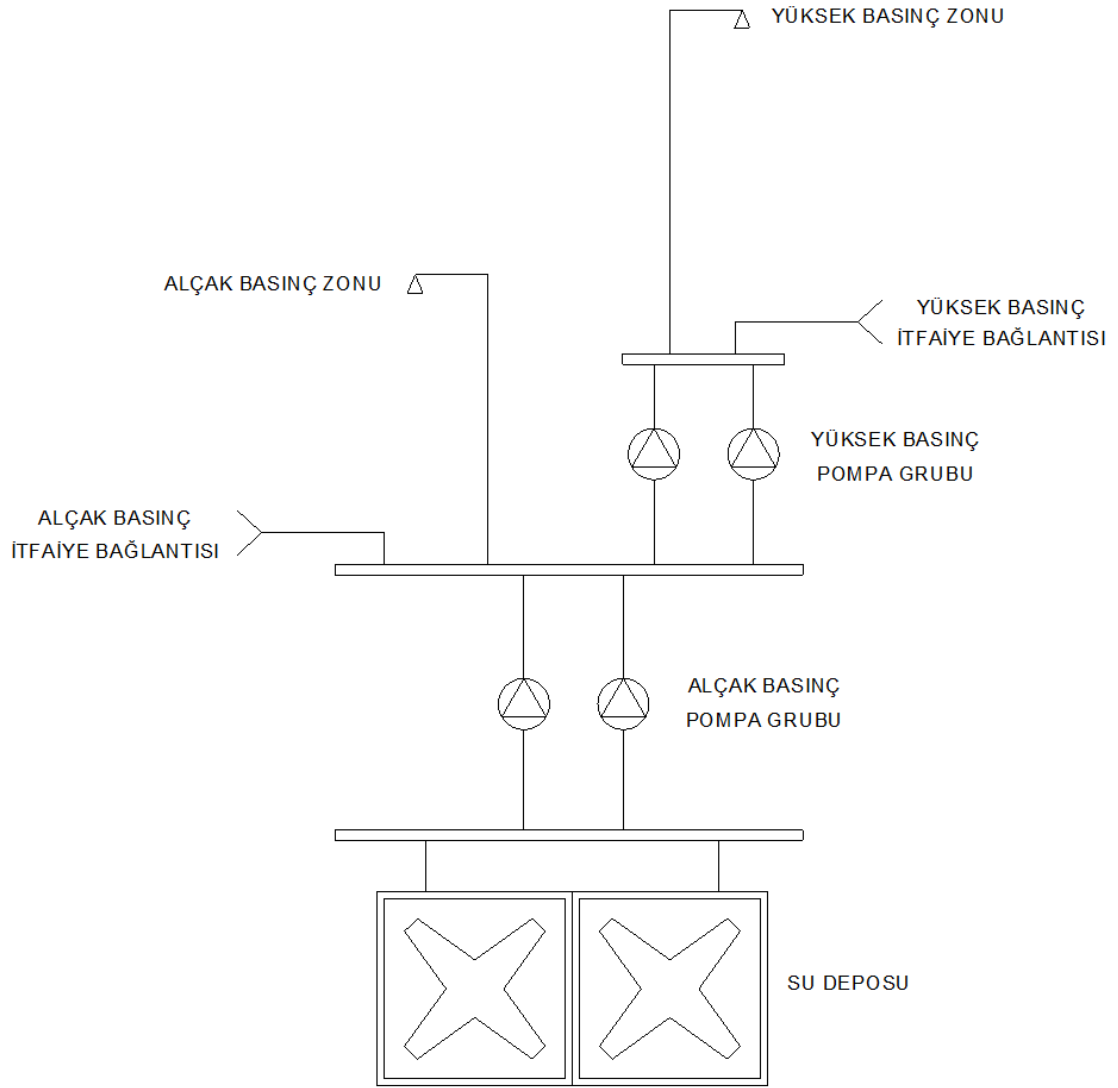
Alt ve üst zon pompaları birlerinden tamamen bağımsız çalıştığı sistem aşağıdaki şekilde şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Basınç zonları için ayrı bağımsız pompa grupları

5.2.2 Seri Bağlı Pompa Grubu

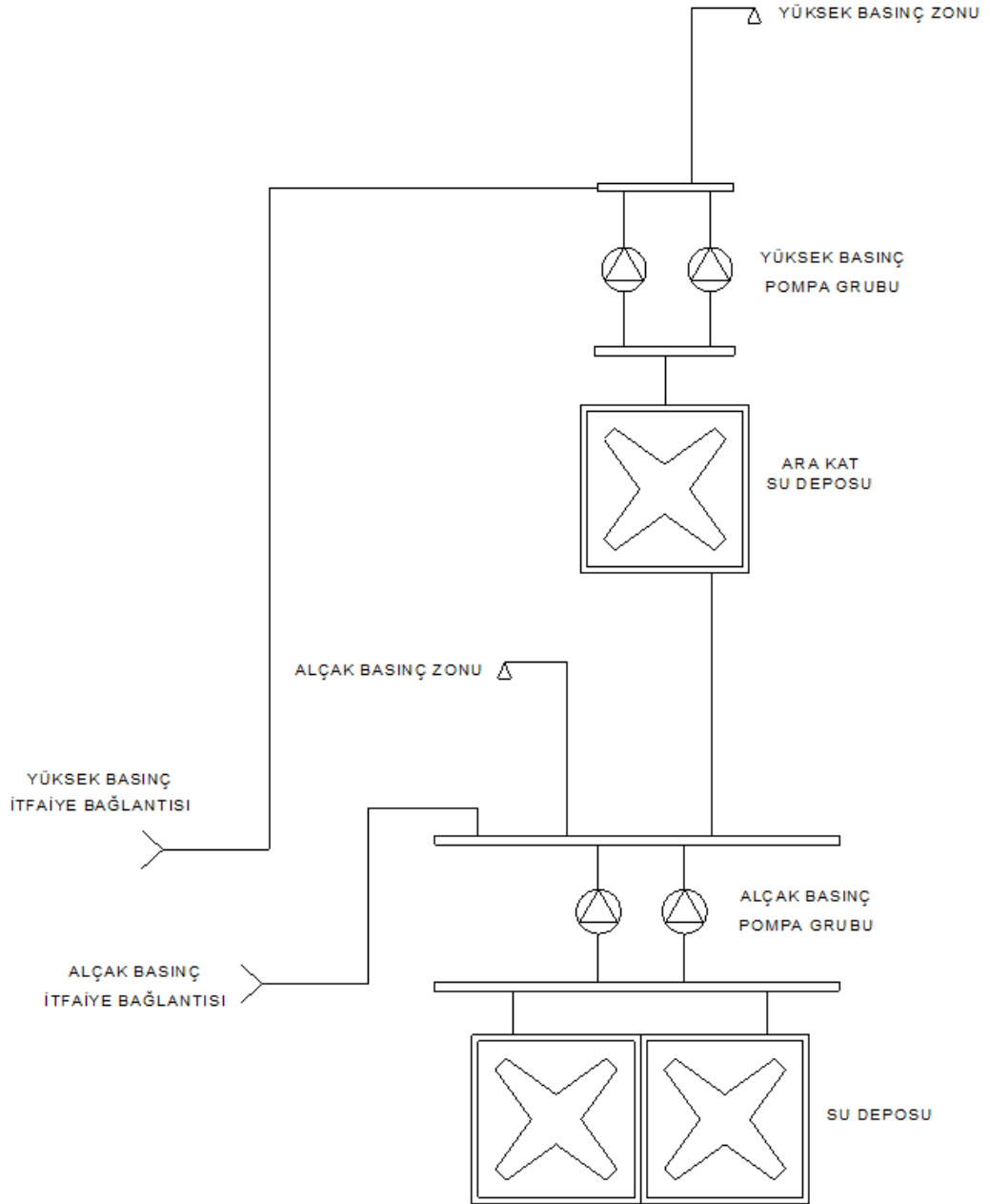
Aynı su deposunu, hem alt ve hem de üst zonlar'ın beslemesinde birbirlerine seri bağlı olarak kullanan pompa gruplarıdır.



Şekil 5.2 Seri bağlı pompa grupları

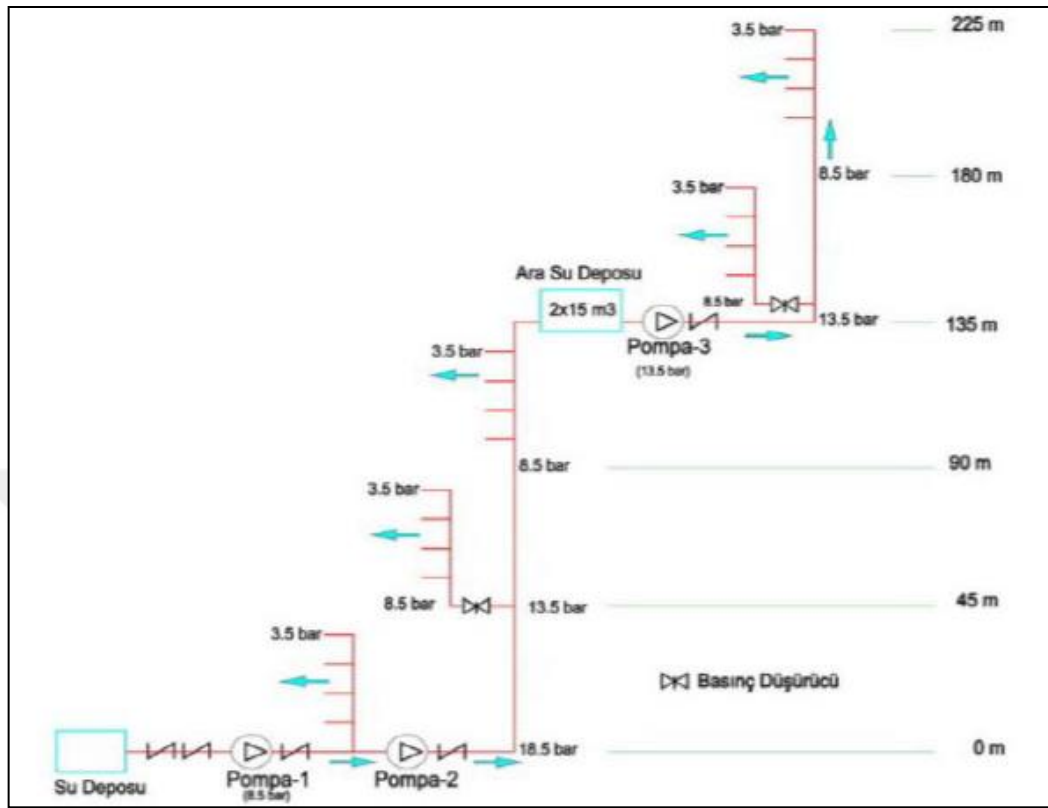
5.2.3 Ara Depolu Sistemler

Çok yüksek binalarda, basıncın 2400 kPa değerinin altında kalması için ve katlarda en az 400 kPa basıncının sağlanabilmesi için, sürtünme kayıplarını göz önünde bulundurduğumuzda bina yüksekliği 135 m'yi geçen yapılarda ara su deposu yapılması gerekmektedir [56].



Şekil 5.3 Ara depolu basınç zonlaması

5.3 Sulu Söndürme Sistemleri Basınç Zonu Uygulamaları



Şekil 5.4 Ara depolu basınç düşürücülü zonlama [56]

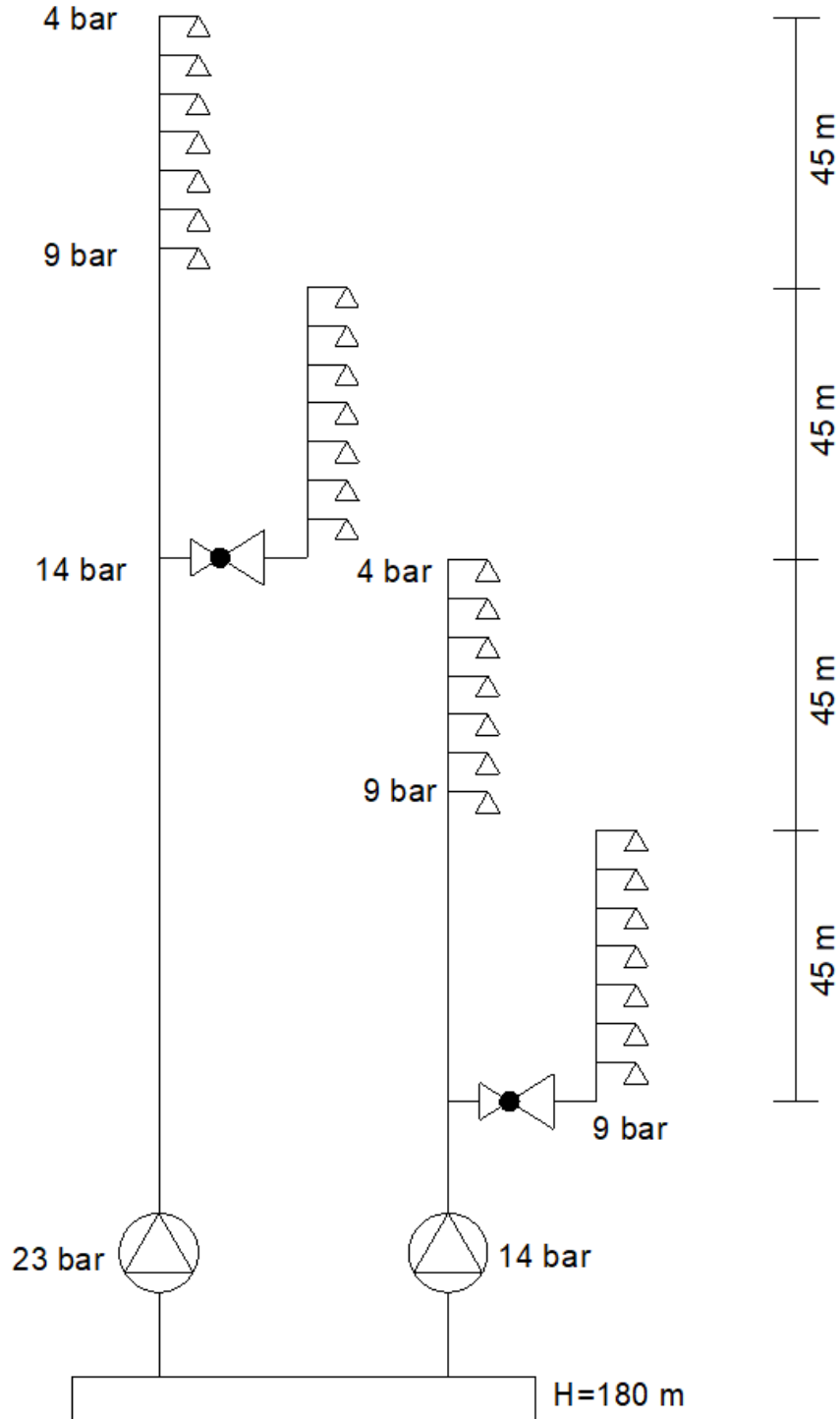
Yüksekliği 225 m olan bina incelenirse, beş ayrı basınç zonuna ayrılarak, bir ara depo ile sistemin tasarlanabildiği gösterilmiştir.

Bu sistemde kullanılacak olan yangın pompalarının yüksek basma yükseklik değerleri göz önünde bulundurulmuş olup, basınçların yüksek olduğu iki zonda basınç düşürücü kullanılmıştır [56].

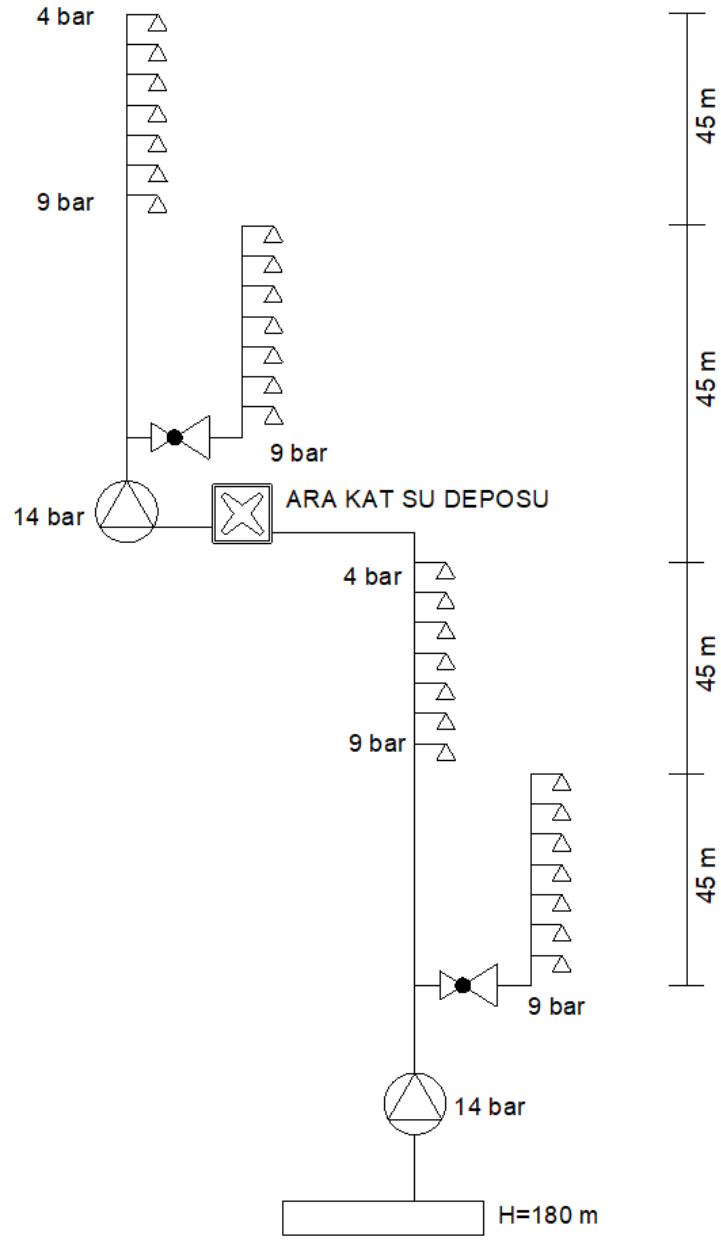
Binanın bodrum katında bulunan ana su deposundan 1. zonu besleyen alçak basınç pompası olarak 850 kPa basınçta pompa seçilmiştir. Seri bağlı pompalardan ikinci basınç zonunu besleyen pompa 1000 kPa basınçta seçilmiştir, üçüncü zonda ise basınç düşürücüye gerek kalmamaktadır.

Yapının 135 m yüksekliğinde bulunan tesisat katına 30 m³ su deposu yapılmış ve bu su deposunda 1350 kPa basıncı olan yangın pompaları kullanılmıştır. Üst pompa grubu alt zonunda basınç düşürücü kullanılarak basınç 850 kPa değere düşürüldükten sonra

yağmurlama sistemine ve yangın dolaplarına bağlanmıştır. En üst noktada basınç değeri 350 kPa ile 500 kPa arasında olacaktır ve kabul edilebilir değerlerdir.



Şekil 5.5 180 metre bir binada basınç zonlaması alternatif – 1



Şekil 5.6 180 metre bir binada basınç zonlaması alternatif – 2

MATERYAL VE METOT

6.1 Temiz Su Tesisatı Projelendirilmesi

Her 10 kat (~35 m yükseklik) bir basınç kademesi olarak kabul edilerek projelendirilmekteydi. Tesisat katlarının yaklaşık her 20 katta bir, (60 m'de bir) oluşturulması tavsiye edilmekteydi. Bunun sebebi, bütün katların istenen basınçta su ile beslenmesi içindir.

Hidroforlardan alçak basınçlı hidrofor ilk 10 katı , yüksek basınçlı hidrofor diğer ikinci 10 katı beslemektedir. Buna göre iki musluk akma basınçları arasındaki fark 10 katla (~3 bar) ile sınırlandırılmıştır. Bu şekilde zonlama yapıldığında basınç düşürücü vanalara gerek kalmamaktadır.

Bu uygulama ile 60 metrede bir ara depo yerleşimi ve pompa yerleşimi yapılmaktadır. Geçmişte yapılan yüksek katlı binalarda ve halen günümüzde bu şekilde zonlama bir çok projede uygulanmaktadır. Ancak baktığımızda yüksek katlı binaların artması ve 60 metre bir depo yerleşiminin yapılması, tesisat, maliyet ve ilk kurulum bakım maliyetleri göz önüne alındığında zon aralıklarının arttırılması ve ara depo yerleşiminin azaltılması gerekliliğini gündeme getirmiştir.

Günümüzde gelişen teknoloji ile artık frekans invertörlü pompalar ve basınç düşürücü vanalar tesisatlarda etkin rol almaktadır.

Temiz su tesisatında kullanılan boru ve armatürlerin basınç dayanımları PN 16 olarak kullanılmaktadır, yani bu değer 16 bar, 160 mSS'ye denk gelmektedir. Bu basınç sınıfını geçmeyecek şekilde basınç zonlamaları yapılabileceği anlaşılmaktadır.

Yangın tesisatlarında yükseklik 135 metreyi geçtiğinde ara depo yerleşimi yapılmaktadır.

Bu şekilde bir zonlama temiz su tesisatında da yapılabilmektedir. Yaklaşık 45 metrelik zonlamalar ile 135 metre de bir depo yerleşimi yapılarak, ara depo ve pompa sayısı düşürülebilir.

Bu çalışmada,

1. Alternatifte, 42 metrede bir zon yapılarak, 126 metrede bir ara depo yerleşimi yapılması incelenecektir.

2. Alternatifte, 35 metrede bir zon yapılarak, 70 metrede bir ara depo yerleşimi incelenecektir.

210 metrelik bir ofis binası üzerinde iki alternatifli basınç zonu hesaplanacaktır.

Her bir kat 3.5 metre yüksekliğinde kabul edilmiştir.

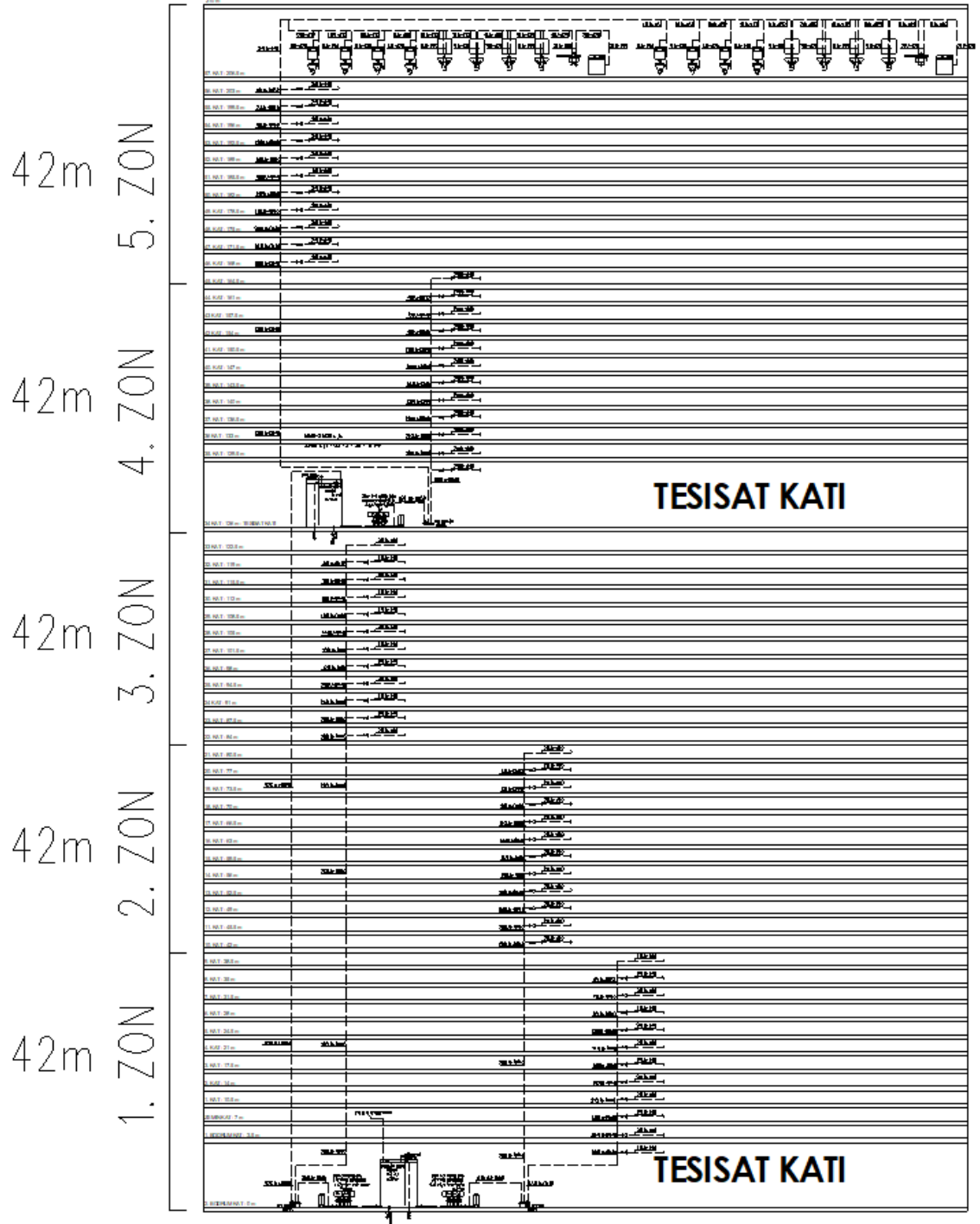
Her katta 2 adet ofis olduğu kabul edilmiştir.

1 ofis içinde, 4 Klozet, 4 Lavabo, 1 Eviye ve 1 Bulaşık Makinası kullanılacaktır.

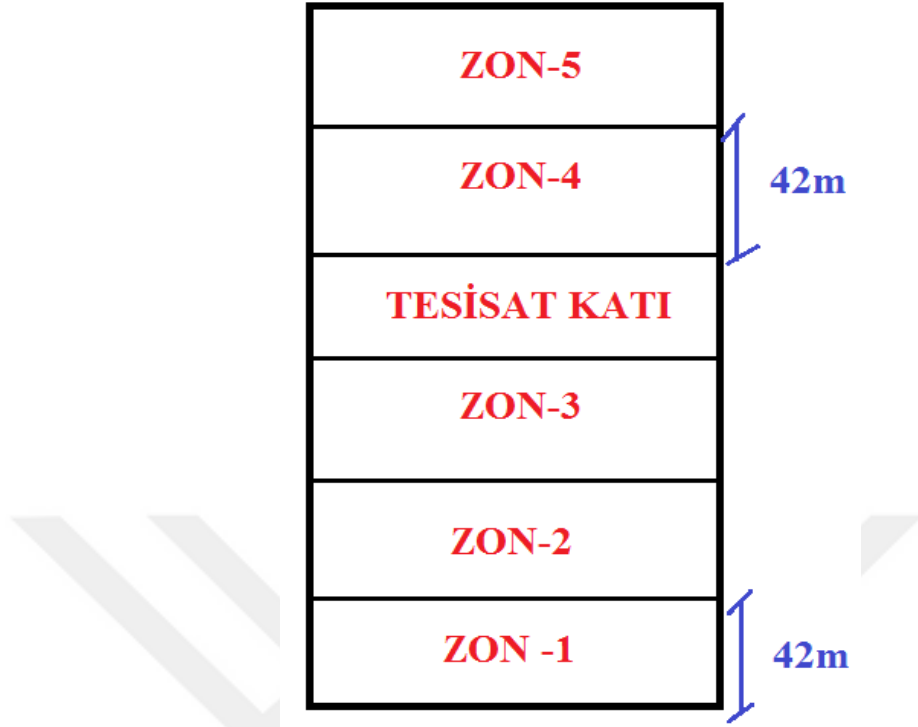
1. Alternatif ,

Her 42 metrede bir zon yapılmıştır. Aşağıda şematik olarak gösterildiği gibi, 210 metrelik bir bina 42 metrelik 5 zon ile tasarlanmıştır. 210 metrelik bir binada ara depo yerleşimi yapılabilmesi için 1 adet tesisat katına için ihtiyaç duyulmuştur. Her kat girişine basınç düşürücü vanalar konulmuştur.

1. ALTERNATIF



Şekil 6.1 Alternatif-1'e göre temiz su tesisatı zonlaması



Şekil 6.2 Alternatif-1'e göre zonlamanın şematik gösterimi

Her ofis için temiz su yük birimi aynı olacaktır. TS-806-2 ye göre yük birimleri

Lavabo : 1 LU

Eviye : 2 LU

Bulaşık Makinası : 2 LU

Klozet : 1 LU

1 ofis için,

4 lavabo, 4 klozet, 1 eviye ve 1 bulaşık makinası olduğu kabul edilmiştir.

Toplam Yük Birimi : $4*1 + 4*1 + 1*2 + 1*2 = 12$ LU dur.

Bodrum su deposu hesabı ,

Her katta iki ofis olduğu düşünülmüştür. Her kat girişi, $12 \text{ Lu} * 2 = 24$ Lu dur.

Her bir zon $24 \text{ Lu} * 12 \text{ kat} = 288$ Lu , 5 zon vardır.

Toplam yük birimi : $288 * 5 = 1440$ Lu , $1440 \text{ Lu} = 4.38 \text{ L /s}$

Kullanım eş değ er faktörü : 0.3 kabul edilmiştir.

Depolama için günlük 12 saat kabul edilmiştir.

Su deposu hesabı = $4.38 \text{ L/s} * 0,3 \text{ kullanım faktörü} * 12 \text{ saat} * 3.6 = 56.8 \text{ m}^3$

2 günlük rezerv alınmıştır. $56.8 * 2 = 113.5 = 114 \text{ m}^3$

114 m³ lük depo yerleştirilmiştir.

Ara Depo Hesabı ,

Ara depo Zon-4 - 5 'e hitap etmektedir.

Toplam yük birimi : 576 Lu dur.

$576 \text{ Lu} = 2.54 \text{ L/s}$

Kullanım eş değ er faktörü : 0.3 kabul edilmiştir.

Depolama için 5 saat kabul edilmiştir.

Su deposu hesabı = $2.54 \text{ L/s} * 0,3 \text{ kullanım faktörü} * 5 \text{ saat} * 3.6 = 13.7 \text{ m}^3$

14 m³ lük depo yerleştirilmiştir.

Zon -1-2

-2. Bodrum kat ile 10. kat arası, toplam 42 metrelik kısım 12 kat Zon-1 ile beslenmektedir.

10. kat ile 22. kat arası, toplam 42 metrelik kısım 12 kat Zon-2 ile beslenmektedir.

Zon -2 (12 kat için) = $24 \text{ Lu} * 12 \text{ kat} = 288 \text{ Lu}$ dur.

Zon-1 ve Zon-2 alt zon pompası ile beslenmektedir.

Pompa debisi için Zon-1 + Zon-2 = $288 \text{ Lu} + 288 \text{ Lu} = 576 \text{ Lu}$ dur.

$576 \text{ Lu} = 2.54 \text{ L/s} = 9.15 \text{ m}^3/\text{h}$ dir.

Pompa basınç kaybı bernoulli denklemi ile hesaplanarak,

P-01-02

Qdebi : $9.15 \text{ m}^3/\text{h}$ Basınç Kaybı : 11.2 bar

Çizelge 6.1 Alternatif- 1 kullanım suyu zon-1 ve zon-2 hidrofor basınç kaybı

KULLANIM SUYU ZON-1-2 HİDROFOR BASINÇ KAYBI								
P-01-02								
Boru Tipime Kaybı Katsayısı								
Galvanize boru ▼								
	Q	D	D	L (uzunluk)	V (hız)	R	L.R	
LU	l/s	çap	iç çap	metre	(m/s)	(bar/m)	bar	
576	2,54	DN 50	54,5	10	1,09	0,00659	0,06585	
288	1,64	DN 40	43,1	42	1,12	0,00919	0,38609	
264	1,56	DN 40	43,1	3,5	1,07	0,00838	0,02933	
240	1,49	DN 40	43,1	3,5	1,02	0,00770	0,02694	
216	1,45	DN 40	43,1	3,5	0,99	0,00732	0,02562	
192	1,40	DN 40	43,1	3,5	0,96	0,00686	0,02401	
168	1,33	DN 40	43,1	3,5	0,91	0,00624	0,02184	
144	1,24	DN 40	43,1	3,5	0,85	0,00548	0,01918	
120	1,14	DN 40	43,1	3,5	0,78	0,00469	0,01642	
96	1,03	DN 40	43,1	3,5	0,71	0,00389	0,01361	
72	0,91	DN 40	43,1	3,5	0,62	0,00309	0,01082	
48	0,77	DN 32	37,2	3,5	0,71	0,00465	0,01627	
24	0,59	Ø 40	26,6	3,5	1,06	0,00963	0,03370	
12	0,43	Ø 32	21,2	6	1,22	0,01619	0,09714	
11	0,42	Ø 32	21,2	1	1,19	0,01550	0,01550	
10	0,40	Ø 32	21,2	1	1,13	0,01416	0,01416	
9	0,38	Ø 32	21,2	1	1,08	0,01288	0,01288	
8	0,36	Ø 32	21,2	1	1,02	0,01165	0,01165	
7	0,34	Ø 32	21,2	1	0,96	0,01049	0,01049	
6	0,32	Ø 32	21,2	1	0,91	0,00937	0,00937	
5	0,30	Ø 25	16,6	1	1,39	0,02737	0,02737	
4	0,27	Ø 25	16,6	1	1,25	0,02253	0,02253	
2	0,20	Ø 20	13,2	1	1,46	0,03947	0,03947	
Düz Boru Kaybı (L.R)							0,95	
Fittings Kayıpları(%30x düz boru kaybı)							0,29	
Akma Basıncı							1,00	
Substation								
Bina Yüksekliği							8,40	
Ara Toplam							10,64	
Emniyet Payı(%5)							0,53	
Genel Toplam							11,17	
9,14 m3/h								
11,17 bar								

Zon -3

22. kat ile 33. kat arası, toplam 42 metrelik kısım 12 kat Zon-3 ile beslenmektedir.

Zon-3'ü besleyen hidrofor yüksek basınç zonları için gerekli ara depoyu beslenmektedir.

Zon -3 (12 kat için) = 24 Lu *12 kat = 288 Lu dur.

P-03-04

Qdebi : 11.6 m3/h Basınç Kaybı : 15.7 bar

Çizelge 6.2 Alternatif- 1 kullanım suyu zon-3 hidrofor basınç kaybı

KULLANIM SUYU ZON-3 HİDROFOR BASINÇ KAYBI								
P-03-04								
Boru Tipime Kaybı Katsayısı								
Galvanize boru ▼								
		Q	D	D	L (uzunluk)	V (hız)	R	L.R
	LU	l/s	çap	iç çap	metre	(m/s)	(bar/m)	bar
	864	3,23	DN 50	54,5	2	1,39	0,01027	0,02054
	288	1,64	DN 40	43,1	87,5	1,12	0,00919	0,80435
	264	1,56	DN 40	43,1	3,5	1,07	0,00838	0,02933
	240	1,49	DN 40	43,1	3,5	1,02	0,00770	0,02694
	216	1,45	DN 40	43,1	3,5	0,99	0,00732	0,02562
	192	1,40	DN 40	43,1	3,5	0,96	0,00686	0,02401
	168	1,33	DN 40	43,1	3,5	0,91	0,00624	0,02184
	144	1,24	DN 40	43,1	3,5	0,85	0,00548	0,01918
	120	1,14	DN 40	43,1	3,5	0,78	0,00469	0,01642
	96	1,03	DN 40	43,1	3,5	0,71	0,00389	0,01361
	72	0,91	DN 40	43,1	3,5	0,62	0,00309	0,01082
	48	0,77	DN 32	37,2	3,5	0,71	0,00465	0,01627
	24	0,59	Ø 40	26,6	3,5	1,06	0,00963	0,03370
	12	0,43	Ø 32	21,2	6	1,22	0,01619	0,09714
	11	0,42	Ø 32	21,2	1	1,19	0,01550	0,01550
	10	0,40	Ø 32	21,2	1	1,13	0,01416	0,01416
	9	0,38	Ø 32	21,2	1	1,08	0,01288	0,01288
	8	0,36	Ø 32	21,2	1	1,02	0,01165	0,01165
	7	0,34	Ø 32	21,2	1	0,96	0,01049	0,01049
	6	0,32	Ø 32	21,2	1	0,91	0,00937	0,00937
	5	0,30	Ø 25	16,6	1	1,39	0,02737	0,02737
	4	0,27	Ø 25	16,6	1	1,25	0,02253	0,02253
	2	0,20	Ø 20	13,2	1	1,46	0,03947	0,03947
							Düz Boru Kaybı (L.R)	1,32
							Fittings Kayıpları(%30x düz boru kaybı)	0,40
							Akma Basıncı	1,00
							Substation	
							Bina Yüksekliği	12,25
							Ara Toplam	14,97
							Emniyet Payı(%5)	0,75
							Genel Toplam	15,72
11,63 m ³ /h								
15,72 bar								

Zon -4-5

35. kat ile 45. kat arası, toplam 42 metrelik kısım 12 kat Zon-4 ile beslenmektedir.

46. kat ile 58. kat arası, toplam 42 metrelik kısım 12 kat Zon-5 ile beslenmektedir.

Zon -4 (12 kat için) = 24 Lu *12 kat = 288 Lu dur.

Zon -5 (12 kat için) = 24 Lu *12 kat = 288 Lu dur.

P-05-06

Qdebi : 9.15 m³/h Basınç Kaybı : 11.17 bar

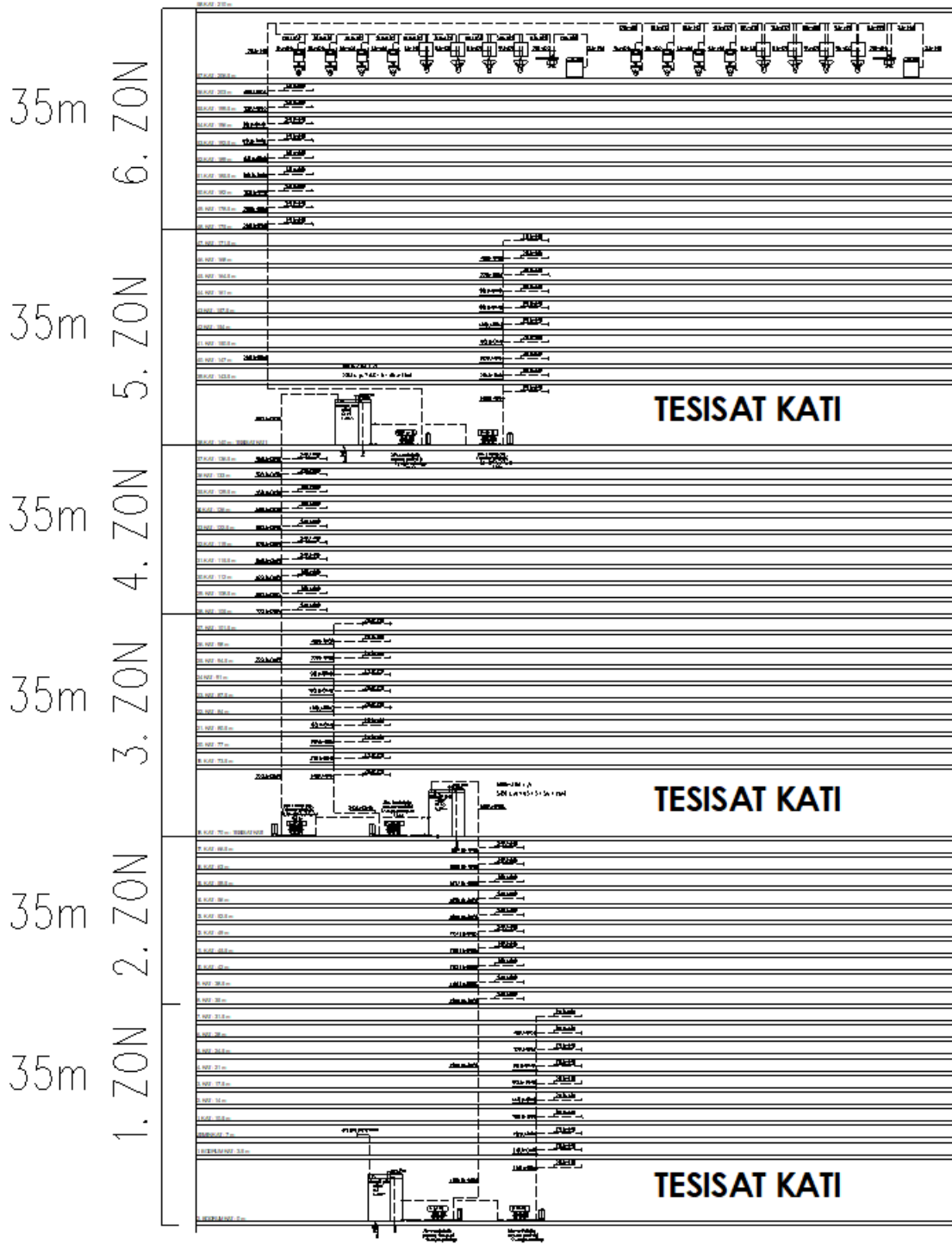
Çizelge 6.3 Alternatif- 1 kullanım suyu zon-4 ve zon-5 hidrofor basınç kaybı

KULLANIM SUYU ZON-4-5 HİDROFOR BASINÇ KAYBI								
P-05-06								
Boru Tipi me Kaybı Katsayısı								
Galvanize boru ▼								
	Q	D	D	L (uzunluk)	V (hız)	R	L.R	
LU	l/s	çap	iç çap	metre	(m/s)	(bar/m)	bar	
576	2,54	DN 50	54,5	10	1,09	0,00659	0,06585	
288	1,64	DN 40	43,1	42	1,12	0,00919	0,38609	
264	1,56	DN 40	43,1	3,5	1,07	0,00838	0,02933	
240	1,49	DN 40	43,1	3,5	1,02	0,00770	0,02694	
216	1,45	DN 40	43,1	3,5	0,99	0,00732	0,02562	
192	1,40	DN 40	43,1	3,5	0,96	0,00686	0,02401	
168	1,33	DN 40	43,1	3,5	0,91	0,00624	0,02184	
144	1,24	DN 40	43,1	3,5	0,85	0,00548	0,01918	
120	1,14	DN 40	43,1	3,5	0,78	0,00469	0,01642	
96	1,03	DN 40	43,1	3,5	0,71	0,00389	0,01361	
72	0,91	DN 40	43,1	3,5	0,62	0,00309	0,01082	
48	0,77	DN 32	37,2	3,5	0,71	0,00465	0,01627	
24	0,59	Ø 40	26,6	3,5	1,06	0,00963	0,03370	
12	0,43	Ø 32	21,2	6	1,22	0,01619	0,09714	
11	0,42	Ø 32	21,2	1	1,19	0,01550	0,01550	
10	0,40	Ø 32	21,2	1	1,13	0,01416	0,01416	
9	0,38	Ø 32	21,2	1	1,08	0,01288	0,01288	
8	0,36	Ø 32	21,2	1	1,02	0,01165	0,01165	
7	0,34	Ø 32	21,2	1	0,96	0,01049	0,01049	
6	0,32	Ø 32	21,2	1	0,91	0,00937	0,00937	
5	0,30	Ø 25	16,6	1	1,39	0,02737	0,02737	
4	0,27	Ø 25	16,6	1	1,25	0,02253	0,02253	
2	0,20	Ø 20	13,2	1	1,46	0,03947	0,03947	
						Düz Boru Kaybı (L.R)	0,95	
						Fittings Kayıpları(%30x düz boru kaybı)	0,29	
						Akma Basıncı	1,00	
						Substation		
						Bina Yüksekliği	8,40	
						Ara Toplam	10,64	
						Emniyet Payı(%5)	0,53	
						Genel Toplam	11,17	
9,14 m3/h								
11,17 bar								

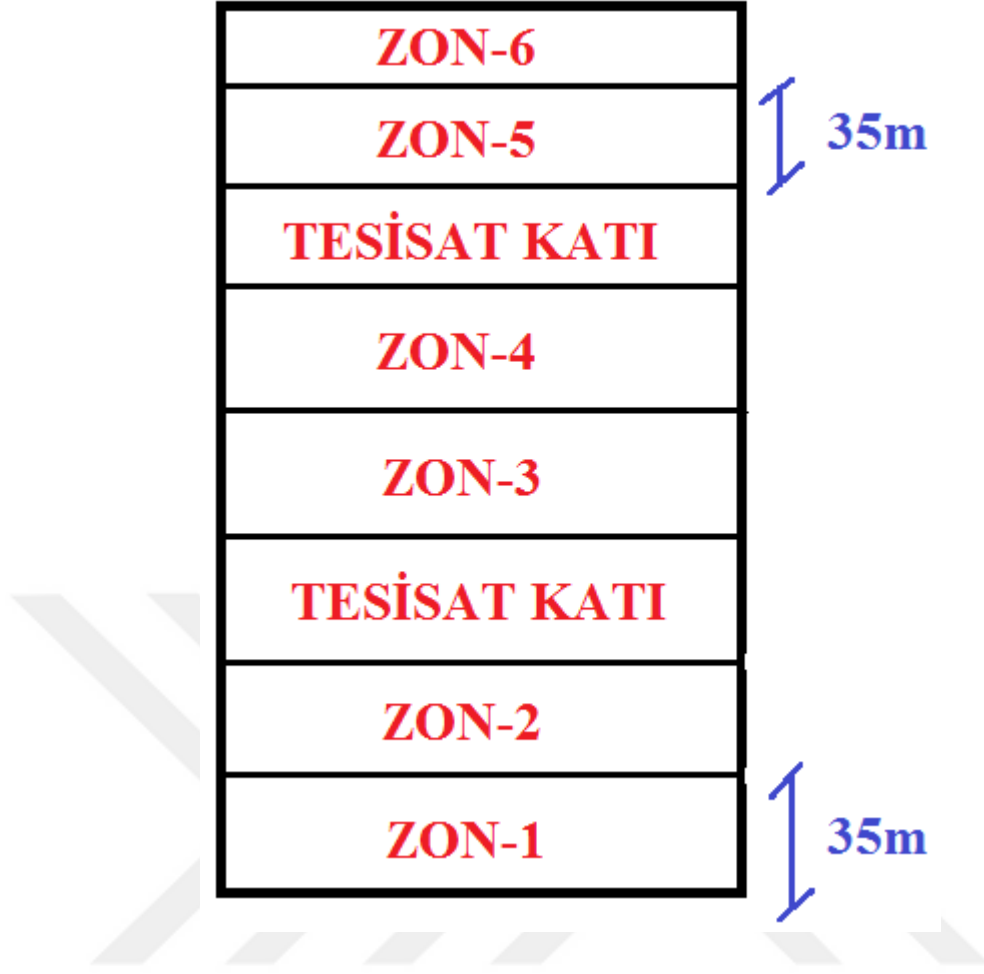
2. Alternatif ,

Her 35 metrede bir zon yapılmıştır. Aşağıda şematik olarak gösterildiği gibi, 210 metrelik bir bina 35 metrelik 6 zon ile tasarlanmıştır. 210 metrelik bir binada sadece 2 adet tesisat katına ara depo yerleşimi yapılması için ihtiyaç duyulmuştur.

2. ALTERNATIF



Şekil 6.3 Alternatif-2'e göre temiz su tesisatı zonlaması



Şekil 6.4 Alternatif-2'e göre zonlamanın şematik gösterimi

Her ofis için temiz su yük birimi aynı olacaktır. TS-806-2 ye göre yük birimleri

Lavabo : 1 LU

Eviye : 2 LU

Bulaşık Makinası : 2 LU

Klozet : 1 LU

1 ofis için,

4 lavabo, 4 klozet, 1 eviye ve 1 bulaşık makinası olduğu kabul edilmiştir.

Toplam Yük Birimi : $4*1 + 4*1 + 1*2 + 1*2 = 12$ LU dur.

Bodrum su deposu hesabı ,

Her katta iki ofis olduğu düşünülmüştür. Her kat girişi, $12 \text{ Lu} * 2 = 24 \text{ Lu}$ dur.

Her bir zon 24 Lu *12 kat = 288 Lu , 5 zon vardır.

Toplam yük birimi : 288 * 5 = 1440 Lu

1440 Lu = 4.38 L /s

Kullanım eş değ er faktörü : 0.3 kabul edilmiştir.

Depolama için günlük 12 saat kabul edilmiştir.

Su deposu hesabı = 4.38 L /s * 0,3 kullanım faktörü * 12 saat * 3.6 = 56.8 m3

2 günlük rezerv alınmıştır. 56.8 * 2 = 113.5 = 114 m3

114 m3 lük depo yerleştirilmiştir.

1. Ara Depo Hesabı ,

Ara depo Zon-3 - 4 'e hitap etmektedir.

Toplam yük birimi : 960 Lu dur.

960 Lu = 3.45 L /s

Kullanım eş değ er faktörü : 0.3 kabul edilmiştir.

Depolama için 5 saat kabul edilmiştir.

Su deposu hesabı = 2.54 L /s * 0,3 kullanım faktörü * 5 saat * 3.6 = 19 m3

19 m3 lük depo yerleştirilmiştir.

2. Ara Depo Hesabı ,

Ara depo Zon-5 - 6 'e hitap etmektedir.

Toplam yük birimi : 480 Lu dur.

480 Lu = 2.26 L /s

Kullanım eş değ er faktörü : 0.3 kabul edilmiştir.

Depolama için 5 saat kabul edilmiştir.

Su deposu hesabı = 2.54 L /s * 0,3 kullanım faktörü * 5 saat * 3.6 = 12 m3

12 m3 lük depo yerleştirilmiştir.

Zon -1

-2. Bodrum kat ile 7. kat arası, toplam 35 metrelik kısım 10 kat Zon-1 ile beslenmektedir.

Her katta iki ofis olduğu düşünülmüştür. Her kat girişi, 12 Lu * 2 = 24 Lu dur.

Zon -1 (10 kat için) = 24 Lu *10 kat = 240 Lu dur.

TS-806-2 standardına göre pompa debisi,

240 Lu = 1.53 L /s = 5.5 m3/h dir.

Pompa basınç kaybı bernoulli denklemi ile hesaplanarak,

P-01-02

Qdebi : 5.5 m3/h Basınç Kaybı : 5.5 bar

Çizelge 6.4 Alternatif- 2 kullanım suyu zon-1 hidrofor basınç kaybı

KULLANIM SUYU ZON-1 HİDROFOR BASINÇ KAYBI									
P-01-02									
Boru Tipi ve Kaybı Katsayısı									
Galvanize boru ▼									
	LU	Q	D	D	L (uzunluk)	V (hız)	R	L.R	
		l/s	çap	iç çap	metre	(m/s)	(bar/m)	bar	
	240	1,53	DN 40	43,1	10	1,05	0,00808	0,08085	
	216	1,45	DN 40	43,1	3,5	0,99	0,00732	0,02562	
	192	1,40	DN 40	43,1	3,5	0,96	0,00686	0,02401	
	168	1,33	DN 40	43,1	3,5	0,91	0,00624	0,02184	
	144	1,24	DN 40	43,1	3,5	0,85	0,00548	0,01918	
	120	1,14	DN 40	43,1	3,5	0,78	0,00469	0,01642	
	96	1,03	DN 40	43,1	3,5	0,71	0,00389	0,01361	
	72	0,91	DN 40	43,1	3,5	0,62	0,00309	0,01082	
	48	0,77	DN 32	37,2	3,5	0,71	0,00465	0,01627	
	24	0,59	Ø 40	26,6	3,5	1,06	0,00963	0,03370	
	12	0,43	Ø 32	21,2	6	1,22	0,01619	0,09714	
	11	0,42	Ø 32	21,2	1	1,19	0,01550	0,01550	
	10	0,40	Ø 32	21,2	1	1,13	0,01416	0,01416	
	9	0,38	Ø 32	21,2	1	1,08	0,01288	0,01288	
	8	0,36	Ø 32	21,2	1	1,02	0,01165	0,01165	
	7	0,34	Ø 32	21,2	1	0,96	0,01049	0,01049	
	6	0,32	Ø 32	21,2	1	0,91	0,00937	0,00937	
	5	0,30	Ø 25	16,6	1	1,39	0,02737	0,02737	
	4	0,27	Ø 25	16,6	1	1,25	0,02253	0,02253	
	2	0,20	Ø 20	13,2	1	1,46	0,03947	0,03947	
Düz Boru Kaybı (L.R)								0,52	
Fittings Kayıpları(%30x düz boru kaybı)								0,16	
Akma Basıncı								1,00	
Substation									
Bina Yüksekliği								3,50	
Ara Toplam								5,18	
Emniyet Payı(%5)								0,26	
Genel Toplam								5,44	
5,51 m3/h									
5,44 bar									

Zon -2

8. kat ile 18. kat arası, toplam 35 metrelik kısım 10 kat Zon-2 ile beslenmektedir.

Zon-2 hidroforu aynı zamanda 1. Ara depoyu beslemektedir.

Zon -2 (10 kat için) = 24 Lu *10 kat = 240 Lu dur.

TS-806-2 standardına göre pompa debisi,

1200 Lu = 3.92 L /s = 14 m3/h dir.

Pompa basınç kaybı bernoulli denklemi ile hesaplanarak,

P-03-04

Qdebi : 14 m3/h Basınç Kaybı : 8.8 bar

Çizelge 6.5 Alternatif- 2 kullanım suyu zon-2 hidrofor basınç kaybı

KULLANIM SUYU ZON-2 HİDROFOR BASINÇ KAYBI								
P-03-04								
Boru Tipime Kaybı Katsayısı								
Galvanize boru ▼								
	Q	D	D	L (uzunluk)	V (hız)	R	L.R	
	LU	l/s	çap	iç çap	metre	(m/s)	(bar/m)	bar
	1200	3,92	DN 65	70,3	40	1,01	0,00425	0,17016
	1176	3,87	DN 65	70,3	3,5	1,00	0,00415	0,01454
	1152	3,83	DN 65	70,3	3,5	0,99	0,00407	0,01426
	1128	3,78	DN 65	70,3	3,5	0,97	0,00398	0,01392
	1104	3,74	DN 65	70,3	3,5	0,96	0,00390	0,01365
	1080	3,69	DN 65	70,3	3,5	0,95	0,00380	0,01331
	1056	3,65	DN 65	70,3	3,5	0,94	0,00373	0,01305
	1032	3,60	DN 65	70,3	3,5	0,93	0,00363	0,01272
	1008	3,55	DN 65	70,3	3,5	0,92	0,00354	0,01239
	984	3,50	DN 65	70,3	3,5	0,90	0,00345	0,01207
	960	3,45	DN 65	70,3	3,5	0,89	0,00336	0,01176
							Düz Boru Kaybı (L.R)	0,30
							Fittings Kayıpları(%30x düz boru kaybı)	0,09
							Akma Basıncı	1,00
							Substation	
							Bina Yüksekliği	7,00
							Ara Toplam	8,39
							Emniyet Payı(%5)	0,42
							Genel Toplam	8,81
14,11 m3/h 8,81 bar								

Zon -3

18. kat ile 28. kat arası, toplam 35 metrelik kısım 10 kat Zon-3 ile beslenmektedir.

Zon -3 (10 kat için) = 24 Lu *10 kat = 240 Lu dur.

240 Lu = 1.53L /s = 5.5 m3/h dir.

Pompa basınç kaybı bernoulli denklemi ile hesaplanarak,

P-05-06

Qdebi : 5.5 m3/h Basınç Kaybı : 5.5 bar

Çizelge 6.6 Alternatif- 2 kullanım suyu zon-3 hidrofor basınç kaybı

KULLANIM SUYU ZON-3 HİDROFOR BASINÇ KAYBI								
P-05-06								
Boru Tipime Kaybı Katsayısı								
Galvanize boru ▼								
	LU	Q l/s	D çap	D iç çap	L (uzunluk) metre	V (hız) (m/s)	R (bar/m)	L.R bar
	240	1,53	DN 40	43,1	10	1,05	0,00808	0,08085
	216	1,45	DN 40	43,1	3,5	0,99	0,00732	0,02562
	192	1,40	DN 40	43,1	3,5	0,96	0,00686	0,02401
	168	1,33	DN 40	43,1	3,5	0,91	0,00624	0,02184
	144	1,24	DN 40	43,1	3,5	0,85	0,00548	0,01918
	120	1,14	DN 40	43,1	3,5	0,78	0,00469	0,01642
	96	1,03	DN 40	43,1	3,5	0,71	0,00389	0,01361
	72	0,91	DN 40	43,1	3,5	0,62	0,00309	0,01082
	48	0,77	DN 32	37,2	3,5	0,71	0,00465	0,01627
	24	0,59	Ø 40	26,6	3,5	1,06	0,00963	0,03370
	12	0,43	Ø 32	21,2	6	1,22	0,01619	0,09714
	11	0,42	Ø 32	21,2	1	1,19	0,01550	0,01550
	10	0,40	Ø 32	21,2	1	1,13	0,01416	0,01416
	9	0,38	Ø 32	21,2	1	1,08	0,01288	0,01288
	8	0,36	Ø 32	21,2	1	1,02	0,01165	0,01165
	7	0,34	Ø 32	21,2	1	0,96	0,01049	0,01049
	6	0,32	Ø 32	21,2	1	0,91	0,00937	0,00937
	5	0,30	Ø 25	16,6	1	1,39	0,02737	0,02737
	4	0,27	Ø 25	16,6	1	1,25	0,02253	0,02253
	2	0,20	Ø 20	13,2	1	1,46	0,03947	0,03947
							Düz Boru Kaybı (L.R)	0,52
							Fittings Kayıpları(%30x düz boru kaybı)	0,16
							Akma Basıncı	1,00
							Substation	
							Bina Yüksekliği	3,50
							Ara Toplam	5,18
							Emniyet Payı(%5)	0,26
							Genel Toplam	5,44
		5,51	m3/h					
		5,44	bar					

Zon -4

28. kat ile 38. kat arası, toplam 35 metrelik kısım 10 kat Zon-4 ile beslenmektedir.

Zon-4 hidroforu aynı zamanda 2. Ara depoyu beslemektedir.

720 Lu = 2.90 L /s = 10.45 m³/h dir.

Pompa basınç kaybı bernoulli denklemi ile hesaplanarak,

P-07-08

Qdebi : 10.45 m³/h Basınç Kaybı : 8.8 bar

Çizelge 6.7 Alternatif- 2 kullanım suyu zon-4 hidrofor basınç kaybı

KULLANIM SUYU ZON-4 HİDROFOR BASINÇ KAYBI								
P-07-08								
Boru Tipime Kaybı Katsayısı								
Galvanize boru ▼								
	Q	D	D	L (uzunluk)	V (hız)	R	L.R	
	l/s	çap	iç çap	metre	(m/s)	(bar/m)	bar	
720	2,9	DN 65	70,3	40	0,75	0,00244	0,09743	
696	2,85	DN 65	70,3	3,5	0,73	0,00236	0,00826	
672	2,79	DN 65	70,3	3,5	0,72	0,00227	0,00794	
648	2,73	DN 65	70,3	3,5	0,70	0,00218	0,00762	
624	2,67	DN 65	70,3	3,5	0,69	0,00209	0,00732	
600	2,61	DN 50	54,5	3,5	1,12	0,00692	0,02424	
576	2,54	DN 50	54,5	3,5	1,09	0,00659	0,02305	
552	2,47	DN 50	54,5	3,5	1,06	0,00625	0,02189	
528	2,41	DN 50	54,5	3,5	1,03	0,00598	0,02091	
504	2,34	DN 50	54,5	3,5	1,00	0,00374	0,01311	
480	2,26	DN 50	54,5	6	0,97	0,00351	0,02107	
Düz Boru Kaybı (L.R)							0,25	
Fittings Kayıpları(%30x düz boru kaybı)							0,08	
Akma Basıncı							1,00	
Substation								
Bina Yüksekliği							7,00	
Ara Toplam							8,33	
Emniyet Payı(%5)							0,42	
Genel Toplam							8,75	
10,44 m ³ /h								
8,75 bar								

Zon -5

38. kat ile 48. kat arası, toplam 35 metrelik kısım 10 kat Zon-5 ile beslenmektedir.

Zon -1 (10 kat için) = 24 Lu *10 kat = 240 Lu dur.

TS-806-2 standardına göre pompa debisi,

240 Lu = 1.53 L /s = 5.5 m3/h dir.

P-09-10

Qdebi : 5.5 m3/h Basınç Kaybı : 5.5 bar

Çizelge 6.8 Alternatif- 2 kullanım suyu zon-5 hidrofor basınç kaybı

KULLANIM SUYU ZON-5 HİDROFOR BASINÇ KAYBI								
P-09-10								
Boru Tipime Kaybı Katsayısı								
Galvanize boru ▼								
	Q	D	D	L (uzunluk)	V (hız)	R	L.R	
	l/s	çap	iç çap	metre	(m/s)	(bar/m)	bar	
240	1,53	DN 40	43,1	10	1,05	0,00808	0,08085	
216	1,45	DN 40	43,1	3,5	0,99	0,00732	0,02562	
192	1,40	DN 40	43,1	3,5	0,96	0,00686	0,02401	
168	1,33	DN 40	43,1	3,5	0,91	0,00624	0,02184	
144	1,24	DN 40	43,1	3,5	0,85	0,00548	0,01918	
120	1,14	DN 40	43,1	3,5	0,78	0,00469	0,01642	
96	1,03	DN 40	43,1	3,5	0,71	0,00389	0,01361	
72	0,91	DN 40	43,1	3,5	0,62	0,00309	0,01082	
48	0,77	DN 32	37,2	3,5	0,71	0,00465	0,01627	
24	0,59	Ø 40	26,6	3,5	1,06	0,00963	0,03370	
12	0,43	Ø 32	21,2	6	1,22	0,01619	0,09714	
11	0,42	Ø 32	21,2	1	1,19	0,01550	0,01550	
10	0,40	Ø 32	21,2	1	1,13	0,01416	0,01416	
9	0,38	Ø 32	21,2	1	1,08	0,01288	0,01288	
8	0,36	Ø 32	21,2	1	1,02	0,01165	0,01165	
7	0,34	Ø 32	21,2	1	0,96	0,01049	0,01049	
6	0,32	Ø 32	21,2	1	0,91	0,00937	0,00937	
5	0,30	Ø 25	16,6	1	1,39	0,02737	0,02737	
4	0,27	Ø 25	16,6	1	1,25	0,02253	0,02253	
2	0,20	Ø 20	13,2	1	1,46	0,03947	0,03947	
						Düz Boru Kaybı (L.R)	0,52	
						Fittings Kayıpları(%30x düz boru kaybı)	0,16	
						Akma Basıncı	1,00	
						Substation		
						Bina Yüksekliği	3,50	
						Ara Toplam	5,18	
						Emniyet Payı(%5)	0,26	
						Genel Toplam	5,44	
5,51 m3/h								
5,44 bar								

Zon -6

48. kat ile 58. kat arası, toplam 35 metrelik kısım 10 kat Zon-6 ile beslenmektedir.

Zon-2 hidroforu aynı zamanda 1. Ara depoyu beslemektedir.

Zon -6 (10 kat için) = 24 Lu *10 kat = 240 Lu dur.

240 Lu = 1.53 L /s = 5.5 m3/h dir.

Pompa basınç kaybı bernoulli denklemi ile hesaplanarak,

P-11-12

Qdebi : 5.5 m3/h Basınç Kaybı : 9.1 bar

Çizelge 6.9 Alternatif- 2 kullanım suyu zon-6 hidrofor basınç kaybı

KULLANIM SUYU ZON-6 HİDROFOR BASINÇ KAYBI								
P-11-12								
Boru Tipi Kaybı Katsayısı								
Galvanize boru ▼								
	LU	Q l/s	D çap	D iç çap	L (uzunluk) metre	V (hız) (m/s)	R (bar/m)	L.R bar
	240	1,53	DN 40	43,1	10	1,05	0,00808	0,08085
	216	1,45	DN 40	43,1	3,5	0,99	0,00732	0,02562
	192	1,40	DN 40	43,1	3,5	0,96	0,00686	0,02401
	168	1,33	DN 40	43,1	3,5	0,91	0,00624	0,02184
	144	1,24	DN 40	43,1	3,5	0,85	0,00548	0,01918
	120	1,14	DN 40	43,1	3,5	0,78	0,00469	0,01642
	96	1,03	DN 40	43,1	3,5	0,71	0,00389	0,01361
	72	0,91	DN 40	43,1	3,5	0,62	0,00309	0,01082
	48	0,77	DN 32	37,2	3,5	0,71	0,00465	0,01627
	24	0,59	Ø 40	26,6	3,5	1,06	0,00963	0,03370
	12	0,43	Ø 32	21,2	6	1,22	0,01619	0,09714
	11	0,42	Ø 32	21,2	1	1,19	0,01550	0,01550
	10	0,40	Ø 32	21,2	1	1,13	0,01416	0,01416
	9	0,38	Ø 32	21,2	1	1,08	0,01288	0,01288
	8	0,36	Ø 32	21,2	1	1,02	0,01165	0,01165
	7	0,34	Ø 32	21,2	1	0,96	0,01049	0,01049
	6	0,32	Ø 32	21,2	1	0,91	0,00937	0,00937
	5	0,30	Ø 25	16,6	1	1,39	0,02737	0,02737
	4	0,27	Ø 25	16,6	1	1,25	0,02253	0,02253
	2	0,20	Ø 20	13,2	1	1,46	0,03947	0,03947
							Düz Boru Kaybı (L.R)	0,52
							Fittings Kayıpları(%30x düz boru kaybı)	0,16
							Akma Basıncı	1,00
							Substation	
							Bina Yüksekliği	7,00
							Ara Toplam	8,68
							Emniyet Payı(%5)	0,43
							Genel Toplam	9,11
5,51 m3/h 9,11 bar								

Çizelge 6.10 Alternatif-1 için net bugünkü değer yöntemi hesabı

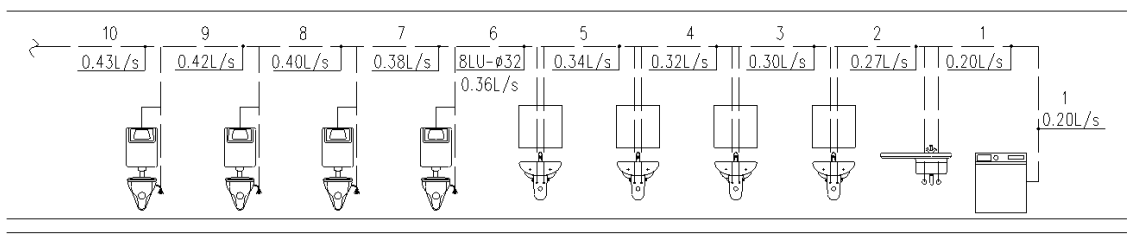
ALTERNATİF-01 NET BUGÜNKÜ DEĞER YÖNTEMİ HESABI						
i=	10%					
YIL	0	1	2	...	9	10
İLK YATIRIM MALİYETİ	- 385.046 ₺					
HİDROFOR	- 176.904 ₺					
SU DEPOSU	- 79.198 ₺					
BORU TESİSATI	- 92.894 ₺					
BASINÇ DÜŞÜRÜCÜ	- 36.050 ₺					
YILLIK GİDERLER						
HİDROFOR ELEKTRİK HARCAMA	(96 kWh/gün)*(30 gün) x (12 ay) x (Elektrik Birim Fiyatı TL/kWh)	- 24.703 ₺	- 26.005 ₺	...	- 37.250 ₺	- 39.212,40 ₺
DEPO BAKIM (YILDA 2 KEZ)		- 1.800,00 ₺	- 1.890 ₺	...	- 2.659 ₺	- 2.792 ₺
HİDROFOR BAKIM (YILDA 2 KEZ)		- 1.200,00 ₺	- 1.260 ₺	...	- 1.773 ₺	- 1.862 ₺
BASINÇ DÜŞÜRÜCÜ BAKIM (YILDA 1 KEZ)		- 1.200,00 ₺	- 1.260 ₺	...	- 1.773 ₺	- 1.862 ₺
HURDA BEDELİ						38.505 ₺
	$\frac{1}{(1+1,01)^0}$	$\frac{1}{(1+1,01)^1}$	$\frac{1}{(1+1,01)^2}$	...	$\frac{1}{(1+1,01)^9}$	$\frac{1}{(1+1,01)^{10}}$
NET NAKİT AKIŞI	- 385.045,64 ₺	- 28.903 ₺	- 30.415 ₺	...	- 43.455 ₺	- 7.223 ₺
NET BUGÜNKÜ DEĞER	- 385.045,64 ₺	- 26.275,84 ₺	- 25.136,19 ₺	...	- 18.429,33 ₺	- 2.785 ₺
					ALT 01 NBD	- 587.180 ₺

Çizelge 6.11 Alternatif-2 için net bugünkü değer yöntemi hesabı

ALTERNATİF-02 NET BUGÜNKÜ DEĞER YÖNTEMİ HESABI						
i=	10%					
YIL	0	1	2	...	9	10
İLK YATIRIM MALİYETİ	- 518.771 ₺					
HİDROFOR	- 293.327 ₺					
SU DEPOSU	- 112.731 ₺					
BORU TESİSATI	- 112.713 ₺					
YILLIK GİDERLER						
HİDROFOR ELEKTRİK HARCAMA	(90 kWh/gün)*(30 gün) x (12 ay) x (Elektrik Birim Fiyatı TL/kWh)	- 23.159 ₺	- 24.379 ₺	...	- 34.922 ₺	- 36.761,63 ₺
DEPO BAKIM (YILDA 2 KEZ)		- 2.500,00 ₺	- 2.625 ₺	...	- 3.694 ₺	- 3.878 ₺
HİDROFOR BAKIM (YILDA 2 KEZ)		- 2.400,00 ₺	- 2.520 ₺	...	- 3.546 ₺	- 3.723 ₺
HURDA BEDELİ						51.877 ₺
	$\frac{1}{(1+1,01)^0}$	$\frac{1}{(1+1,01)^1}$	$\frac{1}{(1+1,01)^2}$	...	$\frac{1}{(1+1,01)^9}$	$\frac{1}{(1+1,01)^{10}}$
NET NAKİT AKIŞI	- 518.770,84 ₺	- 28.059 ₺	- 29.524 ₺	...	- 42.161 ₺	7.514 ₺
NET BUGÜNKÜ DEĞER	- 518.770,84 ₺	- 25.508,60 ₺	- 24.400,40 ₺	...	- 17.880,58 ₺	2.897 ₺
					ALT 02 NBD	- 709.350 ₺

6.1.1 Temiz Su Tesisatı Boru Çaplandırılmasının Karşılaştırılması

Bu kısımda TS 806-3 standardına göre yapılan boru çaplandırılması ile, boru basınç kaybına göre yapılacak olan boru çaplandırılması karşılaştırılacaktır.



Şekil 6.5 Temiz kullanım suyu tesisat bölümleri

TS 806-3 standardına göre baktığımızda, tesisat bölümlerine göre hızlar ve boru çapları verilmiştir. Özgül basınç kayıp değeri Hazen-Williams formülünden hesaplanmıştır

Çizelge 6.12 TS 806-3 'e göre boru çapı belirleme

1. ALTERNATİF - TS 806-3 'E GÖRE BORU ÇAPI BELİRLEME							
BÖLÜM	KULLANMA DEBİSİ (L /s)	UZUNLUK (m)	BORU ÇAPI	HIZ (m/s)	ÖZGÜL KAYIP (bar /m)	KAYIP (bar)	KAYIP (mbar)
1	0,20	1	DN 15	0,85	0,01598	0,01598	15,98
2	0,27	0,5	DN 20	0,69	0,00808	0,00404	4,04
3	0,30	0,5	DN 20	0,77	0,00982	0,00491	4,91
4	0,32	0,5	DN 20	0,82	0,01107	0,005535	5,54
5	0,34	0,8	DN 20	0,87	0,01238	0,009904	9,90
6	0,36	0,8	DN 20	0,92	0,01377	0,011016	11,02
7	0,38	0,8	DN 20	0,97	0,01521	0,012168	12,17
8	0,40	0,8	DN 20	1,02	0,01673	0,013384	13,38
9	0,42	0,8	DN 20	1,08	0,01831	0,014648	14,65
10	0,43	0,8	DN 20	1,1	0,01912	0,015296	15,30

Çizelge 6.12 TS 806-3'e göre boru çapı belirleme (Devamı)

1. ALTERNATİF - TS 806-3 'E GÖRE BORU ÇAPI BELİRLEME							
BÖLÜM	KULLAN MA DEBİSİ (L /s)	UZUNLUK (m)	BORU ÇAPI	HIZ (m/s)	ÖZGÜL KAYIP (bar /m)	KAYIP (bar)	KAYIP (mbar)
11	0,59	3,5	DN 25	0,93	0,00688	0,02408	24,08
12	0,77	3,5	DN 32	0,71	0,00465	0,016275	16,28
13	0,91	3,5	DN 40	0,62	0,00309	0,010815	10,82
14	1,03	3,5	DN 40	0,71	0,00389	0,013615	13,62
15	1,14	3,5	DN 40	0,78	0,00469	0,016415	16,42
16	1,24	3,5	DN 40	0,85	0,00548	0,01918	19,18
17	1,33	3,5	DN 40	0,91	0,00624	0,02184	21,84
18	1,40	3,5	DN 40	0,96	0,00686	0,02401	24,01
19	1,45	3,5	DN 40	0,99	0,00732	0,02562	25,62
20	1,49	3,5	DN 40	1,02	0,0077	0,02695	26,95
21	1,56	3,5	DN 40	1,07	0,00838	0,02933	29,33
22	1,64	42	DN 40	1,12	0,00919	0,38598	385,98
23	2,54	10	DN 50	1,09	0,00659	0,0659	65,90
						0,786891	786,89 1

Aşağıdaki çizelgede, boru basınç kaybına göre tesisat bölümlerindeki boru çapları verilmiştir.

Çizelge 6.13 Boru basınç kaybına göre boru çapı belirleme

2. ALTERNATİF - BORU BASINÇ KAYBINA GÖRE BORU ÇAPI BELİRLEME						
BÖLÜM	KULLANMA DEBİSİ (L /s)	UZUNLUK (m)	BORU ÇAPI	ÖZGÜL SÜRTÜNME (bar / m)	KAYIP (bar)	KAYIP (mbar)
1	0,20	1	DN 20	0,01050	0,01050	10,50
2	0,27	0,5	DN 25	0,00571	0,002855	2,86
3	0,30	0,5	DN 25	0,00679	0,00339	3,39
4	0,32	0,5	DN 25	0,00700	0,00350	3,50
5	0,34	0,8	DN 25	0,00912	0,007296	7,30
6	0,36	0,8	DN 25	0,01029	0,008232	8,23
7	0,38	0,8	DN 25	0,01200	0,00960	9,60
8	0,40	0,8	DN 25	0,01200	0,00960	9,60
9	0,42	0,8	DN 25	0,01397	0,011176	11,18
10	0,43	0,8	DN 25	0,0015	0,0012	1,20
11	0,59	3,5	DN 32	0,007	0,0245	24,50
12	0,77	3,5	DN 32	0,0012	0,0042	4,20
13	0,91	3,5	DN 40	0,005	0,0175	17,50
14	1,03	3,5	DN 40	0,006	0,021	21,00
15	1,14	3,5	DN 40	0,008	0,028	28,00
16	1,24	3,5	DN 40	0,009	0,0315	31,50

Çizelge 6.13 Boru basınç kaybına göre boru çapı belirleme (Devamı)

2. ALTERNATİF - BORU BASINÇ KAYBINA GÖRE BORU ÇAPI BELİRLEME						
BÖLÜM	KULLANMA DEBİSİ (L /s)	UZUNLUK (m)	BORU ÇAPI	ÖZGÜL SÜRTÜNME (bar / m)	KAYIP (bar)	KAYIP (mbar)
17	1,33	3,5	DN 40	0,011	0,0385	38,50
18	1,40	3,5	DN 40	0,013	0,0455	45,50
19	1,45	3,5	DN 40	0,013	0,0455	45,50
20	1,49	3,5	DN 40	0,014	0,049	49,00
21	1,56	3,5	DN 40	0,015	0,0525	52,50
22	1,64	42	DN 50	0,005	0,21	210,00
23	2,54	10	DN 50	0,011	0,11	110,00
					0,745051	745,0515

Özgül sürtünme basınç değerleri Ek-A ' da verilen tablolardan alınmıştır

6.2 Pis Su Tesisatı ve Pis Su Havalık Hattının Projelendirilmesi

Her ofis için pis su yük birimi aynı olacaktır. TS-12506-2 'ye göre pis su yük birimleri hesaplanmıştır. Projemizde gri su tesisatı olduğu için, lavabo giderleri pis su tesisatına dahil edilmemiştir.

Her ofis içerisinde , 4 lavabo, 4 klozet, 1 eviye ve 1 bulaşık makinası bulunmaktadır.

Her katta iki ofis dairesinin olduğu kabul edilmiştir, pis su yük birimlerine baktığımızda,

Eviye : 0.8 DU

Bulaşık Makinası : 0.8 DU

Klozet : 2 DU

1 ofis için,

4 klozet, 1 eviye ve 1 bulaşık makinası olduğu kabul edilmiştir.

Toplam Pis Su Yük Birimi : $4*2 + 1*0.8 + 1*0.8 = 9.6$ DU dur.

Her katta 2 ofis dairesi olduğu için, kat çıkış pis su yük değeri $9.6*2 = 19.2$ DU

Pis su debisi hesaplanması TS EN 12056 -2 standardında belirtildiği gibi,

$$Q_{ww} = K * \sqrt{\sum DU}$$

$$Q_{ww} : L / s$$

K : Sıklık Faktörü

$\sum DU$: Boşlatma birimlerinin toplamı

Bütün katlar birbirinin aynısı olduğu için,

1 kat için pis su çıkış debisini hesaplarsak,

K değeri sıklık faktörü ofisler için 0.5 kabul edilmiştir.

$$Q_{ww} = 0.5 * \sqrt{\sum 19.2}$$

$$Q_{ww} = 2.19 \text{ l/s dir.}$$

Yüksek katlı binalardaki pis su tesisatında en büyük korku kolonlarında çok yüksek hızların oluşacağıdır. En alttaki fittingsleri patlamaya veya kırılmaya karşı nasıl korunacağını düşünülmesidir. Aslında yüksek hızlara karşı taban fittingslerini koruyacak özel önlemlere gerek yoktur. Çünkü aşırı yüksek hızlar zaten oluşmamaktadır. Bu konuyla ilgili tezimin ilgili bölümlerimde bahsettiğim terminal hız kavramı ortaya çıkmaktadır.

F.M. Dawson ve AA. Kalinske ve RS. Wyly ve H.N. Eaton "Binalardaki tesisat kolon kapasiteleri" isimli eserlerinde terminal hızı keşfetmişler ve su filmini boru iç çeperi boyunca kayan içi boş bir su silindiri gibi düşünerek bir formül türetmişlerdir.

210 metrelik yüksek katlı ofis binası projemiz üzerinde hesapladığımız debi ve seçtiğimiz çaplardan yola çıkarak, her kat için terminal hızlar hesaplanmıştır.

Hızın mak. 3.76 m/s' yi gördüğü hesaplanmıştır, bu durumda hız kesmek için hız kesicilere gerek kalmadığı görülmüştür.

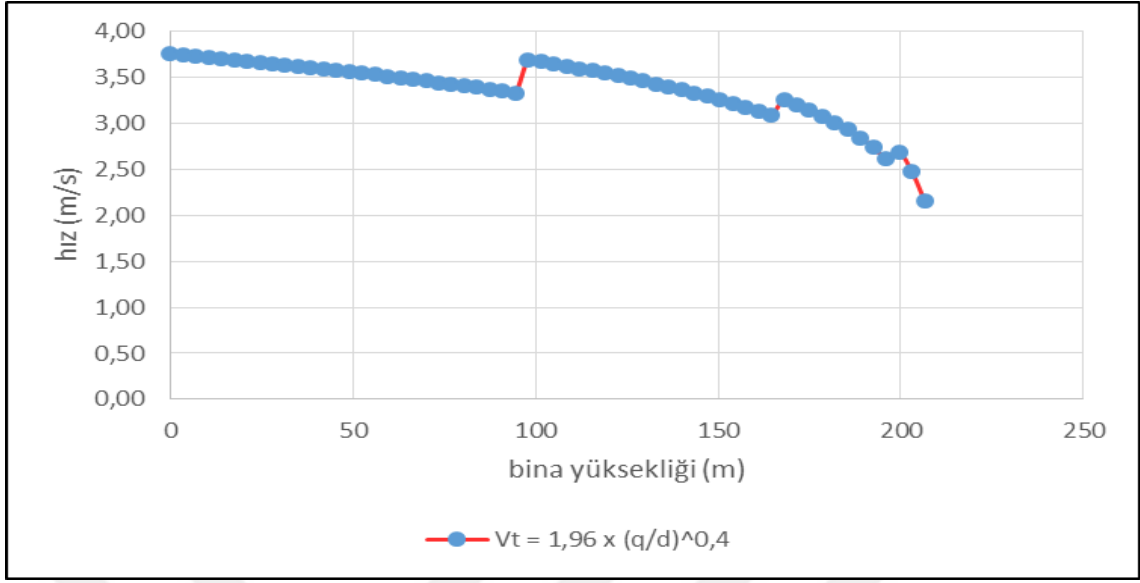
Aşağıdaki tabloda yük birimleri , debisi ve seçilen çaplara göre terminal hızları görülmektedir.

Çizelge 6.14 Pis su terminal hız çizelgesi

Yükseklik (m)	DU	$0,5 (DU)^{0,5}$ (l/s)	Q (l/dk)	d (mm)	$V_t = 1,96 \times (q/d)^{0,4}$ (m/s)
206,5	19,2	2,19	131,4534138	103	2,16
203	38,4	3,10	185,9032006	103	2,48
199,5	57,6	3,79	227,6839915	103	2,69
196	76,8	4,38	262,9068276	127	2,62
192,5	96	4,90	293,9387691	127	2,74
189	115,2	5,37	321,9937888	127	2,84
185,5	134,4	5,80	347,7930419	127	2,93
182	153,6	6,20	371,8064012	127	3,01
178,5	172,8	6,57	394,3602414	127	3,08
175	192	6,93	415,6921938	127	3,15
171,5	211,2	7,27	435,981651	127	3,21
168	230,4	7,59	455,3679831	127	3,27
164,5	249,6	7,90	473,9620238	152	3,09
161	268,8	8,20	491,8536368	152	3,14
157,5	288	8,49	509,1168825	152	3,18
154	307,2	8,76	525,8136552	152	3,22
150,5	326,4	9,03	541,99631	152	3,26
147	345,6	9,30	557,7096019	152	3,30
143,5	364,8	9,55	572,9921465	152	3,33
140	384	9,80	587,8775383	152	3,37
136,5	403,2	10,04	602,3952191	152	3,40
133	422,4	10,28	616,5711638	152	3,43
129,5	441,6	10,51	630,4284258	152	3,46
126	460,8	10,73	643,9875775	152	3,49
122,5	480	10,95	657,267069	152	3,52
119	499,2	11,17	670,2835221	152	3,55
115,5	518,4	11,38	683,0519746	152	3,58
112	537,6	11,59	695,5860838	152	3,60
108,5	556,8	11,80	707,8982978	152	3,63
105	576	12,00	720	152	3,65

Çizelge 6.14 Pis su terminal hız çizelgesi (Devamı)

Yükseklik (m)	DU	0,5 (DU) ^{0,5} (l/s)	Q (l/dk)	d (mm)	Vt = 1,96 x (q/d) ^{0,4} (m/s)
101,5	595,2	12,20	731,9016327	152	3,68
98	614,4	12,39	743,6128025	152	3,70
94,5	633,6	12,59	755,1423707	200	3,33
91	652,8	12,77	766,4985323	200	3,35
87,5	672	12,96	777,6888838	200	3,37
84	691,2	13,15	788,7204828	200	3,39
80,5	710,4	13,33	799,5998999	200	3,41
77	729,6	13,51	810,3332648	200	3,43
73,5	748,8	13,68	820,9263061	200	3,45
70	768	13,86	831,3843876	200	3,47
66,5	787,2	14,03	841,71254	200	3,48
63	806,4	14,20	851,9154888	200	3,50
59,5	825,6	14,37	861,9976798	200	3,52
56	844,8	14,53	871,963302	200	3,53
52,5	864	14,70	881,8163074	200	3,55
49	883,2	14,86	891,5604298	200	3,56
45,5	902,4	15,02	901,1992011	200	3,58
42	921,6	15,18	910,7359661	200	3,59
38,5	940,8	15,34	920,1738966	200	3,61
35	960	15,49	929,5160031	200	3,62
31,5	979,2	15,65	938,7651463	200	3,64
28	998,4	15,80	947,9240476	200	3,65
24,5	1017,6	15,95	956,9952978	200	3,67
21	1036,8	16,10	965,9813663	200	3,68
17,5	1056,0	16,25	974,8846086	200	3,69
14	1075,2	16,40	983,7072735	200	3,71
10,5	1094,4	16,54	992,4515102	200	3,72
7	1113,6	16,69	1001,119374	200	3,73
3,5	1132,8	16,83	1009,71283	200	3,75
0	1152	16,97	1018,233765	200	3,76



Şekil 6.6 Terminal hızın yüksekliğe karşı grafiği

Pis su havalık tesisatı , pis su tesisatında hızı etkileyen önemli parametrelerden biridir. Yüksek katlı binalarda 10 katta bir ana kolondan branşman alınması gerekmektedir.

6.3 Gri Su Tesisatının Projelendirilmesi

210 metrelik yüksek katlı bina projesinde lavabolardan gelen gri sular toplanıp, arıtılarak tekrardan klozet rezervuarlarında kullanılacaktır. Bunun için günlük gri su tüketimi hesaplanacak ve gerekli ham su, membran tank deposu ve arıtılmış su deposu yerleşimi yapılacaktır.

1 ofiste 4 adet lavabo bulunmaktadır.

Lavabo : 0.5 DU

1 ofis için $4 \times 0.5 \text{ DU} = 2 \text{ DU}$

Her hatta 2 ofis olduğu için,

Kat çıkışı $2 \times 2 \text{ DU} = 4 \text{ DU}$ olup,

Her kat için ayrı ayrı debi hesabı yapılarak aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 6.15 Gri su için lavabo tüketim debisi

KAT	DU	$0,5 (DU)^{0,5} \text{ (l/s)}$
57	4	1,00
56	8	1,41
55	12	1,73
54	16	2,00
53	20	2,24
52	24	2,45
51	28	2,65
50	32	2,83
49	36	3,00
48	40	3,16
47	44	3,32
46	48	3,46
45	52	3,61
44	56	3,74
43	60	3,87
42	64	4,00
41	68	4,12
40	72	4,24
39	76	4,36
38	80	4,47
37	84	4,58
36	88	4,69
35	92	4,80
34	96	4,90
33	100	5,00
32	104	5,10
31	108	5,20
30	112	5,29
29	116	5,39
28	120	5,48
27	124	5,57
26	128	5,66

Çizelge 6.15 Gri su için lavabo tüketim debisi (Devamı)

KAT	DU	$0,5 (DU)^{0,5} \text{ (l/s)}$
25	132	5,74
24	136	5,83
23	140	5,92
22	144	6,00
21	148	6,08
20	152	6,16
19	156	6,24
18	160	6,32
17	164	6,40
16	168	6,48
15	172	6,56
14	176	6,63
13	180	6,71
12	184	6,78
11	188	6,86
10	192	6,93
9	196	7,00
8	200	7,07
7	204	7,14
6	208	7,21
5	212	7,28
4	216	7,35
3	220,0	7,42
2	224	7,48
1	228	7,55
0	232	7,62
-1	236	7,68
-2	240	7,75

Tabloda da görüldüğü gibi toplam 7.75 L /s lavabolardan tüketim olmaktadır.

Ofislerde günlük 12 saat kullanım olduğu öngörüldüğünde,

Q debi : 7.75 L /saniye

Günlük : 12 saat = 43200 saniye

Tüketim : $7.75 * 43200 = 334800 \text{ L} = 335 \text{ m}^3$ lavabolardan pis su gelmektedir. Bu değer lavabolardan gelen toplam günlük pis su hacmidir.

Gri su tesisatlarında tasarruf sağlamak için , gri suyun asıl geri kazanılmak istenen sistemde ne kadar su harcadığını incelemek ve bunun üzerinde hesap yapmak enerjiyi daha verimli kullanmak açısından uygun olacaktır.

Bu şekilde gereksiz büyük gri su tesisatı kurulmasına gerek kalmayacaktır.

Bunun için günlük rezervuar kullanımı üzerinden hesap yapmak daha doğru olacaktır.

Gömme rezervuarların 3L lik kademesinin günlük kişi başı kullanım miktarının 5,

Gömme rezervuarların 6L lik kademesinin günlük kişi başı kullanım miktarının 1, kabul edilmiştir.

Projelendirdiğim ofis binasında her bir ofiste 20 kişi çalışmaktadır.

Her katta iki ofis dairesi vardır, 1 katta $20 * 2 = 40$ kişi çalışmaktadır.

Bina 60 katlı olup, binadaki toplam kişi sayısı $40 * 60 = 2.400$ kişi olarak hesaplanır.

Kişi başı rezervuar tüketimi : $3 \text{ L} * 5 + 6 \text{ L} * 1 = 21 \text{ L}$ dir.

Bina toplamında günlük rezervuar tüketimi : $2.400 \text{ kişi} * 21 \text{ L} = 50.400 \text{ L} / \text{gün}$

Çizelge 6.16 Günlük klozet su tüketimi

YÜKSEK KATLI BİR OFİS PROJESİ							
Tip	Ofis sayısı	Bir ofisteki kişi sayısı	Çift kademeli gömme rezervuarın 3 l kademesinin kişi başı günlük kullanım miktarı	Çift kademeli gömme rezervuarın 6 l kademesinin kişi başı günlük kullanım miktarı	Kişi başı günlük klozet su ihtiyacı (l)	1 Ofisin günlük klozet su tüketim ihtiyacı (l)	Binanın günlük klozet su tüketim ihtiyacı (l)
Ofis	120	20	5	1	21	420	50.400

Kısaca özetlemek gerekirse,

$50 \text{ m}^3 / \text{gün}$ sistemde üç depolama tankı bulunmaktadır.

1. tank gri suyun toplandığı,

2. tank membran tankı,

3. tank arıtılmış su tankıdır.

Günlük 50 m³ gri su tüketimi olan bir sistem için,

Toplam tankların hacmi : $50 \times 1.5 = 75$ m³ /gün olarak hesaplanmıştır.

Her bir tank 25 m³ olarak seçilmiştir.

Her ofis için temiz su yük birimi aynı olacaktır. TS-806-2 ye göre yük birimleri

Klozet Rezervuar : 1 LU

1 ofis için,

Toplam Yük Birimi : $4 \times 1 = 4$ LU dur.

Bodrum su deposu hesabı ,

Günlük gri su tüketimi : 50 m³/ gün

Toplam tankların hacmi : $50 \times 1.5 = 75$ m³

Her bir tank 25m³

25 m³ lük depo yerleştirilmiştir.

Ara Depo Hesabı ,

Ara depo Zon-4 - 5 'e hitap etmektedir.

Toplam yük birimi : 192 Lu dur.

$192 \text{ Lu} = 1.4044 \text{ L /s}$

Kullanım eş değer faktörü : 0.3 kabul edilmiştir.

Depolama için 5 saat kabul edilmiştir.

Su deposu hesabı = $1.4044 \text{ L /s} \times 0,3 \text{ kullanım faktörü} \times 5 \text{ saat} \times 3.6 = 7.6 \text{ m}^3$

8 m³ lük depo yerleştirilmiştir.

Zon -1-2

-2. Bodrum kat ile 10. kat arası, toplam 42 metrelik kısım 12 kat Zon-1 ile beslenmektedir.

Her katta iki ofis olduğu düşünülmüştür. Her kat girişi, $4 \text{ Lu} \times 2 = 8 \text{ Lu}$ dur.

Zon -1 (12 kat için) = $8 \text{ Lu} \times 12 \text{ kat} = 96 \text{ Lu}$ dur.

10. kat ile 22. kat arası, toplam 42 metrelik kısım 12 kat Zon-2 ile beslenmektedir.

Zon -2 (12 kat için) = 8 Lu *12 kat = 96 Lu dur.

Zon-1 ve Zon-2 Alt zon pompası ile beslenmektedir.

Pompa debisi için Zon-1 + Zon-2 = 96 Lu + 96 Lu = 192 Lu dur.

192 Lu = 1.4044 L /s = 5.04 m³/h dir.

P-01-02

Qdebi : 5.04 m³/h Basınç Kaybı : 10.92 bar

Çizelge 6.17 Klozet rezervuar suyu zon-1 ve zon-2 hidrofor basınç kaybı

KLOZET REZERVUAR ZON-1-2 HİDROFOR BASINÇ KAYBI								
P-01-02								
Boru Tipime Kaybı Katsayısı								
Galvanize boru ▼								
	Q	D	D	L (uzunluk)	V (hız)	R	L.R	
LU	l/s	çap	iç çap	metre	(m/s)	(bar/m)	bar	
192	1,40	DN 40	43,1	10	0,96	0,00686	0,06860	
96	1,03	DN 40	43,1	42	0,71	0,00389	0,16330	
88	0,99	DN 40	43,1	3,5	0,68	0,00361	0,01265	
80	0,96	DN 40	43,1	3,5	0,66	0,00341	0,01195	
72	0,91	DN 40	43,1	3,5	0,62	0,00309	0,01082	
64	0,87	DN 40	43,1	3,5	0,60	0,00285	0,00996	
56	0,82	DN 32	37,2	3,5	0,75	0,00522	0,01828	
48	0,76	DN 32	37,2	3,5	0,70	0,00454	0,01588	
40	0,71	DN 25	28,5	3,5	1,11	0,01464	0,05125	
32	0,64	DN 25	28,5	3,5	1,00	0,01208	0,04229	
24	0,59	DN 25	28,5	3,5	0,93	0,01040	0,03639	
16	0,49	DN 20	22,3	3,5	1,26	0,02435	0,08522	
8	0,36	Ø 32	21,2	3,5	1,02	0,01165	0,04079	
4	0,27	Ø 25	16,6	6	1,25	0,02253	0,13516	
3	0,24	Ø 25	16,6	1	1,11	0,01812	0,01812	
2	0,20	Ø 20	13,2	1	1,46	0,03947	0,03947	
1	0,10	Ø 20	13,2	1	0,73	0,01095	0,01095	
							Düz Boru Kaybı (L.R)	0,77
							Fittings Kayıpları(%30x düz boru kaybı)	0,23
							Akma Basıncı	1,00
							Substation	
							Bina Yüksekliği	8,40
							Ara Toplam	10,40
							Emniyet Payı(%5)	0,52
							Genel Toplam	10,92
5,04 m ³ /h								
10,92 bar								

Zon -3

22. kat ile 33. kat arası, toplam 42 metrelik kısım 12 kat Zon-3 ile beslenmektedir.

Zon-3'ü besleyen hidrofor yüksek basınç zonları için gerekli ara depoyu beslenmektedir.

Zon -3 (12 kat için) = 8 Lu *12 kat = 96 Lu dur.

P-03-04

Qdebi : 5.90 m3/h Basınç Kaybı : 15.14 bar

Çizelge 6.18 Klozet rezervuarları kullanım suyu zon-3 hidrofor basınç kaybı

KLOZET REZERVUAR ZON-3 HİDROFOR BASINÇ KAYBI								
P-03-04								
Boru Tipine Kaybı Katsayısı								
Galvanize boru ▼								
	Q	D	D	L (uzunluk)	V (hız)	R	L.R	
	LU	l/s	çap	iç çap	metre	(m/s)	(bar/m)	bar
	288	1,64	DN 40	43,1	2	1,12	0,00919	0,01839
	96	1,03	DN 40	43,1	87,5	0,71	0,00389	0,34020
	88	0,99	DN 40	43,1	3,5	0,68	0,00361	0,01265
	80	0,96	DN 40	43,1	3,5	0,66	0,00341	0,01195
	72	0,91	DN 40	43,1	3,5	0,62	0,00309	0,01082
	64	0,87	DN 40	43,1	3,5	0,60	0,00285	0,00996
	56	0,82	DN 32	37,2	3,5	0,75	0,00522	0,01828
	48	0,76	DN 32	37,2	3,5	0,70	0,00454	0,01588
	40	0,71	DN 25	28,5	3,5	1,11	0,01464	0,05125
	32	0,64	DN 25	28,5	3,5	1,00	0,01208	0,04229
	24	0,59	DN 25	28,5	3,5	0,93	0,01040	0,03639
	16	0,49	DN 20	22,3	3,5	1,26	0,02435	0,08522
	8	0,36	Ø 32	21,2	3,5	1,02	0,01165	0,04079
	4	0,27	Ø 25	16,6	6	1,25	0,02253	0,13516
	3	0,24	Ø 25	16,6	1	1,11	0,01812	0,01812
	2	0,20	Ø 20	13,2	1	1,46	0,03947	0,03947
	1	0,10	Ø 20	13,2	1	0,73	0,01095	0,01095
							Düz Boru Kaybı (L.R)	0,90
							Fittings Kayıpları(%30x düz boru kaybı)	0,27
							Akma Basıncı	1,00
							Substation	
							Bina Yüksekliği	12,25
							Ara Toplam	14,42
							Emniyet Payı(%5)	0,72
							Genel Toplam	15,14
5,90 m3/h 15,14 bar								

Zon -4-5

35. kat ile 45. kat arası, toplam 42 metrelik kısım 12 kat Zon-4 ile beslenmektedir.

46. kat ile 58. kat arası, toplam 42 metrelik kısım 12 kat Zon-5 ile beslenmektedir.

Zon -4 (12 kat için) = 8 Lu *12 kat = 96 Lu dur.

Zon -5 (12 kat için) = 8 Lu *12 kat = 96 Lu dur.

P-05-06

Qdebi : 5.04 m3/h Basınç Kaybı : 10.92 bar

Çizelge 6.19 Klozet rezervuarları kullanım suyu zon-4-5 hidrofor basınç kaybı

KLOZET REZERVUAR ZON-4-5 HİDROFOR BASINÇ KAYBI								
P-05-06								
Boru Tipi ve Kaybı Katsayısı								
Galvanize boru ▼								
	LU	Q l/s	D çap	D iç çap	L (uzunluk) metre	V (hız) (m/s)	R (bar/m)	L.R bar
	192	1,40	DN 40	43,1	10	0,96	0,00686	0,06860
	96	1,03	DN 40	43,1	42	0,71	0,00389	0,16330
	88	0,99	DN 40	43,1	3,5	0,68	0,00361	0,01265
	80	0,96	DN 40	43,1	3,5	0,66	0,00341	0,01195
	72	0,91	DN 40	43,1	3,5	0,62	0,00309	0,01082
	64	0,87	DN 40	43,1	3,5	0,60	0,00285	0,00996
	56	0,82	DN 32	37,2	3,5	0,75	0,00522	0,01828
	48	0,76	DN 32	37,2	3,5	0,70	0,00454	0,01588
	40	0,71	DN 25	28,5	3,5	1,11	0,01464	0,05125
	32	0,64	DN 25	28,5	3,5	1,00	0,01208	0,04229
	24	0,59	DN 25	28,5	3,5	0,93	0,01040	0,03639
	16	0,49	DN 20	22,3	3,5	1,26	0,02435	0,08522
	8	0,36	Ø 32	21,2	3,5	1,02	0,01165	0,04079
	4	0,27	Ø 25	16,6	6	1,25	0,02253	0,13516
	3	0,24	Ø 25	16,6	1	1,11	0,01812	0,01812
	2	0,20	Ø 20	13,2	1	1,46	0,03947	0,03947
	1	0,10	Ø 20	13,2	1	0,73	0,01095	0,01095
							Düz Boru Kaybı (L.R)	0,77
							Fittings Kayıpları(%30x düz boru kaybı)	0,23
							Akma Basıncı	1,00
							Substation	
							Bina Yüksekliği	8,40
							Ara Toplam	10,40
							Emniyet Payı(%5)	0,52
							Genel Toplam	10,92
5,04 m3/h 10,92 bar								

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yüksek katlı 210 metre yüksekliğinde bir ofis binasında temiz su tesisatı projelendirme kısmında belirtildiği gibi 2 alternatif olarak incelenmiştir.

1. Alternatif 42 metrede bir zon yapılarak 1 adet tesisat katının oluşturulmasıdır.

Çizelge 7.1 Alternatif-1 pompa listesi

ZON KODLARI	HİTAP ETTİĞİ KATLAR	POMPA DEBİSİ (m ³ /h)	BASMA YÜKSEKLİĞİ (bar)
ZON- 1	-2. Bodrum - 9. Kat	9.15 m ³ /h	11.2 Bar
ZON-2	10. Kat - 21. Kat		
ZON-3	22. Kat- 33. Kat	11.63 m ³ /h	15.8 Bar
Depo Doldurma Hattı	-2.Bodrum - 34. Kat		
ZON-4	34. Kat - 45. Kat	9.15 m ³ /h	11.2 Bar
ZON-5	46. Kat - 57. Kat		

-2. Bodrum katta binanın ana ihtiyacını karşılaması için 114 m³'lük modüler depo yerleştirilmiştir. Ara tesisat katı olarak 34. kat seçilmiş ve yaklaşık 5 saatlik ihtiyacı karşılaması için 14m³'lük modüler depo yeterli görülmüştür. Zonların en üst katı hariç bütün katlarına basınç düşürücü vanalar yerleştirilmiştir.

2. Alternatifte 35 metrede bir zon yapılarak 2 adet tesisat katı oluşturulmasıdır.

Çizelge 7.2 Alternatif-2 pompa listesi

ZON KODLARI	HİTAP ETTİĞİ KATLAR	POMPA DEBİSİ (m ³ /h)	BASMA YÜKSEKLİĞİ (bar)
ZON- 1	-2. Bodrum - 7. Kat	5.5 m ³ /h	5.5 Bar
ZON- 2 Depo Besleme Hattı	8. Kat - 18. Kat	14 m ³ /h	8.8 Bar
ZON- 3	18. Kat- 27. Kat	5.5 m ³ /h	5.5 Bar
ZON- 4 Depo Besleme Hattı	28. Kat- 38. Kat	10.45 m ³ /h	8.8 Bar
ZON-5	38. Kat- 47. Kat	5.5 m ³ /h	5.5 Bar
ZON-6	48. Kat - 57. Kat	5.5 m ³ /h	9.1 Bar

-2. Bodrum katta binanın ana ihtiyacını karşılaması için 114 m³'lük modüler depo yerleştirilmiştir. 1. Ara tesisat katı olarak 18. kat seçilmiş ve yaklaşık 5 saatlik ihtiyacı karşılaması için 19m³'lük modüler depo yeterli görülmüştür. 2. Ara tesisat katı 38. kat seçilmiş ve yaklaşık 5 saatlik ihtiyacı karşılaması için 12m³'lük modüler depo yeterli görülmüştür. Zonlara basınç düşürücü konulmasına gerek duyulmamıştır.

2. Alternatif diğer alternatife göre ekstra tesisat katı, depo oluşturulması ve daha fazla pompa kullanılması gibi ilk yatırım maliyetini arttıracak unsurlara sahiptir. Basınç düşürücü kullanımıyla, her katta aynı basınçta su dağılımına imkan sağlanarak, katlar arasında basınç dalgalanması da önlenmiş olacaktır.

Her iki yatırımın net bugünkü değeri yöntemi ile yatırım uygunluğu incelenmiştir. Sektördeki firmalardan pompa, depo kurulması, boru gibi maliyetler ile ilgili bilgiler alınmış ve bu bilgiler doğrultusunda hesap yapılmıştır. Bu yöntemle de 1. Alternatif ile yapılacak olan yatırımın uygun olduğu görülmüştür.

1. Alternatif ile yapılan çalışma hem daha az ara depo kullanımı hem de mimari açıdan daha az tesisat ara katı ihtiyacı olması bakımından daha avantajlıdır. Burada zonlama yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli konu seçilen boruların basınç sınıflarıdır. Bu projede PN16 sınıfı yani 16 Bar basınca dayanıklı boru kullanılmıştır. Yüksek katlı binalarda basınç zonlamasını zorunlu kılan aslında boruların, armatürlerin basınç dayanımlarıdır.

Temiz su tesisatında bir diğer konu çoğu zaman göz ardı edilen durgun suda oluşan lejyonella bakterisinin oluşmasıdır. Bunun önlenmesi için, her depoda re-sirkülasyon pompası kullanılması ön görülmüştür.

TS 803-3 standardına ve boru basınç kaybına göre temiz su boru çaplandırılması incelenmiştir. Çaplandırma hesabı boru basınç kaybına göre yapıldığında, bazı bölümlerde standarda göre seçilen çaplardan bir büyük çapların kullanılması gerekliliğini göstermiştir.

TS 803-3 standardına göre yapılan çaplandırmanın tesisat açısından daha ekonomik olduğu görülmektedir. Boru çaplarının standarda göre belirlenmesi, hesap pratikliği açısından da uygundur. Günümüzde gelişen bilgisayar programlarına bu yöntem tanımlanarak pratik seçimler yapılabilmektedir.

Pis Su Tesisatı: Her kat için pis su debisi TS-12506-2 standardına göre hesaplanmıştır.

Yüksek katlı binalarda pis su tesisatında en önemli konu çok yüksek hızların oluşacağı ve en alttaki fittingslere zarar vereceği endişesidir. Bu konuyla ilgili pis su tesisatı tanımlamalarında bahsettiğim terminal hız kavramı ortaya çıkmaktadır. Bu durumu içi hava ile dolu boş bir silindire benzetirsek, boru içindeki su tabakası boru çeperinde sürtünme kuvveti yer çekimi kuvvetine eşit olana kadar hızlanmaya devam edecektir. Yer çekimi kuvvetinin sürtünme kuvvetine eşit olduğu anda su filmi değişmeyen hızla hareketine devam edecektir ve bu hız terminal hız olarak adlandırılacaktır.

Terminal hız ile ilgili yapılan deneysel çalışmalar ile bulunan ampirik formüller karşılaştırılmış ve birbirine yakın değerler elde edilmiştir.

210 metrelik ofis binasında terminal hızı incelediğimde, hızın en alt kotlarda maksimum 3.76 m/s hıza ulaştığı görülmüştür. Bu durumda pis su tesisatında hız kesici kullanmaya gerek olmadığı yaptığımız hesaplarla ortaya çıkmaktadır.

Pis su tesisatlarında, havanın hareketinden dolayı oluşacak gürültüyü önlemek için cam yünü, taş yn izolasyonu veya nfaf izolasyon kullanılması gerekmektedir. Bu malzemelerin yaklaşık 10-20 mm kalınlığında kullanılması ile ses basıncını 8 dB e kadar düşürülmektedir.

Ancak günümüzde sessiz pis su tesisatı boruları kullanılmaktadır. Almanyada'ki Freunhofer enstitüsü tarafından yapılan ölçümlerde 4 l/s akışlarda 13 dB ses şiddeti seviyesine düşürecek şekilde borular üretilmektedir. Günümüzdeki tesisatlarda bu tarz boruların kullanılması daha uygun olacaktır.

Gri Su Tesisatı: Projede sadece lavabolardan gelen sular ham su deposunda toplanarak, membran bioreaktör teknolojisi ile arıtılarak rezervuarlara gönderilmiştir. Suyun kalitesi ve ayrıştırılması için günümüzde kullanılan en yaygın teknoloji membran bioreaktör teknolojisidir.

Günlük rezervuarlardan 50 ton su tüketildiği görülmüştür. Buna göre projelendirme yapılarak temiz su tesisatında olduğu gibi rezervuar besleme hatları 1. alternatif üzerindeki zonlar ile incelenmiştir.

Çizelge 7.3 Gri su tesisatı pompa listesi

ZON KODLARI	HİTAP ETTİĞİ KATLAR	POMPA DEBİSİ (m ³ /h)	BASMA YÜKSEKLİĞİ (bar)
ZON- 1	-2. Bodrum - 9. Kat	5.04 m ³ /h	10.92 Bar
ZON-2	10. Kat - 21. Kat		
ZON-3	22. Kat- 33. Kat	5.90 m ³ /h	15.14 Bar
Depo Doldurma Hattı	-2.Bodrum - 34. Kat		
ZON-4	34. Kat - 45. Kat	5.04 m ³ /h	10.92 Bar
ZON-5	46. Kat - 57. Kat		

Bodrum katta 25 m³ lük arıtılmış depo yerleşimi yapılmıştır. 5 saatlik ihtiyaç için 8 m³'lük depo yerleştirilmiştir.

Bu bina üzerinde gri su yatırımının ekonomik analizi net bugünkü değer yöntemi ile incelenmiştir. Burada maliyetten elde ettiğimiz kazançtan çok suyun geri kazanımının önemi vurgulanmak istenmiştir. Değerlendirme sonucu, gri suyun yeniden kullanımının ekonomik analizde de gösterildiği gibi hem doğal kaynakların korunması hem su koruma teknolojisinin geliştirilmesi hem de bina yönetimi bütçesi açısından oldukça verimlidir. Genel olarak binalarda kullanılan suyun %25'i WC rezervuarlarında harcanmaktadır. Bu çalışmada da görüldüğü gibi tüketilen suyun %25 gri su sisteminden geri kazanılabilmektedir.

Ofis binası için baktığımızda günlük 50 ton suyun kazanıldığı görülmüştür. Bu kadar suyun tekrar kazanılıyor olması sadece ekonomik açıdan değil doğayı korumamız adına çok önemlidir.

Yüksek katlı binaların proje aşamasında çok iyi analiz edilerek tesisat katlarının doğru konumlandırılması, bütün disiplinlerin ısıtma, soğutma, havalandırma, yangın ve sıhhi tesisatın bir bütün düşünülerek dizayn edilmesi gerekmektedir. Gereksiz ara tesisat

katlarının yapılmaması için doğru basınç sınıfında boruların seçilmesi ve uygun basınç düşürücülerin yerleştirilmesi gerekmektedir. Pis su tesisatlarında hız kesici kullanılmaması ve gürültüyü önlemek için sessiz özel boruların kullanılması gereklidir. En önemli konu her projede ilk yatırım maliyetleri çok fazla görünse bile gri su geri kazanım proseslerinin kullanım oranının arttırılmasıdır.



KAYNAKLAR

- [1] Megri, A.C., (2011). "Teaching High-rise Plumbing Design for Engineers", American Society for Engineering Education, ASEE Annual Conference.
- [2] Dr. Cheng, C. L., He, K. C. ve Lin, C. L., (2010). "Empirical study on terminal water velocity of drainage stack", Sage Journals, 171-181.
- [3] Dr. Cheng vd.,(2004). " Current Design of High-Rise Building Drainage System in Taiwan", Symposium CIB W62, 2004, France.
- [4] George,R., (2017). " High Rise Plumbing Design", Indian Plumbing Today, 16.
- [5] Lambe, J.S., ve Chougule, R.S., "Greywater - Treatment and Reuse", IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, PP: 20-26.
- [6] Fangyue, L., Wichmann, K. ve Otterpohl, R., (2009). "Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses", Science of the Total Environment, 407 3439–3449.
- [7] Alaziz,A.I., ve Al-Saqer N.F., (2014) "The Reuse of Greywater Recycling For High Rise Buildings in Kuwait Country", Journal of Engineering Research and Applications, PP.208-215.
- [8] Rajkuma, B., S., ve Nielsen, A., (2017). "Water Distribution In High Rise Buildings", Indian Plumbing Today, 4-11.
- [9] Wentink K.G.,ve Jackson R.D., (2003). " High-Rise Domestic Water Systems", System & Desing.
- [10] Gupta L.C., ve Thawari S., (2016). " Plumbing System in High Rise Building", International Journal for Innovative Research in Science & Technology.
- [11] Üstün E.G., ve Tırpancı A., (2015). "Gri Suyun Arıtımı ve Yeniden Kullanımı", Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 20, Sayı 2.
- [12] Küçükçalı, R., (2004). "Yüksek Bloklarda Tesisat", Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 81, S.3-13.
- [13] Arısoy, Ö., (2018). " Bina İçi Pis Su Borularının Havalandırılması", Tesisat Dergisi, Sayı 266: 114-125.

- [14] Binyıldız, E., (2000). "Pis Su Tesisatındaki Gürültü ve Önlenmesi", Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi.
- [15] Kantarcıoğlu, Ö., (2000). "Sıhhi Tesisat Teknolojisi", Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi.
- [16] Önen İ., (2000). "Sıhhi Tesisat Projelendirmede Ön Tasarım ve Hesapları ", Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi.
- [17] Dickerson D., (2000). "Yüksek Binalar için Sıhhi Tesisat Tasarımı ", Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi.
- [18] Tüzün C., vd. (2016). " TS-EN 806-3 Normuna Göre Bina İçi Temiz Su Boru Çaplarının Belirlenmesi", Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi.
- [19] Schoemaker, A., ve Bıdı, A., (1999). "Bina İçi Tesisatlarda Gürültü Oluşumu ve Ses İzolasyonu, Özellikle Pis Su Tesisat Sistemi", IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 1999, İzmir.
- [20] Küçükçalı, R., (2001). "Lejyoner Hastalığına Karşı Mekanik Tesisatta Alınması Gereken Önlemler", V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 2001, İzmir.
- [21] Kırkan, S.H., (2005). Çok Katlı Yüksek Yapıların Tasarımına Etki Eden Faktörlerin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [22] Küçükçalı, R., (2007). Yüksek Yapılarda Tesisat, Isısan Çalışmaları No.360, İstanbul.
- [23] İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliği, 1996.
- [24] Temur, R., (2008). Çok Katlı Yüksek Yapı Tasarımında Gelişmeler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği, İstanbul.
- [25] Küçükçalı, R., (2007). "Yüksek Yapılarda Tesisat Ve Pratik Bilgiler", IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 4 Kasım 1999, İzmir.
- [26] Alphan, A., (1992). "Sıhhi Tesisat Uygulaması Açısından Yüksek Yapılarda Zon Kavramı ve Legionella Üzerine Bir İnceleme", Yüksek Yapılar II. Ulusal Sempozyumu, 1992, İstanbul.
- [27] Kantarcıoğlu, Ö., (2007). Sıhhi Tesisat Teknolojisi, İkinci Baskı, TTMD Yayınları, İstanbul.
- [28] Özkayalar, M., (1993). "Yüksek Yapılarda Sıhhi Tesisat", Teskon Semineri, 1993, İzmir.
- [29] Çilingiroğlu, S., (2000). "Sıhhi Tesisat", Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi,
- [30] Küçükçalı, R., (2007). Sıhhi Tesisat, Isısan Çalışmaları No.272, İstanbul.

- [31] TS EN - 806-3, (2009). Bina içi tesisatı - İçme ve kullanma sularının taşınması için özellikler boru ölçülendirilmesi -basitleştirilmiş metotçi tesisatı - içme ve kullanma sularının taşınması için özellikler, TSE, Ankara
- [32] Mili Eğitim Bakanlığı, (2007). Gaz ve Tesisat Teknolojisi, Ankara.
- [33] Sev, A., (2002). Yüksek Binaların Mimari Tasarım ve Taşıyıcı Sistem Açısından Analizi, Doktora Tezi, M.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [34] Deren Water Treatment Technology (2010). Legionella Ve Lejyoner Hastalığı, İstanbul.
- [35] T.C. Resmi Gazete, Lejyoner Hastalığı Kontrol Usul Ve Esasları Hakkında Yönetmelik, 13.5.2015.
- [36] Mili Eğitim Bakanlığı, (2007). Bina İçi Tesisat Teknolojisi, Ankara.
- [37] Makine Mühendisleri Odası, (2017). Mekanik Tesisat Mühendisliği Semineri Sıhhi Tesisat, İzmir.
- [38] TS EN 12056-2, (2005). Cazibeli Drenaj Sistemleri - Bina İç - Sıhhi Tesisat Boru Sistemi – Tasarım ve Hesaplama, TSE, Ankara.
- [39] Wyly, R.,S., ve Eaton, H., N., (1961). Capacities of Stacks in Sanitary Drainage Systems for Buildings, National Bureau of Standards Monograph 31 Washington.
- [40] ASPE ORG/Read Learn Earn, (2012). Sanitary Drainage Systems.
- [41] Devlet Su İşleri, <http://www.dsi.gov.tr>, 5 Şubat 2019.
- [42] Allen, L., Christian-Smith, J. ve Palaniappan (2010). Overview of Greywater Reuse: The Potential of Greywater Systems to Aid Sustainable Water Management, page 5.
- [43] Karahan, A., (2011). "Gri Suyun Değerlendirilmesi". IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2011, İzmir.
- [44] Allen, L., ve Christian, S., (2010). " The Potential of Greywater Systems to Aid Sustainable Water Management " Overview of Greywater Reuse.
- [45] Kutlu, S., Şentürk, İ. ve Büyükgüngör, H., (2017). "Alanya İlçesinde Seçilen Pilot Bölge İçin Gri Su Potansiyelinin Belirlenmesi", Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, (580-589).
- [46] World Health Organization, (2006). Regional Office for the Eastern Mediterranean Centre For Environmental Health Activities Amman, Jordan
- [47] Davis, C., (1993). "Wastewater treatment in Australia", Waste Management and Environment, 4(10):26–37.
- [48] Boyjoo, Y., Pareek, V. K., Ang, M. (2013). "A Review Of Greywater

- Characteristics and Treatment Processes" , Water Science & Technology, 67: 1403-1422.
- [49] Şahin, İ.N., (2010). Binalarda Su Korunumu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [50] Egyptian German Private Sector Development Programme, (2006). Grey Water Recycling Reuse.
- [51] TÜBİTAK MAM, (2006). Turizmde Çevre Dostu Atıksu Yönetim Modelinin Oluşturulması Fizibilite Raporu, İstanbul.
- [52] Greywater Recycling Planning Fundamentals and Operation Information, (2005). Information Sheet H 201.
- [53] Aktif Grup Çalışmaları Gri Su Geri Kazanım Sistemleri, <http://www.aktifcevre.com.tr>, 17.12.2016.
- [54] Chen, Z., Wen, Q., Wang, J. ve Li, F., Process Biochemistry, 41 (2006) 2468–2472.
- [55] Rielli Ultrafiltrasyon Teknolojisi ile Gri Su Geri Kazanımı, www.rielli.com, 11 Şubat 2019.
- [56] Yaşa, E., (2017). "Yüksek Yapılarda Yangın Güvenliği Sulu Söndürme Sistemleri", MMO İzmir Şb. Mek. Tesisat Komisyonu, 2017, İstanbul.
- [57] Kılıç, A., (2009). "Gökdelenlerde Mekanik Yangın Tesisatı Sulu Söndürme Sistemleri Tasarımı", Teskon-IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2009, İzmir.

BORU BASINÇ KAYBI TABLOLARI

Çizelge A.1 Boru Basınç Kaybı Tablosu

Yük birimi	Debi	1 m. borudaki basınç kaybı (barım) (1 m. borudaki basınç kaybı değeri armatürlerdeki kaybı da içermektedir.)										
		Çap (mm) Çelik boru							Döküm boru			
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	40	50	65	80
Z	L/s											
0,5	0,177	0,039	0,008	0,002	0,001							
1	0,250	0,078	0,016	0,005	0,001				0,001			
1,5	0,306	0,118	0,025	0,007	0,002	0,001			0,001			
2	0,354	0,157	0,033	0,010	0,003	0,001			0,001			
2,5	0,395	0,195	0,041	0,012	0,003	0,001			0,001			
3	0,433	0,235	0,049	0,015	0,004	0,001			0,002			
3,5	0,468	0,274	0,057	0,017	0,004	0,001			0,002	0,001		
4	0,500	0,313	0,066	0,020	0,005	0,002			0,002	0,001		
4,5	0,530	0,353	0,074	0,022	0,006	0,002	0,001		0,002	0,001		
5	0,559		0,082	0,024	0,006	0,002	0,001		0,003	0,001		
5,5	0,586		0,090	0,027	0,007	0,002	0,001		0,003	0,001		
6	0,612		0,098	0,029	0,008	0,002	0,001		0,003	0,001		
6,5	0,637		0,107	0,032	0,008	0,002	0,001		0,004	0,001		
7	0,661		0,115	0,034	0,009	0,003	0,001		0,004	0,001		
7,5	0,685		0,123	0,037	0,010	0,003	0,001		0,004	0,001		
8	0,707		0,131	0,039	0,010	0,003	0,001		0,005	0,001		
8,5	0,729		0,139	0,041	0,011	0,003	0,001		0,005	0,001		
9	0,750		0,148	0,044	0,011	0,003	0,001		0,005	0,001		
9,5	0,771		0,156	0,046	0,012	0,004	0,001		0,005	0,002		
10	0,791		0,164	0,049	0,013	0,004	0,001		0,006	0,002		
11	0,829		0,180	0,054	0,014	0,004	0,001		0,006	0,002		
12	0,866		0,197	0,059	0,015	0,005	0,001		0,007	0,002		
13	0,901		0,213	0,063	0,017	0,005	0,001		0,007	0,002	0,001	
14	0,935		0,230	0,068	0,018	0,005	0,002		0,008	0,002	0,001	
15	0,968			0,073	0,019	0,006	0,002					
16	1,000			0,078	0,020	0,006	0,002		0,009	0,003	0,001	
17	1,031			0,083	0,022	0,006	0,002		0,009	0,003	0,001	
18	1,061			0,088	0,023	0,007	0,002		0,010	0,003	0,001	
19	1,090			0,093	0,024	0,007	0,002	0,001	0,010	0,003	0,001	
20	1,118			0,098	0,025	0,008	0,002	0,001	0,011	0,003	0,001	
21	1,146			0,102	0,027	0,008	0,002	0,001	0,011	0,003	0,001	
22	1,173			0,107	0,028	0,008	0,002	0,001	0,012	0,003	0,001	
23	1,199			0,112	0,029	0,009	0,003	0,001	0,012	0,004	0,001	
24	1,225			0,117	0,031	0,009	0,003	0,001	0,013	0,004	0,001	
25	1,250			0,122	0,032	0,009	0,003	0,001	0,013	0,004	0,001	
26	1,275			0,127	0,033	0,010	0,003	0,001	0,014	0,004	0,001	
27	1,299			0,132	0,034	0,010	0,003	0,001	0,014	0,004	0,001	
28	1,323			0,137	0,036	0,011	0,003	0,001	0,015	0,004	0,001	
29	1,346			0,141	0,037	0,011	0,003	0,001	0,015	0,005	0,001	
30	1,369			0,146	0,038	0,011	0,003	0,001	0,016	0,005	0,001	

Çizelge A.1 Boru Basınç Kaybı Tablosu (Devamı)

Yük birimi	Debi	1 m. borudaki basınç kaybı (barım) (1 m. borudaki basınç kaybı değeri armatürlerdeki kaybı da içermektedir.)										
		Çap (mm) Çelik boru							Döküm boru			
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	40	50	65	80
31	1,382			0,151	0,040	0,013	0,003	0,001	0,017	0,005	0,001	
32	1,414			0,155	0,041	0,012	0,004	0,001	0,017	0,005	0,001	
33	1,436			0,161	0,042	0,013	0,004	0,001	0,018	0,005	0,001	
34	1,458			0,165	0,043	0,013	0,004	0,001	0,018	0,005	0,001	
35	1,479				0,045	0,013	0,004	0,001	0,019	0,005	0,001	
36	1,500				0,046	0,014	0,004	0,001	0,019	0,005	0,001	
37	1,521				0,047	0,014	0,004	0,001	0,020	0,005	0,001	
38	1,541				0,048	0,014	0,004	0,001	0,020	0,005	0,001	
39	1,561				0,050	0,015	0,004	0,001	0,021	0,005	0,001	
40	1,581				0,051	0,015	0,005	0,001	0,021	0,005	0,002	
41	1,601				0,052	0,016	0,005	0,001	0,022	0,007	0,002	0,001
42	1,620				0,054	0,016	0,005	0,001	0,022	0,007	0,002	0,001
43	1,639				0,055	0,016	0,005	0,001	0,023	0,007	0,002	0,001
44	1,658				0,056	0,017	0,005	0,001	0,023	0,007	0,002	0,001
45	1,677				0,057	0,017	0,005	0,001	0,024	0,007	0,002	0,001
46	1,696				0,059	0,017	0,005	0,001	0,025	0,007	0,002	0,001
47	1,714				0,060	0,018	0,005	0,001	0,025	0,007	0,002	0,001
48	1,732				0,061	0,018	0,005	0,001	0,026	0,008	0,002	0,001
49	1,750				0,062	0,019	0,005	0,001	0,026	0,008	0,002	0,001
50	1,768				0,064	0,019	0,006	0,001	0,027	0,008	0,002	0,001
55	1,854	0,070	0,021	0,006	0,001			0,029	0,009	0,002	0,001	
60	1,937	0,077	0,023	0,007	0,002	0,001		0,032	0,010	0,002	0,001	
65	2,016	0,083	0,025	0,007	0,002	0,001		0,035	0,010	0,002	0,001	
70	2,092	0,089	0,027	0,007	0,002	0,002		0,037	0,011	0,003	0,001	
75	2,165	0,096	0,028	0,008	0,002	0,001		0,040	0,012	0,003	0,001	
80	2,236	0,102	0,030	0,009	0,002	0,001		0,043	0,013	0,003	0,001	
85	2,305	0,108	0,032	0,010	0,002	0,001		0,045	0,013	0,003	0,001	
90	2,372	0,115	0,034	0,010	0,002	0,001		0,048	0,014	0,003	0,001	
95	2,437		0,036	0,011	0,003	0,001		0,051	0,015	0,004	0,001	
100	2,500		0,038	0,011	0,003	0,001		0,053	0,016	0,004	0,001	
105	2,562		0,040	0,012	0,003	0,001		0,056	0,017	0,004	0,001	
110	2,622		0,042	0,012	0,003	0,001		0,059	0,017	0,004	0,001	
115	2,681		0,044	0,013	0,003	0,001		0,061	0,018	0,004	0,002	
120	2,738		0,045	0,014	0,003	0,001		0,064	0,019	0,005	0,002	
125	2,795		0,047	0,014	0,003	0,001		0,067	0,020	0,005	0,002	
130	2,850		0,049	0,015	0,004	0,001		0,069	0,021	0,005	0,002	
135	2,905		0,051	0,015	0,004	0,001		0,072	0,021	0,005	0,002	
140	2,958		0,053	0,016	0,004	0,001		0,075	0,022	0,005	0,002	0,001
145	3,010		0,055	0,016	0,004	0,001		0,077	0,023	0,005	0,002	0,001
150	3,062		0,057	0,017	0,004	0,001		0,080	0,024	0,005	0,002	0,001
155	3,112		0,059	0,017	0,004	0,001		0,083	0,025	0,005	0,002	0,001
160	3,162		0,061	0,018	0,004	0,002		0,085	0,025	0,005	0,002	0,001
165	3,211		0,063	0,019	0,004	0,002		0,088	0,026	0,005	0,002	0,001
170	3,260		0,064	0,019	0,005	0,002		0,091	0,027	0,005	0,002	0,001
175	3,307		0,066	0,020	0,005	0,002		0,093	0,028	0,007	0,002	0,001
180	3,354		0,068	0,020	0,005	0,002		0,096	0,029	0,007	0,002	0,001
185	3,400		0,070	0,021	0,005	0,002		0,099	0,029	0,007	0,002	0,001
190	3,446		0,072	0,021	0,005	0,002		0,101	0,030	0,007	0,002	0,001
195	3,491		0,074	0,022	0,005	0,002	0,001	0,104	0,031	0,007	0,002	0,001
200	3,536		0,076	0,023	0,005	0,002	0,001	0,107	0,032	0,008	0,002	0,001
205	3,579		0,078	0,023	0,005	0,002	0,001	0,109	0,033	0,008	0,003	0,001
210	3,623		0,080	0,024	0,005	0,002	0,001	0,112	0,033	0,008	0,003	0,001
215	3,666		0,081	0,024	0,005	0,002	0,001	0,115	0,034	0,008	0,003	0,001
220	3,708		0,083	0,025	0,005	0,002	0,001	0,117	0,035	0,008	0,003	0,001
225	3,750		0,085	0,025	0,005	0,002	0,001	0,120	0,036	0,009	0,003	0,001
230	3,791			0,026	0,005	0,002	0,001		0,036	0,009	0,003	0,001
235	3,832			0,026	0,005	0,002	0,001		0,037	0,009	0,003	0,001
240	3,873			0,027	0,005	0,002	0,001		0,038	0,009	0,003	0,001
245	3,913			0,028	0,007	0,002	0,001		0,039	0,009	0,003	0,001
250	3,953			0,028	0,007	0,002	0,001		0,040	0,010	0,003	0,001
275	4,148			0,031	0,007	0,002	0,001		0,044	0,010	0,003	0,001

Çizelge A.1 Boru Basınç Kaybı Tablosu (Devamı)

Yük birimi	Debi	1 m. borudaki basınç kaybı (barım) (1 m. borudaki basınç kaybı değeri armatürlerdeki kaybı da içermektedir.)										
		Çap (mm) Çelik boru						Döküm boru				
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	40	50	65	80
300	4,331			0,034	0,008	0,003	0,001		0,048	0,011	0,004	0,001
325	4,507			0,037	0,009	0,003	0,001		0,052	0,012	0,004	0,001
350	4,677			0,039	0,009	0,003	0,001		0,056	0,013	0,004	0,001
375	4,841			0,042	0,010	0,003	0,001		0,059	0,014	0,005	0,001
400	5,000			0,045	0,011	0,004	0,001		0,063	0,015	0,005	0,001
425	5,154			0,048	0,012	0,004	0,001		0,067	0,016	0,005	0,002
450	5,303			0,051	0,012	0,004	0,001		0,071	0,017	0,006	0,002
475	5,449			0,053	0,013	0,004	0,001		0,075	0,018	0,006	0,002
500	5,590			0,056	0,014	0,004	0,001		0,079	0,019	0,006	0,002
550	5,883			0,062	0,015	0,005	0,001		0,087	0,021	0,007	0,002
600	6,124				0,016	0,005	0,002			0,023	0,007	0,002
650	6,374				0,018	0,006	0,002			0,025	0,008	0,002
700	6,614				0,019	0,006	0,002			0,027	0,009	0,003
750	6,847				0,020	0,007	0,002			0,029	0,009	0,003
800	7,071				0,022	0,007	0,002			0,030	0,010	0,003
850	7,289				0,023	0,007	0,002			0,032	0,010	0,003
900	7,500				0,024	0,008	0,002			0,034	0,011	0,003
950	7,706				0,026	0,008	0,002			0,036	0,012	0,003
1000	7,906				0,027	0,009	0,003			0,038	0,012	0,004

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Tuğba DEMİR
Doğum Tarihi ve Yeri : 08.08.1990 - Kartal
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : tugbafilik@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Makine Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	
Lisans	Kimya Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2012
Lise	Sayısal Bölüm	Hayrullah Kefoğlu Anadolu L.	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2012	Akım Mühendislik	Proje Mühendisi
2014	MCA Yapı	Proje Mühendisi
2016	Birleşim Mühendislik	Proje Mühendisi
2018	CIAT Isıtıma - Havalandırma	Teknik Satış Mühendisi

YAYINLARI

Makale

1. Demir, T., (2019). “Gri Su Geri Kazanımının Ülke Ekonomisine Katkısının Örnek Bir Konut Binası Üzerinde İncelenmesi”, MMO Tesisat Mühendisliği Dergisi.

