

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL'DA YAĞMUR SUYU DEŞARJI İÇİN  
MÜHENDİSLİK KRİTERLERİNİN YENİDEN ANALİZ  
EDİLEREK OPTİMUM BORU KESİTİNİN TAYİNİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. Sebahattin MİRHAN**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK**  
**Tez Danışmanı : Doç. Dr. İbrahim YÜKSEL**

**MAYIS 2009**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL'DA YAĞMUR SUYU DEŞARJI İÇİN  
MÜHENDİSLİK KRİTERLERİNİN YENİDEN ANALİZ  
EDİLEREK OPTİMUM BORU KESİTİNİN TAYİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ


İnş.Müh. Sebahattin MİRHAN

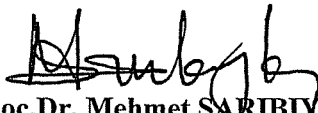
Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Bu tez 04/ 06/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Prof. Lütfi SALTABAŞ  
Jüri Başkanı

  
Doç. Dr. İbrahim YÜKSEL  
Üye

  
Doç. Dr. Mehmet SARIBIYIK  
Üye

## ÖNSÖZ

Yağmur suyu drenaj sistemlerinin projelendirilmesinde, göz önünde bulundurulması gereken en önemli konu bölgenin iklimi ve görülen yağış-şiddeti ve süresidir. Yağmur suyu drenaj sistemi yapımındaki amaç yağıştan akışa geçen suyu kontrollü olarak yerleşim bölgesinden uzaklaştırmaktır. Boru çaplarının seçiminde düşük kotlu bölgelerde taşkınların olmamasına büyük özen gösterilmelidir. Yağmur suyu drenaj sistemlerinin hesabında kısa süreli, şiddeti fazla yağışlar dikkate alınır. Çünkü en yüksek yüzeysel akış debisini şiddeti yüksek yağışlar oluşturur.

Drenaj sisteminin boyutlarını etkileyen bir diğer özellik yağışın yinelenme süresidir. Yinelenme süresi belirli şiddetteki bir yağışın bölgede kaç yıl aralıkla meydana geleceğini gösterir. Yinelenme süresi büyüdükçe yağışın şiddeti de büyür. Yinelenme süresinin seçiminde bölgenin nüfusu, nüfus artış hızı, ekonomik değeri vb. hususlar göz önüne alınır.

Yağıştan akışa geçen su miktarını bölgenin akış katsayısı belirler. Akış katsayısı bölgenin zemin cinsi, binaların sıklığı, bölgedeki geçirimsiz kaplama (asfalt,kaldırım, çatı...) oranı gibi özelliklere bağlıdır ve değerinin belirlenmesi projenin gerçekçiliği yönünden büyük önem taşır.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Proje Aşamasında Dikkat Edilmesi Gereken Kriterler.....	1
1.2. Planlama Şartları.....	1
1.2.1. Toplayıcıya paralel tali kanallar ve giriş yapıları.....	2
1.2.2. Kamulaştırma.....	2
1.2.3. Ön proje ve etüd raporu.....	3
1.2.4. Kesin proje.....	3
1.3. Proje Çalışmalarında Ön Araştırmalar.....	4
1.3.1. Temel Araştırmalar.....	4
1.3.1.1. Coğrafi ve genel durum.....	4
1.3.1.2. Yağış.....	4
1.3.1.3. Bölgenin imar planı.....	5
1.4. Ön Proje ve Etüd Raporlarının Hazırlanması.....	6
1.4.1. Etüd raporu.....	6
1.4.2. Hidrolik planlar.....	6
1.4.3. Kesitler.....	6
1.5. Kesin Projenin Düzenlenmesi.....	7
1.6. Planlar.....	7
1.6.1. 1/5000 ölçekli hidrolik planlar.....	7

1.6.2. 1/1000 ölçekli hidrolik plan.....	7
1.6.3. 1/1000 ölçekli inşaat planı .....	8
1.6.4. 1/1000 yatay 1/100 düşey ölçekli boyuna kesitler.....	8
1.6.5. Detay projeler .....	9
BÖLÜM 2.	
YAĞIŞLARIN ÖLÇÜLMESİ .....	10
2.1. Giriş.....	10
2.2. Yağışların Süre-Şiddet-Frekans Bağlantılarının Bulunması .....	10
2.3. Toplam Yağış Eğrisi ve Hiyetograf.....	14
2.4. Bölgesel Ortalama Yağış Yüksekliğinin Bulunması.....	16
BÖLÜM 3.	
YAĞMURSUYU HESABI .....	18
3.1. Frekans Seçimi yapılması.....	18
3.2. Rasyonel Metod.....	19
3.3.3. Akış katsayısı .....	32
3.3.4. Boyutlandırma .....	33
3.4. Hız ve Eğimler.....	34
3.4.1. Hızlar .....	34
3.4.2. Eğimler .....	34
3.4.3. Su derinlikleri .....	35
3.4.4. Debi doluluk oranı(Q/Q <sub>0</sub> ).....	35
3.4.5. Kanal derinlikleri.....	36
3.5. Bacalar .....	37
3.5.1. Kontrol bacaları.....	37
3.5.2. Düşümlü bacalar.....	37
3.5.3. Yağmursuyu ızgaraları .....	38
3.5.4. Özel yapılar .....	38
3.5.5. Jeolojik ve jeoteknik araştırmalar .....	38
BÖLÜM 4.	
BORULARIN DÖŞENEBİLMESİ İÇİN GEREKEN KRİTERLER .....	39

4.1. Genel .....	39
4.2. Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar .....	41
4.3. İmalat Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Bazı Önemli Kriterler .....	41
BÖLÜM 5.	
BORULARA GELEN DIŞ YÜKLER.....	44
5.1. Toprak Dolgusunun 2.0m veya Daha Az Olması Durumu .....	44
5.2. Toprak Dolgusunun 2.0 m'den Daha Fazla Olması Durumu.....	45
5.3. Hendek Genişliğinin Boru Çapından Çok Fazla Olması Durumu .....	46
5.4. Kamyon Yüğü Nedeniyle Oluşan Toprak Basıncı .....	49
5.5. Hendekte Döşeli Borulara Etkiyen Yükleme Durumları İçin Diğer Hesaplamalar .....	51
BÖLÜM 6.	
YAĞMUR SUYU PROJESİ HESAP ESASLARI.....	64
6.1. Gelen Suların Boşaltılması .....	64
6.2. Yağmur Suyu Hesap Tablosunun Doldurulması .....	64
6.3. Şebeke Hesaplarının Yapılışı .....	67
6.4. Izgaraların Konumu.....	67
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR.....	74
ÖZGEÇMİŞ.....	77

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

T	: Zaman
İ	: Yağış şiddeti
f	: Frekans
Q	: Debi
I	: Ortalama yağış
C	: Yüzeysel akış katsayısı
L	: Uzunluk
V	: Akış hızı
a	: alan
r	: Yağış verimi
ha	: hektar
Wf	: Toprak basıncı)
W	: Toprağın birim ağırlığı
H	: Dolgu toprağı derinliğı
B	: Boru üst seviyesindeki hendek genişliğı
Ø	: Toprağın kayma mukavemeti açısı
K	: Aktif toprak basıncı katsayısı
E	: Doğal logaritma
B	: Boru üst seviyesindeki hendek genişliğı
W	: Toprağın birim ağırlığı
D	: Boru çapı
Cc	: Pozitif projeksiyon katsayısı
Wt	: Kamyon yükü nedeniyle oluşan toprak basıncı
F	: Etki faktörü
P	: Kamyonun arka dingillerinin ağırlıkları
$\alpha$	: Boussinesq katsayısı
Wc	: Boru sırtındaki yatay düzleme gelen düşey toprak yükü

Y	: Dolgu toprağı 6zg6l ağırlığı
B <sub>d</sub>	: Boru sırtı hizasındaki hendek genişliği
C <sub>d</sub>	: H/B <sub>d</sub> 'ye bağlı katsayısı
W <sub>sc</sub>	: Borunun bir metresine gelen y6k
P	: Yoğunlaşmış tekil y6k
C <sub>s</sub>	: Y6k katsayısı
F	: Çarpma (darbe) fakt6r6
L	: Etkin boru boyu
W <sub>sd</sub>	: Boru 6zerindeki y6k
p	: Yapı malzemesinin kapladığı alana ( D <sub>x</sub> M alanı )etkiyen yayılı y6k6n değerı
F	: Darbe fakt6r6



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Toplam Yağış Eğirisi.....	5
Şekil 1.2.	Toplam yağış eğrisine ait süre şiddet bağıntısı.....	5
Şekil 2.1.	Toplam yağış eğrisi .....	11
Şekil 2.2.	Koordinatları Tablo4.1de verilen toplam yağış eğrisine ait süre şiddet bağıntısı .....	13
Şekil 2.3.	Toplam Yağış Eğirisi.....	16
Şekil 2.4.	Hiyetograf.....	16
Şekil 3.1.	Süre-şiddet-frekans eğrileri .....	19
Şekil 3.2.	Bir drenaj alanında eş zaman çizgileri (izokronlar) ve toplanma zamanının tarifi.....	20
Şekil 3.3.	iki zaman birimi sonunda yağışın kesilmesi halinde su veren sahaların değişmesi .....	22
Şekil 3.4.	Hidrografın S- eğrileri yardımıyla bulunması .....	25
Şekil 3.5.	Hyetografi verilen bir yağıştan meydana gelen hidrografın hesabı.....	26
Şekil 3.6.	örnek 3.2 ile ilgili şekil .....	27
Şekil 3.7.	örnek 3.3 ile ilgili şekil .....	29
Şekil 4.1.	Boru hatları için uygun yerleştirme derinliği .....	40
Şekil 4.3.	Yanlış döşenmiş bir boru hattı.....	42
Şekil 4.3.	Doğru döşenmiş bir boru hattı .....	43
Şekil 4.4.	Stabil olmayan bir hendek tabanında beton yatak ile beslenen boru hattı .....	43
Şekil 5.1.	Toprak Dolgusunun 2.0m veya Daha Az Olması Durumu .....	44
Şekil 5.2.	Toprak Dolgusunun 2.0 m'den Daha Fazla Olması Durumu .....	45
Şekil 5.3.	Hendek Genişliğinin Boru Çapından Çok Fazla Olması Durumu .....	46
Şekil 5.4.	Cc katsayısı diyagramı .....	47
Şekil 5.5.	Pozitif projeksiyon durumu .....	47
Şekil 5.6.	Cn katsayısı diyagramı .....	48

Şekil 5.7.	Negatif projeksiyon durumu .....	49
Şekil 5.8.	$\alpha$ değeri bir kamyon durumu için .....	50
Şekil 5.9.	$\alpha$ değeri iki kamyon durumu için.....	51
Şekil 5.10.	Hendekte döşeli borular için yük katsayısı diyagramı .....	54
Şekil 5.11.	Hendek içindeki boruların yataklanma durumları ve yük faktörleri ....	60
Şekil 5.12.	Toprak dolgusunun 2m olması ile ilgili örneğin şekli.....	61
Şekil 5.13.	Toprak dolgusunun 2 m den fazla olması durumu ile ilgili örneğin şekli.....	61
Şekil 5.14.	Hendek genişliğinin toprak dolgusundan fazla olması durumu ile alakalı örneğin şekli .....	62
Şekil 5.15.	Negatif projeksiyon durumu ile ilgili örneğin şekli.....	63
Şekil 6.1.	Yağmur Suyu Giriş Sürelerinin Hesabı .....	66
Şekil 6.2.	boru hatları için mecraya akar derinlikleri .....	66

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Bir Toplam Yağış Eğrisine Ait Süre-Şiddet Bağıntısının Bulunması (Örnek2-1) .....	12
Tablo 2.2.	Şiddetli yağışlara ait ölçme sonuçları .....	12
Tablo 2.3.	b T=5 yıl için süre-şiddet bağıntısına ait değer çiftleri örnek2 .....	14
Tablo2.4.	Yağış Ölçüm Sonuçları.....	15
Tablo 2.5.	Yıllık Yağış Verileri .....	17
Tablo 2.6.	Yağış Hesab Tablosu .....	17
Tablo 3.1.	Akış katsayıları .....	21
Tablo 3.2.	Yağış Tekerrür Aralığı Seçimi .....	30
Tablo 3.3.	Yağış verimi .....	32
Tablo 3.4a.	Akış Katsayıları .....	32
Tablo 3.4b.	Akış Katsayıları .....	33
Tablo 3.5.	N" Pürüzlülük Katsayısının Değerleri .....	34
Tablo 3.6.	Kanallara Verilecek Eğimler .....	35
Tablo 3.7.	Ortalama derinlikler.....	36
Tablo 5.1.	Çeşitli zeminler için özgül ağırlıklar .....	52
Tablo 5.2.	Çeşitli zemin cinsleri için içsel sürtünme açıları .....	53
Tablo 5.3.	Çeşitli zemin türleri için müsaade edilen taşıma kapasiteleri.....	53
Tablo 5.4.	Boru üzerine dikey olarak merkezi şekilde gelen yoğunlaştırılmış ve yayılı yükler için Cs katsayı değerleri (Holl ve Newmark).....	56
Tablo 5.5.	Daire kesitli borular için üç mesnet ezilme deneyi pere yükleri (DIN 4032 ).....	56
Tablo 5.6.	Yumurta kesitli borular için üç mesnet ezilme deneyi tepe yükleri (DIN 4032 ).....	56
Tablo 5.7.	Yığın halinde depolanmış yapı malzemelerinin birim hacim ağırlıkları .....	58
Tablo 6.1.	Cadde eğimine bağlı olarak cadde ağırlıklarının ara uzunlukları .....	68

Tablo 6.2. Yağmur suyu hesap tabloları .....	69
--	----

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Yağmur suyu, yağmur suyu boru Sistemleri, Yağmur suyu proje kriterleri, İstanbul

Yağmur suyu şebekesi gibi yatırım maliyetleri milyonlarla ifade edilen projelerin planlanmasında, sistemin uzun ömürlülüğü ve her türlü sel rejimine karşı dayanılabilirliği önemlidir. Gerekli tedbirlerin alınmaması halinde, şiddetli bir yağış esnasında birçok problem olabilmektedir. Bu problemler yağmur suyu hattı yapılacak olan yerin nüfus yoğunluğuna göre artar ve alınacak tedbirlerde de bu nüfus yoğunluğu etkili olur.

Boru yada herhangi bir kesit şeklinde yapılacak olan akış güzergahının çapları veya kesitin ölçüleri, bu güzergahtan geçecek olan debi ile orantılıdır. Debinin bulunmasında en önemli etkenin yağış şideti olması ile beraber, bölgenin toprak yapısının ne kadar geçirimli olduğu ve yağışın etkilediği alanın büyüklüğü de önemlidir. Borunun cinsinin belirlenmesinde, derinlik ve bölgenin toprak cinsi gibi etkenler göz önünde bulundurulur ve borunun zamanla maruz kaldığı yüklerden dolayı zarara uğramaması için gerekli olan boru korumaları yapılarak sistemin proje ömrüne kadar işler bir şekilde kalması sağlanır.

# **THE DETERMINATION OF OPTIMUM PIPE SECTION, BY ANALYZING AGAIN THE ENGINEERING CRITERIA FOR ISTANBUL RAIN WATER DISCHARGE SYSTEMS**

## **SUMMARY**

Keywords : Rainwater, rainwater pipe systems, rainwater project criteries, istanbul

Storm water system is important in terms of planning of projects, whose investment costs are expressed with millions, durability of the system, and endurance against all sorts of flood regimes. In the event that necessary precautions are not taken, various problems may arise in the course of a heavy rainfall. The said problems increase according to population density of the location, where a rainwater line will be established, and population density will be effective on the precautions to be taken as well.

Dimensions of the flow route to be established as a pipe or any profile or sizes of the profile will be in line with the flow rate to pass from this route. The most significant factor in determination of flow rate is rainfall intensity; besides the extent of permeability of soil structure and the size of the area under effect of rainfall are important as well. In fixation of the type of pipes, factors such as depth and soil structure of the region will be taken into consideration, and in order for the pipe not to incur damage on account of loads it is subject to within time, it is ensured that necessary pipe protection is established; thereby the system remains functional in the course of the project.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

### **1.1. Proje Aşamasında Dikkat Edilmesi Gereken Kriterler**

Yağmur suyu hattı yapılacak bölgenin hatları uzun zaman ve sağlıklı bir şekilde kullanabilmesi için birçok mühendislik kriterin göz önünde bulundurulması gerekir. Öncelikle arazinin durumu çok iyi bilinmelidir. Belirli şiddet ve sürekli bir yağmur yağdığında yağmur sularının caddelerde birikerek göllenmelerine izin vermeyecek bir şebeke gereklidir. Bu şebekedeki boruların çapları, kentin alçak noktalarındaki cadde ağızlarından suyu taşımayacak büyüklükte seçilmelidir. Kentin topoğrafik durumuna göre kanalların eğimleri iyi seçilerek ileride sorun oluşturmayacak şekilde tüm ayrıntılarına dikkat edecek şekilde düşünülmelidir.

Yağmursuyu şebeke ve toplayıcılarının inşaatlarının teknik, hidrolik ve ekonomik hususlara uygun olarak; İSKİ ve İller Bankası Teknik Şartnameleri, İSKİ kanalizasyon şebekesine deşarj yönetmeliği, 2872 sayılı Çevre kanunu, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Teknik usuller Tebliği, Orman ve Köy İşleri Bakanlığınca yayınlanan sirküler gibi kriterler dikkate alınarak kesin proje yapılmalıdır.

### **1.2. Planlama Şartları**

Planlanması düşünülen güzergahta varsa mevcut kollektör, tünel, arıtma tesisi ve terfi merkezleri ile, Master Plan dikkate alınmalıdır. Ana havza kısmi havzaya, kısmi havzalarda havzacıklara bölünmeli ve kısmi havza ile alt havzacıklar bazında iş programı düzenlenmelidir.

İmar planlarındaki kadastral ve kadastral olmayan yollarda, yapılaşma olsun veya olmasın kanal geçirilecek, kaplamalı yol teşekkül etmemişse yetkililerin görüşü alınarak ön veya kesin projesi yapılır.

Yağmursuyu şebeke, toplayıcı ve tünelleri, yerleşim alanlarının bugünkü mevcut durumları ile imar planları dikkate alınarak düzenlenmelidir. Yağmursuyu kollektör ve tünellerinin çap ve akış yönleri ile terfi merkezi yerleri ile terfi hatları varsa belirtilmelidir.

Dere Islahı güzergahı projelendirme çalışmalarında bölgede sayısal haritanın olmaması veya dere güzergahının çok değiştiğinin belirlenmesi durumunda İSKİ ile mutabakat sağlanmak kaydı ile, minimum 100mt. genişliğindeki bir bantta sayısal şeritvari (Harita İşleri Müdürlüğüne onaylanan) harita hazırlanır [1].

Yağmursuyu toplayıcıları ve derelere gelen sürüntü (teresubat) maddelerinin kanalların çalışmalarına mani olmamaları için tedbirler alınıp projeler düzenlenir bu engelleyiciler, taş tutucu, kum tutucu ve kaba ızgara olabilir [2].

Arazinin topoğrafik durumu yüzünden yağmursuları diğer bir havza veya alt havzaya aktarılmasının zorunlu olması halinde tünel sistemi planlanır.

### **1.2.1. Toplayıcıya paralel tali kanallar ve giriş yapıları**

Planlanan şebekelerin mevcut veya planlanan toplayıcıya bir noktadan girişini sağlayacak ve toplayıcıya paralel olarak planlanacak olan tali kanallar ile giriş yapıları projelendirilir.

### **1.2.2. Kamulaştırma**

Kamulaştırılacak yerlerin kesin alanları (m<sup>2</sup>) pafta, ada ve parsel numaralarını gösterir bir çizelge ve 1/1000 ölçekli kamulaştırma planları Teknik Şartnamesine uygun olarak hazırlanır [3].

İstenilecek başlıca dokümanlar:

- 1-) A3 normunda 1/1000 ölçekli ( Ada, Pafta ve Parsel numaraları) gösteren sayısal pafta
- 2-) Mülkiyet Bilgileri ( Şahıs, Hazine, Orman ve benzeri)



- 3-) Koordinat Bilgileri Listesi
- 4-) Kamulaştırma Alanları Listesi

### **1.2.3. Ön proje ve etüd raporu**

Ön projede bulunması gerekenler aşağıda gösterilmiştir.

- Etüd raporu,
- 1/25000 ölçekli genel havza planı,
- 1/5000 ölçekli hidrolik plan (havza planı),
- 1/5000 ölçekli yerleşim planı,
- Yatay 1/5000, düşey 1/500 ölçekli boyuna kesitler,
- Hidrolik hesaplar,
- Kanalizasyon yapıları ön projeleri,

### **1.2.4. Kesin proje**

Kesin projede bulunması gerekenler aşağıda gösterilmiştir.

- Proje raporu,
- 1/25000 ölçekli genel havza planı,
- 1/5000 ölçekli hidrolik plan (1/1000 ölçekli hidrolik plandan küçültülerek birleştirilmiş havza planı),
- 1/5000 ölçekli yerleşim planı (1/1000 ölçekli inşaat planından küçültülerek birleştirilmiş),
- 1/25000 ölçekli anahtar pafta,
- 1/1000 ölçekli inşaat planı,
- Yatay 1/1000, düşey 1/100 ölçekli boyuna kesitler,
- Detay projeler,
- Kanalizasyon yapıları projeleri,
- Hidrolik, statik, betonarme hesapları,
- Yol projeleri (gerekli olduğunda)
- Servis yolu projeleri dere kenarlarında yer alacak servis yolları,
- Kamulaştırma planları ve listeleri.
- Mevcut Yer altı Tesisleri Anahtar Planı

- Zemin Etüd Raporu .

### **1.3. Proje Çalışmalarında Ön Araştırmalar**

Projeler aşağıdaki konularda araştırma, planlama, ölçme ve hesaplama gibi çalışmalar yapılarak düzenlenir.

#### **1.3.1. Temel Araştırmalar**

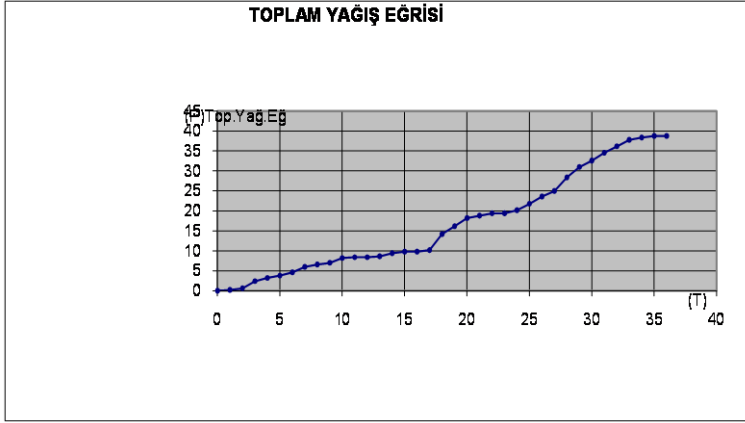
##### **1.3.1.1. Coğrafi ve genel durum**

Bölgenin yeri deniz seviyesine göre yüksekliği, gelişme imkanları, bölgedeki tarihi yapıların varlığı önemli iş merkezi veya nüfusun yoğunluğu gibi durumlar belirtilir.

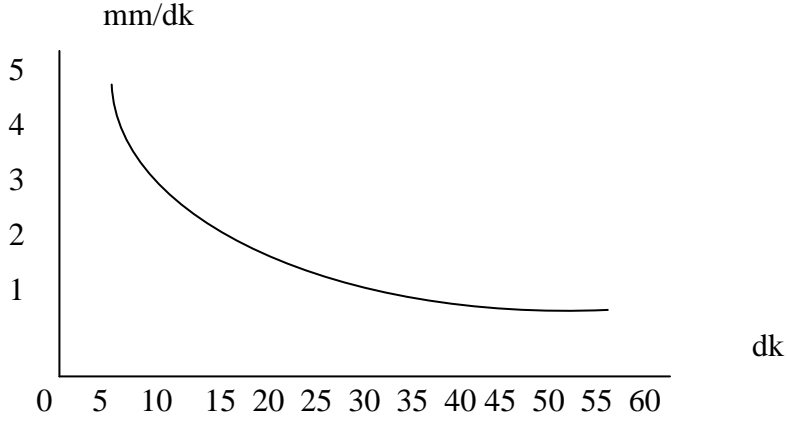
Bölgenin topografik durumu en son onay tarihli halihazır harita, sayısal harita ve imar planları üzerinde incelenerek, ilk yaklaşım için kanal akış yönleri ve su toplama alanı sınırları bu kotlara göre tayin edilir.

##### **1.3.1.2. Yağış**

Bölgenin “Yağış şiddeti –süre-tekerrür eğrileri” temin edilir. Akış katsayısı arazi durumu incelenerek ve İSKİ'nin de görüşü alınarak tespit edilir (ilerleyen konularda detaylı anlatılacaktır). Aynı yağış verileri için geliştirilen yöntemlerin daha az standart sapmaya sahip olması geliştirilen yöntemin diğerlerine olan üstünlüğünü gösterir [4].



Şekil 1.1. Toplam Yağış Eğrisi



Şekil 1.2. Toplam yağış eğrisine ait süre şiddet bağıntısı

### 1.3.1.3. Bölgenin imar planı

Bölgenin halihazır durumu ile imar planı ilk bakışta ayırt edilebilecek şekilde aynı plan üzerine değişik renklerle boyanarak gösterilir ve imar planı notasyonları kullanılır.

Projenin düzenlenmesinde projeyi etkileyecek tüm yer altı tesisleri etüd edilir ve yetkili kurumlarca tüm hatların güzergahları temin edilir ve elde edilen bilgi ve projeler planlara ve enine boyuna kesitlere işlenir.

## **1.4. Ön Proje ve Etüt Raporlarının Hazırlanması**

### **1.4.1. Etüd raporu**

Kamulaştırma, şebeke ve toplayıcılar, tüneller, servis yolları, kanalizasyon yapıları v.b. tüm işlerin yatırım ve işletme maliyetleri dikkate alınmak kaydıyla, alternatifleri de dahil olmak üzere tespit ederek en iktisadi çözümün gerekçeleriyle açıklanması suretiyle mukayeseli keşif özetlerini kapsayacak şekilde avan proje raporu düzenlenir.

Pafta anahtarı şeklinde hazırlanmış 1/2500 ölçekli su toplama havzalarını gösteren ve üzerine kanal güzergahları işlenmiş olan “Genel Havza Planı” tanzim edilir.

### **1.4.2. Hidrolik planlar**

Kanal güzergahını belirten, toplam ve kısmi havzalara bölünmüş ve uç debileri de gösterecek şekilde, güzergah üzerinde sadece eğimin değiştiği, noktalardaki baca no'larını içeren, atıksu ve yağmursuyu için ayrı ayrı olmak kaydıyla 1/5000 ölçekli “Hidrolik Planlar” düzenlenir [5].

Ana arterdeki bütün tesislerin (Atıksu Kanalları, yağmursuyu kanalları, servis yolu, dere ıslahı, kanalizasyon yapıları v.b.) bir arada izlenebilmelerini sağlamak gayesiyle pafta üzerinde kolayca ayırt edilebilecek şekilde 1/5000 ölçekli “Yerleşim Planları” yapılır.

### **1.4.3. Kesitler**

Atıksu hetti var ise atıksu ve yağmursuyu için ayrı ayrı olmak üzere 1/5000 yatay, 1/500 düşey ölçekli boyuna profiller çıkarılır. Güzergah üzerinde zorunlu ve kritik geçiş yerlerinin (mevcut altyapı (İSKİ, TEDAŞ, PTT, Doğalgaz v.b.) tesisleri, dere ve yol geçişleri) enkesitleri alınır. Kollektör, tünel ve dere ıslahları projeleri, altta plan üstte boykesit, yanda enkesit olarak tek paftada gösterilir.

Yağış , bölgenin alanı ve geçirimsizlik durumları gibi bilgiler kullanılarak, hidrolik hesapları yapılır ve hesap tabloları düzenlenir.

### **1.5. Kesin Projenin Düzenlenmesi**

Mevcut bilgi, belge ve dökümanlar ile geçmiş Master Plan çalışmaları yüklenici inceleme ve araştırmaları ışığı altında Kesin Projesi hazırlama çalışmalarına başlar.

Proje hazırlayıcısı, İSKİ'den veya diğer kuruluşlar ile Belediyeler'den aldığı bilgi, belge ve dokümanlar ile yaptığı araştırmalar ve nazım imar planları ışığında gerekçe raporu hazırlar.

### **1.6. Planlar**

#### **1.6.1. 1/5000 ölçekli hidrolik planlar**

Kanal güzergahını belirten toplam ve kısmi havzalara bölünmüş ve uç debileri de gösterecek şekilde, paftalarda numaralandırılmış bütün bacaları ve akış yönlerini de gösteren atıksu ve yağmursuyu için ayrı ayrı olmak kaydıyla 1/1000 ölçekli hidrolik planlar küçültülerek 1/5000 ölçekli "Hidrolik Planlar düzenlenir. Her pafta üzerinde 1/1000 ölçekli pafta nolarını da havi alt, üst, yan sınırlarını da belirleyen ve belli başlı koordinatları da çizili karelaj olacaktır.

#### **1.6.2. 1/1000 ölçekli hidrolik plan**

Yağmursuyu için ayrı ayrı paftalarda olmak üzere aşağıda sıralanan şartlar yerine getirilerek 1/1000 ölçekli "Hidrolik Planlar" düzenlenir.

Her kanala su veren bölgelerin su toplama alanları gösterilecek, ölçülen alanların yüzölçümleri ile birlikte sınırları da belirtir. Ana havza sınırı ile tali havza sınırı ayrı ayrı notasyonlar ile belirlenir. Akış yönleri, yol kırmızı kotu, kanal akar kotu, baca numaraları, iki baca arası uzaklık, eğim, kesit ve kanal tipi yazılır.

Pafta, ada, parsel no'ları, röper noktaları, koordinatlar, sokak isimleri ve kot numaraları yazılacaktır. Pafta üzerinde çalışma sınırları gösterilmeli, tesviye eğrileri belirginleştirilmelidir.

Kontrol bacaları, şütlü bacalar, sifonlar, ters sifonlar, mansap yerleri, yağmursuyu giriş bacaları ve ızgaralar ile geçilen köprü ve menfezler gösterilir.

### **1.6.3. 1/1000 ölçekli inşaat planı**

Yağmursuyu için ayrı ayrı paftalarda olmak üzere aşağıda sıralanan şartlar yerine getirilerek 1/1000 ölçekli "İnşaat Planları" düzenlenir. Akış yönleri, yol kırmızı kotu, kanal akar kotu, baca numaraları, iki baca arası uzaklık, eğim, kesit ve kanal tipi yazılır. Pafta, ada, parsel no'ları, röper noktaları, koordinatlar, sokak isimleri ve kot numaraları yazılıp, önemli yapılar gösterilir. Kontrol bacaları, şütlü bacalar, sifonlar, ters sifonlar, mansap yerleri, yağmursuyu giriş bacaları ve ızgaralar ile geçilen köprü ve menfezler gösterilir. Proje ve inşaatı etkileyecek kanal güzergahlarındaki mevcut altyapı tesislerinin (İSKİ, PTT, İETT(gaz) Akaryakıt, İGDAŞ, TEDAŞ) cinsi ve çapı tesbit edilerek detay planlarda gösterir.

Mevcut atıksu ve yağmursuyu kollektörlerinin çap, eğim, derinlik, boru cinsi v.b. bilgileri proje paftasına işlenir.

Diğer Kurum ve Kuruluşlardan gerekli bilgi ve dokümanların temini için, İdare gerekli yazışmaları yapacak olup, temin ve takibat işlemleri Yüklenici tarafından yapılır.

### **1.6.4. 1/1000 yatay 1/100 düşey ölçekli boyuna kesitler**

Atıksu ve yağmursuyu kollektörlerinin cinsi ve çapı tesbit edilerek detay planlarında gösterilir. Akış yönleri, diğer bacalardan gelen kol, baca noları, yol kırmızı kotu (gerekirse siyah kotta yazılır), kanal akar kotu, bacalar arası mesafe, eğim, kanal tipi ve kesiti, sokak isimleri ve kot no.ları ile yol kaplama cinsi yazılır.

### 1.6.5. Detay projeler

Mevcut atıksu ve yağmursuyu kollektörlerinin cinsi ve çapı tesbit edilerek detay planlarda gösterilir. Proje ve inşaatı etkileyebilecek kanal güzergahındaki mevcut altyapı tesislerinin (İSKİ, PTT, İETT(gaz), akaryakıt , İGDAŞ, TEDAŞ'a ait) cinsi ve çapı tesbit edilerek planlar, enine ve boyuna detay kesitler gösterilir. Yatay ve düşey ölçek 1/100 veya 1/50 olur.

Mevcut ve planlanan köprülü geçişler, dere geçişleri, büyük kesitte yağmursuyu geçişleri ile önemli diğer altyapı tesisleri ile kesişme noktalarında enine ve boyuna detay kesitler alınır.

## **BÖLÜM 2. YAĞIŞLARIN ÖLÇÜLMESİ**

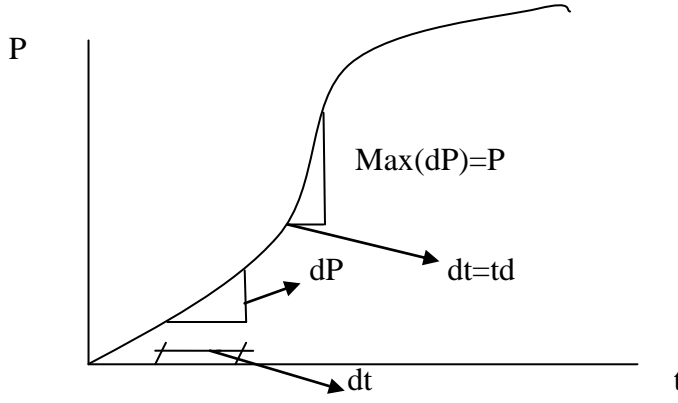
### **2.1. Giriş**

Yağmur suyu akımının hesaplanabilmesi için yağışların bilinmesi icap eder. Sağlam bir bilgi ancak ölçülerek elde edilebilir. Bu sebeple önce yağışların ölçülmesini konusunu bilmek gerekmektedir. Yağış sırasında yatay bir düzlem üzerinde toplanan yağış suyu yüksekliğini ölçmek için ölçekler kullanılır [6].

### **2.2. Yağışların Süre-Şiddet-Frekans Bağlantılarının Bulunması**

Bir toplam yağış eğrisinde aynı dt süresi için dP yağış yükseklikleri yağış olayının devamı sırasında birbirinden farklı olur (Şekil 2.1). Yağışın şiddeti genel olarak yağış olayının başlangıcında küçüktür. Sonra yağış şiddetlenir ve yağışın dinmesine yakın şiddeti hafifler. Toplam yağış eğrisi dt zaman aralıklarına ayrılır her bir zaman aralığı için dt süreli yağışların ortalama şiddetleri hesaplanır ve zamana karşı noktalanırsa basamaklı bir eğri elde edilir. Yağış şiddetinin zamanla değişmesini gösteren bu eğriye hyetograf denir. Bir misal olarak böyle bir hyetografin elde edilmesi için gerekli bilgiler tablo 2.1de gösterilmiştir. Elde edilen hyetograf toplam yağış eğrisinin eğiminin maksimum olduğu noktada en büyük ordinat değerine sahip olacaktır. Bu maksimum değer bu yağış olayında dt süreli yağmurun İort ortalama şiddeti olarak tarif edilir. Daha iyi anlaşılabilmesi için dt(zaman farkı) yerine td, ve Max dP(maksimum yapış farkı) yerine P sembolü kullanılabilir ( Şekil 2.1) td artırılırsa, elde edilen ortama yağış şiddetleri gittikçe küçülür. İort(ortalama yağış) yağış şiddetleri ordinatta, td süreleri apsiste gösterilirse elde edilen eğri bu yağış olayına ait süre-şiddet bağıntısını verir (Şekil 2.2) [7].

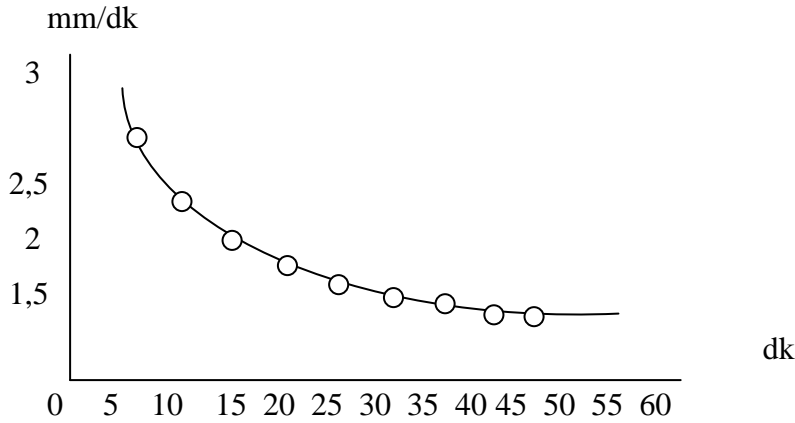




Şekil 2.1. Toplam yağış eğrisi

Kaydedici yağış ölççeği bulunan bir istasyonda, bir gözlem süresi içinde düşmüş olan her bir yağışı karakterize eden yüzlerce toplam yağış eğrisi mevcuttur. Bunların teker teker analiz edilerek yağışlara ait süre-şiddet-frekans eğrilerinin bulunması icap eder. Bir gözlem süresinde düşmüş olan bütün yağışlara ait süre-şiddet bağıntıları bu şekilde bulunduktan sonra, belirli yağış sürelerine tekabül eden şiddetler büyükten küçüğe doğru sıralanır ve sonuçlar Tablo 1-2 de görüldüğü gibi sınıflandırılır. Bu tabloda 45 senelik gözlem neticeleri özetlenmiştir. Mesela 45 senelik gözlem sırasında süresi 5 dk olan yağışlar 3,0 cm/st ile 9,0 cm /st arasında değişen yağış şiddetlerine sahiptir. Süresi 5 dk olan yağışlar arasında şiddeti 3,0 cm/st veya ondan daha büyük olan 123 yağış olayı gözlenmiştir. Münferit bir yağışa ait toplam yağış eğrisinin analizi aşağıda örnek 2-1 de yağışlara ait süre-şiddet-frekans analizi ise örnek 2-2 de verilmiştir. N yılda bir gelen debi, N yılda bir meydana gelen yağış: Kentsel bölgelerde yağmur suyu drenaj sistemlerinin 2,5,10,25 yıl gibi bir yinelenme süresine göre boyutlandırılması; seçilen süreden daha uzun yinelenme süresine sahip yağışların yağacağı zararların önceden kabullenilmesidir [4].





Şekil 2.2. Koordinatları Tablo 4.1'de verilen toplam yağış eğrisine ait süre şiddet bağıntısı

### Örnek 1.

Kaydedici bir yağış ölçerinin bir yağış fırtınası sırasında birbirini takip eden zaman aralılarında kaydettiği yağış yükseklikleri (toplam yağış eğrisinin apsis ve ordinatları) Tablo 2.1 de veriliyor, bu yağış olayına ait süre-şiddet (veya süreverim) bağıntılarını bulmak için;

### Çözüm:

Hyetograf Tablo 2.1 in 3. ve 4. sütunları yardımıyla bulunur. Mesela  $t_d=5$  dk için en büyük yağış yüksekliği 13mm olduğundan hyetografin en büyük ordinatı  $13/5=2,6$  mm/dk lık yağış şiddetini gösterir. Süre şiddet bağıntısı Tablo 2-1 in 5,6, ve 7. sütunlarında hesaplanmıştır. Bunun için  $t_d$  yağış süresine, toplam yağış eğrisinin hangi bölgesinde en büyük dP değerinin isabet ettiği araştırılır. Bu bölge genel olarak toplam yağış eğrisinin eğiminin en büyük olduğu kısımda bulunur. Bunun için 4. Sattırda en büyük olan değerden küçüğe doğru yapılan sıralama 6.satıra toplana toplana aktarılır. Mesela  $t_d=10$  dk için bu değer  $10+13 = 23$  mm,  $t_d=15$  dk için  $(10+13)+9=32$  mm,  $t_d = 20$  dk için  $(10+13+9)+8=40$  mm dir. 7. sütun yağış şiddetini göstermektedir. Bu değerlere çizilen süre-şiddet bağıntısı şekil 2.2 de gösterilmiştir.

## Örnek 2.

Bir yağış ölççeği tarafından 45 yıl içinde kaydedilen değişik süre ve şiddetteki yağışlar tablo 2.2 de liste halinde verilmiştir. 5 yıllık yağış için süre-şiddet bağıntısını tayin etmek için;

## Çözüm :

Şiddeti 5 yıllık yağışa eşit olan veya onu geçen yağışların 45 yıllık gözlem süresinde  $45/5=9$  defa ortaya çıktığı kabul edilirse, genelleştirilmiş süre-şiddet değerleri enterpolasyon yoluyla tablo 2.2 den şu iki şekilde elde edilir: (a) Verilen yağış şiddetlerinin her biri için, kendisine eşit veya daha uzun süreli yağışların 9 defa zuhur ettiği yağış süresini bularak ; (b) Verilen yağış süresinin her birisi için, kendine eşit veya ondan daha büyük şiddete sahip yağışların 9 defa zuhur ettiği yağış şiddetini bularak. Enterpolasyon, yatay ve düşey olarak kırık çizgilerle gösterilen köşegen boyunca yapılmış ve sonuçlar tablo 2-2b de gösterilmiştir. Mesela  $T=5$  yıl veya  $f= 1/5$  yıl frekansı için  $td=5$  dk süreli yağışın şiddetini bulalım. Tablo 2.2 den,  $n=14$  tekerrür için  $i=6$  cm/s,  $n = 4$  tekerrür için  $i=7$  cm/st okunur.  $n=9$  tekerrür için lineer enterpolasyonla

$$\dot{I} = 6 + ((7-6) / (14-4)) * (14-9) = 6,5 \text{ cm/st elde edilir.}$$

Tablo 2.3. b T=5 yıl için süre-şiddet bağıntısına ait değer çiftleri örnek2

a Süre,dak	5	10	15	20	30	40	50	60	80	100
b Şiddet cm/st	6,50	4,75	4,14	3,50	2,46	2,17	1,88	1,66	1,36	1,11
b Şiddet cm/st	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00	6,00
a Süre,dak	116,00	89,90	70,00	52,50	46,70	29,00	25,70	16,00	9,30	7,50

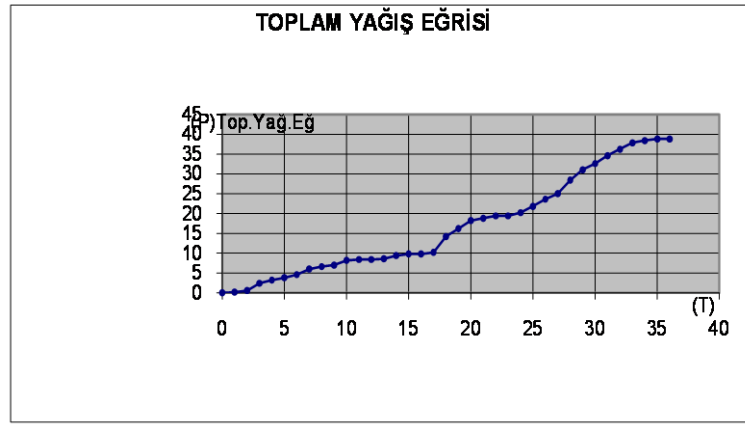
### 2.3. Toplam Yağış Eğrisi ve Hiyetograf

Bir yazıcılı yağış ölçerden elde edilen yağış kayıtları aşağıda tablo 2.4 de verilmiştir. Yağış Yüksekliği “P” ile ifade edilmektedir. Yağış yüksekliğinin zamanla değişimini gösteren yağış-zaman grafiği aşağıda gösterilmektedir. Yağışın zaman içerisindeki

değişimini, artışını, azalmasını, durmasını gösteren diyagrama Toplam Yağış Eğrisi denir [8].

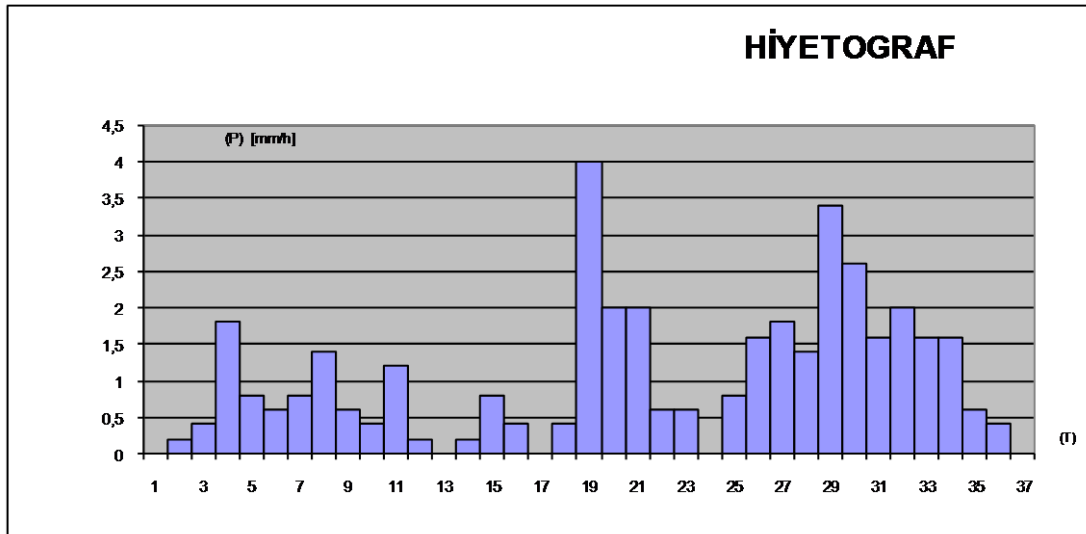
Tablo2.4. Yağış Ölçüm Sonuçları

Zaman (Saat)	Saatlik Yağış Miktarı	Toplam Yağış Miktarı
0	0	0
1	0,2	0,2
2	0,4	0,6
3	1,8	2,4
4	0,8	3,2
5	0,6	3,8
6	0,8	4,6
7	1,4	6
8	0,6	6,6
9	0,4	7
10	1,2	8,2
11	0,2	8,4
12	0	8,4
13	0,2	8,6
14	0,8	9,4
15	0,4	9,8
16	0	9,8
17	0,4	10,2
18	4	14,2
19	2	16,2
20	2	18,2
21	0,6	18,8
22	0,6	19,4
23	0	19,4
24	0,8	20,2
25	1,6	21,8
26	1,8	23,6
27	1,4	25
28	3,4	28,4
29	2,6	31
30	1,6	32,6
31	2	34,6
32	1,6	36,2
33	1,6	37,8
34	0,6	38,4
35	0,4	38,8
36	0	38,8



Şekil 2.3.Toplam Yağış Eğrisi

Yağış şiddetinin zamanla değişimini periyodik küçük zaman dilimleri içerisinde yağış yüksekliği olarak gösteren grafiğe *Hiyetograf* adı verilir [9]. (Şekil 2.4) Bu da genellikle basamaklı grafik sisteminde gösterilir.



Şekil 2.4. Hiyetograf

#### 2.4. Bölgesel Ortalama Yağış Yüksekliğinin Bulunması

Bir bölgede ortalama yağış yüksekliği: Mevcut verileri en iyi şekilde değerlendirerek bölgesel ortalama yağış yüksekliğini en az hata ile hesaplayabilmek için her bir yağış ölçüğünün çevresinde o ölçekteki okumayla temsil edilebilecek alanı belirleyen

metotlar kullanılır. Süresi ve şiddeti eşit olan yağmurların oluşum periyoduna (kaç yılda bir oluştuğuna ) yinelenme süresi denir [2].

Tablo 2.5. Yıllık Yağış Verileri

Yağış Ölçeği	Yıllık Yağış Yüksek. (mm)
Silivri	989.2
Çatalca	889.8
Küçükçekmece	1158.0
Büyükçekmece	839.2
Avcılar	760.1
Bahçelievler	563.5
Bakırköy	425.5
Merter	886.6
Zeytinburnu	1305.8
Topkapı	1016.8
Güngören	740.4

Tablo 2.6. Yağış Hesab Tablosu

Yağış ölçeği	Pi (mm)	Ai (km2)	Pi.Ai
Silivri	989.2	651.2	664167
Çatalca	889.8	750.2	667528
Küçükçekmece	1158.0	609.1	705349
Büyükçekmece	839.2	462.0	387710
Avcılar	760.1	136.1	103450
Bahçelievler	563.5	79.0	44517
Bakırköy	886.6	125.5	111268
Merter	1305.8	80.6	105248
Zeytinburnu	1016.8	319.7	325071
Topkapı	740.4	3.0	2221
<b>Toplam</b>		<b>3216.4</b>	<b>3096529</b>

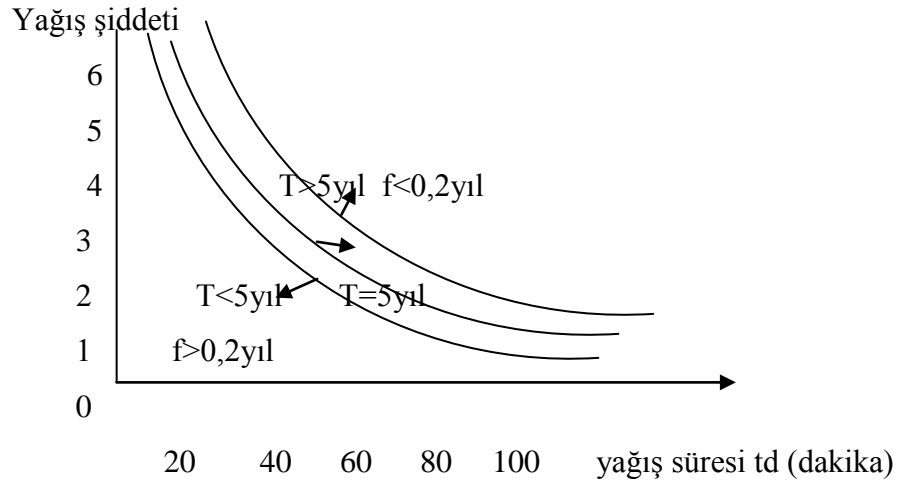
$$P_{\text{ort}} = \frac{3096529}{3216.4} = 962.7 \text{ mm}$$

## BÖLÜM 3. YAĞMURSUYU HESABI

### 3.1. Frekans Seçimi yapılması

Yağmursuyu kanallarının hesabı için aşağıda açıklanan süre-şiddet-frekans eğrilerinden birini seçmek gerekir (Şekil 3.1) Frekans ne kadar küçük veya T tekerrür periyodu ne kadar büyükse, süre-şiddet eğrisi o kadar yukarıda olacaktır. Yani f küçüldükçe r büyür. O halde küçük frekanslı yağışlara göre projelendirilmiş kanallar nadiren, büyük frekanslı yağışlara göre hesaplanmış kanallar ise daha sık taşkınlarla maruz kalacaktır. Bu sebeple hesaba esas alınacak frekans değeri bu taşkınların meydana getireceği zarara göre tesbit edilir. Değerli mal ve tesisleri bulunan refah seviyesi yüksek bölgelerde T = 15 seneye kadar çıkan büyük tekerrür periyodları hesaba katılır. Zengin ülkelerin şehirlerinin oturma bölgelerinde, T = 5 yıllık (f = 1/5 = 0,2), iş ve ticaret bölgelerinde ise T = 10 yıllık ( f = 0,1 ) yağışlar göz önüne alınmaktadır. Önemsiz yerlerde T = 0,5 yıl ( f = 2 ) gibi küçük tekerrür periyodlu zayıf yağmurlara göre hesap yapılabilir. Çeşitli frekanstaki yağışlara ait süre-şiddet-frekans eğrileri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlamıştır. İstanbul'da uygulanan İSKİ yönetmeliği bu eğrilerden Florya, Göztepe, Sarıyer ve Kandilli'ye ait olanları şartname ekine almıştır [10].





Şekil 3.1. Süre-şiddet-frekans eğrileri

### 3.2. Rasyonel Metod

Yağmursuyu şebeke hesaplarında ve dere ıslah debi hesaplarında Rasyonel Metod kullanılacaktır.

Rasyonel Metod'da Kullanılacak temel denklem:

$$Q = C \times I \times A$$

burada

Q=Proje Debisi (lt/sn)

I = Ortalama Yağış verimi (lt/sn/ha)

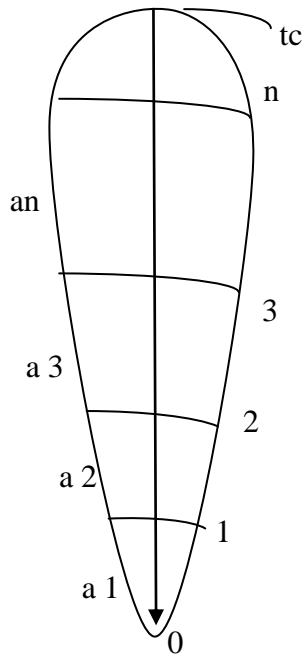
C= Yüzeysel akış katsayısı veya yağışın yüzeysel akışı oluşturan kısmının yüzdesi

Bu metoda verilen isim adı geçen teorinin amprik olmadığını ifade etmekte ise de, tecrübe ve muhakebe yoluyla seçilen amprik katsayılar kullanıldığından metod tamamiyle rasyonel değildir. Bu metoda zamana ve yere bağlı olarak değişen kayıpların i yağış şiddeti veya r yağış veriminin bir kesri olarak ifade edilebileceği , yani yağış ile dolaysız akış arasında lineer bir münasebetin mevcut olduğu kabul edilir ve net yağış verimi  $Cxr$  şeklinde hesaplanır. Burada C akış katsayısı adını alır. Rasyonel metod ve bunun değişik şekillerinde bir yağış sırasında, akış zamanlarının değişmediği kabul edilir. Buna göre akış zamanı sadece bulunulan mevkiin bir fonksiyonudur. Bu kabul akış hızının su yüksekliğiyle değişmesinin ihmal

edilmesiyle eş değerdir. Aksi halde hız su yüksekliğinin, dolayısıyla, zamanın fonksiyonu olacağından akış süreleri de zamanla değişecektir. İncelenen bir kesite kadar akış zamanı iki kısımdan meydana gelir: (a) Kanallara girinceye kadar suyun yer üst yüzeyinden akarken geçen zaman ; (b) Kanallar içindeki akış zamanı. Bu ikincisi. Dolu kesite ait olan  $V$  hızı ve  $L$  akış mesafesi yardımıyla

$$\text{Akış zamanı} = \sum (L/V)$$

Şeklinde bulunabilir. Akış zamanları eşit olan noktaları birleştiren çizgilere eş zaman çizgileri yahut izokron adı verilir ( şekil 3.2). Akımın gözlemlendiği "O" noktasına nazaran, zaman bakımından en uzakta olan noktanın akış süresine özel olarak toplanma zamanı veya konsantrasyon zamanı denir ve  $t_c$  ile gösterilir. Rasyonel metotta kısmi alanlardan gelen debiler  $Q = rCa$  denklemi ile hesap edilir. Burada  $r$   $lt/sn/ha$  olarak yağış verimini ,  $a$  ha olarak akımın toplandığı



Şekil 3.2. Bir drenaj alanında eş zaman çizgileri (izokronlar) ve toplanma zamanının tarifi

Alanın yüzölçümünü ifade eder.  $C$  akış katsayısı bu alan üzerine düşen toplam su miktarının ne kadarının akış haşine geçtiğini gösterir. Genel olarak  $C$ , bulunulan yerin konumunun ve zamanın bir fonksiyonudur. Değeri genellikle 0 ile 1 arasında

değişir. Söz konusu bölge ne kadar geçirimli ise, akış katsayısı sıfıra o karda yakındır. Asfaltla kaplı yüzeylerde, yani çom geçirimsiz alanlarda değeri 0,90 a kadar yükselir. Akış katsayısı yağmurun devamı sırasında genel olarak bir miktar artar. Çünkü başlangıçta tamamen kuru olan yüzeyler, zamanla kısmen suya doymun hale geçeceklerdir. Böyle bir ıslak yüzey üzerine düşen yağışın akışa geçen miktarı da o kadar fazla olacaktır. Bununla beraber meskun bölgelerden gelen yağmur suyu akımının hesabında basitlik temin etmek için genellikle akış katsayılarının zamanla değişmediği kabul edilir. Dolayısıyla akış katsayıları yer üst yüzeyinin özelliğinin ve iskan durumunun bir fonksiyonu olur (Tablo 3.1 e bkz) [11].

Tablo 3.1. Akış katsayıları

Alan Tanımı	Nüfus Yoğunluğu Kişi/ha	Yüzeysel Akış Katsayısı
Apartmanlar	500-1000	0,8-0,9
Apartmanlar	250-500	0,7-0,8
Apartmanlar	150-250	0,6-0,7
Bitişik nizamda müstakil	50-150	0,8-0,9
Ayrık nizamda müstakil	20-50	0,8-0,9
Parklar, mezarlıklar	20 den az	0.3-0,4
Yüksek değerli iş ticaret	20 den az	0,8-0,9

Şimdi eş zaman çizgileri şekil 3.2 de verilmiş olan bir drenaj havzasından “O” noktasına gelen akımın zamanla nasıl değiştiğini hesap edelim. İki izokron arasındaki akış zamanı bir zaman birimi olsun. Buna göre birinci zaman birimi sonunda “O” noktasından geçen debi

$$Q_1 = (C_1)_{a_1} \cdot a_1 \cdot r_1 \quad (1)$$

Olur. Burada  $(C_1)_{a_1}$ ,  $a_1$  alanının birinci zaman birimi sırasındaki akış katsayısını ;  $r_1$  yağışın birinci zaman birimi sırasındaki verimini, lt/sn/ha;  $a_1$  ise bu yağış sularının toplandığı alanın yüzölçümünü, ha göstermektedir. İkinci zaman birimi sonunda “O” noktasından geçen debiyi bulmak için yağışın başlangıcında 2 izokronu üzerine düşmüş olan yağmur suyunun hareketini takip etmek lazımdır. Bu yağmur damlaları,

birinci zaman birimi sırasında 2 izokronundan 1 izokronuna geldikleri zaman,  $a_2$  alanına düşen yağışın akışa geçen miktarını, yani  $(C_1)_{a_2 \cdot a_2 \cdot r_1}$  debisini toplamış olacaktır. Burada birinci zaman birimi sırasında  $a_2$  ye ait akış katsayısını koymak gerekecektir. Henüz birinci zaman biriminde bulunduğumuza göre yağışın verimi de  $r_1$  dir. 1 izokronuna gelmiş olan yağmur suyu akımı yolunu devam ederken, ikinci zaman birimi sırasında  $a_1$  alanına düşmüş olan yağış sularını da toplayacaktır. Bu ilave debinin değeri de  $(C_2)_{a_1 \cdot a_1 \cdot r_2}$  dir. Buna göre ikinci zaman birimi sonunda “O” noktasından geçen debi

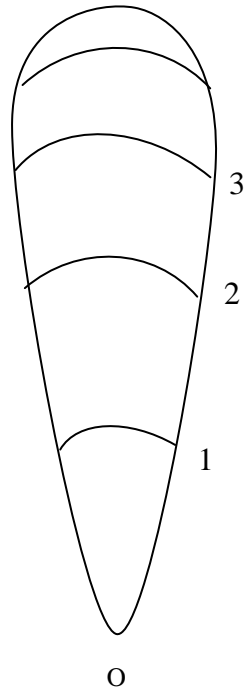
$$Q_2 = (C_1)_{a_2} \cdot a_2 \cdot r_1 + (C_2)_{a_1 \cdot a_1 \cdot r_2} \quad (2)$$

Olur. Benzer şekilde üçüncü zaman birimi sonunda “O” dan geçen debi için

$$Q_3 = (C_1)_{a_3} \cdot a_3 \cdot r_1 + (C_2)_{a_2 \cdot a_2 \cdot r_2} + (C_3)_{a_1 \cdot a_1 \cdot r_3} \quad (3)$$

Yazılabilir. Şimdi yağmurun mesela iki zaman birimi sonunda dindiğini kabul edelim:

$T_d = \text{yağış süresi} = 2 \text{ zaman birimi}$



Şekil 3.3. iki zaman birimi sonunda yağışın kesilmesi halinde su veren sahaların değişmesi

Bu halde birinci ve ikinci zaman birimi sonunda debilerin değeri aynen yukarıdaki gibi olur. Yalnız üçüncü zaman birimi sırasında yağmur yağmamaktadır. O halde 3 izokronundan kalkıp 1 izokronuna gelen akıma üçüncü zaman sırasında a1 alanından bir katkı olmayacaktır (Şekil 3.3 ).

$$r_3 = 0$$

$$Q_3 = (C_1) a_3 \cdot a_3 \cdot r_1 + (C_2) a_2 \cdot a_2 \cdot r_2 \quad (4)$$

Rasyonel metodun meskun bölgelere tatbiki sırasında genel olarak şu basitleştirmeler yapılır:

-Meskun bölgeye düşen yağışın verimi üniformdur. Yani  $r_1=r_2=r_3 \dots = r_n = r$

-Akış katsayıları zamanla değişmemektedir. Bu sebeple parantez içindeki endisler atılabilir ve parantezler kaldırılabilir. Mesela

$$(C_1)_{a3} = C_{a3} ; (C_2)_{a2} = C_a$$

Buna göre yukardaki denklemler şu şekli alır:

$$Q_1 = C_{a1} \cdot a_1 \cdot r \quad (5)$$

$$Q_2 = C_{a1} \cdot a_1 \cdot r + C_{a1} \cdot a_2 \cdot r \quad (6)$$

$$Q_3 = C_{a1} \cdot a_1 \cdot r + C_{a2} \cdot a_2 \cdot r + C_{a3} \cdot a_3 \cdot r \quad (7)$$

Yağmur yukarki misalde olduğu gibi iki zaman birimi devam ediyorsa  $td = 2$  zaman birimi olup “O” noktasından geçen debilerin çeşitli zamanlardaki değerleri de benzer şekilde

$$Q_1 = C_{a1} \cdot a_1 \cdot r \quad (8)$$

$$Q_2 = C_{a1} \cdot a_1 \cdot r + C_{a2} \cdot a_2 \cdot r \quad (9)$$

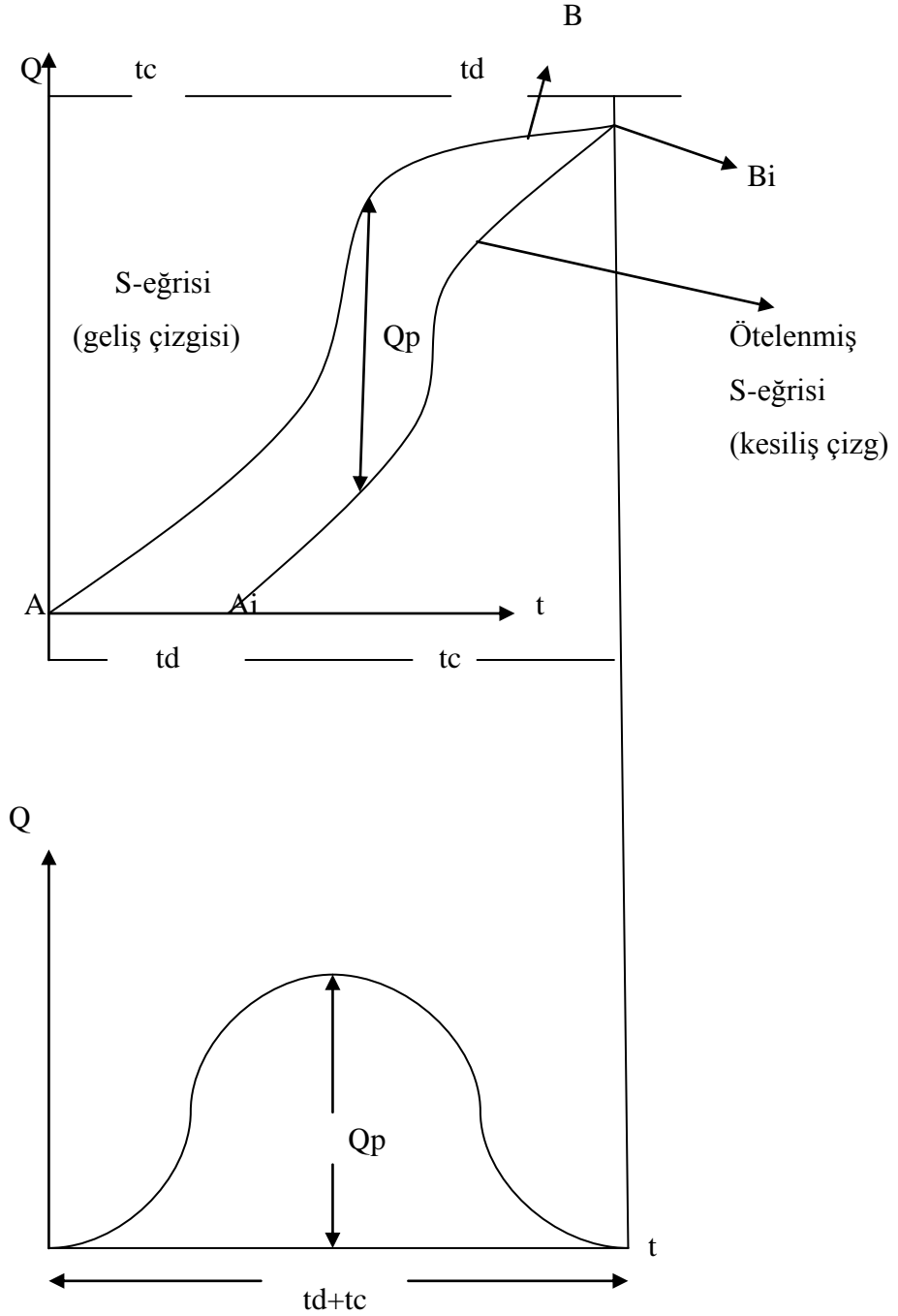
$$Q_3 = (C_{a1} \cdot a_1 \cdot r + C_{a2} \cdot a_2 \cdot r + C_{a3} \cdot a_3 \cdot r) - C_{a1} \cdot a_1 \cdot r \quad (10)$$

$$Q_4 = (C_{a1} \cdot a_1 \cdot r + C_{a2} \cdot a_2 \cdot r + C_{a3} \cdot a_3 \cdot r + C_{a4} \cdot a_4 \cdot r) - (C_{a1} \cdot a_1 \cdot r + C_{a2} \cdot a_2 \cdot r) \quad (11)$$

Olur. Genel olarak yağış süresi  $td = k$  zaman birimi ise, n.zaman birimi sonundaki debi

$$Q_n = r \sum c_{an} a_n - \sum c_{an} a_n \quad (12)$$

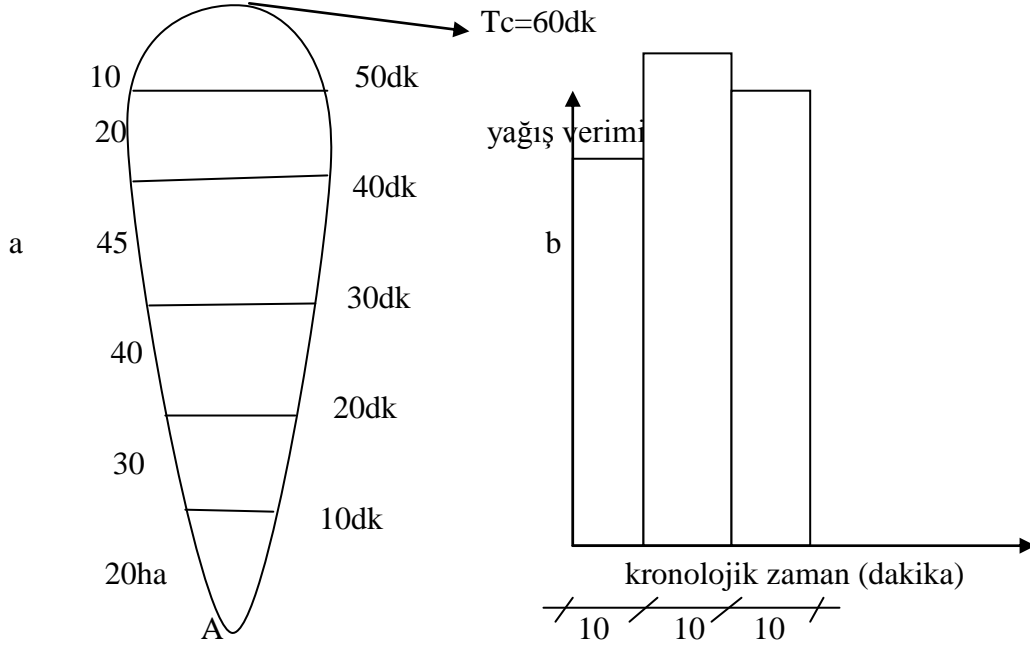
Denklemden bulunur. Yağmurun hiç dinmeden devam etmesi halinde, debinin zamanla değişimini veren birinci terim grafik olarak gösterilirse, sonsuz süreli akımın hidrografi olan S eğrisi elde edilir. Bu çizgiye S harfinin ad olarak verilmesi, bu çeşit eğrilerin S harfine benzemesindedir [11]. Buna literatürde geliş çizgisi de denilmektedir. İkinci terimde gene bir S-eğrisi gösterir. Fakat bu çizgi td yağış süresi kadar S eğrisinin sağa doğru ötelenmiş bir şeklidir (şekil 3.4 ).Bu eğriye literatürde kesiliş çizgisi de denmektedir. Geliş ve kesiliş çizgilerinin, yanlış S-eğrilerinin ordinatları “O” noktası ile izokron eğrileri arasında kalan  $\sum c_{an} a_n$  alanlarını r yağmur verimi ile çarparak bulunur (Misal 21-7 ye bkz ) [12].



Şekil 3.4. Hidrografın S- eğrileri yardımıyla bulunması

Demek oluyor ki yağmur dinmez, “O” noktasına komşu olan alanlardan akış kesilmekte ve debi, sanki yağmur hiç dinmemesi halindeki değerinden, akışı kesilen alanlara tekabül eden değeri çıkararak bulunmaktadır. Geliş ve kesiliş çizgileri arasındaki ordinat farkları, aranan akış hidrografını verir. Yağış başlangıcından belirli bir zaman sonra maksimum debi elde edilir. Şekil 3.4 de bu debi  $Q_p$  sembolü

ile gösterilmiştir. Yağış başlangıcından  $t_d+t_c$  zaman sonra, yani yağışın nihayetinden, toplanma süresi kadar bir zaman geçtikten sonra akım kesilir.



Şekil 3.5. Hyetografı verilen bir yağıştan meydana gelen hidrografın hesabı

(a) Yağış alanı ve izokronlar; (b)Hyetograf ( Misa13.1)

### Örnek 3.1.

İzokron ağı ve yağış şiddetinin zamanla değişimi Şekil 3.5 de verilen bir drenaj bölgesinde, yağış başlangıcından 40 dakika sonra, A dan geçen debiyi bulunması için (Yağmurun 30 dakika sonra dindiğini. Akış katsayısının  $C=0,5$  alınacağını kabul edelim).

Çözümü :

2 ve 3 bağıntıları benzer şekilde uygulanırsa

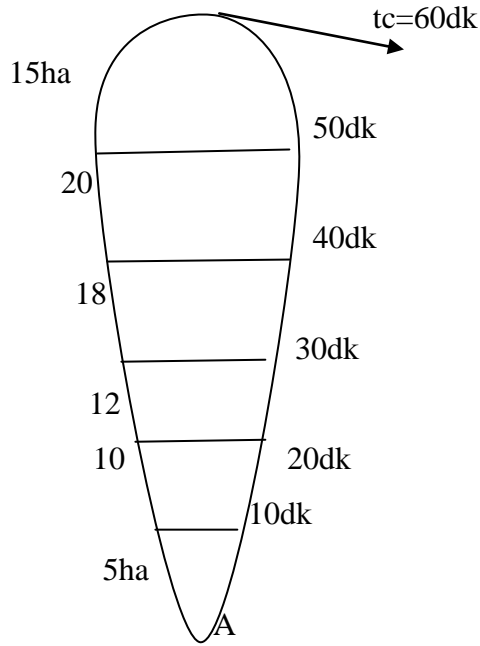
$$Q_{40} = 50 \times 45 \times 0,5 + 100 \times 40 \times 0,5 + 80 \times 30 \times 0,5 + 0 = 4325 \text{ lt sn elde edilir.}$$



## Örnek 3.2

Şekil 3.6 daki drenaj havzasında akış katsayısının zamanla değişimi aşağıda verilmiştir.

Zaman,dk	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Akış katsayısı, C	0,40	0,50	0,55	0,60	0,60



Şekil 3.6. ( örnek 3.2)ile ilgili şekil

$t_d = 20$  süreli ve üniform şiddetli bir yağmurun düştüğü bu yerde, yağış başlangıcından 30 dk sonra A noktasından geçen debi ne olur?

Çözümü :

$$(r = 100 \times 24 t_d + 9)$$

$$R_{20} = 100 \times 24 \times 20 + 9 = 82,76 \text{ lt sn}$$

$$Q_{30} = 82,76 \times (0,40 \times 12 + 0,50 \times 10) = 811,0 \text{ lt sn}$$

### Örnek 3.3.

İzokron çizgileri, akış katsayıları ve kısmi alanlar Şekil 21-11 de verildiğine göre ,  $t_d = 15$  dk devam eden  $r_{15} = 100$  lt/sn/ha verimindeki bir yağmurun  $t=25$  dk sonra A noktasına getireceği debiyi (a) formülle , (b) S-çizgilerini çizip hidrografi tespit ederek. (c) A noktasında kanal kesitini hangi debiye göre boyutlandırılacağını inceleyelim

#### Çözüm:

a.25 dk izokronundan aşağıya doğru akış takip edilerek  $t_d=15$  dk süre ile toplanan debi hesaplanır.Bu işlem yapılırken, 15 dk sonra yağışın dindiği göz önünde tutulur.Yani 0-10 dk izokronları arasındaki alanlardan gelen sular kesilmiştir.Bu sebeple  $Q_{25}$  debisi şöyle olur:

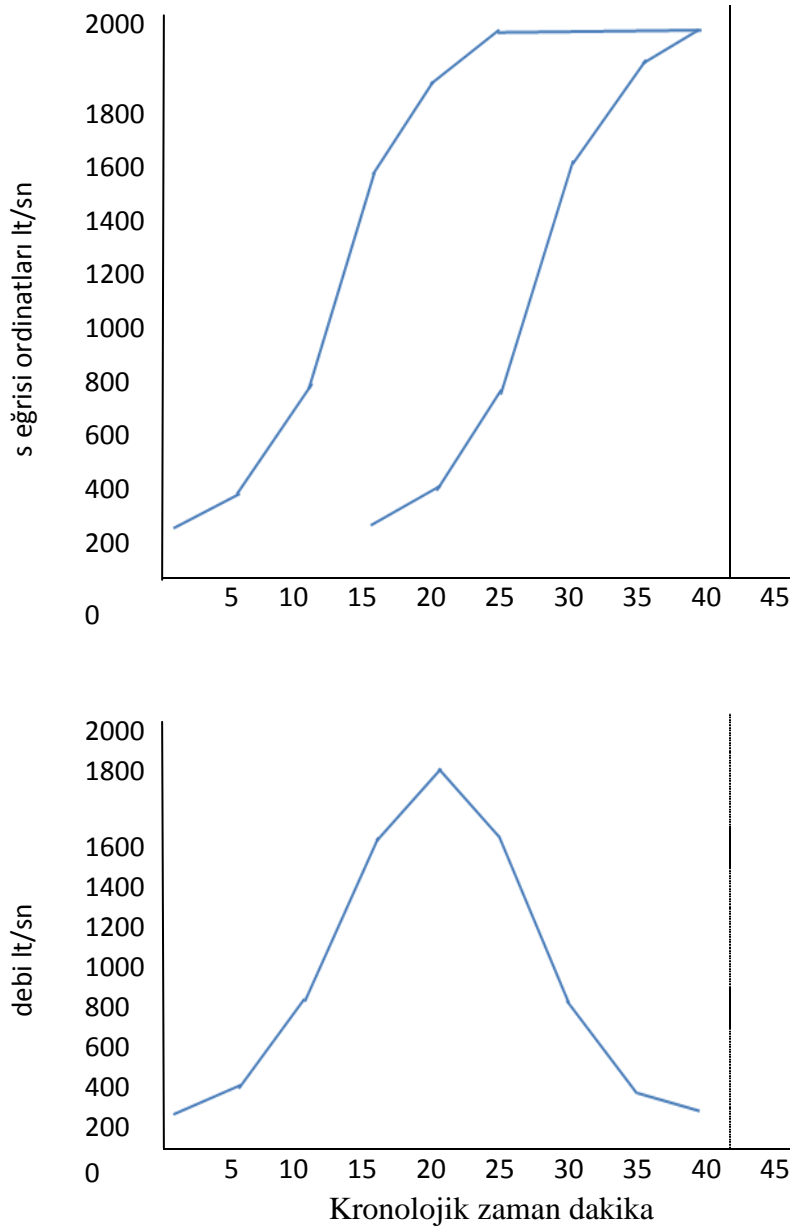
$$Q_{25} = 100 \times 3 \times 0,5 + 100 \times 6 \times 0,6 + 100 \times 12 \times 0,7 + 0 + 0 = 150 + 360 + 840 + 0 + 0 = 1350 \text{ lt/sn}$$

b.S eğrisi ile yağışın bittiği anda başlayan kaydırılmış S-eğrisi çizilir. Bunların ordinatlarının değerleri Şekil 21-12 de gösterilmiştir. Örnek olarak  $t=20$  dk için S-eğrisi ordinatı

$$Q = 100 \times 2 \times 0,5 + 100 \times 7 \times 0,6 + 100 \times 12 \times 0,7 + 100 \times 6 \times 0,6 \\ = 100 + 420 + 840 + 360 = 1720 \text{ lt/sn}$$

Olarak hesaplanmıştır. İki S-eğrisi arasındaki ordinat farkları , 15 dk devam eden 100 lt/sn/ha şiddetindeki yağışın hidrografını gösterir.Misal olarak yağış başladıktan 25 dk sonra A dan geçen debi  $Q_{25} = 1870 - 520 = 1350$  lt/sn olur ve yukarıda hesaplanan değer aynıdır.20 dk sonra A dan geçen debi ise  $Q_{20} = 1720 - 100 = 1620$  lt/sn olup şekil 21-12 nin alt tarafındaki hidrografa göre, 15 dk devam eden 100 lt/sn/ha şiddetindeki üniform bir yağışın meydana getireceği en büyük akımı gösterir [13].

(c) Yağışın süresi arttıkça şiddeti azalır. Yukarıda 15 dk devam eden yağışın şiddeti 100 lt/sn/ha olarak verilmiştir ve bu yağışın hidrografi bulunmuştur. Başka bir yağış süresi için farklı bir şiddet bulunur ve bu yağış için şekil 3.7 deki S-egrisleri değişir. Şeklin alt tarafındaki hidrografın maksimum ordinatı da yukarıda hesaplanan değerden farklı olur. Bu sebeple hangi süreli yağışın en büyük debiyi verdiğini araştırmak ve kanalı buna göre projelendirmek icap eder.



Şekil 3.7. örnek 3.3 ile ilgili şekil

### 3.3. Yağmur Suyu Hesaplamasında Dikkat Edilmesi Gereken Kriterler

#### 3.3.1. Tekerrür

Projelendirilecek Bölgelerdeki Yağış Tekerrür Aralığı Seçimi:

Tablo 3.2. Yağış Tekerrür Aralığı Seçimi

80 ha kadar	3 yıllık yağışlar
100 ha kadar	5 yıllık yağışlar
130 ha kadar	10 yıllık yağışlar
240 ha kadar	25 yıllık yağışlar
Daha büyük alanlar için	100 yıllık yağışlar seçilir

Tren yolu geçişi gibi kritik yerlerde tekerrür hususunda İSKİ ile mutabakat sağlanmalıdır. Ayrıca asgari yağmur yağış süresi 10 dk. olarak alınır. Bölgenin topoğrafik yapısına bağlı olmakla birlikte 25 yıllık frekans ve daha büyük frekanslarda projelendirme Dere Islah kriterleri dikkate alınmalıdır.

#### 3.3.2. Yağış şiddeti ve verimi :

Yağış şiddeti toplanma süresinin ( $T_c$ ) bir fonksiyonudur.

$$I = f(T_c) \text{ (mm/dakika)}$$

Toplanma süresi

$T_c = T_o + T_n$  bağıntısı ile belirlenir.

$T_o =$  Giriş Süresi :

Giriş süresi ( $T_o$ ) arazinin eğimine, yüzey pürüzlülüğüne ve su toplama alanının en uzak noktasının kanalın başlangıcına olan mesafesine bağlı yağmursuyu şebeke projeleri hazırlanırken

Dik meskun alanlarda giriş süresi : 5 dak.

Normal meskun alanlarda giriş süresi : 10 dak.

Düz meskun alanlarda giriş süresi : 15 dak.  
olarak seçilebilir.

Dere Islah projeleri hazırlarken Giriş süresi (Havza akış süresi)

$T_o = 60 \times [0,87 \times L^3 / dH]^{0,385}$  bağıntısından bulunur (iski şartnamesi)

Burada

$T_o$ : Havza akış süresi (dakika)

L: Havza sınırından dere ıslah yapısına kadar ana akış güzergahının uzunluğu (km)

dH: Ana akış güzergahının başlangıcı ile sonu arasında zemin kotu farkı (m)

$T_n = \text{Akış Süresi} :$

Kümülatif akımın dere ıslah yapısı başlangıcından itibaren menbain en ucundaki noktasına 'n' akış süresidir (dakika). Bir dere ıslah kesidindeki akış süresi ( $T_n$ ) aşağıdaki denklemden akış hızı ( $V_n$ ) ve dere ıslah yapısı uzunluğuna ( $L_n$ ) bağlı olarak bulunur.

$T_n = L_n / (60 \times V_n)$

$T_n$  : Akış süresi (dakika)

$L_n$  : Dere Islah Yapısı Uzunluğu (m)

$V_n$  : Dere ıslah yapısındaki suyun akış hızı (m/sn)

Menbada kollar var ise en büyük havza alanına sahip koldaki toplam akış süresi (ve genelde en yüksek  $T_c$  değeri) mansaptaki dere ıslah kesitinin hesaplanmasında kullanılır.

Yağış tekerrür aralıklarında Şiddet–Süre–Tekerrür eğrileri bulunurken Tablo 3.3 den elde edilen değerler ya da buradan elde edilmiş abaklar kullanılır.

Tablo 3.3. Yağış verimi

3 yıllık yağışlar	$I = 759.3/Tc^{0,652}$
5 yıllık yağışlar	$I = 972.3/Tc^{0,662}$
10 yıllık yağışlar	$I = 1\ 273/Tc^{0,674}$
25 yıllık yağışlar	$I = 1\ 692/Tc^{0,686}$
100 yıllık yağışlar	$I = 2\ 402/Tc^{0,701}$

Burada

I : Yağış verimi (lt/sn/ha)

Tc : Toplanma süresi (dakika)

### 3.3.3. Akış katsayısı

Yüzeysel Akış Katsayıları İçin Tavsiye edilen Değerler

Tablo 3.4a. Akış Katsayıları

Alan Tanımı	Nüfus Yoğunluğu Kişi/ha	Yüzeysel Akış Katsayısı
Apartmanlar	500-1000	0,8-0,9
Apartmanlar	250-500	0,7-0,8
Apartmanlar	150-250	0,6-0,7
Bitişik nizamda müstakil	50-150	0,8-0,9
Ayrık nizamda müstakil	20-50	0,8-0,9
Parklar, mezarlıklar	20 den az	0.3-0,4
Yüksek değerli iş ticaret	20 den az	0,8-0,9
Yönetim ve idare alanları	20 den az	0,8-0,9
Sanayi Alanları		0,5-0,8
Havaalanları vb.		0,5-0,6

Tablo 3.4b. Akış Katsayıları

<b>Drenaj Sahası Karakteristiği</b>	<b>Yüzeysel Akış Katsayısı</b>
Su Geçirmez satırlar	0,90-0,95
Dik Çıplak Satırlar	0,80-0,90
Dalgalı Çıplak Satırlar	0,60-0,80
Düz Çıplak Satırlar	0,50-0,70
Dalgalı Otlaklar	0,40-0,65
Yaprak Döken Ormanlar	0,35-0,60
Çam Ormanları	0,25-0,50
Meyve Bahçeleri	0,15-0,40
Taban Tarım Arazileri	0,10-0,30

### 3.3.4. Boyutlandırma

Yağmursuyu şebeke kanalı veya dere ıslahı boyutlandırılırken yuvarlak kesitlerde Prandtl-Colebrook formülü veya bu formülden elde edilmiş abaklar, kutu, dikdörtgen, trapez gibi kesitlerde ise Manning formülü kullanılmalıdır [14].

Dere hesaplarında boyutlandırmaya esas alınan debi ( $Q_{25}$ ,  $Q_{100}$ ) ye göre boyutlandırma yaptıktan sonra bir üst debiyi ( $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$ ) geçirip geçirmediği de tahkik edilmelidir [15].

Froud sayısının [ $F = v / (h_{su} \cdot g)^{1/2}$ ] tahkik edilerek sel rejiminde kalması halinde dalgalı sıçrama düzeyinde kalmasına dikkat edilmelidir. ( $F < 1,7$ )

Sürtünme gerilmesi tahkik edilerek malzeme seçiminde bu hususa dikkat edilmelidir [16].

Tablo 3.5. "N" Pürüzlülük Katsayısının Değerleri

Kanalların Yapıldığı Çeşitli Malzemeler İçin Manning Formülündeki "N" Pürüzlülük Katsayısının Değerleri				
Kanalın yapıldığı malzeme Cinsi	Kanal iç yüzeyinin durumu			
	Çok iyi	iyi	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 atıksu 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

### 3.4. Hız ve Eğimler

#### 3.4.1. Hızlar

Maksimum Hız

Hidrolik şartları yerine getirmek kaydıyla yağmursuyu kanallarında azami hız 6 m/sn' yi geçmemelidir.

Minimum Hız

Yağmursuyu kanallarında minimum hız 0,50 m/sn' altına düşmemelidir. Bu limitler dışındaki zorunlu hallerde İSKİ ile koordine kurularak mutabakat sağlanabilir [17].

#### 3.4.2. Eğimler

Yukarıdaki hız limitleri dikkate alınarak eğimler belirlenecektir. Eğimler 1:A şeklinde olmak üzere gösterilecektir. Eğimlerde A değeri verilirken virgülden sonra en çok iki hane yazılacaktır. Mesela  $\phi$  30 cm.lik kanallarda maksimum eğim 1/7 'yi aşmayacak, minimum eğim de 1/300'den daha az olmamalıdır ( Tablo 3.6).



Tablo 3.6. Kanallara Verilecek Eğimler

Kanallara Verilecek Eğimler			
Kanalın türü	Minimum Eğim	Maksimum eğim	
		Normal	İstisnai
ızgara ,D=15,20 cm	1:100	1:15	1:7
Başlangıç kanalı, D=20 ila 30 cm	1:300	1:15	1:7
2.derece kanallar D=35 ila 60 cm	1:500	1:25	1:15
Ana kanallar,D=65 ila 100 cm	1:1000	1:50	
Ana toplayıcı D=100 ila 200 cm	1:3000	1:75	

### 3.4.3. Su derinlikleri

Mecralarda su derinlikleri 2 cm.den az olmamalıdır. Ancak başlangıç kanallarında “Yıkama Bacası” konulmak şartıyla su derinliği 2 cm.nin, hız da minimum hızın altına düşebilir.

### 3.4.4. Debi doluluk oranı(Q/Q<sub>0</sub>)

Yağmursuyu ve atıksu kanalları azami %90 debi doluluk oranlarına göre hesap edilir. Ancak, %93 doluluk zaruri hallerde İSKİ’ce kabul edilebilir. İller bankasına göre ise bu oran %60 olarak kabul edilir [18].

### 3.4.5. Kanal derinlikleri

Kanal derinlikler(akar kot ile yol kırmızı kotu arasındaki yükseklik farkı) bodrum derinliklerine ve cadde genişliklerine bağlı olarak tayin edilir. Ortalama olarak Tablo 3.7 deki derinlikler alınacaktır. Zaruri hallerde kanal derinlikleri İSKİ'nin görüşü alınmak, hidrolik ve statik şartlar sağlanmak kaydıyla değiştirilebilir.

Tablo 3.7. Ortalama derinlikler

<b>Kesit</b> cm.	<b>Atıksu</b> <b>Kanalı</b> cm.	<b>Y.suyu</b> <b>Kanalı</b> cm.
30	300	150
40	310	160
50	320	170
60	330	180
70	340	190
80	350	200
90	360	210
100	370	220
110	380	230
120	390	240
140	410	260
160	430	280
180	450	300
200	470	320
220	490	340
240	510	360
260	530	380
280	550	400
300	570	420

### 3.5. Bacalar

#### 3.5.1. Kontrol bacaları

Sokakların kavşak yerleriyle kanalların gerek yön ve gerekse eğim değiştirdiği noktalarda kontrol bacası konacaktır. Ancak, iki baca arasındaki uzaklık kanal çaplarına bağlı olarak aşağıdaki miktarları aşmamalıdır.

$\phi < 120$  cm. ise 2 baca arası uzaklık max. 70 m.

$\phi > 120$  cm. ise 2 baca arası uzaklık max. 100 m.

$\phi > 160$  cm. ise 2 baca arası uzaklık max. 140 m

Bakım ve işletme amacıyla içine girilebilen kesitlerde baca aralığı daha büyük alınabilir [19].

#### 3.5.2. Düşümlü bacalar

Sokak eğimlerinin kanallar için kabul edilen eğimlerden daha fazla olması halinde, kanallar üzerinde şüt ve kaskatlar yapmak suretiyle uygun eğimler temin edilir.

şütler kontrol bacalarında düzenlenecek ve şütün yapılması gerekli olan her yere bir kontrol bacası konulur. Düşüm yüksekliği maksimum 2.5 m. olmalıdır. Daha yüksek durumlarda vorteks yapısı planlanır. İSKİ ile mutabık kalınmak kaydıyla : Eğimin fazla olması yüzünden düşümlerin sık planlanması gibi gayri ekonomik durumlarda boru cinsi değiştirilebilir (A.Ç.B., PVC, ÇELİK BORU, FONT, HDPE, CTP v.b.). Toprak örtü kalınlığı zaruri hallerde minimum 1 m. alınabilir. Örtü kalınlığı 1 m'nin altında kaldığı taktirde kanal beton kılıf içine alınarak statik ve betonarme hesapları yapılır (bkz. Bölüm5).

### 3.5.3. Yağmursuyu ızgaraları

Yağmursuyu kanalları, yağmur suyunun sokaklarda  $Q = 80-100$  lt/sn (sağ ve sol kaldırım kenarlarında her biri 40-50 lt/sn) kadar toplandığı noktalardan başlatılmalıdır

Her kavşak noktasına yerleştirilmek şartıyla ızgaralar arası sokak boyu, yol, eğimine bağlı olarak 50m ile 80 m.dir. Ayrıca yolların yapısı su toplama noktaları da dikkate alınarak yol enkesidi boyunca ızgara planlanmalıdır. Suyun çok yoğun olarak geldiği yerlerde tülani ızgara (iki kaldırım arası) bırakılabilir [11].

### 3.5.4. Özel yapılar

Tünel bacası (şaft), savaklama odası, deşarj yapıları ve benzerleri var belirtilen kriterlere göre projelendirilir.

### 3.5.5. Jeolojik ve jeoteknik araştırmalar

Mahalli şartlara göre, kanal ve kollektör güzergahlarında gerektiği sayıda araştırma ve deneme çukurları açılarak, zemin cinsini belirlemek ve zemin emniyet gerilmesini bulmak gerekir [9].

## **BÖLÜM 4. BORULARIN DÖŞENE BİLMESİ İÇİN GEREKEN KRİTERLER**

### **4.1. Genel**

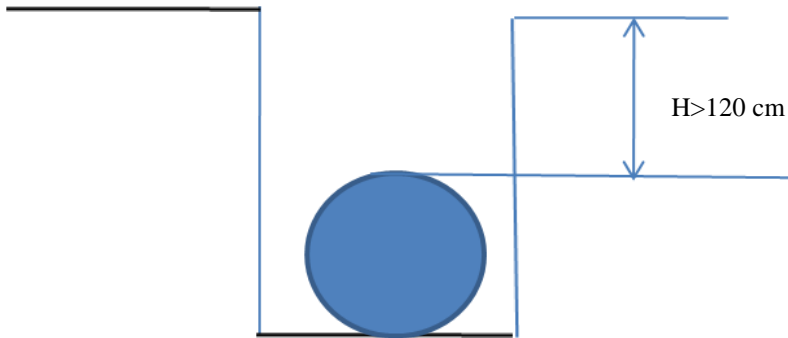
Bir boru hattı güzergahı, hidrolik açıdan en elverişli şekilde seçilmelidir. Uygulanacak boru hattı için harita planı oluşturularak güzergah üzerindeki bakım ve onarım imkanları tartışılmalıdır. Boru hattında ani saptamalardan ve sehimlerden mecbur kalınmadıkça kaçınılmalıdır. Hattın inşa edileceği yerin geoteknik açıdan erozyon şartları, arazinin eğimi, yeraltısuyunun konumu ve benzeri bir çok etüt mutlaka yapılmalıdır.

Şehir dışı gibi yaşam sahasına uzak olan yerlerde döşenen borular kapalı kesit yöntemiyle yapılacak ise yani üstü toprakla kapatılacak ise; hattın güzergahının zamanla kaybolmaması için, hat güzergahını belli edecek işaretler bırakılmalı ve bu işaretlerin yetkili kurumlar tarafından zamanla takip edilmesi sağlanmalıdır. Trafiğe açık, işlek bir caddenin altından geçen bir boru hattı bir çok bakım ve onarım problemleri ile karşı karşıya demektir. Bu nedenle boru hattının bakım ve onarım işleri yerel yönetim tarafından uygun bir program dahilinde düzenlenmelidir.

Şebeke borularının trafikten ve yüzeyden gelen diğer yükler nedeniyle hasara uğramaması için yerleştirme derinlikleri çok iyi hesaplanmalıdır. Genellikle halka açık bir yolun altında uzanan boru hatları için uygun yerleştirme derinliği 120 cm'dir (Şekil 4.1). Ancak bu derinliğin sağlanamadığı hallerde 60 cm'ye kadar müsaade edilebilir. Yerleştirme derinliği soğuk bölgelerde donma derinliğinin altında olmalıdır. Şehir dışında 120cm olarak düşünülebilirse de şehir içinde hatların yoğunluğu düşünülüp 150cm olması daha uygundur. Yağmursuyu hattı için düşünülen bu derinlik, sonradan düşenecek hatlarda düşünülmelidir. Bu hatlar Türkiye şartlarında genellikle P.T.T, doğal gaz, içme suyu, fiber optikler v.s. gibi

hatlardır. Eğer yerleştirme derinliğinin 60 cm'den az olma durumuyla karşılaşılıyorsa, boruyu kuvvetlendirmek ve dış yükler nedeniyle hasara uğramasını önlemek için borunun üzerindeki yola uygun kalınlıkta beton tabaka atılmalı veya boru çevresine rijit bir kafes yapılarak boruya mukavemet kazandırılmalıdır. Düşünülen betonun kalınlığı toprak kalınlığı ile alakalı olduğu kadar borunun cinsi ilede alakalıdır (ilerleyen konularda detaylı anlatılacaktır). Ayrıca diğer yeraltı çalışmaları bakım ve onarım faaliyetleri için en az 30 cm'lik aralıklar bırakılmalıdır. Eğer bu sağlanmazsa bakım ve onarım işleri güçleştiği gibi boruların çevresinden dış toprak yükü gelebilir [20].

Borunun yerleştirildiği derinlikte su tabakası boruya karşı bir yüzdürme kuvveti uyguluyorsa ve borunun çapı büyükse kaplama toprağı daha fazla olacaktır. Kazılmış bir hendek içindeki suyun boruyu yüzdürme etkisi vardır. Bu nedenle hendeğin toprakla doldurulması mümkün olduğunca çabuk yapılmalıdır. Tüm bu çalışmaların başında yapılacak en önemli iş topografik etüt çalışmasıdır. Bu etüdlere toprağın stabilitesi, zeminin özellikleri, jeolojik durum ve yeraltısuyunun davranışı çok iyi analiz edilmelidir. Bu analizlerden sonra uygun yerleştirme derinliği ve hattın konumu seçilmelidir. Büyük çaplı boruların yanına yeraltı suyunun akışını kolaylaştırmak için bir sızıntı borusu temin edilmelidir fakat eğer borunun altında yeterli miktarda filtre malzemesi varsa ve yer altısuyu bir sıkıntı teşkil etmiyorsa drenaj borusu kullanılmayabilir.



Şekil 4.1. boru hatları için uygun yerleştirme derinliği

Eğer boru hattında sapsmalar gerekiyorsa büyük çaplı borular için hendek uygun bir şekilde genişletilmelidir. Daha sonra maksimum sapma limitlerini aşmamak koşulu ile düşünülmüş olan betonarme baca dönüşü uygun bir şekilde yapılmalı ve kavis

verilmelidir. Sürtünmenin azalması ve akışın korunması için, bacanın içine borunun şekli verilerek yalak adı verilen yapı yapılmalıdır.

Boru hattı güzergahlarının planlanmasında borunun boyutları ve konumu en önemli parametrelerdir. Örneğin, kırsal kesimden kentsel kesime doğru geçen bir boru hattının önemi ve riski artacağından daha fazla önlem ve dikkat söz konusudur. Vereceği sıkıntıların zorluğu düşünülerek boruya yapılması gereken tüm korumalar yapılmalı ve gerekli tüm önlemler alınmalıdır.

#### **4.2. Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar**

- 1) Boru hattının proje koordinatörü bilinmelidir.
- 2) Hem düşey(şut varsa şut mesafesi) hem yatay pozisyondaki kıvrımların konumu, açıları, teğetsel mesafeleri ve kesişim noktaları bilinmelidir.
- 3) Sistemdeki bacalar ve varsa diğer hat elemanlarının konumu bilinmelidir.
- 4) Boru hattı sistemine yakın olan diğer tesisatların ve yapıların konumları bilinmelidir ve ayrı plana işlenmelidir.
- 5) Boru hattının geçtiği tüm güzergahlar bilinmelidir. Şehir içinde ise; sokakların, caddelerin ve kaldırımların konumları bilinmelidir.
- 6) Hattaki tüm boruların çapları, ve boru cinsi bilinmelidir.
- 7) Boruların imalat prosedürleri, toprak taşıma mukavemetleri, astarlama ihtiyaçları iyi bilinmelidir.
- 8)tespit kitlelerinin hesaplanmasında zeminin taşıma gücü ve su tabakasının konumu önem taşımaktadır.

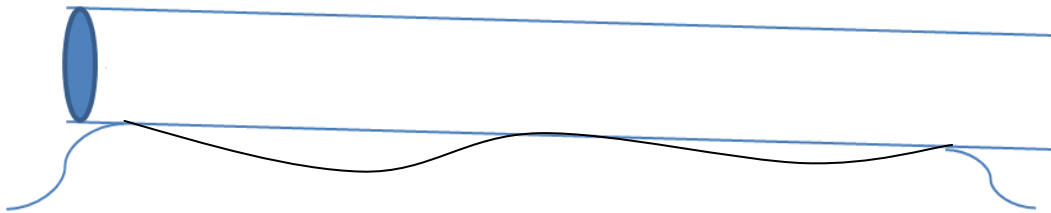
#### **4.3. İmalat Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Bazı Önemli Kriterler**

Bir boru hattının döşenmesinde dikkat edilmesi gereken bazı önemli hususlar aşağıda ki gibidir:

- 1) Hendek kazma işlemi sırasında taş veya herhangi bir sert malzeme veya boruya zarar verecek malzemeler çıkarsa tüm taşlar temizlenmeli ve sert malzemelerin giderilmesi ile oluşan boşluğa dolguya uygun dolgu malzemesi ilave edilmelidir.

- 2) Eğer zemin yumuşak ise borunun çökmesini önlemek için kum veya dolguya uygun malzeme tabakası hendek dibinden borunun yarıçapı kadar derinliğe yayılmalıdır(genellikle bu yayma derinliği 30cm civarındadır)
- 3) Boruyu döşmeden önce hendek içerisindeki su varsa(yağmursuyu, yer altı suyu gibi)kesinlikle giderilmelidir. Bu su pompalar yardımı ile çekilmelidir.
- 4) Tüm sistem kazılan toprağın aksi yönünde yerleştirilmelidir
- 5)Borular hendeğe herhangi bir hasar oluşmayacak şekilde dikkatlice indirmelidir.
- 6) Borular, imalatçıların işaretine dikkat edilerek doğru güzergahta ve kotta döşenmelidir.
- 7) Boruların döşenmesinde dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan birisi hendek tabanının düzgün olmasıdır. Bu nedenle borunun altında girintilerin, çıkıntuların, sivri ve sert maddelerin olmamasına özen gösterilmelidir. Aksi halde boru eğilmelere maruz bir kiriş gibi çalışır. Boru hattının titreşimler ağırlık etkileri nedeniyle çatlamasını ve kırılmasını önlemek için boru, hendek tabanına düz ve tam bir şekilde oturmalıdır. Bu amaçla söz konusu engeller kaldırılmalı ve oluşan boşluklar kum, taşsız toprak veya 5 cm'den daha küçük çakıl ile doldurulmalıdır. Şekil 4.2'de yanlış döşenmiş bir boru hattı ve şekil 4.3'de ise doğru döşenmiş bir boru hattı gösterilmiştir. Boruların mutlaka düz ve sabit bir eğimde döşenmesine dikkat edilmelidir. Bu nedenle uygulamada projedeki eğilimlere uyulmalıdır.

Boru hendekleri şevli veya iksali açılmalıdır. İksali (destekli) durumda hendek yan yüzleri desteklenir. İksanın yapılmasına veya yapılmamasına karar vermek için zemini çok iyi tanımak gerekir. Örneğin, sert ve kendini tutabilen bazı zeminler, yağışlar ile gevşeyip dökülebilir. Bu gibi hallerde iksa yapılmaması sonucunda birçok işçinin can güvenliği tehlikeye girmektedir. Bu nedenle mesleki deneyimler ve zemin bilgisi önem arz etmektedir [21].



Şekil 4.3. Yanlış döşenmiş bir boru hattı



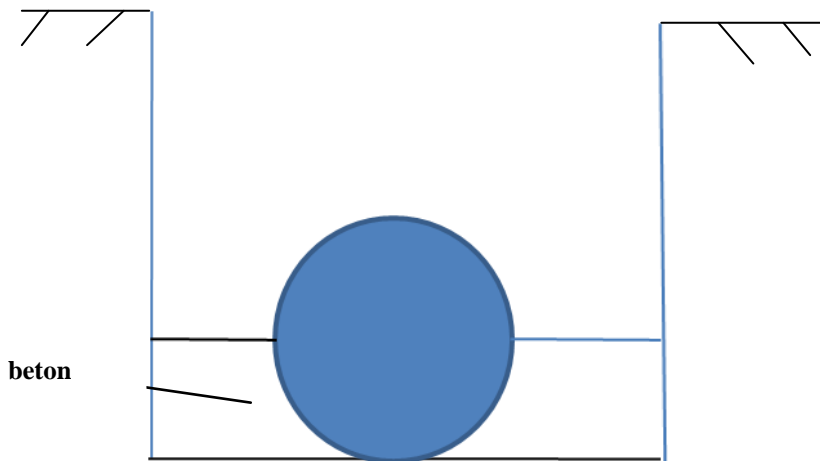
Şekil 4.2'deki gibi çıkıntılar üzerine oturtulmuş bir boru hattı timler ve ağırlık etkiyle kısa sürede deformasyona uğrar ve çatlar.



Şekil 4.3. Doğru döşenmiş bir boru hattı

Şekil 4.3'de görülen boru hattında boru başları için kafa çukurları (baş çukurları)teşkil edilmiştir. Böylece borunun baş kısımları üzerinde değil gövdesi üzerinde daha geniş bir alana oturması sağlanmaktadır. Ayrıca borunun altına yastık görevi yapacak borunun çapıyla orantılı ve zeminin çürüklüğü düşünülerek (ortalama 15-50 cm) bir sağlamlaştırma yapılmalıdır

Açılan hendeğin tabanı stabil değil ise borunun altına beton yatak yapılmalıdır. Eğer zemin çok yumuşak ise borunun altına kazıklar çakılarak bunların üzerine bir yatak yapılmalıdır. Şekil 4.4'de stabil olmayan bir hendek tabanında teşkil edilen bir beton yatak görülmektedir.

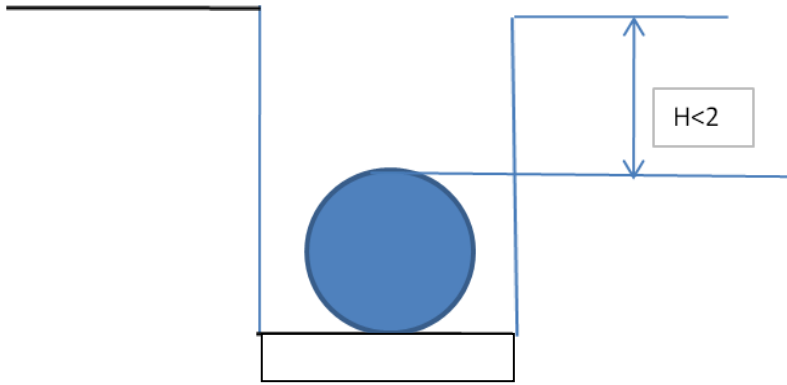


Şekil 4.4. Stabil olmayan bir hendek tabanında beton yatak ile beslenen boru hattı

## BÖLÜM 5. BORULARA GELEN DIŞ YÜKLER

Yapılması düşünölen boru hattın derinliklerine göre boru cinsi veya boru cinsi belirlenmiŐ ise beton kaplama kalınlıkları belirlenir. Hendekteki dolgu toprağından boruya gelen yüklerin tayini için dolgu durumlarına göre Anson Marston tarafından çeşitli toprak basıncı ifadeleri verilmiştir. Bu durumlar aşağıda verilmiştir.

### 5.1. Toprak Dolgusunun 2.0m veya Daha Az Olması Durumu



Şekil 5.1. Toprak Dolgusunun 2.0m veya Daha Az Olması Durumu

Şekil 5.1'deki gibi toprak dolgu tabakasının 2.0m veya daha az olması halinde boruya etkileyen toprak basıncı:

$$W_f = W \times H$$

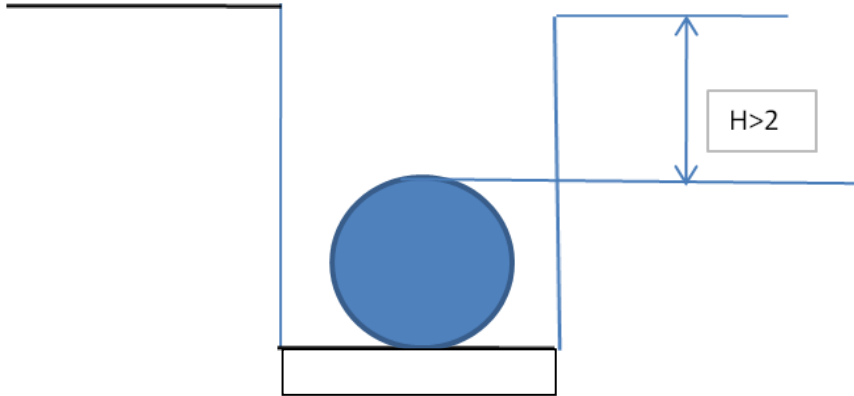
Şeklinde ifade edilmektedir. Buradaki parametreler;

$W_f$  : Toprak basıncı ( $\text{kgf/cm}^2$ )

$W$  : Toprağın birim ağırlığı ( $\text{kgf/cm}^3$ ) ;  $w = 0.0018 \text{ kgf/cm}^3$

$H$  : Dolgu toprağı derinliği (cm) Türkdoğan (2008).

## 5.2. Toprak Dolgusunun 2.0 m'den Daha Fazla Olması Durumu



Şekil 5.2. Toprak Dolgusunun 2.0 m'den Daha Fazla Olması Durumu

Şekil 5.2 de görüldüğü gibi boru sırtı üzerindeki toprak dolgusunun 2.0m'den daha fazla olması halinde boruya etkiyen toprak basıncı;

$$W_f = (W / (2 \times k \times \tan\theta)) \times (1 - e^{-2k \cdot \tan\theta \cdot (H/B)}) \times B$$

İfadesiyle hesaplanmaktadır. Burada;

$W_f$  : Toprak basıncı ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

$W$  : Toprağın birim ağırlığı ( $\text{kgf}/\text{cm}^3$ );  $w = 0.0018 \text{ kgf}/\text{cm}^3$

$H$  : Dolgu toprağı derinliğı (cm)

$B$  : Boru üst seviyesindeki hendek genişliğı (cm)

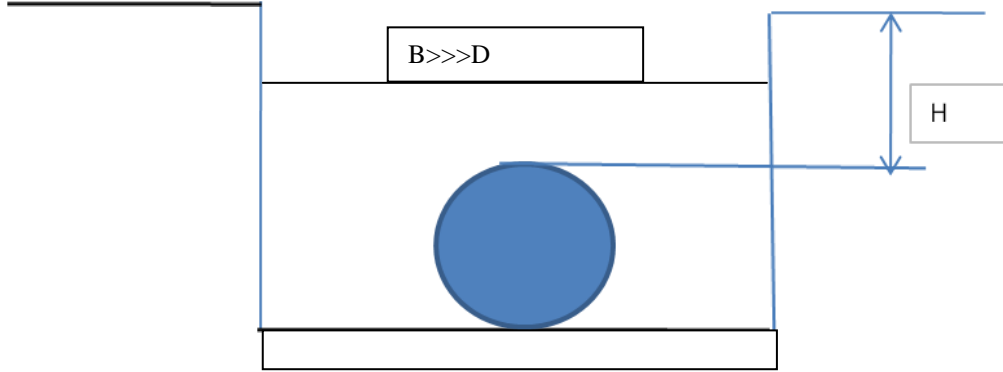
$\theta$  : Toprağın kayma mukavemeti açısı derece  $Q=30$  )

$K$  : Aktif toprak basıncı katsayısı olup  $k = (1 - \sin\theta) / (1 + \sin\theta) = \text{tg}^2(45 - \theta/2)$

olarak hesaplanır.

$E$  : Doğal logaritma

### 5.3. Hendek Genişliğinin Boru Çapından Çok Fazla Olması Durumu



Şekil 5.3. Hendek Genişliğinin Boru Çapından Çok Fazla Olması Durumu

Şekil 5.3’de görüldüğü gibi hendek genişliği B’ nin boru çapına göre fazla olması durumunda Marston’ın pozitif projeksiyon durumunu için verdiği formül geçerli olmaktadır. Buna göre buruya gelen toprak basıncı;

$$W_f = C_c * W * D$$

Olarak ifade edilmektedir. Buradaki parametreler ise;

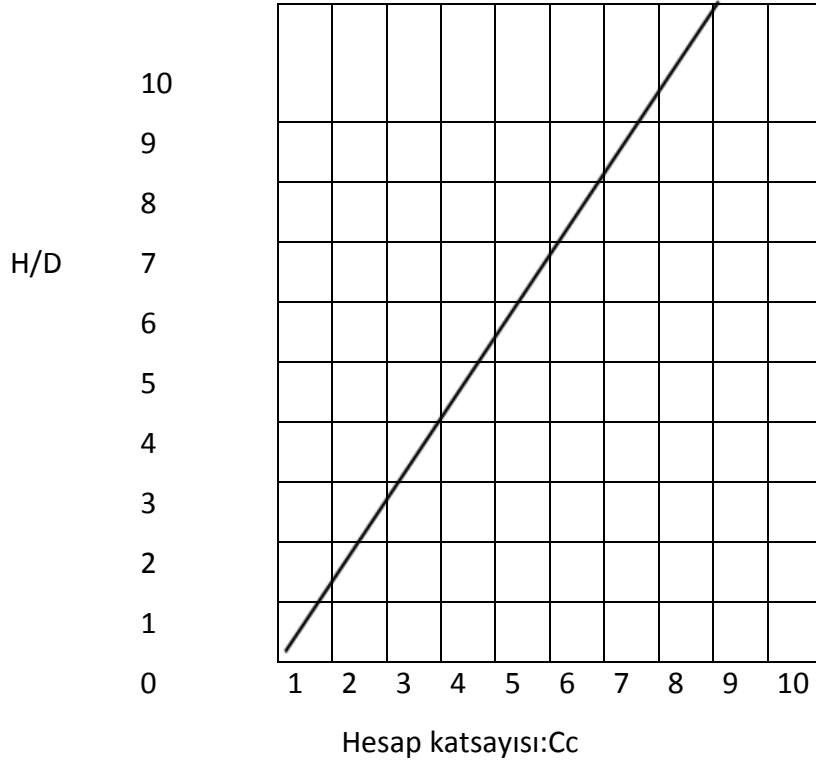
B : Boru üst seviyesindeki hendek genişliği (cm )

W : Toprağın birim ağırlığı (kgf /cm<sup>3</sup> ; w =0.0018 kgf/cm<sup>3</sup>)

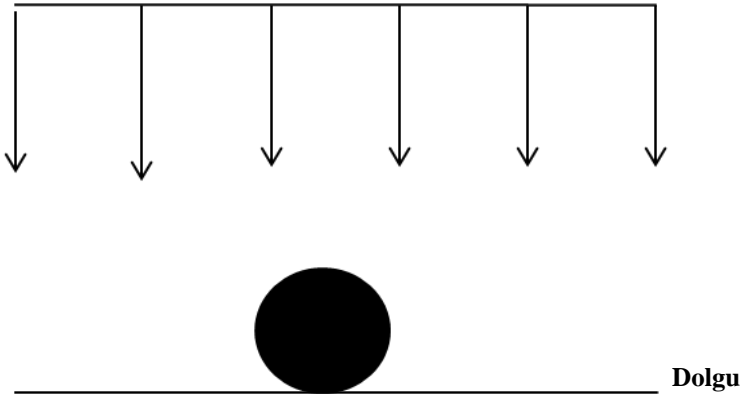
D : Boru çapı (cm )

C<sub>c</sub> : Pozitif projeksiyon katsayısı

Formülde görülen “C<sub>c</sub>” pozitif projeksiyon katsayısı borunun üstündeki dolgu toprağı derinliği (H) nin boru çapı (D) na oranına göre şekil 5.4’de görülen diyagramdan elde edilmektedir [20].



Şekil 5.4. Cc katsayısı diyagramı



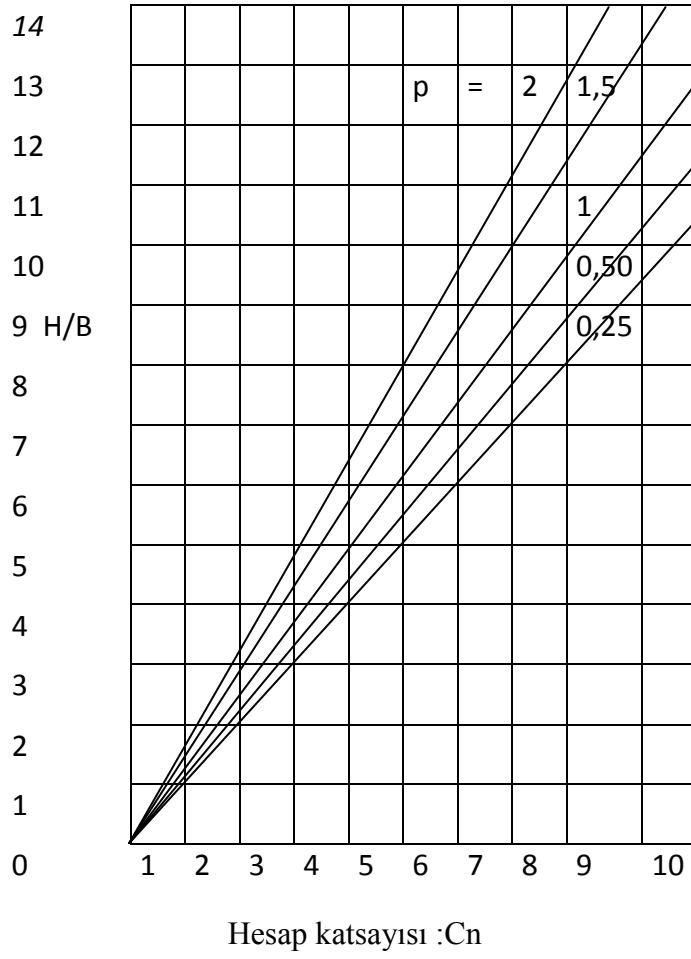
Şekil 5.5. Pozitif projeksiyon durumu

Negatif projeksiyon durumunda ise marston şu formülü vermektedir:

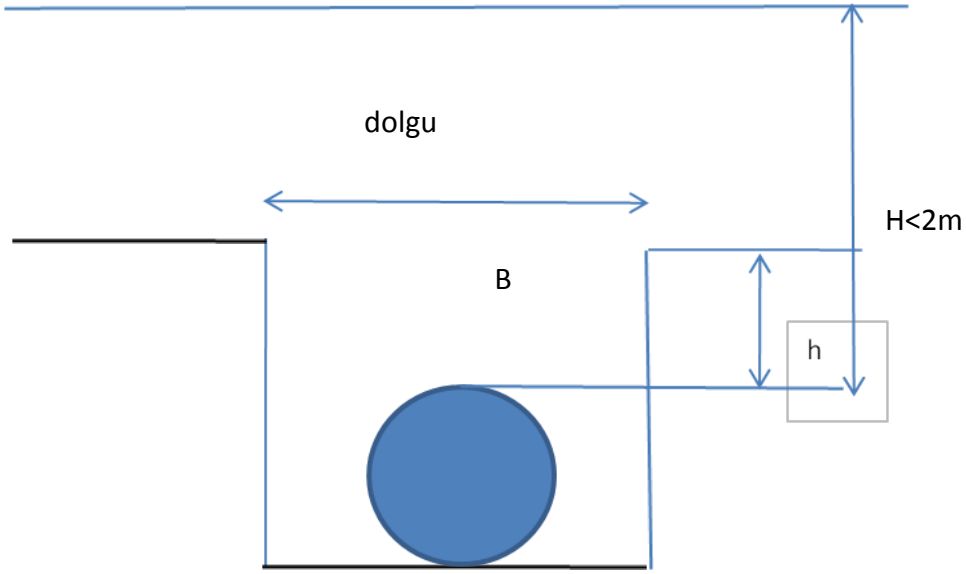
$$W_f = C_n \times w \times B$$

Burada “C<sub>n</sub>”negatif projeksiyon katsayısı olup şekil 3,6’daki diyagram yardımıyla elde edilmektedir. Şekil 3.7’de negatif projeksiyon durumu görülmektedir.

Negatif projeksiyon durumu için hesap katsayısı :  $C_n$



Şekil 5.6.  $C_n$  katsayısı diyagramı



Şekil 5.7. Negatif projeksiyon durumu

#### 5.4. Kamyon Yüğü Nedeniyle Oluşan Toprak Basıncı

Burada kamyon gibi taşıtlar nedeniyle oluşan toprak basıncı Boussinesq formülü kullanılarak hesaplanabilir. Buna göre boruya etkiyen toprak basıncı;

$$W_t = F \times \alpha \times P$$

Olarak yazılabilir. Burada;

$W_t$  : Kamyon yükü nedeniyle oluşan toprak basıncı ( kgf /cm<sup>2</sup> )

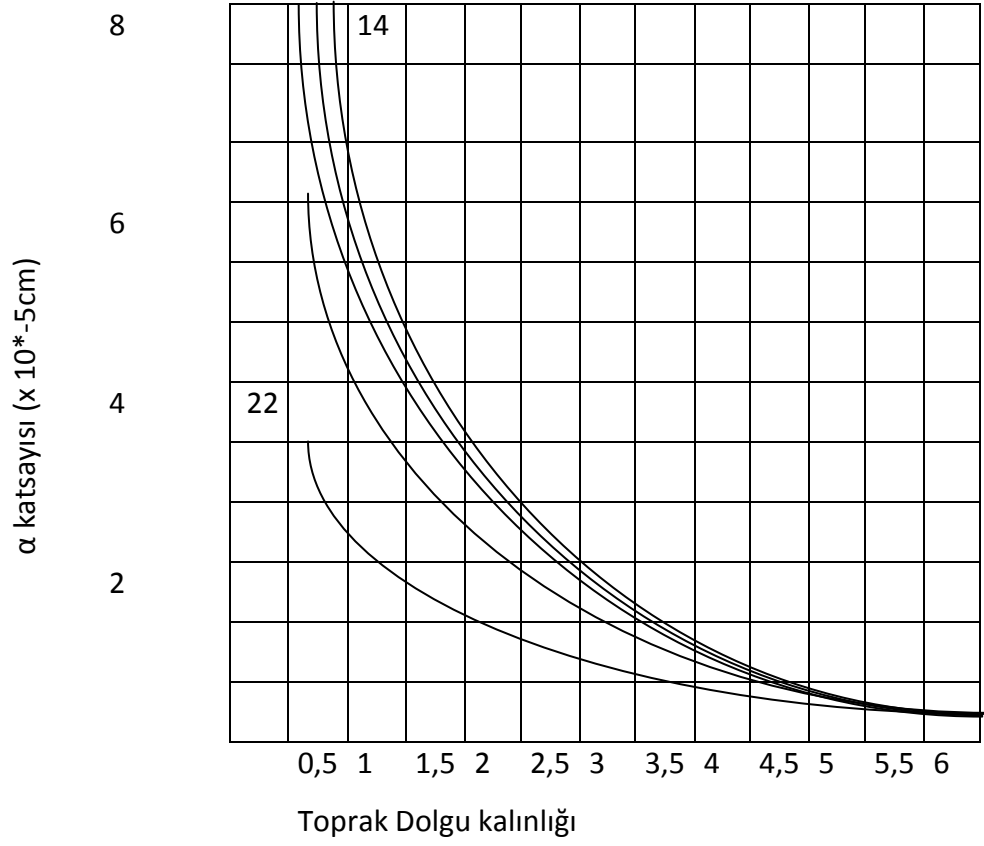
$F$  : Etki faktörü (  $F=1.5$  alınabilir.)

$P$  : Kamyonun arka dingillerinin ağırlıkları,  $P=8000$  kgf

$\alpha$  : Boussinesq katsayısı

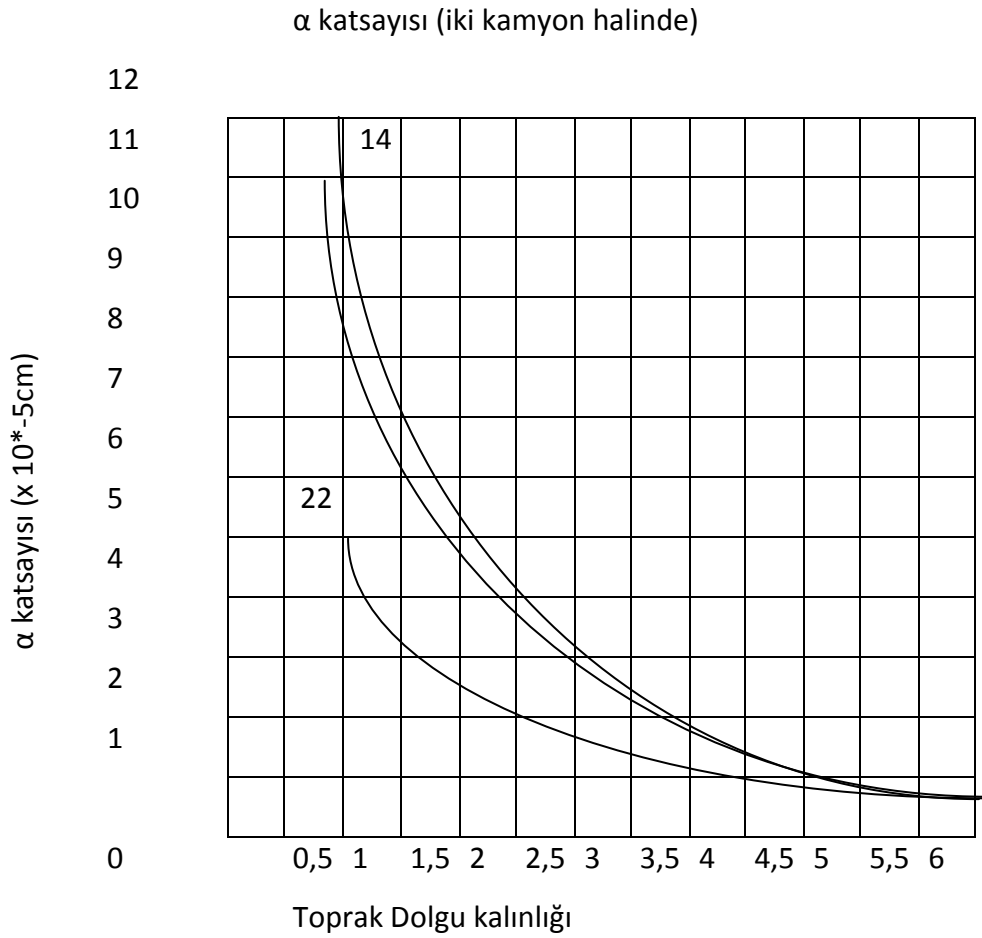
( $\alpha$  değeri bir veya iki kamyon durumları için şekil 5.8 ve şekil 5.9'da görülen abaklar yardımıyla hesaplanır.) [20].

$\alpha$  katsayısı (tek kamyon halinde)



Şekil 5.8.  $\alpha$  değeri bir kamyon durumu için





Şekil 5.9.  $\alpha$  değeri iki kamyon durumu için

### 5.5. Hendekte Döşeli Borulara Etkiyen Yükleme Durumları İçin Diğer Hesaplamalar

Dar kanallarda döşenen borulara gelen yüklerin bir kısmı cidarlardaki sürtünme ile karşılanır. Böylece boru üzerine daha az yük etkir. Ancak geniş kanallarda borunun yan tarafındaki dolgu sebebiyle ilave yükler gelmektedir. Dar kanallar genellikle tek hatlı, geniş kanallar ise ayrık sistem kanalizasyon hattı şeklindedir. Boru üzerine gelen toprak yükü Anson Marston tarafından;

$$W_c = C_d \times Y \times B_d^2$$

Şeklinde verilmiştir. Burada;

$W_c$  : Boru sırtındaki yatay düzleme gelen düşey toprak yükü (kg / m)

Y : Dolgu toprağı özgül ağırlığı (kg / m<sup>3</sup>)

B<sub>d</sub> : Boru sırtı hizasındaki hendek genişliği (m)

C<sub>d</sub> : H/B<sub>d</sub>'ye bağlı katsayısı

Olarak ifade edilmektedir. Tablo 5.1'de çeşitli zeminler için özgül ağırlıklar verilmiştir [14].

Tablo 5.1. Çeşitli zeminler için özgül ağırlıklar

Zemin cinsi	özgül ağırlık ( kg / m <sup>3</sup> )
Kohezyonsuz daneli malzeme	1600
Kum ve nemli bitki toprağı	1600
Kum ve akıl	1760
Suya dolgun bitki toprağı	1840
Normal (nemli) kil	1920
Suya doygun kil	2100

Tablo 5.2'de çeşitli zemin türleri için içsel sürtünme açığı değerleri verilmiştir.

Tablo 5.2. Çeşitli zemin cinsleri için içsel sürtünme açıları

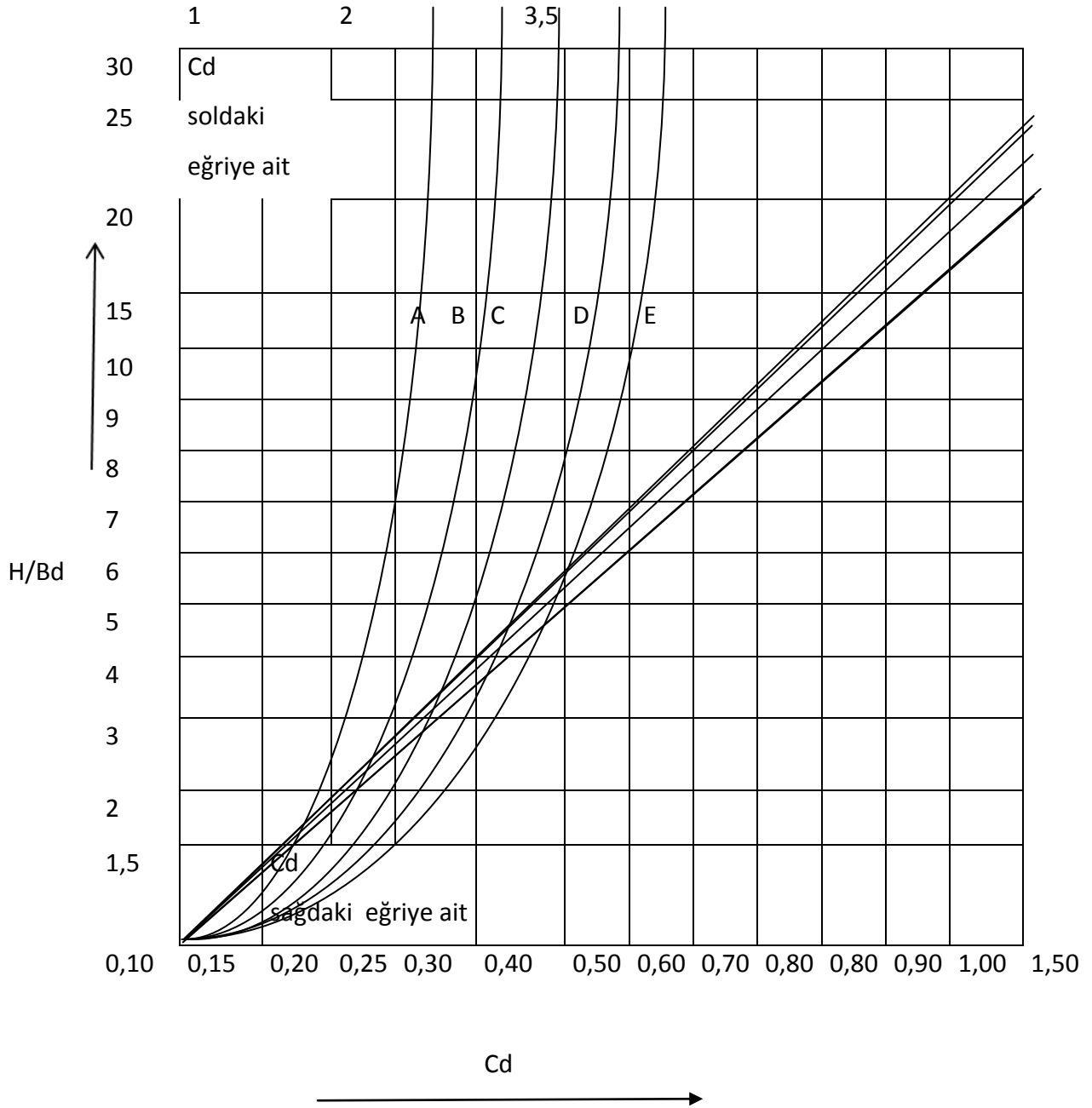
Zemin Cinsi	Zemin Durumu	İçsel Sürtünme Açısı
Normal toprak	Kuru	35-40
	Nemli	45
	Doygun	25-30
Kum	Kuru	30-35
	Nemli	40
Kille karışmış kum	Doygun	20-25
	Kuru	40-45
	Nemli	20-25
Kil	Kuru	40-45
	Nemli	20-25
	Doygun	14-20
Çakıl	Kuru	35-40
	Nemli	27-40
	Doygun	25-30
Silt	---	10-20

Tablo 5.3’de çeşitli zemin türleri için müsaade edilen taşıma kapasiteleri verilmiştir.

Tablo 5.3. Çeşitli zemin türleri için müsaade edilen taşıma kapasiteleri

Zemin Cinsi	Müsaade edilen taşıma kapasitesi (tonf/m <sup>2</sup> )
Kil	5-20
Kum ile karışmış toprak	30-40
Nemli kum	1-30
Kuru kum	30-50

Yukarıda bahsedilen “Cd” yük katsayısı “H/Bd” değerleri için Şekil 5.10’da görülen diyagramdan elde edilmektedir.



Şekil 5.10. Hendekte döşeli borular için yük katsayısı diyagramı

(A: Kohezyonsuz daneli malzeme, B: Kum ve çakıl, C: Suya doymun üst tabaka toprağı, D: Normal kil, E: Suya doymun kil)

Daha önce de bahsedildiği gibi hendekte döşeli borulara dolgu toprağı yükünden başka bina temeli, tünel, trafik veya yol sıkıştırma silindiri gibi ölü yükler veya

hareketli yükler de gelebilir. Bunlar yoğunlaşma tekil yükleri meydana getirirler. Yoğunlaşmış tekil yükler için D.L.Holl tarafından;

$$W_{sc} = C_s \times P \times (F/L)$$

İfadesi verilmiştir. Buradaki parametreler;

$W_{sc}$  : Borunun bir metresine gelen yük ( kg/m)

P : Yoğunlaşmış tekil yük (kg)

$C_s$  : Yük katsayısı

F : Çarpma (darbe) faktörü

L : Etkin boru boyu (m)

Olarak tanımlanmıştır. "Cs" yük katsayısı, Holl ve Newmark tarafından Tablo 5.4'de verilmiş olan değerlere göre alınır. Marston'da çeşitli zemin türlerine göre yoğun ve yayılı yük durumları için farklı yük katsayıları vermiştir. Tablo 5.5 ve tablo 5.6'da ise daire ve yumurta kesitli borular için üç mesnet deneyi tepe yükleri verilmiştir.

Tablo 5.4. Boru üzerine dikey olarak merkezi şekilde gelen yoğunlaştırılmış ve yayılı yükler için Cs katsayı değerleri(Holl ve Newmark)

M/2H veya L/2H														
D/2H veya B <sub>c</sub> /2H	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20	1,50	2,00	5,00
0,10	0,019	0,037	0,053	0,067	0,079	0,089	0,097	0,103	0,108	0,112	0,117	0,121	0,124	0,128
0,20	0,037	0,072	0,103	0,131	0,155	0,174	0,178	0,202	0,211	0,219	0,229	0,238	0,244	0,248
0,30	0,053	0,103	0,149	0,190	0,224	0,252	0,274	0,292	0,306	0,318	0,333	0,345	0,355	0,360
0,40	0,067	0,131	0,190	0,241	0,284	0,320	0,349	0,373	0,391	0,405	0,425	0,440	0,454	0,460
0,50	0,079	0,155	0,224	0,284	0,336	0,379	0,414	0,441	0,463	0,481	0,505	0,525	0,540	0,548
0,60	0,089	0,174	0,252	0,320	0,379	0,428	0,467	0,499	0,524	0,544	0,572	0,596	0,613	0,624
0,70	0,097	0,189	0,274	0,349	0,414	0,467	0,511	0,546	0,584	0,597	0,628	0,650	0,674	0,688
0,80	0,103	0,202	0,292	0,373	0,441	0,499	0,546	0,584	0,615	0,639	0,674	0,703	0,725	0,740
0,90	0,108	0,211	0,306	0,391	0,463	0,524	0,574	0,615	0,647	0,673	0,711	0,742	0,766	0,784
1,00	0,112	0,219	0,318	0,405	0,481	0,544	0,597	0,639	0,673	0,701	0,740	0,774	0,800	0,816
1,20	0,117	0,229	0,333	0,425	0,505	0,572	0,628	0,674	0,711	0,740	0,783	0,820	0,849	0,868
1,50	0,121	0,238	0,345	0,440	0,525	0,596	0,650	0,703	0,742	0,774	0,820	0,861	0,894	0,916
2,00	0,124	0,244	0,355	0,454	0,540	0,613	0,674	0,725	0,766	0,800	0,849	0,894	0,930	0,956

Tablo 5.5. Daire kesitli borular için üç mesnet ezilme deneyi pere yükleri (DIN 4032 )

İç Çap Mm	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100
Min yük (kg/m)	2400	2500	2600	2700	2800	300	3100	3200	3400	3500	3800	4100	4300	4600	4900	5200

Tablo 5.6. Yumurta kesitli borular için üç mesnet ezilme deneyi tepe yükleri (DIN 4032 )

İç Boyut:2rxh mm	300x 450	400x 600	500x 750	600x 900	700x 1050	800x 1200	900x 1350	1000x 1500	1200x 1800
Min yük(kg/m)	3900	4200	4600	5100	5700	6300	6800	7200	7700

Hareketsiz yada duran (statik)yükler için darbe faktörü;

$$F = 1.0$$

Olarak alınır. Dinamik yada hareketli yükler için darbe faktörleri;

Demiryolunda  $F = 1.75$

Şehir dışı yollarda: 1.50

Hava meydanı ve taksi yollarında  $F=1.50$

Hava meydanı pistlerinde:  $F=1.00$

Yukarıda bahsedilen yoğunlaşmış (tekil) yüklerden başka boru üzerindeki zemine yığılmış olan taş, kum, kereste, kömür, demir, çimento gibi malzemelerden de boru üzerine ilave bir yük gelir. Eğer bu yükün boyu hendek genişliğinden fazla ise bu yüke “uzun” veya “yayılı” yük denir. Boruya gelecek bu yayılı yükün değeri;

$$Wsd = Cs \times p \times F \times Bd$$

İfadesiyle hesap edilir.

$Wsd$  : Boru üzerindeki yük ( kg / m)

$p$ : Yapı malzemesinin kapladığı alana (  $D \times M$  alanı )etkiyen yayılı yükün değeri (kg/m<sup>2</sup>)

$F$  : Darbe faktörü

$Cs$  : Yük katsayısı (Tablo 5.4 ‘den )

$Bd$  : Boru üzerindeki hendek genişliği ( m)

Olarak tanımlanmaktadır. Tablo 5.7’de yığın halinde depolanmış yapı malzemelerinin birim hacim ağırlıkları verilmiştir Türkdöğen (2008)

Tablo 5.7. Yığın halinde depolanmış yapı malzemelerinin birim hacim ağırlıkları

Yapı malzemesi	Boru hacim ağırlığı( kg /m3)
Tuğla	1920
Çimento	1440
Kum	1440
Taş	2400
Kereste	560
Granit sokak parkesi	2570
Kömür	800
Pik demiri	6400

Bir borunun gelen toprak yüklerine güvenli bir şekilde dayanması sadece kendi gücüne bağlı olmayıp, düşey yükün dağılışına, yatay reaksiyonlarına ve yatay basınçlara da bağlıdır. Rijit boruların gücü (zati dayanıklılığı) laboratuarda “üç mesnet ezilme” deneyi ile belirlenir. Ancak arazi koşulları laboratuarda yapılan deneyden farklı olduğundan boru hattının hesaplanan yükleri emniyetli bir şekilde karşılayabilmesi amacıyla arazi şartlarına bağlantı kurmak gerekir. Arazi şartlarına göre hesaplanan toplam yük değeri ;

$$\text{Toplam yük} = (\text{Toprak yükü : } W_c) + (\text{Ek yükler : } W_{sc} \text{ veya } W_{sd})$$

Şeklinde hesap edikten sonra bu toplam yük belirli bir emniyet katsayısı (güven faktörü) ile çarpılır ve güvenli hesap yükü elde edilir. Bu da;

$$\text{Güvenli hesap yükü} = (\text{Toplam yük}) * (\text{Emniyet katsayısı})$$

Olarak hesaplanır.

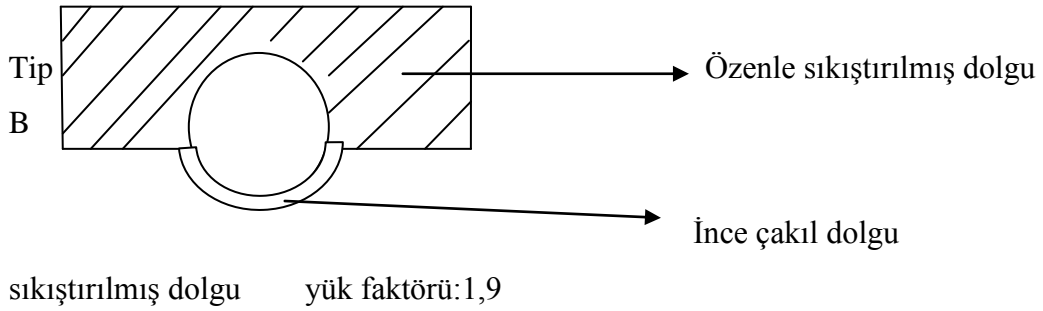
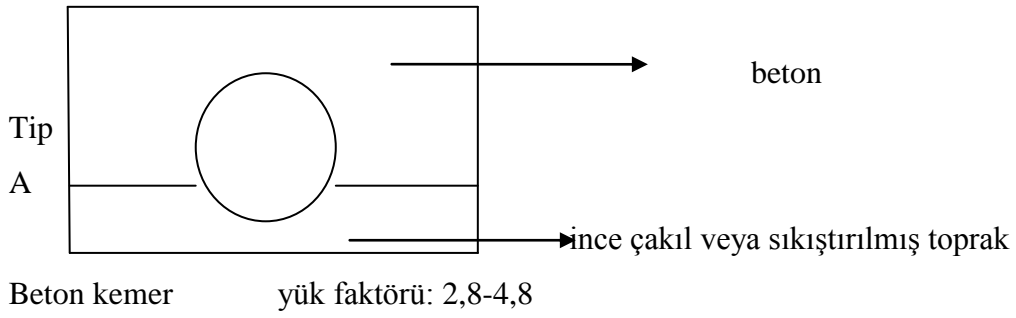
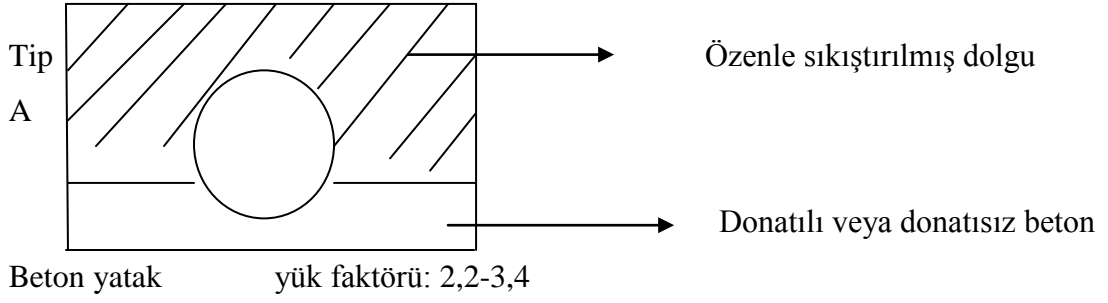
Emniyet katsayısının en az 1.5 alınması uygun olur. Güvenli hesap yükünün, borunun dayanabileceği minimum tepe yüküne ( üç mesnet ezilme deneyi tepe yükü) oranı yük faktörünü verir.

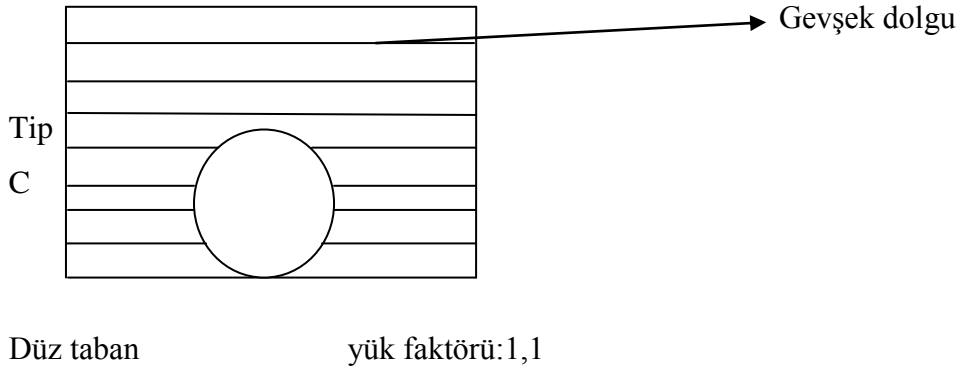
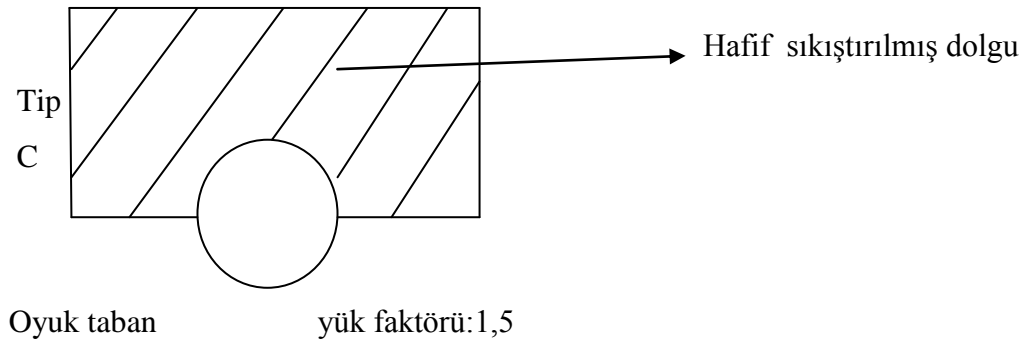
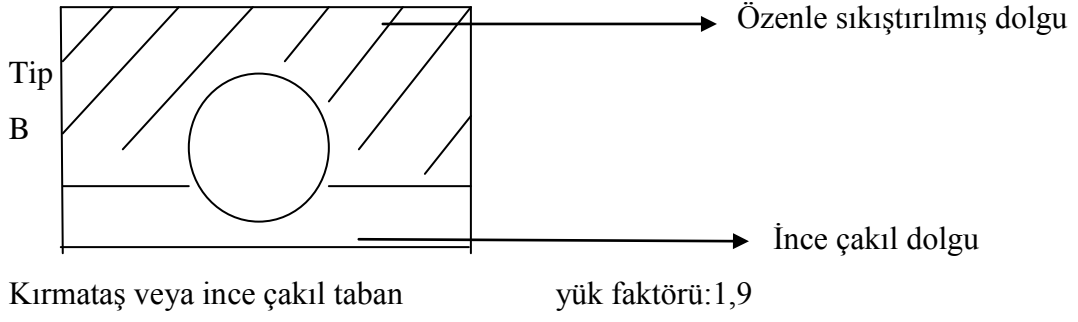
Buna göre yük faktörü;

$$\text{Yük faktörü} = (\text{Güvenli hesap yükü}) / (\text{üç mesnet ezilme deneyi yükü})$$



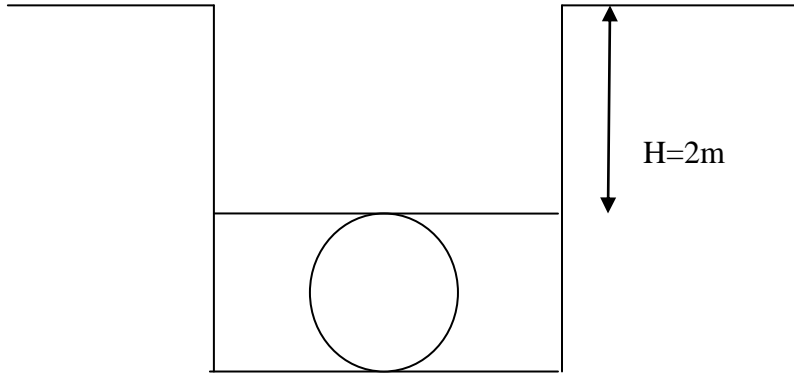
Şeklinde hesap edilir. Hesaplanan bu yük faktörüne göre hendek içindeki borunun yataklanma durumu belirlenir ve uygun yatak tipi ( A,B ve C) seçilir. Şekil 5.12’de yük faktörlerine göre boruların yataklanma durumları gösterilmiştir.





Şekil 5.11. Hendek içindeki boruların yataklanma durumları ve yük faktörleri

Örnek 5.1 : Şekil 5.12 de görülen hendek içerisindeki boru üzerinde 2.0 m'lik bir dolgu toprağı mevcuttur. Dolgu toprağının birim ağırlığı  $w = 0.0018 \text{ kgf / cm}^3$  olarak boruya etkiyen toprak basıncını bulmak için;



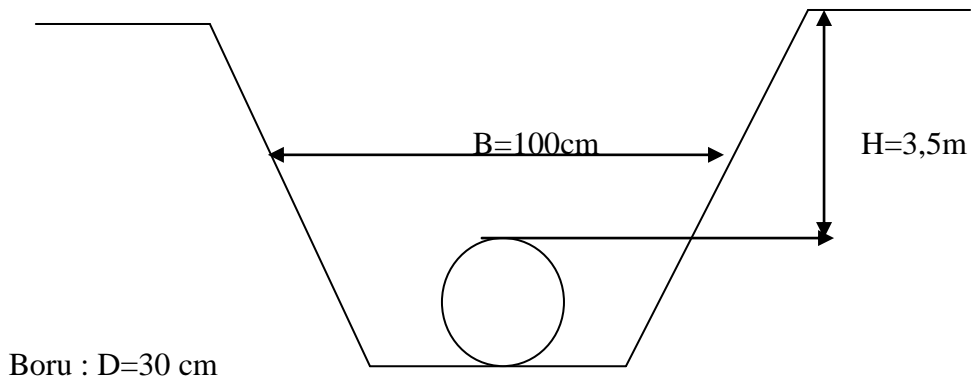
Şekil 5.12. Toprak dolgusunun 2m olması ile ilgili örneğin şekli

Boruya toprak basıncı Anson Marston tarafından verilen ifade ile ;

$$W_f = w \cdot H = 0.0018 \cdot 200 = 0.36 \text{ kgf / cm}^2$$

Olarak elde edilmiştir.

Örnek 5.2 : Şekil 5.13'deki hendekte gömülü olan 30 cm çaplı boru üzerinde birim ağırlığı  $0.018 \text{ kgf / cm}^3$  olan 3.5'lik dolgu toprağı bulunmaktadır. Boru sırt seviyesindeki hendek genişliği 100 cm ve içsel sürtünme açısı 30 olduğuna göre boruya etkiyen toprak basıncını bulmak için;



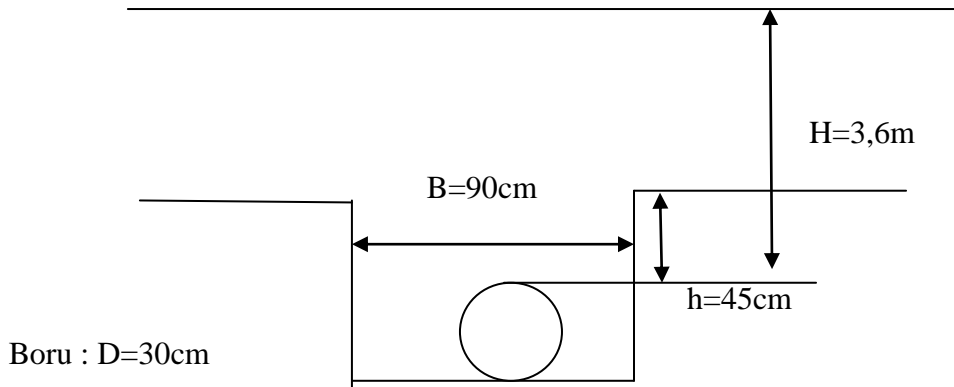
Şekil 5.13. Toprak dolgusunun 2 m den fazla olması durumu ile ilgili örneğin şekli



$$W_f = C_c \times w \times D = 4.5 \times 0.0018 \times 50 = 0.405 \text{ kgf / cm}^2$$

Olarak elde edilmiştir.

Örnek 5.4 : Şekil 5.15'deki görülen negatif projeksiyon durumuna göre boruya etkiyen toprak basıncını hesaplarken;



Şekil 5.15. Negatif projeksiyon durumu ile ilgili örneğin şekli

negatif projeksiyon durumu söz konusu olduğundan şekil 5.6'dan  $C_n$  negatif projeksiyon katsayısı okunacaktır. Burada

$p' = (H/B) = (45/90) = 0,50$  negatif projeksiyon oranına göre verilen diyagramdan

$(H/B) = (360/90) = 4$  değeri için  $C_n$  katsayısı 3.5 olarak

Okunmuştur. Buna göre boruya etkiyen toprak basıncı;

$$W_f = C_n \times w \times B = 3.5 \times 0.0018 \times 90 = 0.567 \text{ kgf / cm}^2$$

Olarak hesaplanmıştır.

## **BÖLÜM 6. YAĞMUR SUYU PROJESİ HESAP ESASLARI**

### **6.1. Gelen Suların Boşaltılması**

Kentte toplanan suların zararsız olarak deşarj etme imkanları araştırılır. Bu deşarj yüzeysel suya (akarsu, göl, deniz gibi) kuru bir dere yatağına veya bir zemin çatlağına olabilir. Deşarj edilen suların sağlıklı, uygunsuz koşullar yaratılmamasına daima dikkat gösterilmelidir. Gelişmiş ülkelerde yağmur suyunun yağışın başladığı ilk 15 dakikada evsel pis sular kadar kirli olduğu kabul edildiğinden özel önlemler anılmaktadır [22].

### **6.2. Yağmur Suyu Hesap Tablosunun Doldurulması**

Tablo 6.1’de verilen tablo kullanılır. Bu tabloda,

1 numaralı kolona bölge isimleri yazılır.

2 ve 3 numaralı kolonlara başlangıç ve bitiş baca numaraları yazılır.

4 numaralı kolona mecra boyları (L) yazılır. Başlangıç mecralarında ise mecra döşenmeyen uzunluklar ( $L_0$ ) çıkarılarak bulunan mecra boyları yazılır.

5 numaralı kolona o mecra nedeniyle hesaba dahil edilecek alan yazılır.

6 numaralı kolona o mecra nedeniyle hesaba dahil edilecek toplam alana ilave edilen alan yazılır

7 numaralı kolona o mecra nedeniyle hesaba dahil edilecek toplam alana ilave edilen başka alan varsa o yazılır.

8 numaralı kolona toplam alan yazılır.

9 numaralı kolona toplam süreye göre grafikten yada formülden bulunan ‘I’ değeri yazılır

10 numaralı kolona toplam süreye göre grafikten yada formülden bulunan ‘I’ değeri kontrol edilerek yazılır

11 numaralı kolona ortalama akış katsayısı ( $C_{ort}$ ) aşağıdaki formüle göre hesaplanır. Akış katsayısı 0 ile 1 arasında değişmekte olup, arazini cinsine ve zeminin kaplamasına göre farklılık gösterir.

$$C = (AC + AC + AC) / (AAA)$$

12 numaralı kolona  $Q = C \cdot I$  den bulunan değerler yazılır.

13 numaralı kolona  $Q = C \cdot I \cdot A$  formülünden bulunan debi değerleri yazılır.

14-15 numaralı kolona zemin kotları yazılır.

16-17 numaralı kolonlara mecraya akar derinlikleri yazılır. (Şekil 6.2)

18-19 numaralı kolonlara zemin kotundan iç sırt derinliği çıkarılarak bulunan kotlar (mecra iç sırt kotları) yazılır.

20 numaralı kolonlara 14 ten 18 çıkarılarak bulunan kotlar toprak kalınlığı olarak yazılır.

21 numaralı kolonlara 15 den 19 çıkarılarak bulunan kotlar toprak kalınlığı olarak yazılır

22 numaralı kolona boru çapları (D) yazılır

23 numaralı kolona eğimler 16 dan 17 çıkarılır. Eğim, iç sırt kot farkı (h) mecraya boyuna (L) bölünerek bulunur. 1000 le çarpılarak %0 cinsinden eğimler elde edilir

24-25 numaralı kolonlara tam dolu akış halindeki debi ( $Q_d$ ) ve hız ( $V_d$ ) değerleri yazılır. (Abak veya tablolardan alınır).

26 numaralı kolona hesap debisi dolu halde mecranın akıtılabileceği debiye bölünerek bulunan oran ( $Q/Q_d$ ) yazılır. Bu oranın ( $Q/Q_d$ ) 1'e en yakın değer olması istenir.

27-28 numaralı kolonlara doluluk oranları grafiğinden bulunan değerler yazılır.

29 numaralı kolona ( $h/D$ ),  $D = h$  su akış derinliği yazılır.

30 numaralı kolona ( $V/V_d$ ) .  $V_d = V$  m/sn su akış hızı yazılır.

31 numaralı kolona mecraya boyu akış hızına bölünerek bulunan gerçek akış süreleri yazılır.

$$t_{gerçek} = L(m) / (V \times 60(m/sn)) \text{ (dakika)}$$

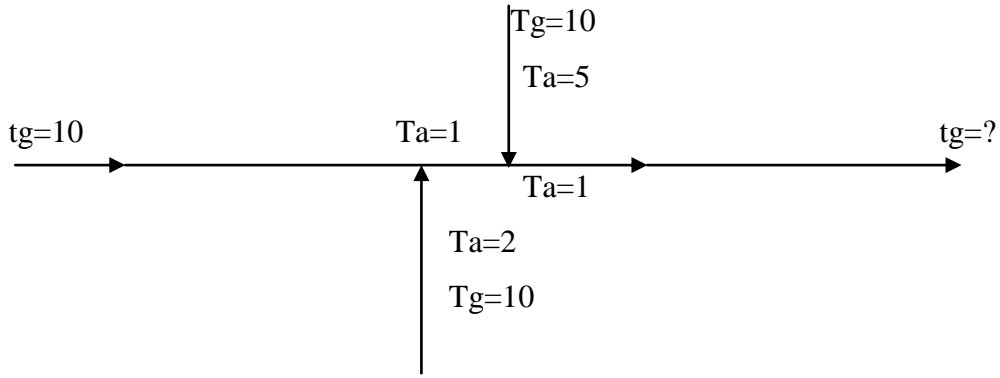
32 numaralı kolona giriş süreleri yazılır. Başlangıç mecralarında sağınak süresi (10 veya 15 dakika), diğer mecralarda ise hesabı yapılan mecraya kadar olan en uzak

akış süreli yoldaki akış sürelerinin sağnak süresiyle toplanması ile bulunur. Şekil 6.1de örnek verilmiştir.

BC kanalının giriş süresi  $t = 10 + 5 + 1 = 16$  dır.

Diğer yollardaki akışın süresi daha kısadır. En uzun akış süresi  $5 + 1 = 6$  dakikadır.

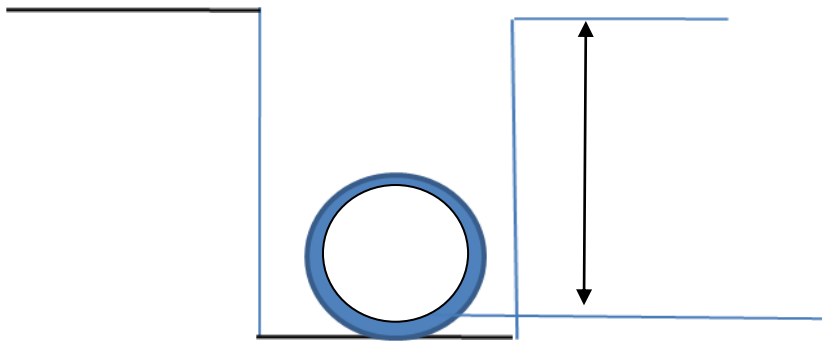
Ana mecralarda giriş süresi (gerçek akış süresinden bulunan) ‘‘ Toplam’’ sürelerden kolaylıkla bulunur. Hiçbir zaman giriş süresi bulunurken tahmini akış süresi kullanılmaz.



Şekil 6.1. Yağmur Suyu Giriş Sürelerinin Hesabı

33 numaralı kolona gerçek akış süresine giriş süresi ilave edilerek bulunan toplam süreler yazılır.

34 numaralı kolona eğer arada şüt varsa şüt yükseklikleri yazılır.



Şekil 6.2. boru hatları için mecrâ akar derinlikleri



### 6.3. Şebeke Hesaplarının Yapılışı

Hesap tablosunun ilk altı sütunu doldurulur. Tahmin edilen akış süresi 7 numaralı kolona yazılarak çap sütuna kadar sistematik olarak tablo doldurulur. Çap seçiminde hesaplanan debi göz önüne alınır. Eğimin fazla olduğu durumlarda hızın maksimum hızın 7yi aşmasına dikkat edilir. Eğimin az olduğu yerlerde ise maksimum hızın (0,5 m/sn) altına düşmesine çalışılır [23].

Yağmur suyu mecralarında derinlik koşulu çoğunlukla sağlanır.

Hesapla bulunan gerçek akış süresi eğer tahmini akış süresinden çok farklı ise (bu fark maksimum 0,5 dakika olabilir). Hesabı tekrarlamak gerekir. Bunun için tekrar tahmini akış süresine dönülür ve bulunmuş olan akış süresi yuvarlatılarak yeni tahmini akış süresi olarak alınır ve diğer hesaplar benzer şekilde tekrarlanır.

### 6.4. Izgaraların Konumu

En fazla 80-100 lt/sn debinin yollar üzerinde akmasına izin verilebilir. Bu nedenle eğer bir sokakta oluşan yağmur suyunun debisi 80-100 lt/sn değerine ulaşıyorsa o sokağa yağmur suyu kanallarının döşenmesi gereklidir. Döşenecek bir kanala yağmur suyu verecek alanlar, caddeler arasındaki açığırtaylar çizilerek belirlenen fiktif sınırlarla hesaplanır. Cadde ağızlıklarına gelecek debi  $Q = C.I.A$  bağlantısı ile hesaplanır. Maksimum debinin  $Q=80 - 100\text{lt/sn}$  olabileceği bilindiğine göre bağlantıda olan (A) değişkenini yalnız bırakırsa  $A_o = 0,100 / C . I$  veya  $A_o = 0,080 / C . I$  (ha) olarak bulunur. Bağlantıda ilk cadde ağızlığın koyulması için gerek olan olduğundan ‘’ $A_o$ ’’ ile gösterilmiştir.

Cadde ağırlıklarının ara uzunlukları çok defa cadde eğimine bağlı olarak aşağıdaki değerler kullanılır. Cadde eğimine bağlı olarak cadde ağızlıklarının ara uzunlukları

Tablo 6.1. Cadde eğimine bağlı olarak cadde ağızlıklarının ara uzunlukları

<b>Cadde eğimi (%)</b>	<b>Maksimum ağızlık aralığı (m)</b>
0 – 1	40
3 – 5	50 – 80
5 – 10	80 – 100
10 – 30	100 – 140
40 – 30	150

İlk cadde ağızlığının koyulacağı  $L_o$  uzunluğu,  $A_o$  alanına karşı gelen uzunluktur. Geometri olarak hesaplamak veya çizimle bulmak olasıdır [23].

Tablo 6.2 Yağmur suyu hesap tabloları

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
BÖLGE NO	B A C A No' dan No' ya		Bacalar	Kısmi	İlave	İlave	Toplam	Yağış	Yağış	Akış	Birim a.	Top. a	K O T L A R			
			Arası	Alan	Alan-1	Alan-2	Alan	Şiddeti	Şiddeti	kat s.	Gelen	Gelen	ZEMİN	ZEMİN	KANAL AKAR	
			Mesafe	F			F	I	I		Y.Suyu	Y.Suyu	KOTU	KOTU	KOTU	
			l	Ha	Ha	Ha	Ha	lt/sn/Ha	lt/sn/Ha		lt/sn/Ha	lt/sn	Baş	Son	Baş	Son
			m	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha				m	m	m	m
1	352	352,1	41,3	0,66			0,66	169,2	169,2	0,70	118,44	78,2	114,90	114,03	113,30	112,43
	352,1	352,2	38,3	1,18			1,84	169,2	169,2	0,70	118,44	217,9	114,03	113,54	112,33	111,84
	352,2	352,3	11,8				1,84	169,2	169,2	0,70	118,44	217,9	113,54	113,14	111,84	111,44
	352,3	353,4	41,1	0,57			2,41	169,2	169,2	0,70	118,44	285,4	113,14	111,94	111,44	110,24
	353,4	354	41,1				2,41	169,2	169,2	0,70	118,44	285,4	111,94	110,98	110,24	109,28
	354	355	44,0	1,74	1,03		5,18	169,2	169,2	0,70	118,44	613,5	110,98	110,14	109,18	108,34
	355	356	47,7				5,18	169,2	169,2	0,70	118,44	613,5	110,14	109,38	108,24	107,48
	356	357	25,2				5,18	169,2	169,2	0,70	118,44	613,5	109,38	108,95	107,48	107,05
	357	363	62,9				5,18	169,2	169,2	0,70	118,44	613,5	108,95	107,25	107,05	105,35
	363	366	61,1	0,20	1,90	0,63	7,91	169,2	169,2	0,70	118,44	936,9	107,25	105,92	105,25	103,92
	366	367	20,4	0,53	1,06		9,50	169,2	169,2	0,70	118,44	1125,2	105,92	105,39	103,92	103,39
	367	370	37,8	1,35			10,85	169,2	169,2	0,70	118,44	1285,1	105,39	104,50	103,39	102,50
	370	372	36,2	0,29	0,90		12,04	169,2	169,2	0,70	118,44	1426,1	104,50	103,60	102,30	101,40
	372	375	44,1	0,91			12,95	169,2	169,2	0,70	118,44	1533,8	103,60	102,66	101,40	100,46
	375	376	29,6	0,21	0,91		14,07	169,2	169,2	0,70	118,44	1666,5	102,66	101,93	100,46	99,73
	376	377	53,0	0,51			14,58	169,2	169,2	0,70	118,44	1726,9	101,93	100,94	99,73	98,74
	377	382	25,7				14,58	169,2	169,2	0,70	118,44	1726,9	100,94	100,56	98,74	98,36
	382	387	23,0	1,40			15,98	169,2	169,2	0,70	118,44	1892,7	100,56	100,10	98,36	98,10
	387	393	16,2	1,25			17,23	169,2	169,2	0,70	118,44	2040,8	100,10	100,42	97,35	97,10
	393	394	42,0	0,26	3,07		20,56	169,2	169,2	0,70	118,44	2435,2	100,42	99,27	96,90	96,60



Tablo 6.2 Yağmur suyu hesap tabloları(Devam2)

BÖLGE NO	B A C A No' dan No' ya		Bacalar	Kısmi Alan	İlave Alan-1	İlave Alan-2	Toplam Alan	Yağış Şiddeti	Yağış Şiddeti Kontrol	Akış kat s.	Birim a. Gelen Y.Suyu	Top. a Gelen Y.Suyu	K O T L A R			
			Arası										ZEMİN	ZEMİN	KANAL AKAR	
			Mesafe										KOTU	KOTU	KOTU	
			I	Baş	Son	Baş	Son									
		m	Ha	Ha	Ha	Ha	lt/sn/Ha	lt/sn/Ha		lt/sn/Ha	lt/sn	m	m	m	m	
	394	399	32,6				20,56	169,2	169,2	0,70	118,44	2435,2	99,27	98,64	96,60	96,24
	399	400	41,1	0,68	1,26		22,50	169,2	169,2	0,70	118,44	2665,0	98,64	98,14	96,24	95,74
	400	408	29,6				22,50	169,2	169,2	0,70	118,44	2665,0	98,14	97,57	95,74	95,17
	408	409	32,3	0,42	2,55		25,47	169,2	169,2	0,70	118,44	3016,8	97,57	96,95	95,17	94,55
	409	418	27,2	0,74			26,21	169,2	169,2	0,70	118,44	3104,4	96,95	96,38	94,55	93,98
	418	424	25,2	3,27			29,48	169,2	169,2	0,70	118,44	3491,7	96,38	96,06	93,98	93,66
	424	425	48,6	1,32	1,35		32,15	169,2	169,2	0,70	118,44	3808,0	96,06	95,25	93,66	92,85
	425	426	30,2				32,15	169,2	169,2	0,70	118,44	3808,0	95,25	94,59	92,85	92,19
	426	427	47,0	0,38			32,53	169,2	169,2	0,70	118,44	3853,0	94,59	93,66	92,19	91,26
	427	428	44,0				32,53	169,2	169,2	0,70	118,44	3853,0	93,66	93,03	91,26	90,63
	428	429	52,3				32,53	167,0	167,0	0,70	116,92	3803,5	93,03	92,44	90,43	89,84
	429	432	17,9				32,53	166,0	166,0	0,70	116,18	3779,4	92,44	92,25	89,84	89,65
	432	433	43,0	0,36	0,86		33,75	164,9	164,9	0,70	115,45	3896,5	92,25	91,07	89,65	88,47
	433	448	53,0				33,75	162,9	162,9	0,70	114,03	3848,4	91,07	90,37	88,47	87,77
	448	449	57,5	0,19	9,33	5,26	48,53	160,9	160,9	0,70	112,65	5466,8	90,37	88,67	87,77	86,07
	449	450	43,1	0,85			49,38	160,0	160,0	0,70	111,97	5529,2	88,67	87,56	86,07	84,96
	450	451	31,8				49,38	159,0	159,0	0,70	111,31	5496,4	87,56	86,81	84,96	84,21
	451	452	54,0				49,38	157,2	157,2	0,70	110,01	5432,2	86,81	86,18	84,01	83,38
	452	453	44,0				49,38	155,4	156,2	0,70	108,75	5369,8	86,18	85,89	83,38	82,70
	453	495	41,5				49,38	154,5	155,4	0,70	108,13	5339,3	85,89	85,39	82,70	81,45

Tablo 6.2 Yağmur suyu hesap tabloları(Devam3)

KANAL SIRT KOTU		TOPRAK		Kesit	SEÇİLEN KESİTTE								Akış Süresi	Giriş Süresi	Toplam Süre	düşü
		ÖRTÜ KALINLIĞI			Eğim, Kapasite, Hız			Q/Q0	V/V0	h/d	min.	hız				
Baş	Son	Baş	Son	J	Q0	VO	h				v		t1	t2	T	
m	m	m	m	cm	lt/sn	m/sn	cm	m/sn	dk.	dk.	dk.					
97,80	97,44	1,47	1,20	120	90,7	3994,6	3,53	0,61	1,04	0,57	68,16	3,67	0,15	8,68	8,83	0,00
97,44	96,94	1,20	1,20	120	82,2	4194,7	3,71	0,64	1,05	0,59	70,44	3,89	0,18	8,83	9,01	0,00
96,94	96,37	1,20	1,20	120	51,9	5282,6	4,67	0,50	1,00	0,51	60,72	4,67	0,11	9,01	9,11	0,00
96,37	95,75	1,20	1,20	120	52,0	5275,6	4,66	0,57	1,03	0,55	66,00	4,80	0,11	9,11	9,22	0,00
95,75	95,18	1,20	1,20	120	47,7	5508,2	4,87	0,56	1,03	0,54	65,16	5,02	0,09	9,22	9,31	0,00
95,18	94,86	1,20	1,20	120	78,7	4288,5	3,79	0,81	1,08	0,71	85,08	4,10	0,10	9,31	9,42	0,00
94,86	94,05	1,20	1,20	120	60,0	4910,8	4,34	0,78	1,07	0,68	81,84	4,65	0,17	9,42	9,59	0,00
94,05	93,39	1,20	1,20	120	45,8	5625,3	4,97	0,68	1,06	0,61	73,56	5,27	0,10	9,59	9,69	0,00
93,39	92,46	1,20	1,20	120	50,5	5353,1	4,73	0,72	1,07	0,64	76,80	5,06	0,15	9,69	9,84	0,00
92,46	91,83	1,20	1,20	120	69,8	4552,5	4,03	0,85	1,07	0,74	88,56	4,31	0,17	9,84	10,01	0,20
91,83	91,24	1,20	1,20	140	88,6	6057,4	3,93	0,63	1,05	0,58	81,34	4,13	0,21	10,01	10,22	0,00
91,24	91,05	1,20	1,20	140	93,9	5881,4	3,82	0,64	1,05	0,59	83,16	4,01	0,07	10,22	10,30	0,00
91,05	89,87	1,20	1,20	140	36,4	9450,0	6,14	0,41	0,96	0,45	63,14	5,89	0,12	10,30	10,42	0,00
89,87	89,17	1,20	1,20	140	75,7	6553,3	4,26	0,59	1,03	0,56	77,84	4,38	0,20	10,42	10,62	0,00
89,17	87,47	1,20	1,20	140	33,8	9811,7	6,37	0,56	1,02	0,54	75,18	6,50	0,15	10,62	10,77	0,00
87,47	86,36	1,20	1,20	140	38,8	9156,5	5,95	0,60	1,04	0,57	79,52	6,19	0,12	10,77	10,88	0,00
86,36	85,61	1,20	1,20	140	42,4	8762,7	5,69	0,63	1,05	0,58	81,34	5,98	0,09	10,88	10,97	0,20
85,61	84,98	1,20	1,20	160	85,7	8743,6	4,35	0,62	1,05	0,58	92,96	4,57	0,20	10,97	11,17	0,00
84,98	84,30	1,20	1,59	160	64,7	10061,8	5,00	0,53	1,02	0,53	84,00	5,10	0,14	11,17	11,31	0,00
84,30	83,05	1,59	2,34	160	33,2	14054,2	6,99	0,38	0,93	0,43	68,16	6,50	0,11	11,31	11,42	0,00

## **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Yağmursuyu drenaj sistemlerinin tasarımına esas olacak yağış şiddetinin seçimi gerek projenin ekonomikliğı gerekse kendinden beklenen fonksiyonu yerine getirebilmesi açısından oldukça önemlidir. Yinelenme süresi büyüdükçe önlenecek zarar yani projenin faydası artar buna karşılık masraflarda artar. Optimum seçim fayda/masraf analizi yapılarak yapılmalıdır. Bu seçimin yapılabilmesi için farklı yinelenme süreleri için projenin defalarca çözülmesi gerekebilir. Bir kez çözümü bile çok yoğun işlem gerektiren yağmursuyu drenaj şebekelerinin elle yapılan tasarımlarında çoğı kez bu yapılamadığından projeler mümkün oldukça bilgisayar ortamında uygun programlar yardımıyla yapılmalıdır. İyi bir yağmur suyu projesinin yapılması için arazin tüm şartları bilinmeli ve yağış tekerrür süresi mümkün oldukça fazla alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] İSKİ, İstanbul Su ve Kanalizasyon İşleri, Kanalizasyon Projeleri Teknik Şartnamesi, İstanbul, 2002
- [2] KARPUZCU, M., Su Temini ve Çevre Sağlığı, İ.T.Ü., İstanbul, 1985
- [3] İSKİ 2008-2012 Stratejik plan, sf.14, İstanbul, 2008
- [4] ÖZİŞ, Ü., Su yapıları, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Yayın No:54, sf.53, İzmir 1983
- [5] D.S.İ., Devlet Su İşleri, Drenaj planlama, Ankara,1998
- [6] AĞAÇCIOĞLU, S., SU TEMİNİ VE Çevre Sağlığı Ders Notları, istanbul 2000
- [7] MUSLU, Y., Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı, Su Vakfı Yayınları, sf. 354, İstanbul, 2005
- [8] İLLER BANKASI, Şehir ve Kasabalara Getirilecek İçme Suyu Projelerinin Hazırlanmasına Ait Talimatname III. İller Bankası Genel Müdürlüğü, Ankara, 1994.
- [9] BAYAZIT M., Hidroloji İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, 1999
- [10] MUSLU, Y., Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı, Su Vakfı Yayınları, sf 443, İstanbul, 2005
- [11] ÜNAL, S., Kanalizasyon Projesi, Bizim Büro Matbası, Ankara, 1975
- [12] ARAL, N., Su Getirme ve Kanalizasyon ve Çözümlü Problemler, İstanbul 1994
- [13] HAQUE, M.A., Estimating Monthly and Yearly Dependable Rainfall for Different Climatic Zones of The World, Songklanakarın J.Sci. Technol, sf.667-673.Roma, 2005
- [14] İSKİ, İstanbul Su ve Kanalizasyon İşleri, Kanalizasyon özel Teknik Şartnamesi, İstanbul, 2006
- [15] BAYAZIT, M., Hidroloji Uygulamaları. İTU yayınları,sf.197, İstanbul,1991



- [16] SÖNMEZ, F.K., Sulamada Yagıs ve Bazı İklim Faktörleri Analizi, A.Ü. Ziraat Fakültesi TarımBilimleri Dergisi, sf. 24-32,İstanbul, 1997
- [17] İSKİ, İstanbul Su ve Kanalizasyon İşleri, Yapım İşleri Genel Teknik Şartnamesi, İstanbul, 2006
- [18] İLLER BANKASI, Yağış hesaplamalarının yapılmasına ait talimatname, İller Bankası Genel Müdürlüğü, Ankara,1985
- [19] İLLER BANKASI, İçmesuyu Projesi Özel Şartnamesi, Ankara, 2003.
- [20] TÜRKDOĞAN, F., Su Getirme ve Kanalizasyon Uygulamaları, Su Vakfı Yayınları, sf.352-360, İstanbul, 2008
- [21] TÜRKDOĞAN, F., Su Getirme ve Kanalizasyon Uygulamaları, Su Vakfı Yayınları, sf.380-384 , İstanbul, 2008
- [22] SAMSUNLU, A., Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi, sf.113 Birsen Yayınevi, İstanbul, 2005
- [23] SAMSUNLU, A., Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi, sf.121/124 Birsen Yayınevi, İstanbul, 2005
- [24] AĞIRALIOĞLU N., Su Kaynakları Mühendisliği, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, sf.205, İstanbul, 1986
- [25] EİE, Mühendislik Hidrolojisi Seminer Notları, EİE İdaresi, sf.97, Ankara 1984
- [26] İGDAŞ, İstanbul Gaz Dağıtım A.Ş. Altyapı Planlamasında Diğer Altyapılar, İstanbul, 2005
- [27] MUSLU, Y., Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı, Su Vakfı Yayınları, sf. 433, İstanbul, 2005
- [28] MUSLU, Y., Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı, Su Vakfı Yayınları, sf 443, İstanbul, 2005
- [29] MUTLU, K., İç Anadolu Bölgesinde Güvenilir Yagısın Belirlenmesi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, YüksekLisansTezi, Ankara, 1994
- [30] SAMSUNLU, A, Su Getirme, Dokuz Eylül Üniversitesi, müh. Mim.fak., Yayın no117,İzmir, 1986
- [31] SAMSUNLU, A, Su Getirme, Dokuz Eylül Üniversitesi, müh. Mim.fak., Yayın no118,İzmir, 1986
- [32] SMİTH M., Computer Program forIrrigation Planning and Management, FAO Irrigationand Drainage Publications No46, SF.68, Rome, 1992

- [33] TURUNÇOĞLU U., Su Temini, İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, sf.42, İstanbul, 2008
- [34] ÜNAL S., ÜREDİ H., Su Getirme Projesi, DSİ Basım ve Foto Film İşletme Müdürlüğü Matbası, Ankara 1976
- [35] YILDIRIM, Y.E., Salihli Yöresinde Sulama Açısından Kuraklık Analizi, E.Ü Ziraat Fakültesi Dergisi, sf112-119,İzmir, 2002
- [36] ATALAY, İ., Uygulamalı Hidrografya I, 1986, Ege Üniversitesi yayınları, sf.124, İzmir, 1986
- [37] Kodal, S., Yıldırım, Y.E., Sönmez, F.K., 2003.Türkiye'de Güvenilir Yağışın Mekansal Dağılımı, Tarım BilimleriDergisi, sf.421-427, İstanbul 2003
- [38] BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI, İdari Şartname, Ankara, 2006

## ÖZGEÇMİŞ

Sebahattin Mirhan, 12.05.1979 da Bingöl’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Bahçelievler’de tamamladı. 1996 yılında İstanbul Bahçelievler Kocasınan Lisesi fen bilimleri bölümünden mezun oldu. 1997 yılında başladığı Uluslararası Amerikan Üniversitesi’nden 1999 yılında Near East University’e geçiş yapmıştır N.E.U. İnşaat Mühendisliği bölümünü 2002 yılında bitirmiştir. 2002 – 2008 yılları arasında Yasmak İnşaat Taahhüt ve Ltd. Şti.nde mühendis olarak çalıştı. Bu süre içerisinde şirketin proje müdürlüklerinin yanı sıra şantiye şefliği ve yurtdışı müdürlüğünde aktif rol aldı. Halen Yasmak İnşaat Taahhüt ve Ltd. Şti.nde proje müdürü olarak görev yapmaktadır. Sebahattin Mirhan evli ve bir çocuk babasıdır.