



Yağmursuyu ve Kanalizasyon Ders Notları

Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://www.ozgurzeydan.com/>



Türkiye'deki Atıksu Altyapısı ve Atıksu Mevzuatı

Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://www.ozgurzeydan.com/>

Türkiye'deki Mevcut Atık Su Altyapısı

- Su kullanımı ve atık su oluşumu istatistikleri
- Kanalizasyona erişimi bulunan nüfus
- Atık su arıtma tesisine erişimi bulunan nüfus



Türkiye Çevre Durum Raporu 2020

➤ <https://ced.csb.gov.tr/turkiye-cevre-durum-raporu-i-82673>

- C Su ve Atıksu Yönetimi
- C.3. Sektörel Su Kullanımları ve Yapılan Su Tahsisleri
- C.4. Çevresel Altyapı

Çizelge 54 - Su Tahsis/Kullanım Özet Bilgileri
(DSİ, 2020)

Sektör	Adet	Sektör	Adet	Tahsis Miktarı Dağılımı	l/s	h/m ³	Toplam Tahsis S.	9.748
Toplam Tahsis S.	9.748	Su Ürünleri	1.149	Geçerli Toplam	699.323,90	50.040,88	İptal Tahsis S.	83
İçme ve Kullanma	2.791	Endüstri	199	Geçersiz Toplam	108.871,25	3.379,46	Geçerli Tahsis S.	6.448
Sulama	4.642	Ticaret	665	İptal Toplam	6.385,80	199,37	Geçersiz Tahsis S.	206
Enerji	13	Diğer	23	İnceleme Toplam	104.976,00	16.344,25	İnceleme Tahsis S.	3.011
				Genel Toplam	919.556,94	69.963,96		

Çizelge 53 - Kullanım Yerine/Sektörüne Göre Su Kaynaklarından Çekilen Su Miktarı
(Milyar m³/yıl)
(TÜİK, 2020)

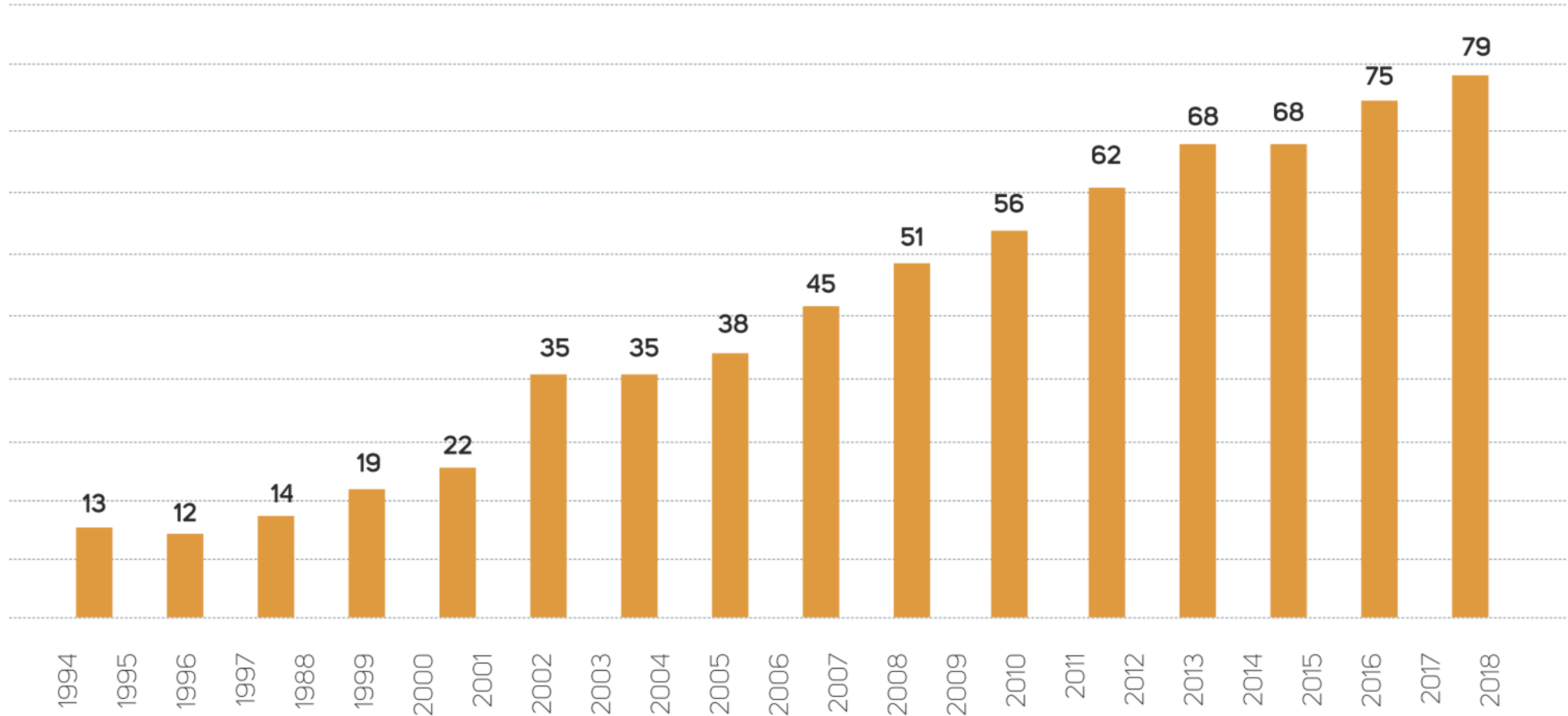
	2008	2010	2012	2014	2016	2018
Belediyeler	4,56	4,79	4,93	5,23	5,83	6,19
Köyler	1,22	1,01	1,04	0,43	0,38	0,39
İmalat sanayi işyerleri	1,20	1,42	1,67	2,2	2,12	2,68
Termik santraller	4,54	4,27	6,40	6,53	8,61	7,87
Organize sanayi bölgeleri	0,11	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16
Maden işletmeleri	(*)	0,05	0,11	0,21	0,23	0,24
Sulama (1)	33,77	38,15	41,55	35,85	43,06	43,95
Toplam	45,40	49,75	55,71	50,38	60,15	61,24

(*) Bilgi yoktur.

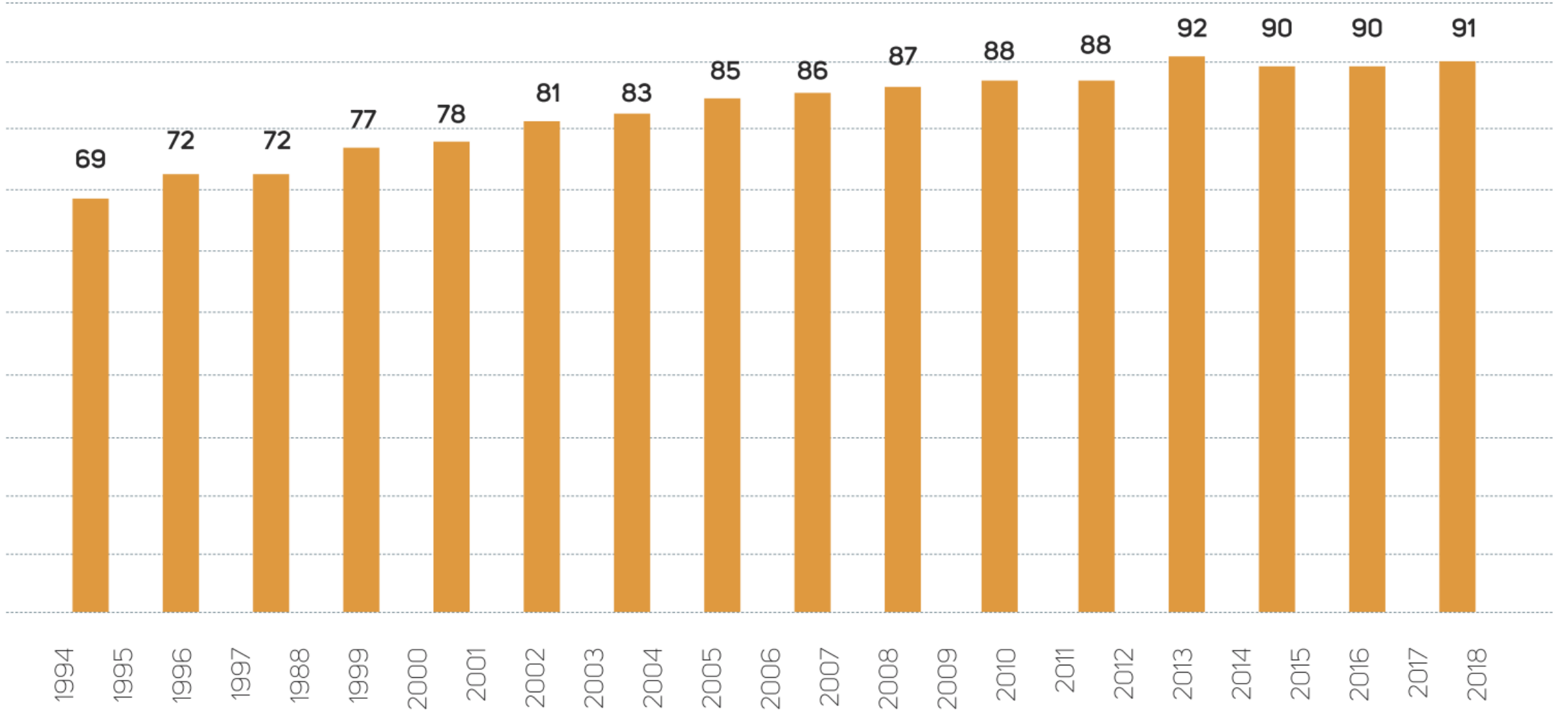
(1) DSİ verisidir. Sulamada kullanılan toplam yüzey suyu miktarı ile sulamalara ait toplam yer altı suyu tahsis miktarı toplamıdır.

Deniz suyu ve tatlı su toplamıdır.

Grafik 27 - Atık Su Arıtma Tesisi ile Hizmet Edilen Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı (%),
(TÜİK, 2019)



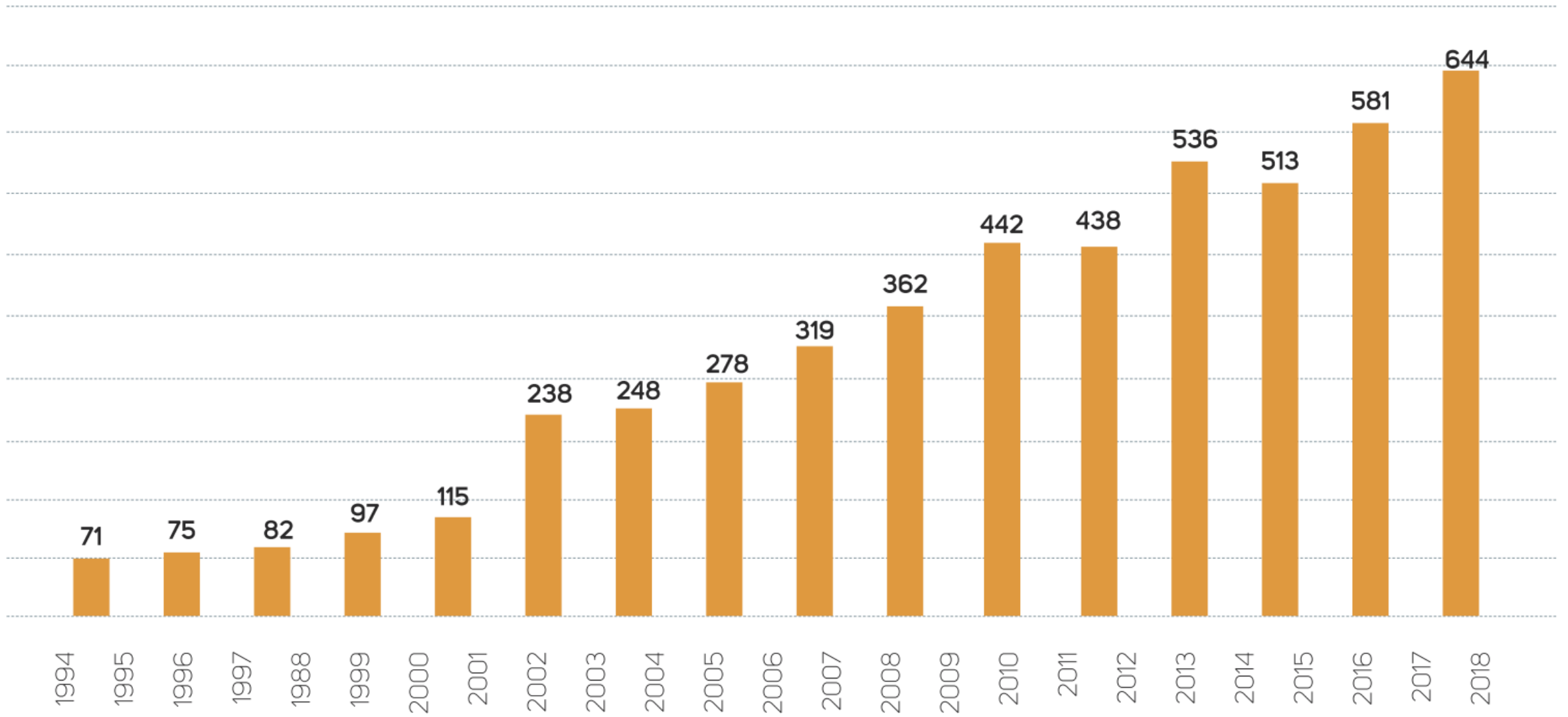
Grafik 26 - Kanalizasyon Şebekesi ile Hizmet Verilen Nüfusun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı (%)
(TÜİK, 2019)



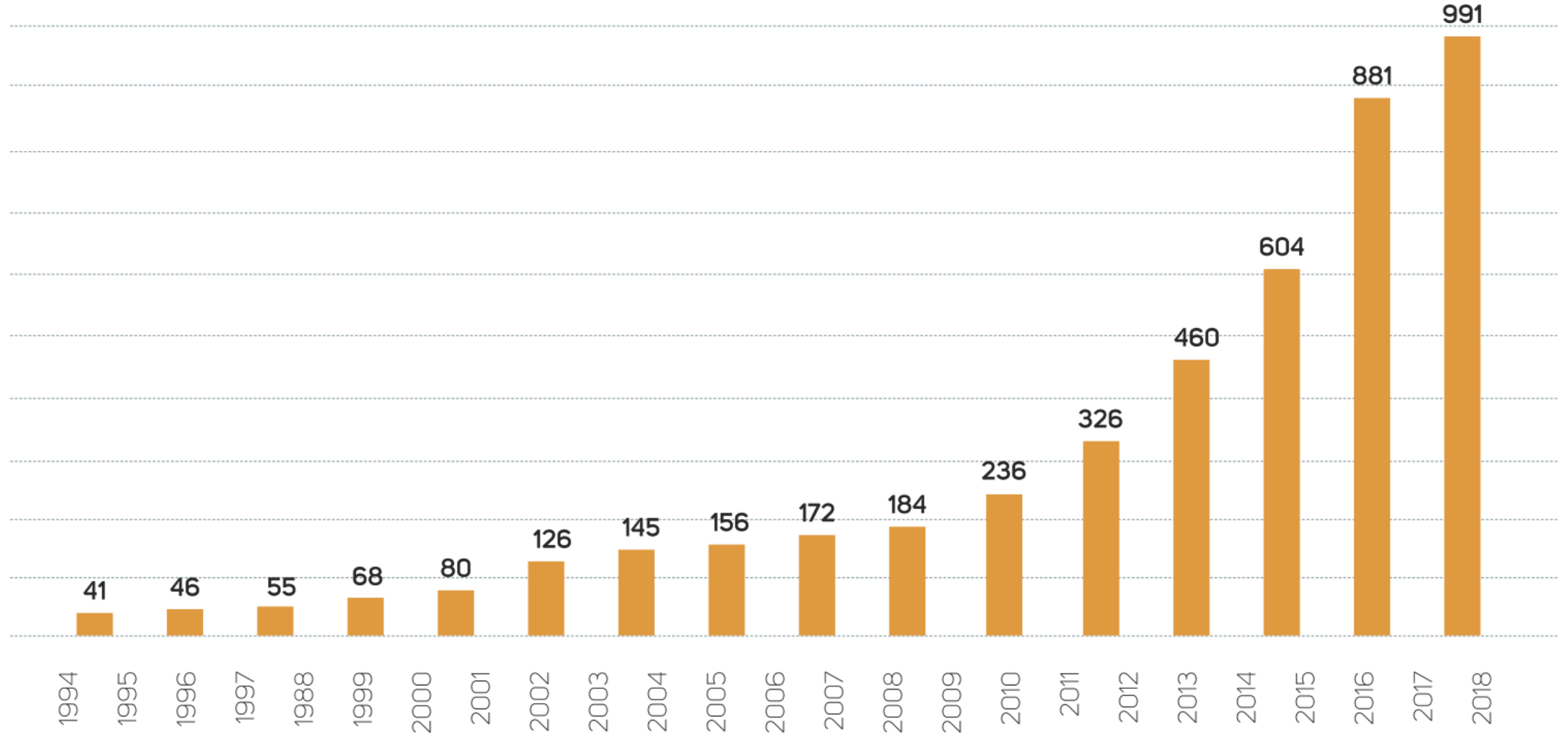
Harita 12 - Türkiye İl Merkezlerinin Atık Su Arıtma Tesisi Durumu (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Şubat 2020)



Grafik 28 - Atık Su Arıtma Tesisi Hizmeti Veren Belediye Sayısı
(TÜİK, 2019)



Grafik 29 - Belediyelere Ait Atık Su Arıtma Tesisi Sayısı
(TÜİK, 2019)



Çizelge 62 - Alıcı Ortamlara Göre Belediye Şebekesinden Alıcı Ortamlara Deşarj Edilen Atık Su Miktarı
(TÜİK, 2019)

	2014		2016		2018	
	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Deşarj edilen atık su miktarı	4.296.851	100,0	4 499 145(r)	100,0	4.795.130	100,0
Artılan	3.483.787	81,1	3 842 350	85,4(r)	4 236 419	88,3
Artılmayan	813.064	18,9	656 795(r)	14,6(r)	558 711	11,7
Denize	1.915.294	44,6	1 812 650	40,3(r)	1 949 475	40,7
Artılan	1.759.461	91,9	1 724 792	95,2	1 883 205	96,6
Artılmayan	155.833	8,1	87 858	4,8	66 270	3,4
Göl/Gölete	93.596	2,2	78 551	1,7(r)	67 935	1,4
Artılan	47.893	51,2	53 262	67,8	53 363	78,6
Artılmayan	45.703	48,8	25 289	32,2	14 571	21,4
Akarsuya	1.898.895	44,2	2 153 123	47,9(r)	2 248 589	46,9
Artılan	1.409.633	74,2	1 728 000	80,3	1 911 078	85,0
Artılmayan	489.262	25,8	425 122	19,7	337 511	15,0
Baraja	120.781	2,8	126 325	2,8(r)	148 735	3,1
Artılan	61.843	51,2	76 660	60,7	104 292	70,1
Artılmayan	58.938	48,8	49 665	39,3	44 443	29,9
Araziye	17.954	0,4	20 063	0,4(r)	19 052	0,4
Artılan	8.367	46,6	14 036	70,0	13 173	69,1
Artılmayan	9.587	53,4	6 027	30,0	5 878	30,9
Diğer ortamlara	250.332	5,8	308 434(r)	6,9(r)	361 346	7,5
Artılan	196.649	78,6	245 601	79,6(r)	271 307	75,1
Artılmayan	53.683	21,4	62 833(r)	20,4(r)	90 038	24,9

Not: Belediye tesisleri dışında artılan atık su miktarı dahildir.

Çizelgedeki rakamlar yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

(r) Revize edilmiştir.

Çizelge 64 - Organize Sanayi Bölgeleri Su, Atık Su ve Atık Göstergeleri, 2010 - 2018
(TÜİK, 2019)

	2010	2012	2014	2016	2018
Faal OSB sayısı	134	181	196	217	223
Kendine ait su şebekesi olan OSB sayısı	101	129	157	170	182
Belediyenin su şebekesinden faydalanan OSB sayısı	17	26	15	22	20
Su şebekesi olmayan OSB sayısı	16	26	24	25	21
OSB su şebekesine çekilen su miktarı (bin m³)	126.013	138.494	167.592	175.377	185.474
Kuyu	55.222	60.868	76.218	84.627	83.297
Kaynak	23.909	24.473	26.752	20.098	24.730
Şehir şebekesi	13.648	18.198	22.706	25.018	26.005
Baraj, göl, gölet ve akarsu	33.236	34.955	41.915	45.635	51.442

Kentsel Altyapı ile ilgili MEVZUAT

- **Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği**
 - Resmi Gazete (Tarih:31.12.2004, Sayı: 25687)
- **Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği**
 - Resmi Gazete (Tarih: 08.01.2006, Sayı: 26047)
- **Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik**
 - Resmi Gazete (Tarih: 06.01.2017, Sayı: 29940)
- **Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği**
 - Resmi Gazete (Tarih: 20.03.2010, Sayı: 27527)

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

- Bu Yönetmeliğin amacı, Ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli olan hukuki ve teknik esasları belirlemektir.
- Bu Yönetmelik su ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım amaçlarını, su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esasları ve yasaklarını, atıksuların boşaltım ilkelerini ve boşaltım izni esaslarını, atıksu altyapı tesisleri ile ilgili esasları ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını kapsar.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

- **Atıksu altyapı tesisleri:** Evsel ve/veya endüstriyel atıksuları toplayan kanalizasyon sistemi ile atıksuların arıtıldığı ve arıtılmış atıksuların nihai bertarafının sağlandığı sistem ve tesislerin tamamını,
- **Kanalizasyon sistemi:** Ayrık sistemde evsel ve/veya endüstriyel atıksuları ayrı, yağmur sularını ayrı; bileşik sistemde ise bütün atıksuları birlikte toplamaya, uzaklaştırmaya ve arıtma tesislerine iletmeye yarayan birbirleriyle bağlantılı boru ya da kanallardan oluşan sistemi,
- **Yağmur suyu kanalı:** Ayrık sistem kanalizasyon yapılarında yağış suları, yüzeysel sular, drenaj sularını taşıyan kanalları,

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

BEŞİNCİ BÖLÜM: Atıksuların Boşaltım İlkeleri

- Madde 25 - Kanalizasyon Sistemlerine Boşaltım

YEDİNCİ BÖLÜM: Atıksu Altyapı Tesislerindeki Uygulamalar

- Madde 45 - Kanalizasyon Sistemine Bağlantı Kısıtları
- Madde 46 - Atıksu Toplama Sistemine Verilemeyecek Maddeler
- Madde 49 - Kanalizasyon Sistemine Bağlantı ve Boşaltımların Kontrol Düzeni

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği

- Bu Yönetmeliğin amacı, kentsel atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjı ile belirli endüstriyel sektörlerden kaynaklanan atıksu deşarjının olumsuz etkilerine karşı çevreyi korumaktır.
- Bu Yönetmelik, kanalizasyon sistemlerine boşaltılan kentsel ve belirli endüstriyel atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjı, atıksu deşarjının izlenmesi, raporlanması ve denetlenmesi ile ilgili teknik ve idari esasları kapsar.

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği

- **Kanalizasyon sistemi:** Kentsel atıksuyu toplayan ve arıtma tesislerine iletmeye yarayan kanallar sistemini,
- **Kentsel atıksu:** Evsel atıksu ya da evsel atıksuyun endüstriyel atıksu ve/veya yağmur suyu ile karışımını,

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: Kentsel Atıksu Arıtımı

- Madde 7: Kanalizasyon sistemleri
- Madde 9: Endüstriyel Atıksuyun Kanalizasyona Boşaltım Esasları

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

- Bu Yönetmeliğin amacı; atıksu toplama ve uzaklaştırma sistemlerinin planlanması, tasarımı ve projelendirilmesi, yapımı ve işletilmesine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.
- Bu Yönetmelik; halk sağlığı ve güvenliğini, çevrenin korunmasını, sistemin sürdürülebilir olmasını, içmesuyu kaynaklarının suyla taşınan kirliliklerden korunmasını esas alarak kanalizasyon sistemlerinin planlanması, tasarımı ve projelendirilmesi ile yapımı ve işletilmesine ilişkin usul ve esasları kapsar.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

- **Atıksu altyapı tesisleri:** Evsel ve/veya endüstriyel atıksuları toplayan kanalizasyon sistemi ile atıksuların arıtıldığı ve alıcı ortama verilmesinin sağlandığı sistem ve tesislerin tamamını,
- **Kanalizasyon sistemi:** Ayrık sistemde evsel ve/veya endüstriyel atıksuları ayrı, yağmur sularını ayrı; bileşik sistemde ise bütün atıksuları birlikte toplamaya, uzaklaştırmaya ve arıtma tesislerine iletmeye yarayan birbirleri ile bağlantılı boru ya da kanallardan oluşan sistemi,

Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği

İKİNCİ BÖLÜM: Atıksu Arıtma Tesisleri ile İlgili Genel İlke ve Tasarıma Ait Esaslar

- **MADDE 8: Atıksu miktar ve özelliklerinin belirlenmesi**



Birleşik – Ayrık Sistem Atıksu Miktarlarının Belirlenmesi

Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://www.ozgurzeydan.com/>



Temel Kavramlar - Tanımlar

- Kullanılmış suların (atıksu) deşarj edildiği ortama “alıcı ortam” (receiving body) denir.
- Atık suları ve yağmur sularını alıcı ortama götüren ve atık suların deşarj edilmeden önce temizlenmesini sağlayan tesislerin tümüne “Çevre Sağlığı Tesisleri” adı verilir.
- Çevre sağlığı tesisleri, halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. (Salgın hastalıkların önlenmesi, sel kontrolü vb.)

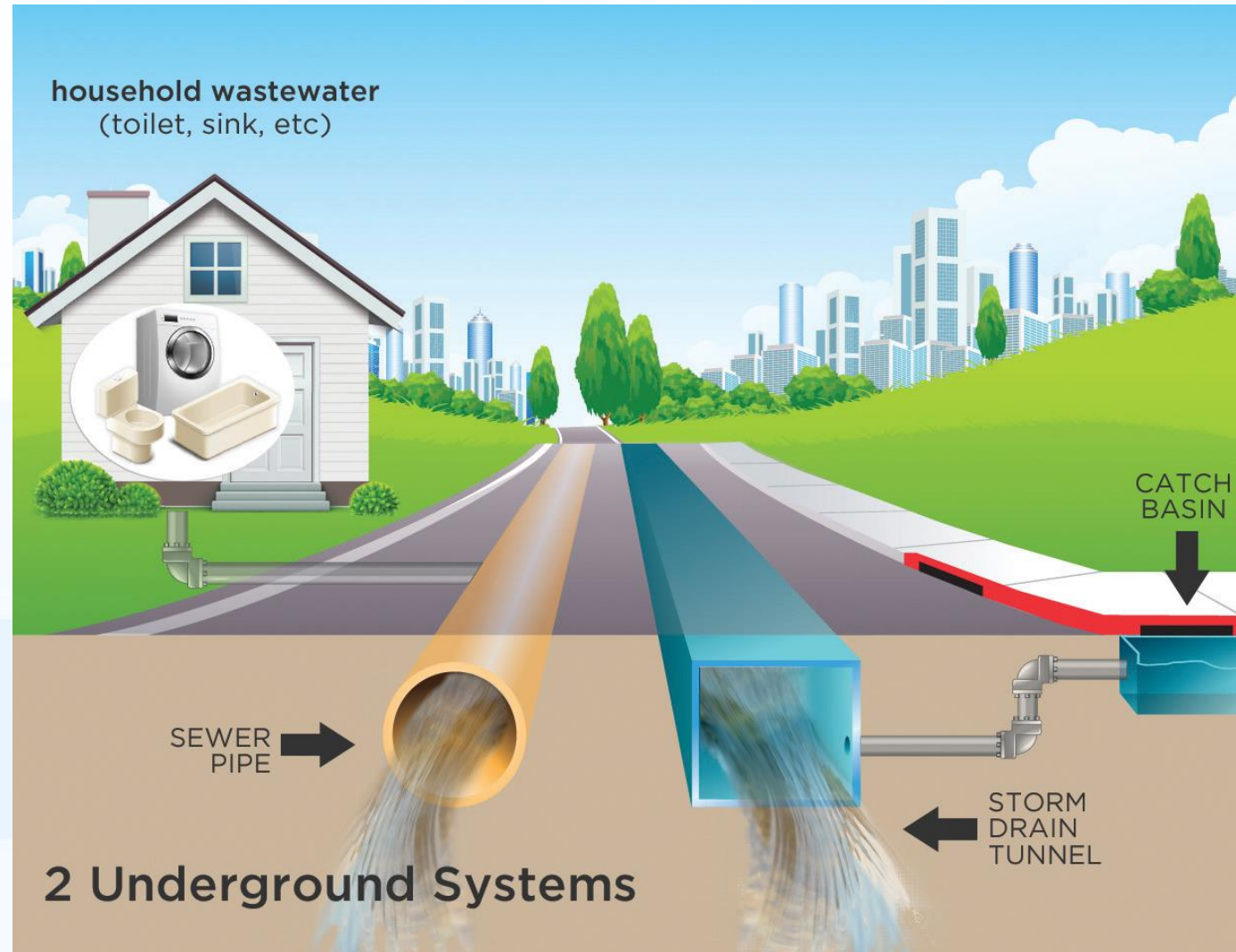
Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

- **Alıcı ortam:** Atıksuların deşarj edildiği veya dolaylı olarak karıştığı her türlü ortamı
- **Atıksu altyapı tesisleri:** Evsel ve/veya endüstriyel atıksuları toplayan kanalizasyon sistemi ile atıksuların arıtıldığı ve alıcı ortama verilmesinin sağlandığı sistem ve tesislerin tamamını,
- **Kanalizasyon sistemi:** Ayrık sistemde evsel ve/veya endüstriyel atıksuları ayrı, yağmur sularını ayrı; bileşik sistemde ise bütün atıksuları birlikte toplamaya, uzaklaştırmaya ve arıtma tesislerine iletmeye yarayan birbirleri ile bağlantılı boru ya da kanallardan oluşan sistemi,

Kanalizasyon ve Yağmursuyu Şebekesi

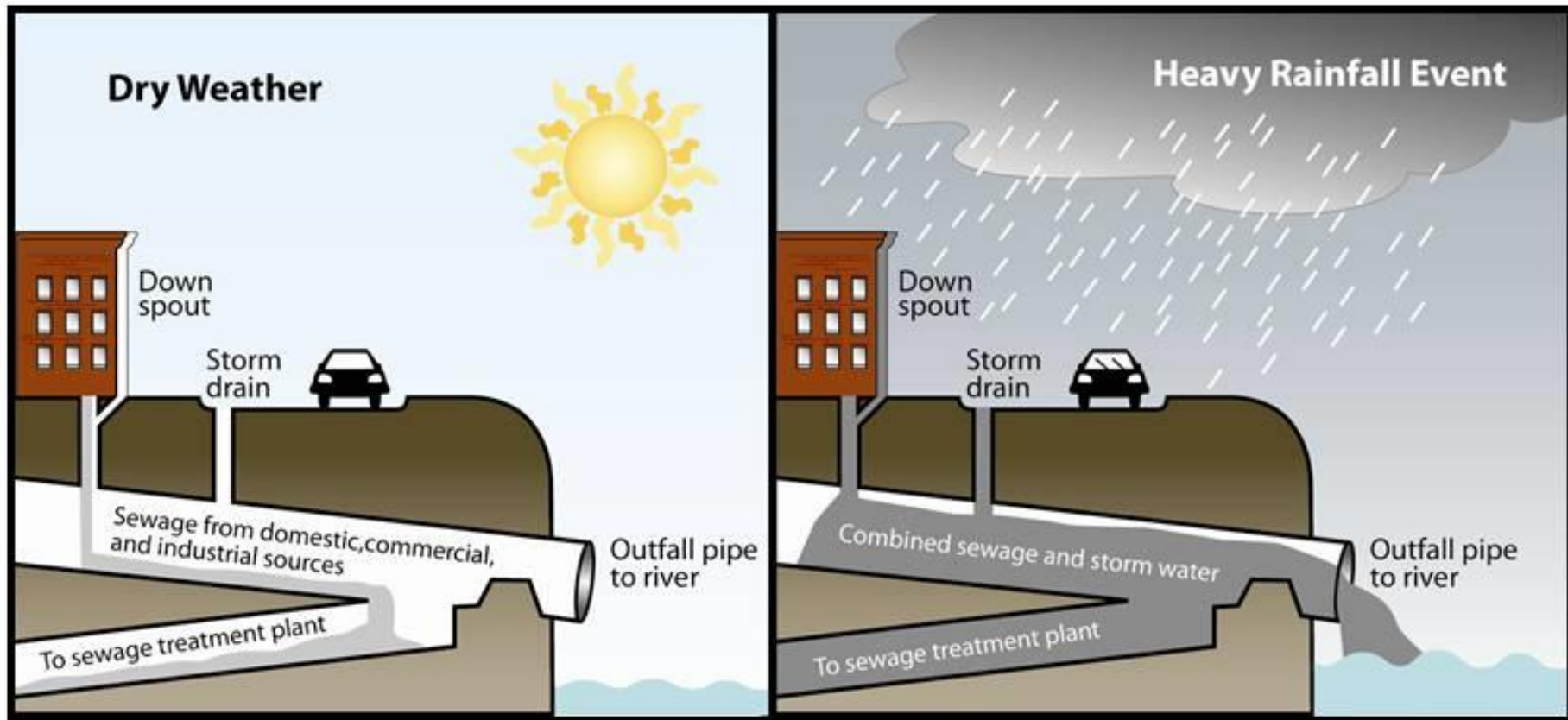
- Atık suların ve yağmur sularının birlikte taşındığı sistemler **Birleşik Sistem** olarak adlandırılır.
- Bu suların ayrı ayrı taşındığı sistem ise **Ayrık Sistem** olarak adlandırılmaktadır.

Ayrık Sistem



<https://www.barrie.ca/Living/Environment/Wastewater-And-Sewers/Pages/Drains-Sewers-Flooding.aspx>

Birleşik Sistem



<http://www.akronwaterwaysrenewed.com/about-us/combined-sewer-overflow.aspx>

Ayrık ve Birleşik Sistem

- Her iki sistemin de avantajları ve dezavantajları mevcuttur.

	Avantajları	Dezavantajları
Birleşik Sistem	???	???
Ayrık Sistem	???	???

Birleşik Sistem - Avantajları

- Tek kanal kullanılır.
- İnşaat maliyeti düşüktür.

Birleşik Sistem - Dezavantajları

- Debinin değişken olması
- Yağışlı mevsimde kanal kapasitesi yetersiz kalabilir, alçak kotlarda yer alan binaların bodrum katlarını su basabilir.
- Kurak mevsimde asgari hız sağlanamayabilir, kanalların dibinde katı madde çökmesi görülebilir.
- Atıksu artıma tesisine gelen debi fazladır.
- Daha büyük kanallara ihtiyaç duyulur.
- Pompa istasyonları kullanılması halinde pompalama maliyeti daha yüksektir.

Birleşik Sistem - Dezavantajları



<https://wtop.com/dc/2017/07/heavy-rain-raw-sewage-potomac-anacostia-rivers-likely/>

The sewer system cannot handle the volume of runoff



Source: USGS (2009)

Ayrık Sistem - Avantajları

- Yağmur suları kirlenmez.
- Yağmur suyunu atıksu artıma tesisine kadar taşımak yerine en yakın alıcı ortama vermek mümkündür.
- Atıksu arıtma maliyeti daha düşüktür.

Ayrık Sistem - Dezavantajları

- İki ayrı kanal inşa edilmek zorundadır.
- Maliyeti daha yüksektir.

Ayrık Sistem



<http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-collection/hardware/sewers/separate-sewers>

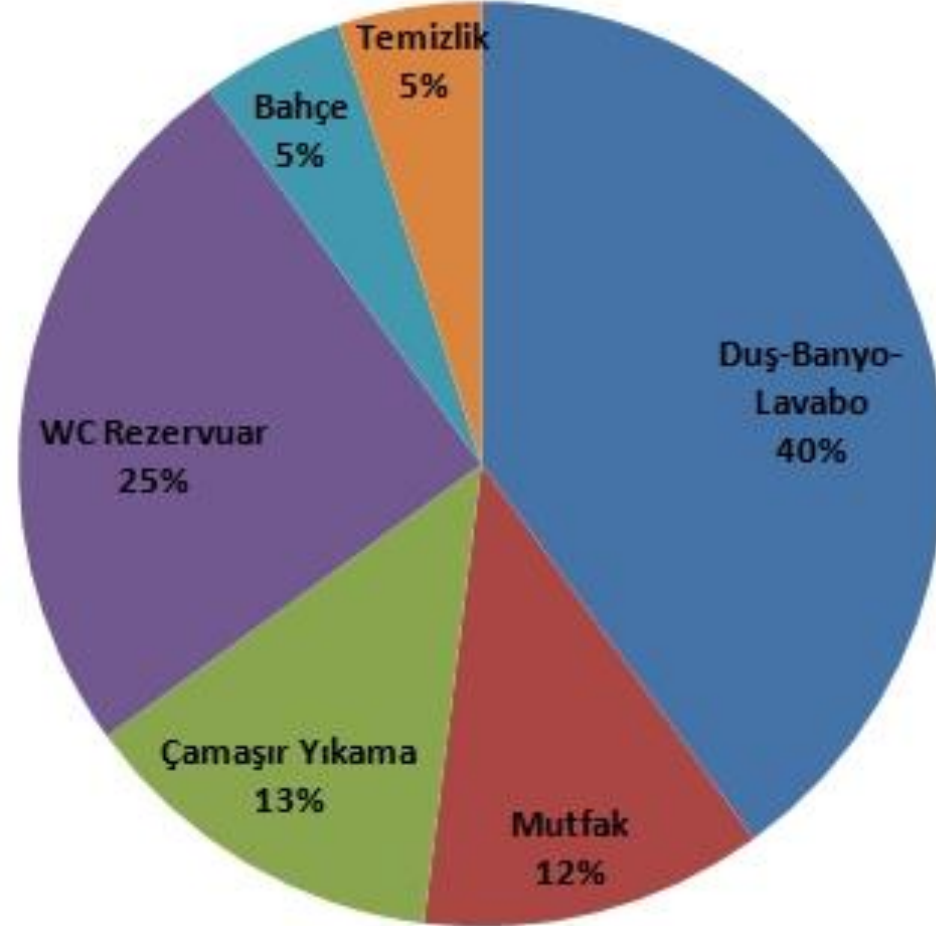
Atıksu Miktarlarının Belirlenmesi

- Altyapı sisteminin hidrolik açıdan teknik olarak değerlendirilmesi kapsamında; atıksu debisindeki salınımlar, sızma debisi, bacalardaki boşluklardan geçerken oluşan sızma debisi ve yanlış bağlantı noktalarında oluşan sızma debisi dikkate alınır. (ATUSHY, 2017)
- Şebekeden çekilen su miktarının %70 ile %110'u (kuyu suyu kullanımına bağlı olarak) atıksuya dönüşmektedir.

Su Kullanımını Etkileyen Faktörler

- Şehrin büyüklüğü
- İklim
- Suyun kalitesi
- Basınç
- Nüfusun özellikleri
- Su sayaçlarının bulunması
- Ekonomik düzey
- Nüfus yoğunluğu
- Sanayileşme düzeyi
- Suyun maliyeti

Evlerde Su Kullanımı



<http://www.limitsizenerji.com/cevre/yesil-yasam/927-gri-su-geri-kazanım-sistemi>

Atıksu Debisi

$$Q_{evsel,ort} = \frac{qP_G}{24 * 3600}$$

- $Q_{evs,ort}$ Ortalama evsel atıksu debisi (L/sn)
- q Kişi başına ortalama günlük tüketim (L/kişi.gün)
- P_G Tahmin edilen proje nüfusu (projeksiyon süresi sonundaki nüfus, kişi)

Kişi Başına Ortalama Günlük Su Tüketimi

Nüfus (N, kişi)	Evsel su ihtiyaçı (q, L/kişi.gün)*
$\leq 50\ 000$	80 – 100
$> 50\ 000$ ve $\leq 100\ 000$	100 – 120
$> 100\ 000$	120 – 140

* Bu değerler tavsiye niteliğinde olup, büyükşehir belediyeleri/belediyelerin evsel su tüketim değerleri dikkate alınarak belirlenmelidir.

Su Kullanımı ve Atıksu Oluşum Miktarları

- 2020 yılı verilerine göre belediyelerde çekilen kişi başı günlük ortalama içme ve kullanma suyu miktarının 228 litre olduğu tespit edilmiştir. (TUIK Belediye Su Göstergeleri, 1994-2020)
- 2020 yılı verilerine göre belediyelerden kanalizasyon şebekesi ile alıcı ortamlara deşarj edilen kişi başı günlük atıksu miktarının 189 litre olduğu tespit edilmiştir. (TUIK Belediye atıksu göstergeleri, 1994-2020)
- Türkiye'de atıksu oluşum oranı = $189 / 228 * 100 = \% 82.9$

Su Kullanımı ve Atıksu Oluşum Miktarları

Yıl	Kişi başı çekilen günlük su miktarı (litre/kişi-gün)	Belediyelerde deşarj edilen kişi başı günlük atıksu miktarı (litre/kişi-gün)	Atıksu oluşum oranı (%)
1994	211	126	59.7
1995	233	131	56.2
1996	245	134	54.7
1997	249	144	57.8
1998	256	154	60.2
2001	252	147	58.3
2002	255	154	60.4
2003	259	173	66.8
2004	255	174	68.2
2006	245	181	73.9
2008	215	173	80.5
2010	216	182	84.3
2012	216	190	88.0
2014	203	181	89.2
2016	217	183	84.3
2018	224	188	83.9
2020	228	189	82.9

Endüstriyel (ticari) Atıksu Debisi

$$Q_{end,ort} = Z * F$$

- $Q_{end,ort}$ Ortalama endüstriyel (ticari) atıksu debisi (L/sn)
- Z Endüstriyel birim su tüketimi (L/sn.ha)
- F Atıksu toplama alanı (ha)

Endüstriyel Birim Su Tüketimi

Endüstri cinsi	Birim su tüketimi (L/sn.ha)
Küçük sanayi	0.5
Orta sanayi	1.0
Büyük sanayi	1.5

Sızma Debisi

$$Q_{sızma} = 0,1 * F$$

➤ $Q_{sızma}$

Sızma debisi (L/sn)

➤ F

Atıksu toplama alanı (ha)

Toplam Atıksu Debisi

$$Q_{toplam,ort} = Q_{evsel,ort} + Q_{end,ort} + Q_{sizma}$$

$$Q_{toplam,pik} = Q_{evsel,pik} + Q_{end,pik} + Q_{sizma}$$

Pik Debi

- Evsel pik atıksu debisini hesaplamak için Babbitt katsayısı kullanılmalıdır. Babbitt katsayısı şu formülle hesaplanır:

$$\beta = \frac{19,905}{P_G^{0,2}}$$

- Burada

- β Babbitt katsayısı

- P_G gelecekteki nüfus (kişi)

- Evsel pik atıksu debisini hesaplamak için ise şu formül kullanılır:

$$Q_{evsel, pik} = \beta Q_{evsel, ort}$$

- Burada

- $Q_{evs,ort}$ Ortalama evsel atıksu debisi (L/sn)

- $Q_{evs,pik}$ Pik evsel atıksu debisi (L/sn)

Atıksu Debileri

Atıksu Kaynağı	Atıksu Debisi (gal/kişi/gün)	Atıksu Debisi (L/kişi/gün)
<i>Evsel Atıksu</i>		
Geniş müstakil ev	100	378
Tipik müstakil ev	75	283.5
Apartman dairesi	60-75	227-284
<i>Kamp ve oteller</i>		
Resort otel	100-150	378-567
Kamplar - karavan parkları	35	132.3
Otel	50	189

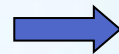
Kaynak: Benefield & Randall, Biological Process Design for Wastewater Treatment, Prentice Hall, Inc.1980



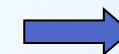
<i>Okullar</i>		
Yatılı Okullar	75	283.5
Okullar (kafeteryalı)	20	75.6
Okullar (kafeteryasız)	15	56.7
<i>Restoranlar</i>		
Her çalışan için	30	113.4
Her müşteri için	7-10	26.5-37.8
Her servis edilen yemek	4	15.12
<i>Terminaller</i>		
Her çalışan için	15	56.7
Her yolcu için	5	18.9
Hastaneler	150-300	567-1134
Ofisler	15	56.7
Tiyatro-Sinema (koltuk bş.)	3-5	11.3-18.9

Atıksu Debileri

Endüstri	Su ihtiyacı	Atıksu Miktarı
<i>Yiyecek</i>		
Şeker Pancarı	27 m ³ /ton	Kullanılan suyun %89.5'i
Şeker Kamışı	3 m ³ /ton	500 L/ton
Mezbaha	5 m ³ / 1000 kg canlı hayvan	Kullanılan suyun %96.8'i
Meyve / Sebze konserveleme	8-80 m ³ /ton	Kullanılan suyun %67'si
<i>İçecek</i>		
Bira		10-15 L / L bira
Süt		2-10 L / L süt
Viski		20 L / L viski
Meşrubatlar		2-5 L / L meşrubat



<i>Kağıt</i>		
Kağıt hamuru üretimi		40-200 m ³ /ton
Kağıt hamuru beyazlatma		80-200 m ³ /ton
Kağıt üretimi		40-120 m ³ /ton
Entegre üretim		90-230 m ³ /ton
<i>Tekstil</i>		
Pamuk	120-750 L / kg ürün	Kullanılan suyun %93'ü
Yün		500-600 L / kg ürün
Suni İpek		25-58 L / kg ürün
Naylon		100-150 L / kg ürün
Polyester		67-133 L / kg ürün



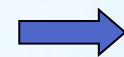
<i>Kimya</i>		
Rafineriler	200-400 L / varil	
Sabun üretimi		200 m ³ /ton
Deterjan üretimi		13 m ³ /ton
Metal kaplama		1-25 L / L kaplama solüsyonu
Deri imalatı		2-8 m ³ / 100 kg deri

Kaynak: Arceivala, Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı (Çev: Balman), McGraw Hill, Inc, 1998

Ticari İşletmelerin Atıksu Miktarları

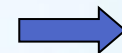
Kaynak	Birim	Debi (L/birim/gün)
Havalimanları	yolcu	10
Atomobil bakım istasyonları	araç	40
	işçi	50
Bar	müşteri	8
	çalışan	50
Çamaşırhane	makine	2200
	yıkama	190
Otel	müşteri	190
	çalışan	40

Kaynak: Tchobanoglous, Wastewater Engineering: collection and pumping of wastewater, Metcalf % Eddy, Inc., 1981



Ticari İşletmelerin Atıksu Miktarları

Motel	kişi	120
Apart daire	kişi	200
Pansiyon	kişi	150
Ofis	çalışan	55
Restoran	yemek	10
Mağaza	tuvalet	2000
	çalışan	40
AVM	park yeri	4
	çalışan	40



Kamu Kurumları Atıksu Miktarları

Kaynak	Birim	Debi (L/birim/gün)
Hastane (tedavi)	yatak	650
	çalışan	40
Hastane (akıl hastalıkları)	yatak	400
	çalışan	40
Cezaevi	tutuklu	450
	çalışan	40
Huzurevi	sakin	350
	çalışan	40
Okul (kafeterya, spor salonu, duş)	öğrenci	80
Okul (kafeterya)	öğrenci	60
Okul (spor salonu, duş)	öğrenci	40
Yatılı okul	öğrenci	280
Yurt	kişi	150



Rekreasyon Kaynaklı Atıksu Miktarları

Kaynak	Birim	Debi (L/birim/gün)
Kafeterya	müşteri	6
	çalışan	40
Kamp alanı	kişi	120
Kahve dükkanı	müşteri	20
	çalışan	40
Yemek salonu	servis	30
Yüzme havuzu	müşteri	40
	çalışan	40
Tiyatro	koltuk	10

Kaynak: Tchobanoglous, Wastewater Engineering: collection and pumping of wastewater, Metcalf % Eddy, Inc., 1981

Kaynaklar

- Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete (Tarih: 06.01.2017, Sayı: 29940)
- Benefield & Randall, Biological Process Design for Wastewater Treatment, Prentice Hall, Inc.1980
- Arceivala, Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı (Çev: Balman), McGraw Hill, Inc, 1998
- Tchobanoglous, Wastewater Engineering: collection and pumping of wastewater, Metcalf % Eddy, Inc., 1981



Nüfus Projeksiyonları

Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://www.ozgurzeydan.com/>



Nüfus Projeksiyonları

- Tasarımı yapılacak olan altyapı projesinin (kanalizasyon, yağmursuyu kanalları vb.), proje ömrü sonundaki nüfusa da hizmet verebilmesi gelecekteki nüfus projeksiyonuna ihtiyaç duyulur.

Geçmiş Nüfus Verileri

- Geçmiş yıllara ait verileri TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) web sitesinden elde edilebilir.
- Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS)
 - <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

Madde 13

b) Projeler, yerleşimin kısa (yaklaşık 10 yıl), orta (yaklaşık 20 yıl) ve uzun (yaklaşık 35 yıl) süredeki ihtiyaçları göz önünde bulundurularak hazırlanır.

c) Gelecekteki nüfus projeksiyonları, su kullanımlarının tespiti ile proje kriterleri EK-1'e göre belirlenir.

Ek:

- **Nüfus ve nüfus yoğunluğu:** Mevcut imar planlarından nüfus yoğunlukları elde edilmelidir. Bölgenin gelecekteki nüfusu için 1.3.2.1'de belirtilen yöntemlere göre projeksiyonlar yapılmalıdır.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

Gelecekteki nüfus modelleri

- Sıfırinci derece (aritmetik) artış modeli
- İller Bankası modeli
- Birinci derece (geometrik) artış modeli
- Azalan hızlı geometrik artış modeli
- Diğer modeller

Not: Bu ders notları yönetmelik ile uyumlu hale getirilmiştir!

Sıfırıncı Derece (Aritmetik) Artış Modeli

- Aritmetik artış modelinde, nüfusun birim zamandaki artış miktarı sabit kabul edilir. Nüfus dikey ekseninde, nüfus sayım yılları yatay ekseninde olmak üzere geçmiş yıllardaki nüfus verileri grafiklendirildiğinde bir doğru ifade ediyor veya doğruya yakınsa, nüfus artışının doğrusal olduğu kabul edilir ve gelecekteki nüfusu tahmin etmek için aritmetik artış modeli kullanılır. Buna göre nüfus artış hızı şu şekilde ifade edilir:

$$\frac{dN}{dt} = \bar{k}$$

\bar{k} : ortalama nüfus artış hızı

Sıfırıncı Derece (Aritmetik) Artış Modeli

Ardışık sayım yıllarındaki nüfus verileri kullanılarak nüfus artış hızları şu şekilde tahmin edilir:

$$k = \frac{N_S - N_i}{t_S - t_i}$$

Ortalama nüfus artış hızı, geçmiş yıllardaki ardışık nüfus sayımları kullanılarak hesaplanan nüfus artış hızlarının aritmetik ortalaması olarak kullanılmalıdır.

$$N_G = N_M + \bar{k}(t_G - t)$$

Sıfırıncı Derece (Aritmetik) Artış Modeli

- N_G Gelecekteki nüfus (kişi)
- N_M Mevcut nüfus (kişi)
- t_S Ardışık nüfus sayım yıllarının ikincisi
- t_i Ardışık nüfus sayım yıllarının birincisi
- N_S Ardışık nüfus sayım yıllarının ikincisindeki nüfus (kişi)
- N_i Ardışık nüfus sayım yıllarının birincisindeki nüfus (kişi)
- k Ardışık nüfus sayım yılları arasında hesaplanan nüfus artış hızı (kişi/yıl)
- \bar{k} Ortalama artış hızı (kişi/yıl)
- t Projenin başladığı yıl
- t_G Gelecekteki nüfusun tahmin edildiği yıl (proje inşa süresi dahil)

Sıfırıncı Derece (Aritmetik) Artış Modeli - Örnek

- Bir A şehrinin
 - 2000 yılı nüfusu 21000
 - 2010 yılı nüfusu 24000
- olarak verilmiştir.
- 2020 nüfusunu aritmetik metot ile hesaplayınız.

Sıfırıncı Derece (Aritmetik) Artış Modeli - Örnek

$$k = \frac{N_s - N_i}{t_s - t_i} = \frac{(24000 - 21000)}{(2010 - 2000)} = 300 \text{kişi / yu}$$

$$N_G = N_M + \bar{k}(t_G - t)$$

$$N_G = 24000 + 300 \times (2020 - 2010)$$

$$N_G = 27000 \text{kişi}$$

İller Bankası Modeli

- İller Bankası modeli, sabit hızlı geometrik artış öngören, yani nüfusun bir kuvvet fonksiyonu ile ifade edildiği bir modeldir. Geçmiş yıllardaki ardışık nüfus sayımlarında belirlenen nüfuslar için, her bir nüfus sayım yılındaki nüfusun bir önceki nüfusa oranı sabit kalıyorsa, veya bu oranlar dikey ekseninde, yıllar yatay ekseninde olmak üzere nüfus verileri grafiklendirildiğinde eğimi sifıra eşit veya yakın bir doğru ifade ediyorsa, gelecekteki nüfusu tahmin etmek için İller Bankası modeli kullanılmalıdır. İller Bankası modelinde nüfus artış hızı şu şekilde ifade edilir:

$$\frac{dN}{dt} = \ln\left(1 + \frac{k}{100}\right)\left(1 + \frac{k}{100}\right)^t \quad k : \text{çoğalma katsayısı}$$

İller Bankası Modeli

$$s = \left(\frac{N_s}{N_i} \right)^{t_s - t_i} - 1$$

Ardışık nüfus sayım yılları ile bu yıllardaki nüfuslar kullanılarak hesaplanan s değerlerinin aritmetik ortalaması (\bar{s}) bulunur ve çoğalma katsayısı, \bar{s} değeri ile şu şekilde hesaplanır:

$$k = \begin{cases} \bar{s} \leq 1 & \Rightarrow 1 \\ 1 < \bar{s} < 3 & \Rightarrow \bar{s} \\ \bar{s} \geq 3 & \Rightarrow 3 \end{cases}$$

Nüfus artış hızı belirlendikten sonra gelecekteki nüfus şu formülle tahmin edilir:

$$N_G = N_M * \left(1 + \frac{k}{100} \right)^{(t_G - t)}$$

İller Bankası Modeli

- N_G Gelecekteki nüfus (kişi)
- N_M Mevcut nüfus (kişi)
- n Geçmiş yıllardaki nüfus verilerinin sayısı
- t_S Ardışık nüfus sayım yıllarının ikincisi
- t_i Ardışık nüfus sayım yıllarının birincisi
- N_S Ardışık nüfus sayım yıllarının ikincisindeki nüfus (kişi)
- N_i Ardışık nüfus sayım yıllarının birincisindeki nüfus (kişi)
- k Ortalama çoğalma katsayısı
- t Projenin başladığı yıl
- t_G Gelecekteki nüfusun tahmin edildiği yıl (proje inşa süresi dahil)

İller Bankası Metodu - Örnek

- Zonguldak ili Merkez ilçe için 1965 ile 2000 yılları arasındaki nüfus sayımı verilerini ve **İller Bankası Metodunu** kullanarak 2030 yılı için nüfus projeksiyonu yapınız.
- Hesaplamalar için MS Excel'i kullanınız.

Yıl	Nüfus
2000	104276
1990	116725
1985	117879
1980	109044
1975	90221
1970	77135
1965	55404

İller Bankası Metodu – MS Excel Çözümü

	A	B	C	
1	Yıl	Nüfus	s	
2	2000	104276	-0,676	
3	1990	116725	-0,048	
4	1985	117879	0,476	
5	1980	109044	1,579	
6	1975	90221	1,189	
7	1970	77135	4,231	
8	1965	55404		
9				
10		s ortalama:	1,125	
11		k:	1,125	
12		tG:	2030	
13				
14		NG:	145868	

İller Bankası Metodu – MS Excel Çözümü

➤ C2 hücresine yazılan formül:

=KUVVET((B2/B3);(A2-A3))-1

➤ C10 hücresine yazılan formül:

=ORTALAMA(C2:C7)

➤ C11 hücresine yazılan formül:

=EĞER(C10<=1;"1";EĞER(C10>=3;"3";C10))

➤ C14 hücresine yazılan formül:

=YUVARLA(B2*KUVVET((1+(C11/100));(C12-A2));0)

tamsayı çıkması için yuvarlandı.

Birinci Derece (Geometrik) Artış Modeli

- Geometrik artış modeli, nüfus artış hızının nüfusa bağlı doğrusal bir fonksiyon olduğu kabulüne dayanmaktadır. Buna göre, geçmiş yıllardaki nüfus verileri için her ardışık sayımdaki nüfus artış miktarının mevcut nüfusa oranı sabitse, gelecekteki nüfusu tahmin etmek için bu model kullanılmalıdır. Geometrik artış modelinde nüfus artış hızı şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\frac{dN}{dt} = \bar{k}N$$

\bar{k} : ortalama nüfus artış hızı

Birinci Derece (Geometrik) Artış Modeli

- Geçmiş yıllardaki nüfus verileri kullanılarak nüfus artış hızları şu şekilde tahmin edilir:

$$k = \frac{\ln(N_s) - \ln(N_i)}{t_s - t_i}$$

- Ardışık nüfus sayım yıllarının her biri için hesaplanan nüfus artış hızlarının aritmetik ortalaması hesaplanarak ortalama nüfus artış hızı () bulunur ve gelecekteki nüfus şu formülle tahmin edilir:

$$N_G = N_M e^{\bar{k}(t_G - t)}$$

Birinci Derece (Geometrik) Artış Modeli

- N_G Gelecekteki nüfus (kişi)
- N_M Mevcut nüfus (kişi)
- n Geçmiş yıllardaki nüfus verilerinin sayısı
- t_S Ardışık nüfus sayım yıllarının ikincisi
- t_i Ardışık nüfus sayım yıllarının birincisi
- N_S Ardışık nüfus sayım yıllarının ikincisindeki nüfus (kişi)
- N_i Ardışık nüfus sayım yıllarının birincisindeki nüfus (kişi)
- k Ardışık nüfus sayımları arasındaki nüfus artış hızı (1/yıl)
- Ortalama artış hızı (kişi/yıl)
- t Projenin başladığı yıl
- t_G^k Gelecekteki nüfusun tahmin edildiği yıl (proje inşa süresi dahil)

Birinci Derece (Geometrik) Artış Modeli - Örnek

- Bir A şehrinin
 - 2000 yılı nüfusu 21000
 - 2010 yılı nüfusu 24000
- olarak verilmiştir.
- 2020 nüfusunu geometrik metot ile hesaplayınız.

Birinci Derece (Geometrik) Artış Modeli - Örnek

$$k = \frac{\ln(N_s) - \ln(N_i)}{t_s - t_i}$$

$$k = \frac{\ln(24000) - \ln(21000)}{2010 - 2000} = 0.0134 \text{ kişi / yıl}$$

$$N_G = N_M e^{\bar{k}(t_G - t)}$$

$$N_G = 24000 \times e^{0.0134(2020 - 2010)}$$

$$N_G = 27447 \text{ kişi}$$

Azalan Hızlı Geometrik Artış Modeli

- Bu model, geometrik artış modeline bir sınır şart konularak elde edilir. Bu sınır şart, bölgedeki nüfusun bir doygunluk noktasına ulaşacağı varsayımını getirmekte ve nüfus artış hızı mevcut nüfusun doygunluk nüfusuna olan uzaklığına oranı olarak ifade edilmektedir:

$$\frac{dN}{dt} = k(N_D - N)$$

- N_D Doygunluk nüfusu
- **Yönetmelik Ekinde N_D hesabının nasıl yapılacağı belirtilmemiş!!!**

Azalan Hızlı Geometrik Artış Modeli

- Burada k , nüfus artış hızıdır ve geçmiş yıllardaki nüfus verileri kullanılarak şu şekilde tahmin edilir:

$$k = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^{n-1} \left[- \frac{\ln \left(\frac{N_D - N_{i+1}}{N_D - N_i} \right)}{t_{i+1} - t_i} \right]$$

$$N_G = N_M + (N_D - N_M) \left[1 - e^{-k(t_G - t)} \right]$$

- Nüfus artış hızı belirlendikten sonra gelecekteki nüfus şu formülle tahmin edilir:

Azalan Hızlı Geometrik Artış Modeli

- N_G Gelecekteki nüfus (kişi)
- N_M Mevcut nüfus (kişi)
- n Geçmiş yıllardaki nüfus verilerinin sayısı
- t_i Geçmiş yıllardaki ardışık nüfus sayım yılları
- N_i Geçmiş yıllardaki ardışık nüfus verileri (kişi)
- k Ortalama artış hızı (1/yıl)
- t Projenin başladığı yıl
- t_G Gelecekteki nüfusun tahmin edildiği yıl (proje inşa süresi dahil)

Azalan Hızlı Artış Metodu

$$\frac{dN}{dt} = k(N_D - N) \quad N_D = \frac{N_0 \times N_2 - N_1^2}{N_0 + N_2 \times N_1} \quad k = -\frac{\ln\left(\frac{N_D - N_2}{N_D - N_1}\right)}{t_2 - t_1}$$

$$N_G = N_i + (N_D - N_i) \times \left[1 - e^{-k \times (t_G - t_i)}\right] \quad \text{veya}$$

$$N_G = N_D - (N_D - N_i) \times e^{-k \times (t_G - t_i)}$$

- k: nüfus artış hızı
- N_D : doyumluk katsayısı
- N_0 : t_0 yılındaki nüfus
- N_1 : t_1 yılındaki nüfus
- N_2 : t_2 yılındaki nüfus
- N_i : t_i yılındaki nüfus (ilk nüfus sayımı)
- N_G : gelecekteki nüfus

Azalan Hızlı Geometrik Artış Modeli - Örnek

- Bir B şehrinin
 - 1990 yılı nüfusu 15000
 - 2000 yılı nüfusu 18000
 - 2010 yılı nüfusu 20000
- olarak verilmiştir.
- 2020 nüfusunu Azalan Hızlı Geometrik Artış Modeli ile hesaplayınız.

Azalan Hızlı Geometrik Artış Modeli - Örnek

$$N_D = \frac{15000 \times 20000 - 18000^2}{15000 + 20000 - 2 \times 18000} = 24000$$

$$k = -\frac{\ln\left(\frac{24000 - 20000}{24000 - 18000}\right)}{2010 - 2000} = 0.04 / \text{yıl}$$

$$N_G = 24000 - (24000 - 20000) \times e^{-0.04 \times (2020 - 2010)}$$

$$N_G = 21319 \text{ kişi}$$

Diğer Modeller

- Gelecekteki nüfus, bölgedeki geçmiş nüfus verileri, kültürel ve endüstriyel açıdan benzer bir bölgenin nüfus verileriyle karşılaştırılarak kalitatif büyüme hızı tayin edilmek suretiyle hesaplanabilir. Bununla birlikte, imar planlarındaki nüfus yoğunlukları kullanılarak da gelecekteki nüfus tahmini yapılabilir.

Lojistik S Eğrisi Metodu

$$N_G = \frac{N_D}{1 + m \times e^{(b \times \Delta t)}} \quad \Delta t = t_s - t_i$$

$$N_D = \frac{2 \times N_0 \times N_1 \times N_2 - N_1^2 \times (N_0 + N_2)}{N_0 \times N_2 - N_1^2}$$

- Lojistik S eğrisi metodunu kullanabilmek için
- $t_2 - t_1 = t_1 - t_0$ olmalıdır!

$$m = \frac{N_D - N_0}{N_0} \quad b = \left(\frac{1}{\Delta t} \right) \times \ln \left[\frac{N_0 \times (N_D - N_1)}{N_1 \times (N_D - N_0)} \right] \quad \Delta t = t_1 - t_0$$

Lojistik S Eğrisi Metodu

- N_D Doygunluk katsayısı
- N_0 t_0 yılındaki nüfus
- N_1 t_1 yılındaki nüfus
- N_2 t_2 yılındaki nüfus
- N_G gelecekteki nüfus
- b, m katsayılar
- Δt yıl farkı

Lojistik S Eğrisi Metodu - Örnek

- Bir B şehrinin
 - 1990 yılı nüfusu 15000
 - 2000 yılı nüfusu 18000
 - 2010 yılı nüfusu 20000
- olarak verilmiştir.
- 2020 nüfusunu lojistik S eğrisi metodu ile hesaplayınız.

Lojistik S Eğrisi Metodu - Örnek

- $t_2 - t_1 = t_1 - t_0$ kontrol edelim:
- $2010 - 2000 = 2000 - 1990$ doğru.

$$N_D = \frac{2 \times 15000 \times 18000 \times 20000 - 18000^2 \times (15000 + 20000)}{15000 \times 20000 - 18000^2}$$

$$N_D = 22500 \text{ kişi}$$

$$b = \frac{1}{(2000 - 1990)} \times \ln \left(\frac{15000 \times (22500 - 18000)}{18000 \times (22500 - 15000)} \right) = -0.07 / \text{yıl}$$

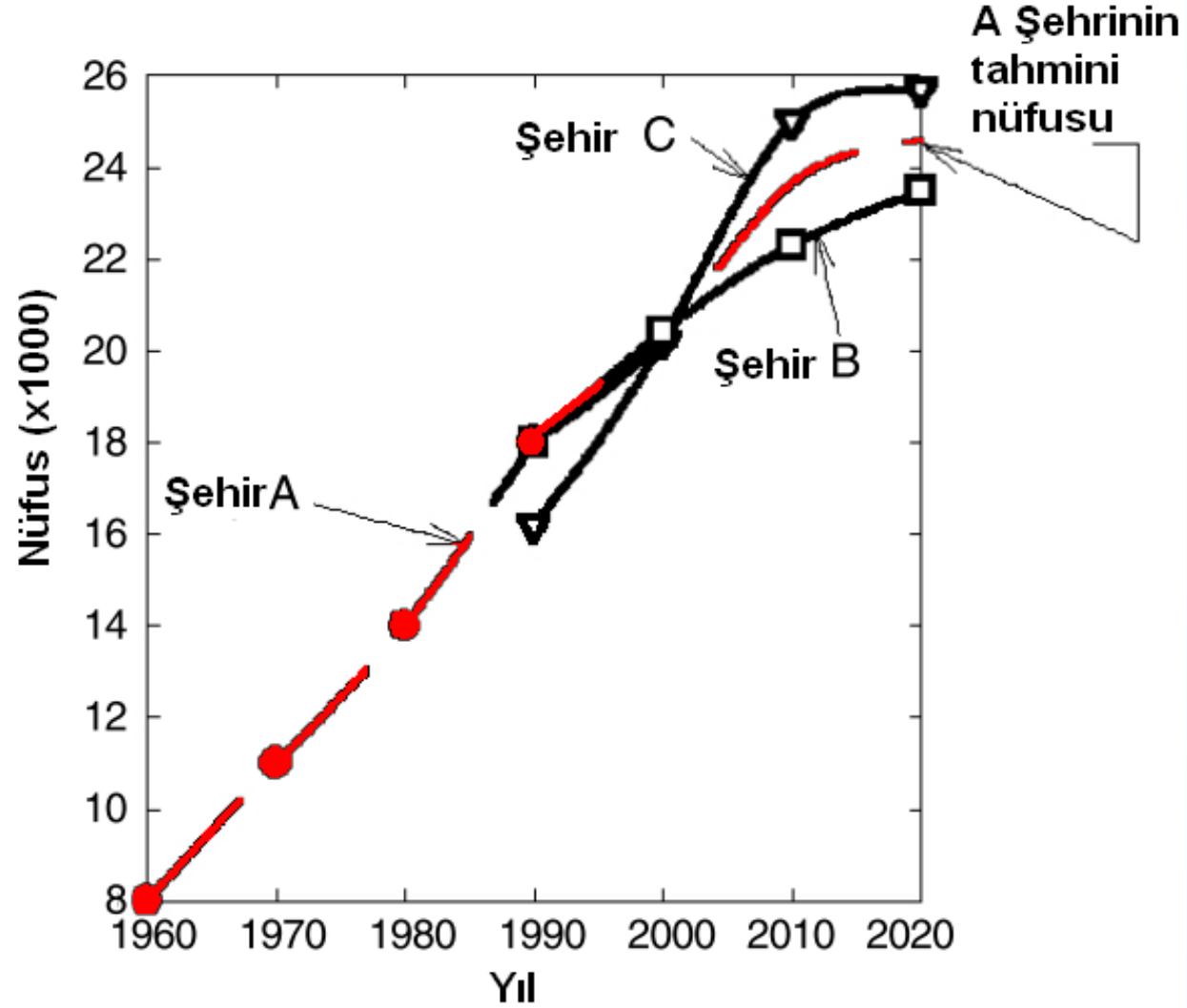
$$m = \frac{(22500 - 15000)}{15000} = 0.5$$

$$N_G = \frac{22500}{1 + 0.5 \times e^{-0.07 \times (2020 - 1990)}} = 21177 \text{ kişi}$$

Benzer Şehirlerle Karşılaştırma Metodu

- Şehir, kendisine benzeyen daha büyük şehirlerle kıyaslanır.
- Coğrafi yakınlık, ekonomik koşulların benzerliği, ulaşım sistemlerine erişim ve benzer faktörler aynı olmalıdır.

Benzer Şehirlerle Karşılaştırma Metodu



Uygun Metodun Seçilmesi

- Geçmiş nüfus verileri ile zaman serisi grafiği çizilir.
- Grafik üzerinde eğilim çizgileri eklenerek ve R^2 değerleri yazılarak en uygun yöntemin hangisi olduğuna karar verilir.

Kaynaklar

- Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete (Tarih: 06.01.2017, Sayı: 29940)
- Sincero, A. P., Sincero, G. A. (2003) Physical-Chemical Treatment of Water and Wastewater, CRC Press LLC.
- Türkdoğan, İ., Yetilmezsoy, K. (2004) Su Getirme ve Kanalizasyon Uygulamaları, 2. Baskı, Su Vakfı.



Kanalizasyon Şebekesi

Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://www.ozgurzeydan.com/>



Kanalizasyon Şebekesi

- Kullanılmış sular, **kanalizasyon şebekesi** ile atıksu arıtma tesisine (AAT) götürülür.
- Kanal şebekesi en kısa olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Kanalın içindeki atıksuyun, arazinin eğimi dikkate alınarak mümkün olduğunca yer çekimi etkisiyle akacağı şekilde tasarım yapılmalıdır.

Atıksu Kanalları

- Atıksu kanalları döşenirken doğalgaz, telefon ve diğer iletişim hatlarının konumlarına dikkat edilmelidir.
- Trafiğin oluşturacağı basınç ve don etkisi de dikkate alınmalıdır.

Atıksu Kanalları



<http://sodikbilgin.com/media/resimler/3d/kanalizasyon3.jpg>

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

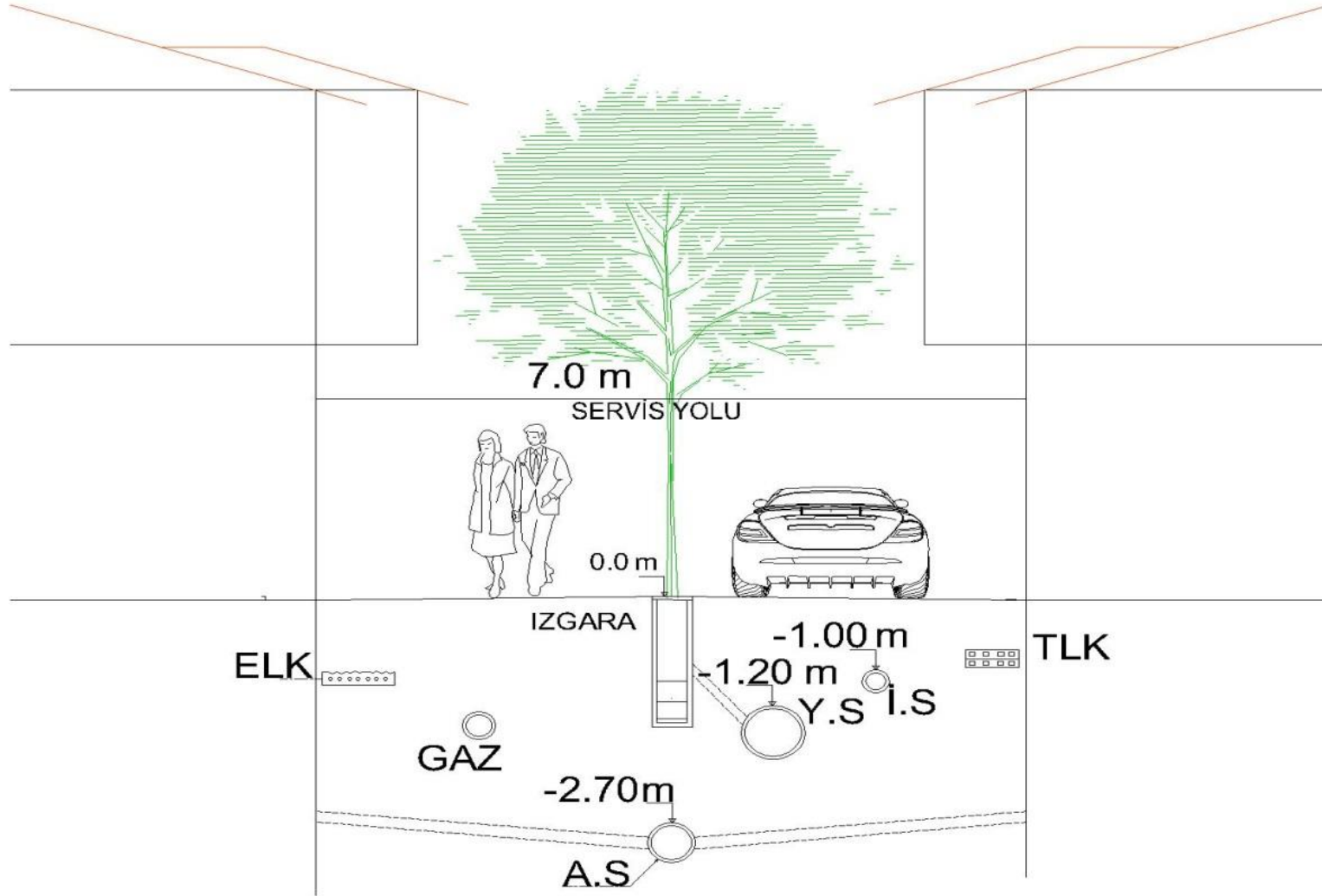
- İçme suyu borularında minimum toprak örtü kalınlığı **1.0 m** olup, iklim şartlarına göre artırılabilir.
- Atıksu kanallarında minimum toprak örtü kalınlığı **2.7 m** olup, imar planında bodrum katları öngörülmediği takdirde bu değerden daha küçük alınabilir.
- Yağmur suyu kanallarında minimum örtü kalınlığı **1.2 m** alınabilir.

Teknik altyapı tesislerinin yol enkesitlerindeki konumları

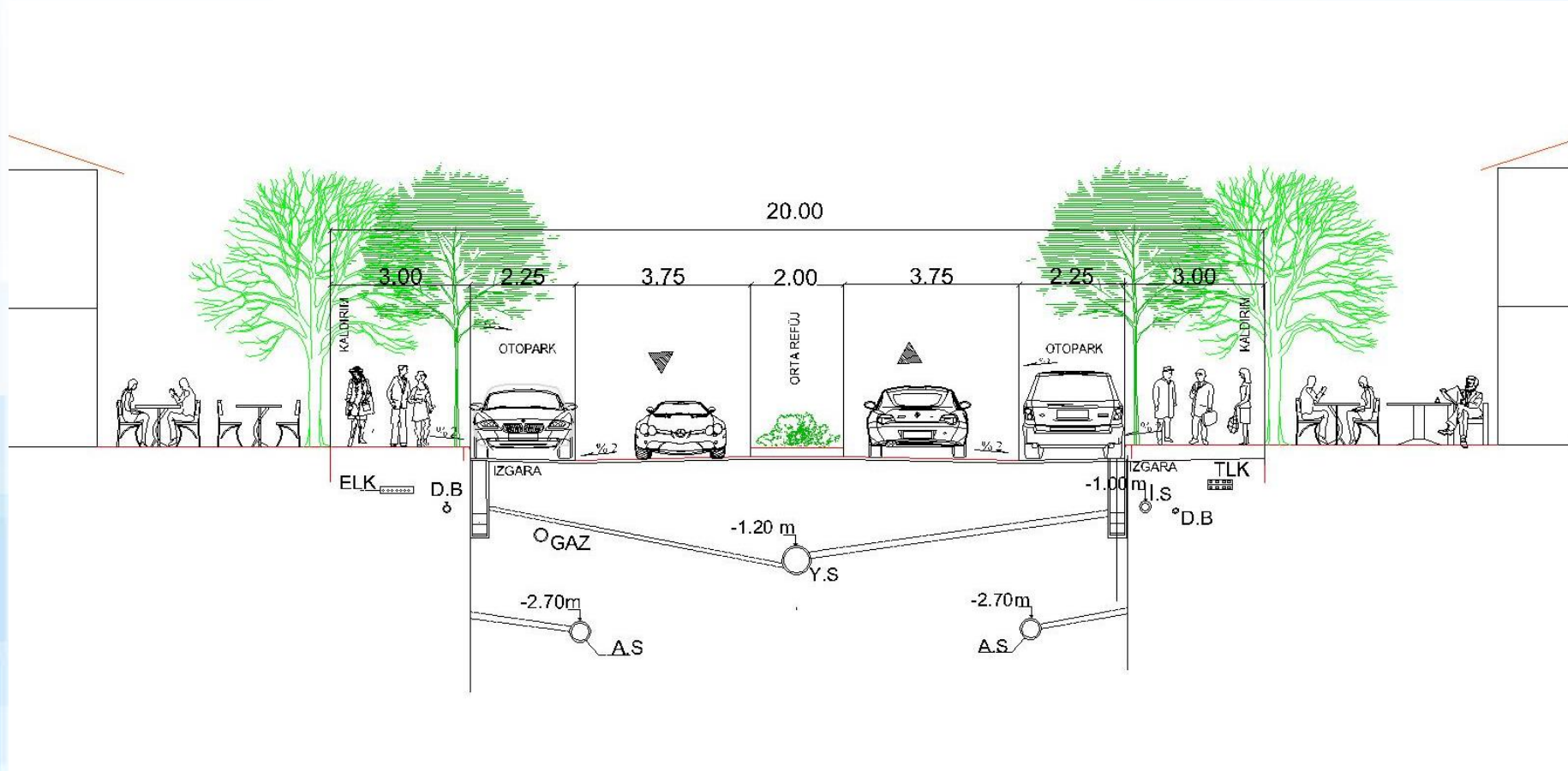
- 1) Servis veya yaya yolu (genişlik 7 m)
- 2) 10 metrelik yol (2 seçenek)
- 3) 12 metrelik yol (2 seçenek)
- 4) 15 metrelik yol (2 seçenek)
- 5) 20 metrelik yol (2 seçenek)
- 6) 25 metrelik yol (3 seçenek)

(Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik)

7 m'lik servis veya yaya yolu için teknik altyapı sistemlerinin konumlandırılması



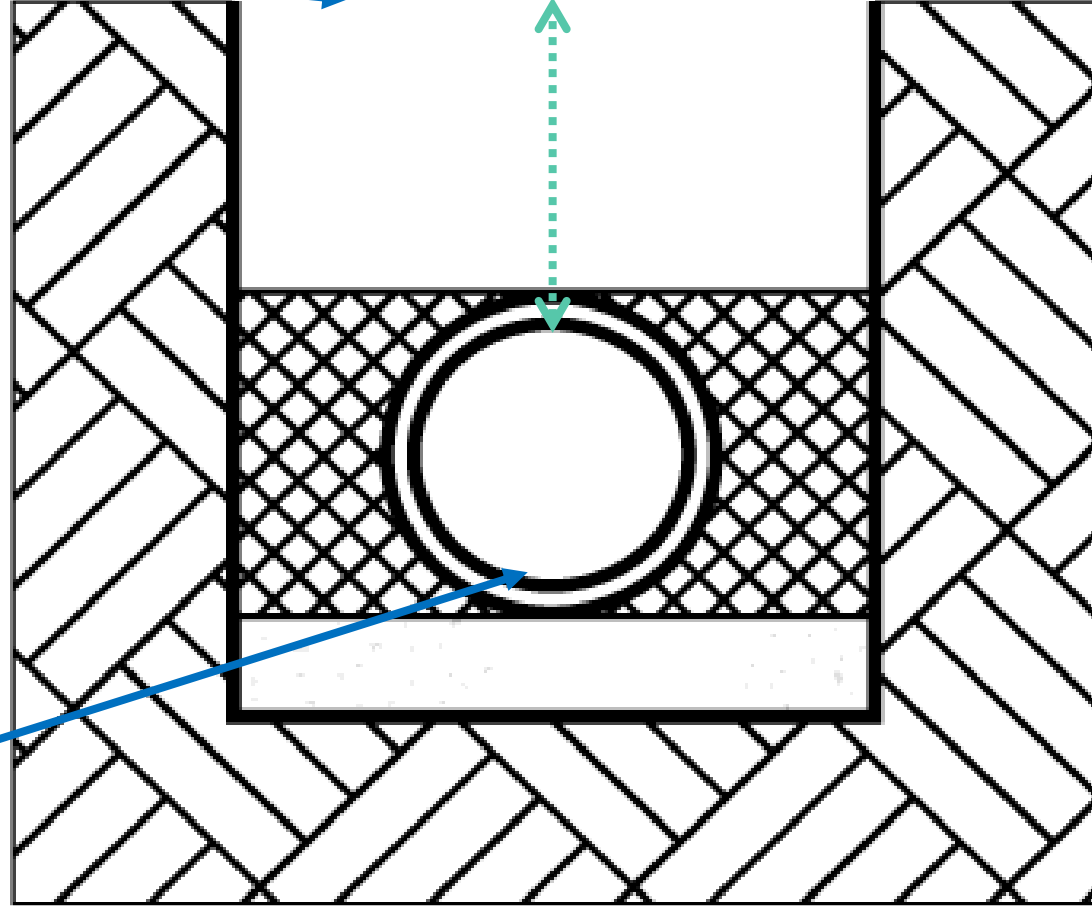
20 m'lik servis veya yaya yolu için teknik altyapı sistemlerinin konumlandırılması Seçenek-II



Diğer çizimler için yönetmelik ekine bakınız.

Boru (Mecra) İ Sırt Derinliği

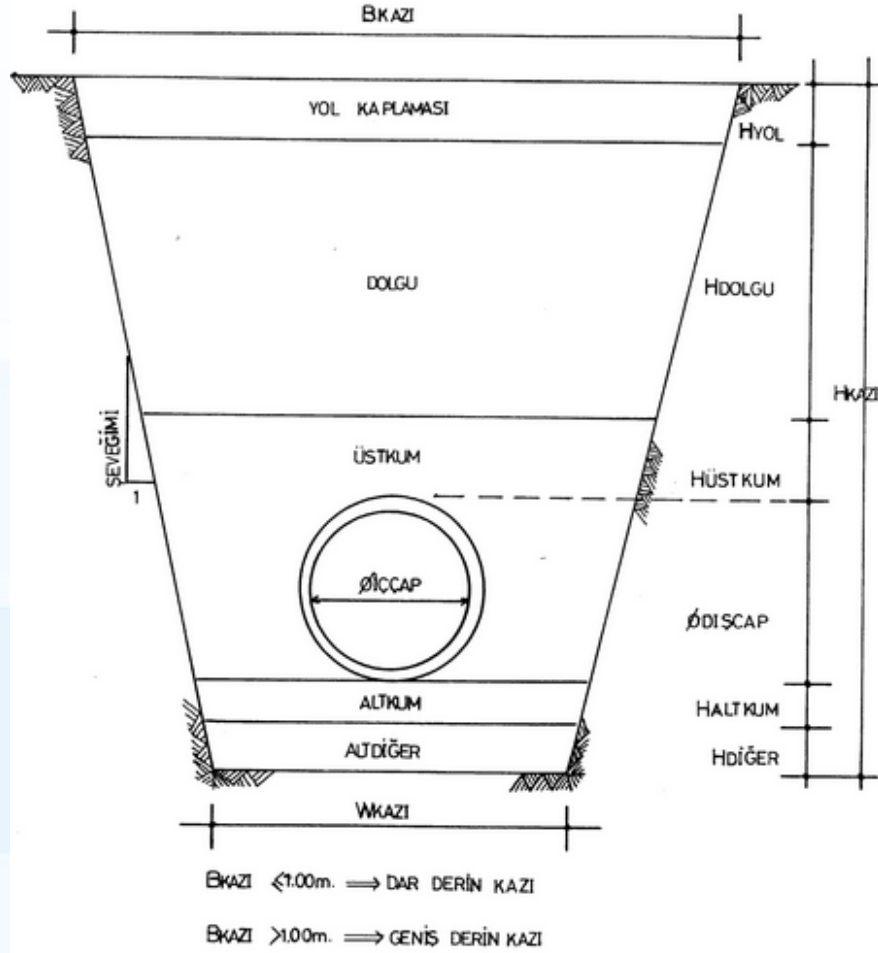
Zemin kotu



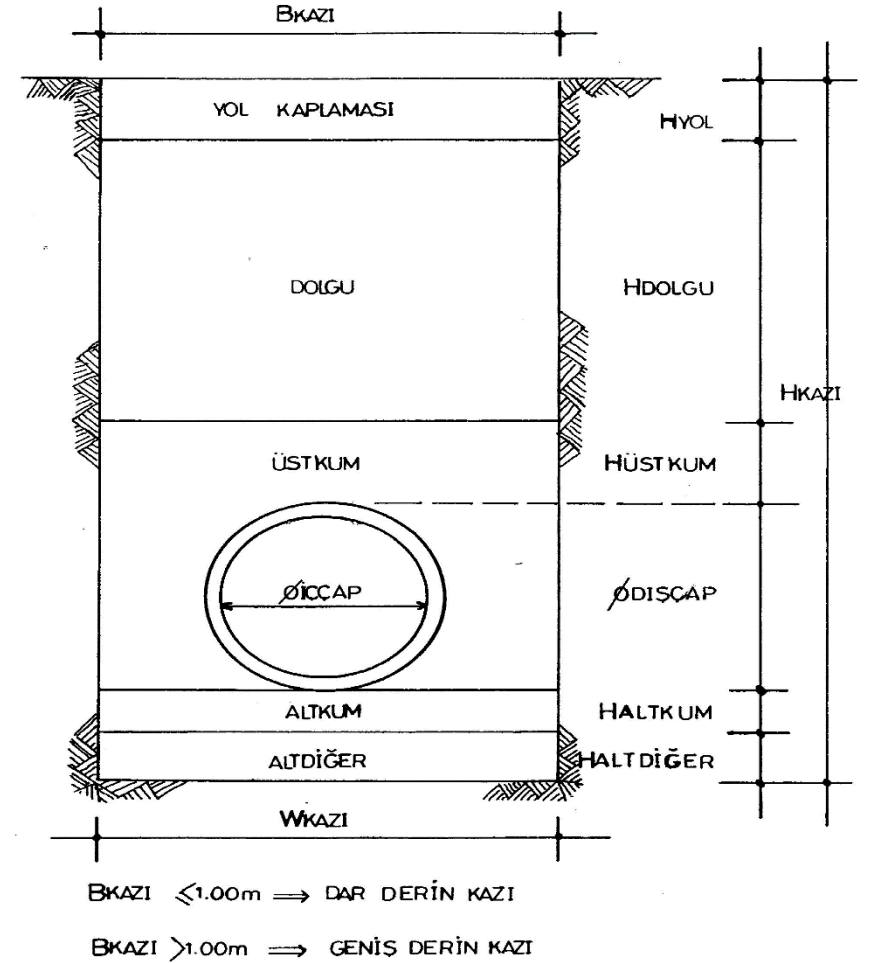
Akar kot

Hendek Kesitleri

Şevli İksalı



<http://www.ankisoft.com/sss/dk-003.jpg>



<http://www.ankisoft.com/sss/dk-004.jpg>

Hendek Taban Genişlikleri (ATUSHY, 2017)

Hendek tipi	Hendek genişliği (cm)
D ≤ 40 cm borular	
Şevli hendek	60
İksalı hendek	70
40 < D ≤ 70 cm borular	
Şevli hendek (≤ 60°)	D + 40
Şevli hendek (> 60°)	D + 70
İksalı hendek	D + 80
D > 70 cm	
Şevli hendek (≤ 60°)	D + 90
Şevli hendek (> 60°)	D + 120
İksalı hendek	D + 130

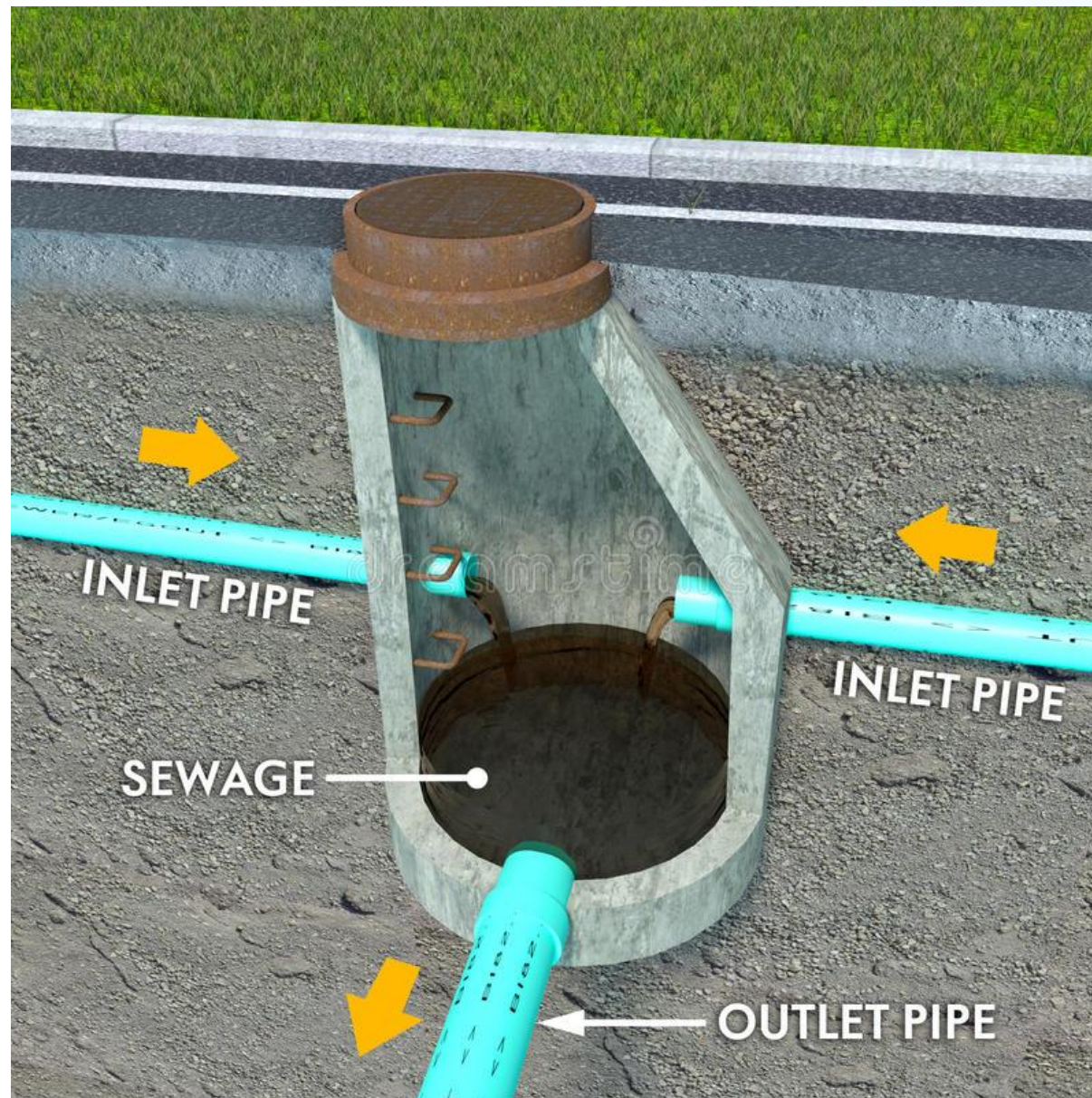
Kanal çaplarına göre kanal derinlikleri

Kanal apı (mm)	Derinlik (cm)
300	300
400	310
500	320
600	330
700	340
800	350
900	360
1000	370
1100	380
1200	390
1400	410
1600	430
1800	450
2000	470
2200	490
2400	510
2600	530
2800	550
3000	570

(ATUSHY, 2017)

Baca Türleri

- Bacalar içine insanların rahatlıkla girip çalışabileceği genişlikte inşa edilmelidir.
- Baca türleri:
 - Kontrol bacaları
 - Şütlü bacalar (Düşülü)
 - Yıkama bacaları
 - Parsel bacaları



<https://www.dreamstime.com/stock-illustration-sanitary-manhole-structure-schematic-section-view-illustration-contemporary-sewer-depicting-connecting-pipes-sewage-image63759568>

Kontrol Bacaları

- Akımın kontrol edilmesi, kanalların temizlenmesi, bakımı, ve havalandırması (anaerobik şartların oluşmaması) için inşa edilirler.
- Sokakların kavşak yerleri ile kanalların yön veya eğim değiştirdiği noktalarda kontrol bacası konulmalıdır.

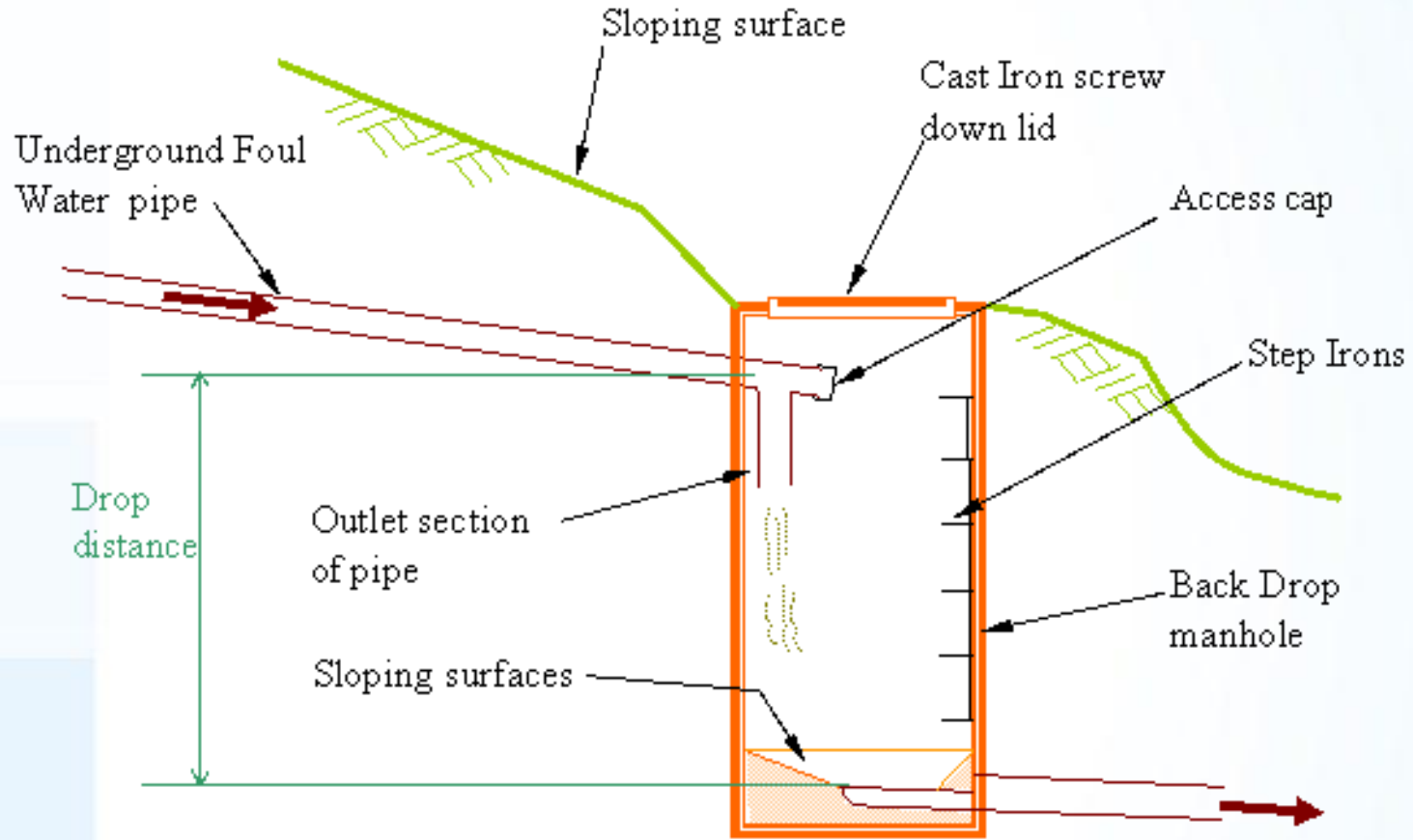
Maksimum Baca Aralıkları (ATUSHY, 2017)

Ø ÇAP (mm)	MAKSİMUM BACA ARALIĞI (m)
< 1200	50 - 70
> 1200	70 - 100

Düşülü (Şütlü) Bacalar

- Sokak eğimlerinin kanallar için kabul edilen eğimlerden daha fazla olması halinde, kanallar üzerinde şüt ve kaskatlar yapmak suretiyle uygun eğimler temin edilmelidir.
- Şütler kontrol bacalarında düzenlenmeli ve şütün yapılması gerekli olan her yere bir kontrol bacası konulmalıdır.
- Şüt yüksekliği **2.5 m**'yi aşmamalıdır.

Düşülü (Şütlü) Bacalar



BACK DROP MANHOLE WITH INTERNAL
OUTLET PIPE

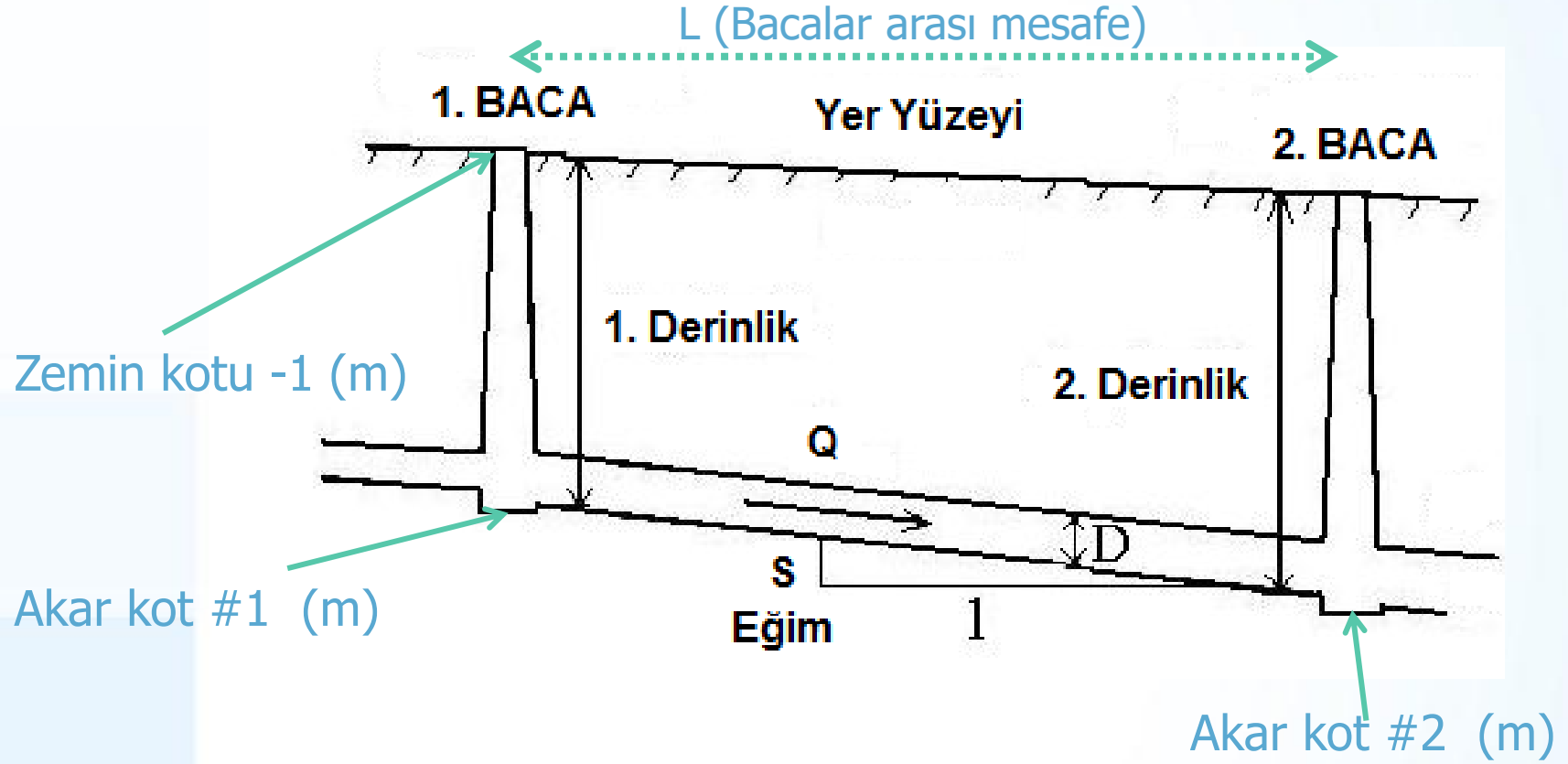
Yıkama Bacaları

- Kanallarda atıksu hızının minimum hızdan daha düşük olduğu veya derinliğin çok az olduğu (< 2 cm) ve katı maddelerin çökmesi sonucunda tıkanmaların olduğu durumlarda yıkama bacaları kullanılır.

Parsel Bacaları

- Binaların atıksularını toplayan bacalardır.
- Boru hattı ile atıksular parsel bacasından kanalizasyon hattına bağlanır.

Eğim



$$\text{Eğim} = (\text{Akar kot\#1} - \text{Akar kot\#2}) / L$$

Boru Eğimleri (ATUSHY, 2017)

- Kanallarda eğimler 1:A şeklinde gösterilmelidir.
- Eğimleri belirlemek için 1.3.2.3.1'de yer alan hız kriterleri ve zemin eğimi dikkate alınmalıdır.
- Kanalların eğimleri şu şekilde olabilir:

Boru Eğimleri (ATUSHY, 2017)

Kanal Tipi	Ø ÇAP (mm)	MİNİMUM EĞİM	MAKSİMUM EĞİM
Bağlantı kanalları	300	1:300	1:15
Tali kanallar	350 – 600	1:500	1:25
Ana kanallar	650 – 1000	1:1000	1:50
Ana kolektörler	> 1000	1:3000	1:75

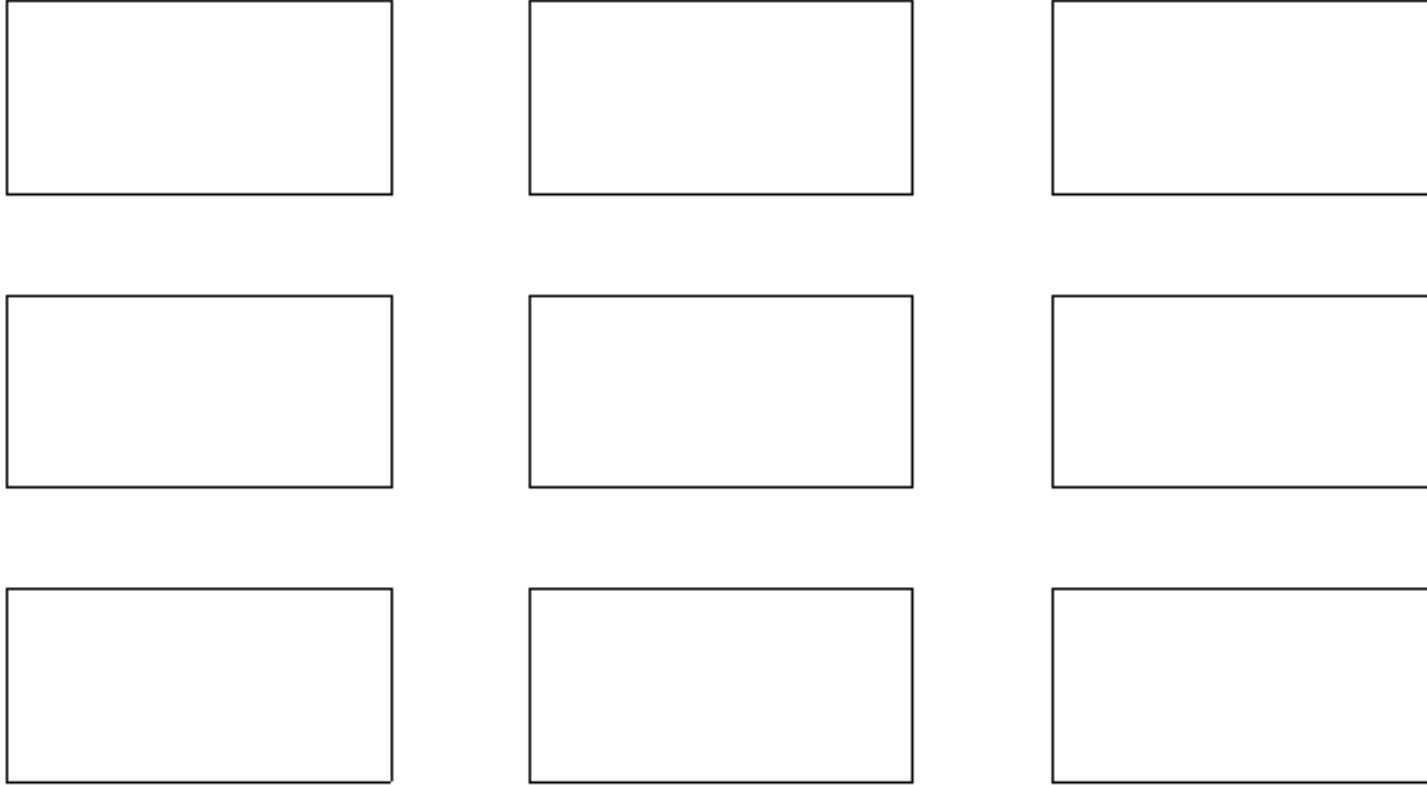
Doluluk Oranları (ATUSHY, 2017)

- Atıksu kanalları en fazla **%50** doluluk oranlarına göre tasarlanmalıdır.
- Atıksu ve yağmursuyu kanallarının tam dolu olmadan kullanılmasının sebepleri:
 - Pik debilerin taşınabilmesi
 - Gelecekteki nüfusa da hizmet verebilmek

Hızlar (ATUSHY, 2017)

- Atıksu kanallarında katı maddelerin çökmesini engellemek için hız **0.5 m/sn**'nin altına düşmemelidir.
- Ayrıca hız **3.5 m/sn**'yi geçmemelidir.
- Kanallarda su derinliğini **2 cm**'nin altına düşüren hızlardan kaçınılmalıdır.

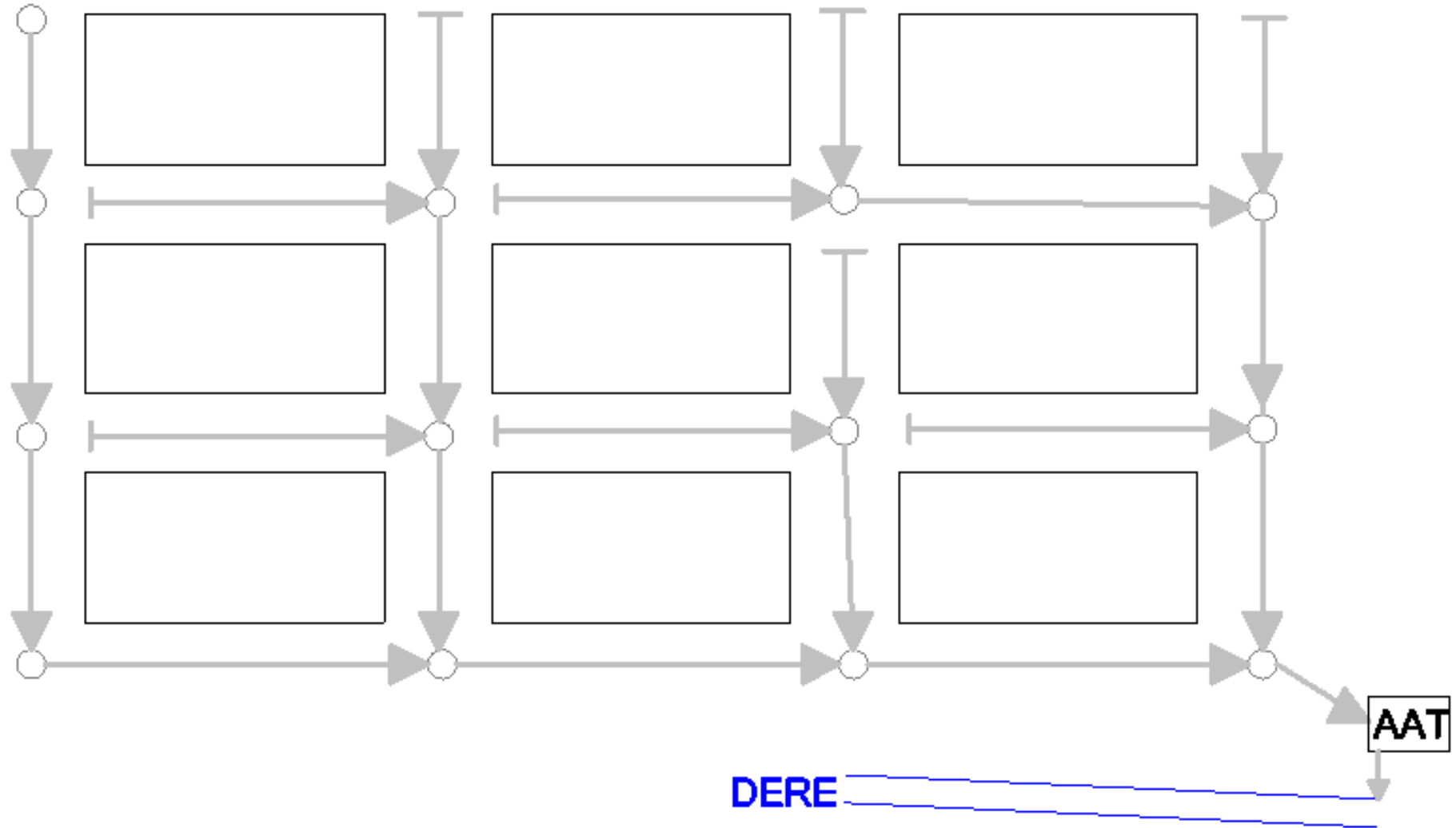
Kanalizasyon Şebekesi



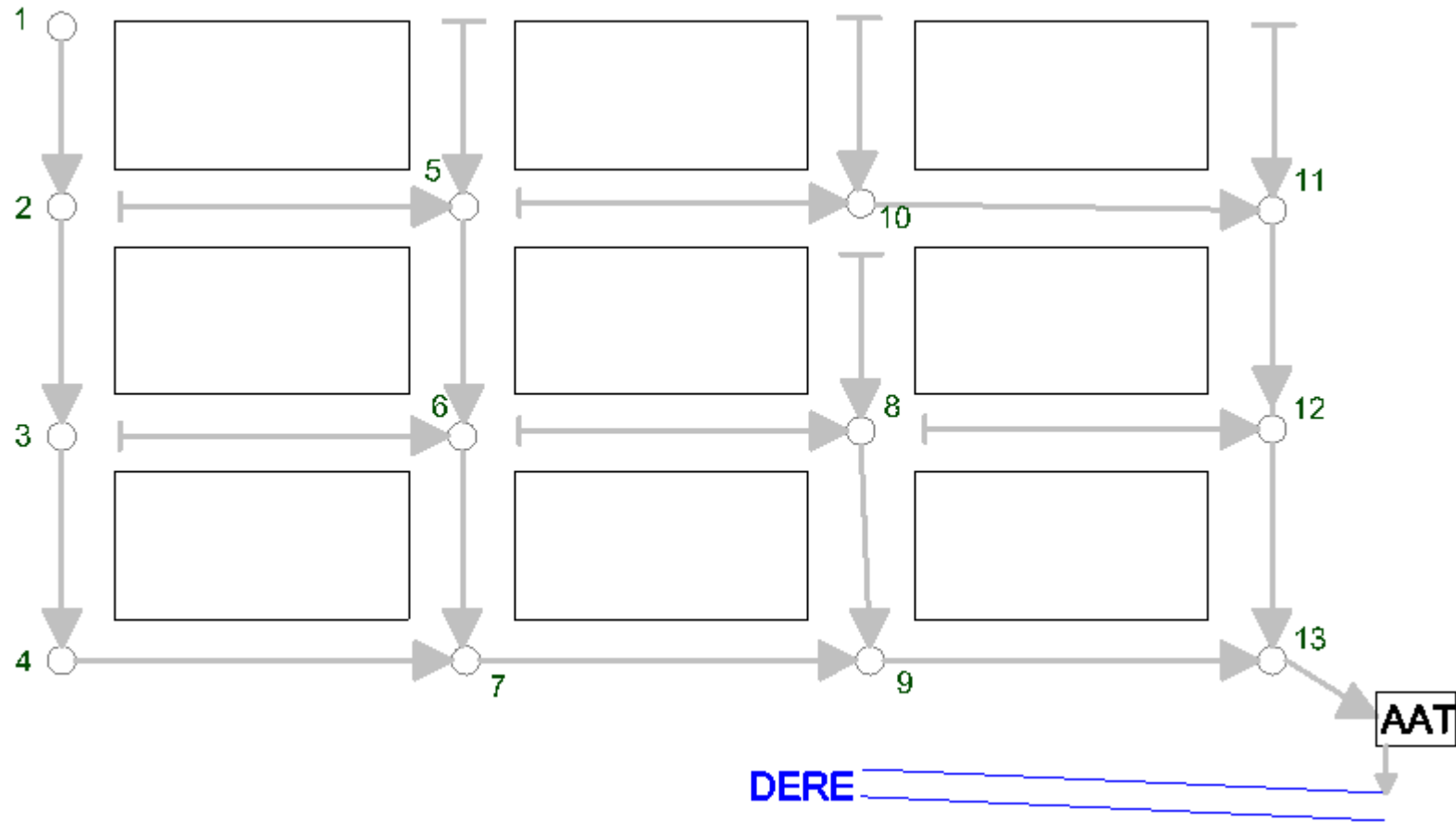
AAT

DERE

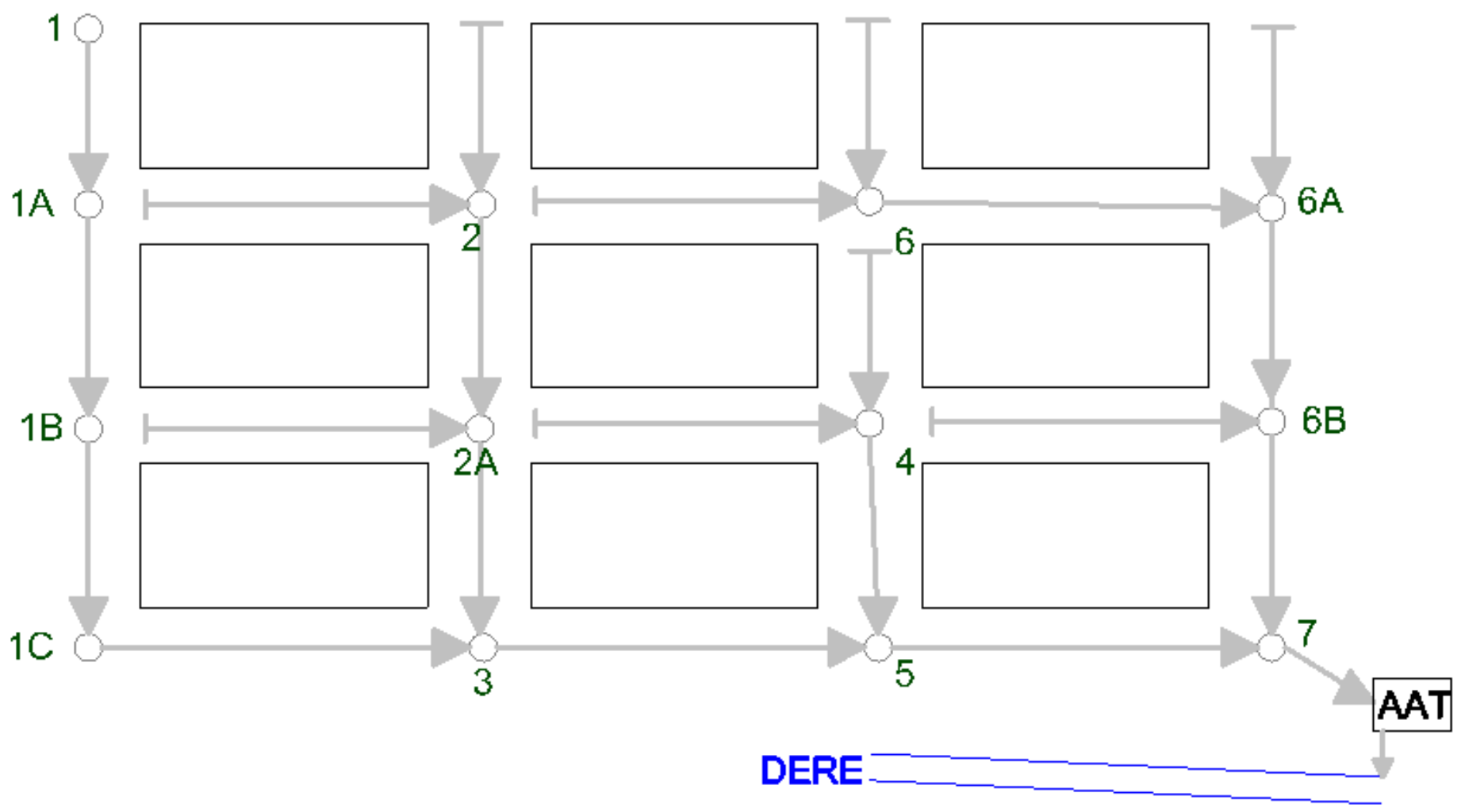
Kanalizasyon Şebekesi



Bacaların Numaralandırılması (1)



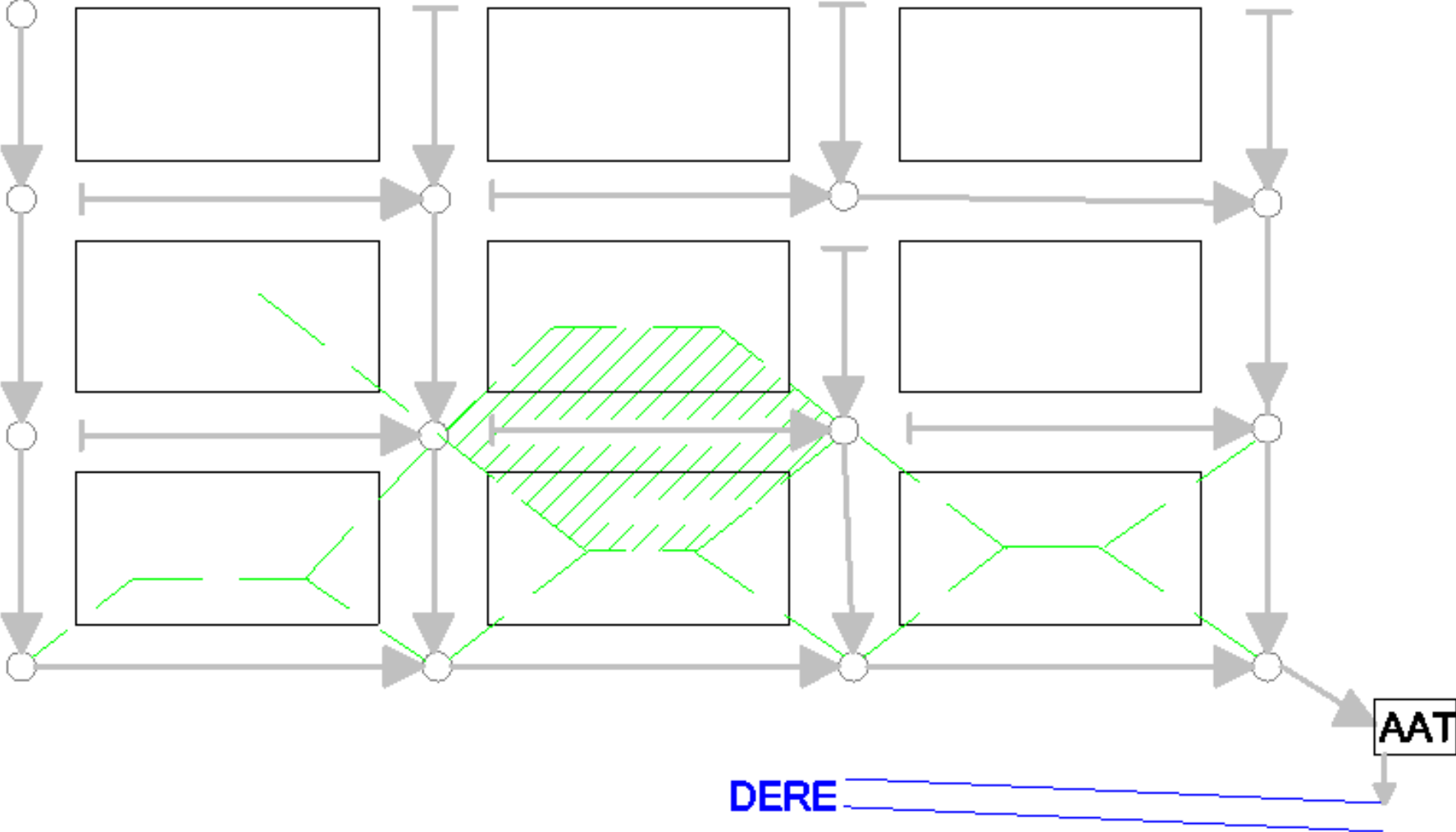
Bacaların Numaralandırılması (2)



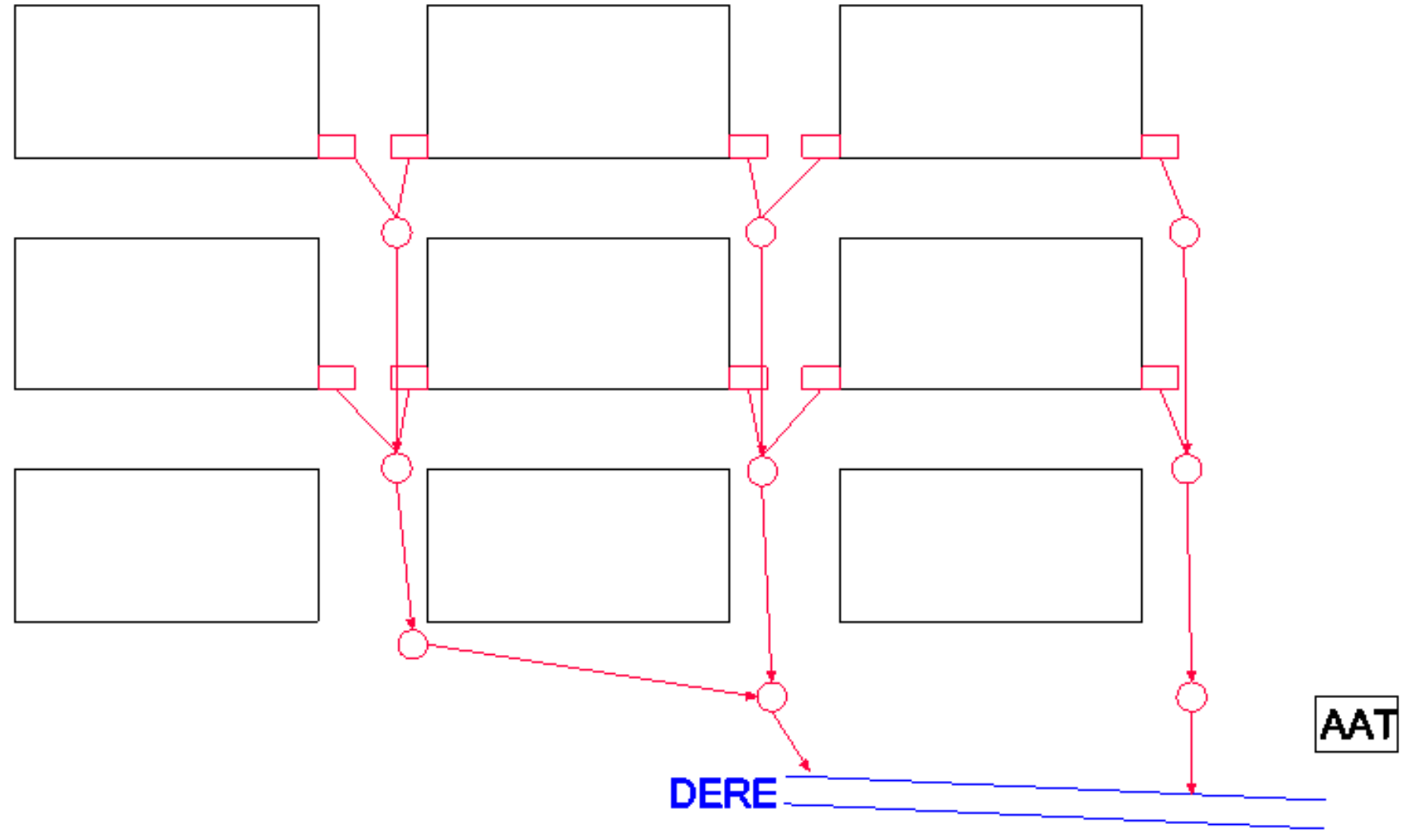
Kanalın Hizmet Alanı

- Kanalın boyutlandırılması için kanalın hizmet alanının belirlenmesi gerekir.
- Kanalın hizmet alanının belirlemek için boru hatlarının kesiştiği bacalardan açıortaylar çizilir (kesikli çizgi ile) ve bu doğrular kesiştirilir.
- Oluşan üçgen veya yamuk alanları hektar cinsinden ölçülür. (1 ha=10⁴ m²)
- Ölçülen alan, nüfus yoğunluğu ve kişi başı atıksu oluşum debisi ile çarpılarak kanalın taşıyacağı atıksu debisi belirlenir.

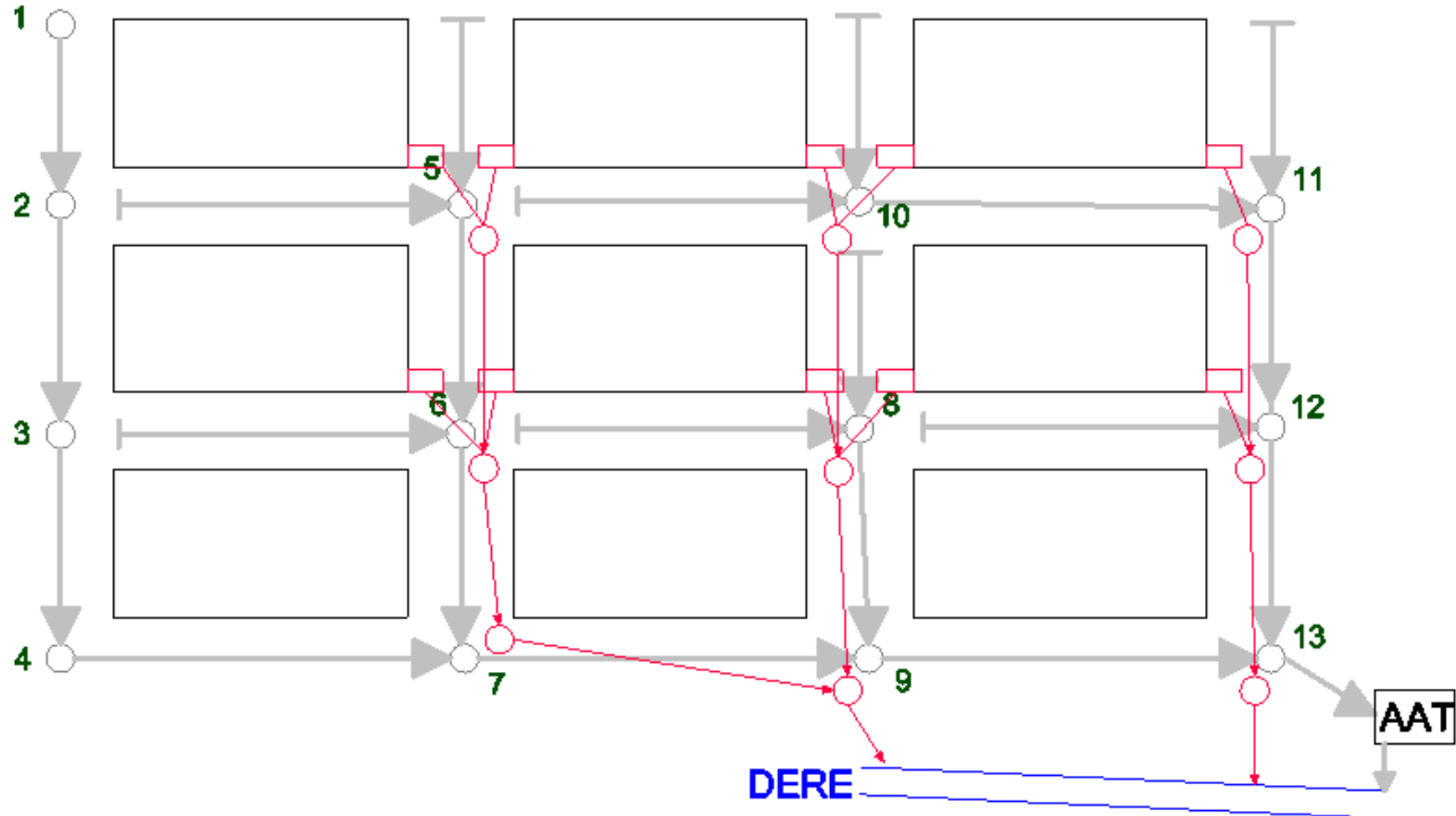
Kanalın Hizmet Alanı



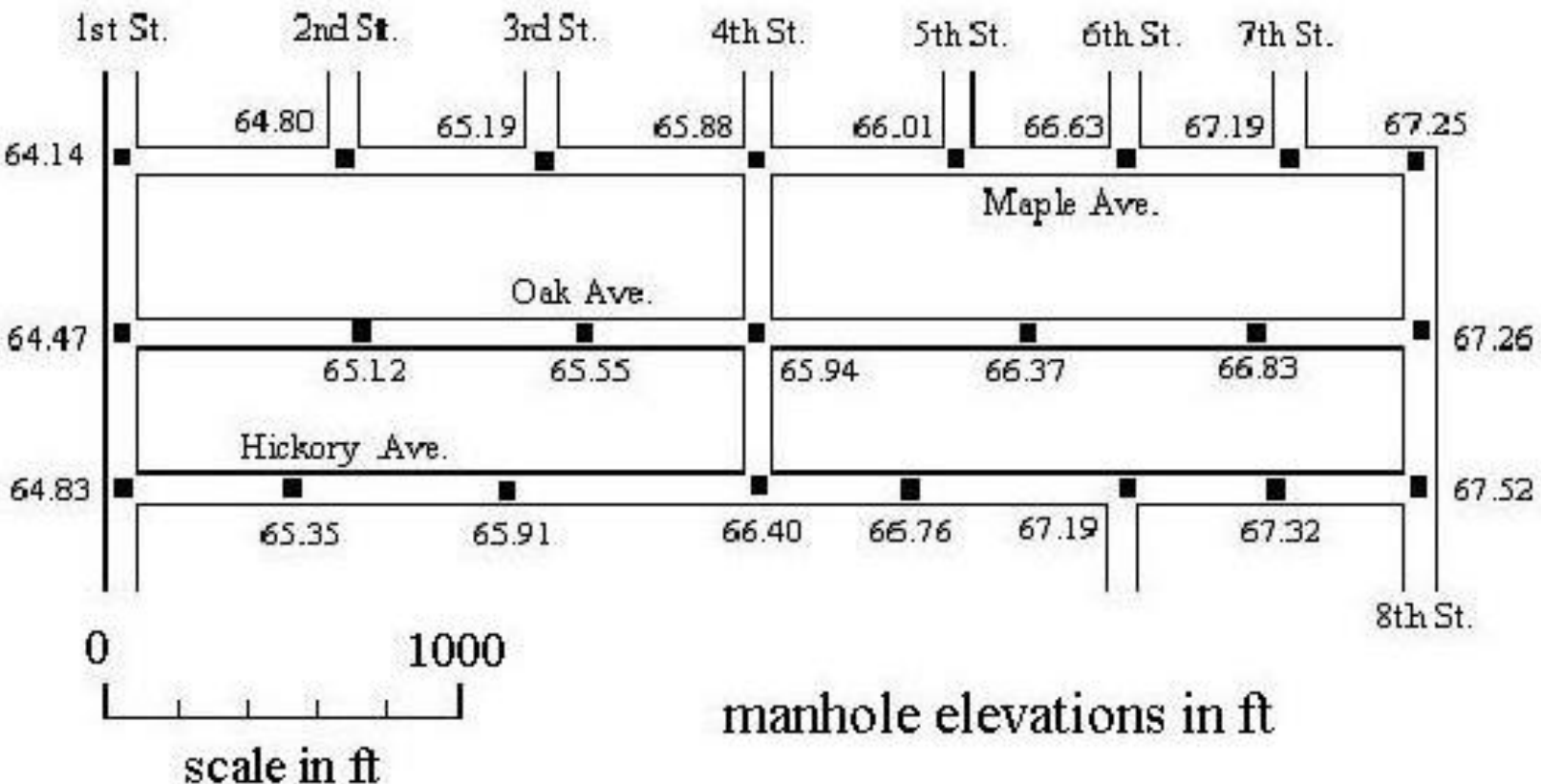
Yağmursuyu Şebekesi



Kanalizasyon & Yağmursuyu Şebekesi



Atıksu Kanallarını Çiziniz ve Bacaları Numaralandırınız



<http://www.brighthubengineering.com/hydraulics-civil-engineering/87880-storm-water-sewer-design-calculations/>

Kanalizasyon Boru Malzemeleri

- Kullanılacak beton borular TS 821 EN 1916'ya uygun olmalı; beton santralında ve otomatik beton boru fabrikasında, santrifüj sistemle imal edilen, vibrasyonla sıkıştırılan, (K) sınıf (B) tipi lastik contalı, **buhar kürlü beton** veya **betonarme borularla**, **entegre contalı buhar kürlü beton** veya **betonarme borular** kullanılmalıdır.
- Atıksu kanalizasyon tesislerinde beton ve betonarme borulardan başka cins borular da kullanılabilir. Bu tür boru kullanılmasında yer altı suyunun varlığı, kanalizasyon suyunun kimyasal özellikleri önemlidir. Bu hususta ekonomik ve teknik analiz yapılarak İdarenin onayı alınmalıdır.

Kanalizasyon Boru Malzemeleri

- **Boru malzemesinin önemi:** kullanılan malzemeye göre hidrolik hesaplarda akış katsayısı değişir!

Kaynaklar

- Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete (Tarih: 06.01.2017, Sayı: 29940)
- Türkdoğan, İ., Yetilmezsoy, K. (2004) Su Getirme ve Kanalizasyon Uygulamaları, 2. Baskı, Su Vakfı.



Kanalizasyon Şebekelerinde Hidrolik Hesaplar

Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://www.ozgurzeydan.com/>



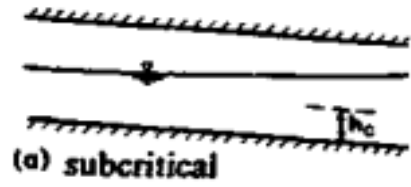
Kanalizasyon İçinde Akışı Etkileyen Faktörler

- Eğim
- Akışın kesit alanı (kanalın şekli)
- Pürüzlülük
- Akış türü (tam dolu, sabit, kararlı akış)
- Engeller
- Akışkan özellikleri (öz ağırlık, viskosite)

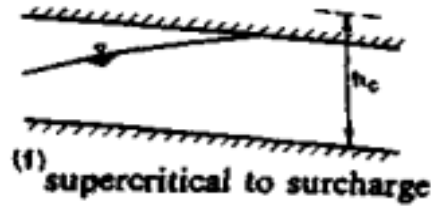
Akış Türleri

- **Laminar akış**
 - $Re < 1500 \sim 2000$
- **Türbülanslı akış (turbulent flow)**
 - $Re > 6000$
- **Kararlı akış (steady flow)**
 - Debinin zamanla değişmediği akış türüdür.
- **Sabit akış (uniform flow)**
 - Debi, eğim ve alanın zamanla değişmediği akış türüdür.

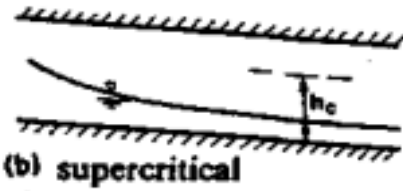
Akış Türleri



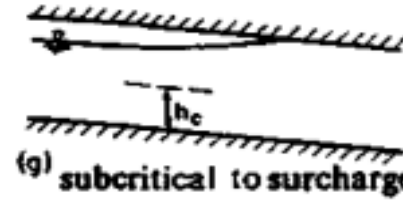
(a) subcritical



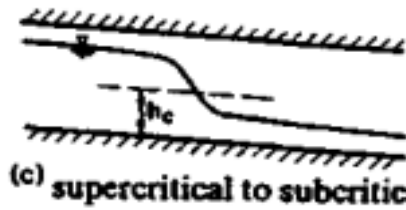
(f) supercritical to surcharge



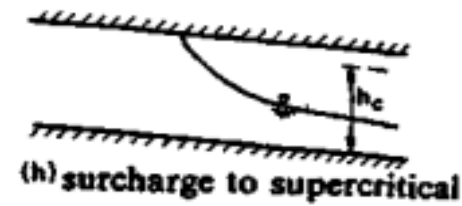
(b) supercritical



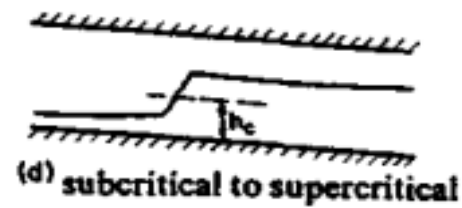
(g) subcritical to surcharge



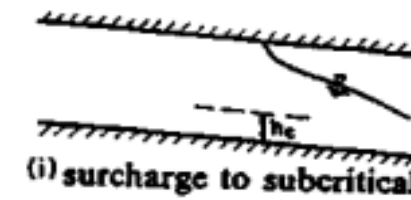
(c) supercritical to subcritical



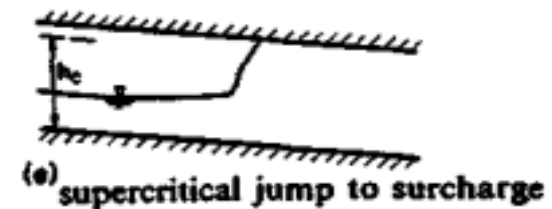
(h) surcharge to supercritical



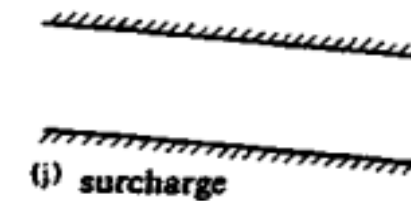
(d) subcritical to supercritical



(i) surcharge to subcritical



(e) supercritical jump to surcharge



(j) surcharge

h_c (h_{kr}): kritik
yükseklik

Kanalizasyon Şebekelerinde Akış Hızının ve Debisinin Hesaplanması

$$V = k \times C \times R^a \times S^b$$

- V : hız
- C : sürtünme faktörü
- R : hidrolik yarıçap
- S : eğim
- a,b : üs
- k : birim dönüşüm faktörü, deneysel sabit vb.

Kanalizasyon Şebekelerinde Akış Hızının ve Debisinin Hesaplanması

Kullanılan Denklemler:

- Chezy Denklemi (Kutter Denklemi)
- Hazen-Williams Denklemi
- Manning Denklemi
- Darcy – Weisbach Denklemi

Chezy Denklemi

$$V = C \times \sqrt{R \times S}$$

$$Q = C \times A \times \sqrt{R \times S}$$

- 1768 yılında Fransız mühendis Antonie Chezy (1718 - 1798) tarafından bulunmuştur.
- V: akış hızı (m/s)
- R: hidrolik yarıçap (m)
- S: eğim (m/m)
- C: Chezy katsayısı ($m^{1/2}/s$)
- Q: debi (m^3/s)
- A: alan (m^2)

Kutter Denklemi

$$C = \frac{k_1 + \frac{k_2}{S} + \frac{k_3}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \times \left(k_1 + \frac{k_2}{S} \right)}$$
$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \times \left(23 + \frac{0.00155}{S} \right)}$$

$$C = \frac{100 \times \sqrt{R}}{n + \sqrt{R}}$$

$$V = \frac{100 \times \sqrt{R}}{n + \sqrt{R}} \times \sqrt{R \times S}$$

- Kutter denklemi Chezy katsayısını hesaplamak için kullanılır.
- C : Chezy katsayısı (m^{1/2}/s)
- S : Eğim (m/m)
- R : Hidrolik yarıçap (m)
- n : Kutter katsayısı (birimsiz) (Manning ile aynı)
- k1 : sabit (23.0 - SI)
- k2 : sabit (0.00155 - SI)
- k3 : sabit (1.0 - SI)

Hazen-Williams Denklemi

$$V = 0.849 \times C \times R^{0.63} \times S^{0.54} \text{ (SI)}$$

$$V = 1.318 \times C \times R^{0.63} \times S^{0.54} \text{ (US – birim)}$$

- V: akış hızı (m/s)
- R: hidrolik yarıçap (m)
- S: eğim (m/m)
- C: pürüzlülük katsayısı

- $R = \text{Alan} / \text{Islak Çevre}$

Hazen-Williams Pürüzlülük Katsayısı (C)

Yüzey	C
Aşırı düzleştirilmiş borular	140
Çok düzleştirilmiş borular	130
Düzgün tahta ve taş	120
Perçinli çelik, vitrifiye kil	110
Eskimiş dökme demir, tuğla	110
Eskimiş perçinli çelik	95
Eskimiş demir (kötü durumda)	60 - 80

Manning Denklemi

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$Q = V \times A$$

$$Q = \frac{A}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

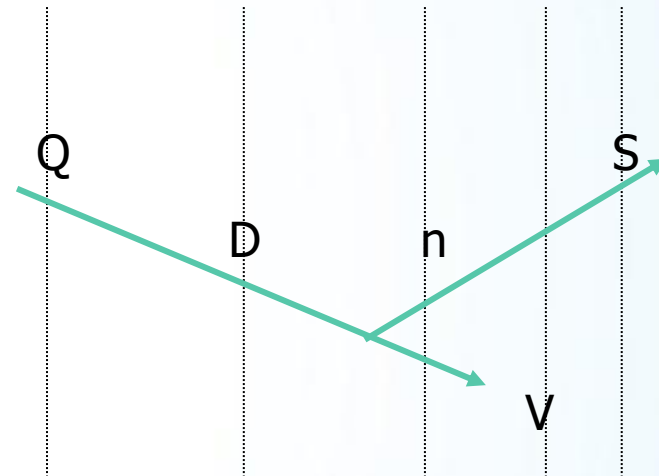
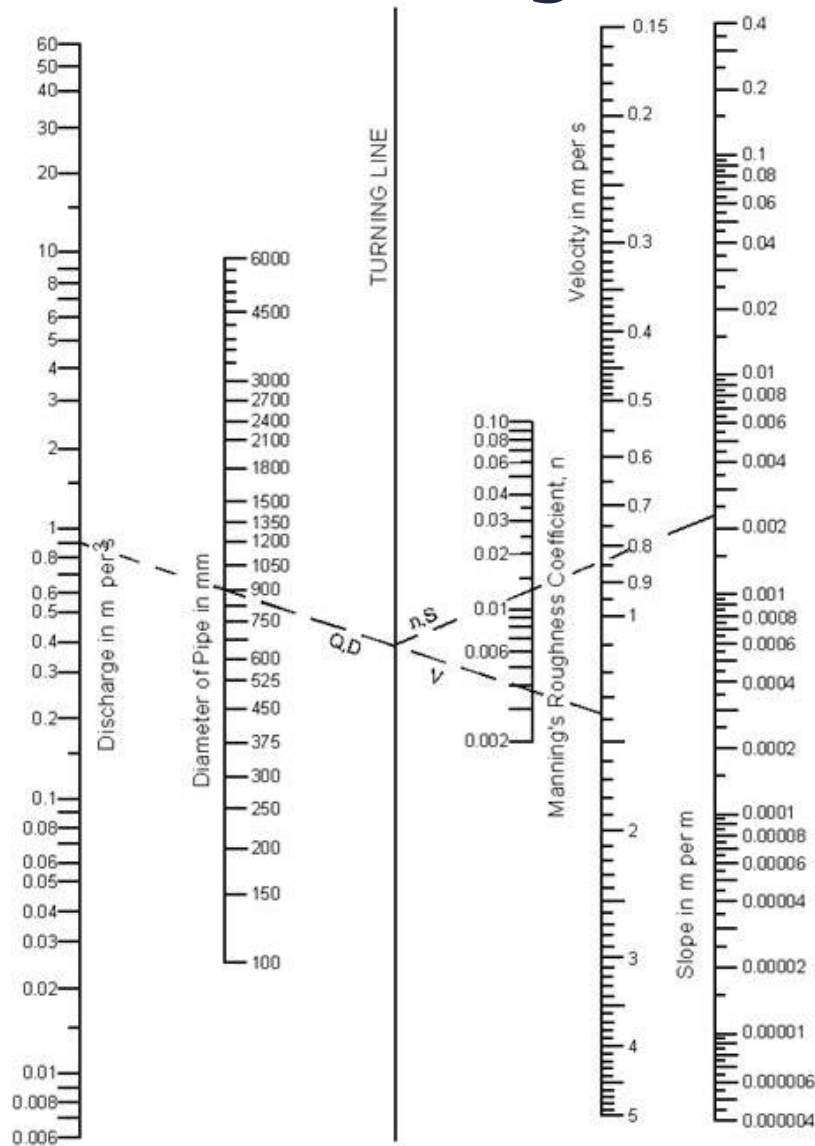
US birimleri için V ve Q değerleri 1.486 ile çarpılır.

- İrlandalı inşaat mühendisi Robert Manning (1816-1897)
- V: akış hızı (m/s)
- R: hidrolik yarıçap (m)
- S: eğim (m/m)
- n: Manning katsayısı
- A: akış alanı (m²)
- Q: debi (m³/s)
- R=Alan/Islak Çevre

Manning Katsayısı (n)

Yüzey	n
Beton	0.012 - 0.014
Dökme demir	0.013
Oluklu metal	0.022
Oluklu PE (düz iç duvar)	0.009 - 0.015
Oluklu PE	0.018 - 0.025
Oluklu PVC (düz iç duvar)	0.009 - 0.011
Vitrifiye atıksu kanalı	0.013 - 0.015
Asfalt	0.016
Cam	0.010
Çakıl	0.029

Manning Nomograph



Darcy – Weisbach Denklemi

$$h_L = f \frac{L \times V^2}{D \times 2g}$$

$$h_L = f \frac{8 \times L \times Q^2}{\pi^2 \times D^5 \times g}$$

$$S = \frac{h_L}{L}$$

- h_L : hidrolik kayıp (m)
- f : sürtünme katsayısı
- L : boru boyu (m)
- V : hız (m/s)
- D : boru çapı (m)
- g : yerçekimi ivmesi (m/s²)
- Q : debi (m³/s)
- S : eğim (m/m)

Sürtünme katsayısının (f) bulunması

$$f = \frac{64}{\text{Re}}$$

➤ Laminar Akış

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \times \log\left(\frac{D}{2\varepsilon}\right) + 1.74$$

➤ Türbülanslı akış

➤ ε/D : göreceli pürüzlülük

➤ Re : Reynolds sayısı

Formüllerin Kıyaslanması

$$S = \frac{h_L}{L} = \frac{8fQ^2}{\pi^2 gD^5}$$

➤ Darcy-Weisbach

$$S = 10.3n^2 \frac{Q^2}{D^{16/3}} \quad (SI)$$

➤ Manning

$$S = \frac{10.7Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \quad (SI)$$

➤ Hazen-Williams

$$S = K \frac{Q^2}{D^5}$$

➤ Genel formül

$$0.0827f = \frac{10.3n^2}{D^{1/3}} = \frac{10.7D^{0.13}}{C^{1.85} Q^{0.15}}$$

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

Yük kayıpları

- Tasarımda, kanallarda üniform ve kararlı, türbülanslı akım olduğu kabul edilir.
- Kanallarda üniform ve kararlı, türbülanslı akım **Colebrook-White**, **Manning** veya **Kutter** denklemleri ile hesaplanır.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

Sürtünme kayıpları

- Borudaki sürtünme kayıpları ve su seviyesinin altında biriken schmutzdecke tabakasından kaynaklanan yük kayıplarını hesaplamak için **mutlak boru pürüzlülüğü (k)**, **Manning katsayısı (n)** veya **Kutter katsayısı (m)** kullanılır.

Colebrook-White Denklemi

- **Tam dolu akışta**, dairesel kesitli borularda akış hızı şu denklemlerle hesaplanır:

$$V = -2\sqrt{2gDJ_E} \log_{10} \left(\frac{k}{3,71D} + \frac{2,51\nu}{D\sqrt{2gDJ_E}} \right)$$

- V akış kesitindeki ortalama hız (m/sn)
- g yerçekimi ivmesi (m/sn²)
- D borunun iç çapı (m)
- J_E piyezometre çizgisinin eğimi (hidrolik gradyen)
- k boru pürüzlülüğü (m)
- ν yağmur suyunun kinematik viskozitesi (m²/sn)

Colebrook-White Denklemi

- Dairesel kesitli boruda kısmi dolu akımlar ve dairesel kesitli olmayan akımlar için borunun iç çapı (D) yerine $4R_H$ kullanılır.
- R_H hidrolik yarıçap
- $R_H = \text{ıslak kesit alanı} / \text{ıslak çevre}$

$$V = -2\sqrt{2g4R_H J_E} \log_{10} \left(\frac{k}{3,71 \cdot 4R_H} + \frac{2,51\nu}{4R_H \sqrt{2g4R_H J_E}} \right)$$

Manning Denklemi

- Dairesel kesitli ve dairesel kesitli olmayan akımlar için tam dolu veya kısmi dolu olmasına bakılmaksızın, akış hızı Manning denklemi kullanılarak şu formülle hesaplanır:

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} J_E^{1/2}$$

- n Manning katsayısı
- R_H hidrolik yarıçap (m)
- J_E piyezometre çizgisinin eğimi (hidrolik gradyen)

Kutter Denklemi

- Dairesel kesitli ve dairesel kesitli olmayan akımlar için akış hızı Kutter denklemi kullanılarak şu formülle hesaplanır:

$$V = c \sqrt{R_H J_E}$$

- R_H hidrolik yarıçap (m)
- J_E piyezometre çizgisinin eğimi (hidrolik gradyen)
- c hidrolik yarıçapa ve Kutter katsayısına bağlı bir sabit

$$c = \frac{100 \sqrt{R_H}}{m + \sqrt{R_H}} \quad m : \text{Kutter katsayısı}$$

Yersel Kayıplar

- Sürekli yük kayıplarına ek olarak birleşme noktalarında, kesit alanının değiştiği noktalarda, bacalarda ve fittinglerin kullanıldığı bütün noktalarda yersel yük kayıpları oluşur. Yersel kayıpları doğrudan hesaplamak için şu denklem kullanılmalıdır:

- h_L yersel yük kaybı (m)
- k_L yük kaybı katsayısı
- V sıvının hızıdır (m/sn)
- g yerçekimi ivmesi (m/sn²)

$$h_L = \frac{1}{2g} k_L V^2$$

Toplam Yük Kaybı

Toplam yük kaybını hesaplamak için iki yöntem mevcuttur:

- Yersel yük kayıpları ve sürekli yük kayıplarının toplanması ve
- Boru pürüzlülüğü için gerçek değerden daha yüksek bir değer varsayılarak hesaplanan sürekli yük kayıplarının toplam yük kaybı olarak kabul edilmesi

Toplam Yük Kaybı

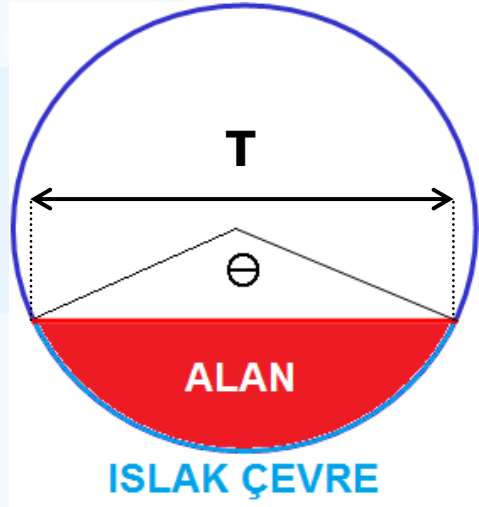
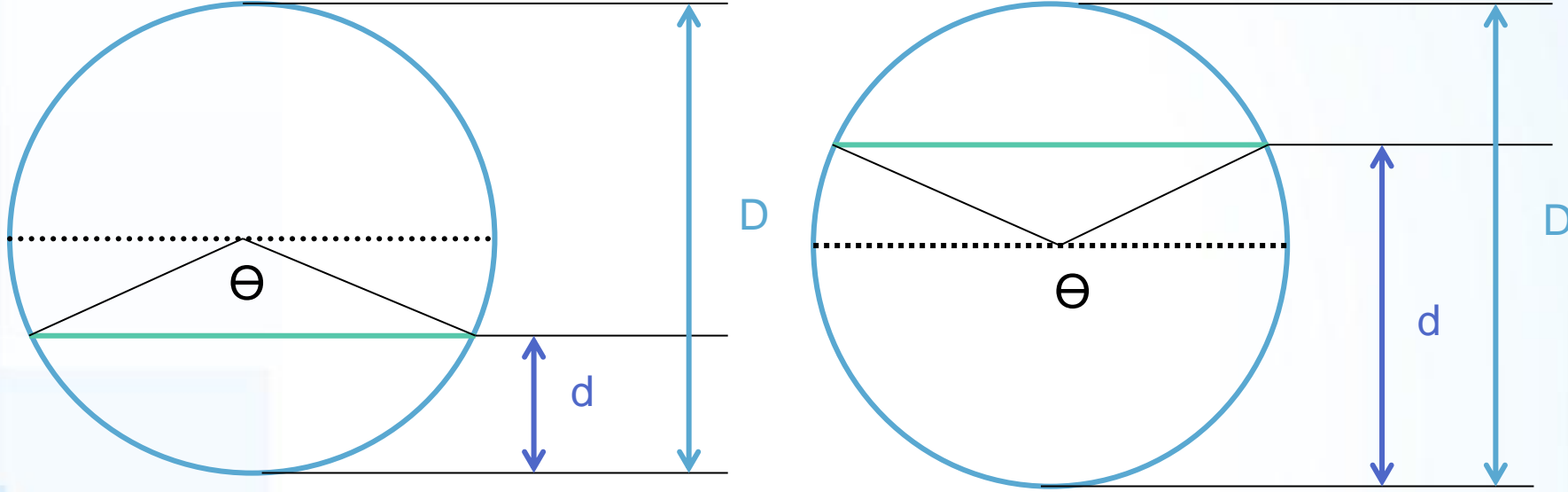
- Tavsiye edilen boru pürüzlülükleri kullanılırken yersel kayıpların da hesaba katılıp katılmadığı dşnlmelidir.
- Boru pürüzlülüğü için 0.03 mm ile 3 mm arasında ve akış katsayısı için 70 ile 90 arasında değerler kullanılır.

Farklı Boru Malzemeleri İçin Pürüzlülük ve Manning Katsayıları

Malzeme	Pürüzlülük (k, mm)	Manning katsayısı (n)	Kutter katsayısı (m)
Asbestli çimento	0.025	0.011	0.12
Beton	0.3 – 3	0.013	0.35
Font	0.26	0.012	0.13
CTP	0.0015	0.009	0.12
Çelik	0.045	0.012	0.13

CTP: cam elyaf takviyeli polyster

Kısmi Dolu Akış Hidrolikleri



A: Alan (m^2)

P: Islak Çevre (m)

$R = A / P$ R: Hidrolik Yarıçap (m)

d : su yüksekliği (m)

T : suyun üst genişliği (m)

Kısmi Dolu Akış Hidrolikleri

$$A = \left[\pi \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 \times \frac{\theta}{2\pi} \right] - \left[\frac{1}{2} \times \frac{D}{2} \times \frac{D}{2} \times \sin \theta \right] = \frac{D^2}{8} (\theta - \sin \theta)$$

$$P = D \times \pi \times \frac{\theta}{2\pi} = \frac{D\theta}{2}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{D(\theta - \sin \theta)}{4\theta}$$

$$d = \frac{D}{2} - \frac{D}{2} \times \cos \left(\frac{\theta}{2} \right) = \frac{D}{2} \left(1 - \cos \left(\frac{\theta}{2} \right) \right)$$

$$T = D \times \sin \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

θ : radyan

Kısmi Dolu Akış Hidrolikleri

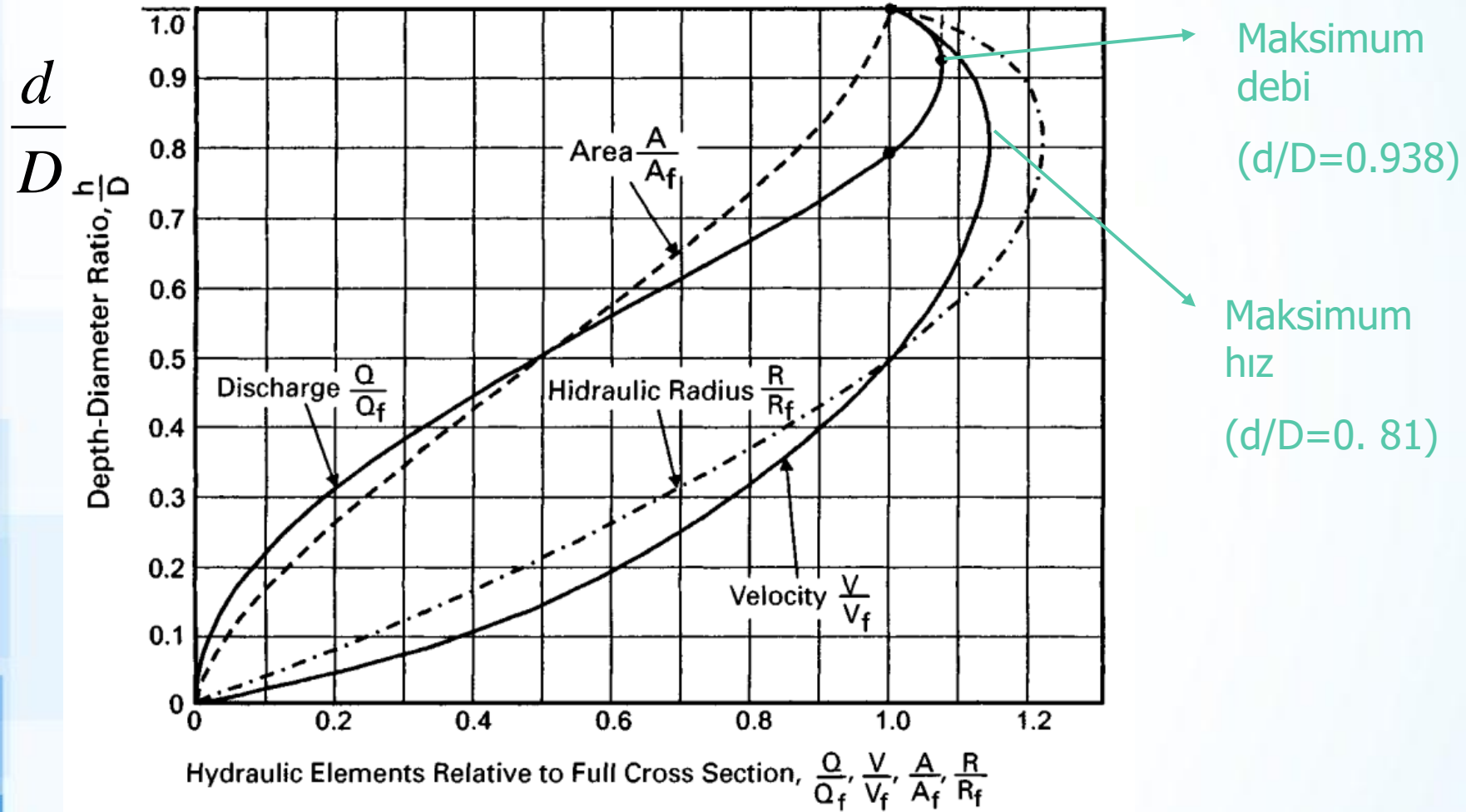
$$\frac{A}{A_f} = \frac{1}{2\pi} (\theta - \sin \theta)$$

$$\frac{R}{R_f} = \frac{\theta - \sin \theta}{\theta}$$

$$\frac{V}{V_f} = \left(\frac{R}{R_f} \right)^{2/3} = \left(\frac{\theta - \sin \theta}{\theta} \right)^{2/3}$$

$$\frac{Q}{Q_f} = \frac{A}{A_f} \frac{V}{V_f} = \frac{1}{2\pi} \frac{(\theta - \sin \theta)^{5/3}}{\theta^{2/3}}$$

Hidrolik Elementler Grafiği



Kaynaklar

- Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete (Tarih: 06.01.2017, Sayı: 29940)
- Metcalf and Eddy (1981) Wastewater Engineering: Collection and pumping of Wastewater, McGraw Hill Inc., New York.
- Rabah, F. Sewer Hydraulics Lecture Notes, The Islamic University of Gaza, Dept. of Civil Engineering
- Haestad Methods (2002) Computer Applications in Hydraulic Engineering, Haestad Methods Inc



Kanalizasyon Şebekesinin Projelendirilmesi

Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://www.ozgurzeydan.com/>



Proje İçin Gerekli n Bilgiler

- Projenin mr
- Nüfus projeksiyonu
- Atık su debilerinin belirlenmesi
 - Evsel
 - Endüstriyel
 - Sızma
- Hizmet alanı ve nüfus yoğunlukları
- Hizmet alanının topografik haritası

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

Planlama ile ilgili esaslar

- Coğrafi ve genel durum
- Topografik durum
- Nüfus ve nüfus yoğunluğu
- Kanal döşenecek sokakların tespiti
- Servis yolları
- Mevcut atıksu kanalları

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

Planlama ile ilgili esaslar

- Tali kanallar ve giriş yapıları
- Kamulaştırma
- Arazi çalışmaları
- Etüt, planlama ve fizibilite raporu

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

Projelendirme ile ilgili esaslar

- Projelendirme aşamasında genel havza planı, hidrolik planlar, yerleşim planları, anahtar pafta, inşaat planı, enine ve boyuna kesitler, detay projeler, kanalizasyon yapılarına ait projeler, hidrolik, statik, betonarme hesapları ve yol projeleri ile kamulaştırma planları hazırlanmalıdır.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

Projelendirme ile ilgili esaslar

- Hidrolik planlar, her kanala su veren bölgelerin su toplama alanlarını ve bunların yüzölçümleri ile sınırlarını göstermelidir.
- Ayrıca akış yönleri, yol kırmızı kotu, kanal akar kotu, baca numaraları, iki baca arası uzaklıklar, eğim, kesit ve kanal tipleri planlarda gösterilmelidir.
- Pafta, ada, parsel numaraları, röper noktaları, koordinatlar, sokak isimleri ve kot numaraları ile kontrol bacaları, şütlü (düşülü) bacalar, sifonlar, ters sifonlar ve mansap yerleri gösterilmelidir.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

Projelendirme ile ilgili esaslar

- İnşaat planlarında akış yönleri, yol kırmızı kotu, kanal akar kotu, baca numaraları, iki baca arası uzaklıklar, eğim, kesit ve kanal tipleri, pafta, ada ve parsel numaraları, röper noktaları, koordinatlar, sokak isimleri ve kot numaraları ile önemli yapılar varsa gösterilmelidir.
- Ayrıca kontrol bacaları, şütlü bacalar, sifonlar, ters sifonlar ve mansap yerleri gösterilmelidir.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

Projelendirme ile ilgili esaslar

- Kesitler akış yönleri, diğer bacalardan gelen kol, baca numaraları, yol kırmızı kotu, kanal akar kotu, bacalar arası mesafeler, eğim, kanal tipi ve kesiti, sokak isimleri ve kot numaraları ile yol kaplama cinsine ilişkin bilgileri de içeren enine ve boyuna kesitler olarak hazırlanmalıdır.

Tasarım Parametreleri

- Hidrolik denklemlerin seçimi
- Boru tipleri ve pürüzlülük katsayıları
- Boru çapları
- Bacalar arası maks. mesafeler
- Kazı derinlikleri
- Min. ve maks. eğimler
- Min. ve maks. hızlar
- Min. ve maks. doluluk oranları

Şebeke Hesap Tablosu

	Hat numarası	
	Başlangıç bacası	
	Bitiş bacası	
	Boru uzunluğu (m)	
	Atık su debisi (hesap debisi) (m ³ /s)	
	Boru çapı (m)	
	Başlangıç bacası zemin kotu (m)	
	Bitiş bacası zemin kotu (m)	
	Atık su borusunun eğimi (m/m)	
	Dolu akımdaki atık su hızı (Vfull) (m/s)	
	Dolu akımdaki atık su debisi (Qfull) (m ³ /s)	
	Q / Qfull	
	V / Vfull	
	Atık su hızı (m/s)	
	Atık su yüksekliği (m)	
	Doluluk Oranı (%)	
	Başlangıç bacası akar kotu (m)	
	Bitiş bacası akar kotu (m)	
	Başlangıç bacası derinliği (m)	
	Bitiş bacası derinliği (m)	
	Açıklamalar	

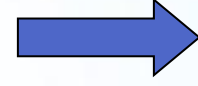
Not: Basitleştirilmiştir.

Şebeke Hesap Tablosu

1. Hat numarası
2. Başlangıç bacası
3. Bitiş bacası
4. Boru uzunluğu (m)
5. Atıksu debisi (hesap debisi) (m^3/s)
6. Boru çapı (m)
7. Başlangıç bacası zemin kotu (m)
8. Bitiş bacası zemin kotu (m)

Şebeke Hesap Tablosu

9. Atık su borusunun eğimi (m/m)
10. Dolu akımdaki atık su hızı (V_{full}) (m/s)
11. Dolu akımdaki atık su debisi (Q_{full}) (m^3/s)
12. Q / Q_{full}
13. V / V_{full}
14. Atık su hızı (m/s)
15. Atık su yüksekliği (m)
16. Doluluk Oranı (%)



Uygun
eğim
seçilir!



Kontrol et!



Kontrol et!



Kontrol et!

Şebeke Hesap Tablosu

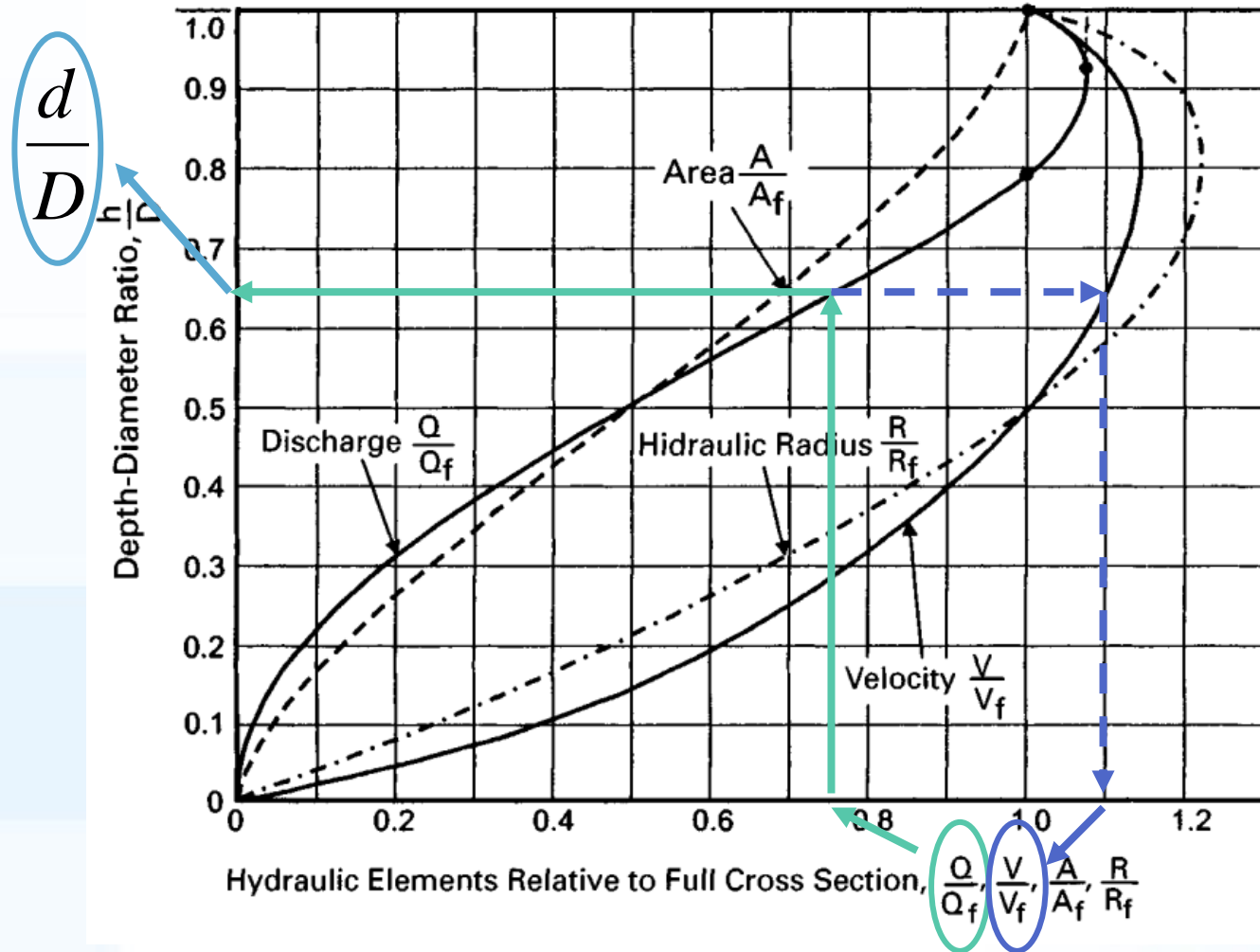
17. Başlangıç bacası akar kotu (m)
18. Bitiş bacası akar kotu (m)
19. Bitiş bacası derinliği (m)
20. Açıklamalar

Atıksu Debisinin (hesap debisi) Bulunması

$$Q_{hesap} = Q_{üst} + Q_{evsel} + Q_{endüstriyel} + Q_{sızma}$$

- Q_{hesap} : Hesap debisi (m³/s)
- $Q_{üst}$: Bir önceki hattan gelen atık su debisi (m³/s)
- Q_{evsel} : Konutlardan gelen atık su debisi (m³/s)
- $Q_{endüstriyel}$: Sanayi bölgesinden gelen atık su debisi (m³/s)
- $Q_{sızma}$: İnfiltrasyon debisi (m³/s)

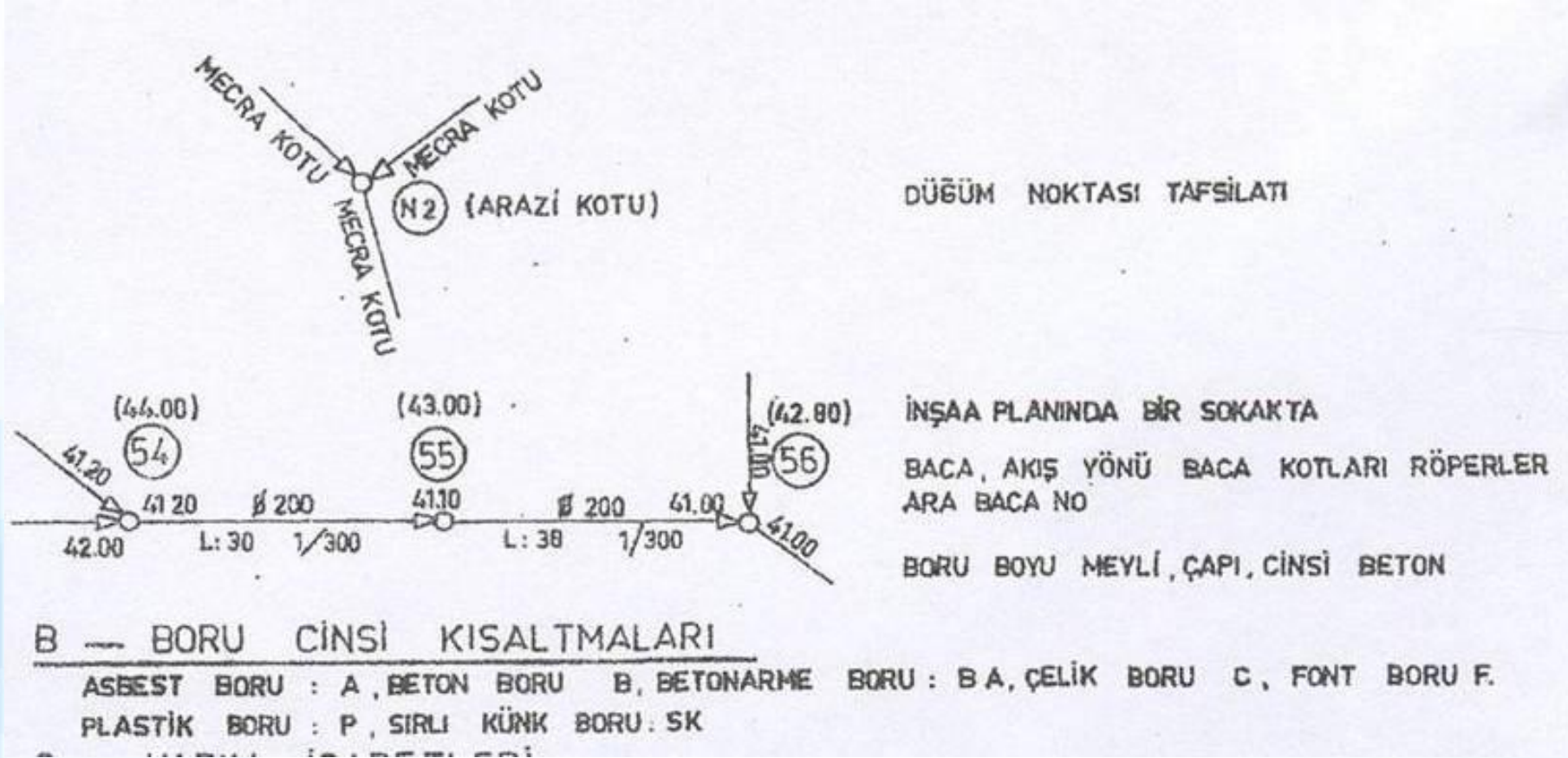
$Q / Q_{full} - V / V_{full} - \text{Doluluk Oranı}$



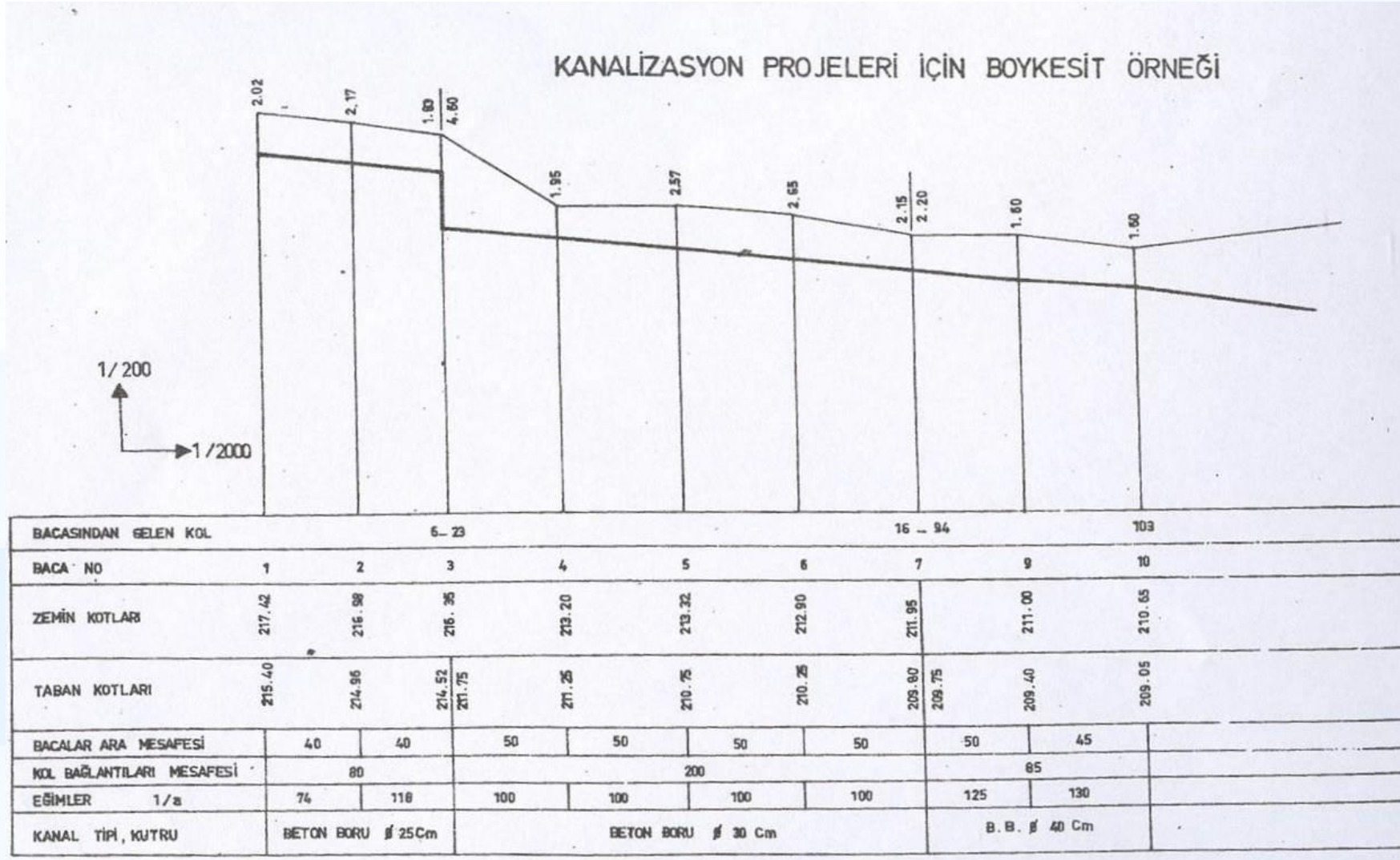
Açıklamalar

- İstisnai eğim.
- Yıkama bacası gereklidir!
- Düşülü baca.

Plan Çizimi



Profil (Boy Kesit) Çizimi



Kaynaklar

- Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete (Tarih: 06.01.2017, Sayı: 29940)
- http://www.cmo.org.tr/mesleki_denetim/kanalizasyon.php

Ters Sifonlar

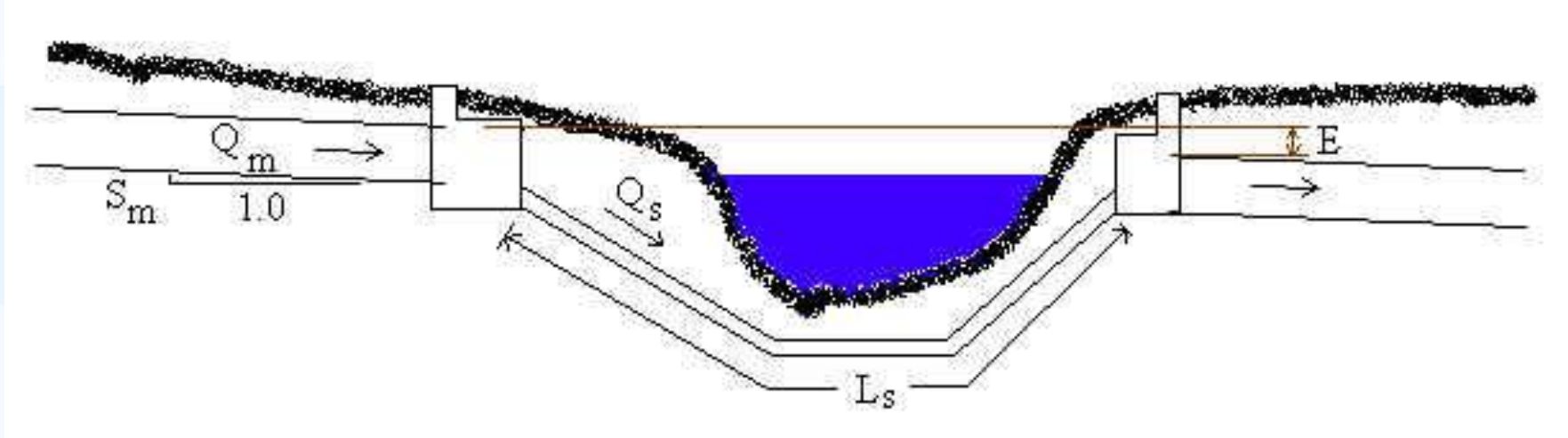
Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://www.ozgurzeydan.com/>

Ters Sifonlar

- Akarsu veya tünel gibi engelleri geçmek için ters sifonlar kullanılır.
- Ters sifon girişinde ve çıkışında mutlaka baca bulunmalıdır.

Ters sifon karşıdan görünüşü:

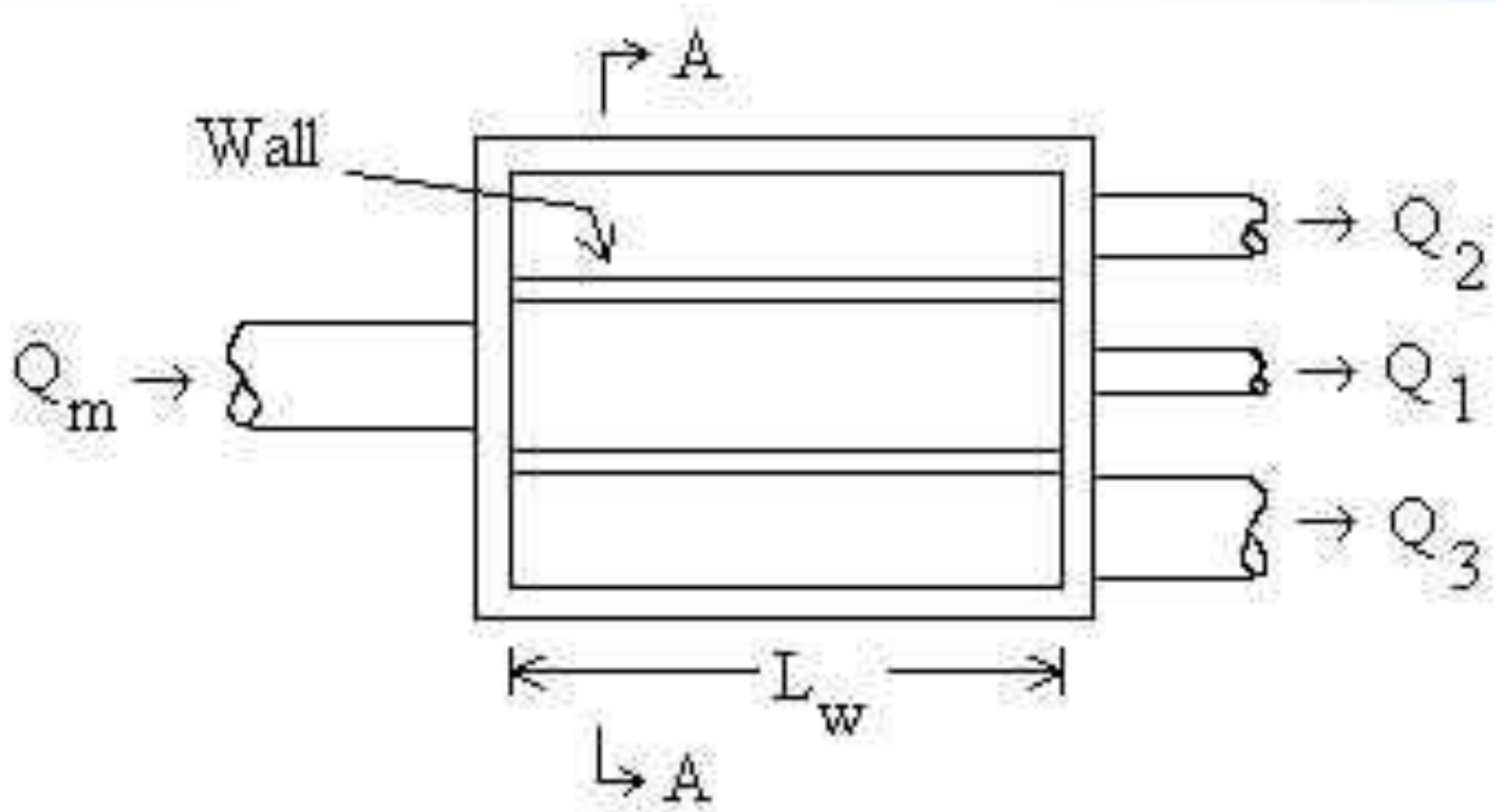


<http://www.lmnoeng.com/Channels/InvertedSiphon.htm>

Ters Sifonlar

- Sifon içinde iki veya daha fazla sayıda boru bulunur.
- Genellikle ayırık atıksu için kanalı için 2 boru, bileşik sistem için 3 boru (Karpuzcu, 2005)
- 3 boru olması durumunda:
 - Q1: minimum debi
 - Q2: tasarım debisi
 - Q3: pik debi

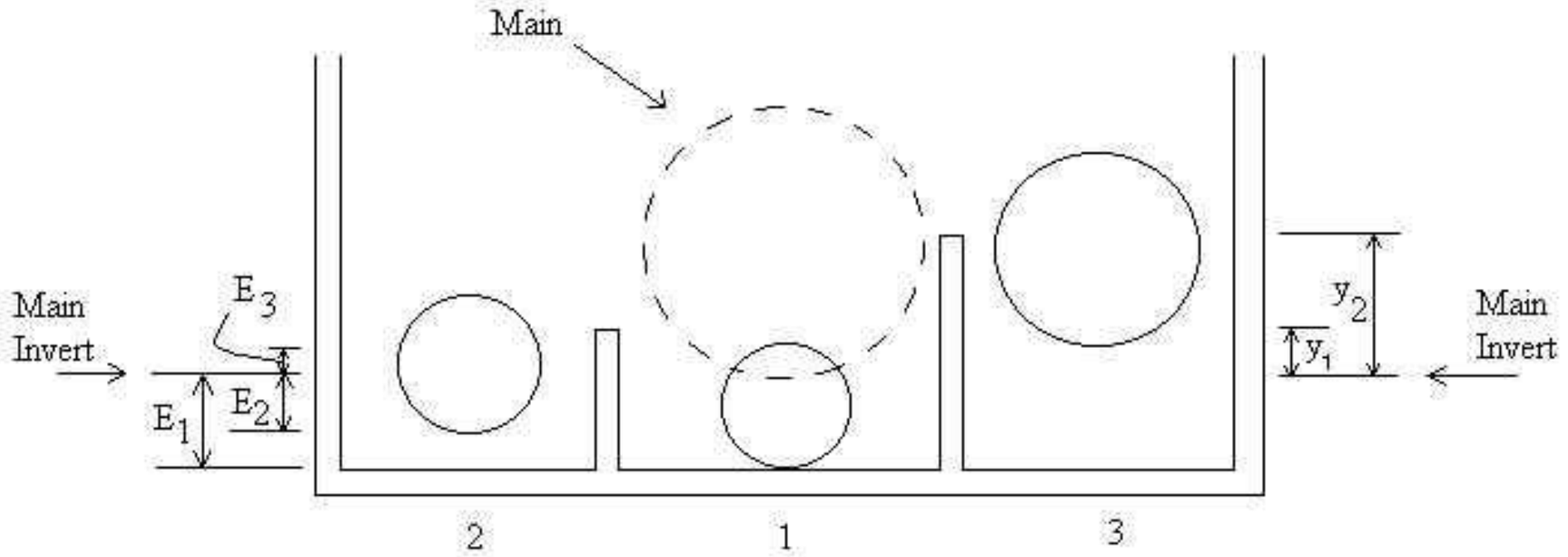
Üstten Görünüş



Ters Sifonlar

- Bu boruların çapları ve kotları birbirinden farklıdır.

Karşıdan görünüş:



Tasarım Parametreleri

➤ Eğimler

- Alçalan boru (giriş): $1/2 - 1/3$
- Yükselen boru (çıkış): $1/5 - 1/7$

➤ Su hızları

- Atık su: $1 - 1.3 \text{ m/s}$
- Yağmursuyu: 1.5 m/s (genel) $3 - 4 \text{ m/s}$ (pik)

Ters Sifonlarda Y¼k Kaybı (H)

- Sifon girişindeki kayıp
- Sifon içerisinde oluşan kayıp
- Dirsek ve bağlantı noktalarındaki kayıplar
- Sifon çıkışındaki kayıplar

Ters Sifonlarda Yük Kaybı (H)

$$H = iL + \sum \varphi \frac{V^2}{2g}$$

- H: yük kaybı (m)
- i: ters sifonda 1 metrede oluşan yük kaybı
- L: sifon uzunluğu
- φ : yersel kayıplar (giriş, dirsekler, bağlantılar, çıkış)
- V: sifondaki atıksu hızı (m/sn)
- g: yerçekim ivmesi (9.81 m/s²)

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik - Ekler

3.2.5. Ters sifonların işletme ve bakımı

Ters sifonlarla ilgili olarak karşılaşılan problemlerin başında çökme ve borunun tıkanması gelmektedir. Ters sifonların sürekli ve verimli çalışması için periyodik olarak düzenli denetim ve bakım faaliyetleri gerçekleştirilmelidir.

Denetim sırasında

- Tahliye vanaları ve pompaların çalıştığından,
- Ön borularda yüklenme olmadığından (aşırı yüklenmeler kısmi tıkanıklık belirtisidir) ve
- Boruların görsel olarak kontrol edildiğinden emin olunmalıdır.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik - Ekler

3.2.5. Ters sifonların işletme ve bakımı

Tıkanma durumlarında temizleme amacıyla yapılabilecek işlemler:

- Yüksek basınçlı su jeti uygulanması
- Yüksek hacimli emiş
- Ters sifonun sifonlanması
- Temizleme toplarının kullanılması

Kaynaklar

- Samsunlu A. (2012) Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Karpuzcu M. (2005) Su Temini ve Çevre Sağlığı, Kubbealtı Neşriyat, İstanbul
- <http://www.imnoeng.com/Channels/InvertedSiphon.htm>
- Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete (Tarih: 06.01.2017, Sayı: 29940)

Atıksuların Pompalanması

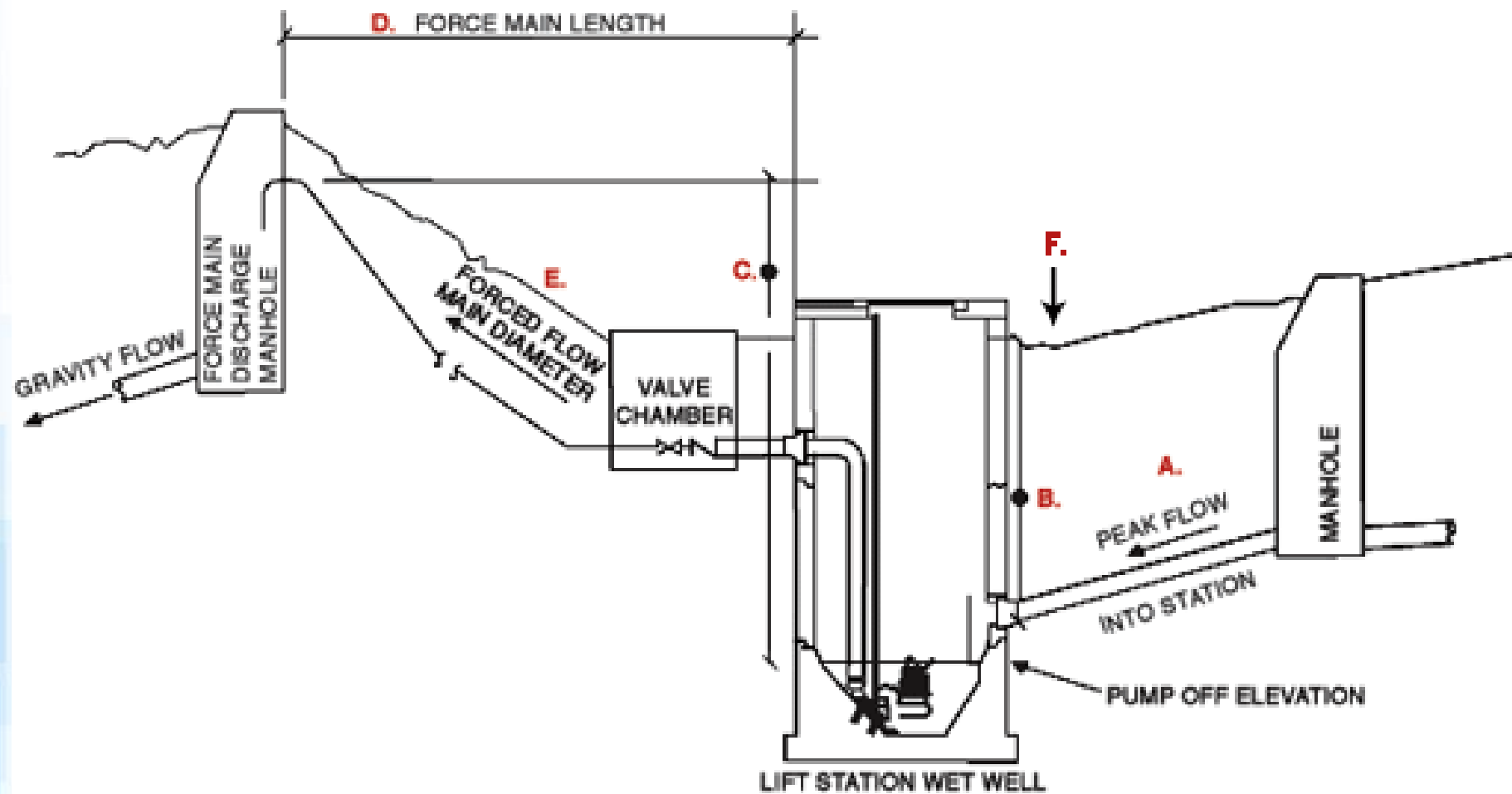
Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://www.ozgurzeydan.com/>

Atıksuların Pompalanması

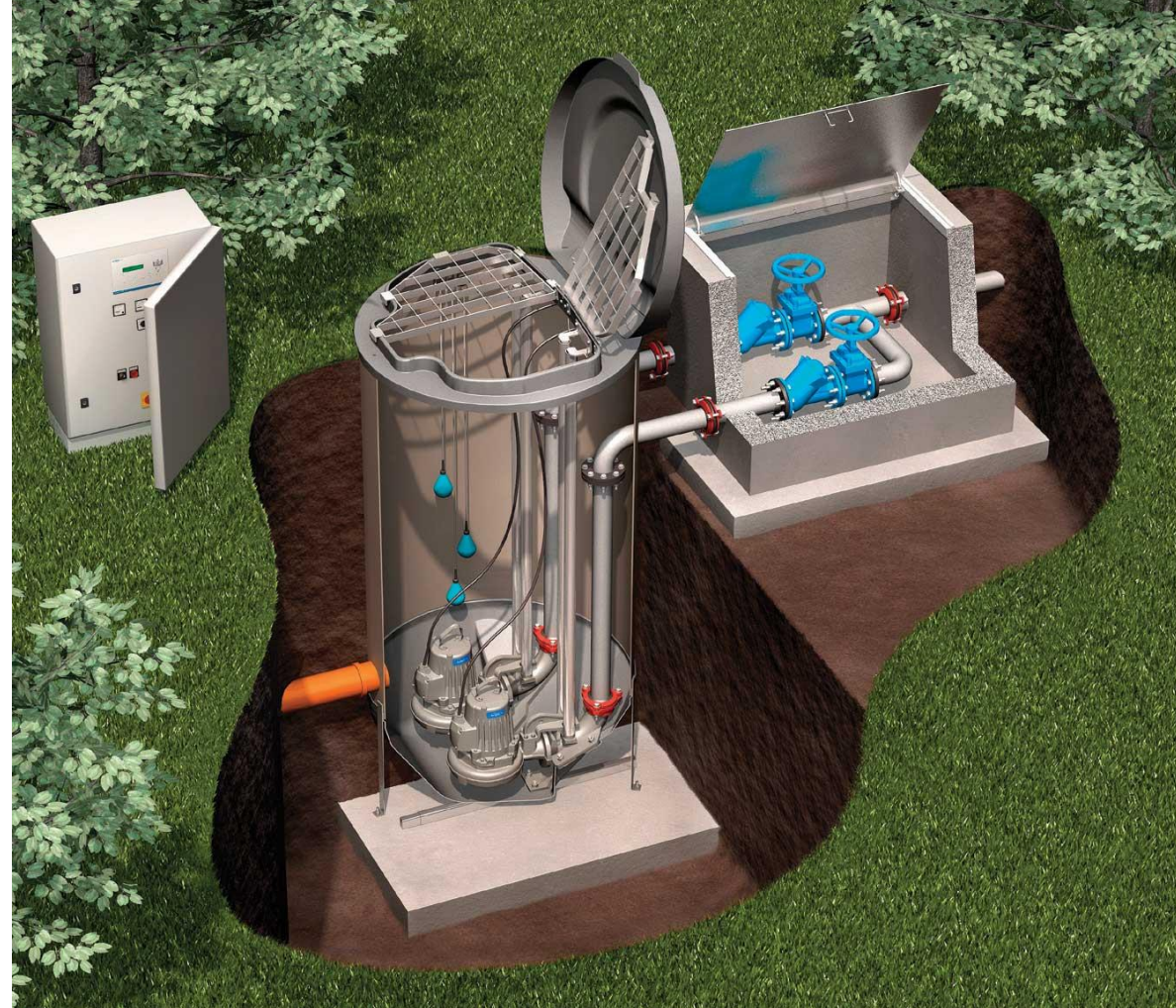
- Düşük kottan yüksek kota atıksuyun akıtılması gerektiğinde pompa istasyonuna ihtiyaç duyulur.
- Pompa seçiminde önemli olan kriterler:
 - Debi
 - Pompanın basma yüksekliği
 - Pompa verimi
 - Pompa gücü

Pompa İstasyonu



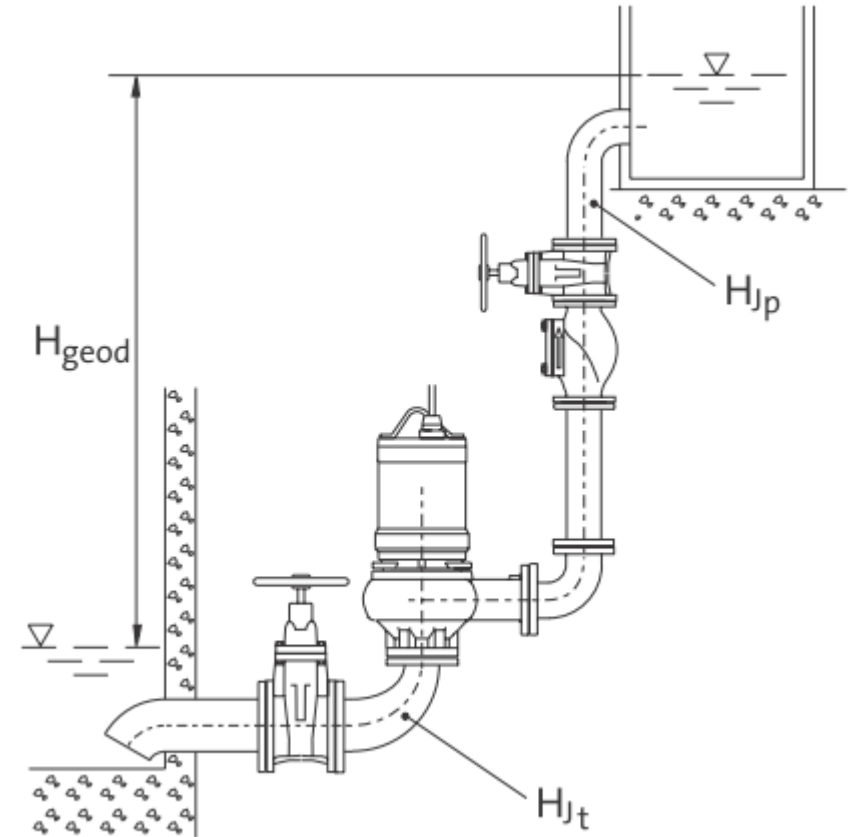
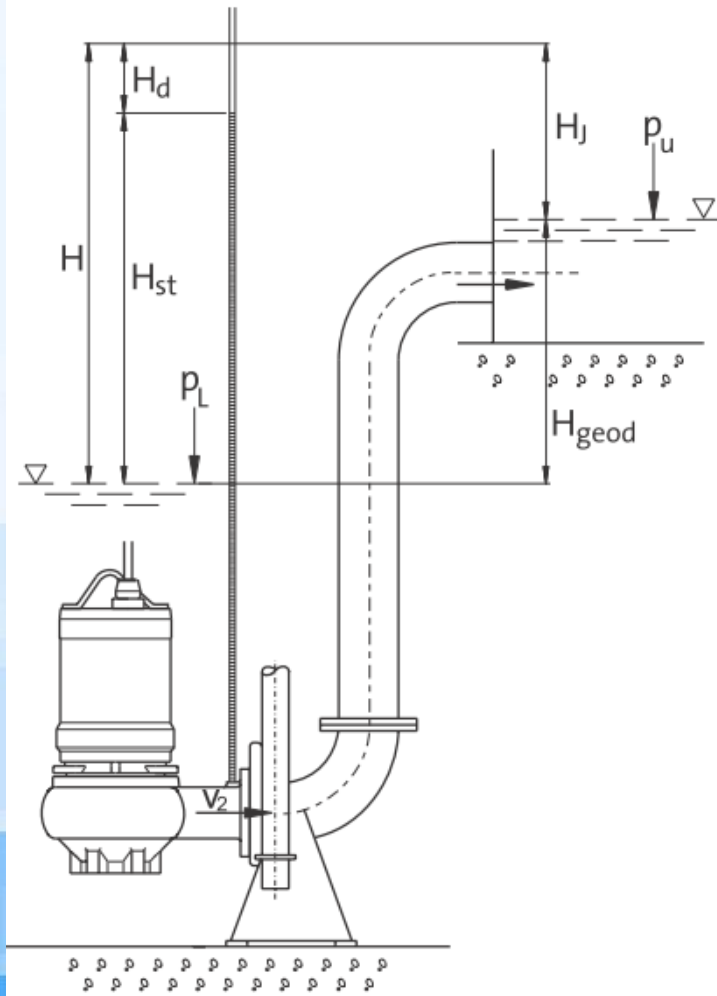
<https://www.cwsalescorp.com/design-a-submersible-pump-station.aspx>

Pompa İstasyonu



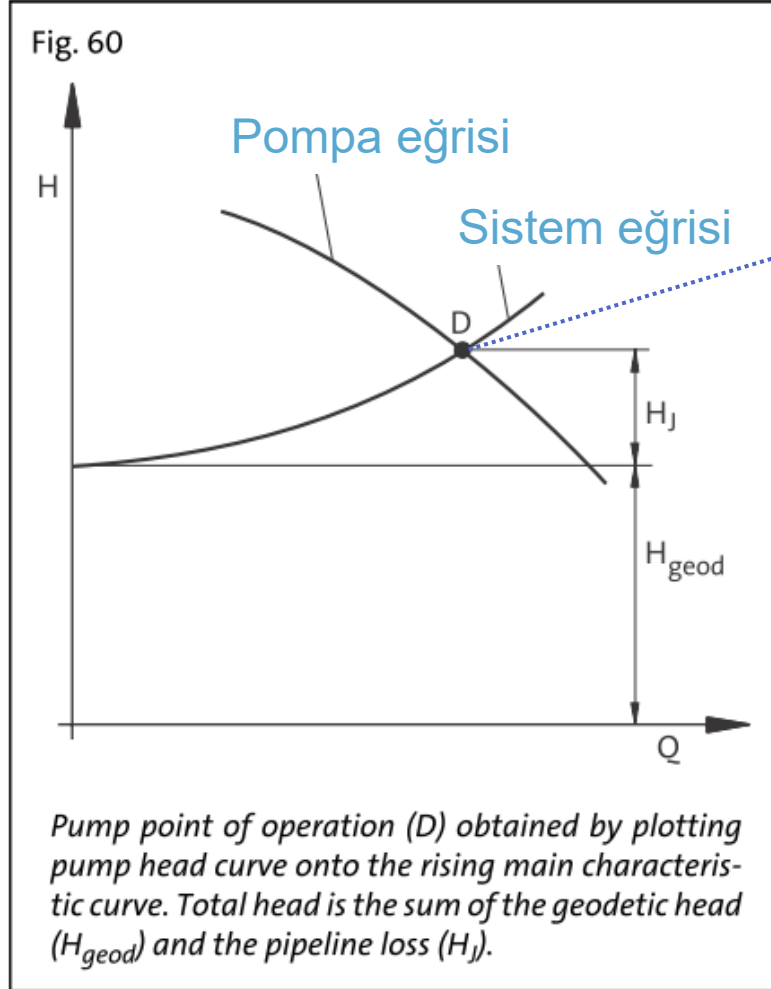
<http://www.ritmac.co.uk/services/sewagestorm-pumping-solutions/>

Islak ve Kuru Pompalar



Pompa Basma Yüksekliği (Pump Head)

- Pompa basma yüksekliği = statik yükseklik + yük kayıpları



D: pompanın
çalışma noktası

yük kayıpları

statik yükseklik

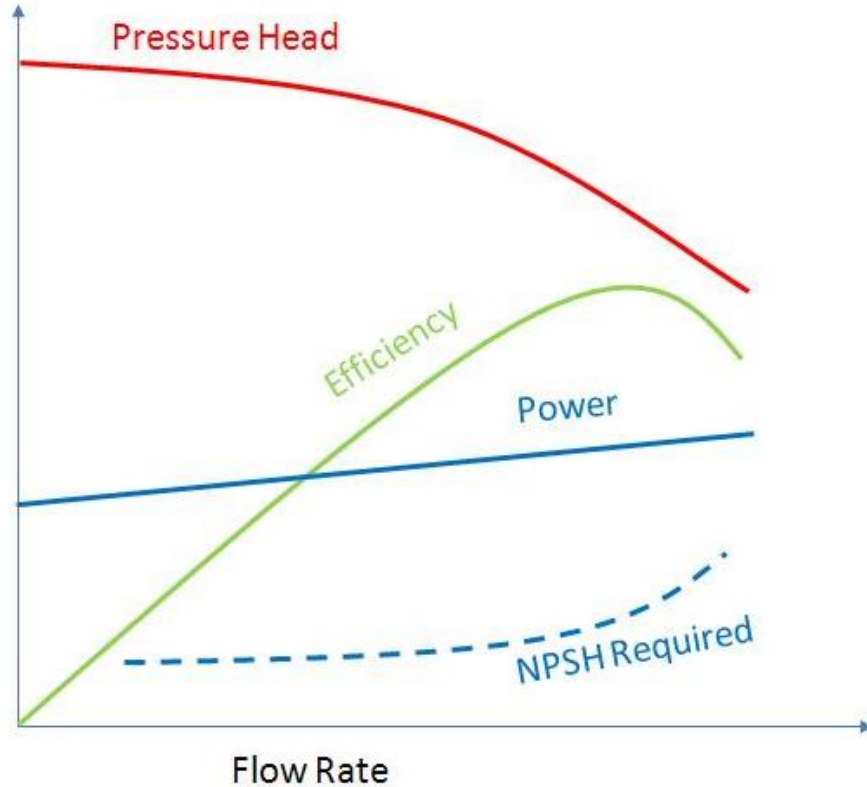
The Sewage Pumping
Handbook

Pompa Basma Yüksekliği (Pump Head)

$$z_A + \frac{V_A^2}{2g} + \frac{P_A}{\gamma} + h_P = z_B + \frac{V_B^2}{2g} + \frac{P_B}{\gamma} + \sum F_L + \sum M_L$$

- z : Yükseklik (m)
- V : Hız (m/s)
- g : Yerçekimi ivmesi (m/s²)
- P : Basınç (kN/m²)
- γ : atıksuyun öz ağırlığı (N/m³)
- h_P : pompanın basma yüksekliği (m)
- F_L : sürtünme kayıpları (m)
- M_L : minör kayıplar (m)

Pompa Verimi



$$Verim = \frac{\gamma \times Q \times H}{P_i}$$

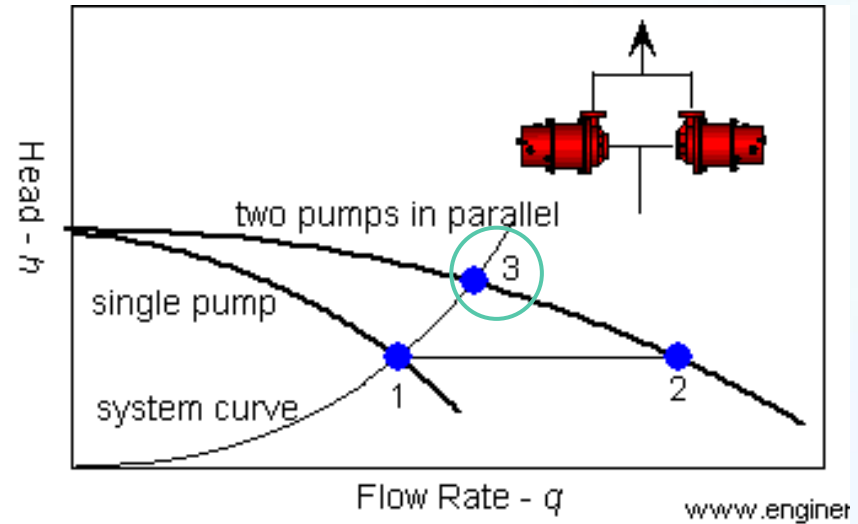
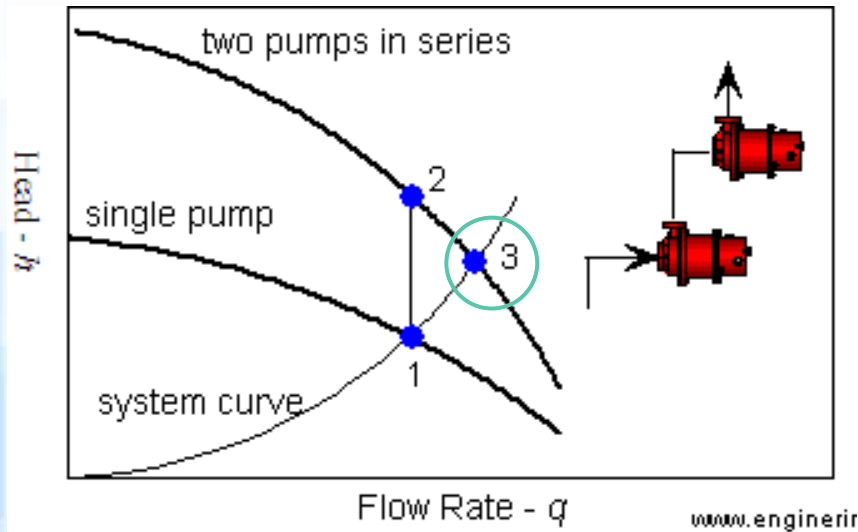
- γ : atıksuyun öz ağırlığı (kN/m³)
- Q: debi (m³/s)
- H: basma yüksekliği (m)
- P_i : pompanın gücü (kW)(kN m/s)

<http://blog.mechguru.com/hydraulics/how-to-read-a-pump-curve/>

Seri ve Paralel Pompalar

$$H_2 < 2H_1$$

$$Q_2 < 2Q_1$$



Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

Ekler:

- 1.3.5. Pompa istasyonları
- 1.3.5.2. Pompa istasyonlarının tasarımı
- 1.3.5.3. Vaziyet planı ve erişim
- 1.3.5.4. Çevresel etki

- 1.3.5.7. Ekipmanların tasarımı
- 1.3.5.7.1. Pompalar

- 3.2.4. Pompa istasyonlarının işletme ve bakımı

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

1.3.5.2. Pompa istasyonlarının tasarımı

1.3.5.2.1. Genel yerleşim

- Pompaların çalışma sırası ve stratejisi ile mekanik ve elektrikli ekipmanların boyutlarını belirlemek amacıyla minimum ve maksimum debiler belirlenmelidir.
- Çalışan pompa sayısı ve tipi belirlenmelidir. Tesiste, biri yedek olmak üzere en az iki pompa kullanılmalıdır.
- Izgara, kum tutucu veya (izin verildiyse) kırıcı/parçalayıcı üniteler boyutlandırılmalıdır. Pompaların tıkanması veya pompalarla takip eden ünitelerin zarar görmesi riski varsa bu risklere karşı tedbir alınmalıdır.
- Koku kontrolü ile ilgili önlemler alınmalıdır.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

1.3.5.2. Pompa istasyonlarının tasarımı

1.3.5.2.1. Genel yerleşim

- Pompa sürücüleri için uygun bir enerji kaynağı (elektrik ve dizel gibi) seçilmelidir ve gerekliyse bunların yedekleri de tasarlanmalıdır.
- Enerji kesintisi olması ve jenaratörün de devreye girmemesi durumunda pompa istasyonunun, su seviyesi belli bir kota geldikten sonra by-pass olabilmesinin sağlanması için pompa istasyonu yer seçiminde by-pass kanalı olabilecek alternatifler dikkate alınmalıdır.
- Tesis güvenliği sağlanmalıdır.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

1.3.5.3. Vaziyet planı ve erişim

- Acil durumlarda kullanılacak bütün araçlar, bakım araçları ve yardımcı ekipmanlar için uygun erişim ve park alanları bulundurulmalıdır.
- Bunların tasarımında dış hava şartları hesaba katılmalıdır.
- Tesis güvenliği sağlanmalıdır.
- Yıldırım düşmesi gibi doğal afetlere karşı önlemler alınmalıdır.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

1.3.5.4. Çevresel etki

Pompa istasyonu tasarlanırken şu açılardan çevresel etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır:

- İstasyonun içinde ve dışında gürültü ve koku kirliliği sorunları ile titreşim sorunları
- Arıza durumlarında oluşacak çevresel etkiler
- Bölgenin silüetindeki değişim.

Acil durumlarda deşarj yapılacaksa, deşarj edilen sudaki katı madde konsantrasyonları en aza indirilmelidir.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

➤ 1.3.5.7. Ekipmanların tasarımı

➤ 1.3.5.7.1. Pompalar

Bütün pompalar ve bunların sürücüleri, pompalanacak atıksuyun karakterine uygun seçilmeli ve tasarım debisi, basma yükseklikleri ve görev süreleri ile ilgili bütün pompa istasyonu şartlarını sağlamalıdır.

Bazı durumlarda,

- Pompaların aşırı yüklenmesi sonucu aşırı enerji tüketimini engellemek,
 - İşletme hızları, debileri ve emme basınçları için seçilen aralıklarda kavitasyon problemlerini engellemek,
 - Negatif emme basınçlarını önlemek,
- amacıyla pompa istasyonu modifiye edilebilir.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

- 1.3.5.7. Ekipmanların tasarımı
- 1.3.5.7.1. Pompalar
- Tesisin tesliminden önce yapılan testlere ek olarak pompalar, montaj tamamlandıktan sonra çalıştırılarak test edilmeli ve belirlenen şartları sağladığından emin olunmalıdır. Pompaların testteki performansı görüldükten sonra teslim yapılmalıdır.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

➤ 1.3.5.7. Ekipmanların tasarımı

➤ 1.3.5.7.1. Pompalar

Yukarıdakilere ek olarak pompaların seçiminde şu hususlar da göz önünde bulundurulmalıdır:

- Pompalar optimum şartlarda çalıştırılmalıdır.
- Pompanın ömrünü etkileyebilecek olan muhtemel debi artışları da göz önünde bulundurulmalıdır.
- Pompa hızı dikkatle seçilmelidir (sabit hızlı veya değişken hızlı).
- Pompa malzemelerinin korozyon ve erozyona dayanıklı olup olmadığı incelenmelidir.
- İzin verilen katıların geçmesi durumunda pompanın tıkanmayacağından emin olunmalıdır.

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

➤ 1.3.5.7.6. Alarmlar

Şu durumlarda tesiste bir takım alarmların aktif hale gelmesi istenir:

➤ Pompaların durması

➤ 3.1.2. İşletme prosedürleri

Sistemdeki malzemeler için hazırlanan işletme prosedürleri şu malzemeler için planları içermelidir:

➤ Pompa istasyonu işletme el kitabı

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

➤ 3.2.4. Pompa istasyonlarının işletme ve bakımı

Pompa istasyonları ile ilgili karşılaşılan sorunlar şunlardır:

- Pompaların, vanaların, ızgara ve diğer ekipmanların tıkanması
- Elektrik kesintileri
- İletim hattının arızalanması
- Pompa malzemeleri, kontrol ekipmanları ve haberleşme araçlarında oluşan elektriksel ve mekanik arızalar
- Kontrol cihazlarının kullanımını engelleyecek şekilde yüzeylerde katılaşma problemleri
- Gürültü ve titreşim
- Koku şikayetleri
- Aşırı güç tüketimi
- Şiddet eylemleri

Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik

➤ 3.2.4. Pompa istasyonlarının işletme ve bakımı

Çözüm önerileri:

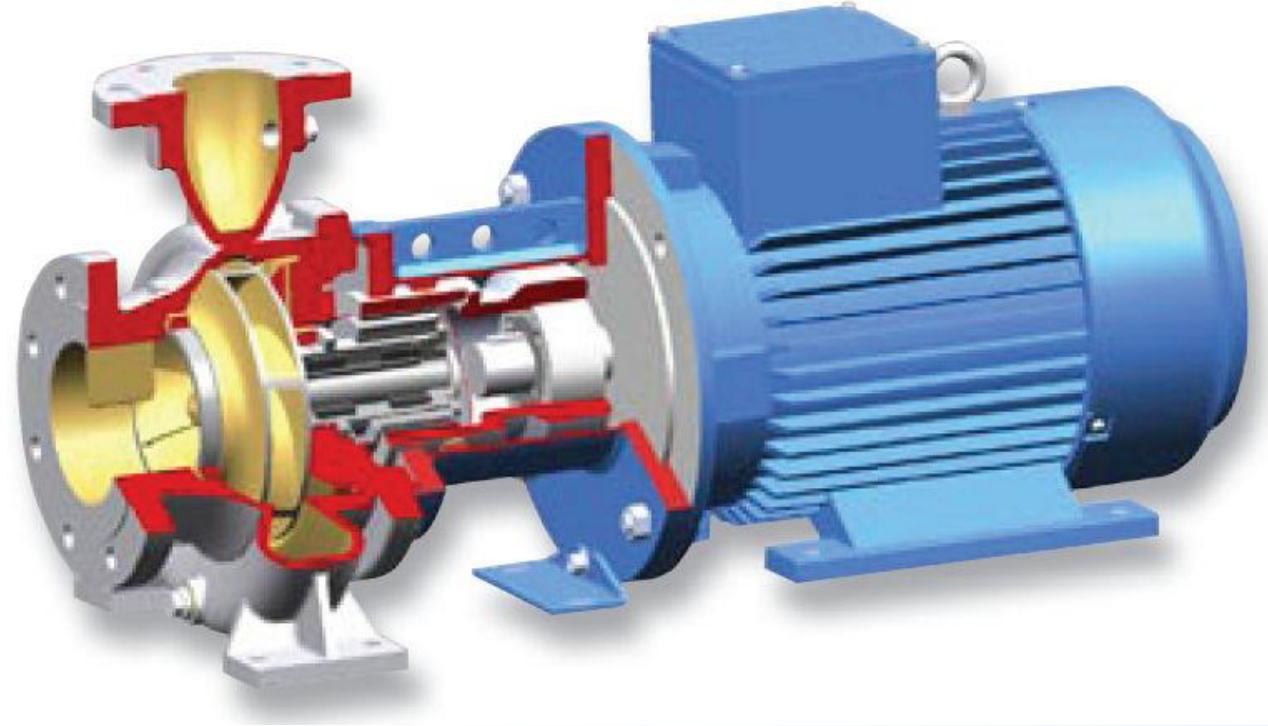
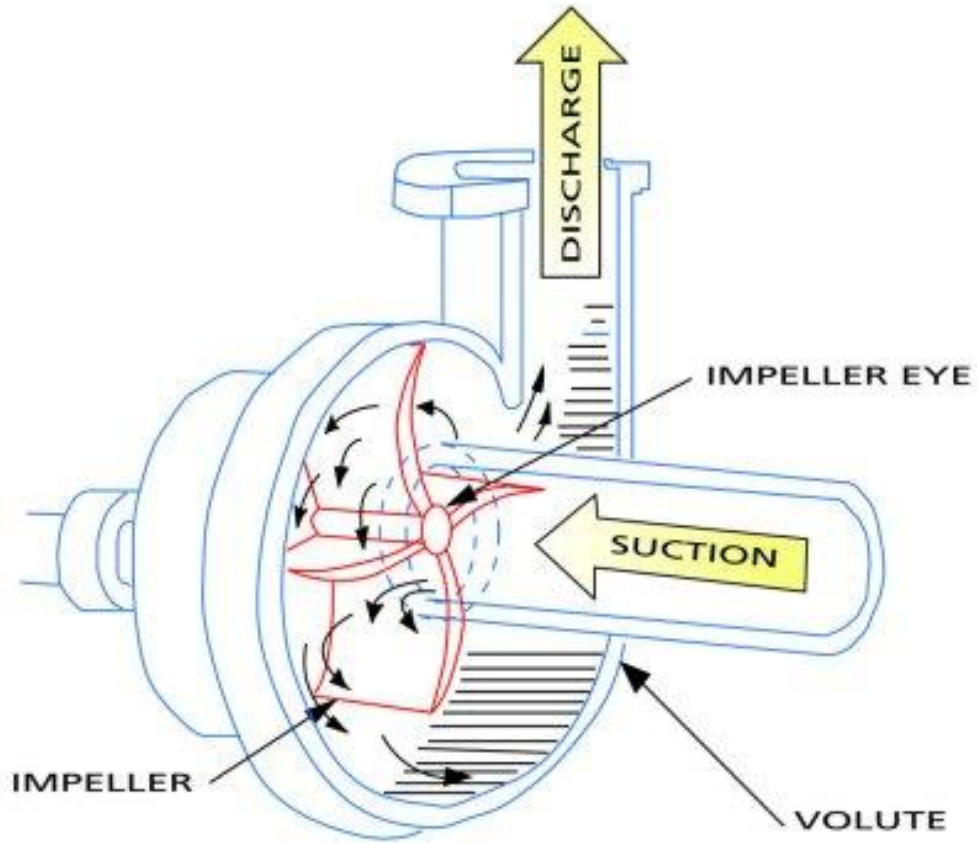
- Pompa ekipmanlarının tamiri veya değiştirilmesi
- Aşırı atıksu yüklerinin azaltılması
- Uyarı ve haberleşme sistemlerinin kurulması
- Septik şartların gelişmesini önleyecek bir ünite yapılması veya ıslak haznenin iyi havalandırılması
- Kontrol sisteminin gözden geçirilmesi
- Yedek güç kaynakları kullanılması

Atıksu Pompa Türleri

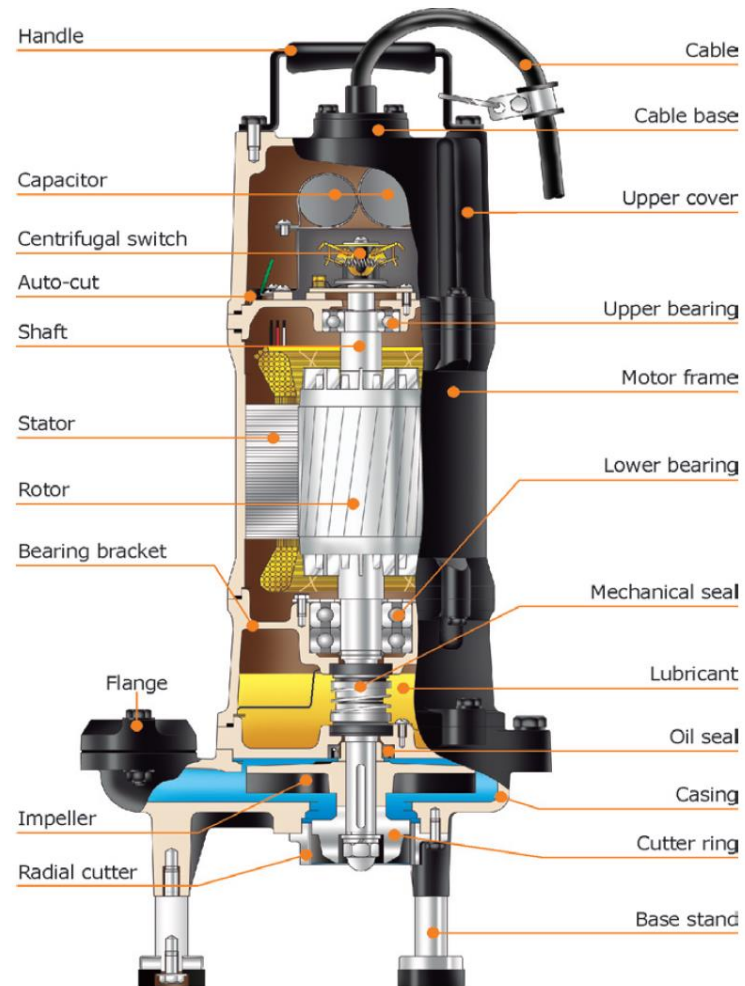
Yaygın olarak kullanılan atıksu pompa türleri

- Santrifüj pompalar
- Dalgıç pompalar
- Salyangoz pompalar

Santrifüj Pompalar



Dalgıç Pompalar



Salyangoz Pompalar



Kaynaklar

- The Sewage Pumping Handbook, Grundfos Wastewater, <https://www.grundfos.com/campaigns/download-the-pump-handbook.html>
- Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete (Tarih: 06.01.2017, Sayı: 29940)

Yağmursuyu

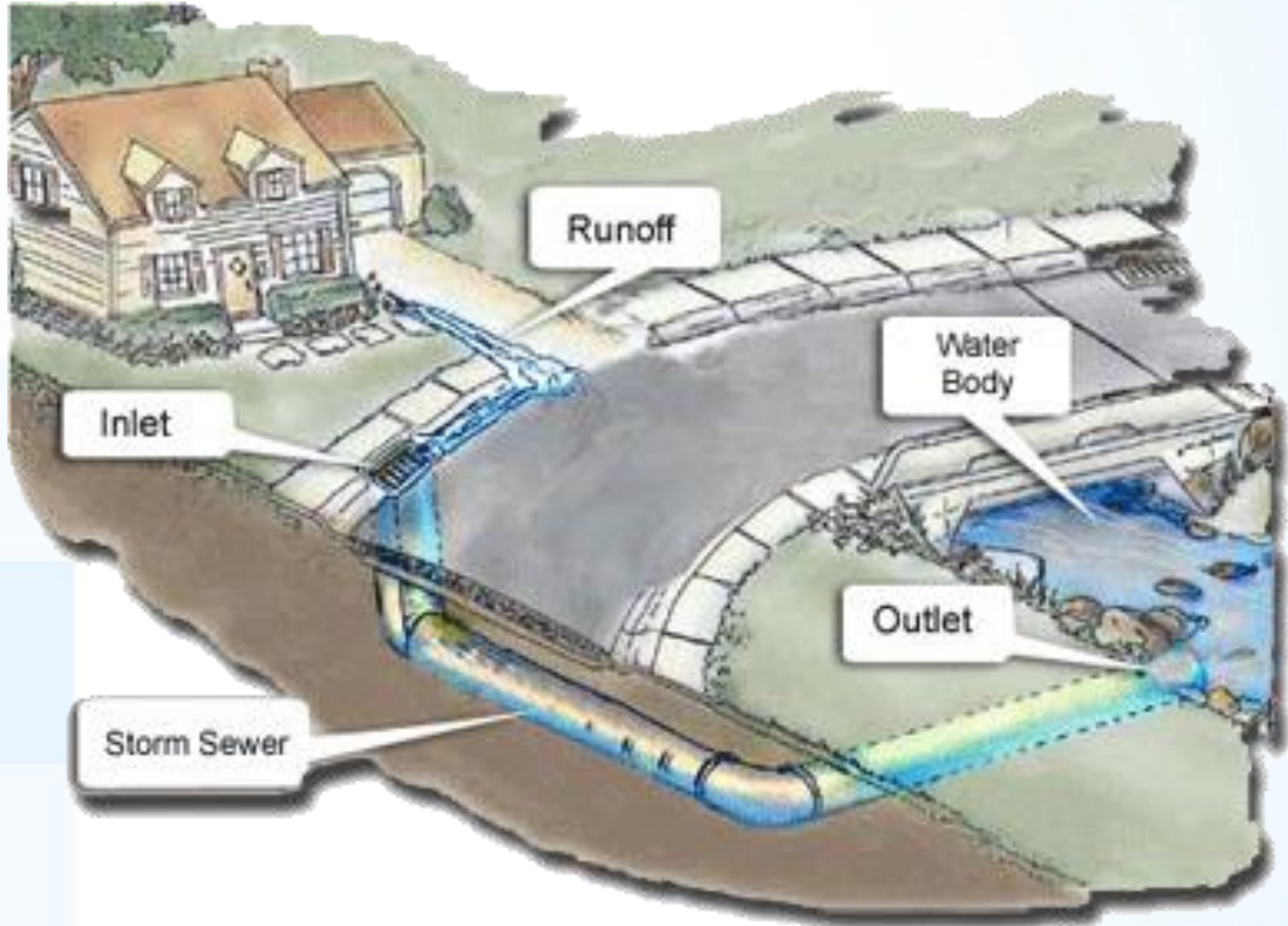
Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://www.ozgurzeydan.com/>

Yağmursuyu Toplama Sisteminin Amacı

- Yerleşim yerlerinde sel oluşmasını engellemek
- Yollardaki su birikmelerini ve oluşabilecek trafik kazalarını önlemek
- Vadilerdeki erozyonu engellemek

Yağmursuyu Toplama Sistemi

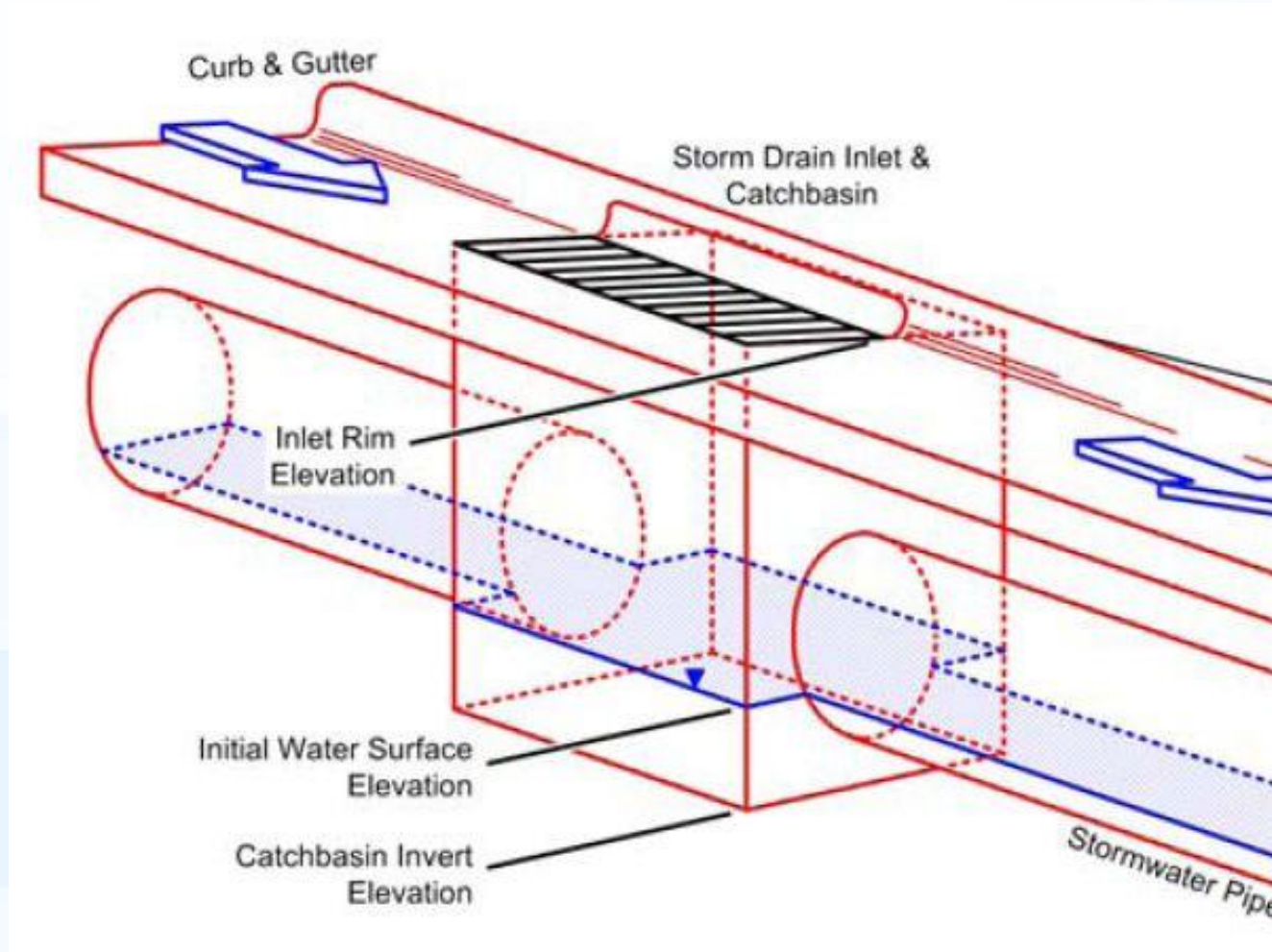


<http://deldot.gov/stormwater/description.shtml>

Yağmursuyu Toplama Sistemi

- Yağmursuyu toplama sistemi kanalları, kanalizasyon şebekesine kıyasla yer seviyesine daha yakın olabilir.
- Yağmursuyu ağızlıkları yağmur suyunun kanala en rahat girebileceği şekilde cadde / sokak kenarlarına yerleştirilir. Trafiği engellememesine dikkat edilir.
- Suyun akışını yavaşlatmak ve boru çaplarının büyümesini engellemek için **biriktirme hazneleri** inşa edilebilir.

Yağmursuyu Toplama Sistemi

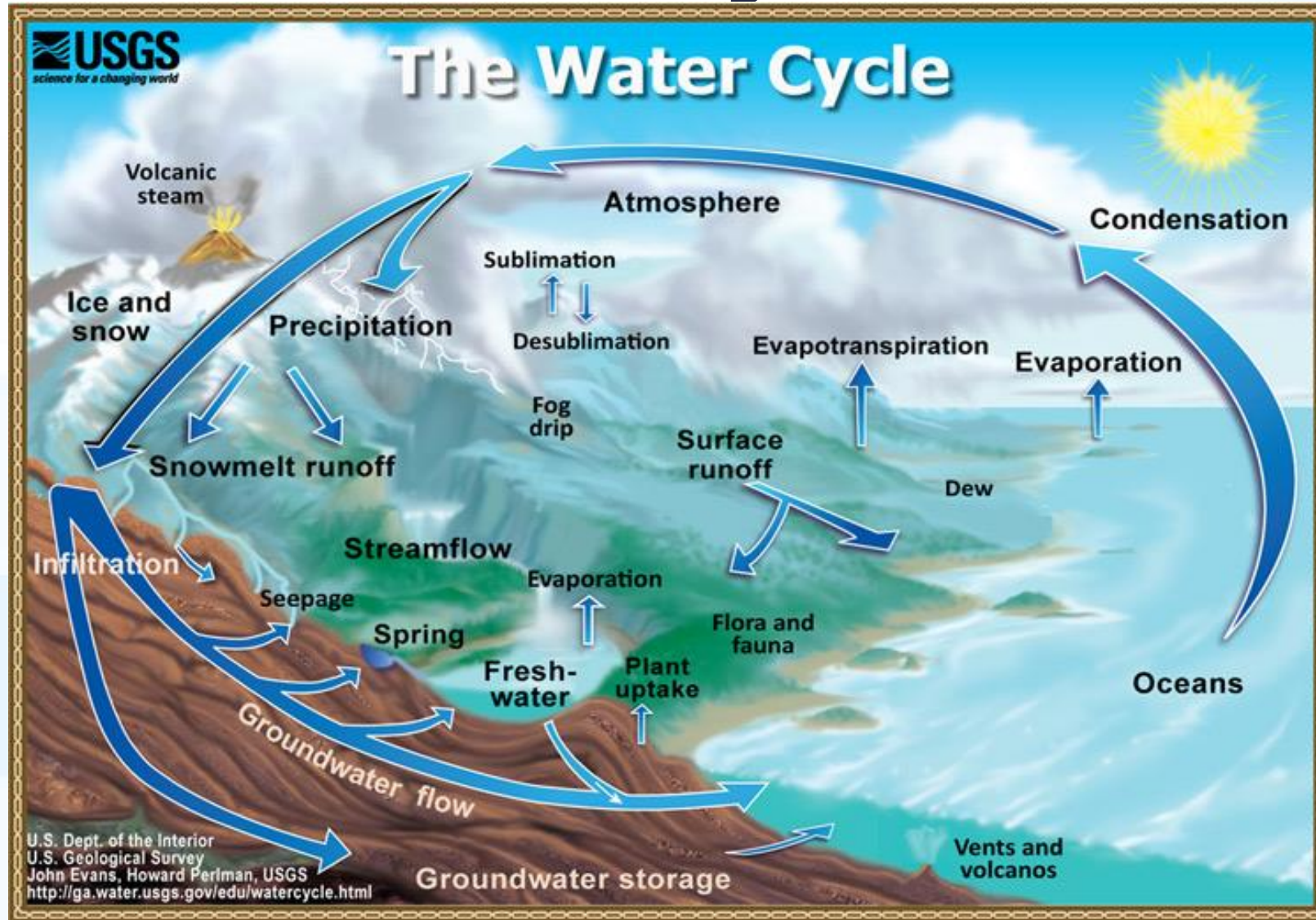


<http://forums.autodesk.com/t5/AutoCAD-Civil-3D-Stormwater/SSA-Inlet-Rim-Elevations-and-Weir-Flow/td-p/3728832>

Yağmursuyu ile İlgili Mevzuat

- Yağmursuyu Toplama, Depolama Ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik
- Resmi Gazete Tarihi: 23.06.2017
- Sayısı: 30105
- (YTDDSHY, 2017)

Su Döngüsü



<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>

Türkiye Nehir Havzaları Haritası



Havza: Doğal sınırları içinde, iklim, jeoloji, topoğrafya, toprak, flora ve faunanın sular ile etkileşim içinde olduğu, suyun ayırım çizgisinden denize aktığı noktaya, kapalı havzalarda ise suyun toplandığı nihai noktaya göre suyun toplanma alanıdır.

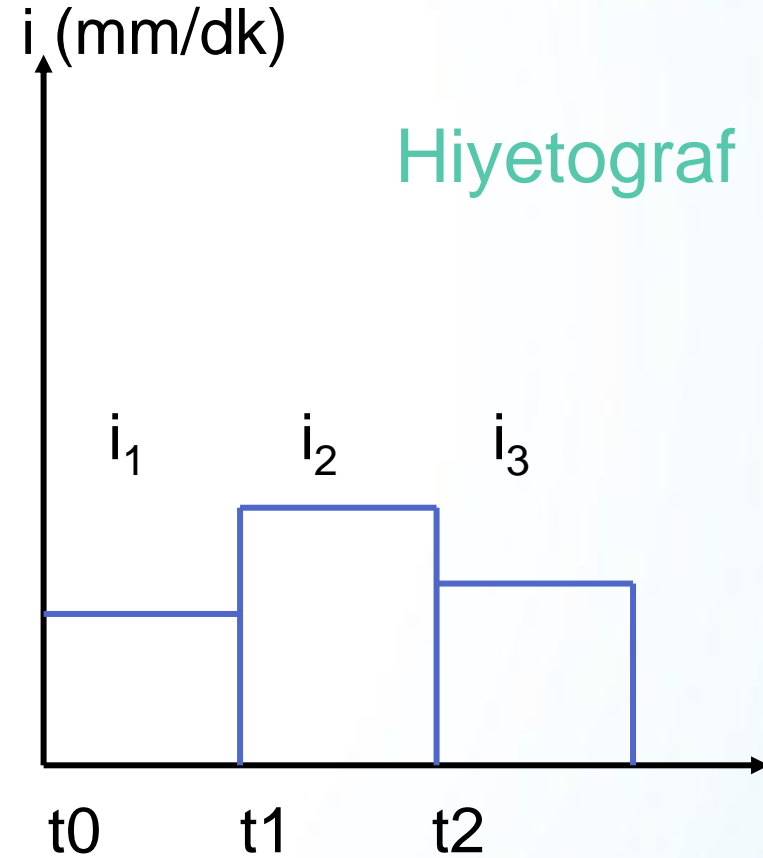
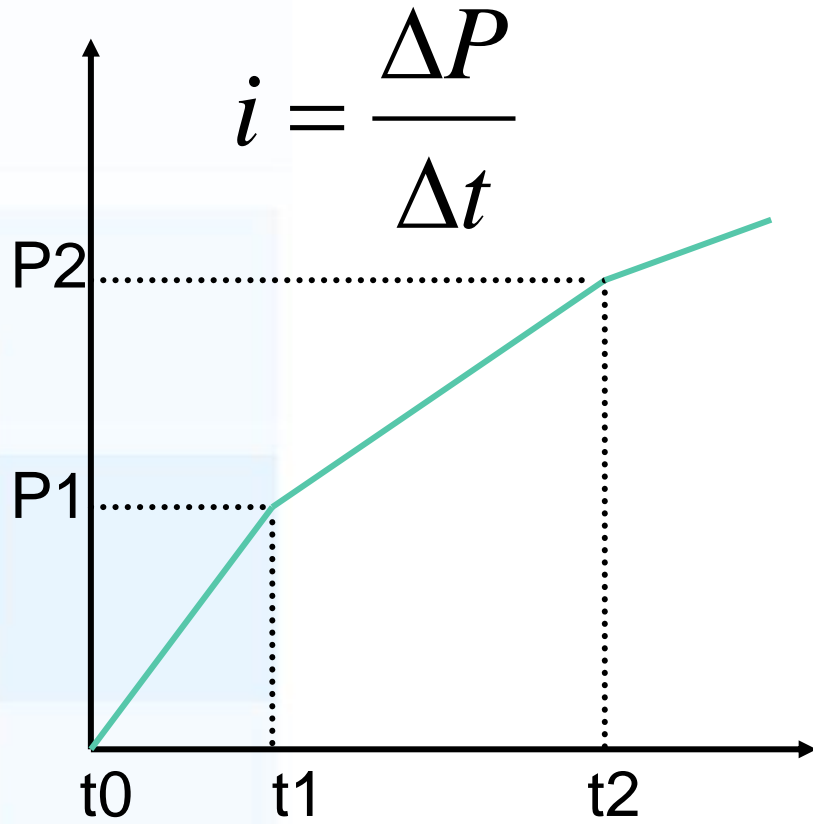
Kaynak: Ulusal Havza Yönetim Stratejisi Taslak Raporu

Yağış

- Meteorolojik yağış ölçüm birimi, 1 m²'ye düşen su miktarı (kilogram) olarak ifade edilir.
($d_{su} \cong 1000 \text{ kg/m}^3$)
- 1 mm yüksekliğindeki suya eşittir.
- Bu nedenle yağış miktarı milimetre olarak ifade edilir.

Yağış Şiddeti

Hiyetograf: Yağış şiddetinin zamanla değişimini gösteren grafik.



Yağış Şiddeti ve Yağmur Verimi

- **Yağış şiddeti**: birim zamanda düşen ortalama yağış yüksekliği

$$i = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

- i : Yağış şiddeti (mm/dk)
- ΔP : Düşen yağış yüksekliği (mm)
- Δt : Zaman aralığı (dk)

Yağmur Verimi

- **Yağmur verimi (r)**: Yağmurun birim zamanda birim alana bıraktığı su hacmi.
- **$r = 166.7 \times i$**
- **i** : Yağış şiddeti (mm/dk)
- **r** : Yağmur verimi (L/sn.ha)

Yağışın Tekerrür Sayısı ve Periyodu

- $n=1/F$
- n : yağışın tekerrür sayısı
- F : yağışın periyodu
- Proje bölgesinde süre-şiddet-frekans eğrileri mevcut değilse, çevredeki yağış istasyonlarının kayıtlarından, veya ampirik formüllerden elde edilir.

Yağış Şiddeti için Ampirik Formüller

$$i = \frac{a}{T + b} \quad i = \frac{c}{T^k}$$

- i : Yağış şiddeti (mm/dk)
- a, b, c : Drenaj alanının özelliklerine göre ve bölgeden bölgeye değişen katsayılar
- T : Yağış süresi (dk)

Yağış Şiddeti için Ampirik Formüller

Talbot equation:

$$i = \frac{a}{d+b}$$

Bernard equation:

$$i = \frac{a}{d^e}$$

Kimijima equation:

$$i = \frac{a}{d^e + b}$$

Sherman equation:

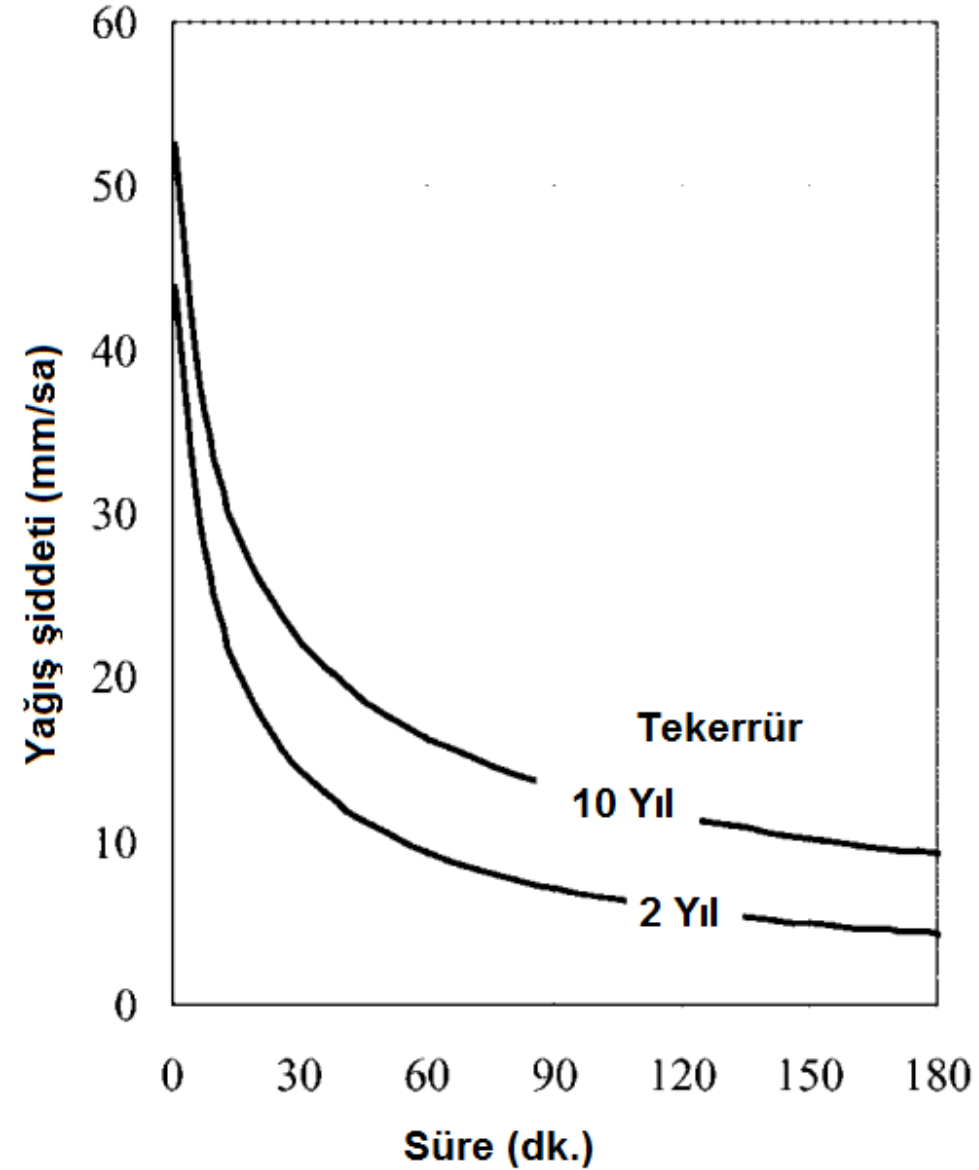
$$i = \frac{a}{(d+b)^e}$$

- i : yağış şiddeti (mm/dk)
- d : yağış süresi (dakika)
- a , b ve e : meteorolojik parametrelere bağlı sabitler.

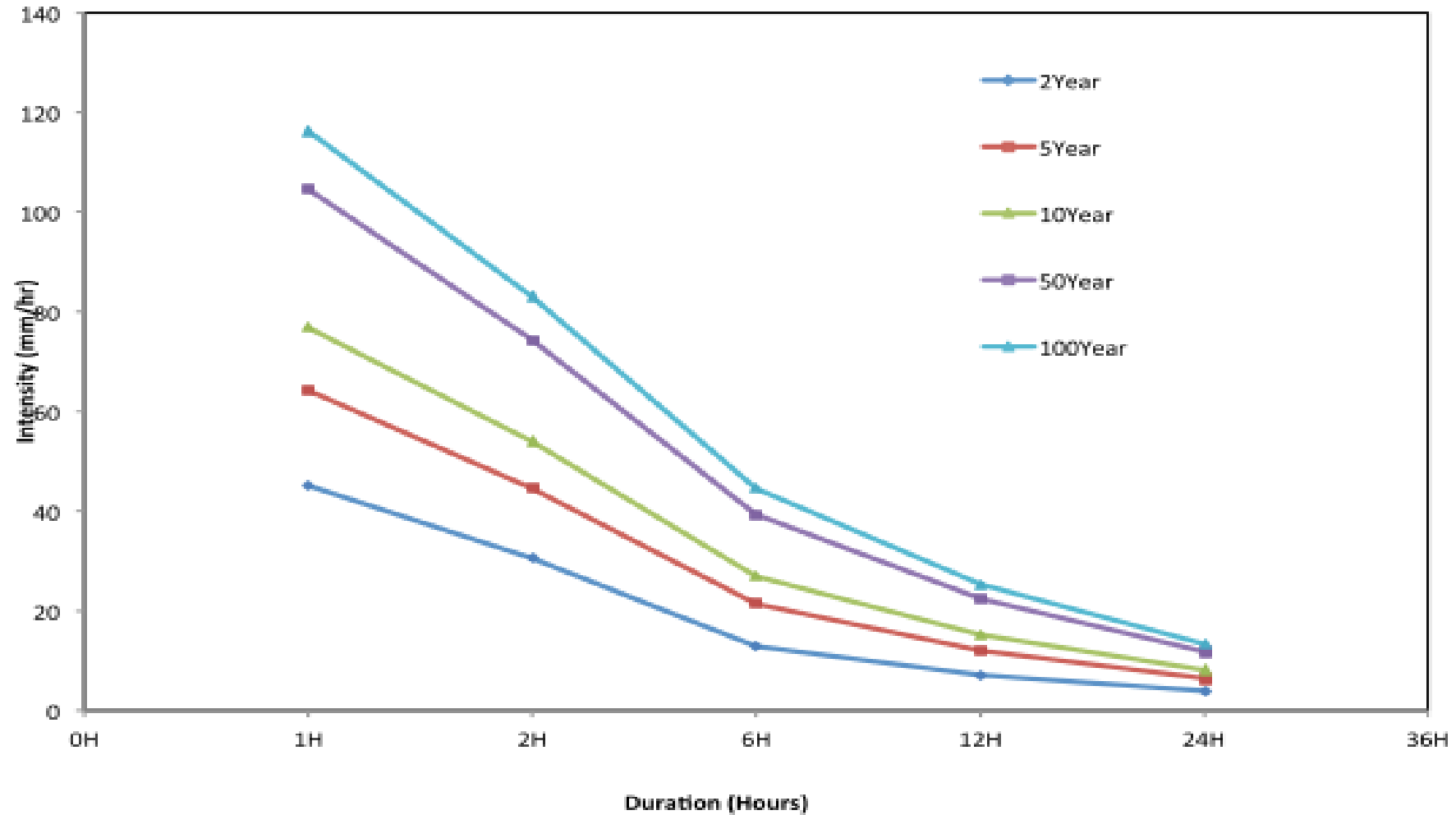
Yağışın Tekerrür Periyodu

- Yağış şiddetini belirlemek için tekerrür periyodunun ve yağış süresinin bilinmesi gerekir.
- Tekerrür sayısı veya dikkate alınacak yağmurun periyodu; proje alanındaki trafik yoğunluğu ve sosyo-ekonomik faaliyetlere göre seçilir.
- Tekerrür sayısı;
 - büyük şehirlerde $n = 0.1-0.5$
 - orta büyüklükteki şehirlerde $n = 0.5-1.0$
 - kasaba ve köylerde $n = 2.0-3.0$
- tavsiye edilir.

Şiddet – Süre – Tekerrür Eğrileri



Örnek Şiddet – Süre – Tekerrür Eğrisi



Prof. P. P. MUJUMDAR, Stochastic Hydrology Lecture Notes,
Indian Institute of Science

Şiddet – Süre – Tekerrür Eğrileri

- Tekerrür sayısı sabitken, yağmur süresi arttıkça verim azalır. (Kuvvetli yağmur, zayıf yağmurdan kısa sürer.)
- Yağış süresi sabitken, tekerrür arttıkça verim azalır. (Kuvvetli yağmur, zayıf yağmurdan daha az tekerrür eder.)

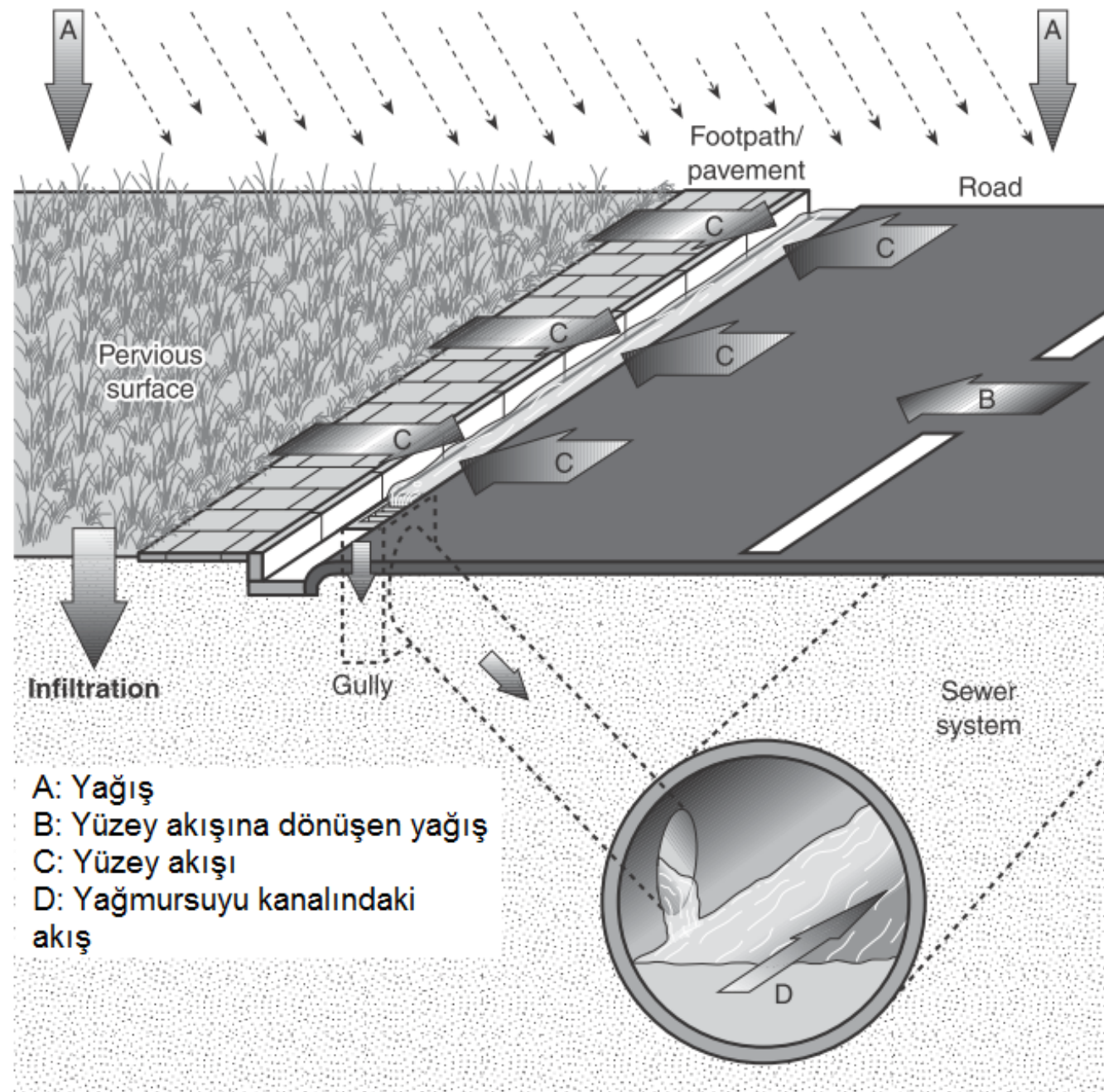
Toplanma Süresi

➤ Toplanma süresi = giriş süresi + akış süresi

➤ $T = T_{\text{giriş}} + T_{\text{akış}}$

➤ $T_{\text{giriş}}$: Giriş süresi (dk)

➤ $T_{\text{akış}}$: Akış süresi (dk)



- A: Yağış
- B: Yüzey akışına dönüşen yağış
- C: Yüzey akışı
- D: Yağmursuyu kanalındaki akış

Giriş Süresi

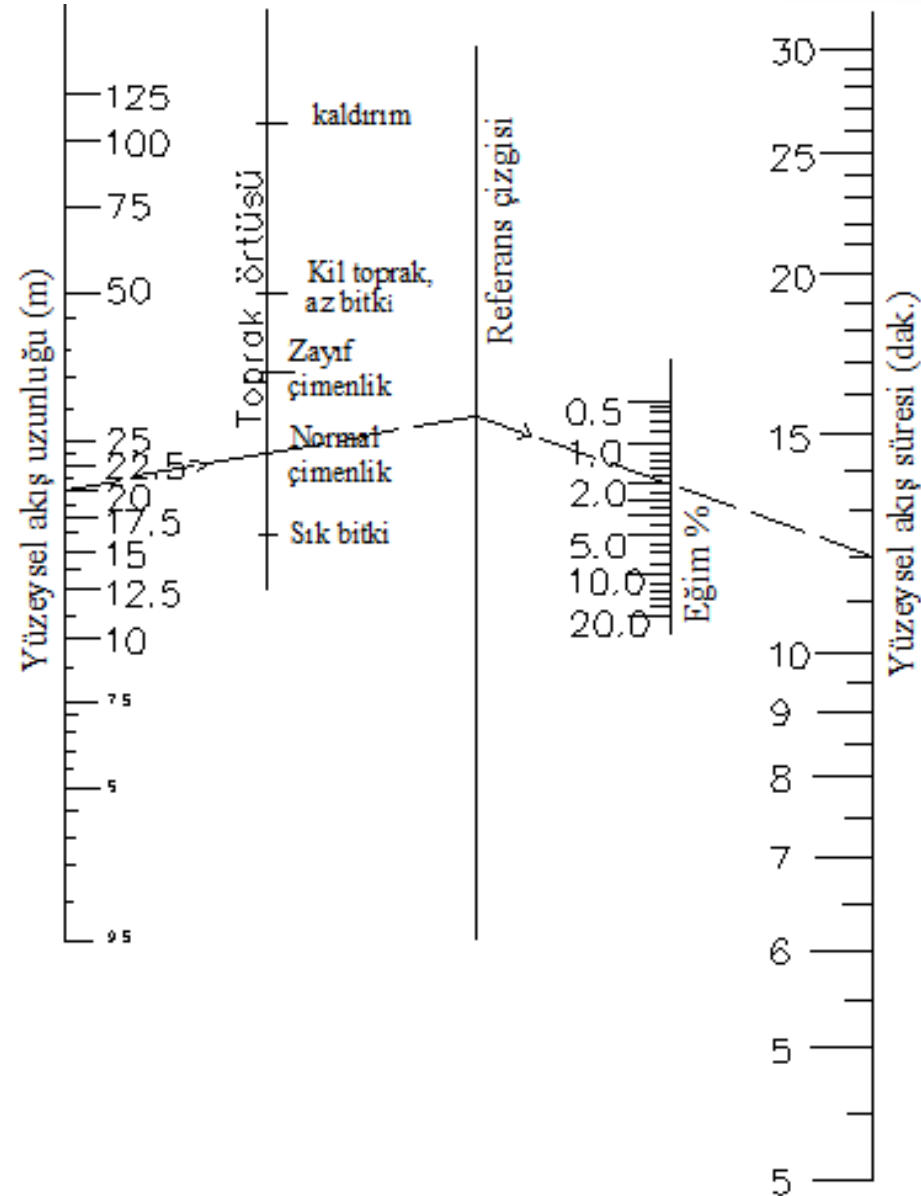
$$T_{Giriş} = \frac{525bL_0^{1/3}}{(Cr_1)^{2/3}} \quad b = \frac{0,0000275r_1 + C_r}{J_0^{1/3}}$$

- C : Yüzeysel akış katsayısı
- $T_{giriş}$: Yüzeysel toplanma süresi (dk)
- L_0 : Yüzeysel akış uzunluğu (m)
- r_1 : Yağış şiddeti (mm/sa)
- b : Arazi eğimi ve gecikme katsayısına bağlı katsayı
- C_r : Gecikme katsayısı
- J_0 : Arazi eğimi

Gecikme katsayısının değerleri

Yüzey şekli	Gecikme katsayısı (C_r)
Pürüzsüz asfalt yüzey	0.007
Beton yollar	0.012
Katran ve çakıl kaplamalar	0.017
Çimenle örtülü alanlar	0.046
Sık çimle kaplı yüzeyler	0.060

Örtü Şekline Göre Doğal Arazide Akış Süresi



(YTDDSHY, 2017)

Arazi Yüzey Eğimine Göre Giriş Süreleri

- Tamamen kanalize olmuş meskun bölgelerde toplanan suların doğrudan kanallara verildiği ve yağmursuyu giriş yerleri arasındaki mesafelerin küçük olduğu meskun alanlarda ortalama yüzey eğimine göre giriş süreleri için Çizelge 1.2'de verilen değerler alınmalıdır.

Arazi eğimi	Giriş süresi (dk)
$J < 1/50$	15
$1/50 < J < 1/20$	10
$J > 1/20$	5

Toplanma Süresinin Hesaplanması

Izzard Formülü

$$t_c = \frac{41 \times K \times L^{1/3}}{i^{2/3}}$$

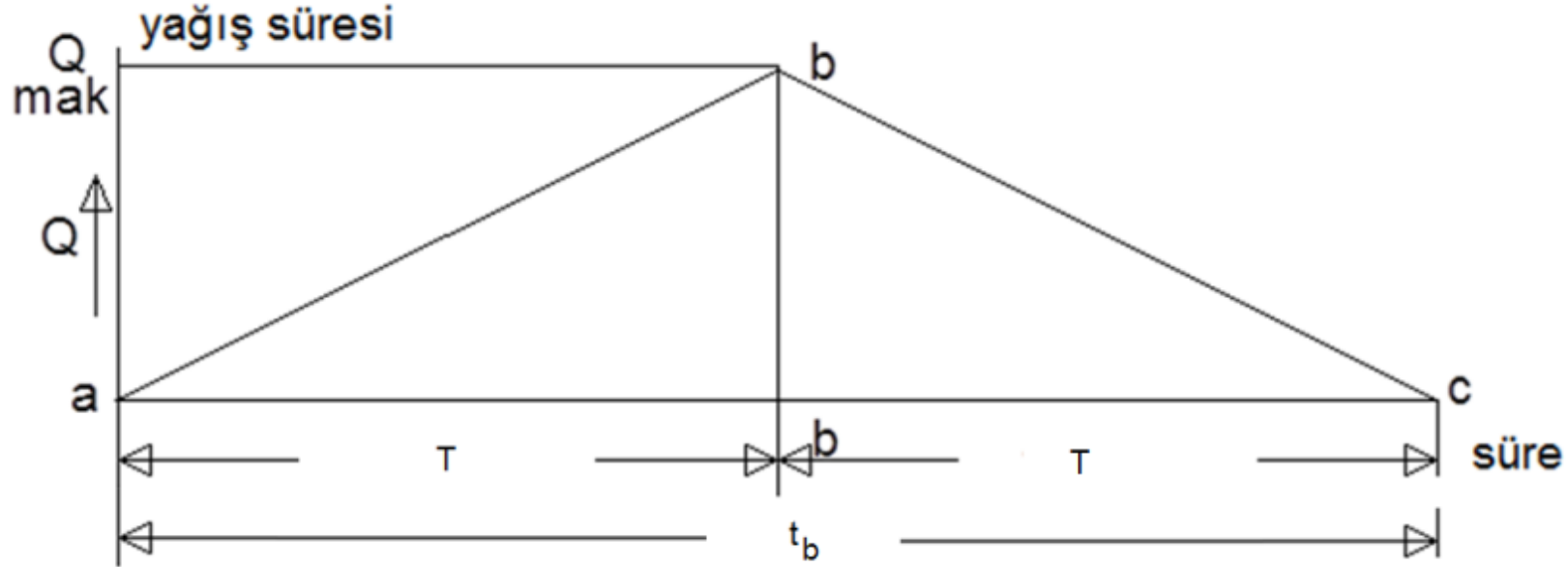
$$K = \frac{0.0007 \times i + Cr}{S^{1/3}}$$

- L : Yüzey akış mesafesi (m)
- S : Ortalama havza eğimi (m/m)
- i : Yağmur şiddeti (mm/sa)
- Cr :Gecikme katsayısı
 - Çok düz asfalt: 0.007
 - Asfalt: 0.0075
 - Beton: 0.012
 - Çakıl: 0.017
 - Kısa çim: 0.046
 - Uzun çim: 0.06

Yağış-Akış İlişkisi ve Akış Hidrografı

- Yağış süresi, toplanma (geçiş) süresine eşit olan bir yağıştan meydana gelen akış hidrografı en büyük akımı verir. Yağmursuyu kanallarının bu duruma göre boyutlandırılmasına Rasyonel Metot adı verilir. Rasyonel metotta akış hidrografı Şekil 1.2'de verilen üçgen hidrograf oluşturur.

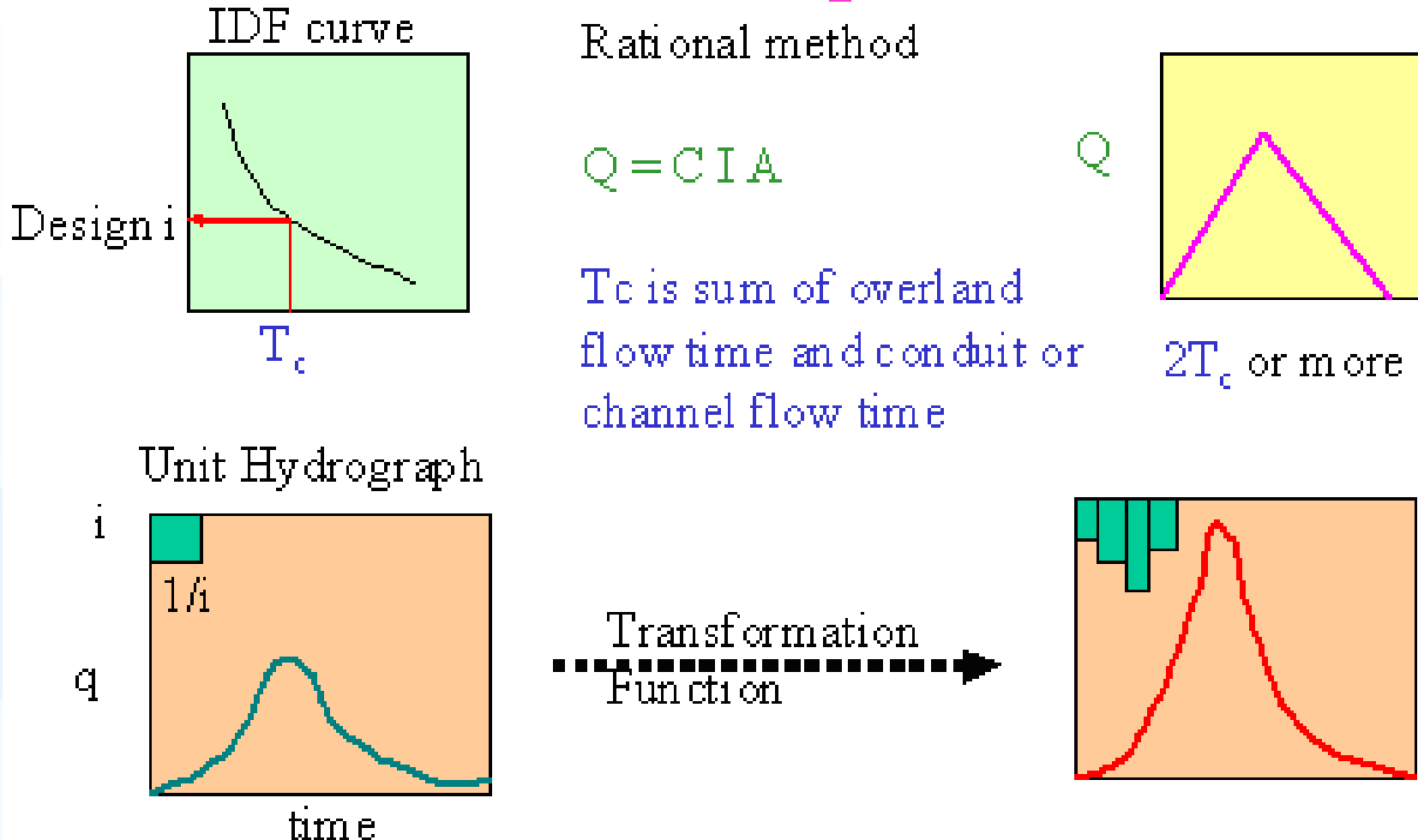
Çeşitli Süreli Yağmur Hidrografları



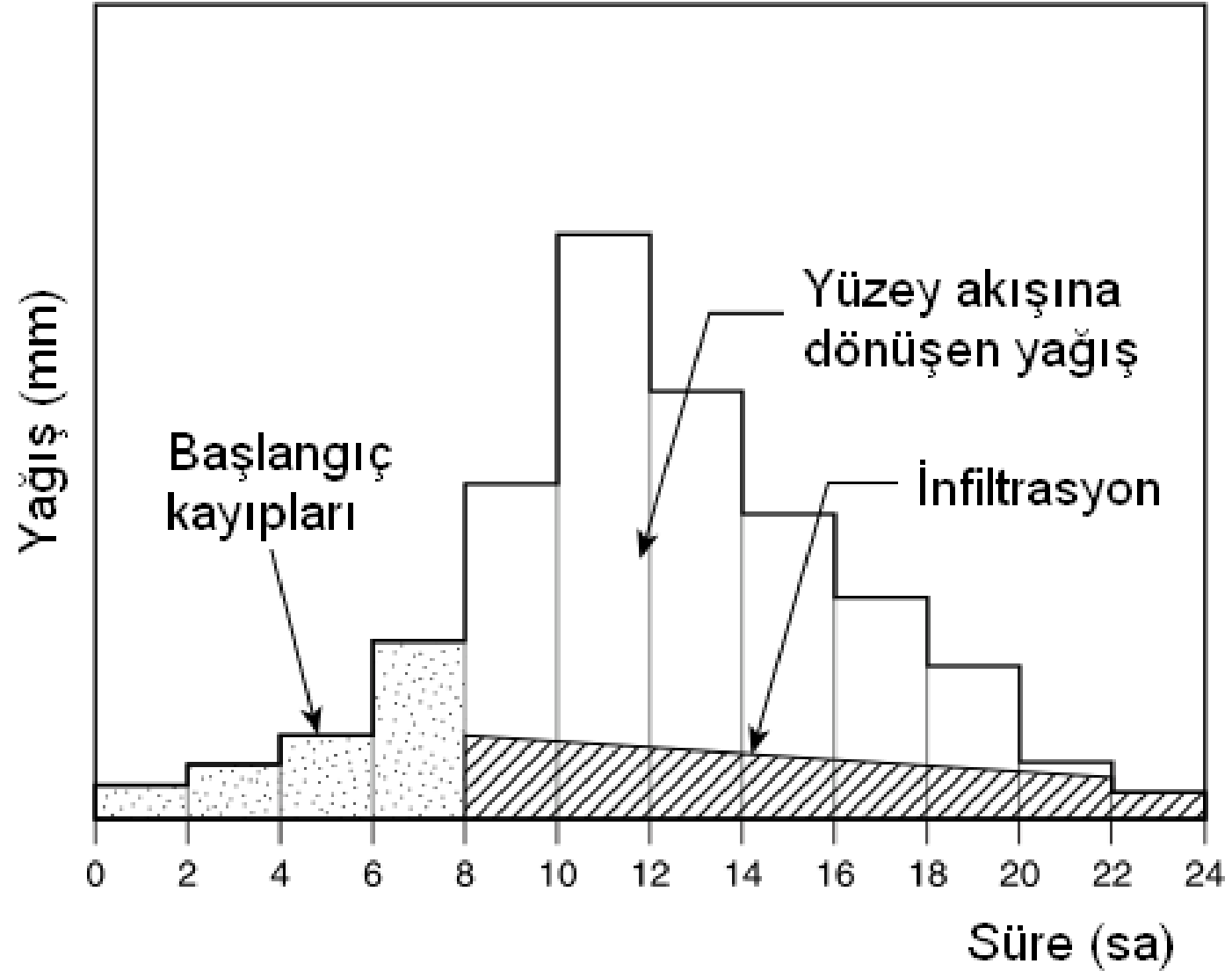
- T : Toplanma (geçiş) süresine eşit süreli yağışın pik debiyi ulaşma süresi
- t_b : Akış hidrografının taban süresi
- Q_{maks} : Yağmursuyu pik debisi (m^3/s)

Yağış ile Yüzey Akışı ilişkisini belirleme

Surface Routing Models



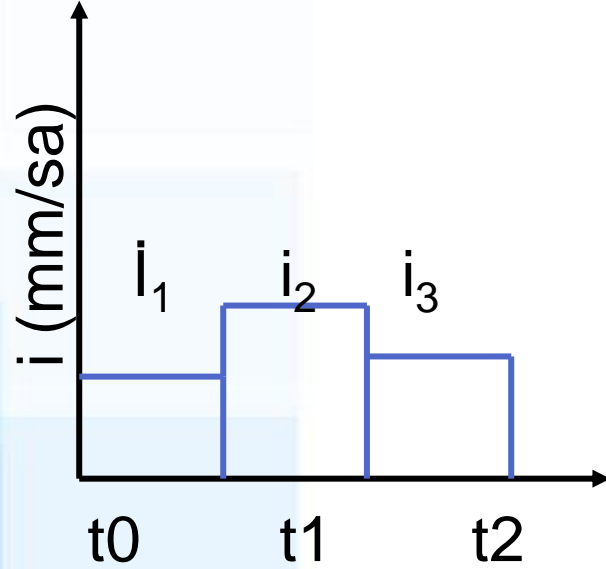
Yüzeş Akışı



Hidrograf

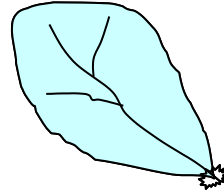
Hiyetograf

(girdi)



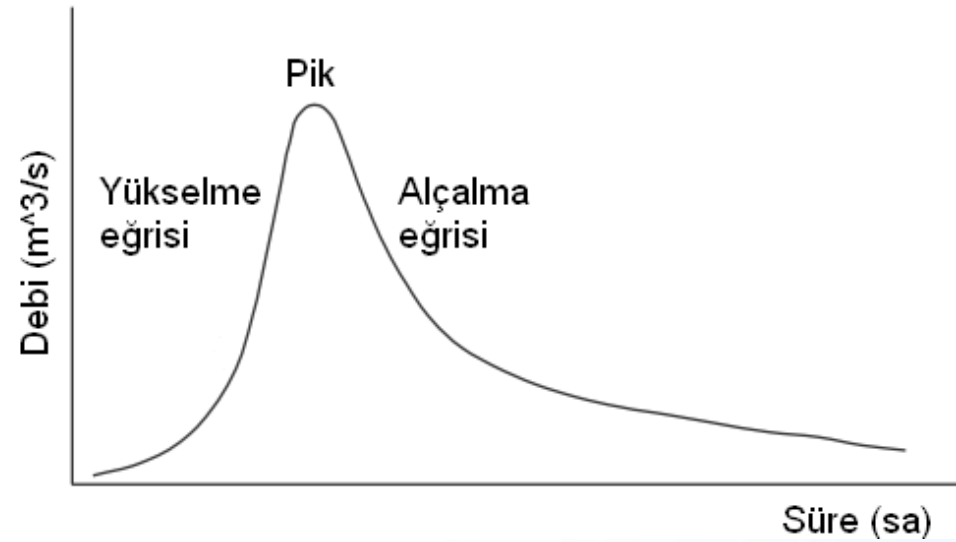
Havza

(sistem)

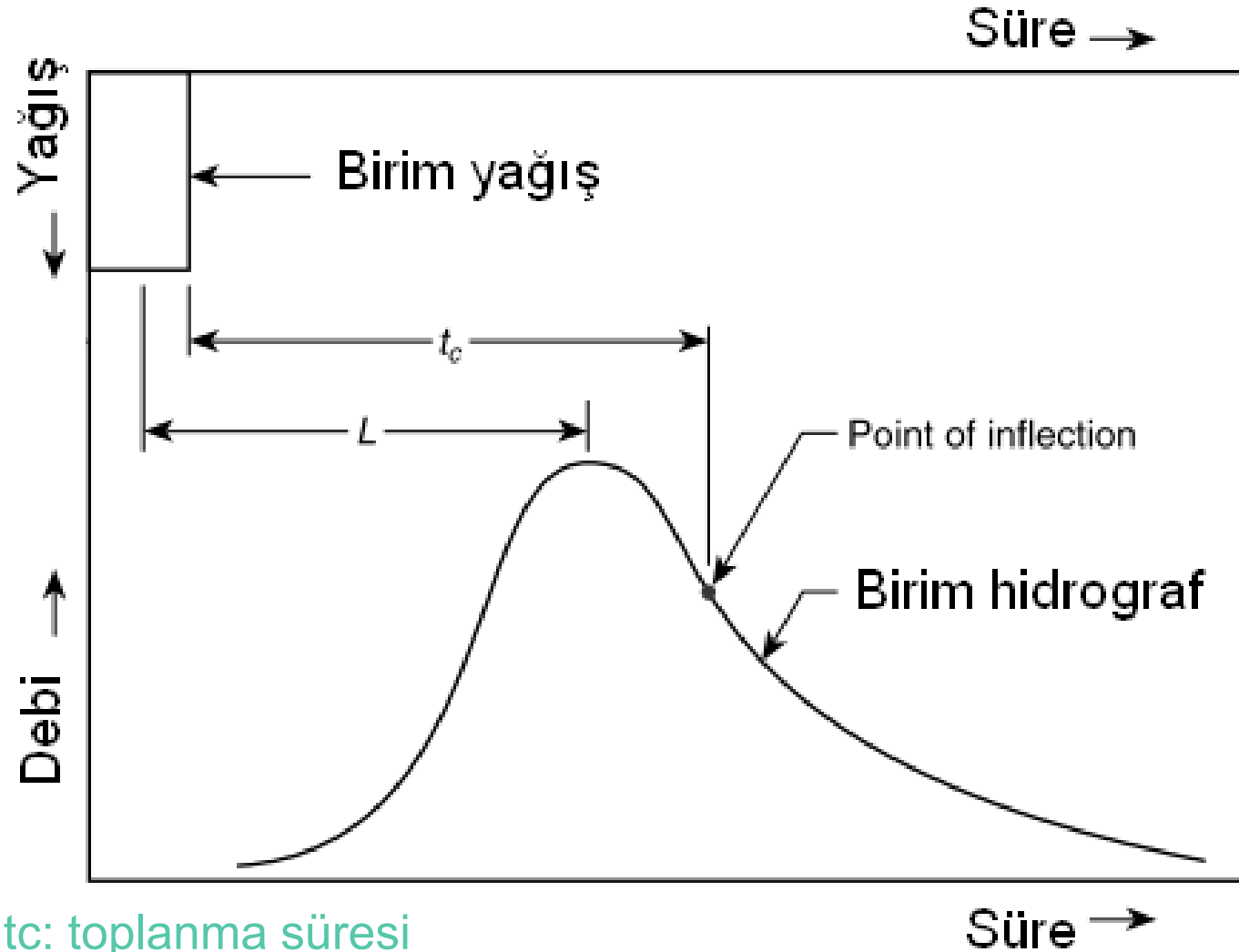


Hidrograf

(sonuç)



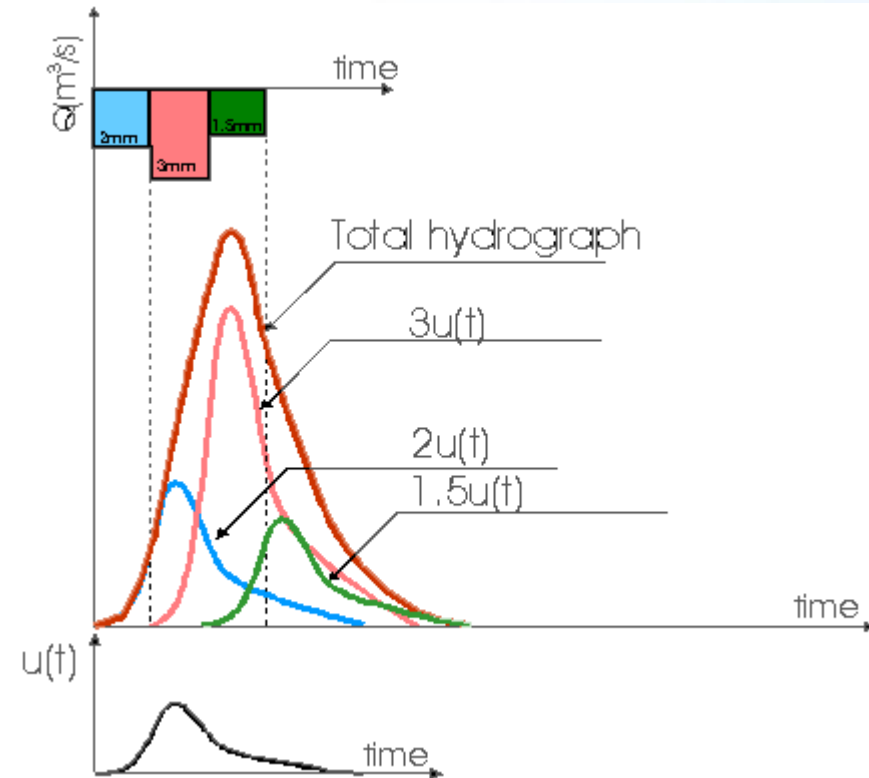
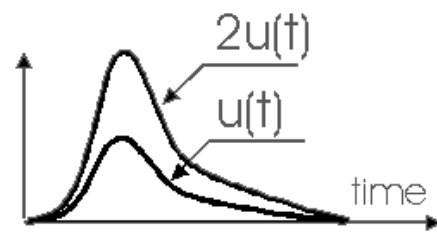
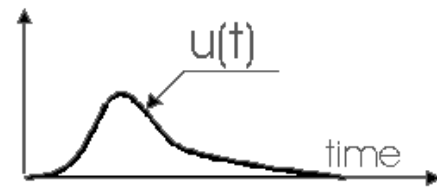
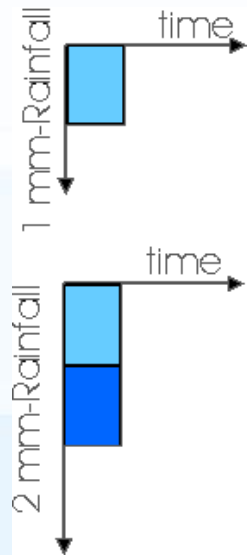
Birim Hidrograf



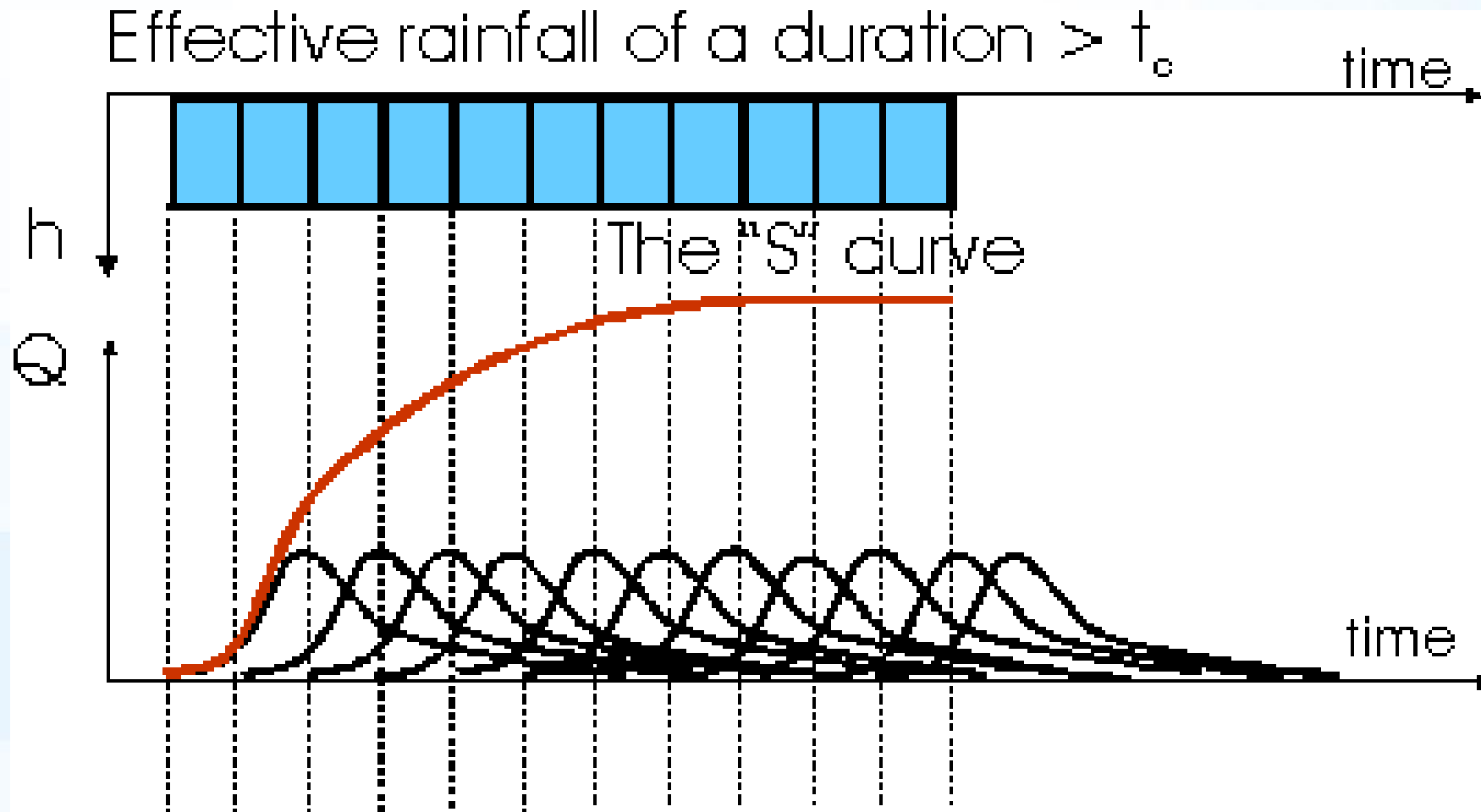
t_c : toplanma süresi

L : gecikme süresi

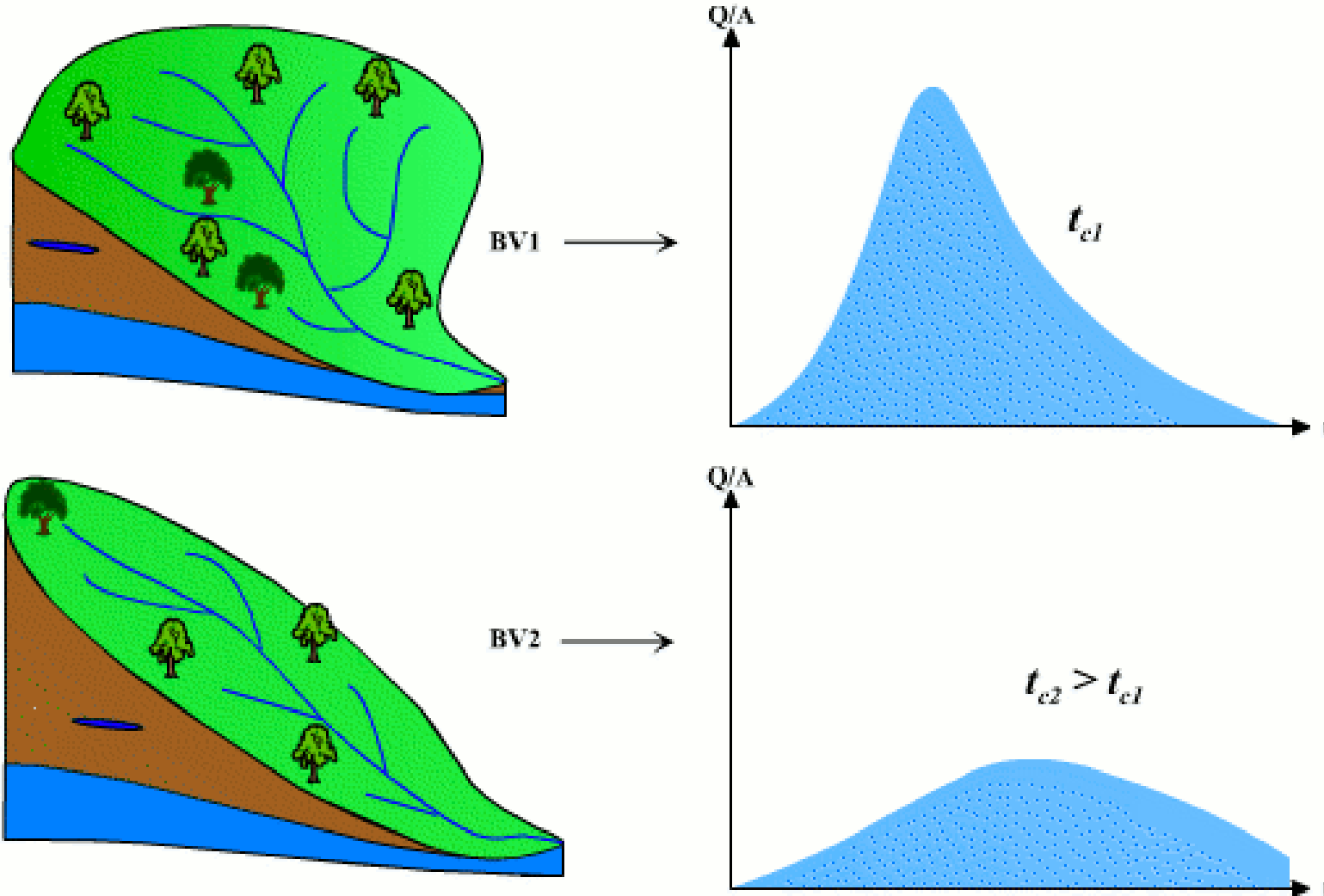
Hidrografin Oluşturulması



S Hidrografi



Havza Şeklinin Hidrografa Etkisi



Gecikme (zaman) Katsayısı

- Herhangi bir drenaj alanına düşen yağıştan meydana gelecek en büyük debi; yağış süresi toplanma (geçiş) süresine eşit olan yağmurun meydana getirdiği debi olup, yağmursuyu akış debisini hesaplamak için bu yöntem kullanılabilir (rasyonel metot). Akış süresinin artmasından dolayı meydana gelen gecikmenin (geçiş süresinin büyümesinin) dikkate alınması gerekir. Gecikme, belli bir zaman aralığındaki artan debinin bir kısmının kanal içinde su seviyesindeki artış sonucu depolanmasının sonucunu ifade eder.

Rasyonel Metoda Göre Yağmursuyu Debisinin Tayini

- Bu metotta yağış ile dolaysız akış arasında lineer bir ilişki olduğu yani akış katsayılarının zamanla değişmediği ve yağışın tüm drenaj alanına üniform olarak düştüğü kabul edilir ve yağışın meydana getireceği maksimum debi şu formülle hesaplanır:
- $Q = CrA$
- Burada
- Q debi (L/sn)
- C Yüzeysel akış katsayısı
- r Yağmur verimi (L/sn.ha)
- A Drenaj alanı (ha)
- Rasyonel metot 1–1,5 km²'ye kadar iyi sonuçlar vermekte birlikte 5 km²'ye kadar olan drenaj havzalarında kullanılabilir.

Yüzeysel Akış Katsayısı

- İmar şekline göre verilen yüzeysel akış katsayısı değerleri için Çizelge 1.3'de verilen değerler tavsiye edilir. Yüzeysel akış katsayısı yağış devam ettikçe azalır. Ancak projelendirmede genellikle sabit alınır. Drenaj alanının çeşitli bölgelerinde yüzeysel akış katsayısı değerleri farklıdır. Ortalama akış katsayısı, her bir alanın ağırlıkları oranında dikkate alınarak hesaplanmalıdır.

Çeşitli alanlarda C katsayısı

Alan tipi	C katsayısı
Ticari alanlar	
Şehir merkezleri	0.70 – 0.95
Tali merkezler	0.50 – 0.70
İkamet alanları	
Tek katlı konut alanları	0.30 – 0.50
Çok katlı ayırık nizam konut alanları	0.40 – 0.60
Çok katlı bitişik nizam konut alanları	0.60 – 0.75
Mücvir alanlar	0.25 – 0.40
Çok katlı apartman alanları	0.50 – 0.70
Endüstriyel alanlar	0.50 – 0.80
Hafif sanayi alanları	0.50 – 0.80
Ağır sanayi alanları	0.60 – 0.90
Parklar	0.20 – 0.35
Oyun alanları	0.20 – 0.40
Gelişmemiş alanlar	0.10 – 0.30

Rasyonel Metot

$$Q_p = 0.278 \times C \times i \times A$$

- Q_p : Pik yağmursuyu debisi (m^3/s)
- C : akış katsayısı (birimsiz)
- i : yağış şiddeti (mm/sa)
- A : drenaj alanı (km^2)

Arazi Kullanımına Göre Akış Katsayıları

Alan türü	Akış katsayısı (c)
Ticari	
Şehir merkezi	0.70 - 0.95
Banliyöler	0.50 - 0.70
Evsel	
Müstakil ev bahçeli	0.30 - 0.50
Müstakil ev (ayrık)	0.40 - 0.60
Müstakil ev (bitişik)	0.60 - 0.75
Meskun bölgeler	0.25 - 0.40
Apartmanlar	0.50 - 0.70
Mezarlıklar	0.10 - 0.25
Çocuk bahçeleri	0.0 - 0.35
Sanayi	
Hafif sanayi	0.50 - 0.80
Ağır sanayi	0.60 - 0.90

Yer Kaplamasına Göre Akış Katsayıları

Yer kaplaması	Akış katsayısı (c)
Asfalt ve beton	0.70 - 0.95
Tuğla	0.70 - 0.85
Çatılar	0.75 - 0.95
Çimenlikler, kumlu toprak	
Düz, %2	0.05 - 0.10
Ortalama, % 2-7	0.10 - 0.15
Eğimli, %7	0.15 - 0.20
Çimenlikler, ağır toprak	
Düz, %2	0.13 - 0.17
Ortalama, % 2-7	0.18 - 0.22
Eğimli, %7	0.25 - 0.35

Nüfusa Göre Akış Katsayıları

Alan türü	Nüfus kişi/ha	Akış katsayısı (c)
Apartman	500 – 1000	0.8 - 0.9
Apartman	250 – 500	0.7 - 0.8
Apartman	150 – 250	0.6 - 0.7
Müstakil Ev (bitişik)	50 – 150	0.5 - 0.6
Müstakil Ev	20 – 50	0.3 - 0.4
Parklar ve mezarlıklar	< 20	0.1 - 0.3
İş ve ticaret bölgeleri	< 20	0.8 - 0.9
Kamu alanları	< 20	0.8 - 0.9
Sanayi bölgeleri		0.5 - 0.8
Hava limanları ve diğer bölgeler		0.5 - 0.6

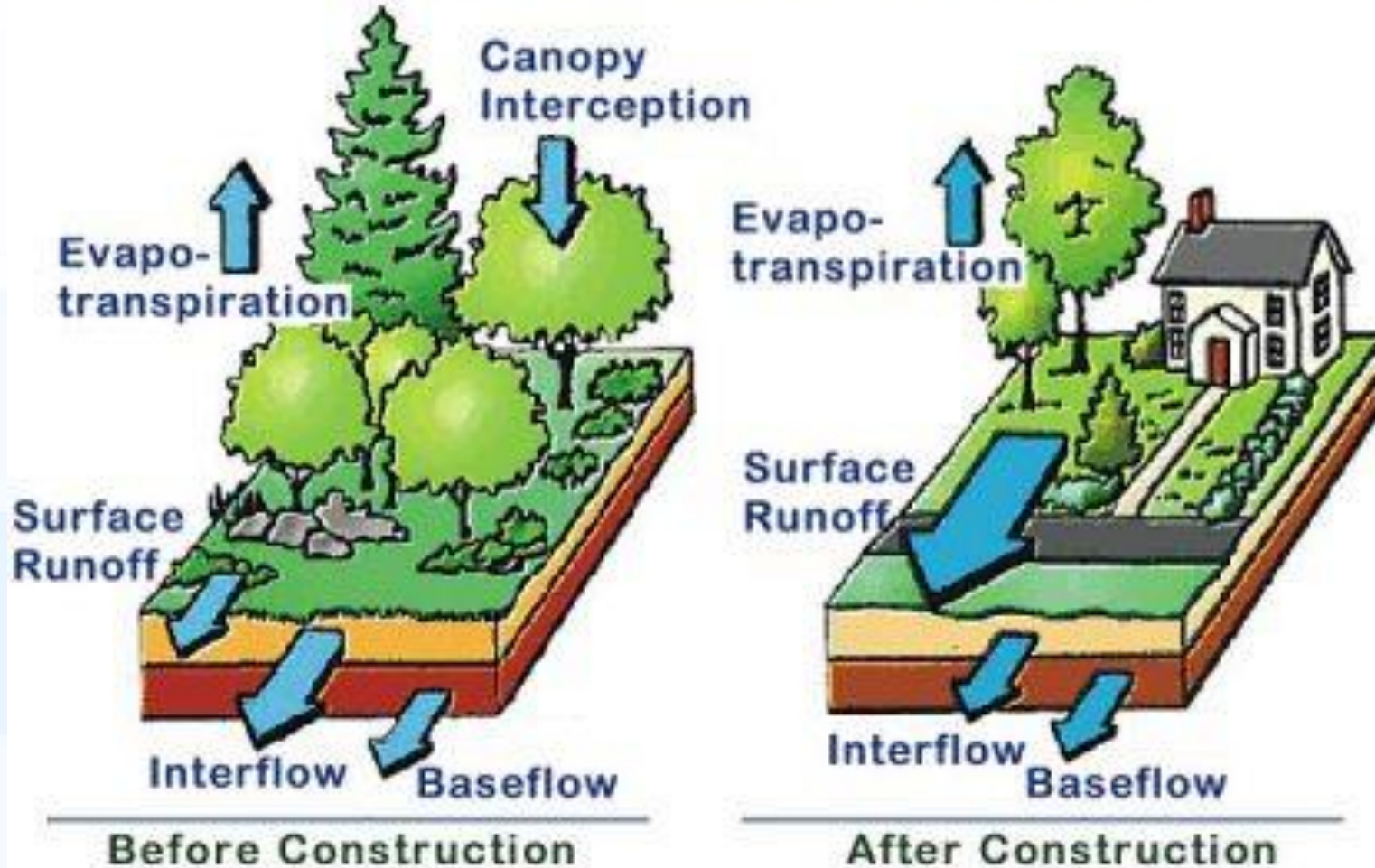
Farklı c Katsayıları Olması Durumu

- Birbirinden farklı yüzeyler veya alt havzalar bulunması durumunda tüm havza için "c" katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanır.

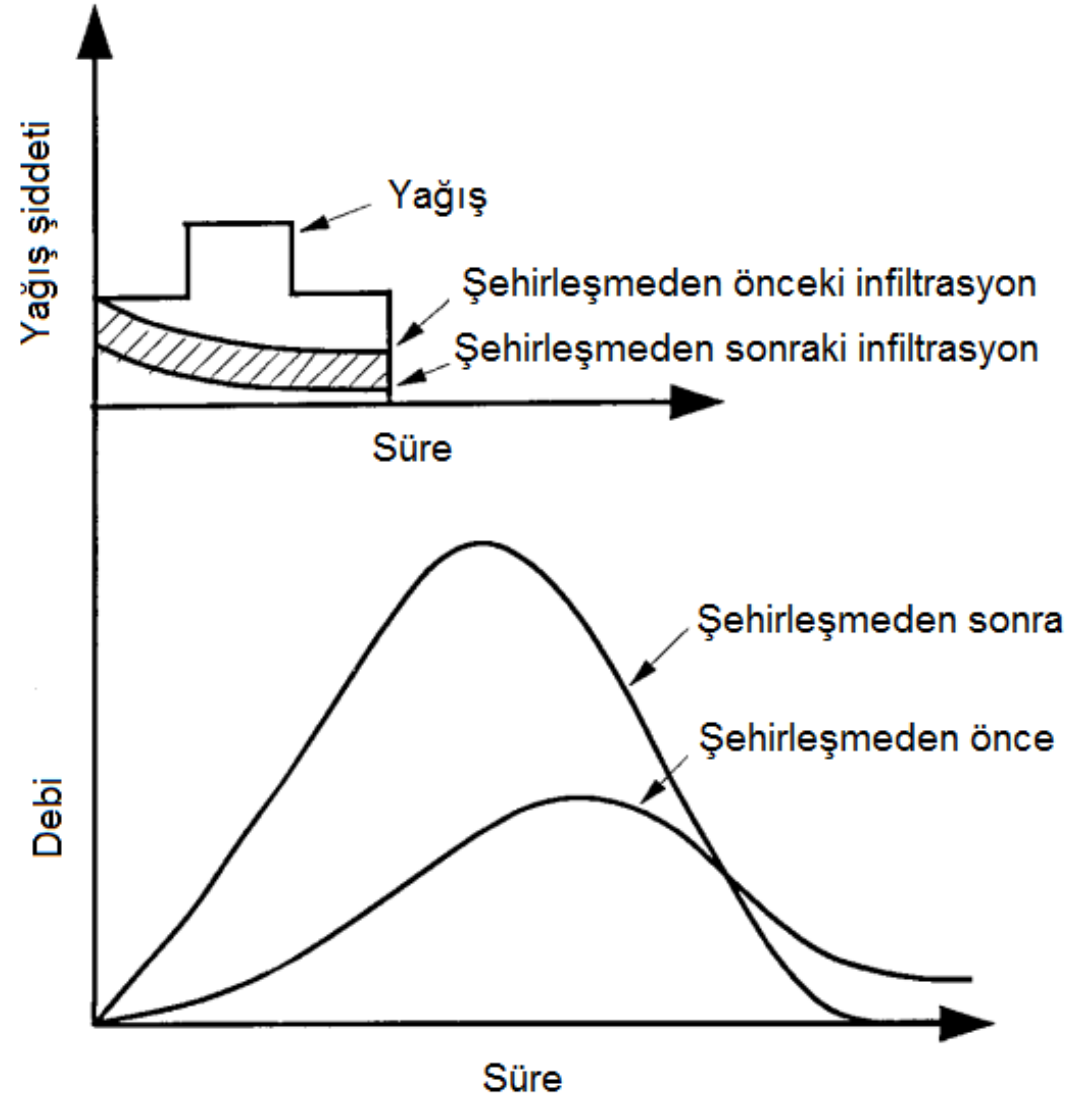
$$c = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + \dots + C_n \times A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Şehirleşmenin Yüzey Akışına Etkisi

Local Hydrologic Cycle



Şehirleşmenin Yüzey Akışına Etkisi



Yağmursuyu Kanal Tasarımı için Rasyonel Metot Algoritması

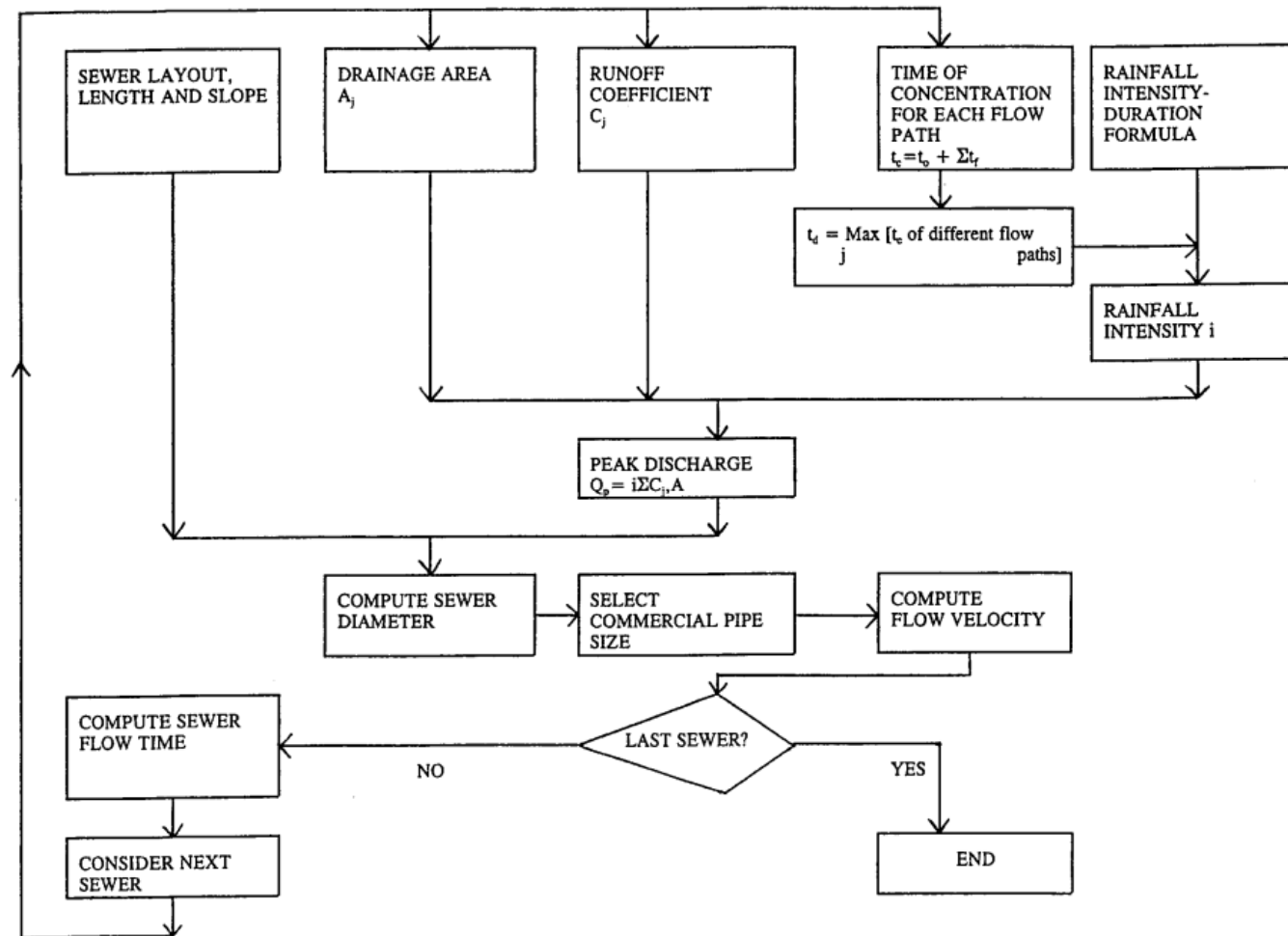


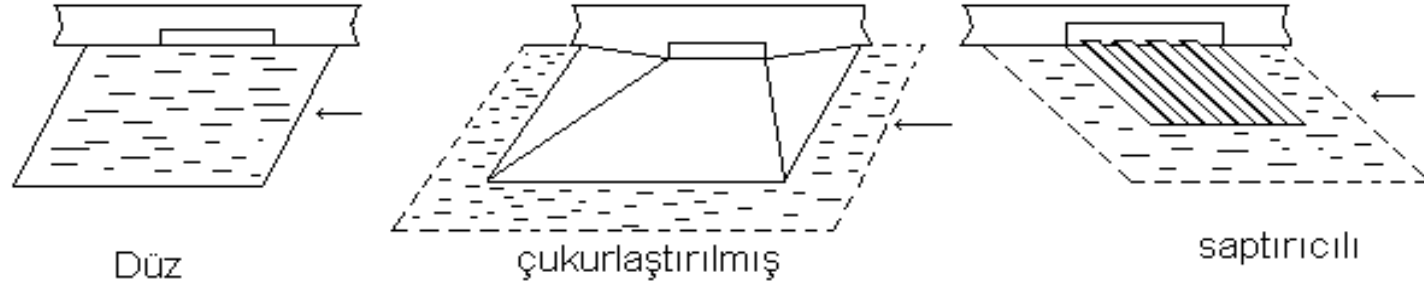
FIGURE 6.19 Algorithm of rational method for sewer design.

Yağmursuyu Ağızlıkları

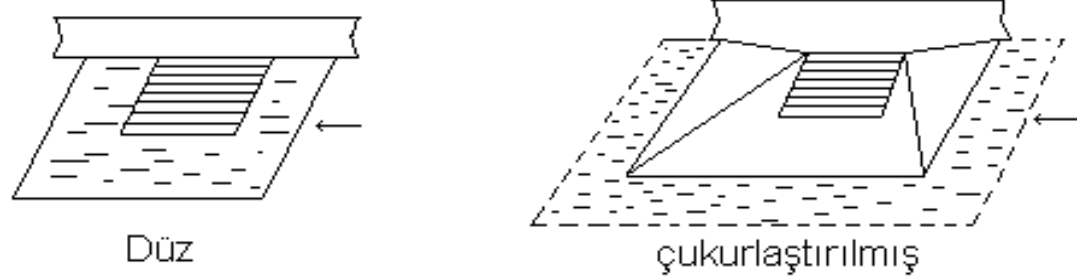


Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Çeşitli Tipleri

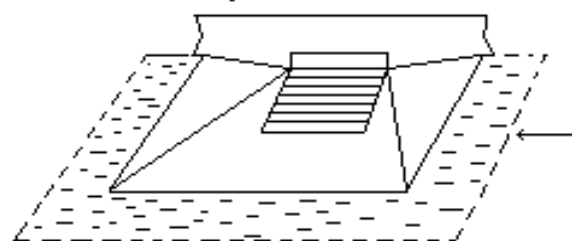
(a) Bordürde Bırakılan Giriş



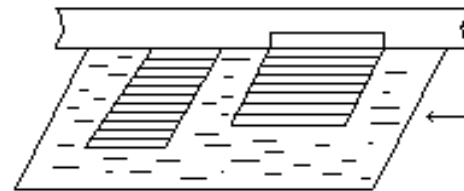
(b) Arkta Bırakılan Giriş



(c) Birleşik Giriş (Izgara bordürdeki Açıklığın Hemen Önünde)



(d) Birden Fazla Sayıda Giriş (Düz)



Hidrolik Tasarım

- Hızlar: Yağmursuyu kanallarında çökelmeleri engellemek için hız **0.5 m/sn**'nin altına düşmemelidir. Ayrıca hız **5 m/sn**'yi geçmemelidir.
- Eğimler: Kanallarda eğimler **1:A** şeklinde gösterilmelidir.
- Yağmursuyu kanalları **% 90**'a kadar doluluk oranlarına göre tasarlanabilir.

Farklı boru çapları için beton kanallara verilebilecek minimum ve maksimum eğim sınırları
(YTDDSHY, 2017)

Çap (mm)	Minimum Eğim (A)	Minimum istisnai eğim (A)	Maksimum eğim (A)
200	300	----	7
300	500	----	7
400	600	900	25
500	800	1000	25
600	1000	1500	25
700	1000	1500	50
800	1200	1800	50
900	1500	1800	50
1000	2000	2500	75
1200	2050	2500	75
1400	2100	2500	75
1600	2150	2500	75
2000	2250	2500	75
3000	2500	2500	75

Hidrolik Tasarım

- Toprak Örtüsü: Yağmursuyu kanallarında minimum örtü kalınlığı **1.2 m** alınabilir.
- Yük kayıpları: Tasarımda, kanallarda üniform ve kararlı, türbülanslı akım olduğu kabul edilir. Kanallarda üniform ve kararlı, türbülanslı akım **Colebrook-White, Manning** veya **Kutter** denklemleri ile hesaplanabilir.

Kanal aplarına Göre Hendek Derinlikleri

Kanal apı (mm)	Derinlik (cm)
300	150
400	160
500	170
600	180
700	190
800	200
900	210
1000	220
1100	230
1200	240
1400	260
1600	280
1800	300
2000	320
2200	340
2400	360
2600	380
2800	400
3000	420

(YTDDSHY, 2017)

Bacalar

- Sokakların kavşak yerleri ile kanalların yön veya eğim değiştirdiği noktalarda kontrol bacası konulmalıdır.
- Bunun haricinde, $<\varphi 1200$ borularda 50 - 70 m'de bir, $>\varphi 1200$ borularda 100 m'de bir baca konulmalıdır.
- Şüt yüksekliği 0.75 - 4 m arasında alınabilir.

Yağmursuyu Yönetiminde Sürdürülebilirlik

- Yüzeş akışının daha az oluşması, infiltrasyonun artırılması ve yer altı suyunun daha fazla beslenmesi uygulanabilecek yöntemler:
 - Yeşil çatılar
 - Yağmur bahçeleri
 - Geçirgen cadde ve kaldırımlar
 - Yağmur suyunu yeraltına besleme
- Ayrıca, su sıkıntısı bulunan bölgelerde yağmur hasadının yapılması.

Yeşil Çatılar



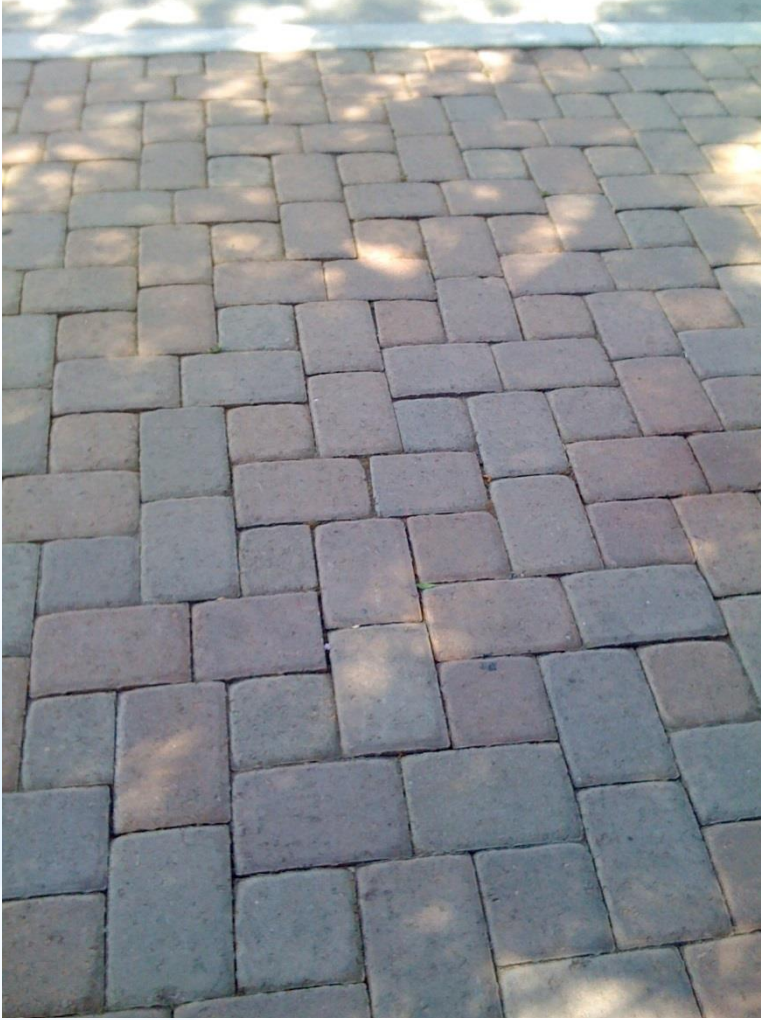
The Chicago City Hall green roof, Photographer: Katrin Scholz-Barth

Yağmur Bahçeleri



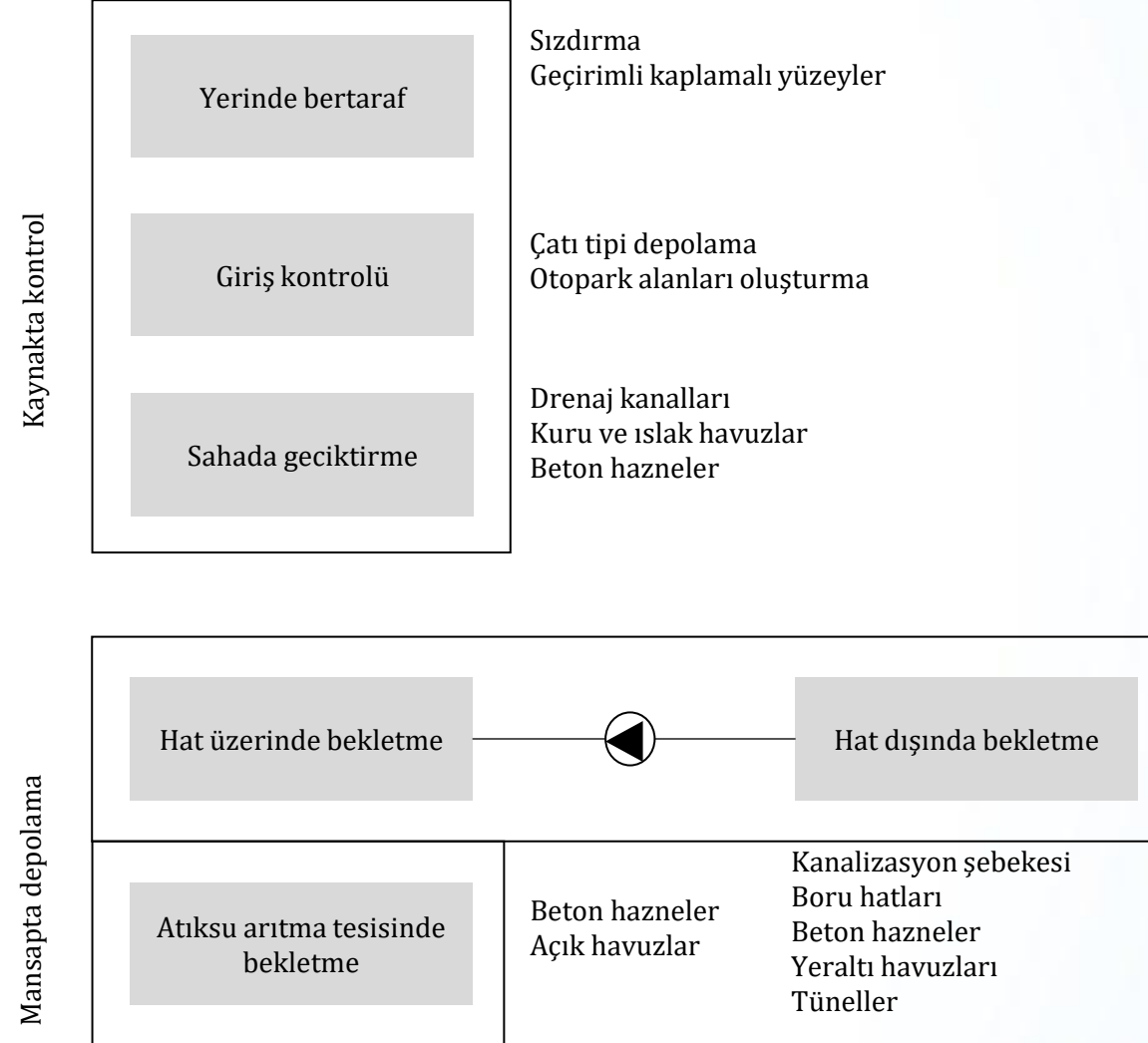
<http://www.stormwater-solutions-engineering.com/stormwater-management.html>

Geçirgen Kaldırımlar

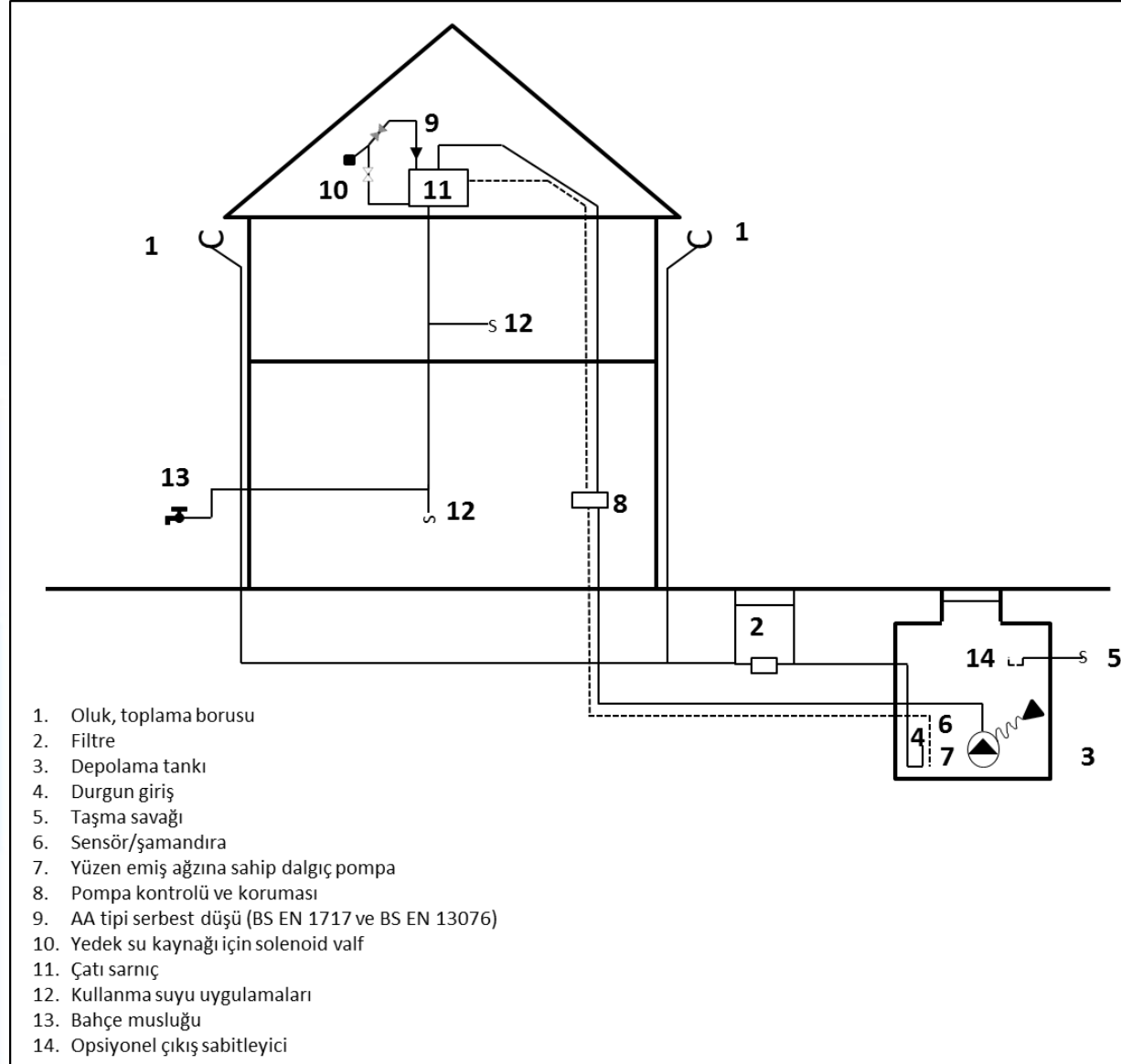


<http://www.pavementinteractive.org/article/permeable-pavements/>

Depolama Sistemlerinin Sınıflandırılması



Örnek Yağmursuyu Hasat Sistemi



Kaynaklar

- Yağmursuyu Toplama, Depolama Ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Tarihi: 23.06.2017 Sayısı: 30105 (YTDDSHY, 2017)
- Butler, D., Davies, J.W., (2011) Urban Drainage, 3rd Ed., Spon Press
- Mays, L.W. (2004) Stormwater Collection Systems Design Handbook, McGraw Hill
- Türkdoğan, İ., Yetilmezsoy, K. (2004) Su Getirme ve Kanalizasyon Uygulamaları, 2. Baskı, Su Vakfı.
- Samsunlu A. (2012) Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Nhat, L. M., Tachikawa, Y., & Takara, K. (2006). Establishment of Intensity-Duration-Frequency curves for precipitation in the monsoon area of Vietnam. *Annals of Disas. Prev. Res. Inst*, 93-103.