

## KANALİZASYON BORULARINDAKİ AKIM DEĞİŞMELERİNİN DOLULUK ORANI VE AKIM HIZINA ETKİSİ

Mazen KAVVAS

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep

### ÖZET

Yağmur suyu ve pis su kanalizasyon şebekeleri hayati önem taşırlar. Bu şebekelerin fonksiyonuna ve ömrüne etki eden birçok faktörler vardır. Dizayndaki boru doluluk oranı tahmini, bu konuda göz önüne alınan en önemli faktörlerden birisidir.

Doluluk oranı tahminine etki eden faktörler, genellikle, kitaplarda açıklanmamıştır. Dizayn yapan kurumlar ve şirketler, bu oran için kendi hazırlamış oldukları listelere göre sistematik bir şekilde, ve bölge şartlarına bakılmaksızın, tüm projelerdeki hesapları yaparlar. Bu oran çeşitli verilere göre değişir, ve bu değişimin etkileri fevkalâde önemlidir. Bu oranın belirlenmesi için daha fazla hassasiyet gösterilmelidir.

Bu bildiriye, doluluk oranı tahminine etki eden faktörler araştırılmıştır. Ayrıca, bir kanalizasyon borusundaki akım hızı ile doluluk oranının değişmesi, bir kaç eğim için grafik bir şekilde gösterilmiştir. Bu grafikler, hem doluluk oranı değişme etkisini görsel bir şekilde göstermekte, hem de dizaynda bu oranın tahmini için faydalı olabileceği düşünülmektedir.

### 1. GİRİŞ

İster pis su, ister yağmur suyunun boşaltılması amacıyla olsun, kanalizasyon sistemlerinin dizaynında, önce boru doluluk oranı tahmin edilir, daha sonra, istatistiklerden elde edilen akım değerlerine göre dizayn yapılır.

Dizayn işine başlamadan önce, muhtemel maksimum akım değeri tahminleri esas alınarak bir doluluk oranı seçilir. Ancak, bu seçilen maksimum doluluk oranı, kanalizasyon ağları için, akımın düşük olduğu günün erken ve geç saatlerinde, yağmur suyu sistemleri için ise, yıl içinde yağışın az veya hiç olmadığı aylardaki gerçek doluluk oranından kesin olarak daha yüksek

olacaktır. Akımın düşük olduğu bu dönemlerde, nispeten düşük doluluk oranı borudaki akış hızını düşürerek, boru içinde ciddi katı madde sedimentasyonlarına (çökeltilere) neden olacaktır.

Bu bildiriye, doluluk oranı seçimine etki eden faktörler araştırılmaktadır. Ayrıca, dizayn akımının değişmesi ile ilgili olarak doluluk oranı değişmesi, boru eğimi, akış hızı, boru çapı, vb. faktörler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Böylece, projenin inşaat ve malzeme kalitesi ile akım tahminlerine ilişkin faktörlerden kaynaklanan belirlilik ve belirsizlik durumlarında, bu oranın seçiminde kolaylık sağlanacağı düşünülmüştür.

## 2. TAHMİNİ VE GERÇEK DOLULUK ORANI ARASINDAKİ FARKIN SEBEPLERİ

Proje dizayn süresindeki seçilen doluluk oranı, maksimum tahmini akıma göre tespit edilir. Bazen maksimum akım tahmini doğru yapılmış, ama ona göre ve projenin bölgesel şartlarına göre uygun doluluk oranı seçilmemiş olabilir. Bazen de, maksimum akım tahmini yanlış yapılmış ama, ona göre doğru bir doluluk oranı seçilmiştir. Bu iki durumda, kanalizasyon şebekesinde ciddi zarar ve kusurlar meydana gelebilir. Tabii, eğer maksimum akım ve doluluk oranı tahminlerinde de hata var ise, durum daha da ciddi sonuçlar doğurabilir.

### 2.1. Tahmini ve Gerçek Maksimum Pissu Akım Farkının Sebepleri

Bir şehrin maksimum pissu akımı, genellikle, su tüketim miktarlardan hesaplanır. Yerel olarak açılan kuyulardan kullanılan su nedeniyle bu hesaplar baz değişimler gösterebilir. Su tüketim tahmini hassas ve zor bir meseledir; çünkü verilen bilgiler hatalı olabilir veya çeşitli sebeplerle hızlı bir şekilde değişebilir. Aşağıdaki faktörler göz önüne alınarak, tüketim miktarı hesabı yapılabilir. Alınan bu bilgilerde, herhangi bir hata veya değişiklik sonucu, tahmin edilen pissu şebekesindeki doluluk oranında da değişiklik olur.

Bir şehrin su tüketim ihtiyacı şunlardır:

- a- Evsel su tüketimi: Bu grup, apartmanlar, kamu binaları, hastane, iş yerleri, camiler, spor tesisleri, vs. ile bazı evsel ve küçük endüstriyel faaliyetlerin ihtiyaçlarını (araba yıkama istasyonları, bahçe ve park sulamaları gibi) içerir.
- b- Sanayi su tüketimi: Şehir içinde veya yanında küçük ve orta büyüklükteki sanayi işletmelerin su ihtiyaçları.
- c- Yangın söndürme suyu ihtiyacı: Bu, daha sonra açıklanacak faktörlere bağlı olarak değişir.
- d- Temiz su şebekesindeki kayıp ve ziyanlar: Su kaybı, zayıf boru bağlantılarından sızan ve/veya izinsiz (kaçak) kullanılan sulardır. Kayıp suyun gözle tespit edilmesi genel olarak zordur ve arz edilen ve tüketilen su miktarları arasındaki farktan tayin edilir. Zıyan edilen su ise, bireylerin ihmâli nedeniyle, örneğin su musluğunun açık bırakılması, telef edilen veya boşa kullanılan su demektir.
- e- Acil ihtiyaçlar için ihtiyatı su gereksinimi: Depoda veya dağıtım şebekesinde meydana gelebilecek ve normalin üzerinde su tüketimine neden olabilecek hasarlar.

Bu ihtiyaçların tahmininde, her zaman hata olabilir. Hata olmasa bile, zaman içinde beklenmeyen bir değişiklik olabilir. Böylece, kanalizasyon şebekesinin tüm hesapları gerçek

duruma uygun olmayabilir, ve ona göre kanalizasyon sistemi, yeni olsa bile, fonksiyonunu yerine getiremez hala gelir. Böyle bir durumda, hem dizayn yapan kuruma karşı suçlama ve tepkiler oluşur (hata kaynağı o kurum ise), hem de sistemin doğru çalışmaması yüzünden toplumda rahatsızlık ve hatta sağlık ve maddi zararlar ortaya çıkabilir.

Bu ihtiyaçların tahmini için araştırma yapmak gerekmektedir. Araştırılması gereken konular ve onlara etki eden faktörler şunlar:

- a- Nüfus yoğunluğu: Burada, geçmiş ve şu andaki nüfus belirlenmeli, ve uygun tahmin yöntemleri kullanılarak, projelendirilen temiz su ve pisu sistemleri bölgede oluşacak nüfus seviyesi kestirmeleri ile sınılanmalıdır. Klasik tahmin yöntemleri vasıtasıyla belirlenen değerler bulunduktan sonra, politik, ekonomik, sosyal, ve güvenlik uzmanlarının yardımı ile, sonuçların gözden geçirilmesi, ve gerekirse değiştirilmesi, projenin önemli bir safhasıdır.
- b- Sosyal yapı ve eğitim seviyesi: Bunlar, su tüketimi de dahil günlük yaşam şekline etki eden faktörlerdir.
- c- İklim şartları: Sıcaklık arttıkça günlük hayatımızda daha fazla suya ihtiyaç duyarız.
- d- Yangın söndürme suyu ihtiyacı: Yangın olma sıklığı ve şiddeti aşağıdaki faktörlere bağlı olabilir:
  - Bina inşaatında kullanılan malzemelerin çeşidi: Örneğin, ahşap malzeme, beton veya çeliğe nazaran yangına karşı daha hassastır.
  - Binalar arasındaki mesafeler: Birleşik veya yakın yapılar, yangının bir binadan ötekine sıçramasını kolaylaştırır.
  - Yaygın olan yerel ısıtma şekilleri: Bazı ısıtma metotları diğerlerinden daha risklidir, soba veya kaloriferle ısıtma gibi.
  - Binaların yüksekliği ve büyüklüğü: Yüksek ve büyük binaların, az katlı ve küçük binalara nazaran, daha büyük yangınlara maruz kalma olasılığı vardır.
  - Sınai faaliyetler: Şehrin yanında, bazen de şehrin içindeki sanayi bölgeleri, yangın riski daha fazla olan endüstri faaliyetleri içerebilirler.
  - İklim etkileri: Yüksek sıcaklık, düşük nem, ve şiddetli rüzgâr yangının yayılmasına yardımcı olurlar.
  - Eğitim seviyesi ve sorumluluk bilinci: Eğitim seviyesi ve sorumluluk bilinci yangın riskini düşürür.
  - Savaş riski veya yerel çatışmalar: Bir çok savaş ve çatışmalar, derhal müdahale edilmesi gereken şiddetli yangın olayları ile beraber gelişebilir.
- e- Kayıp ve ziyanlar: Kayıp su verileri pek belli değildir zira, büyük bir kısmı kanalizasyon sistemine karışmaktadır. Ona göre, en az kayıp ve ziyan su nispetini öğrenmek gerekir.

## 2.2. Tahmini ve Gerçek Maksimum Yağmur Suyu Akım Farkının Sebepleri

Yağmur suyu tahmini için tek yol mevcut istatistik verileri analiz etmektir. Bu istatistik verilerin süresine ve güvenilirliğine bağlı olarak tahminlerin doğruluk derecesi değişir.

Yağış istatistik süresi yeterli uzun ve veriler güvenilir olsa bile de, yine, yağmur suyu kanalizasyon projelerin dizaynında başka zorluklarla karşılaşılır ki, bu zorluk maksimum dizayn akım seviyesini seçmektir. En şiddetli, ancak nadir bir yağış seviyesine göre dizayn yapmak, projenin büyük maliyetli olmasına neden olur. Ayrıca, bu durumda kanalizasyon borularındaki akım miktarı, çoğu zaman, dizayn akımından daha az olacaktır. Bir sistemdeki dizayn akım ve

doluluk oranından daha az akım olması daha az akım hızı manasına gelir, ve böyle bir durumda yağmur suyunda mevcut çamurun çökmesi için ideal bir ortam oluşur.

Mevcut istatistiklerde yağmur suyunun maksimum akımından daha az bir değer kullanarak projeyi dizayn etmek belki projenin maliyetini azaltabilir. Bu şekilde, dizayn akımı ve doluluk oranı çoğu zaman birbirine uygun olacaktır. Ancak, sürekli bir risk de, projenin ömrü süresince mevcut olacaktır. Bu risk, hem yağmur suyu sistemden taşma ihtimali, hem de, kanalizasyon sisteminin tahribatı şeklinde görülür.

Yukarıda açıklanan sebeplere göre, bölgesel veriler için bir optimizasyon hesabı gerekmektedir. Bu hesapta, sistemden suyun taşması nedeniyle meydana gelebilecek zararın maliyeti ile daha geniş çaplı boru kullanmanın maliyeti mukayese edilmektedir. Bu iki tip maliyet bölgeler arasında değişiklikler gösterir. Seçilmiş maksimum dizayn akımına göre, uygun bir doluluk oranı belirlemek gerekir. Doluluk oranını azaltmak veya arttırmanın için çeşitli avantaj ve dezavantajları vardır. Maliyeti yüksek olsa bile, titiz bir çalışma ve bölgesel araştırmalar ile en uygun doluluk oranını bulmak, her zaman hem projenin maliyeti hem de emniyeti için çok gereklidir.

### 2.3. Tahmini Doluluk Oranı Yetmezliğinin Sebepleri

Aşağıdaki faktörlerden bir veya birkaçı nedeniyle seçilen doluluk oranı yükseltilebilir:

- Akım istatistiklerindeki hatalar.
- Beklenmeyen anormal nüfus artışı.
- Yağmur suyu sistemlerinde yağışlardaki anormal artışlar.
- Bölgedeki arazinin su geçirgenlik faktörünü etkileyen plan dışı değişiklikler. Bu durum, park olarak bırakılması gereken arazinin, plan dışı olarak imara açılması veya planlanmamış yolların asfaltlanması hallerinde görülür. Bu uygulama, yağmur suyu sistemlerindeki planlanmış su akımının artışına neden olur.
- Planlanmış bir bölgedeki binaların kat sayısının, kanuni veya gayri kanuni bir şekilde yükseltilmesi.
- Boru içinde çökelen katı maddeler.
- Düşük akım hızı zamanlarındaki çökelen ve sertleşmiş çamur vb. maddeler.

Doluluk oranını seçmek çok hassas bir meseledir. Bunun için hazırlanmış tabloların, göz önüne alınan bölgenin yerel şartlarına göre gözden geçirilmesi gerekir. Kaynak kitapların büyük çoğunluğunda, nispeten daha güvenilir doluluk oranı tahmini için gözden geçirilmesi gereken faktörler belirtilmeden dizayn metodu açıklanmıştır.

## 3. DOLULUK ORANI İLE DİĞER DEĞİŞKENLER ARASINDAKİ İLİŞKİ

Bir bölgesel kanalizasyon projesi için uygun bir doluluk oranı seçmek amacıyla, bölgesel şartları araştırmak gerekir. Ayrıca, seçilmiş bir boru çapı için, doluluk oranı değişmesinden kaynaklanan akım hızı değişiminin iyi bir şekilde bilinmesi gerekir. Doğal olarak bu akım hızı, çeşitli eğimlere göre değişir.

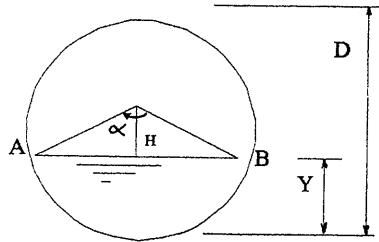
Ders kitapları ve diğer referanslarda, genellikle, kabul edilmiş bir doluluk oranı ve tespit edilmiş spesifik bir akım ve eğime göre, uygun bir boru çap bulma metodu gösterilir. Ancak, hesaplanan boru çapı ile seçilmiş ve uygulanacak eğime göre, , daha evvel açıklandığı gibi, akım pozitif veya negatif olarak değişebilir. Ayrıca, bu değişim uzun veya kısa süreli olabilir. Bu şekilde, akım değişikliklerinden kaynaklanan doluluk oranı ve akım hızındaki değişiklikler görsel bir şekilde izah etmenin yararlı olacağı düşünülmüştür. Hesaplardaki seçilmiş maksimum akıma eklenen emniyet payı varsa, ve/veya gün içindeki akım değişimi, özelliklerine göre, bu şekilde görsel olarak incelenirse, belki başka kabul veya dizayn alternatifleri için imkân yaratılabilir.

Genellikle, kanalizasyon sistemlerinde beton boru kullanılır, ve bu tip borular için en yaygın sürtünme faktörü (Manning katsayı)  $n = 0.013$  'tür. Bu bildiriye, bu değer sabit olarak farz edilmiştir. Ancak, diğer değişkenlerin birbiri ile ilişkileri araştırılmıştır. Bir grup boru çapı ve eğim için, doluluk oranı 0 'dan 1'e kadar değişmesinden kaynaklanan akım hızı, 3.1 ve 3.2 'de açıklanan iki şekilde araştırılmıştır, ve sonuçlar grafiklerle gösterilmiştir.

Kanalizasyon hesaplarında, açık kanal için Manning formülü uygulanmıştır.

### 3.1. Çeşitli Boru Çapları için Doluluk Oranına ve Akım Hızına Göre Eğim Değişmesi

Şekil 1. kanalizasyon boru kesitini gösterir. Boru Çapı  $D$ , su derinliği  $y$ , ve doluluk oranı  $y/D$ , su yüzünü borunun merkezinden gören açı  $\alpha$ .  $y$  ve  $D$  cinsinden  $\alpha$  'yı hesaplamak için:



Şekil 1. Boru Kesiti

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{D/2} = \frac{D/2 - y}{D/2} = 1 - \frac{y}{D/2} \quad (1)$$

veya

$$\frac{\alpha}{2} = \arccos\left(1 - \frac{y}{D/2}\right) \Rightarrow \alpha = 2 \cdot \arccos\left(1 - \frac{y}{D/2}\right) \quad (2)$$

Formül (2) kullanılarak, akım ve hız hesapları yapılabilir. Böylece, ıslak çevre P değeri:

$$P = AB = \pi \cdot D \frac{\alpha}{360} \quad (3)$$

ve kesit alanı A değeri:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360} - \frac{D^2}{8} \cdot \sin \alpha \quad (4)$$

Formül (2) ve (3) vasıtasıyla hidrolik yarı çap hesaplanabilir:

$$R = \frac{A}{P} \quad (5)$$

ve Manning formülünde, eğim ile birlikte hız V ve akım Q hesabı için kullanılabilir:

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad (6)$$

$$Q = A \cdot \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad (7)$$

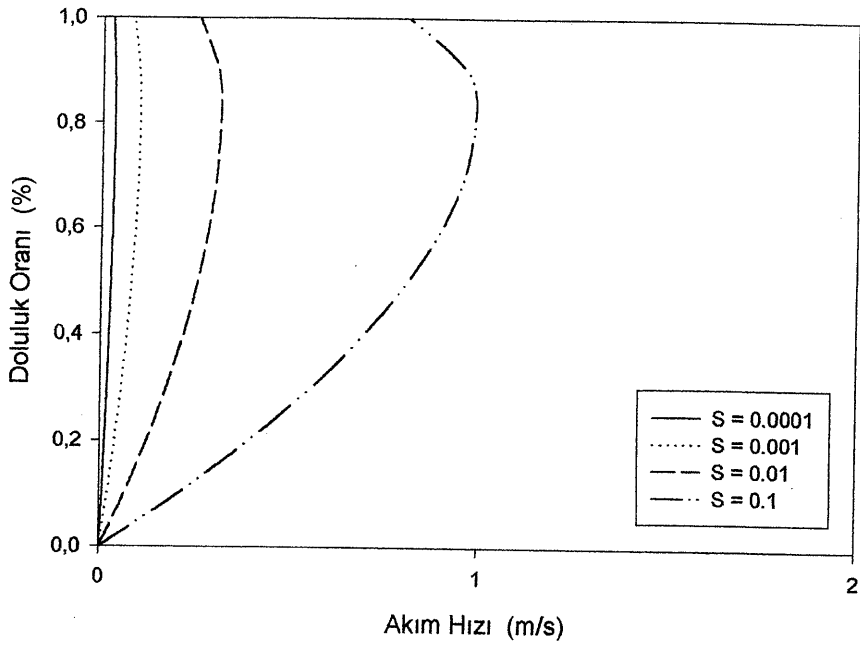
Bu çalışmada, 0.2m çaplı boru için uygulanmıştır. Hesaplar, 0 doluluk oranı ile 1.0 arasında ve 0.1 adımlar ile tekrarlanmıştır. Ayrıca, 0.0001, 0.002, 0.01, ve 0.1 eğim değerleri ile hesaplar tekrar yapılmıştır. Böylece, Şekil 2. 'de doluluk oranının etkisi, 0.2m çaplı boru için dört eğri ile gösterilmiştir.

Aynı hesap yöntemi 0.6m, 1.0m, ve 1.4m çaplı borular için tekrarlanmış ve sonuçlar Şekil 3, 4, ve 5 'de gösterilmiştir.

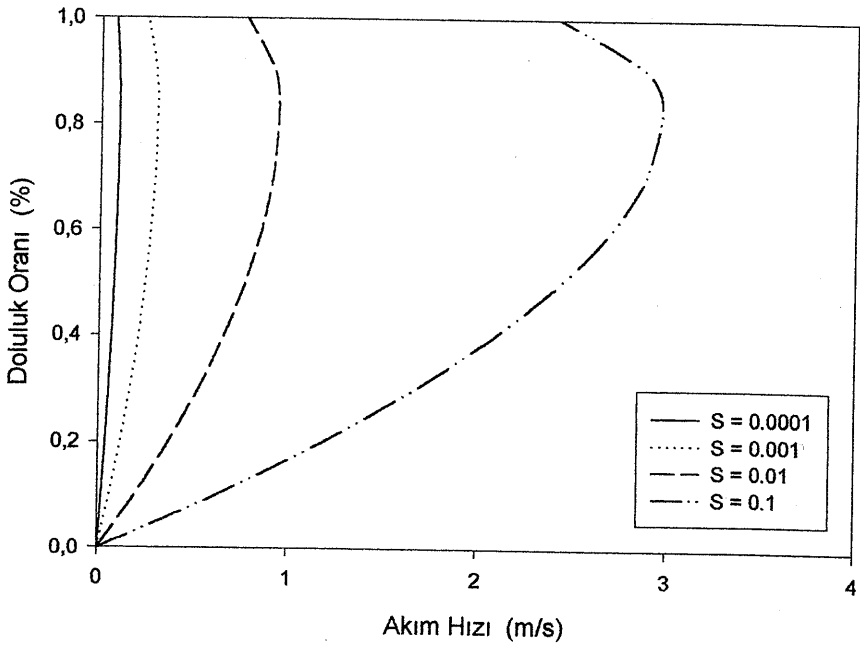
### 3.2. Çeşitli Boru Çapları için Doluluk Oranı ve Eğime Göre Akım Hızı Değişmesi

Burada, 0.2m çaplı boru için 0 doluluk oranı ile 1.0 arasında ve 0.1 adımlar ile tekrarlanmıştır. Ayrıca, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 m/s sabit hız değerleri için gerekli eğim bulunmuştur. Böylece, Şekil 6. 'de doluluk oranının etkisi, 0.2m çaplı boru için altı eğri ile gösterilmiştir.

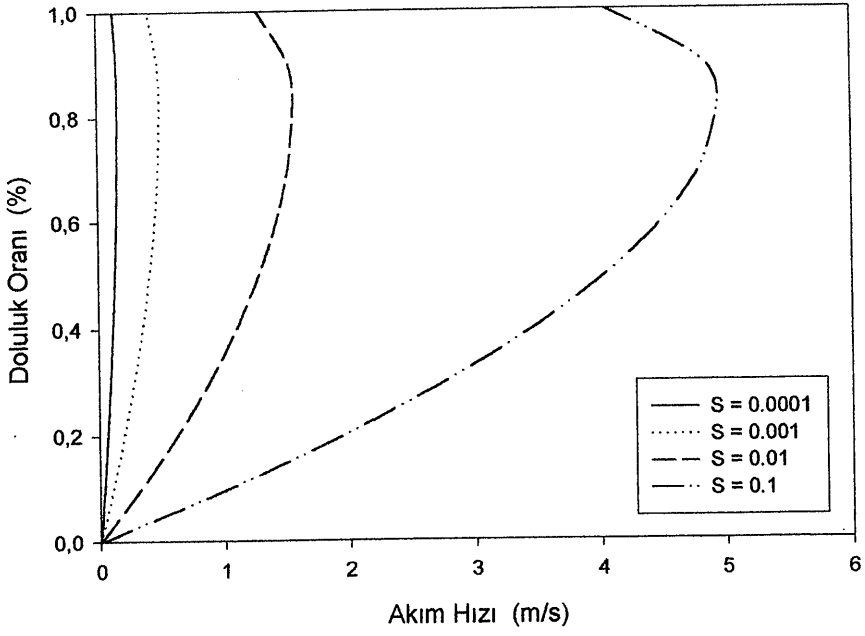
Aynı hesap yöntemi 0.6m, 1.0m, ve 1.4m çaplı borular için tekrarlanmış ve sonuçlar Şekil 7, 8, ve 9 'de gösterilmiştir.



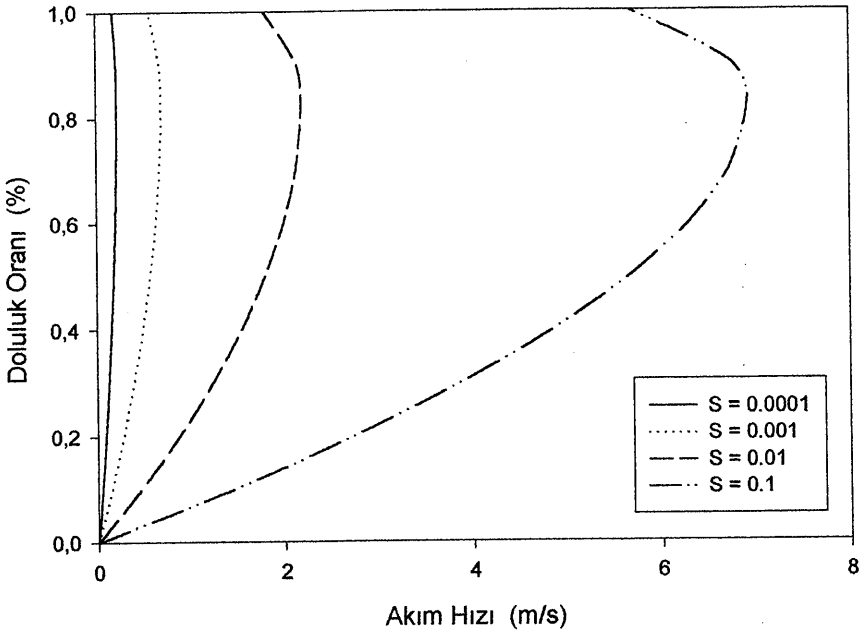
**Şekil 2.** 0.2 m Çaplı Boru için Doluluk Oranı ve Akım Hızına Göre Eğim Değişmesi



**Şekil 3.** 0.6 m Çaplı Boru için Doluluk Oranı ve Akım Hızına Göre Eğim Değişmesi

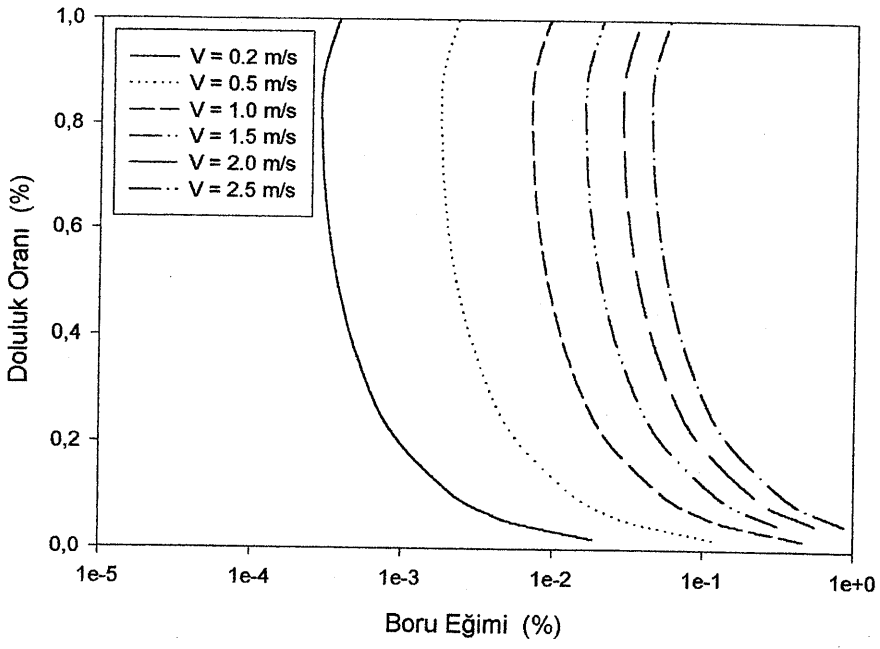


**Şekil 4.** 1.0 m Çaplı Boru için Doluluk Oranı ve Akım Hızına Göre Eğim Değişmesi

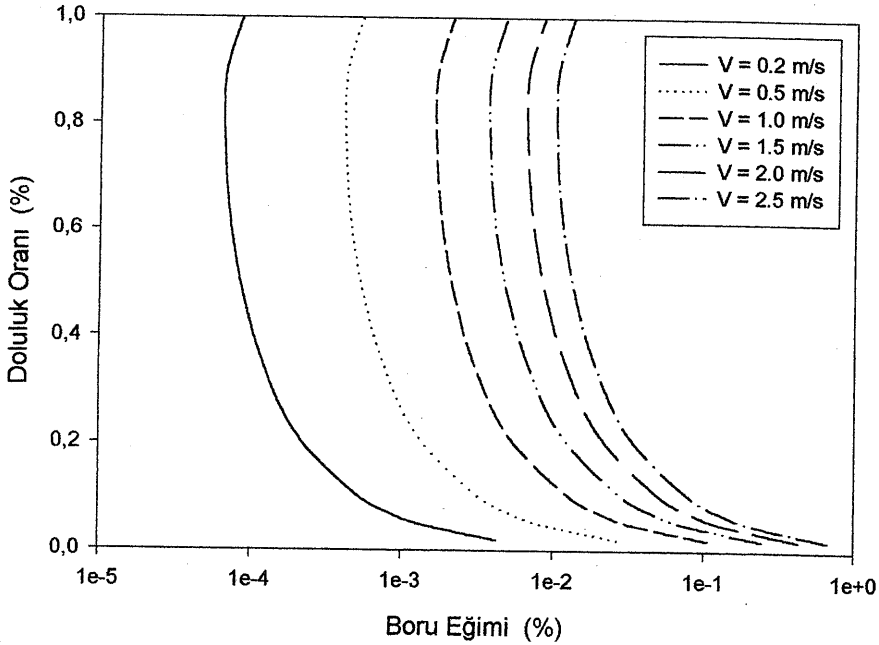


**Şekil 5.** 1.4 m Çaplı Boru için Doluluk Oranı ve Akım Hızına Göre Eğim Değişmesi

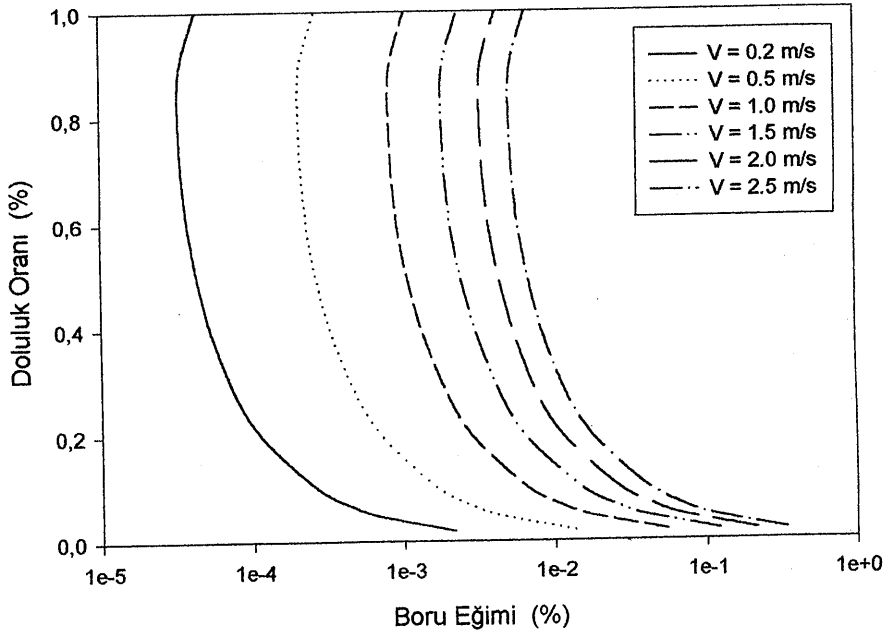




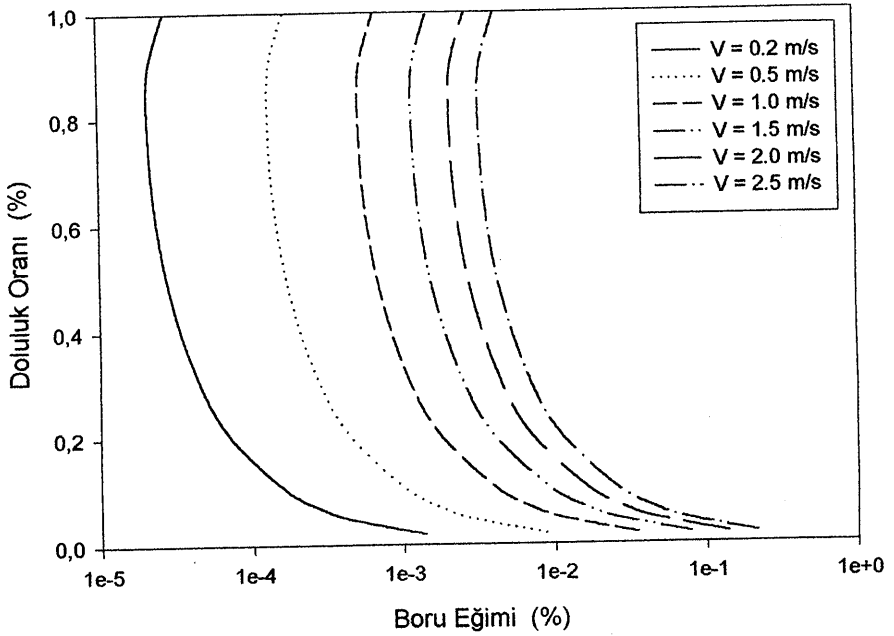
Şekil 6. 0.2 m Çaplı Boru için Doluluk Oranı ve Eğime Göre Akım Hızı Değişmesi



Şekil 7. 0.6 m Çaplı Boru için Doluluk Oranı ve Eğime Göre Akım Hızı Değişmesi



**Şekil 8.** 1.0 m Çaplı Boru için Doluluk Oranı ve Eğime Göre Akım Hızı Değişmesi



**Şekil 9.** 1.4 m Çaplı Boru için Doluluk Oranı ve Eğime Göre Akım Hızı Değişmesi

## 4. SONUÇ

Kanalizasyon şebekesi projelerinde doluluk oranının tahmini, çok önemli bir husus olmasına rağmen, nispeten az ilgi görmüştür. Bu oranın tahmininde herhangi bir hata, zararlı sonuçlar yaratabilir.

Verilmiş boru çapı ve eğimi için, çeşitli sebepler yüzünden, akım değişebilir. Bu değişiklikler, günlük su kullanımındaki değişmeden kaynaklanabilir, veya projedeki hesaplanmış dizayn akımı hatalı olabilir. Bazen, şebekenin bulunduğu bölgedeki çeşitli şartlar, beklenmeyen bir şekilde değişmiş olabilir. Bütün bu olasılıklara karşı bir hesap yapılmalıdır. Bu durumda, mevcut veya seçilmiş boru çapı ve eğimi için akım ve doluluk oranındaki değişikliklerden kaynaklanan hız değişiklerin öncelikle bilmek gerekir. Bu amaçla, doluluk oranı ile akım hızı, boru eğimi, ve boru çapı ile karşılıklı ilişkiler, grafiklerle gösterilmiştir.

Grafik analizden elde edilen bazı sonuçlar şunlardır:

- Aynı eğim ve aynı doluluk oranı için, büyük çaplı borulardaki akım hızı küçük çaplı borulardan daha yüksektir, (Şekil 2, 3, 4, ve 5).
- Doluluk oranındaki değişme sonucu, az eğimli borularda akım hızı, çok eğimli dik borulara göre daha az değişiklik göstermektedir. Bu durum, Şekil 2, 3, 4, ve 5 'de gösterilmiştir. Buradan çıkarılan önemli bir sonuç, aynı doluluk oranında, akım hızı, boru çapına bağlı olarak artmaktadır. Büyük çaplı borular kullanılarak yapılan projelerde, hatalı akım hızı tahminlerinden veya doluluk oranına fazla emniyet payı eklemekten sisteme ciddi zararlara yol açabilir.
- Aynı eğim ve doluluk oranı için, akım hızı ve boru çapı doğrusal (lineer) olarak artar.
- Verilen bir boru çapı ve doluluk oranı için, akım hızının 1 m/s ve daha altında olduğu durumlarda, birim hız değişikliği için boru eğiminin nispeten çok değiştirilmesi gerekir. Akım hızının 1 m/s' den fazla olduğu durumlarda ise, benzer değişiklik için boru eğiminin daha az değiştirilmesi gerekir, (Şekil 6, 7, 8, ve 9).

Sonuç olarak, kanalizasyon hesapları yapılırken yukarıdaki faktörlere ait değişik değerler kullanılmak suretiyle, alternatif çözümler üretmek ve değişik dizaynlar geliştirmek mümkün olacaktır.

## Kaynaklar

ASCE, 1982, "Gravity Sanitary Sewer Design and Construction", ASCE Publication.

FAIR etal, 1971, "Elements of Water Supply and Wastewater Disposal"

GİZBİLİ, M., 1992, "Kanalizasyon", TMMOB

METCALF and EDDY, 1972, "Wastewater Engineering", McGraw-Hill.

STEEL and McGHEE, 1991, "Water Supply and Sewerage", McGraw-Hill.

# THE EFFECT OF DISCHARGE FLUCTUATION IN SEWER PIPES ON FULLNESS RATIO AND FLOW VELOCITY

**Mazen KAVVAS**

Department of Civil Engineering, Gaziantep University, Gaziantep, Turkey

## **ABSTRACT**

Storm and sanitary sewer systems are very essential structures for a civilized life. There are many factors influencing the function and life expectancy of such structures. Fullness ratio in pipes may be considered as one of the most important factors.

Fullness ratio estimation is explained briefly in books without indication to the way it should be considered locally. Before the start of the design, the fullness ratio is selected with the best expectations regarding the probable discharge. However, this fullness ratio will certainly be lower than the predicted one during the low discharge periods of the day for the sanitary sewer nets (both early and late hours of the day), or during the little or no rainfall periods of the year for the storm sewer networks. During such periods, the relatively low fullness ratio will influence (decrease) the velocity of the flow in the pipe to a limit that may cause serious settlement in the pipe.

In this research, a special attention is paid to explain the sensitivity and importance of fullness ratio selection in sewer system design. Also, graphical presentation is prepared to show the mutual effect between fullness ratio changes and other variables such as slope, flow velocity and pipe diameter.