

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATIKSU KANALİZASYON ŞEBEKELERİNİN
BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Halit KALKAN

Enstitü Anabilim Dalı	:	İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı	:	HİDROLİK

Bu tez 12 / 09 /2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof.	Yrd.Doç.Dr.	Doç.Dr.
Lütfi SALTABAŞ	Mehmet SANDALCI	İbrahim YÜKSEL
Jüri Başkanı	Üye	Üye

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum bu yüksek lisans tez çalışmasının tamamlanmasında ve her aşamasında değerli desteğini ve tavsiyelerini esirgemeyen hocam sayın Prof. Dr. Lütfi SALTABAŞ'a, en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu günlere gelmemde büyük emeği geçen, beni teşvik eden ve hep benimle birlikte olan aileme de ayrıca müteşekkirim.

Temmuz 2007

Halit KALKAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
SİMGELER LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi

BÖLÜM 1.

KAVRAMSAL ALT YAPI	1
1.1. Tarihsel Süreç.....	1
1.2. Kent Nüfusunun Hesaplanması ve Tahmini	3
1.2.1. Nüfus artış yüzdesinin hesabı :.....	4
1.3. Su İhtiyacının Hesaplanması.....	6
1.3.1 Ortalama günlük su ihtiyacı.....	6
1.2.2. Azami günlük su ihtiyacı.....	9
1.2.4. Sanayi su ihtiyacı.....	10
1.2.5. İletim debisi	11
1.2.6. Yangın debisi	11
1.2.7. Şebeke debisi	12

BÖLÜM 2.

KULANILMIŞ SULARIN UZAKLAŞTIRILMASI.....	13
2.1. Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Sistemlerinin Genel Özellikleri	13
2.2. Kullanılmış Suların Özellikleri ve Kaynakları.....	15
2.3. Birim Debi ve Ek Debi.....	17
2.3.1. Birim kullanılmış su debisi	17
2.3.1.1. İletim debisi	17

2.3.1.2. Kentin ağırlıklı toplam sokak uzunluğu.....	17
2.3.1.3. Dönüş süresi.....	17
2.3.2. Ek debiler.....	18
2.4. Hesap Şebekesinin Özellikleri	19
2.4.1. Kullanılmış su şebeke planı.....	19
2.4.1.1. Bacalar	19
2.4.1.2. Kavşak kotları	20
2.4.1.3. Mecra uzunluktan ve kesafet katsayıları.....	20
2.4.2. Boy kesit	20
2.4.2.1. Mecra iç sırt derinlikleri	21
2.4.2.2. Mecra iç Sırt Kotları	21
2.4.3. Tipik cadde enkesiti	22
2.4.4. Muayene ve yıkama bacaları	22
2.5. Mecra Hidrolik Hesabı.....	22
2.5.1. Hesap esasları	22
2.5.1.1. Mecra cinsi ve özellikleri.....	22
2.6. Mecra Derinliği	24

BÖLÜM 3.

KULLANILMIŞ SULARIN TOPLANMASI	27
3.1. Pis Suların Toplanması	27
3.2. Yağış Suların Toplanması	28
3.3. Yağmur Suyu İle Karışık Pis Suların Toplanması	28
3.4. Kanalizasyon Sistemleri.....	29
3.5. Kanal Sistemlerinin Karşılaştırılması	30
3.5.1. Birleşik sistem	30
3.5.2. Ayrık sistem.....	31
3.6. Sistem Seçimi.....	31
3.6.1. Ayrıcı sistemin tercih edildiği durumlar.....	32

BÖLÜM 4.

HİDROLİK HESAP VE ŞEBEKELERİN PROJELENDİRİLMESİ.....	33
4.1. Şebekenin Projelendirilmesi.....	33

4.2. Şehir Planlama Çalışmaları ve İmar Planları	33
4.3. Mevcut Tesisler	34
4.4. Hidrolik Hesaplar	34
4.4.1. Kısmen dolu kanallarda akım	36
4.5. Proje Debilerinin Hesaplanması.....	41
4.6. Kanal Boy Kesitlerinin Geçirilmesi	48
4.7. Kanal Eğimlerinin Belirlenmesi.....	50
4.8. Maksimum ve Minimum Akış Hızları	55
4.9. Minimum Su Derinliği	56
BÖLÜM 5.	
UYGULAMA	57
5.1. Uygulamanın Amacı	57
5.2. Metodoloji	57
5.3. Araştırma ve Sonuçlar	57
5.3.1. Excel tablosu ile çözüm.....	58
5.3.2. msKanal programı ile çözüm.....	59
5.3. 3. SewerCAD ile çözüm	65
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR	74
EKLER	75
ÖZGEÇMİŞ	76

SİMGELER LİSTESİ

p	:	nüfus artış yüzdesi
N_y	:	yeni nüfus(son nüfus sayımı)
N_e	:	eski nüfus(eski yıllardaki herhangi bir nüfus sayımı)
a	:	yeni ve eski diye ifade edilen nüfus sayımlarının arasındaki yıl
N_e	:	son sayımdan (30+n) veya (30+5+n) yıl sonraki nüfus
n	:	proje yılı ile son sayım arasındaki yıl sayısıdır.
Q_{HI}	:	Tablo 1.1' den alınan değer (lt/nüfus.gün)
N_g	:	gelecekteki projelendirme nüfusu.
Q_{HO}	:	gelecekteki nüfusun su ihtiyacı (lt/sn)
86400	:	bir gündeki saniye sayısıdır.
Q_{HAY}	:	hayvanlar için su ihtiyacı (lt/sn)
N_{BH}	:	mevcut büyük baş hayvan sayısı
N_{KH}	:	mevcut küçükbaş hayvan sayısı
Q_{BS1}	:	Büyük Sanayi bölgesinde birim alanda (ha) kullanılacak olan debi
Q_{KS1}	:	Küçük Sanayi bölgesinde birim alanda (ha) kullanılacak olan debi
ABS	:	Büyük sanayi yerleşme alanı (ha)
AKS	:	Küçük sanayi yerleşme alanı (ha)
QBS	:	Büyük sanayi su ihtiyacı (lt/sn)
QKS	:	Küçük sanayi su ihtiyacı (lt/sn)
L_p	:	Sifon atık su mecra mesafesi
h_{bod}	:	bodrum derinliği
c	:	Sifon derinliği
hl	:	Mecra bağlantı derinliği
V	:	Hız
n	:	Pürüzlülük Katsayısı
R	:	Hidrolik Yarıçap
J	:	Eğim

- A : Alan
d1 : üst bacadaki zemin ile mecra iç sırtı arasındaki kot farkı (m)
d2 : Alt bacadaki mecra sırtı derinliği (m)
L1 : Bacalar arası mesafe (m)
a2 : Boru sırt veya taban seviyesindeki alçalma
b1 : Zemin seviyesindeki alçalma

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. a) Bir köyde, b) Bir büyük şehirde, kullanılmış su akışındaki saatlik salınımlar.....	18
Şekil 2.1. Kanalizasyon mecrasının hendek içinde görünümü	21
Şekil 2.2. Konutların bulunduğu yerlerde enkesit.....	23
Şekil 2.3. İşlek caddelerde enkesit	23
Şekil 2.4. Yağmur Suyu ve Pis Su Kanallarının Döşenmesi.....	24
Şekil 2.5. Mecra Hendek Kesiti [3].....	26
Şekil 4.1. Dolu Akan Dairesel Kesitli Mecra.....	39
Şekil 4.2. Kısmen Dolu Kanallarda Debi ve Su Yüksekliği Bağıntısı.....	41
Şekil 4.3. Kısmen Dolu Kanallarda Debi ve Hız Bağıntısı.....	41
Şekil 4.4. Kanal Boy Kesitinin Geçirilmesi.....	50
Şekil 4.5. $J_{zemin} = 0$ ve $J_{mecra} = J_{minimum}$ Durumu.....	52
Şekil 4.6. $J_{zemin} = J_{Minimum}$, $J_{Mecra} = J_{Minimum}$ Durumu.....	52
Şekil 4.7. $J_{zemin} = J_{Minimum}$, $J_{Mecra} = J_{Minimum}$ Durumu.....	53
Şekil 4.8. $J_{zemin} < 0$, $J_{Mecra} = J_{Minimum}$ Pompaj Durumu	53
Şekil 4.9. $J_{zemin} = J_{Maksimum}$, $J_{Mecra} = J_{Maksimum}$ Durumu	54
Şekil 4.10. $J_{zemin} > J_{Maksimum}$, $J_{Mecra} = J_{Maksimum}$ Durumu	55
Şekil 4.11. Kesitteki Minimum Su Derinliği	56
Şekil 5.1. Havza Özellikleri	60
Şekil 5.2. Boyutlandırma Parametreleri	61
Şekil 5.3. Debi Hesaplama	61
Şekil 5.4. Katalog.....	62
Şekil 5.5. Boru Data	63
Şekil 5.6. Boykesit	63
Şekil 5.7. Doluluk Oranı Kıyaslama	64
Şekil 5.8. Kazı Metrajı Kıyaslama	65

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1. Nüfuslara Göre Su İhtiyaçları (Q^{H_1})	6
Tablo 1.2. Bazı Özel Su İhtiyaçları ve Uç Debi Değerleri	9
Tablo 1.3. Yangın Debileri	12
Tablo 2.1. Çapa Bağlı Olarak Müsaade Edilen Maksimum Baca Ara Mesafeleri	19
Tablo 2.2. Ev Bağlantılarının Ana Mecraya Birleştiği Noktadaki b ve hl Ölçüleri	25
Tablo 4.1. Kanalların Yapıldığı Malzemelere Göre N Katsayıları	36
Tablo 4.2. Mecra Çapına Göre Maksimum Baca Arası Mesafeleri.....	50
Tablo 4.3. Mecra Çaplarına Göre Alınması Gereken Eğimler	51

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Hidrolik hesap, atıksu kanalları, msKanal programı, sewerCAD

Altyapı yatırımlarının çok pahalı olduğu günümüzde Türkiye gibi hem ekonomik sorunları olan hem de altyapı eksikliği bulunan ülkelerde altyapı tesislerinin planlanırken en etkin çözümleri getirecek ve aynı zamanda optimum maliyetli olanının tercihi büyük önem arz eder.

Pis su kanallarının hidrolik hesabı projelendirmenin çok önemli aşamalarından birisidir. Hidrolik hesabın elde yapılması uzun zaman almakta, hata yapma oranı da daha yüksek olmaktadır. Bu hesabın hatasız ve kısa zamanda yapılması arzu edilir. Bu çalışmada pis su kanallarının projelendirmesi ve hidrolik hesapların yapılması için İSKİ'nin de kullandığı Excel tablosunu, atıksu ve yağmursuyu projelendirmek için yapılmış msKanal programını ve sewerCAD programını kullanarak uzaklaştırılacak olan su miktarını hesaplamakta ve bu miktar göz önüne alınarak boru çapı ve eğimi seçilmekte, ayrıca döşeme derinliği hesaplanmaktadır. Daha sonra bu hesaplar arası karşılaştırma yaparak en uygun olanını göstermekteyiz.

THE COMPUTER AIDED ANALYSIS OF SEWAGE SYSTEMS

SUMMARY

Key Words: Hydraulic calculation, sewage channels, the programmes msKanal, sewerCAD

In countries having both economical problems and facing deficiencies in infrastructure like Turkey, it is critically important that the preferred plannings of infrastructural systems should be the ones bringing the most effective solutions and carrying the optimum cost, especially when considered that the infrastructure investments's costs are very high in today's conditions.

The hydraulic calculation of sewage channels is one of the most important stages of the preparation of the project. Manual calculation of hydraulics takes more time and also the probability of making errors is higher. This calculation is preferred to be gained within the shortest possible time and free of error. In this study, we use the Excel table, also used by Istanbul Municipality Waterworks (ISKI), for the preparation of the project of sewage channels and hydraulic calculations; the programmes msKanal and sewerCAD, arranged for the project of waste water and rain water, are used to calculate the quantity of the water to be kept in distance, and according to this quantity the diameter and slope of the pipe are selected, and also the depth of the installment is calculated. Subsequently, we compare these calculations and show the most advisable one.

BÖLÜM 1. KAVRAMSAL ALT YAPI

Yerleşim bölgelerinde nüfus arttıkça ve yaşama standartları yükseldikçe evlerden, kuruluşlardan ve endüstri bölgelerinden çıkan kullanılmış atıksu miktarları da artmaktadır. Bu suların kanallar içerisine alınarak uzaklaştırılması gerekmektedir. İçme ve kullanma suyunu temin eden sistemin, kullanıcılara dağıttığı suların kullanıldıktan sonra modern yöntemlerle toplanması, insanlara ve çevreye zararsız hale getirilmesi, hatta çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra tekrar kullanılabilmesi mümkündür. Günümüzde hiçbir zaman kullanılmış sular sokak ve caddelerde açıktan canlı sağlığına ve çevreye zarar verecek şekilde akıtılmamalıdır.

Alt yapı çalışmalarından olan kanalizasyon tesisleri, maliyeti yüksek yatırımlarından olduğu için ülkemizde Bayındırlık Bakanlığına bağlı İller Bankası tarafından teknik şartnameleri hazırlanmış, yerel yönetimlere proje, kontrollük ve finans hizmetleri verilmektedir. Ülkemizde bu konuda çalışan özel firmalar vardır. Bu kuruluşlar kendi çabaları ile yapmış oldukları bilgisayar destekli tasarım ve analiz yazılımları, Lotus ve Excel gibi spreadsheet programlarını kullanmaktadırlar.

Konuya yaklaşımımızda İller Bankası teknik şartname ve yönetmeliklerine uygun ayrık sistem kanalizasyon tesislerinin projelendirme kriterleri, bu konuda bilinmesi gereken teorik ve uygulama bilgilerinin ele alınması gerekir. Bu çalışmamın amacı ayrık sistem kanalizasyon şebekelerinin bilgisayar destekli analizidir.

1.1. Tarihsel Süreç

Su getirme ve kullanılmış suların uzaklaştırılması eski çağlara kadar uzanan köklere sahiptir. Bu zamanlarda, toplumun su getirme ve kanalizasyon sistemlerinin proje, inşaat ve idaresi siyasi, dini ve ticari merkezlerin gelişmesi ile onaya çıkıyordu. Oldukça büyük ve komple tesisler halinde inkişaf eden bu yapıların kalıntıları ilk mühendisliğin harikaları halinde bu güne kadar gelmeye muvaffak olmuş abideler

olarak halen ayakta durmaktadır. Eski çağların büyük yapıları arasında dikkati çekenler Roma ve ona bağlı olan kolonilerin akedükleri ve pis su kanallarıdır [1].

Sağlık bakımından özellikleri tam olarak bilinmemekle beraber yeteri miktarda su eskiden beri temin edilebildiği halde, getirilen suyun ve kullanılmış suları uzaklaştırmanın halk sağlığı bakımından kontrol altında tutulması çok yeni olmuştur. Keza bu durum, ondokuzuncu asrın endüstri devriminin sonucu şehirlerin büyümesi ile birlikte ortaya çıkmıştır. Onsekizinci asır sonlarında ve ondokuzuncu asır başlarında bilimsel keşifler ve mühendislik icatları merkezleşmiş endüstrinin doğmasına yol açtı. İnsanlar iş için bu endüstri merkezlerinde yığıldılar. Neticede birden bire ortaya çıkan bu endüstri şehirlerinin sağlık tesisleri çok ağır şekilde yüklenmiş oldu. Özellikle, güvenilir suyun bol miktarda dağıtımına ve insan dışı ile diğer atıkların tesirli şekilde uzaklaştırılmasına olan ihtiyaç elde mevcut bilgi ve vasıtalarla karşılanamaz duruma geldi. Pek çok defalar su, meskun bölgelerin kalabalık kısımlarındaki kirliliği ırmaklar veya derin olmayan kuyulardan çekilirdi [1].

Her ne kadar şehirlerde asırlardan beri pis su kanalları inşa edilmişse de bu kanallar sağanak yağışlardan doğan su akımlarını uzaklaştırmak amacı ile yapılmışlardı. Ondokuzuncu asrın içlerine kadar, bu kanallara gizliden gizliye dışkıları diğer atıklar boşaltılmışsa da, kanalların bu maksatla kullanılması bu tarihlere kadar resmen yasaklanmıştı. Pis su kanal ağının, şehir ve kasabaların pisliklerden temizlenmesi için bir metot olarak kabul edilmesinden önce, fakirlerin oturduğu birçok meskenler, üstü örtülü dar bir geçitten başka ana caddeyle bağlantısı olmayan dar avluların etrafında düzenleniyordu. Dünyanın büyük şehirlerinde çok sayıda insan bodrum katlarında ve mahzenlerde ikamet etmekteydi [1].

Bu gibi çok pis olan durumlara bir çare bulunması için yapılan araştırmalar, pis suların da mevcut yağmur suyu drenajlarına verilmesi fikrine insanları götürdü. Birleşik kanalizasyon sistemi böylece ortaya çıktı ve büyük şehirlerin ekseriyetinin ilk drenaj tesisleri bu tarz ve şekilde meydana geldi. Yağmur suyu kanallarının, en yakındaki su yatağında son bulacak şekilde inşası kabul edildi. Yağmur suyu kanalları, kullanılmış suları da tabii su yataklarına iletmeye başladı. Ekseriya bu atıkların miktarı su yatağının pis suları alma kapasitesini geçmiyordu. Böylece atık

maddelerin sularla taşınarak meskenlerden kolayca uzaklaştırılması sayesinde bertaraf edilen taciz edici durumlar bu sefer meskun bölgenin içinden veya yakınından geçen akarsular için söz konusu oldu [1].

Bu durumla başa çıkmak için küçük akarsuların birçoğu kanalizasyon mecraları haline getirildi; fakat büyük su yatakları, çirkin ve sinir bozucu görünüşleri ile üstü açık olarak kaldı; bu durum kurak hava verdisinin doğrudan doğruya nehre gitmesi önlenip toplanan kullanılmış sular tasfiye edilinceye ve böylece tabii su yataklarına verilen atık madde miktarı azalıncaya kadar devam etti [1].

1.2. Kent Nüfusunun Hesaplanması ve Tahmini

Yerleşim merkezlerinin su ihtiyacını karşılayacak su getirme sistemleri genellikle 30 yıl veya 35 yıl sonraki nüfusun gereksinimlerini karşılayacak şekilde boyutlandırılır. Bunun için gelecekteki nüfusun tahmini gerekir. Gelecekteki nüfusun hesaplanması için, o yerleşim yerinin eski yıllardaki nüfus durumu incelenir. Yerleşme bölgesindeki nüfus hareketleri ve ilerideki gelişme olanakları göz önüne alınarak gelecekteki nüfusu tahmin edilir. Bu iş için önce eski yıllara ait (çoğalma katsayısı) nüfus artış yüzdeleri (P) hesaplanır. (Gereğinde birkaç farklı nüfus sayımı için p hesaplanır). Çoğalma katsayısı, nüfus artış yüzdesi olup, buradaki örnekler de p ile ifade edilmiştir. 1985 tarihli içme suyu projesi yönetmeliğinde Ç ile ifade edilmektedir. Gelişme durumuna göre kabul edilecek nüfus artış yüzdesi İller Bankasınca aşağıdaki esaslara bağlanmıştır.

“p” değeri birden küçük ise ($p < 1$) $p = 1$ alınır.

“p” değeri üçten büyük ise ($p > 3$) $p = 3$ veya çıkan değer alınır, alınmayacağı İller Bankası ile birlikte kararlaştırılır.

“p” değeri bir ile üç arasında ise ($1 \leq p \leq 3$) p’ nin bulunan değeri kullanılır.

Beldenin mevsimlik nüfusunda büyük fark olan yerlerde nüfus sayımı sonuçları ile birlikte bu husus ayrıca belirtilir ve ihtiyaç hesabında göz önünde tutulur.

Askeri birlik, sanayi, turizm ve benzeri nedenlerle sayıma göre nüfusun olağan üstü artışı veya bunun beklenmesi halinde idare ile anlaşmaya varılır.

Bu esaslara göre ve aşağıda izah edilen formülle hesaplanan nüfus artış yüzdesi yardımıyla gelecekteki nüfus hesaplanır.

1.2.1. Nüfus artış yüzdesinin hesabı

$$P = \left(\sqrt[a]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (1.1)$$

p: nüfus artış yüzdesi

N_y : yeni nüfus(son nüfus sayımı)

N_e : eski nüfus(eski yıllardaki herhangi bir nüfus sayımı)

a : yeni ve eski diye ifade edilen nüfus sayımlarının arasındaki yıl sayısıdır.

1.2.2. Gelecekteki Kent Nüfusunun Hesabı :

Gelecekteki kent nüfusunu bulmak için aşağıdaki formül kullanılır.

$$N_g = N_y \left(1 + \frac{P}{100} \right) \quad (1.2)$$

Proje inşaatının bitiminden 30 sene sonraki ihtiyacı karşılamak üzere düzenlenir. Ancak projenin ele alınmasından tesisin işletmeye girişine kadar geçecek süre 5 yıl olarak bu süreye eklenir. (Bu İller Bankasıncı 1985 tarihli yönetmelikte önerilmektedir.). Bu takdirde

$$N_g = N_y \left(1 + \frac{P}{100} \right)^{30+5+n} \quad (1.3)$$

formülü kullanılır.

N_g : son sayımdan (30+n) veya (30+5+n) yıl sonraki nüfus

N_y : son sayımdaki nüfus

p : nüfus artış yüzdesi

n : proje yılı ile son sayım arasındaki yıl sayısıdır.

Gelecek nüfusun (projeye esas olacak nüfusun) hesapta bulunuşuna bir örnek: 1975 yılındaki sayımda nüfusu 10000 olan 1990 yılındaki sayımda ise nüfusu 15000 olan bir kasabanın gelecek nüfusunu hesaplayalım. (Proje yapım yılı 1997' dir)

$$N_y = 15000 (N_{1990})$$

$$N_e = 10000 (N_{1975})$$

$$a = 1990 - 1975 = 15 \text{ yıl}$$

$$p = \left(\sqrt[a]{N_y / N_e} - 1 \right) \cdot 100 \quad p = \left(\sqrt[15]{15000 / 10000} - 1 \right) \cdot 100 = 2,74\%$$

p= 2,74 olarak bulunur. $1 \leq p \leq 3$ limitleri arasında olduğundan aynen bulunan değer kullanılır.

P= 2,74 için gelecekteki nüfusu hesaplayalım.

$$N_g = N_y \left(1 + \frac{p}{100} \right)^{30+n}$$

$$N_g = 15000 \left(1 + \frac{2,74}{100} \right)^{30+7} = 40780 \text{ kişi}$$

1.3. Su İhtiyacının Hesaplanması

Gelecekteki nüfus hesaplandıktan sonra bu nüfustaki topluluğun su ihtiyacının belirlenmesi gerekir. Bir kişinin su ihtiyacı yerleşim bölgesinin nüfusuna, iklimine, hayat seviyesine, su tarifesine ve benzeri birçok etkene bağlıdır. Bu etkenlerin her birinin su ihtiyacını ne miktarda etkilediğini kesin olarak saptamak mümkün değildir. Bunun için bu etkenlere bağımlı olarak gerçeğe en yakın olan su ihtiyacını belirleme yoluna gidilir. Bir kişinin günlük su ihtiyacı İller Bankası yönetmeliklerine göre nüfusa bağlı olarak belirlenmektedir. Bu durumda ihtiyaç nüfusla orantılı olarak artmaktadır.

1.3.1. Ortalama günlük su ihtiyacı

Yerleşim bölgesindeki bir kişinin günlük ortalama su ihtiyacı, yerleşim bölgesinin nüfusuna bağlı olarak İller Bankası III numaralı talimatnamesinde verilmiştir.

Tablo 1.1 Nüfuslara Göre Su İhtiyaçları (Q^{H_1})

Gelecek Nüfusu (N_g)	Su İhtiyacı (Q^{H_1}) (lt / Nüfus Gün)
$N_g < 3000$	60
$3000 < N_g < 5000$	70
$5000 < N_g < 10000$	80
$10000 < N_g < 30000$	100
$30000 < N_g < 50000$	120
$50000 < N_g < 100000$	170
$100000 < N_g < 200000$	200
$200000 < N_g < 300000$	225
$300000 < N_g$	(İdare ile birlikte karar verilir)

Aradaki nüfus değerleri için interpolasyon yapılır.

Tablodaki değerler bir kişinin bir yaz günündeki ortalama su ihtiyacıdır. İller Bankasınınca verilen bu değerler değişen şartlar ve artan ihtiyaçlar nedeni ile proje için ortalama günlük ihtiyaç olarak kabul edilmiştir. Bunun için yaz günü ihtiyacı 1,5 ile

çarpılarak bulunur.

Tablodan bulunan su miktarının birimi lt/Nüfus gündür. Hâlbuki boru boyutlandırılmasında lt/sn birimi geçerli olduğundan bulunan değerler lt/sn birimine çevrilir. Bu çevirme aşağıdaki formülle yapılır.

$$Q^{HO} = \frac{N_g Q_{H1}}{86400} \text{ (lt/sn)} \quad (1.4)$$

Q^{H1} = tablo 1.1' den alınan değer (lt/nüfus.gün)

N^g = gelecekteki projelendirme nüfusu.

Q^{HO} = gelecekteki nüfusun su ihtiyacı (lt/sn)

86400= bir gündeki saniye sayısıdır.

Projelendirme de özellikle küçük yerleşim bölgelerinde hayvan ihtiyacı büyük değer alabilir, hayvan ihtiyacı olarak,

Büyük baş bir hayvan için.....50 lt/gün

Küçük baş bir hayvan için.....15 lt/gün

değerleri kullanılır. Hayvan ihtiyacı olarak belirleyebileceğimiz debi ise aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$Q^{Hay} = (N^{BH} * 50) + (N^{KH} * 15) \quad (1.5)$$

Q^{Hay} = hayvanlar için su ihtiyacı (lt/sn)

N^{BH} = mevcut büyük baş hayvan sayısı

N^{KH} = mevcut küçük baş hayvan sayısı

Proje yapımında buraya kadar bulduklarımızdan başka su ihtiyaçları (özel su ihtiyaçları) Tablo 1.2 den yararlanarak belirlenir.

Tablo 1.2 Bazı Özel Su İhtiyaçları ve Uç Debi Değerleri

Binek otomobillerinin bir defa temizlenmesi için	:	200 - 300 lt.
Kamyonun bir defa temizlenmesi için	:	50 - 150 lt.
Okullarda bir öğrenci için	Günde :	2 - 10 lt.
Kışlalarda bir er için	Günde :	50 - 150 lt.
Kışlalarda bir at için	Günde :	60 - 100 lt.
Hastahanelerde bir hasta için	Günde :	250 - 600 lt.
Otellerde bir müşteri için	Günde :	100 - 250 lt.
Genel yüzme havuzlarında (1m ² için)	Günde :	500 - lt.
Yangın muslukları için saniyede (yönetmelikteki gibi)	:	2.5 - 5 - 10 - 20 lt.
Mezbahalarda her bir büyük baş hayvan için	:	300 - 400 lt.
Mezbahalarda her bir büyük baş hayvan için	:	150 - 300 lt.
Pazar yerlerinin her m ² si için	Günde :	3 - 5 lt.
İstasyonlarda bir lokomotif için	Günde :	6000 - 22000 lt.
Hamamlarda her bir banyo için	Günde :	300 - 350 lt.
Çamaşırhanelerde 100 kg. çamaşır için	:	40 - 80 lt.
1 kg. yünün kumaş haline getirilmesi için	:	1000 lt.
100 kg. şeker pancarı üretimi için	:	1500 lt.
1 kg. şeker üretimi için	:	100 - 150 lt.
1000 adet tuğlanın örülmesi için	:	750 lt.
1 m ³ beton hazırlanması için	:	120 - 150 lt.
Bahçe, cadde ve sokakların sulanması için m ² başına	:	1.5 - 2 lt.
Tabakhanelerde beher büyük deri için	:	1000 - 3000 lt.

1.2.2. Azami günlük su ihtiyacı

Kentlerin su tüketimi günler arasında farklılıklar gösterir. Suyun fazla kullanıldığı yaz günlerinde diğer günlerin 1,5 katı su kullanıldığı kabul edilmiştir. Bu nedenle yaz günü su ihtiyacı, Q_{Hy}, (maksimum günlük ihtiyacı) günlük ortalama ihtiyacın 1,5 katı olarak hesaplanır.

1.2.3. Azami saatlik su ihtiyacı

Günün bazı saatlerinde su kullanımı çok fazla olmaktadır. Bu nedenle sistemin nasıl çalıştığını kontrol edebilmek için saatlik maksimum debiyle Q_{Ha} , ihtiyaç vardır. Bu debi değerinin yaz günü ihtiyacının 1,5 katı olacağı iller Bankasınca kabul edilmiştir

$$Q_{Ha} = 1,5 * Q_{Hy} \quad (1.6)$$

1.2.4. Sanayi su ihtiyacı

Sanayi suyu ihtiyacı, büyük sanayinin yer aldığı organize sanayi bölgelerinde $Q_{BS} = 0,50$ ila $0,85$ lt/sn, ha küçük sanayinin yer aldığı sitelerde $Q_{KS} = 0,35$ ila $0,50$ lt/sn, ha mertebesinde olmaktadır. Çok büyük ve münferit sanayi tesislerinde ise ihtiyacı üretim cins ve miktarına göre tahmin etmek gereklidir

Sanayinin ihtiyacı olan su miktarını yaklaşık olarak sanayi bölgesinin kapladığı alandan da bulmak mümkündür. Ancak elde gerekli veri olmadığı zaman bu yöntem kullanılır.

$$Q_{BS} = Q_{BS1} * A_{BS} \quad (lt/sn) \quad (1.7)$$

$$Q_{KS} = Q_{KS1} * A_{KS} \quad (lt/sn) \quad (1.8)$$

Q_{BS1} = Büyük Sanayi bölgesinde birim alanda (ha) kullanılacak olan su debisi.

Q_{KS1} = Küçük Sanayi bölgesinde birim alanında (ha) kullanılacak olan su debisi.

A_{BS} = Büyük sanayi yerleşme alanı (ha)

A_{KS} = Küçük sanayi yerleşme alanı (ha)

Q_{BS} = Büyük sanayi su ihtiyacı (lt/sn)

Q_{KS} = Küçük sanayi su ihtiyacı (lt/sn)

Sanayi ihtiyacı halk ihtiyacının yüzdesi olarak da hesaplanabilir. Genellikle sanayi debisi olarak halk ihtiyacının 0,10 ila 0,20 si arasında bir değer alınması uygun olmaktadır. Örnek projede de sanayi ihtiyacı halk ihtiyacının yüzdesi olarak hesaplanmıştır.

1.2.5. İletim debisi

Kentin ihtiyacı için depoya iletilmesi gereken su miktarı, insan hayvan ve özel su ihtiyaçlarının toplamıdır.

$$Q_{iletim} = Q_{insan} + Q_{hayvan} + Q_{özel} \text{ (lt/sn)} \quad (1.9)$$

Projesi yapılan kentin yakınındaki bir yerleşme yerine su verilmesi planlanıyor ise gerekli su debisini özel debi olarak iletim debisinin hesabında göz önüne almak ve kent çıkışında da uç debi olarak hesaplara dâhil etmek gereklidir.

İletim debisi bulunduktan sonra yuvarlatılmak istenirse İller Bankası özel şartnamesine göre aşağıdaki tablodaki değerlere göre yuvarlatma yapılmalıdır

<u>Qiletim (lt/sn)</u>	<u>Yuvarlatma değeri (lt/sn)</u>
$Q_{ile} < 10$	0,5
$10 < Q_{ile} < 50$	1
$50 < Q_{ile}$	5

1.2.6. Yangın debisi

Yerleşim bölgelerinde çıkan yangınların söndürülmesinde en çok kullanılan yöntem yangın üzerine su sıkmaktır. Su sıkmak, en iyi yöntem olmasa bile ucuz olduğu için çoğu kez yangınlar özellikle konut yangınları su sıkılarak söndürülür. Yangın söndürme için büyük debide suya ihtiyaç vardır. Bu suyu, su dağıtım şebekesinden almak mümkündür. Bunun için borular boyutlandırılırken yangın söndürmek için

gereken debiyi de (yangın debisi) göz önüne almak gerekir. Yangın debisi özellikle tali (ufak çaplı) boruların boyutlandırılmasında önemlidir. Çünkü tali borularda yangın debisine göre dağıtılması gereken suyun debisi çok ufaktır. Projede kullanılması gereken yangın debisi İller Bankası şartnamelerinde belirlenmiştir.

İller Bankasına göre; Nüfusu 10000 in altında olan yerleşim bölgelerinde günde 2 saat süreli 1 yangın olacağı ve esas boruda 5 lt/sn yangın debisi kullanılacağı, nüfusu 10.000 - 50.000 arasında olan yerleşim bölgelerinde 5 saat süreli 2 yangın olacağı ve esas boruda 5lt/sn yangın debisi kullanılacağı, nüfusu 50000 den büyük yerleşim bölgelerinde günde 5 saat süreli 2 yangın olacağı ve esas boruda 10 lt/sn yangın debisi kullanılacağı öngörülmüştür. Bundan dolayı borular, tablo 1.3'de görülen yangın debilerini de taşıyacak kapasitede boyutlandırılmalıdır.

Tablo 1.3. Yangın Debileri

Nüfus (Ng)	Ana Boru (lt/sn)	Esas Boru (lt/sn)	Tali Boru (lt/sn)
Ng<10000	5	5	2,5
10000<Ng<50000	10	5	2,5
50000<Ng	20	10	5

1.2.7. Şebeke debisi

Kentlerin su ihtiyacı gün içinde değişiklikler gösterir. Bu nedenle bazen ufak bazen de büyük debilerin dağıtılması gerekmektedir. Bu değişen ihtiyacın karşılanabilmesi için depodan kente gönderilecek olan su (şebeke debisi) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$Q_{\text{şebeke}} = 1,5Q_{\text{iletim}} + Q_{\text{yangın}} \text{ (lt/sn)} \quad (1.10)$$

BÖLÜM 2. KULLANILMIŞ SULARIN UZAKLAŞTIRILMASI

2.1. Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Sistemlerinin Genel Özellikleri

Kullanılmış suların uzaklaştırılması için şu tesislerin inşası ve işletilmesi

- Kullanılmış suları toplayan tesisler,
- Bunları uzaklaştıran tesisler.

Gerekirse bu ikisinden önce tasfiye tesisleri yapılır. Bu yapılardan meydana gelen sisteme kanalizasyon sistemi veya drenaj sistemi denir. Eğer kullanılmış suları toplayan tesisler evlerden ve endüstriden gelen atık maddeleri ve yağmur suyundan meydana gelen akımı aynı kanal içinde beraberce iletirse bu kanallara birleşik sistem mecraları denir ve bunlar birleşik kanalizasyon sisteminin bir kısmını meydana getirirler. Eğer bu iki cins pis sular ayrı ayrı toplanırsa, böylece otaya çıkan pis su kanalları ve yağmur suyu kanalları (veya yağmur suyu drenleri) ayrık kanalizasyon sistemini teşkil ederler. Evlerden hâsıl olan ve su ile taşınan atıklar evsel pis suları meydana getirir; imalathane ve fabrikalardan gelenler ise, endüstri atıkları veya ticari atıklardır. Bunlara yağış sularının ilavesi ile yağmur suyu ile karışık pis sular (pis su ve yağmur suyu karışımı) meydana gelir [1].

Meskûn bölgelerin verdikleri pis sular evsel ve endüstriyel atıkların her ikisini de içine alır. Birleşik kanalizasyon sistemi genellikle dünyanın eski şehirlerinde görülür. Bunlarda birleşik sistem mevcut yağmur suyu drenlerinin gelişmesi sonucu ortaya çıkmıştır. İngiltere'deki Londra, Fransa'daki Paris, New York ve Mass Eyaletlerindeki New York ve Boston şehirlerinin kanalizasyon sistemleri bu gelişmenin örnekleridir [1].

Kullanılmış suları toplayan tesisler, pis suları veya yağmur sularını, bir yeraltı nehir sisteminin kolları ve gövdesi gibi; serbest yüzeyli bir akımla uzaklaştırmak üzere projelendirilmiş bir veya birden fazla sayıda kanal sisteminden meydana gelir.

Hakikaten birçok birleşik kanalizasyon sisteminin ana toplayıcısı, başlangıçta bu bölgenin sularını tahliye etmiş ve kendisine kavuşan pis suların sebep olduğu çok şiddetli kirlenme etkisiyle görünüşü bozulup fena kokulu ve zararlı hale geldiği zaman da üstü örtülmek zorunda kalmış olan bir akarsudan ibarettir. Mecralarda ve drenlerde akım, pompa istasyonları ve basınçlı boruların sisteme sokulması halleri hariç, yer çekimi etkisiyle yüksek kotlu noktalardan alçak kotlu noktalara doğru meydana gelir. Suların tulumba ile yükseltilmesi ise şu maksatlarla yapılır:

1) Pis suları derinde bulunan bir mecradan, zemin yüzüne yakın olan bir mecraya yükseltmek ve böylece düz arazide veya kötü zeminlerde ekonomik olmayan derin mecraların inşasından kaçınmak veya

2) Kullanılmış suları, bir drenaj alanından veya bir kanalizasyon bölgesinden diğerine geçirmek. Kolaylık olması için mecralar toprak altında döşenirler. Bunların, suları basınç altında akıtması istenmez. Hidrolik bakımdan mecralar kısmen dolu veya en fazla tam dolu akan "açık kanallar" olarak hesap edilir ve projelendirilir [1].

Genel olarak küçük mecralar için greseramik borular ve büyük mecralar için ise özel şekillerde yapılmış beton veya kagir boru veya kanallar kullanılır. Dallara ayrılmış olan birçok kanallardan meydana gelen her kanalizasyon sistemi pis suları ve yağmur sularını drenaj alanından toplar ve bunları zararsız hale getirileceği yere iletir ve orada gerekirse tasfiye edilir [1].

Genel olarak, bu sular, bu bölgenin tabii bir drenaj kanalını teşkil eden veya drenaj sularını alan bir su yatağına verilir. Kullanılmış suların bu şekilde bir su yatağına boşaltılmasına, sulandırma suretiyle bu suların zararsız hale getirilmesi denir. Kullanılmış sular, yarı kurak bölgelerde veya bu iş için elverişli olan yerlerde arazi üzerine verilebilir. Buna, kullanılmış suların sulama suretiyle zararsız hale getirilmesi denir [1].

Bu anlatılan şekillerde bertaraf etmeden önce pis suların tasfiye etmenin hedefi, göze hoş görünmeyen ve çürüyebilen maddeleri bunların bulunduğu sulardan ayırmak ve içlerinde bulunabilecek hastalık yapan organizmaları yok etmektir. Yapılacak

tasfiyenin derecesi, bölgenin toprak ve su kaynaklarının ekonomik olarak muhafaza edilmesine göre tayin edilir [1].

2.2. Kullanılmış Suların Özellikleri ve Kaynakları

Pis sular, toplumun su ihtiyaçlarını karşılamak üzere dağıtılan suyun sarf edildikten sonraki şeklini teşkil eder. Evsel pis sular, mutfak, banyo, lavabo, tuvalet ve çamaşırhanelerden gelen kullanılmış sulardır. Halka dağıtılan suyun içinde zaten mevcut olan mineral ve organik maddelere ilaveten, evsel pis sular insan dışkıları, kağıt, sabun, kir, yiyecek atıkları (çöp) ve sayısız diğer maddeleri ihtiva ederler. Bu atık maddelerden bazıları süspansiyon halinde taşınır, diğerleri ise suda eriyik haline geçerler. Diğer bir kısmı ise o kadar ince dağılı bir halde bulunurlar veya bu hale geçerler ki bunlar koloidal (ultra mikroskopik) tanelerin özelliklerine sahip olurlar. Atık maddelerin büyük bir kısmı organik tabiatlı olup enerji değerlerinin çok yüksek olmasından dolayı saprofit mikroorganizmaların, yani ölü organik maddelerle beslenen organizmaların etkilerine maruz kalırlar. Bu sebepten dolayı evsel pis sular stabil olmayıp ayrışabilir veya çürüyebilir; bilhassa hidrojen sülfür gibi tiksindirici kokuların çıkmasına ve ayrışma olayı ile birlikte meydana gelen hoşça gitmeyen diğer durumlara sebep olabilirler. Patojen organizmalar barsak parazitlerini taşıyan veya bulaşıcı hastalıklardan özellikle tifo, paratifo, dizanteri ve diğer mide ve barsak enfeksiyonlarından muzdarip olan şahıslar tarafından sulara verilir veya bu hastalıkları taşıyanlar tarafından vücuttan dışarıya atılırlar. Patojen organizmalar evsel pis sularda daima bol miktarda mevcut olup bu suları tehlikeli bir hale getirirler [1].

Endüstri atıklarının özellikleri, meydana geldiği endüstri işlemlerine bağlı bulunmaktadır. Endüstrinin verdiği kullanılmış sular özellik itibarıyla nispeten temiz olan yıkama sularından; organik veya mineral maddelerle veya korozif özellikli, zehirli, yanıcı, veya patlayıcı maddelerle çok fazla miktarda yüklü olan kullanılmış sulara kadar çok değişiktir. Bazı endüstri atıkları, genel kanalizasyon sistemine kabul edilmeyecek kadar mahzurlu bulunurlar. Diğer bir kısım endüstri atıkları ise pek az miktarda yabancı madde ihtiva eder ve bir yağmur suyu kanalına veya doğrudan doğruya tabii bir su yatağına verilebilecek kadar emniyetli ve mahzursuz bulunurlar.

Bazı endüstri atıkları mecralara yapışır ve onları tıkarlar; asit ve hidrojen sülfür çimentoyu, betonu ve metalleri tahrip eder; sıcak atıklar tuğla ve emsali pişmiş kilden yapılmış malzemeyi ve betonu çatlatırlar; zehirli kimyasal maddeler insanlar için çok tehlikeli olduklarından başka, biyolojik tasfiye işlemlerine zarar verirler ve pis suların verildiği su yataklarında normal olarak bulunan organizmaları öldürürler. Benzin gibi alev alıcı veya patlayıcı maddeler, içinde pis suyun aktığı yapılan tehlikeye sokarlar. Zehirli gaz ve buharlar pis su tesislerinde çalışan işçi ve operatörler için tehlikeli durumlar yaratırlar. Genel kanalizasyon sistemine alınmasına müsaade edildiği zaman, kanallarda akan pis suların bir kısmı endüstri atıklarından meydana gelir [1].

Bütün pis sular, birçok ek yerlerden mecralara giren bir miktar yeraltı suyu ihtiva ederler. Birleşik sistemlerde, yağış suları da caddeleri, damları, bahçeleri, park ve avluları yıkayıp bazı maddeleri sürükleyip getirir. Bunlar ağır ve atıl maddeler olup başlıcalar çamur, kir, toz, kum, çakıl ve benzerleridir. Yağmur suyu kanalları yağmur, buz ve kardan ileri gelen yüzeysel akışa ilaveten, caddeleri temizlemek, yangın söndürmek, yangın muslukları yardımıyla su dağıtma sistemini temizlemek için kullanılmış olan suları ve bazen da fiskiyelerden, yüzme havuzu ve benzeri kaynaklardan gelen atık sular da alırlar. Pis sular, meydana geldikleri yerlerden, cadde kanalına bir veya daha fazla sayıda bina bağlantısı yardımıyla akıtılırlar. Binanın içerisinde bu bağlantılara ev veya bina pis su boruları, dışarısında ise ev veya bina bağlantı kanalları denir. Damlardan ve kaplaması yapılmış alanlardan gelen yağmur suları cadde arklarına veya doğrudan doğruya yağmur suyu kanalına verilir. Birleşik kanalizasyon sisteminde ise damlardan gelen sular ev pis su borusuna, avlulardan toplanan sular ev bağlantı kanalına iletilebilir. Bu şekillerden biriyle kanalize edilmeyen yağış suları ise cadde arkına ulaşınca kadar zemin yüzeyinde akarlar [1].

Yağış sularının binaların zemin katlarını ve depoları basmaması, trafiği aksatmaması, can ve mal kaybına neden olmaması için kontrollü bir şekilde uzaklaştırılıp nehir, deniz veya göle atılması gereklidir. Şehir içinde oluşan yağışlar, imkân nispetinde cazibe ile tahliye edilip pompaj masraflarından kaçınılır. Sahil şehirlerinde ve sahil şeridinde ve düşük kotlu depresyonlarda pompaj zorunlu olabilir. Pompajı azaltmak

üzere, sahilde çok düşük kotlu kısımlarda boru üstündeki minimum toprak kalınlığı azaltılır ve gerekirse dairesel yerine dikdörtgen kesit kullanılır [1].

2.3. Birim Debi ve Ek Debi

İçme suyu sistemiyle dağıtılan sular pek fazla kayıp vermeden kanalizasyon sistemine gelir. Bazen kuyulardan alınan sular ve kanalizasyon döşenen bölgedeki yüksek yeraltı suları da kanalizasyona girebilir. Ayrıca yağmur suyu toplama sistemi olmayan yerlerde yağmur suları da pis su kanallarına karışabilir. Bütün bu suların kanallarda akacağı düşünülerek kanalları boyutlandırmak gereklidir.

2.3.1. Birim Kullanılmış Su Debisi

2.3.1.1. İletim debisi

Projenin birinci bölümünde hesaplanan (kentin ihtiyacı olan su miktarı iletim debisi (Q ile) kanalizasyon sisteminin boyutlandırılmasına esas olan en önemli debidir.

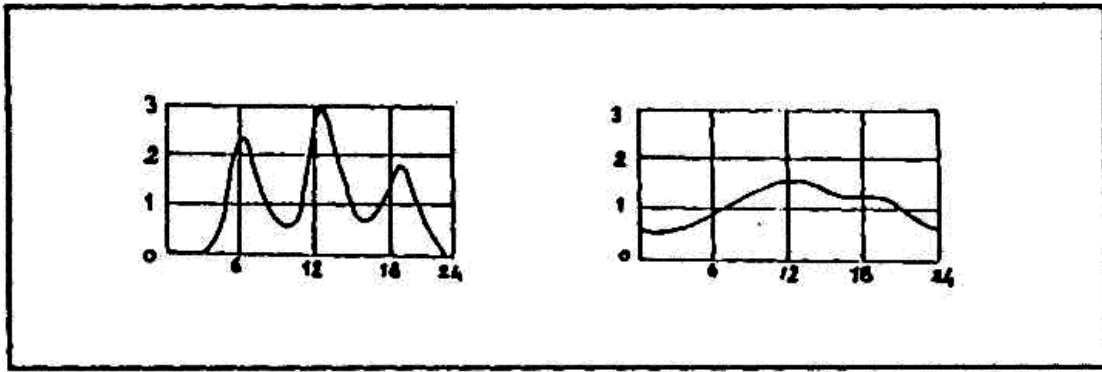
2.3.1.2. Kentin ağırlıklı toplam sokak uzunluğu

Su getirme projesinde belirlenen nüfus yoğunluk katsayıları kullanılarak kentin fiktif (hayali) sokak uzunluğu (Ağırlıklı toplam sokak uzunluğu) ($\sum L_i \cdot k_i$) bulunur.

2.3.1.3. Dönüş süresi

Dağıtılan suyun az bir kısmı (buharlaştır, bahçe sulanır v.s.) su toplama ağına dönmez. Kanala dönen su miktarının dağıtılan suya oranı P, katsayısı ile gösterilir. Özel durumlar olmazsa emniyetli tarafta kalmak için dağıtılan suyun tamamının kanallara ulaştığı kabul edilir. Yani $P_1 = 1$ değeri kullanılır.

Bir günde dağıtılan suyun daha kısa bir zaman aralığında kanalizasyon sistemine dönebileceği P2 katsayısı ile tanımlanır. Bu katsayı kente 24 saatte verilecek suyun Td saat kadar sürede geriye dönmesi esasına göre bulunur.



a

b

Şekil 2.1 a) Bir köyde, b) Bir büyük şehirde, kullanılmış su akışındaki saatlik salınımlar.

Şekil 2.1.de de bir köy ve bir büyük şehirde kullanılmış su debisindeki saatlik salınımlar görülmektedir. Çoğunlukla 24 saatte dağıtılan suyun $T_d = 12$ saatte geriye döneceği kabul edilir. (İller Bankası Şartnamesi) Böylece $P_2 = \frac{24}{T_d} = \frac{24}{12} = 2$ değeri

hesaplarda kullanılır. Bu değer, köylerde $T_d = 8$, büyük şehirlerde $T_d = 16$ olarak alınır. ($P_1, P_2, \sum L_i, k_i$ değerleri saptandıktan sonra (A_k) birim kullanılmış su debisi (fiktif dağıtım debisi) şu formül ile hesaplanır :

$$q_k = \frac{P_1 \cdot P_2 \cdot Q_{ile}}{\sum L_i \cdot k_i} = \frac{Q_{kul}}{\sum L_i \cdot k_i} \text{ (lt/sn/m)} \quad (2.1)$$

2.3.2. Ek debiler

Fiktif dağıtım debisinden başka kullanılmış su toplama ağına gelecek debiler ek debi olarak adlandırılır. Örneğin su dağıtım şebekesinden verilen uç debilerin kullanılmış su olarak dönen miktarları, veya kendi su alma tesisinden (örneğin kuyusundan) su alan bir fabrikanın kullanılmış suları hesaplarda ek debi olarak kullanılır. Ek debiler hesap tablosunda Q_{end} sembolü ile gösterilmiştir. “end” kelimesi “endüstri” kelimesinin kısaltılmış şeklidir. Ek yerine endüstri denmesinin nedeni ek debilerin çoğunlukla endüstriden gelmesidir.

2.4. Hesap Şebekesinin Özellikleri

2.4.1. Kullanılmış su şebeke planı

Kullanılmış su şebeke genel paftasında done olarak verilen ve hesaplanması istenen bölgenin 1/2000 ölçekli haritası üzerinde kanal ağı geçkisi çizilir.

2.4.1.1. Bacalar

Muayene bacaları, sokakların kavşak yerlerinde, akım yönü değiştiğinde, kot değişikliklerinde (düşüler), büyük meyil değişikliklerinde ve iki baca arasındaki uzunluk çapa göre belli değerleri aştığında inşa edilir.

Muayene bacaları akımın kontrol edilmesini, kanal içinde akan kirli suyun aerobik şartlarda kalması için gereken havayı (oksijen) sağlar ve kanallar tıkanırsa açılması olanağını verir.

Çapa bağlı olarak müsaade edilen maksimum baca ara mesafeleri:

Tablo 2.1. Çapa Bağlı Olarak Müsaade Edilen Maksimum Baca Ara Mesafeleri

Çap	Maksimum Baca Aralığı
20 - 55 cm arası	50 m
60 -80 cm arası	70 m
90-140 cm arası	90 m
140 cm den büyük ise	125 -150 m

Şütlü Bacalar

Sokak eğimlerinin mecralar için kabul edilen eğimlerden fazla olması halinde mecralar üzerinde şüt ve kaskatlar yapmak suretiyle istenilen eğimler elde edilir. Şütler muayene bacalarında düzenlenir ve şütün yapılması gerekli olan her yere bir muayene bacası konur. Genellikle şüt yüksekliği 2.00 m. den fazla alınmaz. İstisnai durumlarda yerel şartlar uygun ise 4,00 m. ye kadar şüt yüksekliği kabul edilebilir.

Yıkama Bacaları

Mecraların temizlenmesi maksadı ile uç noktalarda ve diğer lüzumlu görülen noktalarda tesis edilir. Yıkama bacalarında geri tepmeyi önlemek için dolu savaklar düzenlenir. Yıkama bacalarında boru ağızlarına şiber ve klape gibi manevra cihazları konur. Mecra başlarında ve akış süratinin 0,50 m. den az olduğu yerlerde yıkama bacaları inşa edilir.

2.4.1.2. Kavşak kotları

Kavşak kotları, mecra eğimleri (meyilleri) ve mecra iç sırt derinliklerinin saptanabilmesi için gereklidir.

2.4.1.3. Mecra uzunluktan ve kesafet katsayıları

Sokağın kullanılmış suyunun hesaplanabilmesi için o sokağın uzunluğuna ve kesafet katsayısına gerek vardır.

2.4.2. Boy kesit

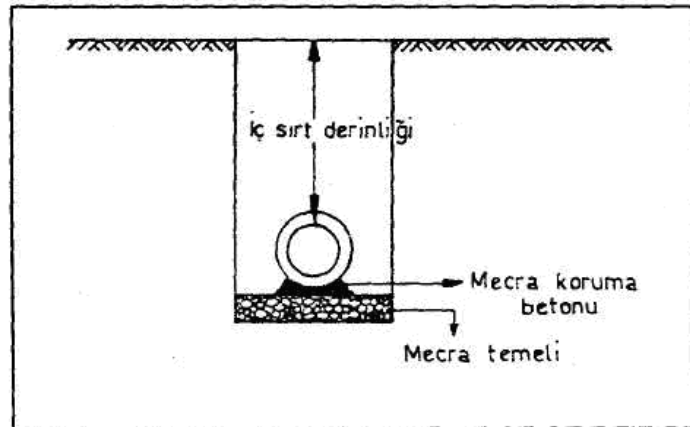
Sokaklara döşenen mecraların profilden görünümünü belirlemek ve inşaat esnasında kolaylık sağlamak için mecraların boy kesitleri çıkartılır. Boy kesitler genellikle 1/100 düşey 1/2000 yatay ölçekle çizilirler. Boy kesitlerde mecra iç sırt derinlikleri ve bacalar açık olarak gözüktür.

2.4.2.1. Mecra iç sırt derinlikleri

Mecra iç sırt derinliği zeminle boru üstü arasındaki toprak dolgusunun kalınlığıdır. Mecraların zemin içindeki derinlikleri yerel iklim şartlarına (özellikle don etki derinliğine), binaların bodrum derinliklerine ve daha önce yapılmış olan içme suyu, yağmur suyu, havagazı, elektrik, P.T.T. tesislerinin derinliklerine bağlı olarak belirlenir, (içme suyu borusu ile kanalizasyon borusu arasında en az 30 cm. kot farkı bulunmalıdır). Eğer bu tesisler yoksa ve yapılmayacaksa en az derinlik 1 m, yapılacaksa en az derinlik 1.50 m olmalıdır. Çoğu kez bodrum derinliğine ilaveten, 1/100 veya 1 /50 eğimle bodrumdan, caddeden geçen toplama kanalına kadar olan fark ($H = J.L$) ve kanala bağlantı yerinde çapa bağlı olarak 10 ila 30 cm lik bir fark ilave edilerek minimum iç sırt derinliği bulunur. Burada amaç en derin bodrumdaki suyun bile kanallar vasıtasıyla toplanabilmesi ve aynı hendekte birçok şebeke elemanının birbirine zarar vermeyecek biçimde bulunabilmesidir. İç sırt derinliği genellikle 1.5 - 2.0 m civarındadır. Mecra iç sırt derinliğinin saptanmasında don etkisi ve trafikten oluşacak basınç darbeleri de etkindir.

2.4.2.2. Mecra iç Sırt Kotları

Mecra iç sırt derinlikleri belirlendikten sonra mecra iç sırt kotları bulunur. Bunun için kavşak (zemin) kotundan iç sırt derinliği çıkartılır. Elde edilen değer mecra iç sırt kotudur.



Şekil 2.2. Kanalizasyon mecrasının hendek içinde görüntüsü

2.4.3. Tipik cadde enkesiti

Kanalizasyon sisteminin geçtiği caddelere örnek olabilecek cadde en kesitleri Şekil 2.3 ve 2.4 de gösterilmiştir. Cadde en kesitinde, bodrum derinliği, bahçe ve yaya kaldırımı uzunlukları ev bağlantıları ve kullanılmış su mecrası gösterilir.

2.4.4. Muayene ve yıkama bacaları

Daha önce anlatıldığı gibi kanalizasyon gekisinde gereken yerlere muayene bacaları inşa edilir. Bazı başlangıç mecralarında hızın 0.5 m/sn den az olması nedeniyle çökelmeler ve tıkanmalar oluŐabilir. Buna engel olabilmek için yıkama bacaları yapılır. Yıkama bacaları birkaç çeŐit olabilir.

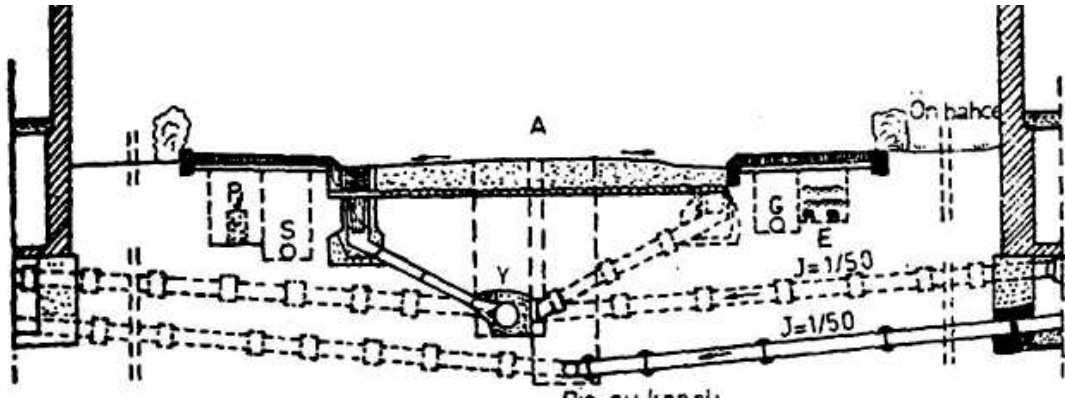
2.5. Mecra Hidrolik Hesabı

2.5.1. Hesap esasları

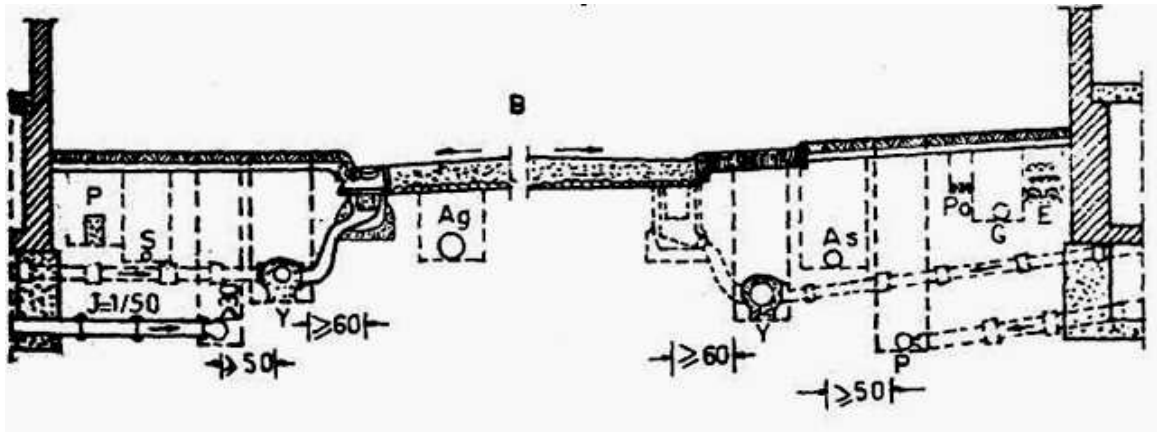
2.5.1.1. Mecra cinsi ve zellikleri

Kanalizasyon sistemlerinde genellikle beton borular (santrifüj veya vibre beton borular, yerinde dökme beton borular), beton büzler veya sırlı künk borular kullanılır. Ayrıca plastik, cam takviyeli plastik. Yüksek Yoğunluklu Polietilen borularda kullanılmaktadır. Boru en kesitleri çoğunlukla daire Őeklinde, bazen yumurta, elips veya daha değişik özel tipte olabilir.

Hidrolik hesaplamalar için "Kutter" formülü veya "Gaukler-Manning-Strickler" formülü kullanılabilir. Ya bu formüllerin kendisi kullanılarak hesap yapılır ya da formüllerin abak ve tablolarından yararlanılır.



Şekil 2.3. Konutların bulunduğu yerlerde enkesit



Notasyon

Y: Yağmur Suyu Kanalı

P: Pis Su Kanalı

As: Ana Su Borusu

S: Su Borusu

Ag: Ana Gaz Borusu

G: Gaz Borusu

E: Elektrik Kablosu

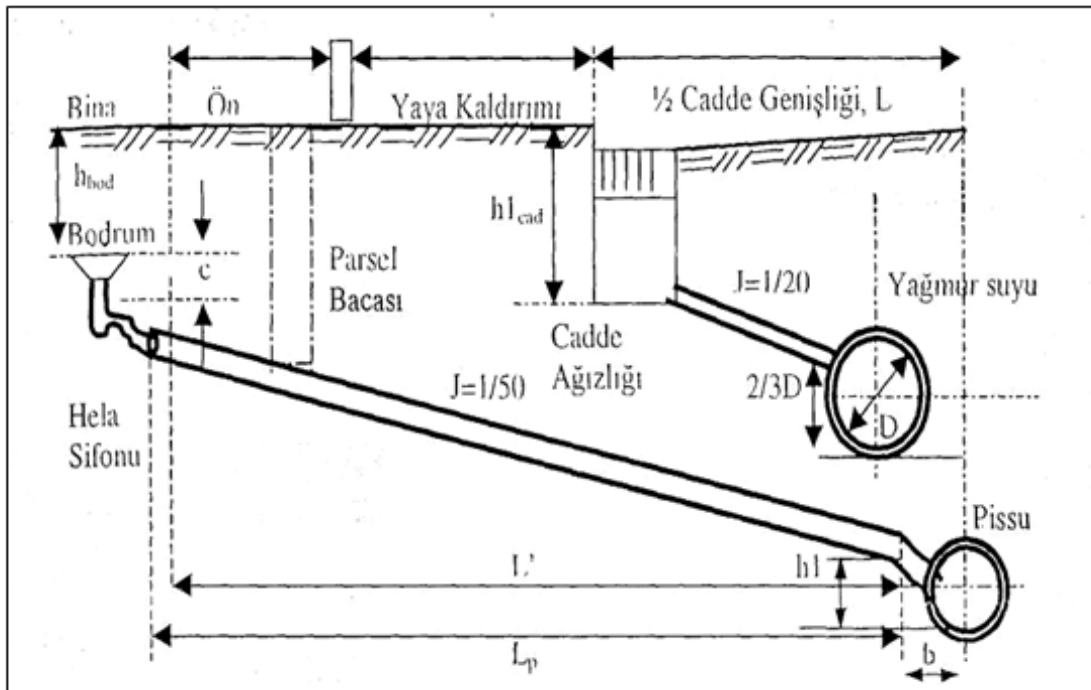
P1: Posta ve İtfaiye Kablosu

P0: Polis Kablosu

Şekil 2.4. İşlek caddelerde enkesit

2.6. Mecra Derinliği

Kanalizasyon tesisinin maliyeti hendek derinliği ile artar. Pis su ve yağmur suyu başlangıç mecralarının derinliği, bütün şebeke derinliğini etkileyeceğinden mümkün olduğu kadar minimum derinlikte ve mecralar caddelere paralel tutulmaya alışmaldır. Boru derinliği, bodrum derinliği, cadde ağzlığı derinliği ve bağlantı boru hattı eğimi göz önünde tutularak belirlenmelidir. Az sayıdaki fazla derin bodrumlar dikkate alınmayabilir. Borular daima don derinliğinin altında dōřenmelidir. Büyük çaplı borular toprak ve dingil yükü altında çökme tehlikesine karşı kontrol edilmelidir



Şekil 2.5. Yağmur Suyu ve Pis Su Kanallarının Dōřenmesi

Minimum hendek derinliği genellikle 1.0 m ile 1.50 m alınır; ancak, bina bağlantılarının, içme suyu borularının altından geçirilmesi için bu derinlik 2.0 m ile 2.50 m olmalıdır. Maksimum derinlik zeminin kendini tutabilmesi, boru çapı, borunun toprak yüküne dayanması, makinelerin kazı gücü ve mali imkânlar gibi faktörlere bağlıdır. Genellikle 6,0 m yi geçmez. Bina bağlantılarının eğimi 1/50 ile 1/100 arasında alınır. Ön bahçe mesafesi yaklaşık 5.0 metre, yaya kaldırımı yaklaşık 7.5 metre ve yarım cadde genişliği duruma göre 7.5 m, 12.5 m ve 17.5 m arasında olabilir ve c değeri yaklaşık 20 cm, $L_p = L'$ ve $h1$ değeri ev ve sokak kanal çapına

bağlı olarak aşağıdaki Tablodan 2.2 dan alınabilir [2].

L_p =Sifon atık su mecra mesafesi

h_{bod} =bodrum derinliği

c = Sifon derinliği

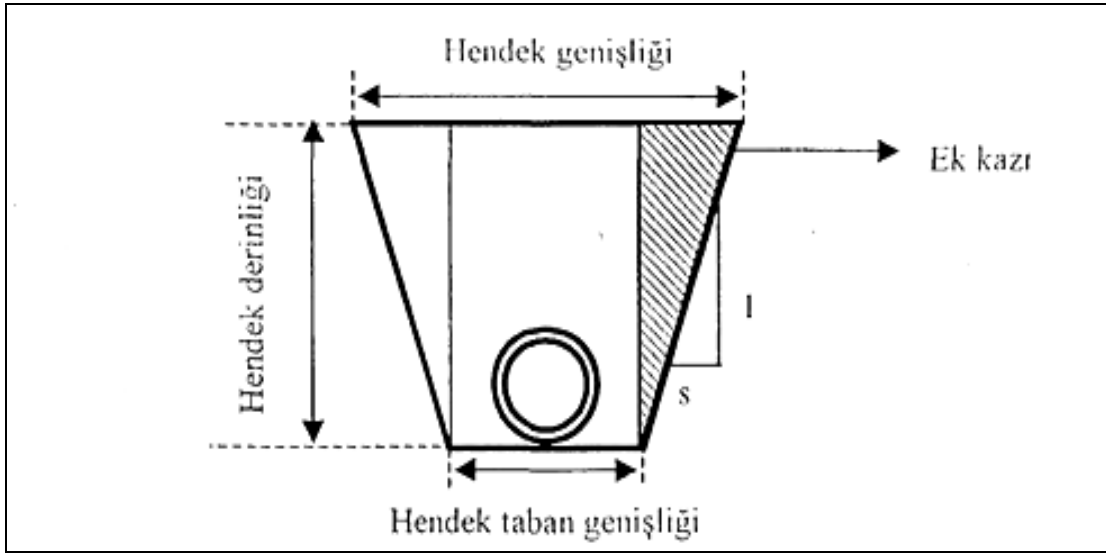
h_1 = Mecra bağlantı derinliği

$$\text{Pissu mecra derinlik} = h_{bod} + c + (1/50) * L_p + h_1 \quad (2.2)$$

Tablo 2.2. Ev Bağlantılarının Ana Mecraya Birleştiği Noktadaki b ve h1 Ölçüleri[2]

Ev Bağlantı Çapı (mm)	Sokak Mecra Çapı (mm)	h1 max (cm)	h1 min (cm)	b max (cm)	b min (cm)
150	200	44	23	55	46
150	250	48	27	58	48
150	300	52	30	60	50
150	350	56	34	62	51
150	400	61	37	64	53
150	450	65	41	67	55
150	500	69	44	69	57

Kazı maliyetlerini artırmamak için mecra fazla derine gömülmemelidir. Hendek derinliğinin artması hendeğin yan kenarlarının durmasını güçleştirir. Ahşap koruyucu gerekir bu da maliyeti artırır. Ayrıca kanal derinleştikçe yer altı suyu problem oluşturur. Hendeğin iki kenarı iknasız yapılmak istenirse şevler yatıklaştırılır bu da kazı miktarını dolayısıyla maliyeti artıracaktır. Hendek genişlikleri asgari İller bankası yönetmeliğinde 80 cm olacak şekilde yapılmalıdır. Büz ve sırlı künk mecralarda boru eklerinin yapılabilmesi için boru dış kenarı ile hendek kenarı arasında 30 cm lik bir mesafenin bulunması gerekmektedir. Yerinde dökme beton mecralarda ise dış kenarı ile hendek arasında 40 cm lık mesafe bulunmalıdır.



Şekil 2.6. Mecera Hendek Kesiti [3]

BÖLÜM 3. KULLANILMIŞ SULARIN TOPLANMASI

3.1. Pis Suların Toplanması

Topluma iletilen suyun takriben % 70'inin kanal ağı tarafından uzaklaştırılması gerektiğinden, pis su kanallarındaki ortalama akım takriben 379 lt.kişi/gün kadardır. Su sarfiyatındaki günlük ve saatlik değişmeler, bu değeri yaklaşık olarak üç katına çıkarır. Nizamlara aykırı yapılmış yağış suyu bağlantıları ve yeraltı suyu, kanalların gerekli kapasitesini artırır ve $4*379=1500$ lt.kişi/gün, gibi bir rakam normal bir değer olur [1].

Pis su kanallarında dibe çökelen artık organik maddelerin çürümesini kontrol altında tutmak için, çökelmeyi önleyen hızlara (0.60 ila 0.75 m/s.) lüzum vardır. Çok düz yerler hariç, pis su kanalları yeteri kadar dolu akarken, bu hızlar meydana gelecek şekilde kanallara eğim verilir. Bununla beraber bazı katı madde atığı kanal cidarına yapışık olur ve kontrol ve bakım için kanalların içine girilebilmesi gerekir. İçine girilmek için kafi derecede büyük olmayan kanallarda, kanalların bütün birleşim noktaları ile eğim ve istikamet değiştirdikleri yerlerde bu maksatla muayene bacaları bırakılır. Düz kısımlarda, yani kanalın yön ve eğim değiştirmedikleri yerlerde kanal çapı 60 cm den daha küçük ise bacalar arasındaki mesafe 90 ila 120 m. den daha büyük yapılamaz. Daha büyük kanallar için bu uzaklık 180 m ye kadar çıkar. Kontrol, temizlik ve tamir maksadıyla içlerine girilebilen kanallar için bu kayıtlar söz konusu değildir [1].

Kanallar, kırılmaya veya trafik darbelerine karşı korumak, donmaları önlemek ve en alçak kotta bulunan tesisat elemanının sularını tahliye etmelerine imkân vermek için, genel olarak kafi derinliğe döşenirler. Cadde kanallarının derinliğinin tespitinde, ev bağlantılarını kâfi eğimde yapılabilmesine bilhassa dikkat edinilmelidir. Ev bağlantıları için % 2 ve bundan daha büyük bir eğim normaldir [1].

3.2. Yağış Suların Toplanması

Ayrık kanalizasyon sistemlerinde, yağmur suyu kanalları veya drenleri tarafından taşınan asılı haldeki katı madde yükünün çoğu, ağır mineral maddelerden meydana gelir. Akımın hızı kafi derecede yüksek tutulmadığı takdirde bunlar dibe çöker. İnce kum, genel olarak 0.30 m/s veya daha hızlı olarak akan sularla taşınır. Çakılların taşınması için ise 0.60 m/s veya daha yüksek hızlar gereklidir. Bu sebepten, tavsiye edilen minimum hızlar 0.75 ila 0.90 m/s veya pis su kanallarındakinden 0.15 m/s daha fazladır. Yağmur suyu drenlerinin kapasitesini belirleyen faktörler şunlardır:

Yere düşen yağmurların şiddeti ve süresi,

Su veren alanların büyüklüğü ve akış karakteristikleri,

Projenin tanziminde göz önünde tutulan ekonomik düşünceler.

Su veren bölgenin özellikleri ve toplanan yağış sularının tabii su yataklarına verilebilmesi imkânları proje tanziminde göz önünde tutulması gereken ekonomik düşünceler içine girer [1].

3.3. Yağmur Suyu İle Karışık Pis Suların Toplanması

Birleşik kanalizasyon sistemlerinde tek bir kanal ağı hem pis suları ve hem de yağmur sularını toplar. Yağmur suyu miktarı, pis su miktarının ekseriya 50 ila 100 mislidir. Genel olarak, yüzeysel akış miktarının tahmininde yapılan hata, yağmur ve karışık su debisi arasındaki farka nazaran daha büyük olduğundan, birleşik sistem kanalları esas itibariyle yağmur suyu drenleri olarak projelendirilir. Bununla beraber, pis su kanallarıyla aynı derinlikte döşenirler. Çünkü bu kanallar cadde ızgaralarından olduğu kadar binalardan gelen debileri de iletmek zorundadırlar. Birleşik sistem kanallarının aşın yüklenmeleri ve taşmalarının, sadece yağmur suyu ileten kanalların geri tepmesi ve taşmasına nazaran daha mahzurlu olduğunu söylemeye lüzum yoktur [1].

3.4. Kanalizasyon Sistemleri

Bir yerleşim merkezindeki kullanılmış sulan ve sanayi sularını toplayan kanalların;

1. Ayrık sistem
2. Birleşik sistem
3. Karışık sistem

olmak üzere üç sistemden birinde teşkil edilmesi mümkündür.

Ayrık Sistem : Bu sistemde iki ayrı kanal ağı mevcuttur. Bu ağlardan biri pis sulara ait olup derinlerde yer alır ve iyi bir işçilik ve pahalı bir malzeme ile meydana getirilir. Diğer kanal ağı yalnız yağış sularını alır, daha sığ döşenen bu kanallar oldukça basit ve ucuz olarak yapılırlar. Pis su kanallarının debisi yağmur suyu debisinin salınına kıyasla daha basit olduğundan gerek kanal keşiden ve gerekse arıtma tesislerinin boyutları hassas bir şekilde tayin edilir. Atık su miktarı yağmur suyuna nazaran çok az olduğundan pis su kanallarının ve tasfiye tesislerinin inşaat masrafı çok düşük olur.

Birleşik Sistem : Bu sistemde kanallar şehrin pis suları ile yağmur sularını bir arada, yani karışım halinde akıtır. Bu karışımdaki yağış suları pis sulara göre miktarca çok fazladır. Bu yüzden şehrin aşağı semtlerindeki kanalların enkesitleri yollar altında teşkil olmayacak kadar büyük yapıdadır ve dolayısıyla şebeke inşa masrafı çok yüksek olur. Ana kanallar içerisindeki pislikler bu kanalların enkesitine dağıtırlarsa da daha ziyade enkesitin dibinde yer alırlar. Bundan dolayı dolu savakları kullanarak ana kanalın fazla sularını en kısa yollardan büyük akar veya durgun su yataklarına aktarmak uygun olur. Aktarılan sularda fazla pislik bulunmadığından, büyük doğal su yatakları kirlenmez. Pis sular arıtıma tabi tutuluyorsa, bu suretle arıtma tesislerinin yükü azaltılmış ve boyutları küçültülmüş.

Karışık Sistem : Bir yerleşim bölgesinin eski ve yeni gelişme bölgelerinde arazinin topografyasına, çevredeki boşaltım olanaklarına ve şebeke hidroligine bağlı olarak ayrık ve birleşik sistem birlikte inşa edilebilmektedir. Yerine göre ayrık veya karışık sistem aynı şehrin kanalizasyon şebekesinde yer alabilir.

3.5. Kanal Sistemlerinin Karşılaştırılması

3.5.1. Birleşik sistem

1. Şehrin yollarında yalnız bir kanal hattı döşenir.
2. Evlerden esas kanalizasyona bir bağlantı yapılmalıdır.
3. Şiddetli yağmur esnasında caddedeki toz ve buna benzer pislikler kanalizasyon vasıtasıyla arıtma tesislerine gider. Ayrık sistemde ise bu kirlilikler nehirlere gider. Bu durum nehir sağlığı açısından zararlıdır.
4. Evlerden gelen kanallar ayrık sistemde bağlanırken bazen de bilerek yanlış bağlanır veya her ikisi de aynı kanala bağlanır. (İstanbul'da fosseptiklerin inşa edilmesi mecburiyeti olan yerlerde yalnız yağmur suyu için kanal döşenmektedir. Böyle yerlerde, atık sular da yağmur suyu kanallarına bağlanmaktadır.) Karışık sistemde böyle bir problem yoktur.
5. Bakım ve onarımı gerektiren kanal uzunluğu ayrık sisteme göre daha azdır.
6. Karışık sistemlerde bakım işleri pek büyük zorluk vermez. Yağan yağmurların tesiriyle kanallarda çöken pislikler sık sık temizlenir. Ayrık sistemdeki pis su kanalının bakımı daha güçtür. Sık sık suni yollarla temizlenmesi gerekebilmektedir.
7. Pis su kanalının oldukça derine konması gerekmektedir. Pis su kanalı yağmur suyu kanalının altına konur. Böylece birleşik sistemdeki kanalda fazla derinlik meydana gelir. Bu ise ilk yatırım masrafını arttırır.
8. Birleşik sistem, tek boru döşendiğinden, maliyet bakımından ucuzdur.
9. Dar sokaklarda taşıma ve taşıt işlerine mani olmamak için ayrık sistem icabı iki ayrı kanal inşası zordur. Bu sebeple karışık sistemde yalnız bir hat döşendiği için daha uygundur.

Birleşik sistemde çevre sağlığı bakımından salanca taşıyan ünite dolu savaklardır. Dolu savaklardan kanaldaki pislikler nehirlere taşınırlar. Buna da mani olmak için geciktirme hazneleri inşa edilerek bu olumsuz durum kaldırılır.

3.5.2. Ayrık sistem

1. Arıtma tesisi her zaman aynı şekilde yüklenir. Bilhassa mekanik tasfiyenin yapıldığı kısmın boyutları küçük olur.
2. Bu sistemde geciktirme haznelere gerek yoktur.
3. Pompa istasyonlarının kapasitesi küçük olur. Bu sebeple işletme ve ilk yatırım masrafı az olur.
4. Dolu savakları olmadığından yağmurlu havalarda pis su nehirlere gelmez.
5. Tasfiye tesislerinde kum tutucuya ihtiyaç yoktur.
6. Endüstriye ait soğutma sulan bu sistemde yağmur kanallarına verilebilir.
7. Pis su kanalının boyutu birleşik sisteme göre daha küçüktür.
8. Pis su kanalının boyutları küçük olduğu için hız daha fazladır. Bu sebeple fazla çökeltiye rastlanmaz.
9. Ayrık sistemlerde bodrumlardan gelen pis su kanalı inşa edilir. Pis su kanalı ile yağmur suyu kanalı arasında belli bir mesafe bulunması zorunluluğundan dolayı kanal derinliği karışık sistemlerden daha derin olur. Bu durum ise ekonomik olmaz.

3.6. Sistem Seçimi

Çevre sağlığı tesislerinin projeleri yapılırken yukarıda anlatılanların dışında bölgenin topoğrafik durumu, iklim şartları, yağışların şiddet ve frekansları, şehrin ekonomik yapısı da göz önünde bulundurulur.

Maliyet yönünden en uygun kanal şebekesi sisteminin seçimi için her iki sistemin kaba maliyeti çıkarılmalıdır. Ancak bundan sonra en iyi sistem seçilebilir.

Kadıköy-Merdivenköy şebekesi için uygulanan projede ayırık sistem kanalizasyon şebekesi uygun görülmüştür.

3.6.1. Ayırıcı sistemin tercih edildiği durumlar

1. Kullanılmış su kanallarının bir noktada toplanma mecburiyetinin olması ve yağmur suyu kanallarının çeşitli noktalarda deşarj imkanlarının bulunması halinde,
2. Kullanılmış suların terfi edilmesi gerektiğinde,
3. Düz arazilerde kanalların derinde olması ve kazı maliyetinin artması halinde,
4. Kullanılmış su kanallarının yağmur suyu kanallarından daha küçük döşenmesi gerektiğinde,
5. Drenaj alanlarının yağış sularını yüzeyden aktarabilecek derecede kısa ve dik olması halinde,
6. Zeminin kazıyı zorlaştıracak derecede sert ve kayalık olması halinde,
7. Mevcut kanalların sadece kullanılmış sular alabilecek kapasitede, fakat yağmur sularını alamayacak kadar küçük olması halinde,
8. Mali imkânların ancak kullanılmış su kanallarını inşa etmeye kafi fakat büyük çaplı bileşik kanalların inşasının yetersiz olması halinde,
9. Birleşik sistem kanal sularının binaların bodrum katlarını basma ihtimalinin fazla olması halinde tercih edilir.

BÖLÜM 4. HİDROLİK HESAP VE ŞEBEKELERİN PROJELENDİRİLMESİ

4.1. Şebekenin Projelendirilmesi

Pis su drenajı ile her türlü yerleşim yerinin ve endüstri tesisleri atıklarının uzaklaştırılması ve bunların gerektiğinde ve tercihen endüstri tesis yerinde veya sonunda herhangi bir kirletmeyi önlemek üzere toplu halde arıtılması amaçlanmaktadır [1].

Ayrı ayrı her bir kanalın hesabına girmeden önce, bütün bir sistemin ilk bir genel vaziyet planı yapılır. Pis su kanalları, her bir binaya bir bağlantı yapılabilecek şekilde sokaklara döşenirler. Tali kanalların başındaki bacalar genel olarak, son binanın cephe uzunluğu içinde ve bina kanalının yeri nazarı itibara alınmak suretiyle teşkil olunur [1].

Genel olarak kanallar, zemin eğimini takip etmeli ve pis suları, topoğrafik durum ve sokak planının müsaadesi nispetinde mümkün olduğu kadar en kısa bir yoldan mansap noktasına iletmelidir. Böylece iyi projelendirilmiş bir sistemde akım, yüzeysel akışla hemen hemen aynı yolu takip eder [1].

4.2. Şehir Planlama Çalışmaları ve İmar Planları

Bir şehrin veya yerleşim yerinin kanalizasyon projesinin hazırlanabilmesi için, o yerin önce şehir planlama çalışmalarının bitirilmiş olması ve 1/1000 ölçekli imar planlarının tamamlanmış olması gerekmektedir. Bunlar olmaksızın hazırlanacak kanalizasyon çalışmaları sadece tahminlere dayanır. Planlama çalışmaları ile imar planları da, proje hazırlanma ve uygulama safhalarında projeler dâhil güncelleştirilmelidir. Çünkü şehirler, seri büyüme ve değişiklikler kaydetmektedirler [1].

4.3. Mevcut Tesisler

Proje sahası kanalizasyon yönünden ele alındığında, şehir sahasında o güne kadar yapılmış ve pis su ile yağış sularının atılmasına yarayacak yetersiz kapalı ve açık kanallarla, pis sular için fosseptiklerin var olacağı doğaldır. Projeye başlamadan önce mevcut tesislerin röleveleri hazırlanır ve bunların yeniden ele alınarak proje açısından yararlılık ve terkedilme durumları belirlenir. Yararlı bulunanlardan tamamen uygun olanlar muhafaza edilerek ve diğerleri elden geçirilip uygun hale getirilir [1].

Kanalizasyon projesi hazırlanırken, pis su ve yağış suyu borularının yerleştirilmesinden önce mevcut içme suyu tesisleri, elektrik tesisleri, PTT tesisleri, varsa havagazı tesisleri, yollar, binaların bodrum derinlikleri, zemin cinsleri ve bunların projeleri dahil bilinmeleri gereklidir. Bu tesislerin projeleri bilinmediği takdirde arazide ölçümle rölevelerinin elde edilmesi gereklidir. Ayrıca proje sahasındaki yeraltı suyu durumu, yüksek olan yerlerde yıl içindeki değişiklikler dâhil bilinmelidir [1].

Kanalizasyon projesi hazırlanırken mevcut tesislere zarar vermeyecek plan ve kot durumları dikkate alınmalıdır. Buna ek olarak, hem yeni kanalizasyon tesislerinin inşası ve hem de bakım esnasında diğer tesislere zarar vermemek üzere bütün tesislerin işlendiği yeterli detayda projeler hazırlanmalıdır. Bu durum, diğer tesis sahiplerinin yapım ve bakım çalışmaları için de geçerlidir. Dolayısıyla bu haritalara onlar da sahip olmalı veya izinsiz ve elde doküman olmaksızın çalışmaları önlemelidir. Özetle, birinin yaptığını diğeri bozmamalıdır [1].

4.4. Hidrolik Hesaplar

Hidrolik hesabın yapılış amacı kanalizasyon borularının hem ekonomik hem de kullanım açısından en elverişli ve uygun döşeme derinliğini belirlemek, yani minimum kazı hacmini elde etmek ve kanalizasyon borularının en uygun çapını tespit etmektir.

Kanalizasyon şebekesinin hidrolik tasarımı için çok çeşitli bilgisayar programları yapılmıştır. Hesap esnasında aşağıdaki şartlar göz önünde bulundurulmalıdır:

1. Borudaki atık suyu basınçsız serbest yüzeyli, permenant ve üniform olmayan harekete sahip olmalıdır.
2. Atık su şebeke alanının başlangıcından gelecek ve alan boyunca değişmeyecektir.
3. Hesaplanmış sarfiyatı akıtmakta olan boru eğimi, çökelmeyi meydana getirmeyecek hız oluşturmaktadır.
4. Belirli hesaplanmış sarfiyatı geçirmekte olan ve belirlenmiş eğimde olan borudaki suyla doldurulmuş boru seviyesi sınırını geçmemelidir.
5. Belirli hesaplanmış sarfiyatta, eğimde ve doldurulmuş seviyesinde borudaki atık suyun hızı çökelmeyi oluşturucu derecede olmamalıdır (İnşaat Norm ve Kuralları, 1986).

Açık kanallardaki akımla ilgili teorik formüllerdeki sürtünme faktörleri hakkında kesin bilgilerin elde mevcut olmaması sebebiyle mühendisler atık su kanallarında uygun ampirik formül kullanmaya devam etmektedirler. Genellikle Kutter ve Manning formülleri bu amaçla kullanılmaktadır. Manning formülü:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} \quad (4.1)$$

Buradan, cidar pürüzlülüğü ile ilgili bir katsayı olup uygun bir değerin kabul edilmesi son derece önemlidir. Bu hususta Tablo 5.1 yardımcı olabilir. Kısmen dolu kanallarda n, su derinliği ile bir miktar değişmektedir [4].

Tablo 4.1. Kanalların Yapıldığı Malzemelere Göre N Katsayıları

Kanalın Yapıldığı Malzeme	Çok İyi	İyi	Orta	Kötü
Pişmiş kil,greseramik(sırlı)	0,010	0,012	0,014	0,017
Sırsız	0,011	0,013	0,015	0,017
Beton boru	0,012	0,013	0,015	0,016
Font boru,astarlı	0,011	0,012	0,013
Tuğladan yapılmış pis su kanalı,sırlı	0,011	0,012	0,013	0,015
Sırsız	0,012	0,013	0,015	0,017
Çelik boru,kaynaklı	0,010	0,011	0,013
Perçinli	0,013	0,015	0,017
Beton kaplamalı kanallar	0,012	0,014	0,016	0,018

4.4.1. Kısmen dolu kanallarda akım

Atık su kanallarının su derinlikleri genel olarak başlangıç mecralarında küçüktür. Çünkü kullanılan boru çapı, o mecralara atık su veren nüfus sayısına göre büyüktür. Sistemin diğer kısımlarında ise proje süresinin sonunda hesapta öngörülen debi gerçekleşir [5]. Pissu mecraları kısmen dolu aktığı kabul edilmektedir. Yeraltı suyu yüksek, yeraltı suyunun borulara girme ihtimalinin yüksek olduğu yerlerde, bina çatı atıksularının pissu kanallarına yanlışlıkla bağlanma durumlarında borunun debiye göre %50, %60 dolu aktığı diğer durumlarda da %80 dolu aktığı kabul edilerek projelendirme yapılmaktadır. Kanalların yarı dolu olarak boyutlandırılmasının sebebi; kullanılmış suların kimyasal özelliklerinden dolayı kanal kapasitesinin zamanla azalması, kullanılmış suların zamanla ayrışarak metan, sülfür gibi tehlikeli gazların oluşması, yeraltından kanala sızabilen suyun varlığı, ileride artabilecek ihtiyaca cevap verebilmesidir [3]. Debi doluluk oranı γ ile gösterilirse, sokağa dönecek borudan geçecek dolu akış debisi Q ve Q_{k1} , kanal hesap debisi bağlı olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\gamma = \left[\frac{Q_{kh}}{Q} \right] \quad (4.2)$$

$$\gamma = Q_{kh} / Q = 0,5-0,8 \quad (4.3)$$

Projelendirmede kanal % 60 dolu olacak şekilde kabul edilerek dolu akış debisi için doluluk eğrilerinden $\gamma=0.67$ olarak bulunur. Buna göre;

$$Q = \frac{Q_{kh}}{0,67} \quad (4.4)$$

$$Q \approx 1,5 Q_{kh} \quad (4.5)$$

Kısmen dolu akışta, debi ile birlikte debiyi etkileyici faktörlerden hız, ıslak kesit alanı, ıslak çevre, hidrolik yarıçap, eğim, derinlik ve sürtünme katsayısı da değişikliğe uğramaktadır. Dolu akış değerleri büyük harflerle, kısmi akış değerleri küçük harflerle tanımlandığında Manning formülüne göre hesap yapıldığında aşağıdaki bağıntılar çıkarılmıştır. Denklem 4.1 de hız yerine Manning denklemi konularak, dolu ve kısmi dolu akışlar için denklem 4.6 ve 4.7 elde edilir.

$$Q = \left(\frac{R^{2/3}}{N} \right) * J^{1/2} * A \quad (4.6)$$

$$q = \left(\frac{r^{2/3}}{n} \right) * j^{1/2} * a \quad (4.7)$$

Debilerin oranları ;

$$\frac{q}{Q} = \left[\frac{r}{R} \right]^{2/3} * \left[\frac{N}{n} \right] * \left[\frac{j}{J} \right]^{1/2} * \left[\frac{a}{A} \right] \quad (4.8)$$

Hızların oranları;

$$\frac{v}{V} = \left[\frac{r}{R} \right]^{2/3} * \left[\frac{N}{n} \right] * \left[\frac{j}{J} \right]^{1/2} \quad (4.9)$$

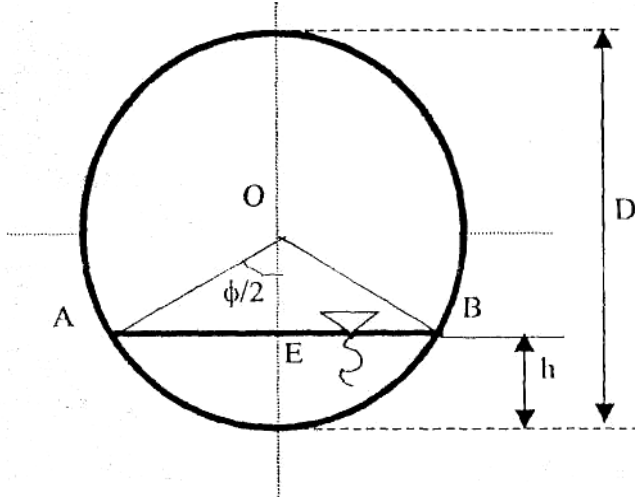
Denklem 4.6 da R hidrolik çap yerine D/4, alan A yerine $\pi D^2/4$ yazılarak ve N=n kabul ederek, dolu akan borular için Manning formülü yardımıyla denklem 4.11 den D çekilerek minimum boru çapı denklemi 4.12 elde edilir.

$$Q = \frac{1}{n} \left(\frac{D}{4} \right)^{2/3} * J^{1/2} * \frac{\pi * D^2}{4} \quad (4.10)$$

$$Q = \left[\frac{0,312}{n} \right] * \sqrt{J} * D^{8/3} \quad (4.11)$$

$$D = \left[3,205 \frac{n}{\sqrt{J}} Q \right]^{3/8} \quad (4.12)$$

Bu elemanlardan ıslak kesit alanı (a), ıslak evre (p), dolayısıyla hidrolik yarıçap (r) geometrik yani kanal kesiti ile ilgili elemanlardır. Hız (v), debi (q) ve pürüzlülük katsayısı (n) ise dinamik yani akım ile değişen elemanlardır. Daire kesitli mecraların hidrolik elemanları Φ merkez açısının veya dolayısıyla h/D derinlik oranını bir fonksiyonudur [2].



Şekil 4.1. Dolu Akan Dairesel Kesitli Mecra

Dairesel kesitli bir kanalda bilinen bir çapla diğer hidrolik elemanlar arasındaki matematiksel bağıntılar aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.1 de görüldüğü gibi AE, AB 'nin yarısı olduğundan, AE mesafesi,

$$AE = \frac{D}{2} \sin(\Phi/2) \quad (4.13)$$

$$AB = D \sin(\Phi/2) \quad (4.14)$$

$$OE = \frac{D}{2} \cos(\Phi/2) \quad (4.15)$$

OAB üçgeninin alanı yukarıdaki bağıntılardan

$$OBA = \frac{D^2}{4} \sin(\Phi/2) \cos(\Phi/2) \quad (4.16)$$

$$\frac{1}{2} \sin \Phi = \sin(\Phi/2) \cos(\Phi/2) \quad (4.17)$$

$$OAB = \frac{D^2}{8} \sin \Phi \quad (4.18)$$

Merkez açısı Φ olan daire diliminin alanı ise;

$$OAB = \Phi \frac{D^2}{8} \quad (4.19)$$

Kısmi dolu akışlı kesitte hidrolik elemanlar; kısmi kesitin alanı (a), kesitteki su derinliği (h), hidrolik yarı çap (r) değerlerinin bulunması gerekmektedir.

Akış kesit alanı;

$a = OAB$ (daire dilimi alanı)- OAB (üçgen alanı)

$$a = \frac{D^2}{8} (\Phi - \sin\Phi) \quad (4.20)$$

Su derinliği h;

$$h = \frac{D}{2} [1 - \cos(\Phi/2)] \quad (4.21)$$

Hidrolik yarıçap r ;

$$r = \frac{D}{4} [1 - (\sin\Phi)/\Phi] \quad (4.22)$$

değerleri elde edilmiş olur.

Manning formülünde, denklem 4.20 VE 4.22 yerine konularak Φ çekilirse

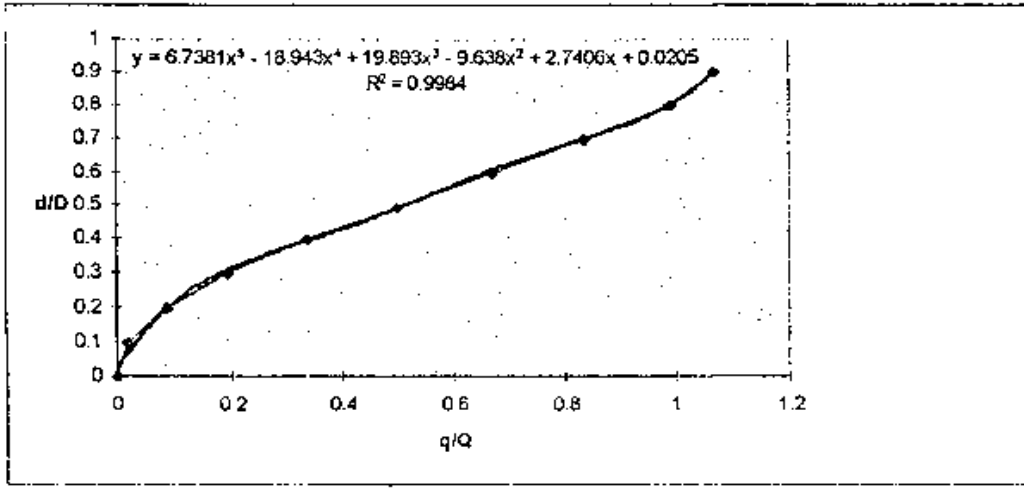
$$\Phi = \sin\Phi + \left[\frac{2}{D/2} \left[\frac{Q_{kh} * n}{D/2\sqrt{J}} \right]^{0.6} \right] * \Phi^{0.4} \quad (4.23)$$

elde edilir. Denklem 4.23 VE 4.12' nin ortak çözümlerinden Φ elde edilir. Çözümüne

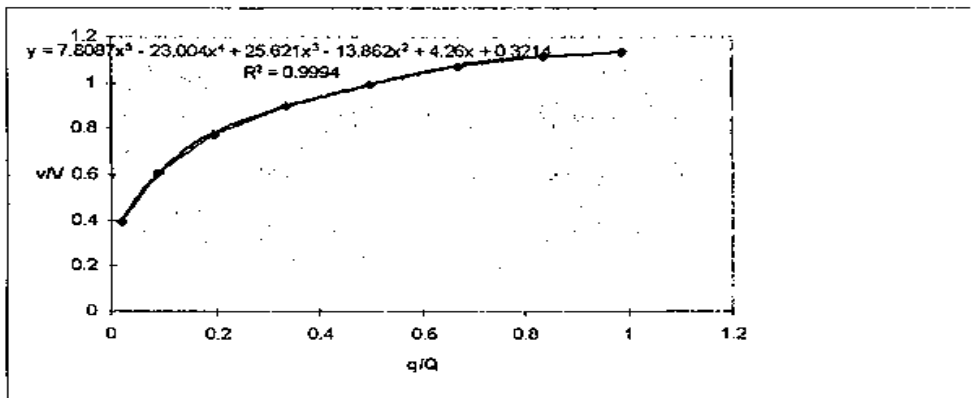
önce bir Φ değeri ile başlanır. Bu değer yukarıdaki denklemin sağ tarafına konularak yeni bir Φ_1 değeri elde edilir. Yeni değer denklemde sağ tarafa tekrar konulmak suretiyle hesaplara devam edilir.

$$\varepsilon = (\Phi - \Phi_1) / \Phi \quad (4.24)$$

4.2 deki hata yüzdesi değeri $\varepsilon = 0.001$ in altına düşüren Φ değeri bulununcaya kadar işleme devam edilir. Sonuçta bulunan Φ değeri denklem 4.21, 4.22 ve 4.23 de yerine yazılarak kısmı dolu akan kesitin akış kesit alanı, akış derinliği ve akış hızı bulunur.



Şekil 4.2. Kısmen Dolu Kanallarda Debi ve Su Yüksekliği Bağıntısı



Şekil 4.3. Kısmen Dolu Kanallarda Debi ve Hız Bağıntısı

4.5. Proje Debilerinin Hesaplanması

Boru çaplarının ve eğimlerinin hesaplanmasında kullanılacak olan proje debilerinin hesabında yerleşim alanlarından ve sanayi alanlarından gelen pik debiler ile borulara sızan yer altı suları kullanılacaktır.

Yerleşim alanlarından gelen debilerin hesaplanmasında aşağıda verilen parametreler kullanılmıştır.

- 1- havza alanı
- 2- nüfus yoğunluğu
- 3- kişi başına günlük su tüketimi

Pik Faktörler ve Pik Debiler

Hesaplanan ortalama debiler gün boyunca meydana gelen salınımlarla değişiklik göstereceğinden boruların projelendirilmesi için yeterli değildir.

Bu değişiklikler, ortalama debinin, deneyimle ve kanallardaki debinin ölçülmesiyle saptanan bir katsayı ile çarpılması yoluyla hesaba dahil edilmektedir.

Yerleşim Alanları

Yerleşim alanlarına ait pik katsayısı, projelendirilecek olan borunun membasındaki toplam nüfusun bir fonksiyonu olacaktır.

Nüfus ve pik katsayısı arasındaki ilişki şu denklemlerle ifade edilmektedir.

$$\beta = 5 / (P/1000)^{0.2} \quad (4.25)$$

Burada:

β : pik katsayısı (babbitt katsayısı)

P: nüfus

Bu formülle uç değerlere varılmaması amacıyla değeri 1,72-5 aralığında sınırlanmaktadır.

Sızma Debisi

Gün boyunca eşit bir dağılım göstermesi nedeniyle sızma debisinin pik katsayısı 1 olarak alınır. Sızma debisi kullanılan malzeme ve uygulanan işçiliklere göre değişiklik göstermektedir. İSKİ projelerinde birim alan başına düşen bir miktar debi olarak sabit bir sayı olarak alınmaktadır. Bu projede de sızma debisi olarak 0,1 litre/hektar/saniye alınmıştır.

Toplam Pik Debi

Bu durumda, verilen bir alanın toplam proje debisi şu formülle hesaplanabilmektedir.

$$QPİK = \beta * QR_{av} + 2 * 0,5 * F_{end} + 0,1 * F \quad (4.26)$$

Burada

$QPİK$: litre/saniye olarak hesaplanan pik debi

β : yerleşim alanı pik katsayısı

QR_{av} : bölgedeki yerleşim alanlarından gelen ortalama debi

F_{end} : endüstriyel alanlar

F : söz konusu boruya su gönderen alanın hektar olarak toplam yüzölçümü

Hidrolik Hesabı

Birçok denklemle debi hesabı yapılabilmektedir. Bunlar;

1-Chezy Denklemi

$$Q = C * A * (R * S)^{1/2} \quad (4.27)$$

Q= debi

C= Chezy pürüzlülük katsayısı

A= Alan

R= Hidrolik Çap

S= Eğim

2- Kutter Denklemi

$$C = \frac{k_1 + \frac{k_2}{s} + \frac{k_3}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} * \left[k_1 + \frac{k_2}{s} \right]} \quad (4.28)$$

N= Kutter pürüzlülük

$k_1 = \text{sabit}(23)$

$k_2 = \text{sabit}(0,00155)$

$k_3 = \text{sabit}(1,0)$

3-Manning Denklemi

$$C = k * \frac{R^{1/6}}{n} \quad (4.29)$$

n: Manning katsayısı

k: sabit(1)

$$Q = \frac{k}{n} * R^{2/3} * s^{1/2} * A \quad (4.30)$$

4- Darcy-Weisbach Denklemi

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (4.31)$$

hf: hidroil kayıp

f: Darcy sürtünme katsayısı

D: Boru Çapı

L: boru uzunluğu

V: akış hızı

g: yerçekimi ivmesi

$D=4*R$ ve $s = \frac{h_f}{L}$ ise $Q = V * A$

$$Q = A * \sqrt{8 * g * R * \frac{s}{f}} \quad (4.32)$$

5- Colebrook- White Denklemi

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{k}{12,0 * R} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (4.33)$$

Re: Reynolds sayısı

k: Darcy katsayısı (beton borularda= 1,5)

6- Hazn- Williams Denklemi

$$Q = k * C * A * R^{0,63} * S^{0,54} \quad (4.34)$$

C: hazen- Williams pürüzlülük katsayısı

k : sabit(0,85)

7- Prondtl – Colebrook Denklemi

$$Q_f = -0,5 * \pi * D^2 * \sqrt{(2 * g * D * J)} * \log_{10} \left(\frac{k}{3,7 * D} + \frac{2,51 * v}{D * \sqrt{12 * g * D * J}} \right) \quad (4.35)$$

Q_f = Tam kapasite debisi (m^3 / s)

g = Yer çekimi ivmesi ($9,81 m/s^2$)

D = Boru iç çapı (m)

J = Birim uzunluk başına enerji kaybı

K = Hidrolik olarak efektif boru pürüzlülüğü

Bu denklemlerden Excel tablosu ve msKanal programında Darcy/Colebrook kullanılmıştır.

Boru Çapları

Minimum boru çapı 300 mm'dir.

Boru Doluluk Oranı

Maksimum debi, borunun tam kapasitesinin %90'ını aşmamalıdır.

Hızlar

Maksimum Hız: 3,0 m/s

Minimum Hız: 0,6 m/s dir.

Örnek:

L = 19,5 m

F = ,484 ha

N = 600 kw / ha

Sulama Suyu =250 lt/g/N

P = 4,84 x 600 = 2902 kişi

$$Q_{Rav} = 2902 * 250 = \frac{725500}{86400} = 8,40 \text{ lt/sn}$$

$$\beta = \frac{5}{\left(\frac{2902}{1000}\right)^{0,2}} = 4,04$$

$$Q_{pik} = \beta \cdot Q_{Rav} + 2 * 0,5 * F_{end} + 0,1 * F$$

$$Q_{pik} = 4,04 * 8,4 + 2*0,5*0 + 0,1 * 4,84$$

$$Q_{pik} = 34,41$$

Zemin Kotları 1 no'lu baca = 34,55

2 no'lu baca = 34,10

Toprak örtü kalınlığı = 3 m

Kanal Akar Kotları 1 no'lu baca = 31,55

2 no'lu baca = 31,10

$$J = \frac{19,5}{(31,55 - 31,10)} = 43,33$$

Boru çapı = 300 mm seçildi

$k = 0,0015$ m (beton borular için)

$$v = 1,141 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Q_f = -0,5 * \pi * (0,3)^2 * \sqrt{(2 * 9,81 * 0,3 * (1 : 43,3)) * \log \left(\frac{0,0015}{3,7 * 0,3} + \frac{2,51 * 1,141 * 10^{-6}}{0,3 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,3 * 1 : 43,3}} \right)}$$

$$Q_f = 0,14901 \text{ m}^3/\text{sn} = 149,01 \text{ lt/sn}$$

$$V = \frac{0,14901}{\pi \cdot \left(\frac{0,3}{2}\right)^2} = 2,11 \text{ m/sn}$$

$$\text{Debi oranı} = \frac{34,41}{149,01} = 0,23 < 0,5 \text{ sağlıyor.}$$

4.6. Kanal Boy Kesitlerinin Geçirilmesi

Kanal boy kesitleri önceden tespit edilen kriterlere göre geçirilip boyutlandırılmalıdır. Bu kriterler; minimum ve maksimum eğimler, kanal derinlikleri düşüm yükseklikleri, iki baca arasındaki mesafedir. Genellikle düşüm yüksekliği 2.0 m yi geçmeyecek şekilde tespit edilir. İstisnai durumlarda yerel şartlarda uygun ise 4.0 m ye kadar şut yüksekliği kabul edilebilir. Verilen d_{\min} ve d_{\max} derinlikleri, kanal sırtı ile cadde (zemin) yüzeyi arasındaki minimum ve maksimum mesafeyi gösterir. Alınabilecek kanal hendeğinin maksimum derinliği, zemin durumu ve ekonomik

şartlar sınırlandırır. Aynı zamanda bu derinlik bina temel durumlarına da bağlıdır. Düz yerlerde geoteknik problemler olmasa bile, pompaj ile kazı maliyetleri arasındaki fiyat karşılaştırılarak maksimum hendek derinliği ortaya çıkar. Ortalama olarak maksimum hendek derinliği 5.0 m ile 6.0 m dir. Örneğin İski yönetmeliğinde 3.0 m çaplı bir atık su kanal için bu derinlik 5.7 m olarak verilmiştir. Bu halde bağlantı kanalı için 3.0 m çaplı kanalın sırtı üzerindeki dolgu 2.7 m olup bodrumlu binaların drenajı için düşünülmüş bir değerdir [5].

Cadde ve sokaklara döşenen kanalların boykesiti Şekil 4.4 de gösterilmiştir

d_1 = üst bacadaki (rögardaki) zemin ile mecra iç sırtı arasındaki kot farkı (m)

d_2 = Alt bacadaki mecra sırtı derinliği (m)

L_1 = Bacalar arası mesafe (m)

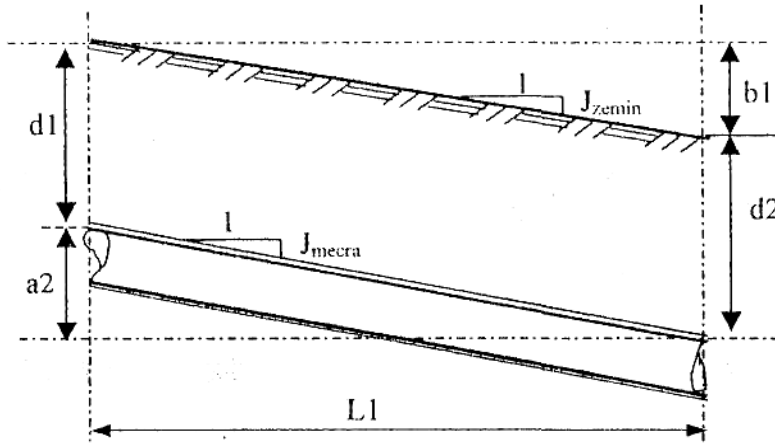
a_2 = Boru sırt veya taban seviyesindeki alçalma. $a_2 = L_1 J_m$ (m)

b_1 = Zemin seviyesindeki alçalma. $b_1 = L_1 J_z$ (m)

$$d_1 + a_2 = d_2 + b_1$$

$$d_1 + L_1 J_m = d_2 + L_1 J_z$$

Buradan; $d_2 - d_1 = L_1 (J_m - J_z)$ olur



Şekil 4.4. Kanal Boy Kesitinin Geçirilmesi

Mecra Profili tespit edilirken normal olarak bilinen bir kottan veya kotlardan başlayarak yukarı veya aşağıya doğru devam edilir [2]. Proje kriterleri arasında verilmesi gereken bir değer de iki baca arasındaki müsaade edilen maksimum mesafedir. Bacaları daha sık yapmak süratiyle, bir çok hallerde kazı hacmini azaltmak mümkündür. Fakat kazı maliyetinden yapılacak tasarrufun, ilave baca yapımında harcanacak maliyetle karşılaştırılması gerekir. Kanal boy kesitleri geçirilip eğimler tespit edildikten sonra kanallara çap verilir. Hesaplar sırasında dikkat edilecek husus boru çaplarının kanal ağı boyunca artması veya aynı kalması gerekir [5]. Bacalar arası mesafeler kullanılan mecra çaplarına göre değişmektedir. Bu değerler Tablo 4.2. de verilmiştir. Baca mesafelerinin belirlenmesinde belediyelerin elindeki temizleme aletlerinin boy yönünden kapasitesi önemlidir. Eğer giriş çıkış mecraları aynı çaplı ise, düz kısımlardaki çıkış borusu tabanı girişinkinden 30 mm kadar aşağıya düşer [3].

Tablo 4.2. Mecra Çapına Göre Maksimum Baca Arası Mesafeleri

Mecra Çapı (mm)	Bacalar Arası Maksimum Mesafe (m)
200-550	50
600-800	70
900-1400	100
1400 den büyük ise	125-150

4.7. Kanal Eğimlerinin Belirlenmesi

Kanalların içinde çökme' olmaması ve kanalın aşınmasına sebep olmayacak minimum ve maksimum hızları elde edecek eğimler projelendirme için önemlidir. Mecralara verilecek eğimler konusunda, asgari, azami hız ve pis suyun asgari derinlik şartı göz önünde tutularak Tablo 4.3 de çapa göre öngörülen eğimler alınabilir [5].

Kanal eğimleri öngörülen bütün bağlantıların suyunu alacak ve en az masraf gerektirecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Kanal eğimleri minimum ve maksimum eğim şartlarını her zaman sağlamalıdır. Kanal ağının geçirilmesinde eğim konusunda, J_{zemin} = zemin eğimi, J_{mecra} = mecra eğimini göstermek üzere aşağıdaki durumlarla karşılaştırılır [6].

Tablo 4.3. Mecra Çaplarına Göre Alınması Gereken Eğimler

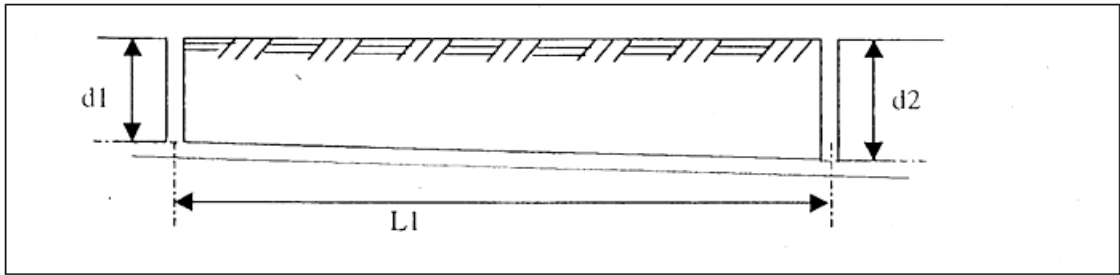
Mecralar	Asgari Eğim	Azami Eğim		En Müsait Eğim	Doluluk Oranı
		Normal	İstisnai		
Ev bağlantıları, Ø15cm	1:100	1:15	1:7	1:50	-
Başl. Mecraları, Ø20cm Ø30cm	1:300	1:15	1:7	1.50-1:150	%40 %50
Tali Mecralar, Ø35cm Ø60cm	1:500	1:25	1:15	1:100-1:200	%60
Ana Mecralar, Ø65cm 100cm	1:1000	1:50	-	1:200-1:500	%60 %70
Ana Kolektörler, Ø100cm Ø200cm	1:3000	1:75	-	1:300-1:750	%80

Durum 1 :

$$J_{ze\ min} = 0 < J_{\min\ imum} ; d_1 = d_{\min} \text{ ise;}$$

$$J_{mecra} = J_{\min\ imum} \text{ seçilir.}$$

$d_2 > d_{\min}$ olur. Bu durum aşağıdaki Şekil 4.5 de verilmiştir.



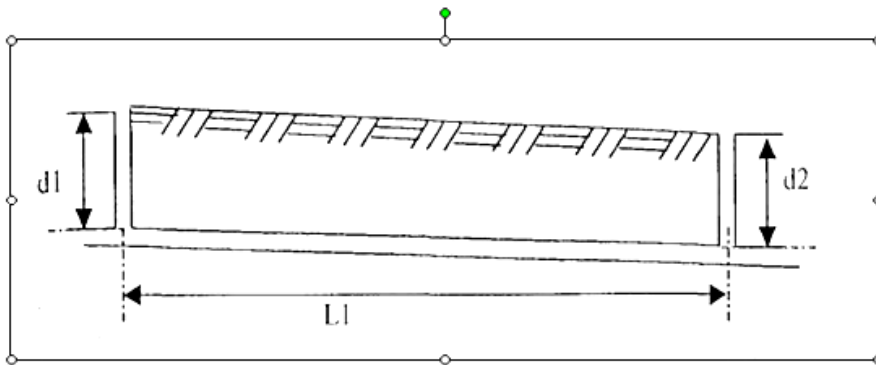
Şekil 4.5. $J_{ze\ min} = 0$ ve $J_{mecra} = J_{\min\ imum}$ Durumu

Durum II :

$$J_{ze\ min} = J_{\min\ imum} ; d_1 = d_{\min} \text{ ise;}$$

$$J_{mecra} = J_{\min\ imum} \text{ seçilir.}$$

$d_2 = d_{\min}$, dolayısıyla $d_2 = d_1$ olur. Bu durum aşağıdaki Şekil 4.6 de verilmiştir.



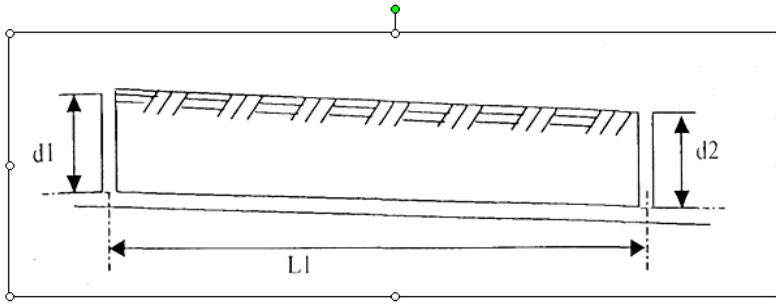
Şekil 4.6. $J_{ze\ min} = J_{\min\ imum}$, $J_{mecra} = J_{\min\ imum}$ Durumu

Durum III :

$J_{ze\ min} < 0$ Ters eğim ; $d_1 = d_{\min}$ ise

$J_{mecra} = J_{\min imum}$ seçilir.

$d_2 < d_{\max}$ olur. Bu durum aşağıdaki Şekil 4.7 de verilmiştir.



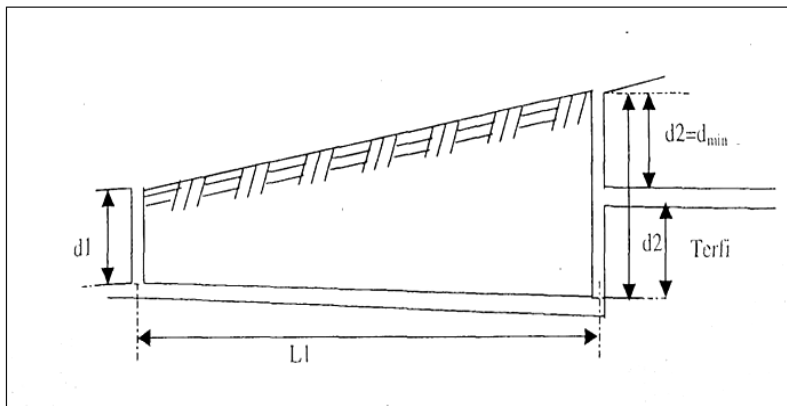
Şekil 4.7. $J_{zemin} = J_{\text{Minimum}}$, $J_{Mecra} = J_{\text{Minimum}}$ Durumu

$J_{ze\ min} < 0$ Ters eğim ; $d_1 = d_{\min}$ ise

$J_{mecra} = J_{\min imum}$ seçilir.

$d_2 > d_{\max}$ olması durumunda $d_2 = d_{\min}$ yapılır. Eğer $d_2 > d_{\max}$ ise terfi yapılması gerekir.

Pompaj= $d_2 - d_{\min}$. Bu durum Şekil 4.8 da gösterilmiştir.



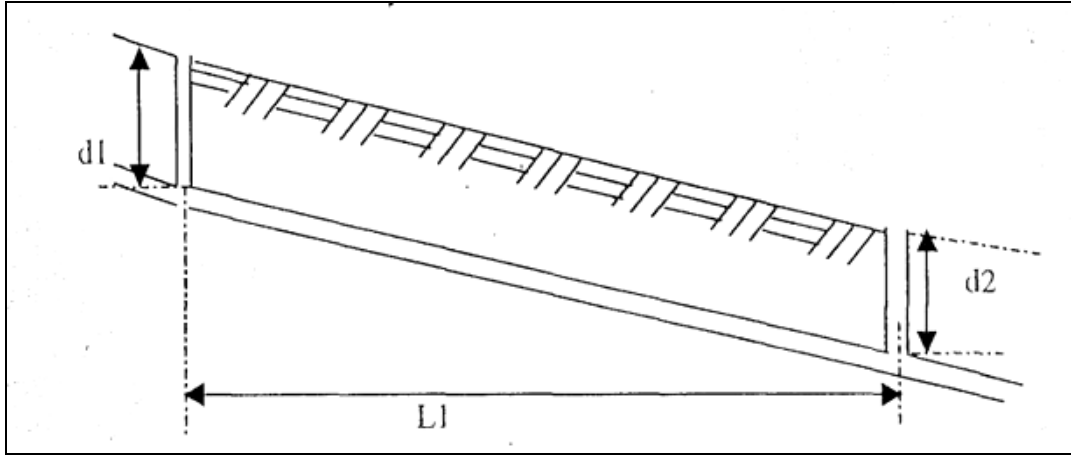
Şekil 4.8. $J_{zemin} < 0$, $J_{Mecra} = J_{\text{Minimum}}$ Pompaj Durumu

Durum IV:

$$J_{ze\ min} = J_{maksimum} ; d_1 = d_{\min} \text{ ise ;}$$

$J_{mecra} = J_{maksimum}$ seçilir. Bu durum şekil 4.9 da gösterilmiştir.

$d_2 = d_1$ olur.



Şekil 4.9. $J_{zemin} = J_{Maksimum}$, $J_{Mecra} = J_{Maksimum}$ Durumu

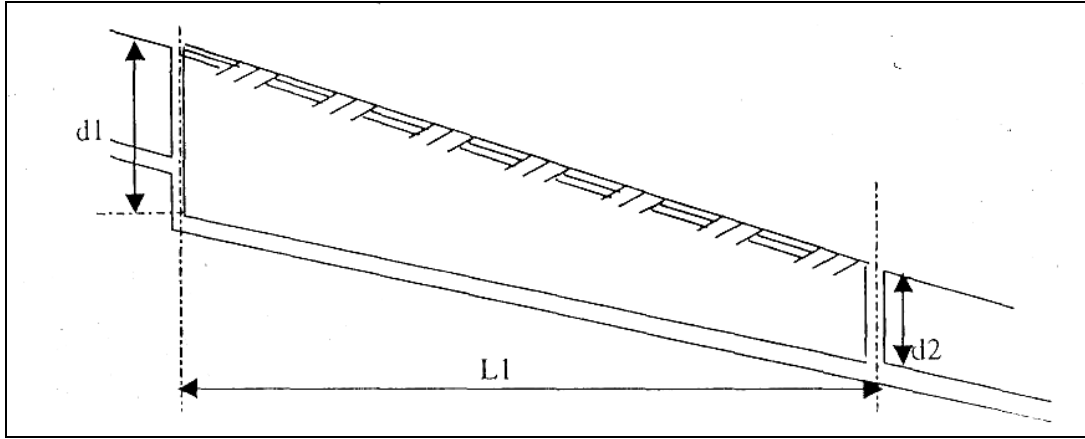
Durum V:

$$J_{ze\ min} = J_{maksimum} ; d_1 = \Delta H/2 + d_{\min} \text{ ise;}$$

$J_{mecra} = J_{maksimum}$ seçilir. AH kadar düşüm yapılır. Bulunan bu düşüm değerinin yarısı d_1 eklenir.

$$\Delta H = L_1 * (J_{ze\ min} - J_{maksimum})$$

$d_2 = d_{\min}$ olur. Bu durum şekil 4.10 da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. $J_{zemin} > J_{Maksimum}$, $J_{Mecra} = J_{Maksimum}$ Durumu

4.8. Maksimum ve Minimum Akış Hızları

Mecralarda kullanılmış su kanalları için $D_{min}=20$ cm için $V_{min}=0.4-0.5$ m/sn, yağmur suyu için $D_{min}=25-30$ cm için $V_{min}=0.5$ m/sn, birleşik sistem kanallarında $D_{min}=30$ cm için $V_{min}=0.3-0.5$ m/sn olarak minimum hız şartları vardır [2].

Hız yukarıda verilen minimum değerlerin altında kaldığı zaman boru içinde katı maddelerin çökmesi ve tıkanmalar olur; bu birikimler kokuşur, etrafı rahatsız eder, H_2S açığa çıkarak korozyonu hızlandırır. Hızlar minimum değerinin üzerine çıkarılmadığı zaman kanalın başına yıkama bacası konur.

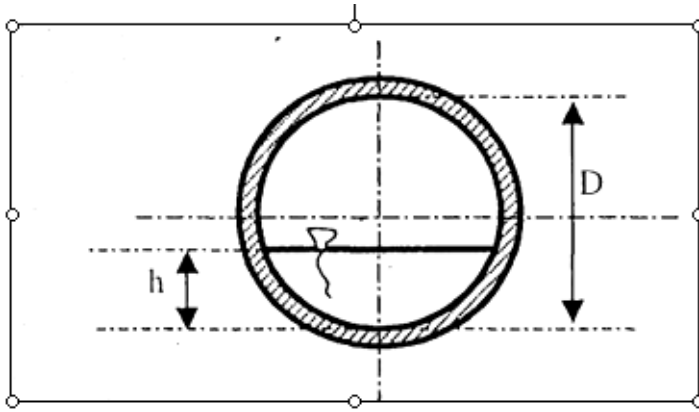
Kullanılmış su kanalları için $V_{max}=2.5-3.0$ m/sn, yağmur suyu ve birleşik sistem kanalizasyon şebekelerinde ise $V_{max}=5-6$ m/sn olarak kabul edilmiştir [2].

Maksimum hızlar borunun yapılmış olduğu malzemeye de bağlıdır. Beton ve betonarme borularda 5 m/sn, pişmiş kil (seramik) borularda 6 m/sn olarak alınabilir. Boru yapımında kullanılan malzeme kalitesinin artmasına bağlı olarak kanal içerisinde akımın yüksek hızlarda gerçekleşmesinin çok fazla zararı olmamaktadır.

Özel durumlarda yağmur suyunda ve kullanılmış su şebekelerinde, $V_{max} = 10$ m/sn alınabilir. Hızın fazla olması, sürüklenen katı maddeler tarafından borunun aşınmasına sebep olur ve bu nedenle hızlar V_{min} ve V_{max} arasında kalması sağlanır [2].

4.9. Minimum Su Derinliği

Minimum su derinliği birleşik sistem ve kullanılmış su şebekelerinde kaba pisliklerin dibe cöküp kalmaması, yüzerek sürüklenebilmesi için 20 mm den az olmamalıdır. Bazı kaynaklarda bu derinlik $h > D/10$ olarak verilmektedir. Kullanılmış su mecralarında su derinliği en az cıapın %10 kadar olmalıdır. Aşağıdaki şekil 4.11 de gösterilmiştir.



şekil 4.11. Kesitteki Minimum Su Derinliği

h = su derinliği (cm)

D = Boru cıapı (cm)

BÖLÜM 5. UYGULAMA

5.1. Uygulamanın Amacı

Uygulama çalışmasında Kadıköy ilçesinin Merdivenköy mahallesinde atıksu kanalizasyon şebekelerinin hidrolik hesabı ve şebekelerin aplikasyonu yapılmıştır. Seçilen bölge üzerinde gerçekleştirilen bu uygulamanın amacı, atıksu ve yağmursuyu için tek alıcı olan Kurbağalıdere' ye olan atıksu deşarjını önlemek, bölgenin atıksu sorununu ve sık sık yaşanan yağmursuyu taşkın problemini çözmektir.

Uygulamanın teorik çerçevesini atıksu şebekelerinin hidrolik hesabı oluşturmaktadır.

Bu tezdeki uygulamada bölgedeki nüfus yoğunluğuna göre hesaplanan atıksu debisine göre kullanılacak boru çapları ve bölgenin yol durumuna göre bu boruların hangi kotta döşeneceği gösterilmiştir.

5.2. Metodoloji

Günümüzde her türlü mühendislik problemlerinin çözümünde ve dizaynında bilgisayar teknolojilerinden yararlanmak kaçınılmaz olmuştur. Bilgisayar destekli tasarım sonuçları kısa sürede daha hassas daha az hata yapma olasılığı, program çıktılarının daha anlaşılır ve düzenli olması ile alternatif çözümleri daha kısa sürede incelenmesine yardımcı olmaktadır. Atıksu şebeke bağlantılarının bilgisayar destekli çözümü, İSKİ'nin kullandığı Excel tablosu, msKanal programı ve Sewercad ile çözülmüştür.

5.3. Araştırma ve Sonuçlar

Bu araştırmada Kadıköy- Merdivenköy mahallesindeki nüfus, bu nüfusa göre kullanılan atıksu debisi, bu debiye göre kullanılacak boru çapı, bu boruların İller

Bankası Yönetmeliğindeki şartları sağlayacak kotlara göre döşenmesi, bu borulardan geçecek atıksuyun hızı ve doluluk oranı bulunmuştur. İller Bankası Yönetmeliğindeki kriterler; hız için 0,6-3 m/sn arasında olmasını, doluluk oranının %90'ı geçmemesini, debi oranının 0,5'den fazla olmamasını gerektirir [7].

5.3.1. Excel tablosu ile çözüm

Kadıköy Merdivenköy mahallesi eğim kriteri baz alınarak 12 bölgeye ayrılmıştır. Daha sonra bu alanlarda yaşayan kişi sayısı bulunup debi hesabı oradan da boru çapı belirlenmiştir. Ek 1 e bakıldığında hesap tablosu görülmektedir ve buna göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmektedir.

1,2,6,8,9 ve 10 bölgelerde yapılan hesaplarda sırasıyla 30 cm'lik 40 cm'lik ve 50 cm'lik boru çapları kullanılmıştır. Ancak bu değerler doğrultusunda bazılarında olması gereken eğimden (İller Bankası Yönetmeliğine göre) fazla ve az çıktığı bazılarında debi oranın 0,5'i aştığı bazılarında doluluk oranın %90 geçtiği ve bazılarında da hızın 0,6-3 m/sn aralığında çıkmadığı görüldüğünden bu boru çapları kullanılmamıştır. Daha sonra 70 cm'lik boru kullanılmıştır ve bu çapa göre debi oranın 0,5 den az çıktığı, hız oranın 0,6-3 m/sn arası çıktığı ve eğim şartlarının sağlandığı görülmüş olup, bu bölgelerde 70 cm boru çapı kullanılmıştır.

3. ve 5. bölgelerde de iterasyon yapılmış ve 60 cm'lik boru çapı kullanılarak olması gereken değerler sağlanmıştır. Burada hız yaklaşık 2,2 m/sn civarlarında çıkmış ve İller Bankası Yönetmeliğine göre olması gereken 0,6-3 m/sn aralığını sağlamıştır. Debi oranı 0,1-0,3 arası çıkmış olup 0,5'i geçmemiştir. Doluluk oranı da %23 ile %38 arası çıkmış olup %90'ı geçmemiştir. Bu çapta kullandığımız eğim 1/26 ila 1/73 arası çıkmış olup İller Bankası Yönetmeliğindeki eğim şartlarını sağlamıştır.

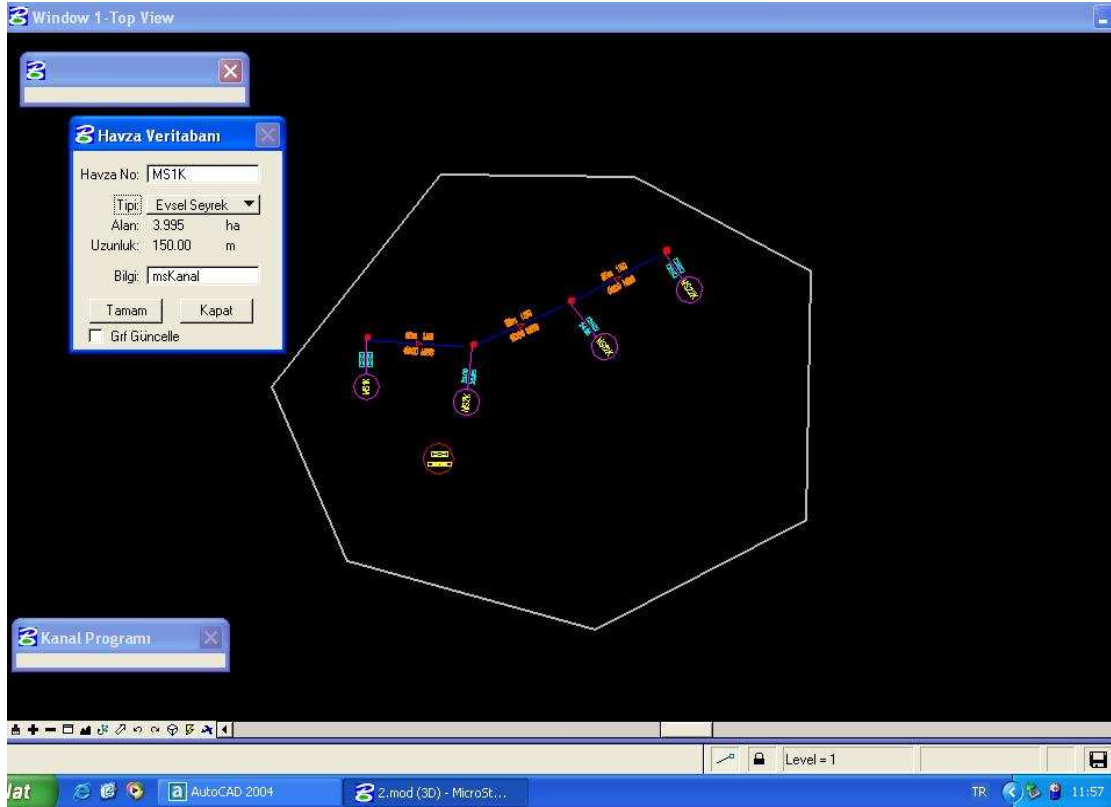
4,7,11 ve 12. bölgelerde 30 cm'lik boru çapı kullanılmıştır ve buna göre hesap yapıldığında hızın, debi oranın, eğimin ve doluluk oranının İller Bankası Yönetmeliğindeki kriterlere uyduğu görülmüştür. Burada hızın 1,5 ila 2,9 arası, doluluk oranının 0,4-0,5 arası ve debi oranının da 0,1-0,49 arası değiştiği görülmüştür.

5.3.2. msKanal programı ile çözüm

msKanal, Bentley firmasının geliştirdiği Microstation programının altında çalışan, tamamen MDL(MicroStation Development Language) uygulaması olan MicroStation'ın CAD yapısını kullanarak görsel tasarım, hesap ve rapor işlemlerinin aynı ortamda yapıldığı güçlü bir atıksu ve yağmursuyu çizim ve proje programıdır.

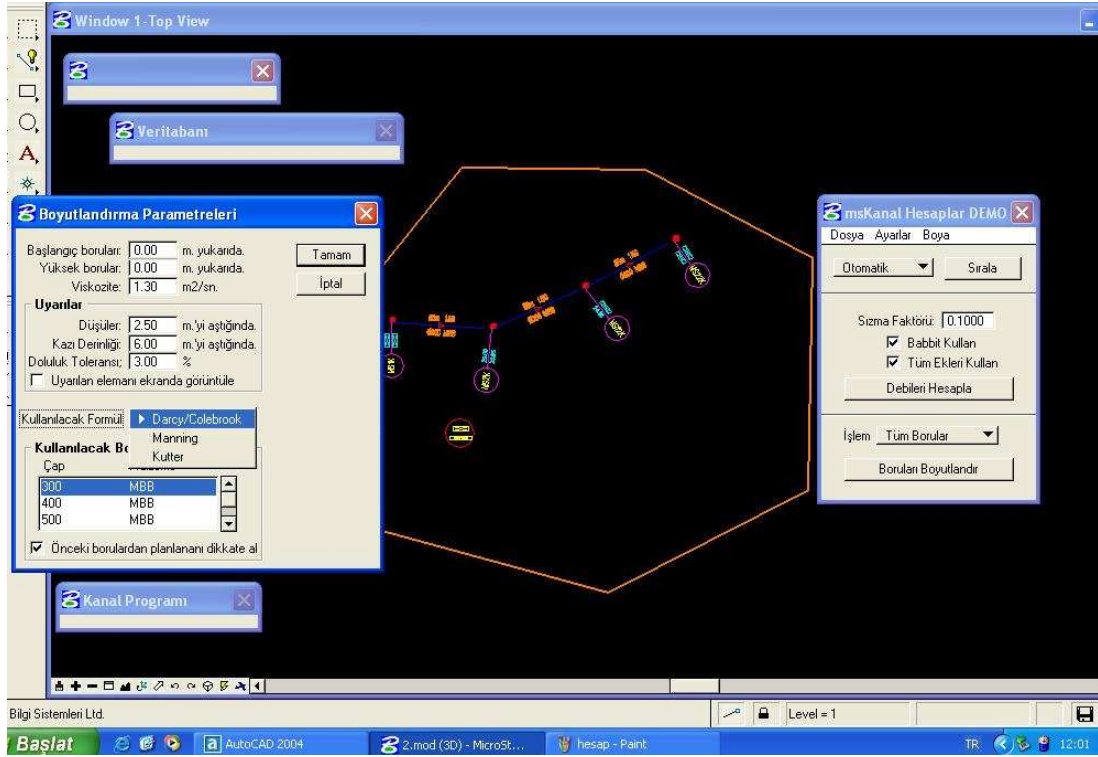
Bu programda projelendirilmeye başlanırken ilk önce projesini yapacağımız bölge data olarak programa girilerek eğim şartlarını daha yüksekte daha alçağa gösterecek şekilde bir modüllüme yapılır. Ek 2 ye baktığımızda bölgedeki kotların ne şekilde değiştiği renklendirme olarak bize verilmiştir. Buna göre havzayı akarlara göre bölerken bu renklendirmeden yararlanır. Buna ilave olarak bölgenin halihazır data olarak girilerek hangi evin nereye atık suyu gideceği ok işaretleriyle gösterilir. Ek 3 e baktığımızda hangi evin nereye atık su vereceği net olarak belirlenmiştir.

Hidrolik hesaba başlanırken ilk önce bölgede kanal eğrileri çizilir ve istenilen yere bacalar bırakılır. Daha sonra Ek 2 ye göre havzalar belirlenir. Daha sonra bu havzanın şekil 5.1 de de göreceğimiz üzere havzanın nüfusa göre durumu girilir.

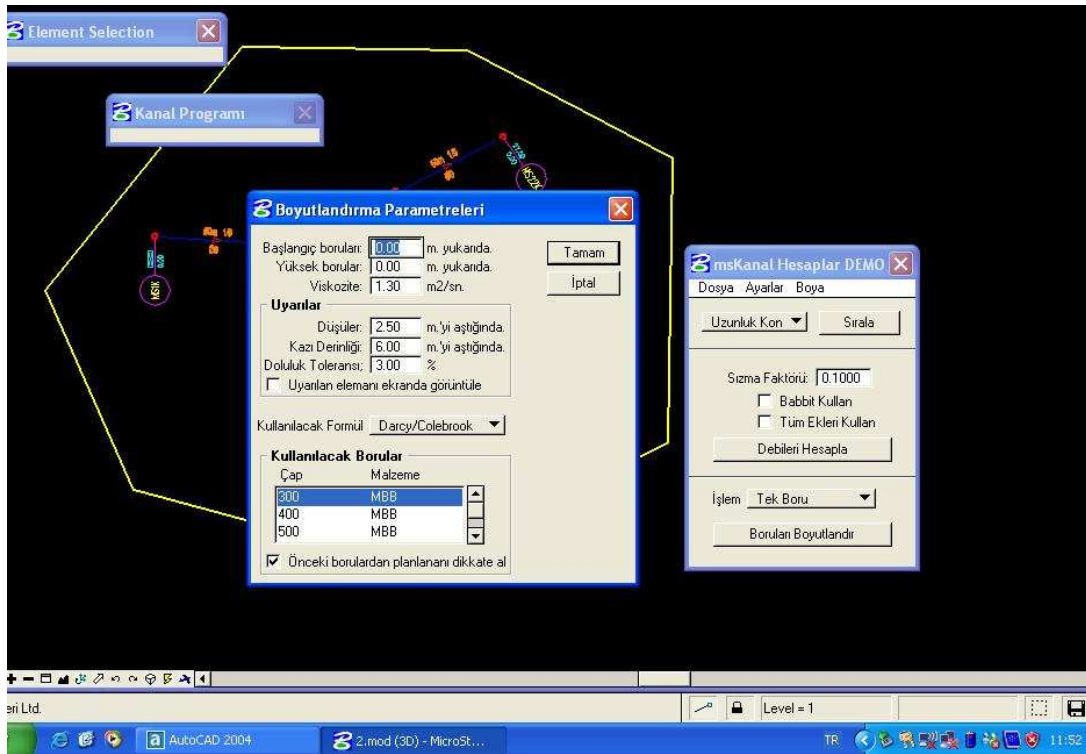


Şekil 5.1. Havza Özellikleri

Daha sonra bu havzada hidrolik hesabı yaparken hangi parametreler göz önüne alınacak onlar girilir. Bu parametreler, bu hidrolik hesabı yaparken kullanacağımız boru çapları ve hangi derinlikler arası çalışılacağı ve hangi formülü kullanacağımızdır. msKanal programı hidrolik hesap yaparken 3 formülden yararlanır. Bunlar Darcy/Colebrook, Manning ve Kutter formülleridir. Şekil 5.2 ve 5.3 de görüldüğü gibi bütün parametreler girilip debi hesabı yapılmıştır.

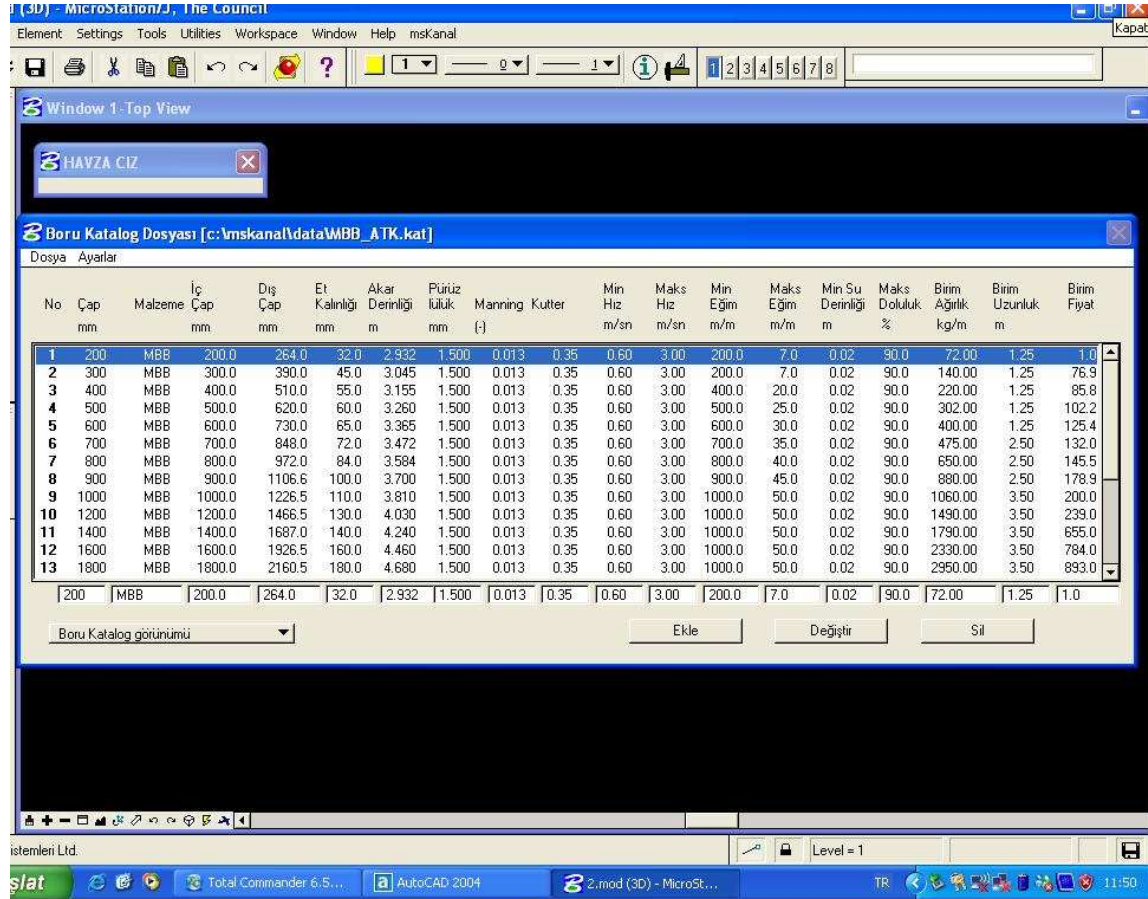


Şekil 5.2. Boyutlandırma Parametreleri



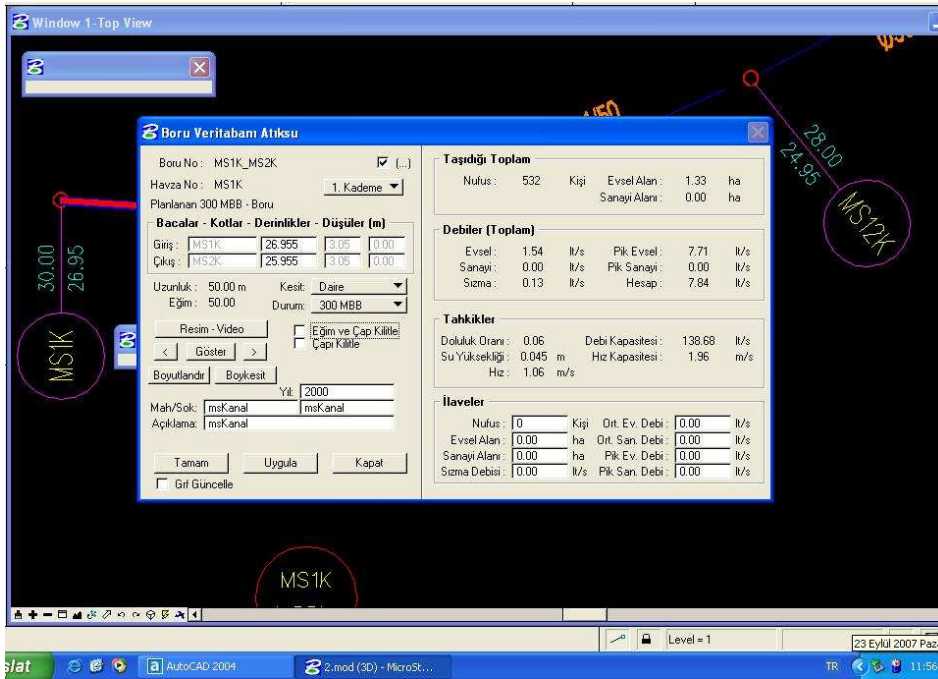
Şekil 5.3. Debi Hesaplama

msKanal programı bünyesinde İller Bankası yöneltmeliğindeki şartları kabul eder. Şekil 5.4 da gördüğümüz gibi katalog görülmektedir ama bu programın özelliği bu katalog üzerinde değişikliğin yapılabilmesidir. Bu program debi hesabını yaparken girdiğimiz parametrelere göre bu katalogdaki şartları sağlayacak şekilde hesaplanır.

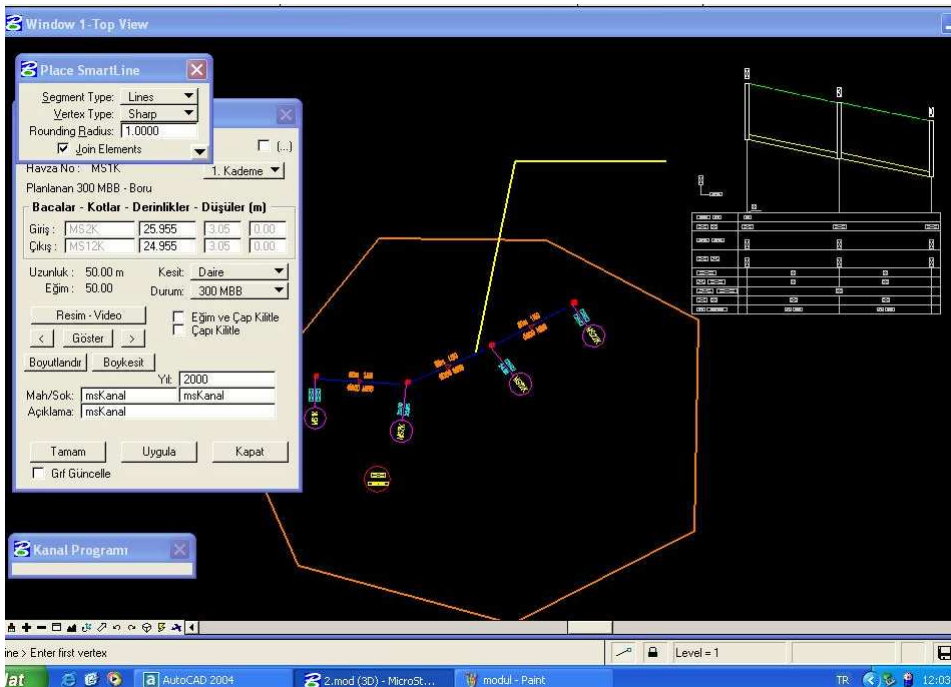


Şekil 5.4. Katalog

EK 2 ye baktığımızda hesaplanan değerler görünmektedir. Daha sonra şekil 5.5 e baktığımızda yapılan hesaptan sonra bu hattın bütün özelliklerini görebilir ve istenildiği gibi değişiklik yapabilirsiniz. Örneğin bizim projemizde 4 ve 5 no'lu bacalar arası ters eğim olduğundan program boru çapını 300 mm den 700 mm ye atmıştır fakat biz ekonomik açıdan baktığımızda boru çapı artırma yerine aynı çapı kullanarak kazıyı derinleştirerek hesabı yapmışızdır. Daha sonra şekil 5.6 da da gördüğümüz gibi projemizin boykesiti çıkarılır.



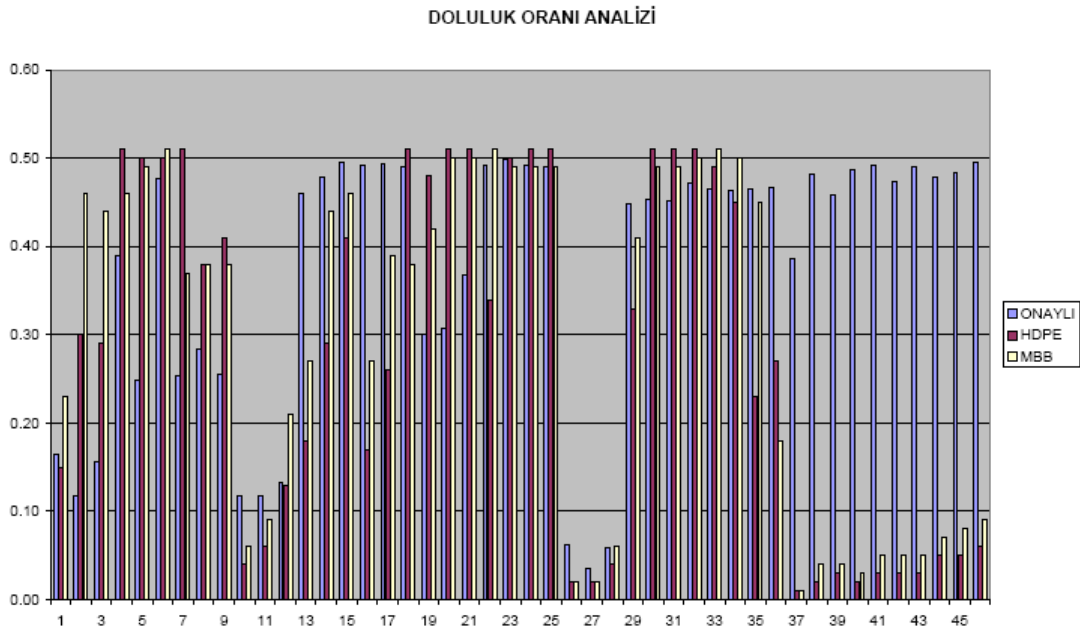
Şekil 5.5. Boru Data



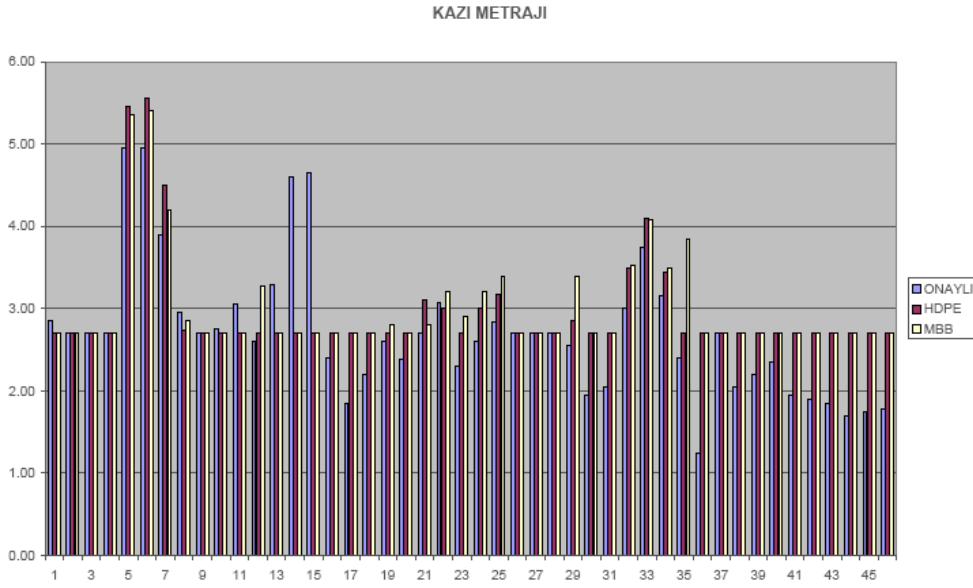
Şekil 5.6. Boykesit

msKanal programının özelliği ister kullanmak istediğiniz boru çapı ve debi sabit alınıp buna göre döşemeyi yapacağınız eğim hesaplanır veya eğime göre debi ve boru çapı hesaplanır. msKanal programı İSKİ'nin kullandığı Excel tablosuna göre daha

doğru sonuçlar verir çünkü Excel tablosunda çoğu parametre sabit kabul edilir veya değerler yuvarlanır ve hesabın üzerinde değişiklik yapma şansınız azdır. msKanal ile yaptığımız projeye baktığımızda bulduğumuz bütün değerlerin şartnamedeki değerleri sağladığı ve Excel tablosundaki hesaba göre daha ekonomik olduğu görülmüştür. Bu projeyi yaparken hem muflu boru hem de HDPE boruya göre hesap yapılmıştır. Bu hesapları Ek 4 ve Ek5'te görmekteyiz muflu boru ve :HDPE boruyu karşılaştırdığımızda dayanıklılık ve çap olarak HDPE boru avantajlı gözükse de maliyet açısından muflu boru daha avantajlıdır. Şekil 5.7 ve 5.8 de msKanal ile Excel tablosu arasında kazı metrajı ve doluluk oranına göre karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 5.7. Doluluk Oranı Kıyaslama

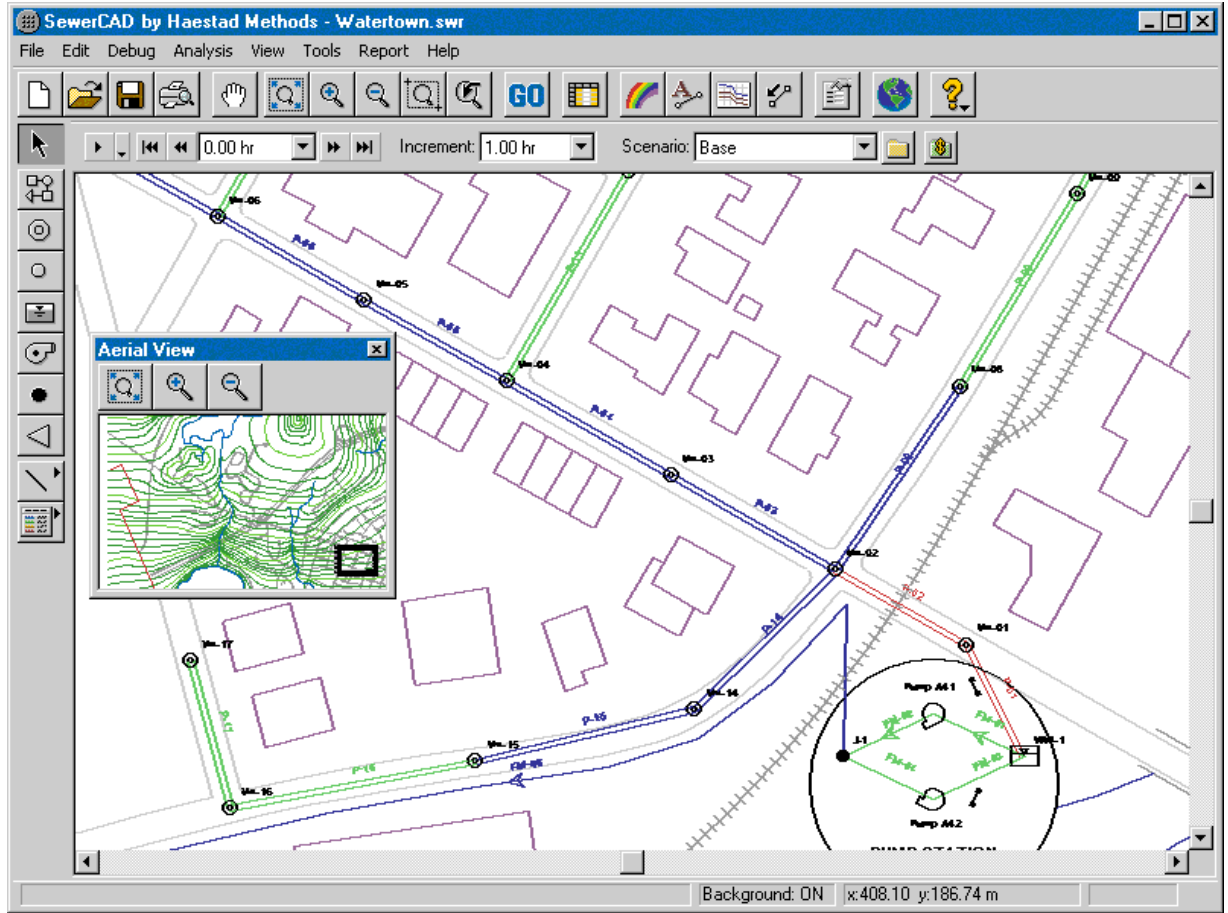


Şekil 5.8. Kazı Metrajı Kıyaslama

5.3. 3. SewerCAD ile çözüm

SewerCad uluslararası program olup kanalizasyon sistemlerinin dizaynını ve analizini yapar. Hesabı msKanal a göre daha hassastır ama uluslararası bir program olduğundan Türkiye'deki yöneltmelikteki şartları göz önüne almaz. Biz bu projede sewercad ile hidrolik hesap yapıp msKanal ile karşılaştırdık. Ek 6 e baktığımızda sewercad ile msKanal arasında değerlerde çok bir fark olmadığı görülmüştür.

SewerCad ile hidrolik hesabı şu şekilde yapılmaktadır.



Aerial view penceresinde genel havzası görünen bir proje altlığında mavi (mevcut) ve yeşil (planlanan) atıksu hatları görülmektedir. Sewercad in ana ekranı bu görünümdeydir.

Menhole ait data giriş ekranından menhole ait karakteristik bilgiler girilmektedir. Bunlar elevasyonel, dizaynsal ve maliyet bilgileri gibi değerlerdir. Bacaya ait koordinat bilgileri de burada yer almaktadır.

Bu kısımda kurumun şartnamesine uygun max. ve min. hız, derinlik ve eğim bilgileri girilmektedir.

The image shows a software window titled "Manhole: MH-1" with several tabs: General, Headlosses, Diversion, Loading, Design, Cost, User Data, and Messages. The "Loading" tab is active. The main window displays "Sanitary (Dry/Weather) Flow" with a list containing "Apartment: 2000.0 resident" and an "Add..." button. Below this is an "Inflow" section with a "Known Flow" input field set to "0.00 l/d".

A "Base Load" dialog box is open in the foreground. It contains the following fields and values:

- Base Load
- Unit Sanitary (Dry Weather) Load: Apartment
- Loading Unit Count: 2,000.00
- Sanitary Unit Load Units: resident
- Unit Load: 260.00 l/d
- Base Load: 520,000.00 l/d

The dialog box has "OK", "Cancel", and "Help" buttons. The main window also has "OK", "Cancel", "Report", and "Help" buttons at the bottom, along with a "0.00 hr" field and navigation icons.

Menhollere ait veriler girildikten sonra havzalara ait yüklerin verilebilmesi için temel yükler kısmından havza tipi seçilmektedir. Burada litre/gün olacak şekilde debiler belirlenmektedir.

Extreme Flow Setup

Used Loads | Unused Loads

Extreme Flow Setup Table
Label:

Extreme Flow Setup Table

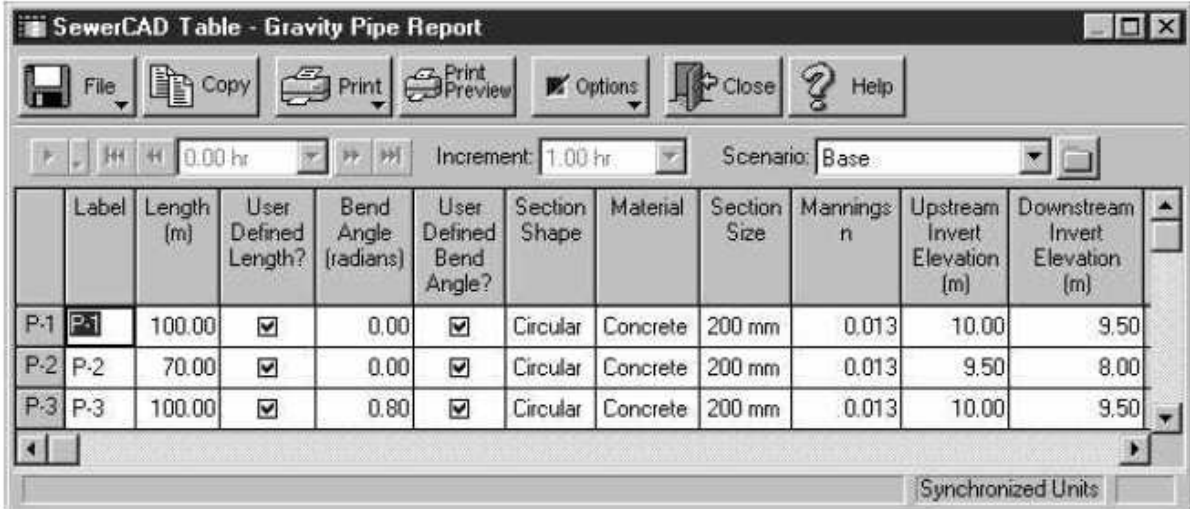
	Unit Load	Loading Unit Type	Extreme Flow Method	Constant	Adjustment Multiplier
1	Apartment	Population	Babbitt	N/A	1.00
2	Home (Average)	Population	Babbitt	N/A	1.00
3	Home (Better)	Population	Babbitt	N/A	1.00
4	Hotel (Residential)	Population	Babbitt	N/A	1.00
5	Resort	Population	Babbitt	N/A	1.00
6	School (Medium)	Population	Babbitt	N/A	1.00

OK Cancel Report Help

Bu debiler için karakteristik bilgiler bu menüden girilmektedir. Babbitt ekleri havza tipine göre de değişebilmektedir.

Gravity Pipe	Length (m)	Bend Angle (radians)	Section Shape	Material	Section Size	Upstream Invert Elevation (m)	Downstream Invert Elevation (m)
P-1	100	0	Circular	Concrete	200 mm	10	9.5
P-2	70	0	Circular	Concrete	200 mm	9.5	9.1
P-3	100	0.8	Circular	Concrete	200 mm	10	9.5

Boru katalog dosyası ve borulamaya ait temel bilgiler yukarıdaki text sisteminde girilmekte ve program bunu otomatik olarak okuyabilmektedir. Tablonun sütun başlıklarından hangi bilgileri girebileceğimizi görebilmekteyiz.

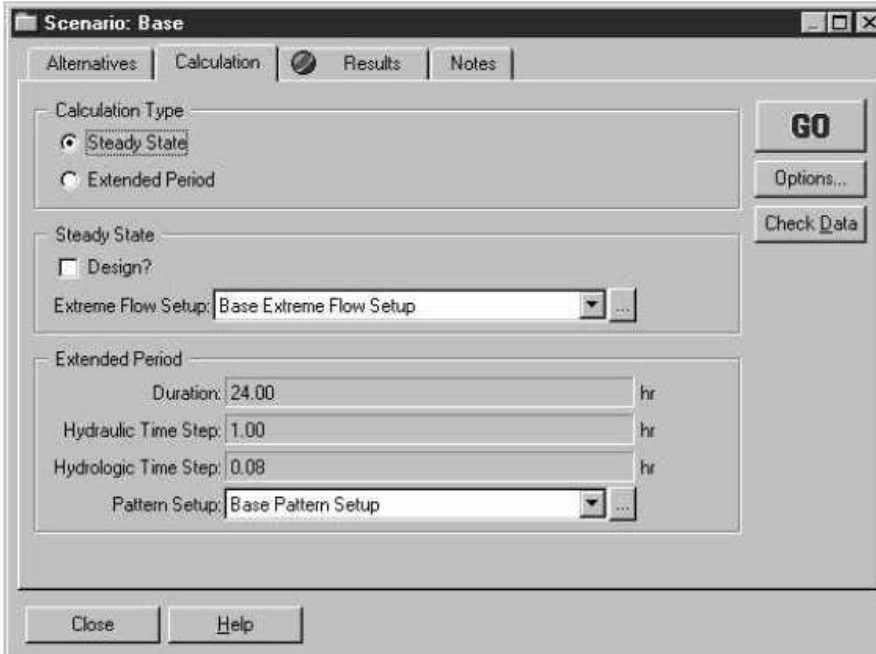


The screenshot shows the 'SewerCAD Table - Gravity Pipe Report' window. It features a menu bar with File, Copy, Print, Print Preview, Options, Close, and Help. Below the menu bar, there are navigation buttons and a 'Scenario' dropdown set to 'Base'. The main area contains a table with the following data:

	Label	Length (m)	User Defined Length?	Bend Angle (radians)	User Defined Bend Angle?	Section Shape	Material	Section Size	Manning's n	Upstream Invert Elevation (m)	Downstream Invert Elevation (m)
P-1	P-1	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	Circular	Concrete	200 mm	0.013	10.00	9.50
P-2	P-2	70.00	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	Circular	Concrete	200 mm	0.013	9.50	8.00
P-3	P-3	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>	0.80	<input checked="" type="checkbox"/>	Circular	Concrete	200 mm	0.013	10.00	9.50

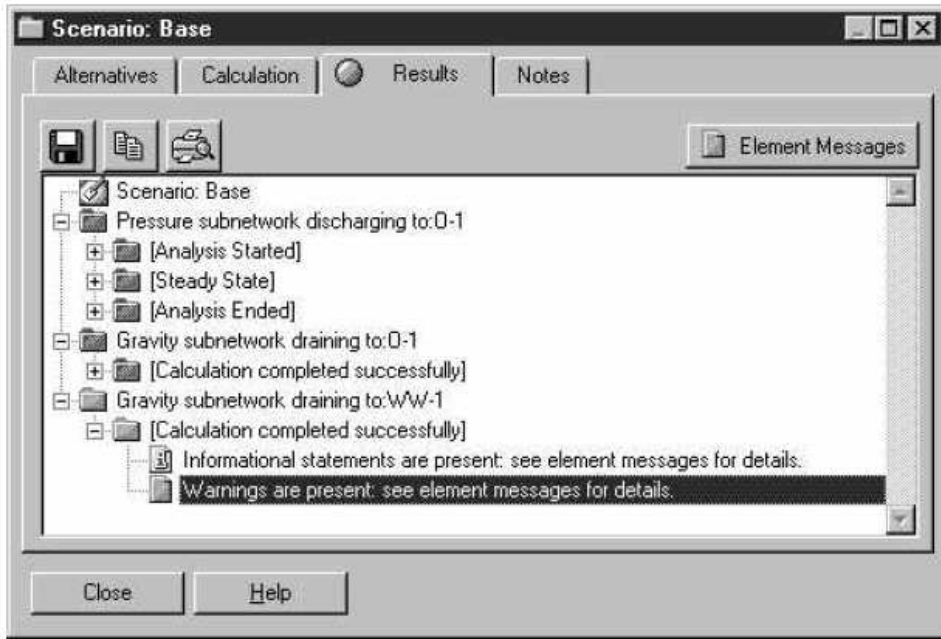
At the bottom right of the window, there is a 'Synchronized Units' button.

Text verisinden boru bilgisini okuduktan sonra bu şekilde kendi bünyesine alır ve hesaplama aşamasında boruların temel özellikleri ile dizayna ait elevasyonel bilgiler görünmektedir.

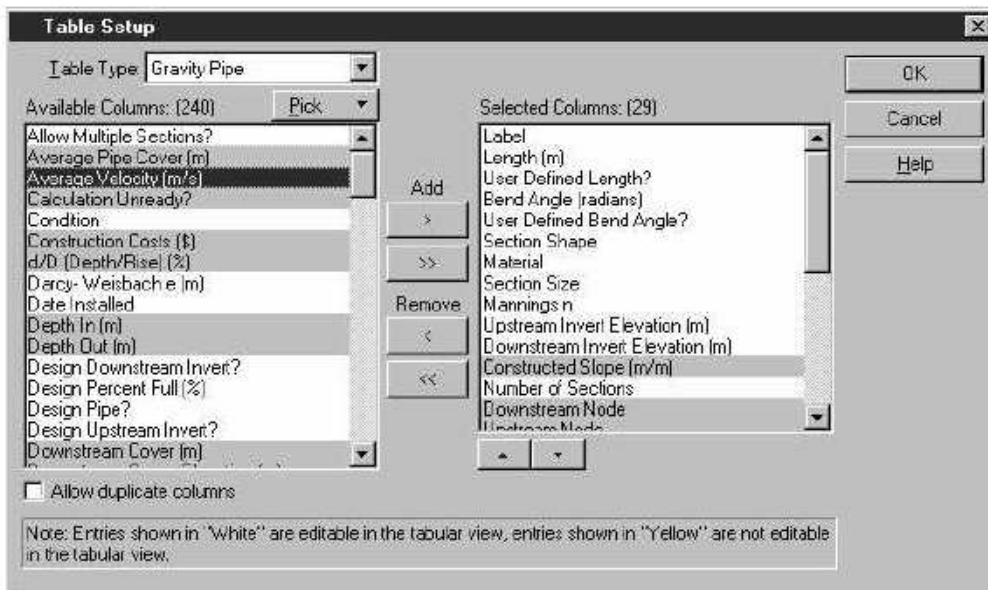


The screenshot shows the 'Scenario: Base' dialog box. It has tabs for Alternatives, Calculation, Results, and Notes. The 'Calculation' tab is active. The 'Calculation Type' section has 'Steady State' selected. The 'Steady State' section has 'Design?' unchecked and 'Extreme Flow Setup' set to 'Base Extreme Flow Setup'. The 'Extended Period' section has 'Duration' set to 24.00 hr, 'Hydraulic Time Step' set to 1.00 hr, and 'Hydrologic Time Step' set to 0.08 hr. The 'Pattern Setup' is set to 'Base Pattern Setup'. There are 'GO', 'Options...', and 'Check Data' buttons on the right, and 'Close' and 'Help' buttons at the bottom.

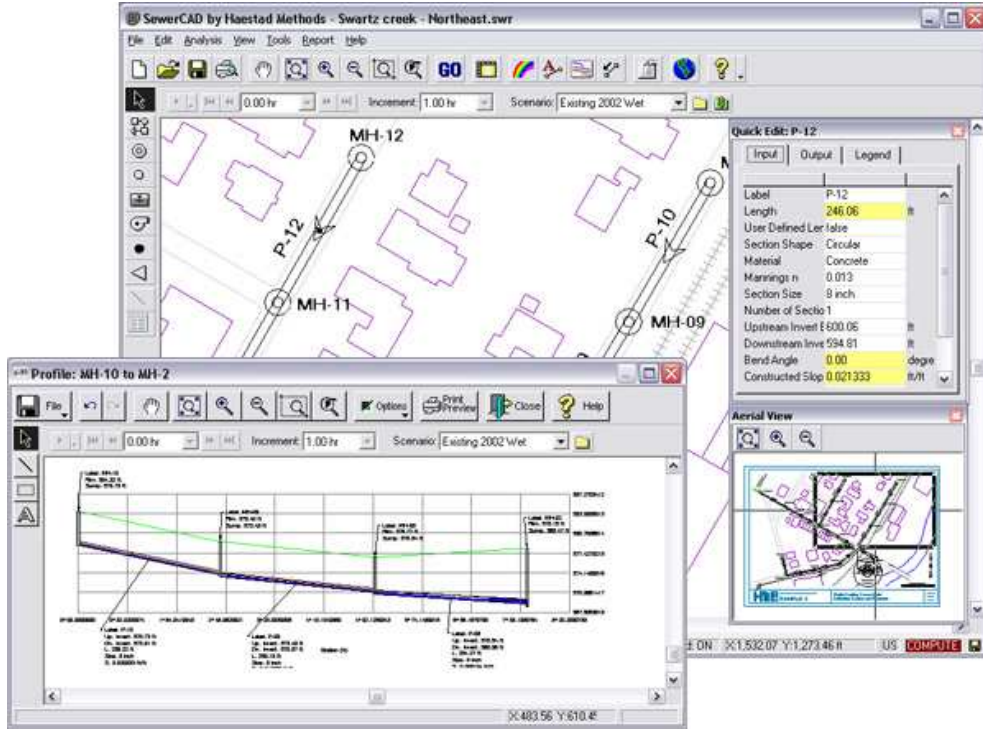
Dizayn sistemini hazırladıktan sonra akım tipi ve bazı alternatif özellikler yukarıdaki menüden belirlenip analizin başlaması için “go” butonuna basılır ve dizayn başlar.



Analiz sonrasındaki temel raporlar aktarılır. Dizayna ait hatalar burada görülmektedir.



Dizayn bittikten sonra hesap tablosunda hangi bilgilerin yer alacağına bu menüden karar verilmektedir.



Hesaplama aşaması tamamlanmış projeden alınan planimetrik çizim ve boykesit planı yukarıdaki gibi alabilmekteyiz. Bu aşamalardan sonra hesaplanan hidrolik hesaplar EK 6 da görülmektedir.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde, yerleşim ve sanayi bölgeleri için altyapı sistemlerinin tasarımı ve uygulanması kaçınılmaz bir gerekliliktir. Kullanım sularının bu bölgelere dağıtımı ve kullanılmış suların da çevreye zarar vermeden uzaklaştırılması ve bu suları arıtma işlemlerinden geçirdikten sonra tekrar doğaya veren tesislerin inşası, günümüz modern şehircilik ve sanayicilik toplumunda büyük önem arz etmektedir.

Gelişmekte olan ülkemizde yeni kurulan yerleşim ve sanayi bölgelerinin altyapı sistemlerinin tasarımı ve inşasıyla birlikte mevcut altyapı sistemlerinin gelişen nüfus ve yoğunlukla birlikte yeniden ele alınıp, projelendirilmesi ve uygulanması gerekliliği inkâr edilemez bir gerçektir.

Ülkemizde kanalizasyon altyapı hizmetlerinin projelendirmesi, uygulaması ve kontrolünden sorumlu olan İller Bankası aynı zamanda, kanalizasyon hesabında kullanılmak üzere sektörde kendi ismiyle anılan bir yöntem de tanıtmıştır. Bu yöntem, değişik tabloların kullanılmasıyla birlikte temelinde yatan formüllerin bir zorunluluğu gereği, iteratif yöntemleri gerektirmektedir.

Bilgisayar teknolojisinin hızla geliştiği, kullanımının oldukça yaygınlaştığı günümüzde kanalizasyon sistemlerinin çözümünde de kullanılması kaçınılmaz olmaktadır. Kanalizasyon şebekelerinin çözümünü kısa sürede yapmak ve farklı tasarım çözümlerini ekonomik ve teknik yönden karşılaştırmak bilgisayar yardımıyla çok kolay hale gelmiştir. Hesaplamaların el ile yapılması ise uzun zaman almakta ve bu hata olasılığını da beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte tekrarlı hesaplarının gerekliliği, bilgisayar kullanımını en uygun araç haline getirmektedir.

Bu çalışmada hazırlanan Excel tablosu, msKanal programı ve SewerCAD mevcut hesap yöntemlerini kullanarak çözüm yapmaktadır. İller Bankası hesap tablosunu kullanarak veri girişi sistematik bir şekilde yapılabilmekte, her bir kanala ait özellikler aynı tabloda hesaplanabilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1].FAIR, G.M., GEYER J.CH., “Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları”, Wiley Uluslar arası Yayınları, New York,1958
- [2].YÜCEL M., AKSOĞAN S., “Su Getirme Kanalizasyon ve Suların Arıtılması”, İDMMA, cilt II, Pimaş Yayınları, Ankara,1998
- [3].SAMSUNLU A., “Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi”, Sam-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları, İstanbul,1997
- [4].MUSLU Y., “Su ve Atık Su Teknolojisi”, Bilim Teknik Yayınevi, 2. Baskı, İstanbul,1994
- [5].MAKEEVA Ç., “Bilgisayar Yardımı ile Kanalizasyon Şebekelerinin Hidrolik Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana,1998
- [6].TOPACIK D., EROĞLU V., “Su Temini ve Atıksu Uzaklaştırma Uygulamaları”, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul,1987
- [7].İller Bankası Kanalizasyon Talimatnamesi ve İller Bankası Kanalizasyon Projesi Özel Şartnamesi,1998

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

26.04.1981 Almanya doğumluyum. İlk okul öğrenimimi Kartal Cevizli İlkokulunda, orta öğrenimimi Kartal Semiha Şakir Lisesinde, lise öğrenimimi Yalova Ufuk Lisesinde tamamladım. 1999 yılında Kocaeli Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girdim. 2003 yılında mezun oldum. 2004 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği anabilimdalı Hidrolik bilimdalında yüksek lisansa başladım.