



**KONSOLİDASYON DENEYİNDE KULLANILAN GÖZENEKLİ TAŞIN
GEÇİRİMLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE EMPEDANS FAKTÖRÜ
KULLANARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Nurcan BAKDI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Nurcan BAKDI

13/07/2021

KONSOLIDASYON DENEYİNDE KULLANILAN GÖZENEKLİ TAŞIN
GEÇİRİMLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE EMPEDANS FAKTÖRÜ KULLANARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Nurcan BAKDI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2021

ÖZET

Bu çalışmada; konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşın geçirimsizliğinin belirlenmesi ve empedans faktörü kullanarak değerlendirilmesi amacıyla konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşların geçirimsizlik katsayıları ölçülmüş ve ASTM D2435 (2011)'de tanımlanan empedans faktörü kullanılarak bu taşların uygunluğu değerlendirilmiştir. Bu amaçla 8 farklı üreticiden temin edilmiş 16 adet gözenekli taşın geçirimsizliği ölçülmüştür. Bu taşlardan 3 tanesi hiç kullanılmamış (yeni), diğerleri ise en az 5 yıldır konsolidasyon deneyinde kullanılmış (eski) taşlardır. Taşların geçirimsizliği elde bulunan prototip bir cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre gözenekli taşların geçirimsizlik katsayısının taşa giren suyun basıncına göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre gözenekli taşların geçirimsizlik katsayısının konsolidasyon deneyinde uygulanan basınçlar altında ölçülmesi gerektiği değerlendirilmiştir. Bu çalışmada ölçülen taşların uygunluğu empedans faktörüne göre değerlendirildiğinde geçirimsizlik katsayısı $k=10^{-6}$ m/sn'den düşük olan zeminler için uygun olduğu görülmüştür.

Bilim Kodu : 91105

Anahtar Kelimeler : Konsolidasyon deneyi, Gözenekli taş, Empedans faktörü, Geçirimsizlik, Killi zemin

Sayfa Adedi : 147

Danışman : Doç. Dr. Mustafa ÖZER

DETERMINING THE PERMEABILITY OF THE POROUS STONE USED IN THE
CONSOLIDATION EXPERIMENT AND EVALUATION BY USING THE
IMPEDANCE FACTOR

(M. Sc. Thesis)

Nurcan BAKDI

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2021

ABSTRACT

In this study; in order to determine the permeability of the porous stone used in the consolidation test and to evaluate it using the impedance factor, the permeability coefficients of the porous stones used in the consolidation test were measured and the suitability of these stones was evaluated using the impedance factor defined in ASTM D2435 (2011). For this purpose, the permeability of 16 porous stones obtained from 8 different manufacturers was measured. 3 of these stones are unused (new) and the others are stones that have been used in the consolidation test (old) for at least 5 years. The permeability of the stones was carried out using a prototype device at hand. According to the results obtained, it has been determined that the permeability coefficient of the porous stones varies according to the pressure of the water entering the stone. Accordingly, it was evaluated that the permeability coefficient of porous stones should be measured under the pressures applied in the consolidation test. When the suitability of the stones measured in this study was evaluated according to the impedance factor, it was found that it was suitable for soils with a permeability coefficient lower than $k=10^{-6}$ m/sec.

Science Code : 91105

Key Words : Consolidation test, Porous stone, Impedance factor, Permeability, Clayey soil

Page Number : 147

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mustafa ÖZER

TEŞEKKÜR

Tasarladığı cihazı tez konum olarak belirleyen, tezimin her adımında yanımda olan, bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren tez danışmanım değerli hocam sayın Doç. Dr. Mustafa ÖZER'e; ders aşamasında bana katkı sağlayan değerli hocalarıma; ders ve tez aşamasında bana her zaman yardımcı olan abim ve ablama; beni büyüten ve yetiştiren anneme ve babama; idari işlerde anlayışını esirgemeyen İnşaat Mühendisliği Bölüm İdaresi ve Fen Bilimleri Enstitüsü öğrenci işlerine; tez aşamamda hep yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma ve çalışmalarım boyunca beni teşvik eden ve zaman ayırmama müsaade eden mensubu bulunduğum Karayolları 4. Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN ÇİZELGESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GÖZENEKLİ TAŞLARIN GEÇİRİMLİLİK KATSAYISININ BULUNMASI İÇİN KURAMSAL TEMELLER.....	15
2.1. Permeabilite (Geçirimlilik)	15
2.2.1. Darcy kanunu	15
2.2. Zeminlerin Geçirimlilik Katsayısının Bulunması	17
2.3. Gözenekli Taşların Geçirimlilik Katsayısının Hesaplanmasında Kullanılacak Formülün Çıkarılması	18
2.3.1. Gözenekli taşların gövde geçirimlilik katsayısı formülünün çıkarılması..	19
2.3.2. Gözenekli taşların yanal geçirimlilik katsayısı formülünün çıkarılması...	21
3. MALZEME VE YÖNTEM	25
3.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler, Araç ve Gereçler	25
3.1.1. Gözenekli taşlar.....	25
3.1.2. Su basıncının ölçülmesi için kullanılan cihazlar.....	27
3.1.3. Su miktarını ölçmekte kullanılan beher ve mezür	29
3.1.4. Su kaynağı	30

	Sayfa
3.1.5. Kumpas	30
3.1.6. Permeabilite ölçüm cihazı	32
3.2. Deney Yöntemi	33
4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	41
5. GEÇİRİMLİLİK KATSAYILARININ EMPEDANS FAKTÖRÜ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	59
5.1. Zemin Geçirimsizlik Katsayısı ile Değerlendirme	59
5.2. Empedans Faktörü ile Değerlendirme	62
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	65
6.1. Sonuçlar	65
6.2. Öneriler	67
KAYNAKLAR	69
EKLER.....	72
EK-1. Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları	73
EK-2. Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları.....	107
EK-3. Taşın Yan ve Gövdesinden Ölçülen Debi	140
ÖZGEÇMİŞ	149

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. İncelenen gözenekli taşlara ait fiziksel değerler	26
Çizelge 4.1. 50 kPa nominal basınç altında yapılan ölçüm sonuçları.....	42
Çizelge 4.2. 100 kPa nominal basınç altında yapılan ölçüm sonuçları.....	43
Çizelge 4.3. 150 kPa nominal basınç altında yapılan ölçüm sonuçları.....	43
Çizelge 4.4. 200 kPa nominal basınç altında yapılan ölçüm sonuçları.....	44
Çizelge 4.5. Farklı basınçlar uygulanarak gerçekleştirilen deney sonuçlarıyla hesaplanan geçirgenlik katsayıları (Basınç ölçümleri manometre ile yapılmıştır)	44
Çizelge 4.6. Farklı basınçlar uygulanarak gerçekleştirilen deney sonuçlarıyla hesaplanan geçirgenlik katsayıları (Basınç ölçümleri dijital basınç sensörü ile yapılmıştır).....	45
Çizelge 4.7. Farklı basınçlar uygulanarak gerçekleştirilen deney sonunda ölçülen toplam debi değerleri	45
Çizelge 4.8. Manometreden okunan nominal basınç değerleri.....	46
Çizelge 4.9. Dijital basınç sensöründen okunan nominal basınç değerleri.....	46
Çizelge 5.1. 50 kPa basınçta hesaplanan ktaş ile bulunan kzemin değerleri	60
Çizelge 5.2. 200 kPa basınçta hesaplanan ktaş ile bulunan kzemin değerleri	60
Çizelge 5.3. Çeşitli zemin geçirimlilik katsayıları için hesaplanan empedans faktörleri (P=50 kPa için).....	62
Çizelge 5.4. Çeşitli zemin geçirimlilik katsayıları hesaplanan empedans faktörleri (P=200 kPa için).....	63

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Konsolidasyon deney aletinin şematik kesiti.....	2
Şekil 1.2. Konsolidasyon deneyi sonuçları ile boşluk oranı-logaritmik efektif gerilme grafiği	5
Şekil 2.1. Darcy'nin sıvı akışını tanımlamak için kullandığı deney düzeneği.....	16
Şekil 2.2. Sabit Seviyeli Permeabilite Deneyi	17
Şekil 2.3. Hidrolik eğim altında zemin içinden suyun yatay hareketi	18
Şekil 2.4. Gövdesinden su girişi ve su çıkışı sağlanan gözenekli taşın sembolik gösterimi	20
Şekil 2.5. Gövdesinden su girişi ve yanal yüzeylerinden su çıkışı sağlanan gözenekli taşın sembolik gösterimi.....	22
Şekil 3.1. Gözenekli taşa giren suyun izlediği yolun sembolik gösterimi	39
Şekil 3.2. Deneyde kullanılan cihazların basitleştirilmiş bağlantı şeması	40
Şekil 4.1. 1 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsizliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsizliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsizliğinin basınçla birlikte değişimi	47
Şekil 4.2. 2 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) geçirimsizliğin basınçla birlikte değişimi (Bu taşın yanları geçirimsizdir.)	47
Şekil 4.3. 3 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsizliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsizliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsizliğinin basınçla birlikte değişimi	48
Şekil 4.4. 4 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsizliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsizliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsizliğinin basınçla birlikte değişimi	48
Şekil 4.5. 5 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsizliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsizliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsizliğinin basınçla birlikte değişimi	49

Şekil	Sayfa
Şekil 4.6. 6 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi	49
Şekil 4.7. 7 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi	50
Şekil 4.8. 8 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi	50
Şekil 4.9. 9 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi	51
Şekil 4.10. 10 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi.....	51
Şekil 4.11. 11 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi.....	52
Şekil 4.12. 12 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi.....	52
Şekil 4.13. 13 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi.....	53
Şekil 4.14. 14 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsliliğinin basınçla birlikte değişimi.....	53

Şekil	Sayfa
Şekil 4.15. 15 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimliliğinin basınçla birlikte değişimi.....	54
Şekil 4.16. 16 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimliliğinin basınçla birlikte değişimi.....	54
Şekil 4.17. Manometre ölçümü ile hesaplanan taşların geçirimlilik katsayılarının karşılaştırılması	57
Şekil 5.1. Zeminlerin geçirimlilik ve drenaj özellikleri	61

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Konsolidasyon deney aleti.	2
Resim 1.2. Konsolidasyon deney hücresi	3
Resim 1.3. Konsolidasyon deneyinde gözenekli taşların yerleştirilmesi.....	3
Resim 1.4. Numunenin konsolidasyon hücresine yerleştirilmesi.....	4
Resim 3.1. Deneyde kullanılan gözenekli taşlar.....	25
Resim 3.2. Sadece gövdeden drenaja izin veren gözenekli taş (Taşın kenarları sırlanmış olduğu için su geçirmiyor.).....	27
Resim 3.3. Hem gövdeden hem de yanlarda drenaja izin veren gözenekli taş.....	27
Resim 3.4. Basınç ölçme cihazı a) Manometre; b) Dijital basınç sensörü.....	28
Resim 3.5. ADU ve bilgisayar sistemi.....	28
Resim 3.6. Deneyde kullanılan yazılımın ölçüm ekranı	29
Resim 3.7. Su basıncının ölçülmesinde kullanılan beherler ve mezür	30
Resim 3.8. Taşın çapının ölçülmesi (Kadran 49,2 mm'yi göstermektedir)	31
Resim 3.9. Taşın kalınlığının ölçülmesi (Kadran 5,9 mm'yi göstermektedir)1	31
Resim 3.10. Gözenekli taşların geçirimsizliğinin ölçülmesinde kullanılan permeabilite ölçüm cihazı; a) cihazın iç yapısı; b) cihazın su giriş/çıkış bağlantıları.....	32
Resim 3.11. Gözenekli taşların su içerisinde bekletilmesi.....	33
Resim 3.12. Taşın permeabilite cihazına yerleştirilmesi	34
Resim 3.13. Üst başlığın yerleştirilmesi ve kelebek somunların sıkılması.....	34
Resim 3.14. Permeabilite cihazına su giriş hortumunun takılması	35
Resim 3.15. Su giriş hortumunun musluğa bağlanması	36
Resim 3.16. Sistemdeki basınç ölçerler ve cihazın su kaynağı ile bağlantısı	37
Resim 3.17. Çıkan suyun toplanması	38
Resim 3.18. Mezür yardımıyla toplanan suyun miktarının ölçülmesi	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
A	Numune yüzey alanı
$A_{taş}$	Gözenekli taşın yüzey alanı
C_c	Sıkışma indisi
C_s	Kabarma indisi
C_v	Konsolidasyon katsayısı
e	Boşluk oranı
E	Empedans faktörü
h	Enerji veya yük kaybı
$H_{taş}$	Gözenekli taşın kalınlığı
H_{dr}	Drenaj yolu kalınlığı
H	Numune kalınlığı
i	Hidrolik eğim
k	Geçirimsizlik katsayısı
$k_{taş}$	Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı
k_{zemin}	Zemin geçirimsizlik katsayısı
L	Numune boyu
m_v	Hacimsel sıkışma katsayısı
P	Basınç
q	Debi
$q_{taş}$	Gözenekli taşın toplam debisi
$q_{gövde}$	Gövdenin debisi
q_{yan}	Yan yüzeylerin debisi
Q	Akım hacmi
$Q_{gövde}$	Taşın gövdesinden geçen su miktarı
Q_{yan}	Taşın yanlarından geçen su miktarı
t	Zaman
U	Ortalama konsolidasyon derecesi

Simgeler**Açıklamalar**

v	Suyun akış hızı
σ_p'	Ön konsolidasyon basıncı
σ_v'	Düşey efektif gerilme
γ_{su}	Suyun yoğunluğu

Kısaltmalar**Açıklamalar**

ADU	Autonomous Data Acquisition Unit
ASTM	American Test and Materials Society
BS	British Standards
bar	Bar
cm	Santimetre
dk	Dakika
kN	Kilonewton
kPa	Kilopaskal
m	Metre
mm	Milimetre
mmho	İç direnç
ml	Mililitre
s	Saniye
TS	Türkiye Standartları

1. GİRİŞ

Temel ya da başka yükler tarafından yüklenen zeminlerde belli bir miktar oturma meydana gelecektir. Uygulanan yükler altında zeminde oluşan hacim değişikliğine; zemin tanelerinin yer değiştirmeleri veya zemin içerisindeki hava ya da suyun zeminden uzaklaşması sebep olabilir (Das, 2010: 294; Holtz, Kovacs ve Sheahan, 2015: 347; Murthy, 2003: 207).

Konsolidasyon, düşük permeabilite değerine sahip, suya doymuş killi zeminlerde uygulanan yükler nedeniyle zeminin gözeneklerindeki suyun drene olması sonucunda zemin tabakasında meydana gelen oturmadır (Budhu, 2011: 208; Holtz ve diğerleri, 2015: 347; Knappett ve Craig, 2012:101).

Zemine uygulanan yüklemelerden sonra zeminde meydana gelen konsolidasyon oturmasının ve bu oturmanın oluşacağı sürenin bilinmesi mühendislik yapıların güvenli olması ve çevrede bulunan diğer yapılara zarar vermemesi açısından büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple zeminde oluşan oturmanın hesabının doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir.

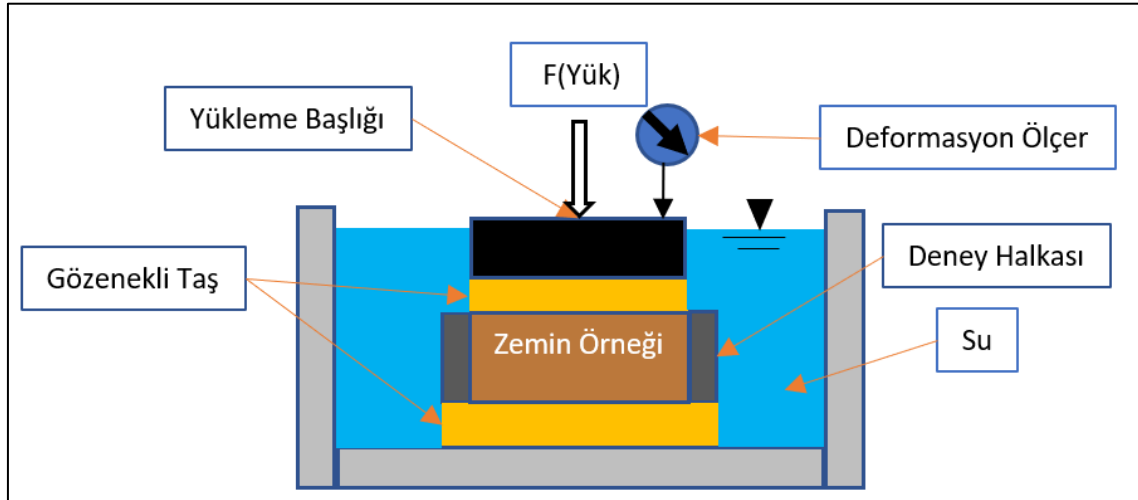
Konsolidasyon oturmasının hesaplanması için “gerilme-şekil değiştirme”; oturmanın gerçekleşeceği sürenin hesaplanması için “şekil değiştirme-zaman” ilişkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu ilişkilerin belirlenmesi için laboratuvarında konsolidasyon (ödometre) deneyi yapılmaktadır.

Zeminler geniş bir alanı kapsadığından düşey yönlü olarak yüklendiklerinde, oluşacak hacim değişikliği tek yönlü olarak kabul edilebilir (Holtz ve diğerleri, 2015: 347; Özyayın, 2016: 152). Bu sebeple zeminlerde en basit konsolidasyon durumu yanal deformasyonların engellendiği tek yönlü konsolidasyon durumudur. Zeminlerin tek yönlü konsolidasyon özellikleri "ödometre" veya "konsolidometre" adı verilen cihaz ile yapılan konsolidasyon deneyi ile belirlenmektedir (Resim 1.1).



Resim 1.1. Konsolidasyon deney aleti.

Tek yönlü konsolidasyon ile ilgili ilk çalışmalar 1925 yılında Karl Terzaghi tarafından yapılmıştır (Terzaghi, 1925). Konsolidemetrenin şematik kesiti Şekil 1.1’de ve konsolidasyon deney hücresi Resim 1.2’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Konsolidasyon deney aletinin şematik kesiti



Resim 1.2. Konsolidasyon deney hücresi

Konsolidasyon deneyinde; UD tüpleri kullanılarak sondajla araziden alınan örselenmemiş zemin örneği laboratuvara getirilir. Konsolidasyon halkası temizlenir, iç tarafı yağlanır ve boş ağırlığı tartılarak kaydedilir. Laboratuvara getirilen örselenmemiş zeminden konsolidasyon halkasının içerisine hidrolik baskı yoluyla yine örselenmeden numune alınır. Numunenin halkadan taşan kısımları tıraşlanarak temizlenir. Kullanılan halka numunenin yanal deformasyonunu engelleyecek rijitlikte olmalıdır. Hazırlanan konsolidasyon halkası konsolidasyon hücresinin içerisine yerleştirilir. Konsolidasyon hücresine yerleştirilirken halkanın alt ve üst kısmına gözenekli taşlar yerleştirilir (Resim 1.3).



Resim 1.3. Konsolidasyon deneyinde gözenekli taşların yerleştirilmesi

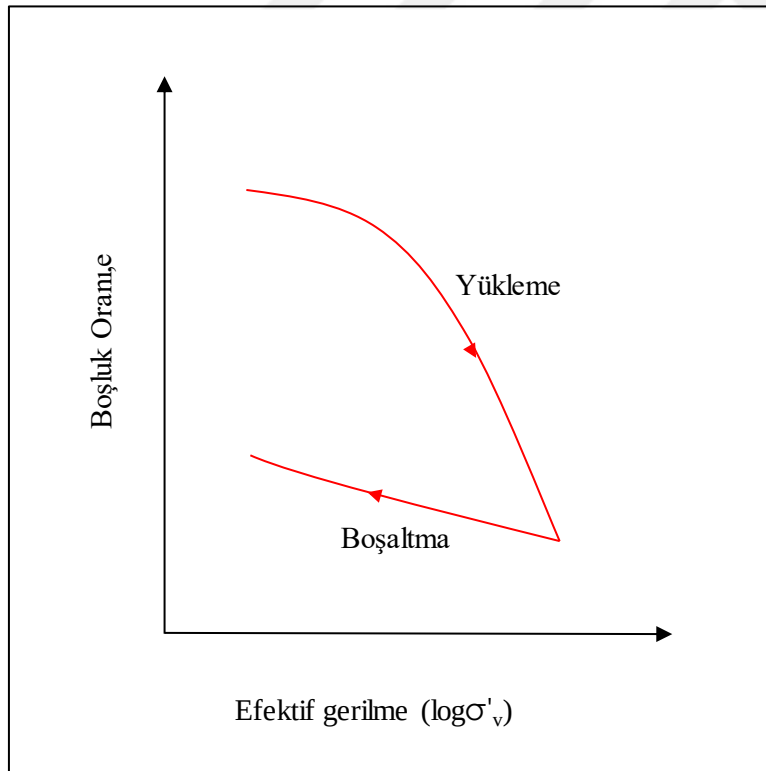
Bu taşların amacı; konsolidasyon süresi boyunca zemin içerisindeki suyun drenajına müsaade etmektir. Gözenekli taşlar sinterlenmiş korindon, silikon karpit, alüminyum oksit ya da bunlara benzer aynı özellikteki malzemelerden yapılmalıdır. Kullanılan malzeme zemin taneleri ve boşluk suyu tarafından aşınmayacak sağlamlıkta, ayrıca uygulanan yükler nedeniyle sonrasında kırılmayacak kalınlıkta ve sertlikte olmalıdır. Gözenekli taşları içerisinde zemin danelerinin geçemeyeceği ancak boşluk suyunun geçebileceği gözeneklere sahip olmalıdırlar. Gözenekli taşların çapı konsolidasyon halkasının iç çapından 0,2-0,5 mm daha küçük olmalıdır, böylelikle numune yüklendiği zaman gözenekli taş halkanın içerisine girdiğinde halka ile gözenekli taş arasında sürtünme gerçekleşmez. Konsolidasyon hücresine yerleştirilen halkayı sabitlemek için sabitleme halkası takılır. Yükleme başlığı gözenekli taşın üzerine yerleştirilir ve aletin vidaları sıkılır (Resim 1.4). Konsolidasyon hücresi konsolidasyon aletindeki yerine yerleştirilir. Daha sonra haznesine su doldurulur.



Resim 1.4. Numunenin konsolidasyon hücresine yerleştirilmesi

Konsolidasyon deney aletinde numunenin üzerine yük uygulamak için askı çubuğuna planlanan yük takılır. Yüklemeden sonra aşırı boşluk suyu basıncının sönmülmesi için (suyun zeminden düşey yönde hareket ederek gözenekli taştan geçip drene olması için) 24 saat beklenir. Şayet oturma-zaman ilişkisi belirlenmek isteniyorsa yüklemenin başlamasından itibaren 15 ve 30'uncu saniyelerde; 1, 2, 4, 8, 15 ve 30'uncu dakikalarda ve 1, 2, 4, 8, 16 ve 24'üncü saatlerde numunenin düşey yönde oluşan boy değişimi ölçülür ve zamanla birlikte kaydedilir. Daha sonra numunenin üzerindeki yük 2 katına çıkartılır.

Örneğin yüklemeye 25 kPa ile başlandıysa 50, 100, 200 ve 400 kPa ile devam edilir. Her yeni yükleme altında da yine 24 saat beklenir, aynı zaman dilimlerinde numunenin boy değişimi ölçülür ve kaydedilir. Deneyde en son uygulanacak gerilme miktarı, seçilen sahadaki efektif örtü basıncının ve yapılacak yapının toplam tasarım yükünün sebep olacağı zemindeki efektif düşey gerilmeden daha büyük olmalıdır. Yapılan yüklemelerde son basınç mertebesinden sonra uygulanan yükler her yük uygulaması bir öncekinin yarısı olacak şekilde sırayla geri alınır. Her alınan yükten sonra 24 saat beklenerek numunedeki hacim artışı ölçülür ve kaydedilir. Numune, halkanın içinden çıkartılır, etüve konur kurutulur ve kuru ağırlığı tartılıp kaydedilerek deney bitirilir. Konsolidasyon deneyi sonunda, her yükleme adımının sonundaki boşluk oranı (e) değerleri ve numune üzerine uygulanan gerilmenin büyüklüğü (düşey efektif gerilme, σ_v') hesaplanır ve bu değerler kullanılarak e - $\log \sigma_v'$ grafiği çizilir (ASTMD2435/D2435M, 2011:4; Holtz ve diğerleri, 2015: 350; Yılmaz, Yıldırım ve Keskin, 2016: 93-99.). Killi zeminlerden elde edilen tipik bir e - $\log \sigma_v'$ grafiği Şekil 1.2’de verilmiştir.



Şekil 1.2. Konsolidasyon deneyi sonuçları ile boşluk oranı-logaritmik efektif gerilme grafiği

Konsolidasyon deneyi sonucunda elde edilen e - $\log \sigma_v'$ grafiği yardımıyla zeminin jeolojik geçmişi boyunca maruz kaldığı en büyük gerilme olan ön konsolidasyon basıncı (σ_p'),

sıkışma indisi (c_c), kabarma indisi (c_s) ve konsolidasyon katsayısı (c_v) gibi parametreler elde edilebilir. Ayrıca, konsolidasyon deneyi ile elde edilen sonuçlardan yararlanılarak her yükleme adımı için sıkışabilirlik katsayısı (a_v) ve hacimsel sıkışma katsayısı (m_v) gibi parametrelerde hesaplanabilmektedir. Tüm bu parametrelerin doğru bir şekilde elde edilebilmesi için deneyde kullanılan gözenekli taşların uygun özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özelliklerin de başında gözenekli taşın hidrolik iletkenliği (geçirimsizliği) gelmektedir.

Gözenekli taşların deney sırasında zemine uygulanan yükler altında zemin içerisindeki suyun çıkışına izin verirken zemin tanelerinin dışarı çıkmasına izin vermeyecek özellikte olması gerekir. Konsolidasyonun gerçekleşmesi için zeminin boşluklarında bulunan suyun çıkması (drene olması) gerektiği göz önüne alınacak olursa deneyde kullanılan gözenekli taşların ne denli önemli olduğu anlaşılacaktır. Konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşlarının geçirimsizliği bu deney için kritik öneme sahip olmasına rağmen literatürde bu taşların geçirimsizliğini ölçebilecek bir deney yöntemi bulunmamaktadır. Ayrıca konsolidasyon deneyinin sağlıklı sonuçlar vermesi için kullanılan gözenekli taşların geçirimsizliği hakkında herhangi bir sınır değer aralığı da bulunmamaktadır. Ülkemizde de kurum ve kuruluşlara ait laboratuvarlarda ve yerli imalatlarda gözenekli taşların geçirimsizliği için ölçümler yapılmamakta ve sorgulanmamaktadır. Ayrıca laboratuvarlarda konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşların uzun süre kullanılmasından dolayı taşın gözeneklerinde oluşabilecek tıkanıklar hesap edilmemektedir.

Bu sebeple bu taşların ne zamana kadar veya ne olduğunda kullanılamaz duruma gelebileceği hakkında herhangi bir sınır değer ve bunu ölçecek bir yöntem bulunmamaktadır. Ayrıca konsolidasyon deneyinde kullanılan taşların bazıları sadece gövdelerinden suyun drene olmasına izin verecek şekilde üretilirken bazıları hem gövdesinden hem de yanlarından suyun drene olmasına izin verecek şekilde üretilmiştir. Konsolidasyon deneyinde kullanılan tüm gözenekli taşların amacı aynı olmasına rağmen geçirgenlik özellikleri ve kalınlıkları birbirinden farklı üretilmişlerdir. Ancak taşların bu şekilde üretilmesinin konsolidasyon deneyleri sonuçlarını nasıl etkileyeceği incelenmemiştir.

Ayrıca konsolidasyon deneyi ile permeabilite katsayısı da hesaplanmaktadır. Ancak taşın geçirimsizliğine dikkat edilmezse konsolidasyon deneyi ile elde edilen permeabilite değerleri daha düşük çıkabilir. Konsolidasyon deneyi ile bulunan permeabilite katsayısının geleneksel

deneydeki değerdan daha düşük olmasının sebebi de gözenekli taşlar olabileceğı düşünölebilir. Daha önce yapılan bir çalışmada hem geleneksel deney hem de konsolidasyon deneyi kullanılarak permeabilite katsayısının bulunduğı ancak konsolidasyon deneyi ile bulunan değerin daha az çıktığı görölmüşür.

Bu çalışmada konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşların geçirimliliğinin ölçölmesi için bir deney yöntemi ve bazı hesaplama formülleri önerilmiştir. Gözenekli taşların geçirimliliğinin ölçöllebilmesi için Sayın Doç. Dr. Mustafa ÖZER tarafından tasarlanan bir cihaz kullanılmışır. Tasarlanan cihaz yardımıyla, çeşitli firmalar tarafından üretilen gözenekli taşlar üzerinde deneyler yapılmıştır. Bu taşların bazıları yeni (hiç kullanılmamış) bazıları ise eski (kullanılmış) taşlardır. Deneyler Gazi Üniversitesi Teknoloji Faköltesi İnşaat Mühendisliğı Bölümü Zemin Mekaniğı Laboratuvarında yapılmıştır. Gözenekli taşların geçirimlilik katsayısının bulunmasında zeminlerin geçirimlilik katsayılarının bulunması ilkelerinden yararlanılarak bir formöl geliştirilmiştir. Geliştirilen formöl ve cihaz yardımıyla elde edilen veriler kullanılarak her bir taş için geçirimlilik katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan geçirimlilik katsayıları ile ASTM D2435 (2011)'de verilen empedans faktörünün geçerliliğı değerdendirilmiştir. Ayrıca bulunan değerdelerin ASTM D2435 (2011)'de verilen empedans faktörü ile değerdendirilerek taşların hangi zeminler için uygun olacağı ve taşların konsolidasyon deneyi için yeterli geçirimlilik katsayılarına sahip olup olmadıkları belirlenmiştir.

Literatür Araştırması

Konsolidasyon deneyi için yaygın olarak kullanılan standartların başında ASTM D 2435 gelmektedir. ASTM D 2435'in ilk versiyonu 1965 yılında yürürlöğe girmiş olup, belli aralıklarla güncellenmiştir. Son zamanlardaki güncellemeler 1990, 1996, 2002, 2003, 2004 ve 2011 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Günümüzde halen 2011 yılında güncellenen sürümü kullanılmaktadır (ASTM, 2020). ASTM D 2435'in 2011'e kadar olan sürümlerinde gözenekli taşın geçirimliliğı ile ilgili gözenekli taşın geçirimliliğinin zeminin geçirimliliğinden en az bir derece büyük olması gerektiğı yazmaktadır (ASTMD2435/D2435M, 2011).

ASTM D2435 (2011) standardı içerisinde ise gözenekli taşların geçirimliliğı "empedans faktörü" kavramıyla ifade edilmeye başlanmıştır. Empedans faktörü, gözenekli taşın

geçirimlilik katsayısı ile zeminin drenaj yolunun uzunluğunun çarpımının, zeminin geçirimlilik katsayısı ile taşın kalınlığının çarpımına oranı olarak tanımlanmaktadır (Eş.1.1) (ASTMD2435/D2435M, 2011).

$$E = \frac{k_{\text{taş}} \times H_{\text{dr}}}{k_{\text{zemin}} \times H_{\text{taş}}} \geq 100 \quad (1.1)$$

E : Empedans faktörü

$k_{\text{taş}}$: Taşın geçirimlilik katsayısı (m/s)

k_{zemin} : Zeminin permeabilite katsayısı (m/s)

H_{dr} : Drenaj yolu uzunluğu (m)

$H_{\text{taş}}$: Gözenekli taşın kalınlığı (m)

Eş.1.1'den de görülebileceği gibi empedans faktörü, gözenekli taşın geçirimliliğinin yanı sıra deneyde kullanılan zeminin permeabilite katsayısı, drenaj yolu uzunluğu ve taşın kalınlığına da bağlıdır.

ASTM D2435 (2011)'e göre gözenekli taşın uygun olabilmesi için Eş.1.1'de hesaplanan empedans faktörünün değerinin 100'e eşit veya bu değerden büyük olması gerektiği belirtilmektedir (ASTMD2435/D2435M, 2011).

Konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşların kalınlığının $H_{\text{taş}} = 5$ mm olduğunu ve çift yönlü drenaj durumu için $H_{\text{dr}} = 10$ mm olduğu varsayılarak bu değerler Eş.1.1'de yerine konulduğunda; aşağıda yapılan işlemler sonucunda gözenekli taşın geçirimlilik katsayısının zeminin geçirimlilik katsayısından en az 50 kat daha büyük olması gerektiği görülmektedir.

$$E = \frac{k_{\text{taş}}}{k_{\text{zemin}}} \times \frac{10}{5} \geq 100 \quad (1.2)$$

$$\frac{2 \times k_{\text{taş}}}{k_{\text{zemin}}} \geq 100 \quad (1.3)$$

$$\frac{k_{\text{taş}}}{k_{\text{zemin}}} \geq 50 \quad (1.4)$$

$$k_{\text{taş}} \geq 50 \times k_{\text{zemin}} \quad (1.5)$$

ASTM D2435 (2011) empedans faktörü hesaplanırken; k_{zemin} değerinin deney yapılarak mı yoksa literatürde genel kabul görmüş çizelgelerden mi alınacağı belirtilmediği, gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısının nasıl bulunacağını belirtmediği ve bununla ilgili herhangi bir deney yöntemi verilmediği görülmüştür.

Bununla birlikte, ASTM D2435 (2011)'de gözenekli taşın kalınlığı ile ilgili herhangi bir kısıtlama getirilmemiş, yükleme esnasında kırılmasını önleyecek kadar kalın olmasının yeterli olacağı belirtilmiştir.

Ayrıca ASTM D4186 (2014) standardında da konsolidasyon deneyinde numunenin üstüne ve altına yerleştirilen gözenekli taşların silikon karbür, alüminyum oksit veya zemin taneleri veya zemin suyundan oksitlenmeyecek malzemeden üretilmesi gerektiği, yüzeylerinin düz ve pürüzsüz olması, çatlak olmaması gerektiği belirtilmiştir. Bu standarda göre ince daneli topraklar için ince gözenekli taşlar kullanılması gerektiği yazılmıştır. Ayrıca gözenekli taşların zemin tanelerinin gözeneklerine girmeyecek kadar ince olması, ancak numuneden su akışını engellemeyecek kadar yeterli hidrolik iletkenliğe sahip olması gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca ASTM D2435(2011)'de bahsi geçen empedans faktörünü sağlaması gerektiği anlatılmıştır. Ayrıca gözenekli taşların çapının halkanın çapından 0,2 mm ile 0,5 mm arasında daha küçük olması gerektiğinden ve gözenekli taşların düzenli olarak ultrason veya kaynatma ve fırçalama ile temizlenmesi gerektiğinden, rutin olarak tıkanmaya karşı kontrol edilmesi gerektiğinden bahsedilmiştir.

BS 1377-5 (1990) da zemin mekaniği laboratuvar deneylerinde yaygın olarak kullanılan bir standarttır. BS 1377-5 (1990)'da deney numunesinin alt ve üst yüzeylerine yerleştirilen korozyona dirençli gözenekli taşların porozitelerinin deney boyunca suyun drenajına izin vermesi gerektiği fakat boşluklarından zemin geçişine engel olması gerektiği, gözenekli taşların deney esnasında uygulanan düşey yük altında kırılmayacak yeterli kalınlıkta olması

gerektiği ve gözenekli taşın yapıldığı malzemenin test boyunca sıkışmasının ihmal edilebilir düzeyde olması gerektiği, gözenekli taşların alt ve üst yüzeylerinin düzgün, temiz ve hasarsız olması gerektiği, zemin numunesinin üst tarafına yerleştirilen gözenekli taşın çapının konsolidasyon halkasının çapından yaklaşık 0.5 mm'den daha küçük olması gerektiği, alt taraftaki gözenekli taşın boyutunun ise konsolidasyon halkasın ve numuneyi yeterli miktarda destekleyecek boyutta olması gerektiği, ayrıca gözenekli taşın hangi malzemelerden yapılması gerektiği bilgilerine yer verilmiştir (BS 1377-5, 1990). Ancak bu bilgiler haricinde konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşların geçirimsizliği ile ilgili herhangi bir ölçüt tanımlanmamıştır.

Ülkemizde halen geçerli olan zemin mekaniği laboratuvar deneyleri standardı TS 1900-2 (2006) 'da ise gözenekli taşların geçirimsizliği ile ilgili uygun geçirimsizlikte olması gerektiği bilgisine yer verilmiştir, ancak bu geçirimsizliğin değerlendirilmesiyle ilgili herhangi bir ölçüt verilmemiştir.

Konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşın geçirimsizliğinin önemi hakkında yeterli sayıda çalışmanın yapılmadığı tespit edilmiş ancak sınırlı sayıda yapılan bazı çalışmalar incelendiğinde ise yapılan deneylerde gözenekli taşın geçirimsizliğinin konsolidasyon parametreleri üzerinde etkisinin olduğu vurgulanmıştır.

Matlock and Dawson (1952) yaptıkları çalışmalarında havası alınmış ve yoğrulmuş numunelerin, özellikle test prosedürlerinin araştırılması ve test ekipmanının değerlendirilmesinde, birçok laboratuvar araştırması türü için çok doğru ve değerli numuneler haline gelebileceği sonucuna varmışlardır. Konsolidasyon deneyi için 11 adet yoğrulmuş numune üzerinde konsolidasyon deneyi yapmışlardır. İlk üç grubun su içeriği %32 ve doygunluk derecesi %97,5; dördüncü gruptaki iki numunenin ise su içeriği %23 ve doygunluk derecesi %95,5 olacak şekilde deneyleri toplam 4 grup halinde gerçekleştirmişlerdir. Her gruptaki testlerin ortam sıcaklık farklılıklarından etkilenmemeleri için paralel olarak yürütmüşlerdir. Tüm testler için boşluk oranı-basınç eğrileri bir araya getirmişlerdir. 2A, 2B, 2D ve 3C testlerinin eğrilerinin birbirleriyle çok iyi uyduğu; daha düşük su içeriğine sahip olan 4. gruptaki iki numuneye ait eğrilerin diğerlerinden farklı olduğu ancak birbirleri ile çakıştığını görmüşlerdir. Ayrıca 4. gruptaki numunelerin boşluk oranı-basınç eğrilerinde bir miktar yayılma olduğunu da gözlemlemişlerdir. Ancak bu farklılıkların sebebinin laboratuvar ölçümlerindeki küçük hatalardan ve konsolidasyon testi

sırasında gözenekli taşların gözeneklerinin zemin numunesi ile tıkanmasından kaynaklandığına karar vermişlerdir. Yaptıkları çalışmanın sonunda da konsolidasyon testi için test ekipmanı ve prosedürü ile ilgili öneriler kısmında gözenekli taş ile ilgili de önerilerde bulunmuşlardır. Konsolidemetrenin boyutunun gözenekli taşların halkanın iç yüzeyine değmeyecek şekilde ve zemin numunesinin de halka ile taş arasına girmeyecek boyutta olması gerektiğini; gözenekli taşların suyun serbestçe drene olmasına izin verecek ancak kayda değer miktarda toprağın taşın gözeneklerine girmesini önleyecek kadar ince olması gerektiği görüşlerini belirtmişlerdir. Ayrıca çok yumuşak, ince taneli topraklar test edildiğinde, hesaplamalarda uygun düzeltmelerin yapılabilmesi için bu gözenekli taşların testlerden önce ve sonra tartılarak taşların içine giren toprak miktarının tespitinin yapılabildiği; gözenekli taşlara sıkışan toprak miktarının genellikle çok az olduğunu ve boşluk oranı-basınç eğrileri üzerinde çok küçük bir etkiye sahip olduklarını ve pratik olarak zaman-sıkıştırma eğrileri üzerinde hiçbir etkilerinin olmadığını gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, taşlar ve halka arasında kayda değer miktarda toprak sıkışırsa, tüm sonuçların gözle görülür şekilde etkilenebildiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca gözenekli taşların yüzey düzgünlüğünün de konsolidasyon deneyi sonuçlarını etkilediğini gözlemlemişlerdir.

Hamilton ve Cawpord (1960) yaptıkları çalışmada Kanada'nın doğusunda bulunan Leda (Laurentian) kili üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları ile test sonuçlarını etkileyen faktörleri ve laboratuvar araştırmasının sonuçlarını incelemişlerdir. Test sonuçlarını etkileyen faktörler içinde deneyde kullanılan gözenekli taşlar da incelenmiştir. Tüm testlerde aynı gözenekli taş ve konsolidasyon halkası kullanılarak konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Leda kili üzerindeki pek çok konsolidasyon testinin incelenmesi sonucunda zemin içerisinde yer alan organik bileşenlerden dolayı oluşan gaz kabarcıklarının yeniden sıkıştırma eğrisinin biçiminde önemli bir rol oynadığını düşünmüşlerdir. Yapılan testlerin incelenmesi sonucunda log t-deformasyon garfı ile $\sqrt{t}$ -deformasyon grafikleri incelendiğinde başlangıç sıkıştırmasının yüksek değerler aldığını görmüşlerdir. Ancak gaz kabarcıkları üzerine yaptıkları düzeltmenin başlangıç sıkışmanın yüksek değerde çıkmasını kısmen açıklamadığını bulmuşlardır. Daha sonra gözenekli taşların gözeneklerinde zemin tanelerinin sıkışmasının bu durumu nasıl etkilediğini anlamak için araştırmalar yapmışlar ve oturma düzeltmesine önemli bir etkisinin olup olmadığı incelemişlerdir. Bunun için ince gözeneklere sahip gözenekli taş kullanmışlardır. İnce gözenekli taşların, zemin ile tam yüzey teması yaptığını ve gözenekli taşların kuru ağırlığının konsolidasyon deneyinden önce ve

sonra incelenmesi sonucunda zemin numunesinde önemli bir zemin kaybı olmadığını gözlemlemişlerdir.

Newland ve Allely (1960), basınç artış oranının ve numune kalınlığının Whangamarino killerin konsolidasyon karakteristikleri üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmada, deneylerde filtre kâğıtlı ve filtre kâğıtsız olarak eski ve yeni (daha önce kullanılmış ve kullanılmamış) gözenekli taş kullanılmasının %50 konsolidasyon (t_{50}) için hesaplanan c_v üzerindeki etkisini incelemiştir. Newland ve Allely (1960) çalışmada, yeni taş kullanarak yaptığı deneylerde %50 konsolidasyon için gereken sürenin kısaldığını (daha küçük t_{50}) ve bunun sonucunda da daha yüksek c_v katsayısı elde edildiğini göstermiştir. Ayrıca deneylerde filtre kâğıdı kullanılmasının da konsolidasyon süresini kısalttığını ve dolayısıyla c_v katsayısını arttırdığını tespit etmiştir. Newland ve Allely (1960) böylece dolaylı olarak taşların geçirimliliğinin c_v katsayısı üzerinde etkili olduğunu göstermişlerdir. Ancak taşların geçirimlilik katsayısının nasıl bulunacağına dair herhangi bir öneride bulunmamışlardır.

Bishop ve Gibson (1964) yaptıkları deneysel çalışmada farklı gözenekli taşlar için kilin geçirgenlik katsayısında %50 empedans faktörü için c_v katsayısı hesabında %7'lik hata oluştuğunu, empedans faktörünün daha büyük değerlerinde bu hataların azaldığını gözlemlemiştir. Sonuç olarak gözenekli taşın geçirimliliğinin zemin geçirimliliğinden daha fazla olması gerektiği, yumuşak kilde iri taneli gözenekli taş kullanılacaksa filtre kâğıdı kullanılması gerektiğini, sert kilde ise daha ince taneli gözenekli seramik taş ile yine filtre kâğıdı kullanılması gerektiğini açıklamıştır. Ancak gözenekli taşın geçirimliliğinin nasıl hesaplanması gerektiği ve hangi değerlerin daha uygun olacağı hakkında herhangi bir bilgi verilmemiştir.

Tan (1968) yaptığı deneysel çalışmada konsolidasyon katsayısını tahmin etmek için bir yöntem önermiştir. Bunun için özel olarak tasarlanmış ödometre deneyleri gerçekleştirmiştir. Daha sonra yaptığı çalışmada sonuçların doğruluğunu etkileyen faktörleri incelemiştir. Bu faktörlerden; boşluk suyu basıncını ölçmek için kullanılan gözenekli taşın geçirgenliğinin toprağına ile karşılaştırıldığında büyük olduğunu varsayıldığını, ancak konsolidasyon işlemi sırasında gözenekli taşın toprak parçacıkları tarafından tıkanması olasılığı olduğunu ve sonunda gözenekli taşın geçirgenliğinin zemine kıyasla azaltacağını söylemiştir. Tıkanmış gözenekli taşın ya da zeminden daha düşük geçirimlilik katsayısına sahip taşların kullanılmasının deney sonuçları üzerindeki etkilerini açıklamıştır. Gözenekli

taşın geçirgenliğinin etkisi göz önünde bulundurulduğunda, deneyde kullanılan gözenekli taşın geçirgenliği kil numunesine göre düşükse konsolidasyon sürecini geciktirici etkisinin olduğunu söylemiştir.

Baracos (1976) gözenekli taş ile zemin numunesi arasına filtre kâğıdı yerleştirilmeden deney yapılırsa gözenekli taşların gözeneklerine zemin numunesi girdiğini öne sürmüş ve bu durumu da elektron mikroskopik fotoğraflarla tespit etmiştir.

Olson (1985) yaptığı deneysel çalışması sonucunda gözenekli taşları temiz ve drenaja izin verecek şekilde gözeneklerinin olması gerektiğini; ayrıca kil numunesi ile taşın arasına filtre kâğıdı koyulması gerektiğini belirtmiştir.

Chung (1993) araştırmasında, alternatif akıma maruz kalan kohezyonlu zeminin elektro-ozmotik boşluk basıncı tepkilerinden, konsolidasyon ve geçirgenlik katsayılarını belirlemiştir. Bu çalışmada 7,11 cm çapında ve 0,638 cm kalınlığında silindirik alüminyum silikat gözenekli taşlar kullanmıştır. Damıtılmış su ile doyunlaştırılmış gözenekli taşın iletkenliği 0,252 mmho / cm olarak ölçmüş ve düşen seviyeli permeabilite testine göre geçirgenlik katsayısını 2×10^{-3} cm/s olarak hesaplamıştır. Ancak Chung (1993) taşın geçirimsizliğini ölçmek için uyguladığı deney yöntemini tarif etmemiş ve bulduğu değerin yeterli olup olmadığını tartışmamıştır.

Arsoy, Keskin ve Yılmaz (2007) seçilen bir kil numunesinin permeabilite katsayısının bulunması amacıyla hem düşen seviyeli permeabilite deneyi hem de konsolidasyon deneyleri yapmışlardır. Her iki deney sonucuna göre permeabilite katsayıları hesaplanmıştır. Permeabilite deneyinde bulunan permeabilite katsayısının konsolidasyon deneylerinde bulunan permeabilite katsayılarına oranla daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Bu yüzden konsolidasyon deneyiyle permeabilite katsayısı belirlenirken daha dikkatli olunması gerektiği ve önemli işlerde standart yöntemin kullanılması önerilmiştir. Bu çalışmada konsolidasyon deneyi ile elde edilen permeabilite katsayısının kullanılan gözenekli taşın geçirimsizliğine bağlı olduğu düşünülebilir. Geçirimsizliğin az olması c_v katsayısını azaltabilir bu da permeabilite değerinin daha düşük çıkmasına sebep olabilir. Şayet kullanılan taşın empedans faktörü 100'den büyük değilse (ya da $k_{\text{taş}} \geq 50 \times k_{\text{zemin}}$ değilse) bunun taştan kaynaklanmış olabileceğine dikkat edilmelidir.

Aksoy (2007) yaptığı çalışmada Çukurova’da CL tipi kil numuneler kullanarak doymamış koşullarda örselenmemiş zemin örneklerinin hacim değiştirme davranışlarını su içeriği ve gerilme artışlarına bağlı olarak incelemiştir. Çalışmasında her bir su içeriğinde, su içeriğini sabit tutarak yük kademesinin değiştirilmesiyle yük kademesi-hacimsel sıkışma katsayısı değişimini ve her bir yük uygulamasında, yük kademesini sabit tutup su içeriğini değiştirerek her yük kademesinde su içeriği-hacimsel sıkışma katsayısının değişimini incelemiştir. Bu amaçla çalışmasında sabit su içerikli konsolidasyon deneyi kullanılmıştır. Deney sonucunda elde ettiği veriler değerlendirildiğinde hacimsel sıkışma katsayısının, su içeriği ve gerilme değişkenleri ile değiştiği, ayrıca hacimsel sıkışma özelliklerinin zemin tarihçesi ve ilk boşluk oranından da etkilendiğini ortaya koymuştur. Ancak yapmış olduğu farklı su içeriklerinde ve farklı yük kademeleri uygulamalarında konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşının etkili olup olmayacağı araştırılmamıştır.

Yapılan çalışmalardan da anlaşılağı üzere gözenekli taşın geçirimliliğı ile ilgi az sayıda çalışma yapıldığı ve konsolidasyon deneyi üzerine yapılan çalışmaların sonuçlarında da gözenekli taşın etkisinin göz önüne alınmadığı anlaşılmaktadır.

2. GÖZENEKLİ TAŞLARIN GEÇİRİMLİLİK KATSAYISININ BULUNMASI İÇİN KURAMSAL TEMELLER

Gözenekli taşların geçirimlilik katsayısının hesaplanmasında granüler zeminlere uygulanan sabit seviyeli permeabilite deneyinde kullanılan ilkeler dikkate alınmıştır.

2.1. Permeabilite (Geçirimlilik)

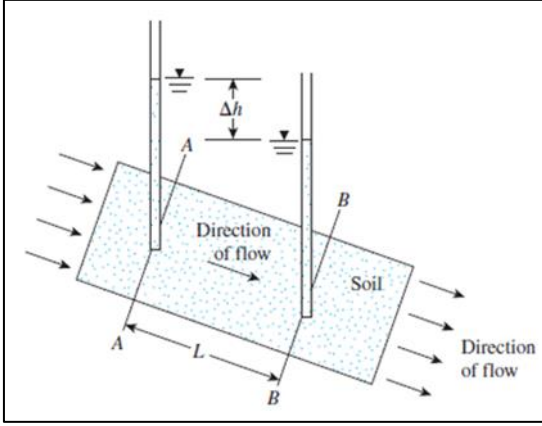
Zeminlerin içindeki birbirlerine bağlı boşluklar sayesinde zeminlerde bulunan su yüksek enerjiye sahip noktalardan düşük enerjiye sahip noktalara akabilmektedir (Das, 2010:160; Sarsby, 2013:103). Doygun zeminlerin içinde birbirleri ile bağlantılı olan boşluklardan suyun geçmesine izin verme özelliğine zeminlerin permeabilitesi (geçirgenliği) denilmektedir (Özaydın, 2016: 62). Zeminlerin su geçirgenliğine yönelik özellikleri ilk defa Fransız mühendis Henry Darcy (1856) tarafından incelenmiştir (Darcy, 1856).

2.1.1. Darcy kanunu

Darcy yaptığı çalışmada doygun temiz kumdan geçen suyun laminar hareket ettiğini kabul ederek zemin içindeki suyun akış hızı (v) ile zeminin hidrolik eğimi (i) arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit etmiştir (Holtz ve diğerleri, 2015:275; Head, 1988:406).

$$v \sim i \quad (2.1)$$

Hidrolik eğim birim uzunluk başına düşen yük kaybı olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2.1’de Darcy’nin temiz kumdan su geçişine yönelik yaptığı deneyde kullandığı düzeneğe gösterildiği gibi zemin içerisinde su A noktasından B noktasına L mesafesini giderken Δh büyüklüğünde bir yük kaybına uğramaktadır. Bu durumda hidrolik eğim Eş.2.2’deki gibi ifade edilmektedir.



Şekil 2.1. Darcy'nin sıvı akışını tanımlamak için kullandığı deney düzeneği (Das, 2011:26)

$$i = \frac{\Delta h}{L} \quad (2.2)$$

Zemin içerisinde geçen suyun hızı ise zeminin içinden geçen suyun toplam debisinin suyun geçtiği tüm alana oranı olarak tanımlanmaktadır (Eş.2.3).

$$v = \frac{q}{A} \quad (2.3)$$

Zemin içinden birim zamanda geçen debi q ve suyun geçtiği zeminin kesit alanı A olarak alındığında Darcy (1856) tarafından zemin içerisinde geçen suyun hızı için geliştirilen formül Eş. 2.4'te gösterilmiştir.

$$v = \frac{q}{A} = ki \quad (2.4)$$

q : zemin içinden birim zamanda geçen debi (m^3/s)

v : zemin içinden geçen suyun drenaj hızı (m/s)

k : hidrolik geçirgenlik (m/s)

i : hidrolik eğim

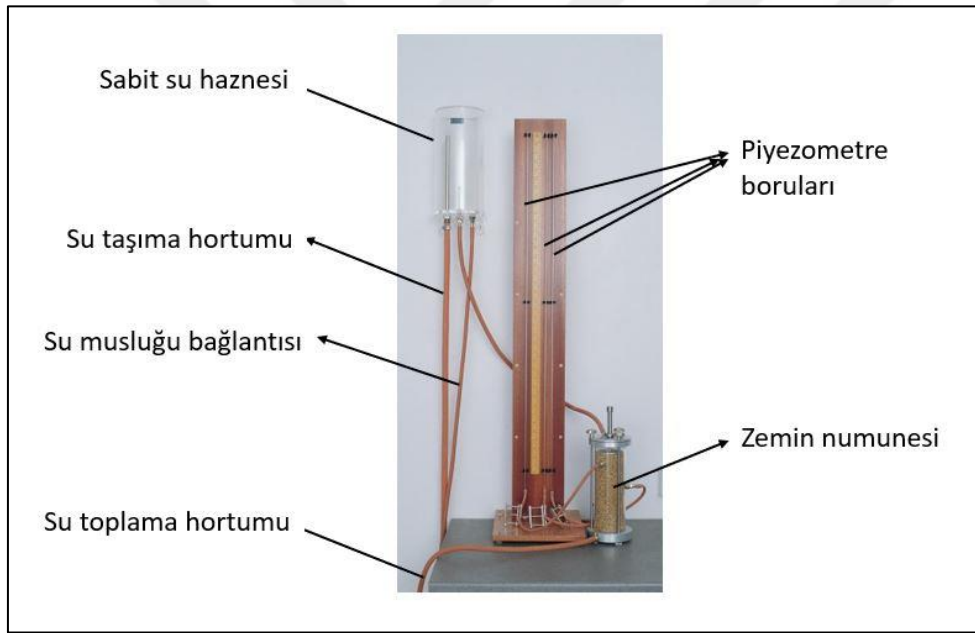
Darcy Yasası Eş.2.4'ten yararlandığında ve hidrolik eğim yerinde yazıldığında zemin içerisinde geçen suyun debisi Eş.2.5'teki gibi ifade edilebilir.

$$q = kiA = k \frac{\Delta h}{L} A \quad (2.5)$$

2.2. Zeminlerin Geçirimlilik Katsayısının Bulunması

Zeminlerin geçirimsizlik katsayısının bulunması için laboratuvarında sabit seviyeli ve düşen seviyeli permeabilite deneyi olmak üzere iki adet deney yapılmaktadır. Konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşın geçirimsizliğinin bulunmasında granüler zeminlerin geçirimsizlik katsayısını bulmakta kullanılan sabit seviyeli permeabilite deneyindeki temel ilkelerden yararlanılmıştır.

Granüler zeminlerin geçirimsizlik katsayısının bulunmasında kullanılan deney düzeneği Şekil 2.2’de verilmiştir. Deney numunesi Şekil 2.2’deki gibi kesit alanı A olan silindirik deney düzeneğine boyu L olacak şekilde yerleştirilir ve suya doymun hale getirilir.



Şekil 2.2. Sabit Seviyeli Permeabilite Deneyi

Daha sonra sürekli aynı basınçta (h) numune içerisinde su akışına izin verilir. Zemin içinden akan su belli bir t süresi için toplanarak hacmi (Q) belirlenir. Elde edilen değerler kullanılarak Eş.2.6 ile zemine ait permeabilite katsayısı belirlenir (Yılmaz, Yıldırım ve Keskin, 2016: 88; Head, 1988:427).

$$k = \frac{QL}{Aht} = \frac{qL}{Ah} \quad (2.6)$$

Q: Toplanan su hacmi(m³)

L: Drenaj yolunun uzunluğu (m)

A: Akış alanı (m^2)

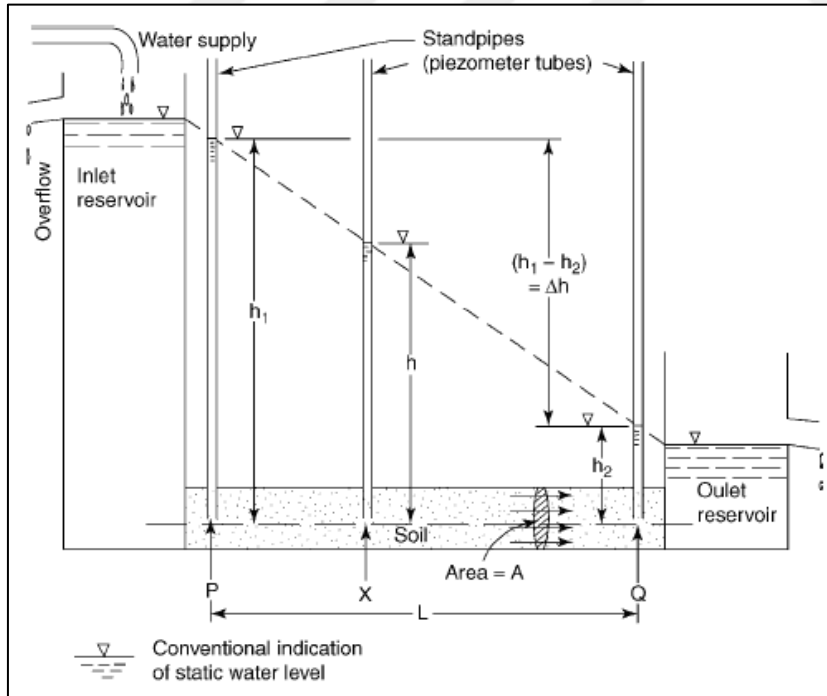
h: Hidrolik yük (m)

t: Geçen süre (s)

q: Birim zamanda geçen su miktarı (debi) (m^3/s)

2.3. Gözenekli Taşların Geçirimlilik Katsayısının Hesaplanmasında Kullanılacak Formülün Çıkarılması

Akışkanlar mekaniğinde, Bernoulli eşitliği bir akışkanın bir noktadaki toplam enerjisini vermektedir. Akışkanlar mekaniğinin kanunları suyun zeminler boyunca akışı için de geçerlidir. Bernoulli eşitliğinde olduğu gibi suyun zemin ortamında ilerlemesi; basınç yüksekliğine, akış hızı yüksekliğine ve yüksekliğe bağlı potansiyel yüke (hidrolik yük) bağlıdır. Çoğu durumda, en önemli parametre, yükseklikten kaynaklanan potansiyel yüküdür (Rajapakse, 2011:39). Zemin numunesi içeren bir tüp boyunca suyun yatay akışı aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Hidrolik eğim altında zemin içinden suyun yatay hareketi (Head ve Epps, 2011:86)

Şekildeki P ve Q noktalarında su seviyesi farkından dolayı zemin içerisinden su P’den Q’ya doğru akmaktadır. Eğer X noktasına piyezometrik tüp yerleştirilirse su seviyesi tüp boyunca

hidrolik eğim seviyesine kadar çıkacaktır. Suyun tüpte yükseldiği bu seviyeye piyezometrik seviye denilmektedir. Suyun basıncı da basınç yüksekliği olarak h ile gösterilmektedir. Bu durum Eş.2.7 ile açıklanabilir (Head ve Epps, 2011:86).

$$P = h \times \gamma_{su} \quad (2.7)$$

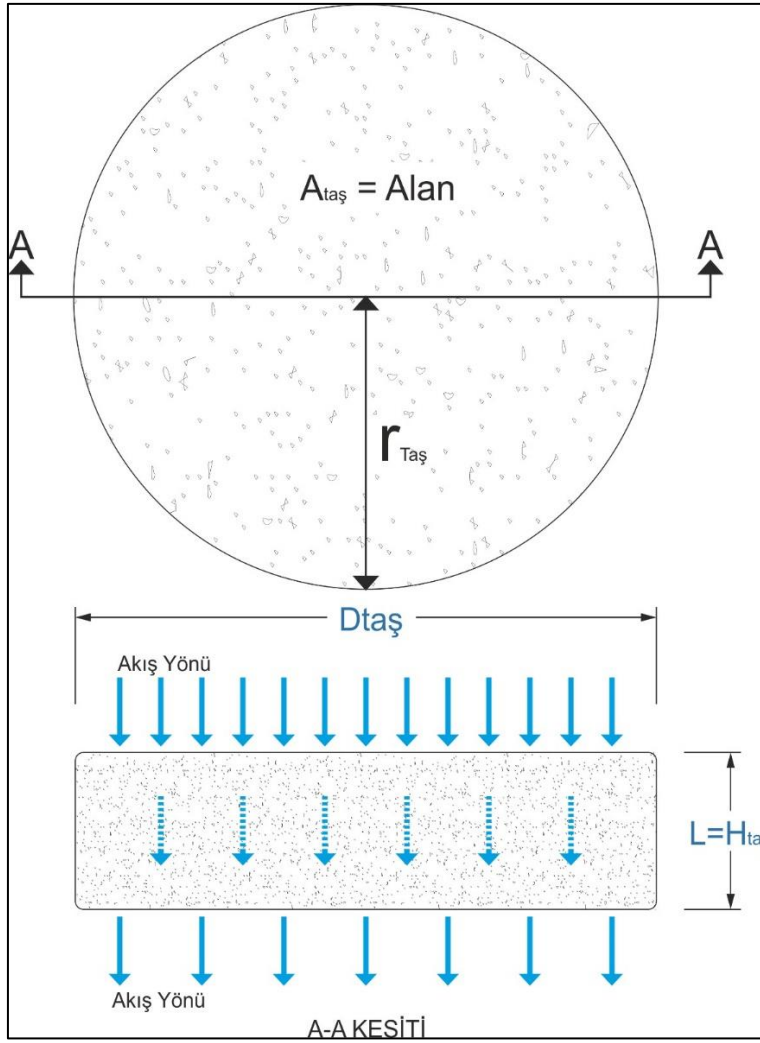
Bu eşitlik h 'yi verecek şekilde yeniden düzenlenirse aşağıdaki Eş.2.8 bağıntısı elde edilir.

$$h = \frac{P}{\gamma_{su}} \quad (2.8)$$

Konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşın geçirimsizliğinin bulunmasında granüler zeminlerin permeabilitesini bulmakta kullanılan sabit seviyeli permeabilite deneyindeki temel ilkelerden yararlanılmıştır. Gözenekli taşlar hem gövdelerinden hem de yanal yüzeylerinden su geçişine izin verdiklerinden taşların geçirimsizlik katsayısını bulmak için iki ayrı formül oluşturulmuştur.

2.3.1. Gözenekli taşların gövde geçirimsizlik katsayısı formülünün çıkarılması

Şekil 2.4'te $D_{taş}$ yarıçapına ve $H_{taş}$ kalınlığına sahip gözenekli taş gövdesinden giren ve gövdesinden çıkan suyun sembolik şekli gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Gövdesinden su girişi ve su çıkışı sağlanan gözenekli taşın sembolik gösterimi

Gözenekli taşın gövdesinden suyun geçmesini sağlamak için belli bir basınç uygulanmalıdır. Gövdesinden su geçişi olan gözenekli taşın gövdesinin geçirimlilik katsayısını bulmak için Darcy Yasası geçirimlilik katsayısı bağıntısı yardımıyla gözenekli taşa uygulanan basınç ile $H_{taş}$ kalınlığına ve $A_{taş}$ yüzey alanına sahip gözenekli taşta oluşan basınç farkı P için gözenekli taşın gövdesine ait geçirimlilik katsayısı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$q = A k i \quad (2.9)$$

$$k = \frac{q}{A i} \quad (2.10)$$

$$k = \frac{q}{A \frac{\Delta h}{L}} \quad (2.11)$$

$$k = \frac{qL}{A\Delta h} \quad (2.12)$$

Eş.2.12’de L drenaj yolu uzunluğu yerine gözenekli taşın kalınlığı ($H_{\text{taş}}$); A akış alanı olarak gözenekli taşın gövdesinin alanı Δh hidrolik yük kaybı yerine de Eş.2.8 yazıldığında gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısını bulmak için aşağıda verilen Eş.2.13 elde edilir.

$$k_{\text{gövde}} = \frac{q_{\text{gövde}} H_{\text{taş}}}{A_{\text{taş}} \frac{P}{\gamma_{\text{su}}}} \quad (2.13)$$

Bu eşitlikte,

q: Taşın gövdesinden birim zamanda geçen su miktarı (m^3/s)

$H_{\text{taş}}$: Gözenekli taşın kalınlığı (m)

$A_{\text{taş}}$: Gözenekli taşın gövdesinin yüzey alanı (m^2)

P: Gözenekli taşa giren suyun basıncı (kN/m^2)

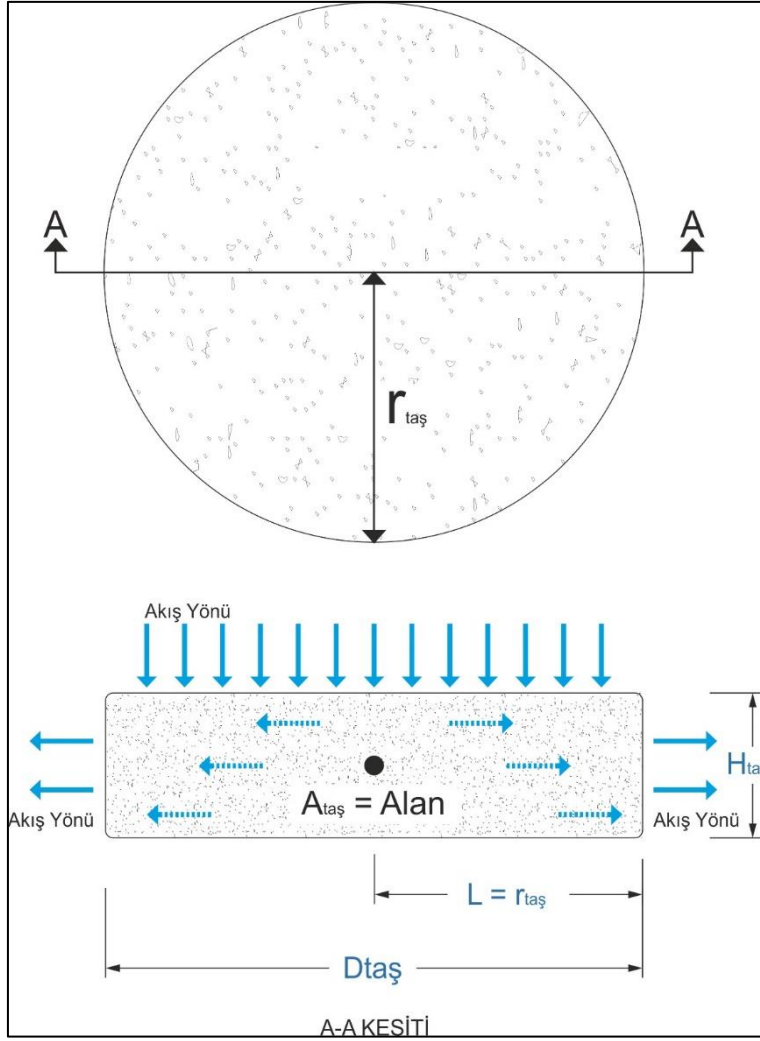
γ_{su} : Suyun yoğunluğu ($9,81 \text{ kN}/\text{m}^3$)

Eş.2.13 için birim analizi yapıldığında gözenekli taş için permeabilite katsayısının biriminin m/s şeklinde bulunduğu görülmektedir.

$$k_{\text{gövde}} = \frac{\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \text{m}}{\text{m}^2 \times \frac{\text{kN}/\text{m}^2}{\text{kN}/\text{m}^3}} = \text{m}/\text{s}$$

2.3.2. Gözenekli taşların yanal geçirimsizlik katsayısı formülünün çıkarılması

Şekil 2.5’te D yarıçapına ve H kalınlığına sahip gözenekli taşa gövdesinden giren ve yanal yüzeylerden çıkan suyun sembolik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.5. Gövdesinden su girişi ve yanal yüzeylerinden su çıkışı sağlanan gözenekli taşın sembolik gösterimi

Gözenekli taşın yanal geçirimlilik katsayısının alabileceği en büyük değeri hesaplamak için merkez noktasından taşa giren bir su molekülünün alacağı yol dikkate alınmıştır. Bu bakımdan alan olarak merkezden geçen A-A kesitinin alanı dikkate alınmıştır. Drenaj yolu uzunluğu olarak da yarıçap dikkate alınmıştır.

Darcy Yasası bağıntısı yardımıyla gözenekli taşın gövde geçirimlilik katsayısı için oluşturulan Eş.2.13'te akış alanı olarak A-A en kesit alanı ($H_{taş} \times D_{taş}$), drenaj yolu olarak da taşın kalınlığı ($H_{taş}$) yerine taşın yarıçapı ($r_{taş}$) konularak gözenekli taşın yanal geçirimlilik katsayısının hesaplanması için aşağıda verilen Eş.2.14 geliştirilmiştir.

$$k_{yan} = \frac{q_{yan} \times r_{taş}}{D_{taş} \times H_{taş} \times \frac{P}{\gamma_{su}}} \quad (2.14)$$

Eş.2.14 için birim analizi yapıldığında gözenekli taşı için permeabilite katsayısının birimi m/s şeklinde bulunmaktadır.

$$k_{yan} = \frac{\frac{m^3}{s} \times m \times (kN/m^3)}{m^2 \times (kN/m^2)} = m/s$$





3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler, Araç ve Gereçler

3.1.1. Gözenekli taşlar

Deneylerde 3 adet yeni, 13 adet eski olmak üzere toplam 16 adet gözenekli taş kullanılmıştır (Resim 3.1).



Resim 3.1. Deneyde kullanılan gözenekli taşlar

“Yeni” olarak nitelendirilen taşlar farklı firmalardan temin edilmiş olup konsolidasyon deneyinde hiç kullanılmıştır. Bu nedenle gözeneklerinin tıkalı olma şüphesi bulunmamaktadır. “Eski” olarak nitelendirilen taşlar ise farklı laboratuvarlarda en az 5 yıldan beri bazıları ise 10 yıldan fazla bir süredir konsolidasyon deneylerinde kullanılan taşlardır.

Bu taşların tahmini kullanım süreleri, geçirimsizlik özellikleri, taşların kalınlıkları, çapları ve taşın kuru yoğunluğu toplu halde Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. İncelenen gözenekli taşlara ait fiziksel değerler

Taşın numarası	Taşın Kalınlığı ($H_{\text{taş}}$)(mm)	Taşın Çapı ($D_{\text{taş}}$)(mm)	Taşın kuru yoğunluğu (ρ_{kuru})(g/cm ³)	Daha önce kullanılma durumu	İmalatçı firma	Taşın gövde/ yan geçirimsizliği
1	6	49,6	-	Yeni	A	Gövde+Yan
2	6,2	49,4	5,37	Eski (~ 5 yıl)	A	Gövde
3	6,2	49,3	2,27	Yeni	B	Gövde+Yan
4	6,3	49,7	2,13	Eski (+10 yıl)	C	Gövde+Yan
5	6,5	49,7	2,19	Eski (+10 yıl)	D	Gövde+Yan
6	6,4	50,9	2,20	Eski (+10 yıl)	E	Gövde+Yan
7	6,3	50,9	2,21	Eski (+10 yıl)	F	Gövde+Yan
8	2,9	49,5	2,23	Yeni	G	Gövde+Yan
9	4,9	49,8	6,51	Eski (~ 5 yıl)	H	Gövde+Yan
10	4,7	49,8	5,90	Eski (~ 5 yıl)	H	Gövde+Yan
11	4,7	49,8	6,16	Eski (~ 5 yıl)	H	Gövde+Yan
12	5	49,8	6,04	Eski (~ 5 yıl)	H	Gövde+Yan
13	5,2	49,8	6,42	Eski (~ 5 yıl)	H	Gövde+Yan
14	4,9	49,8	6,15	Eski (~ 5 yıl)	H	Gövde+Yan
15	4,8	49,2	5,50	Eski (~ 5 yıl)	H	Gövde+Yan
16	5,8	49,2	5,45	Eski (~ 5 yıl)	H	Gövde+Yan

2 ve 9-16 nolu taşlar yaklaşık 5 yıldır kullanılan taşlar olup Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Zemin Mekaniği Laboratuvarından alınmışlardır. Taşların kullanım yoğunluğu yılda yaklaşık 10 deney olarak kaydedilmiştir. 1, 3 ve 8 nolu taşlar farklı üretici firmalardan temin edilmiş olup hiç kullanılmamıştır. 10 yıldan fazla bir süredir kullanıldığı öğrenilen 4, 5, 6 ve 7 nolu taşlar Karayolları Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Üretim yerleri olarak da 1 ve 2 nolu taşlar aynı firmalar tarafından ve 9-16 nolu taşlar aynı firmalar tarafından üretilmişlerdir.

Üretilen bazı gözenekli taşlar kenar yüzeyleri sırlandığından sadece gövdesinden su geçirecek şekilde, bazıları ise hem gövdeden hem de yan yüzeylerinden su geçirecek şekilde üretilmişlerdir. Sadece gövdeden drenaja izin veren taş Resim 3.2.'de, suyun drenajına hem gövdeden hem de yan yüzeylerden izin veren taş ise Resim 3.3'te gösterilmektedir.



Resim 3.2. Sadece gövdeden drenaja izin veren gözenekli taş (Taşın kenarları sırlanmış olduğu için su geçirmiyor.)

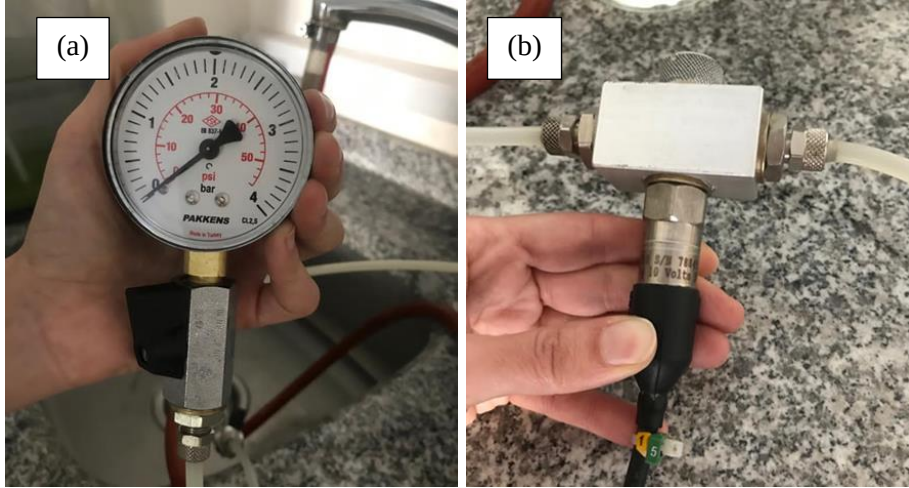


Resim 3.3. Hem gövdeden hem de yanlarda drenaja izin veren gözenekli taş

3.1.2. Su basıncının ölçülmesi için kullanılan cihazlar

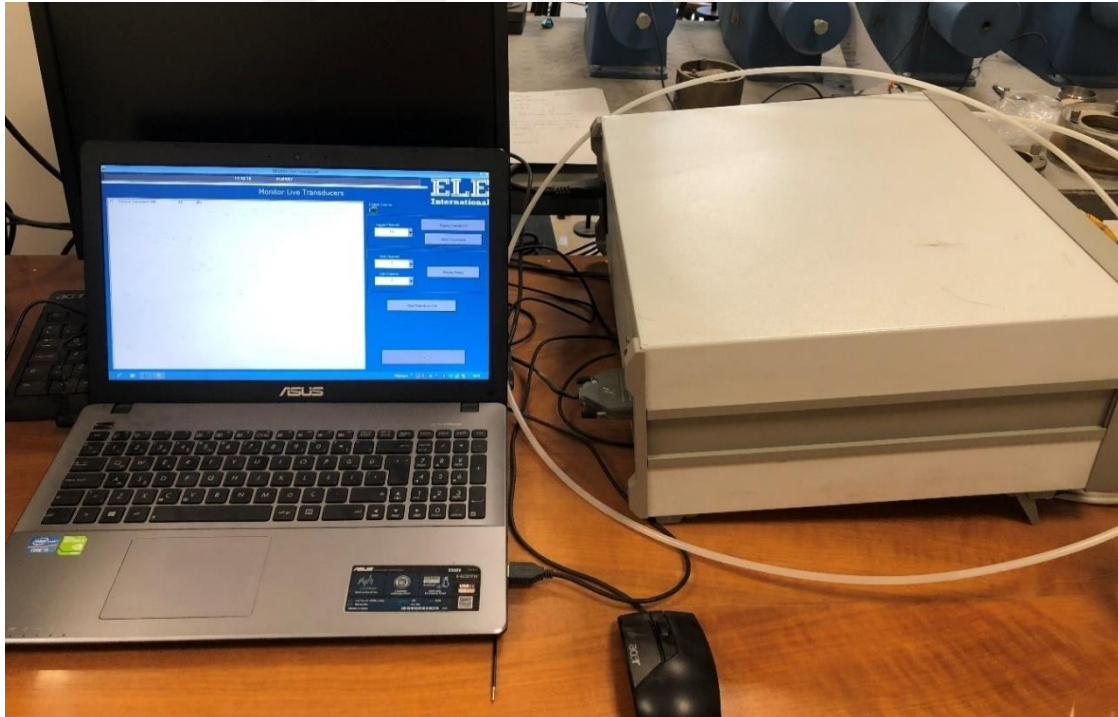
Eş.2.13 ve Eş.2.14'teki basınç parametresinin ölçülmesi için deney sisteminde hem manometre hem de dijital basınç sensörü kullanılmıştır.

Kullanılan manometre tipi kuru tip olup, manometrenin ölçü birimi bar olarak kullanılmıştır. Ölçü aralığı 0-4 bar arası ve hassasiyeti 0.1 bar'dır. Altan bağlantılı olarak sisteme montajı yapılan gövdesi plastik, mekanizması pirinç ve kadranı alüminyumdan üretilmiştir (Resim 3.4.a). Deneyde kullanılan bir diğer basınç ölçme cihazı da dijital basınç sensörüdür (Resim 3.4.b).



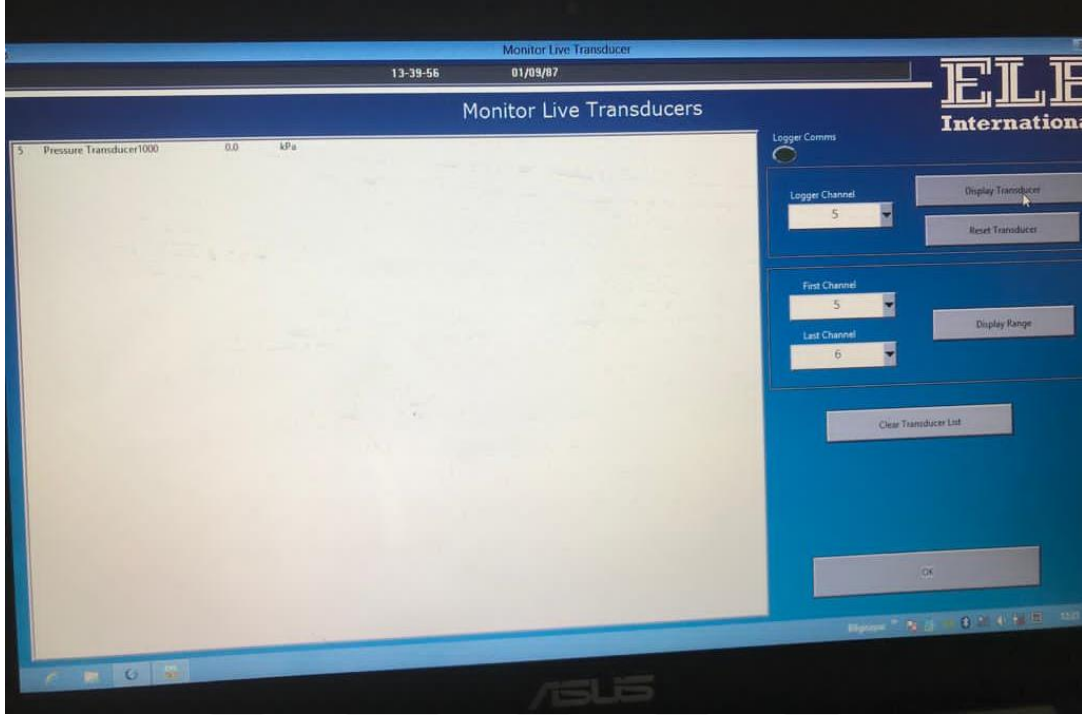
Resim 3.4. Basınç ölçme cihazı a) Manometre; b) Dijital basınç sensörü

Deneyde kullanılan dijital basınç sensörünün içinden geçen suyun miktarına göre analog değer oluşturulmaktadır. Bu analog ölçüm data kablosu ile ADU (Autonomous Data Acquisition Unit)'ya iletilir (Resim 3.5).



Resim 3.5. ADU ve bilgisayar sistemi

ADU'dan alınan bilgi bir diğer data kablosuyla bilgisayara irtibatlanmakta ve kullanılan yazılımın (ELE International DS 7.1) ölçüm ekranından ölçümün sayısal çıktısı alınmaktadır (Resim 3.6). Basınç sensörünün hassasiyeti 0,1 kPa olup ölçüm kapasitesi 1000 kPa'dır.



Resim 3.6. Deneyde kullanılan yazılımın ölçüm ekranı

3.1.3. Su miktarını ölçmekte kullanılan beher ve mezür

Gözenekli taşın gövde ve yanlarından çıkacak olan suyun toplanması için çeşitli ölçülerde kaplar kullanılmıştır. Her bir deneyde kullanılan kaplardan bir tanesi gözenekli taşın yanlarından çıkan suyun toplanması için diğeri ise gözenekli taşın gövdesinden çıkan suyun toplanması için kullanılmıştır. Toplanan su daha sonra 5 ml'lik hassasiyete sahip kapasitesi 500 ml olan bir mezürde birleştirilerek suyun miktarı ölçülmüştür (Resim 3.7).



Resim 3.7. Su basıncının ölçülmesinde kullanılan beherler ve mezür

3.1.4. Su kaynağı

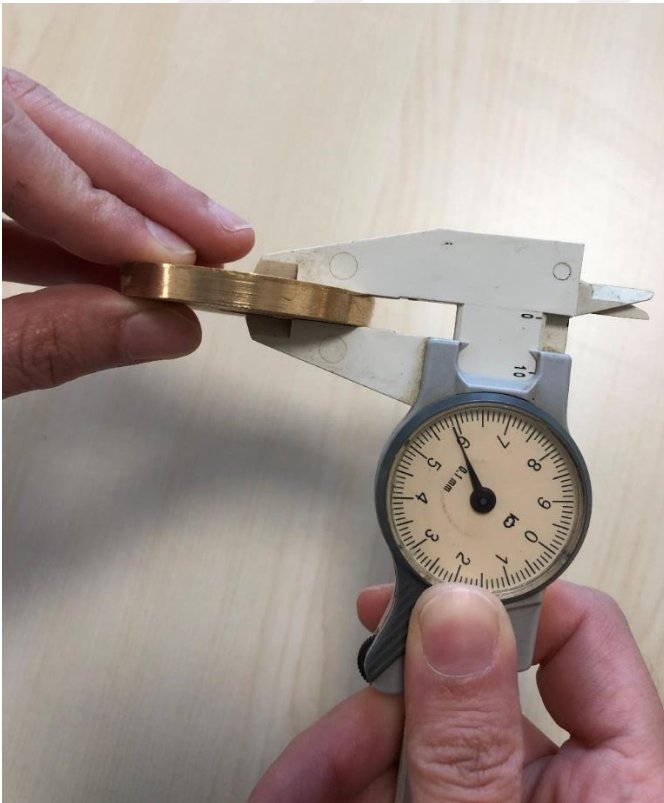
Cihazla yapılan ilk deneylerde, havası alınmış su cihazı kullanılmıştır. Havası alınmış su cihazının tankından permeabilite cihazına su verilmiştir. Ancak havası alınmış su cihazından çıkan suyun basıncının sabit olmaması nedeniyle daha sonraki deneylerde çeşme suyu kullanılmıştır. Şebekeden gelen suyun basıncı musluk vasıtası ile sabit tutulmaya çalışılmıştır.

3.1.5. Kumpas

Konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşların çaplarını ve kalınlıklarını ölçmek için saatli kumpas kullanılmıştır. Saatli kumpasın ölçüm aralığı 150 mm olup 0,1 mm hassasiyete sahiptir. Resim 3.8’de taşın çapının, Resim 3.9’da ise taşın kalınlığının ölçülmesi gösterilmiştir. Taşın çapı ve kalınlığı taşın birkaç farklı noktasından ölçülmüştür.



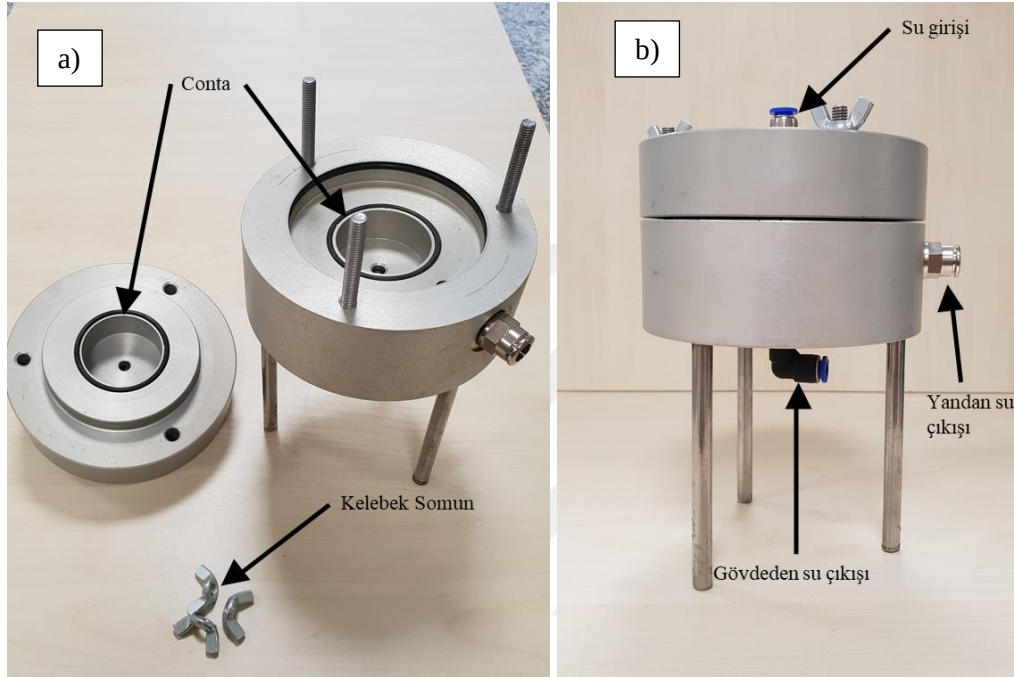
Resim 3.8. Taşın çapının ölçülmesi (Kadran 49,2 mm'yi göstermektedir)



Resim 3.9. Taşın kalınlığının ölçülmesi (Kadran 5,9 mm'yi göstermektedir)

3.1.6. Permeabilite ölçüm cihazı

Bu çalışmada; konsolidasyon deneyinde kullanılan gözenekli taşların geçirimsizliği Sayın Doç. Dr. Mustafa ÖZER tarafından geliştirilen permeabilite cihazı¹ kullanılarak ölçülmüştür (Resim 3.10)



Resim 3.10. Gözenekli taşların geçirimsizliğinin ölçülmesinde kullanılan permeabilite ölçüm cihazı; a) cihazın iç yapısı; b) cihazın su giriş/çıkış bağlantıları

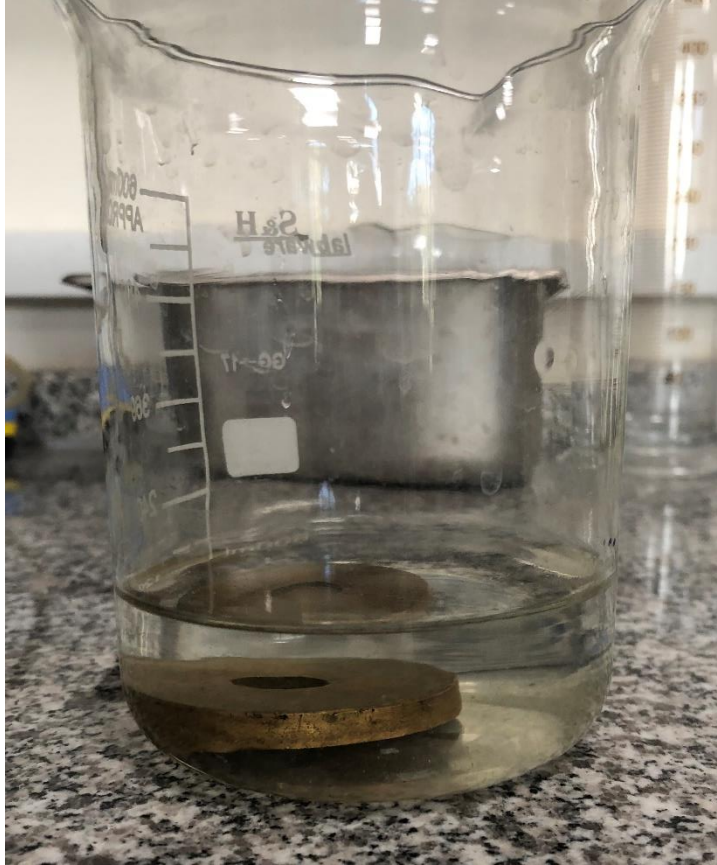
Permeabilite cihazı paslanmaz çelikten üretilmiştir. Sistemin yüksekliği 18 cm, çapı ise 12 cm'dir. Permeabilite cihazı üç ayak üzerinde bulunan, içerisine gözenekli taşın koyulacağı alt tabladan ve taşın üzerine kapatılacak üst başlıktan oluşmaktadır. Permeabilite cihazının üç ayak üzerinde duran alt tablasında 3 adet vida, cihazın üst başlığında ise bu vidaların geçeceği 3 adet delik bulunmaktadır. Permeabilite cihazının üst başlığında gözenekli taş girecek olan suyun giriş bölmesi yer almaktadır. Alt tablada da gözenekli taş özelliğine göre gözenekli taşın gövdesinden ve yan kısımlarından çıkacak suyun çıkış bölmeleri bulunmaktadır (Resim 3.10.a).

¹ Söz konusu cihaz için Doç. Dr. Mustafa ÖZER tarafından patent başvurusunda bulunulacaktır.

Gözenekli taş, cihazın ortasındaki yuvaya contalara hizalı şekilde yerleştirilmekte, cihazın üst başlığı kapatılmakta ve vidalarla sıkılmaktadır (Resim 3.10.b). Su girişi cihazın üst kısmından yapılmakta, taşın gövdesinden geçen su alt kısımdaki çıkıştan, yanlarından geçen su ise cihazın yanındaki çıkıştan yapılmaktadır (Resim 3.10.a)

3.2. Deney Yöntemi

Gözenekli taşlar permeabilite cihazına yerleştirilmeden önce suya doygun olması için 24 saat boyunca su içinde bekletilmiştir (Resim 3.11).



Resim 3.11. Gözenekli taşların su içerisinde bekletilmesi

Suya doygun hale gelen gözenekli taş permeabilite cihazının alt kısmına contayla hizalanacak şekilde yerleştirilmiştir (Resim 3.12).



Resim 3.12. Taşın permeabilite cihazına yerleştirilmesi

Cihazın üst başlığı yerine yerleştirilmiş ve kelebek somunlar vasıtasıyla sıkılarak üst başlık alt başlığa sabitlenmiştir (Resim 3.13).



Resim 3.13. Üst başlığın yerleştirilmesi ve kelebek somunların sıkılması

Bu işlemler tamamlandıktan sonra cihaza su girişini sağlamak için cihazın üst başlığında bulunan su giriş borusuna 5 mm çapında hortum takılmıştır (Resim 3.14).



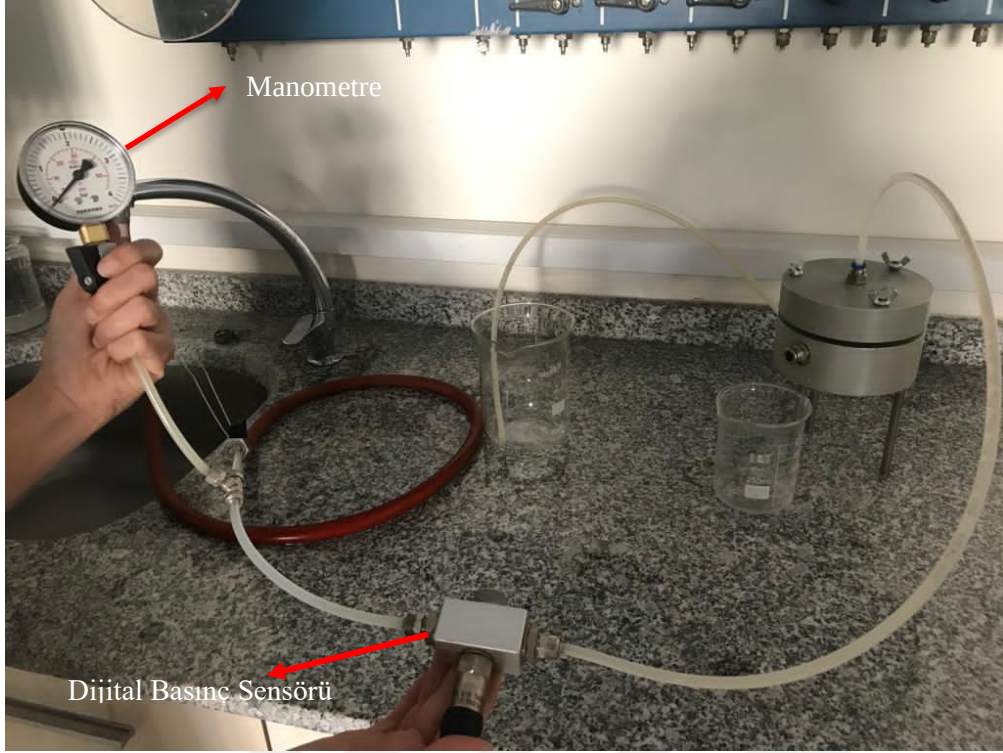
Resim 3.14. Permeabilite cihazına su giriş hortumunun takılması

Üst başlığa takılan su giriş hortumunun diğer ucu uygun aparatlar kullanılarak musluğa bağlanmıştır (Resim 3.15).



Resim 3.15. Su giriş hortumunun musluğa bağlanması

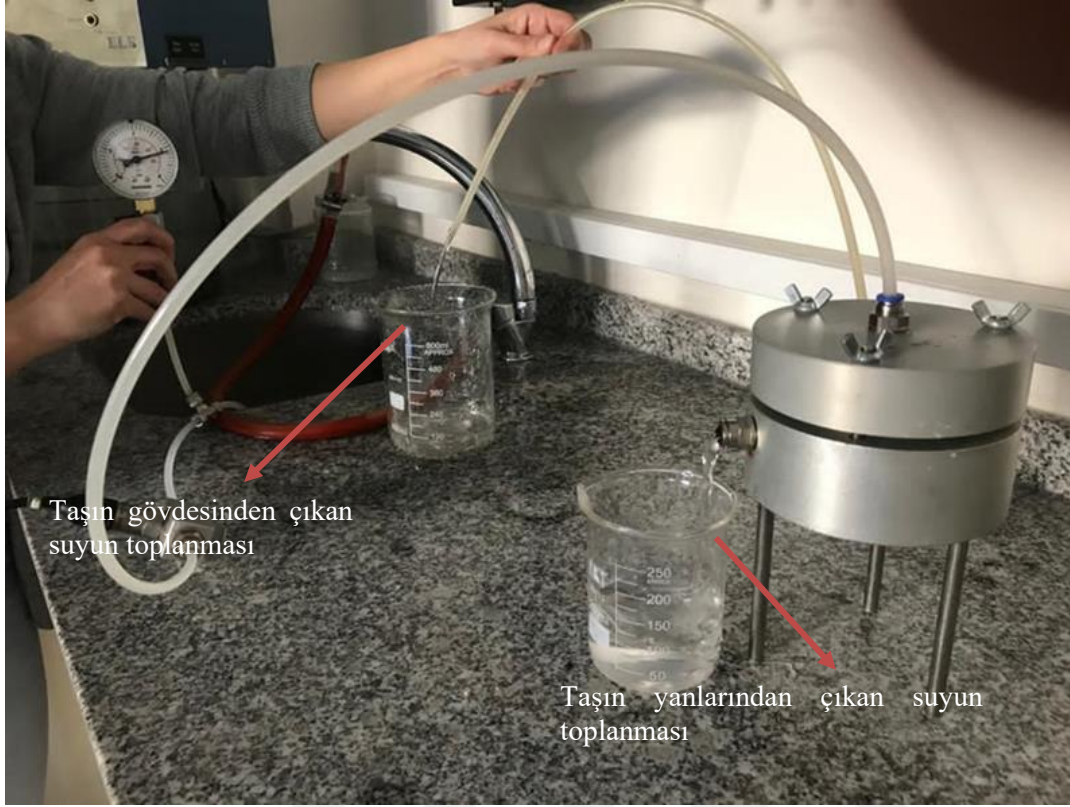
Deney sırasında gözenekli taştan geçen suyun basıncını ölçebilmek için musluk ile su giriş borusu arasına dijital basınç sensörü ve manometre yerleştirilmiştir (Resim 3.16).



Resim 3.16. Sistemdeki basınç ölçerler ve cihazın su kaynağı ile bağlantısı

Daha sonra musluk açılarak gözenekli taştan kararlı bir akış olana kadar bir müddet bekletilmiştir. Deneyde istenilen basınç musluk vasıtası ile ayarlanmıştır.

Gözenekli taştan geçen suyun düzenli akışı sağlandıktan sonra su çıkış hortumlarının ucuna çıkan suyu toplamak amacıyla beher yerleştirilmiş ve aynı anda kronometre çalıştırılarak süre ölçümü yapılmıştır. Beherde belli bir miktar su toplandıktan sonra kronometre durdurulmuş ve zaman, toplanan su miktarı ve geçen su basıncı değerleri kaydedilmiştir. Hem gövdeden hem de yanlardan suyun drene olmasına izin veren gözenekli taşlarda her iki çıkış hortumun ucuna da beher yerleştirilmiş ve çıkan su miktarı ölçülmüştür (Resim 3.17).



Resim 3.17. Çıkan suyun toplanması

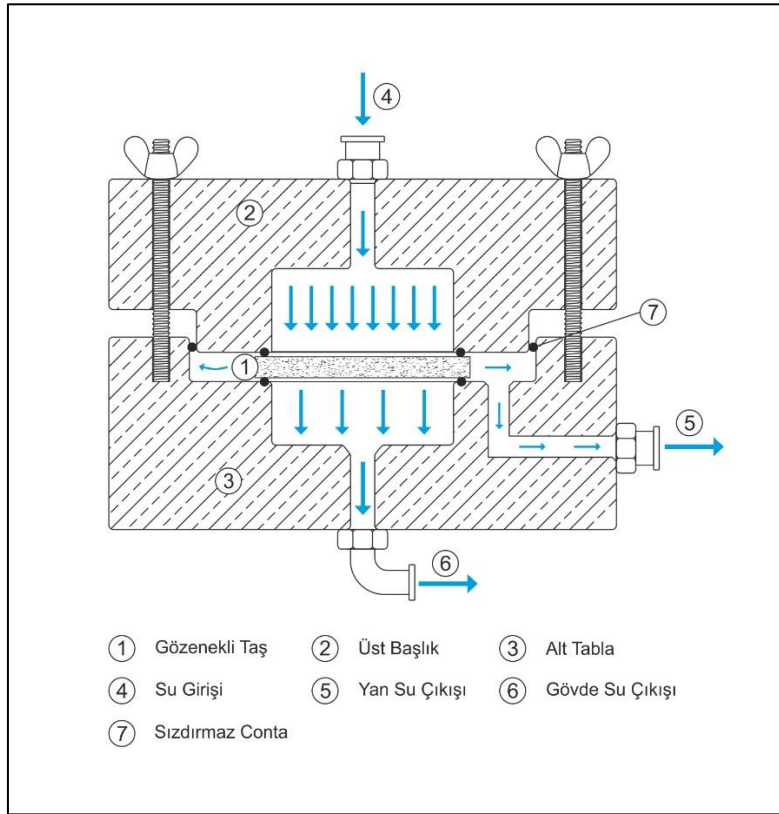
Beherlerde toplanan su miktarı mezür yardımıyla ölçülmüştür (Resim 3.18).



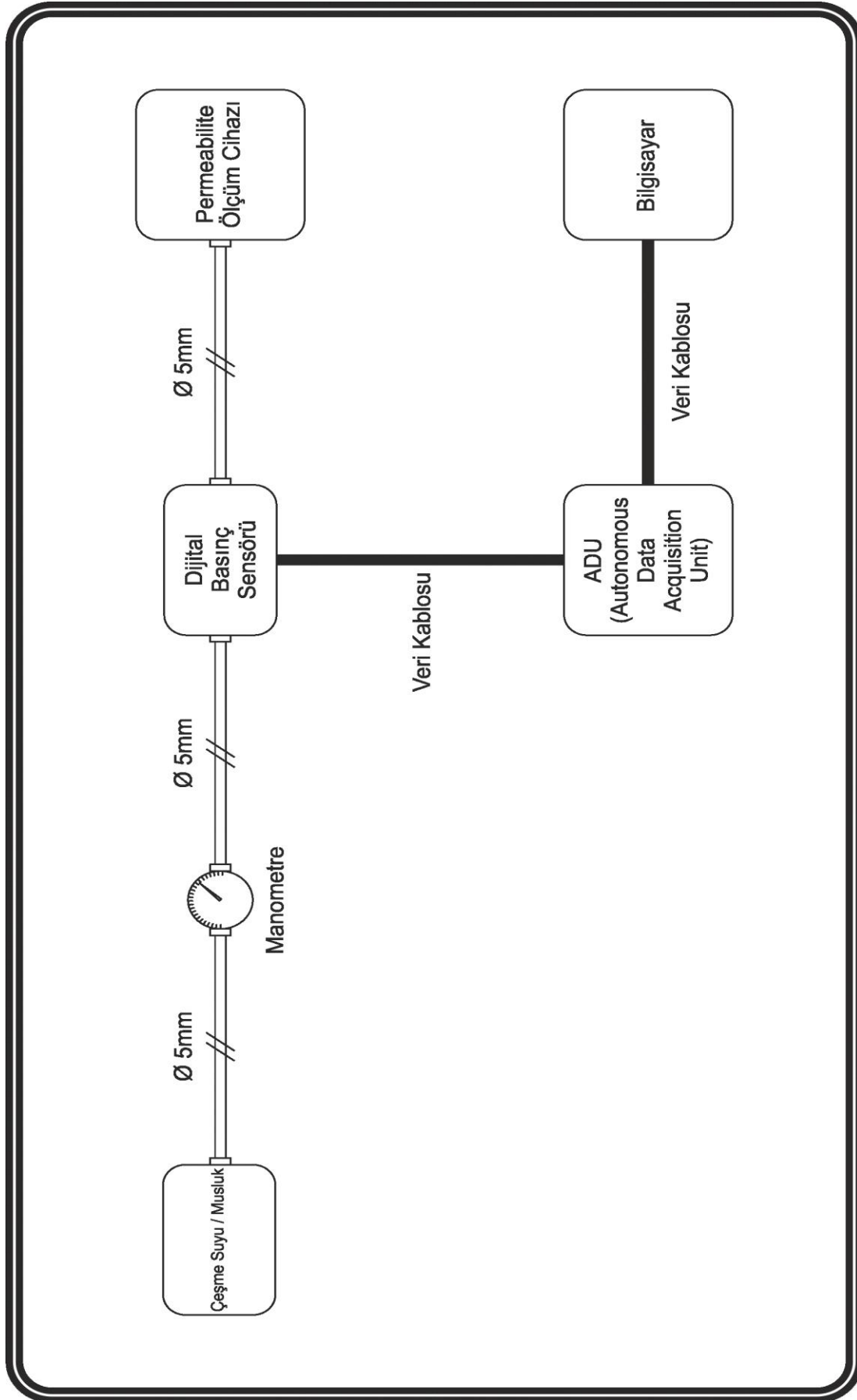
Resim 3.18. Mezür yardımıyla toplanan suyun miktarının ölçülmesi

Su miktarı ölçümü gövdeden çıkan su ve yanlardan çıkan su için ayrı ayrı yapılarak kaydedilmiştir. Gözenekli taşlardan çıkan suyun miktarının artmasıyla beraber kullanılan beher boyutu da artırılmıştır.

Permeabilite cihazının şematik çizimi Şekil 3.1’de, deneyde kullanılan aparatları basitleştirilmiş bağlantı şeması Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Gözenekli taş giren suyun izlediği yolun sembolik gösterimi



Şekil 3.2. Deneyde kullanılan cihazların basitleştirilmiş bağlantı şeması

4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Deneyisel çalışmalarda suyun basıncı hem manometre ile hem de dijital basınç ölçer ile ölçülmüştür. Her bir deneyden sonra elde edilen zaman, basınç ve toplanan su değerleri ayrı ayrı kaydedilmiştir.

Elde edilen veriler kullanılarak Eş.2.13 ve Eş.2.14 yardımıyla gözenekli taşlarının geçirimsilik katsayıları hesaplanmıştır.

Her bir taşın ölçümü en az 3 kez tekrar edilmiş ve elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması alınarak taşların geçirimsilik katsayısının hesaplanmasında kullanılmıştır.

Tekrarlı ölçümlerde toplanan su hacmi (Q) sonuçlarının birbirine $\pm\%5$ oranında yakın olmasına dikkat edilmiştir. Şebeke suyundaki basınç düzensizliklerinden ve musluk ile basınç ayarlamadaki güçlüklerden dolayı sonuçlarda önemli fark görüldüğünde deney tekrar edilmiş ve birbirine $\pm\%5$ oranında yakın en az 3 sonuç alınıncaya kadar ölçümler tekrarlanmıştır. Deney sırasında birbirine $\pm\%5$ oranında yakın sonuçların (Q) elde edilmesinde birim zamanda ölçülen su miktarı dikkate alınmıştır. 9 nolu taşta 200 kPa basınçta yapılan deneylerde birbirine $\pm\%5$ oranında birbirine yakın 3 deney elde edilememiştir. Yapılan birçok denemenin sonucunda en yakın $\pm\%25$ oranında olan sonuçlar elde edilmiştir.

Su basıncının hesaplanan geçirimsilik katsayısı üzerindeki etkisini görebilmek için her bir taşın ölçümü 50, 100, 150 ve 200 kPa olmak üzere 4 farklı nominal basınç uygulanarak ölçülmüştür. Deneylerde taşın geçirimsilik katsayısını bulurken hedeflenen basınç “nominal basınç” olarak adlandırılmıştır. Deneylerde suyun basıncı musluk vasıtası ile ayarlandığı için nominal basınç ile ölçülen basınç bir miktar farklı olabilmektedir. Bu nedenle geçirimsilik katsayısı hesaplanırken nominal basınç değil deney sırasında ölçülen gerçek basınç değerleri kullanılmıştır.

Basınç ölçümleri hem manometre hem de dijital basınç ölçer kullanılarak yapıldığı için hesaplamalar her ikisi için ayrı ayrı yapılmıştır.

Gövde geçirimlilik katsayısının hesaplanmasında kullanılan yüzey alanı ($A_{\text{taş}}$) bulunurken cihazda taşın yerleştirildiği contanın iç kısmında kalan yüzey alanı alınarak hesaplanmıştır. Buna göre contanın iç kısmında kalan taşın çapı 43 mm olarak ölçülmüş, alanı ise $1,45 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ olarak hesaplanmıştır.

Taşların üzerinde gerçekleştirilen tüm ölçümlerin sonuçları çizelgeler halinde ekte verilmiştir. EK-1’de manometre, EK-2’de ise dijital basınç ölçer ile yapılan ölçülerin sonuçları verilmiştir. Bazı deneylerde toplanan su hacmi (Q) bakımından $\pm\%5$ oranında yakın sonuç elde edebilmek için 4-9 kez deney yapılmış olup ekteki çizelgelerde bu deneylerin hepsinin sonucu verilmiştir. Bu deneylerin içinden ortalama hesaplamak için toplanan su hacmi (Q) sonuçlarının birbirine $\pm\%5$ oranında yakın değerler veren 3 deney sonucu gri zeminle gösterilmiştir.

16 adet gözenekli taş üzerinde manometre ve dijital basınç ölçer ile 50, 100, 150 ve 200 kPa nominal basınç altında yapılan deneylerde elde edilen debi değerleri ve hesaplanan geçirimlilik katsayıları Çizelge 4.1 ile Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.1. 50 kPa nominal basınç altında yapılan ölçüm sonuçları

Taş No	Geçirimlilik katsayısı, k(m/s) (Manometre)			Geçirimlilik katsayısı, k(m/s) (Dijital)			Debi, q(ml/s)		
	Gövde	Yan	Toplam	Gövde	Yan	Toplam	Gövde	Yan	Toplam
1	$1,66 \times 10^{-5}$	$1,01 \times 10^{-4}$	$1,18 \times 10^{-4}$	$2,08 \times 10^{-5}$	$1,27 \times 10^{-4}$	$1,47 \times 10^{-4}$	20,47	6,15	26,62
2	$3,49 \times 10^{-6}$	0	$3,49 \times 10^{-6}$	$3,79 \times 10^{-6}$	0	$3,79 \times 10^{-6}$	4,22	0	4,22
3	$1,11 \times 10^{-5}$	$2,56 \times 10^{-4}$	$2,67 \times 10^{-4}$	$1,55 \times 10^{-5}$	$3,56 \times 10^{-4}$	$3,72 \times 10^{-4}$	13,3	16,2	29,50
4	$4,74 \times 10^{-6}$	$6,57 \times 10^{-5}$	$7,04 \times 10^{-5}$	$5,14 \times 10^{-6}$	$7,12 \times 10^{-5}$	$7,64 \times 10^{-5}$	6,12	4,63	10,75
5	$4,80 \times 10^{-6}$	$2,03 \times 10^{-4}$	$2,08 \times 10^{-4}$	$5,42 \times 10^{-6}$	$2,29 \times 10^{-4}$	$2,34 \times 10^{-4}$	5,47	13,45	18,92
6	$1,29 \times 10^{-5}$	$2,53 \times 10^{-4}$	$2,66 \times 10^{-4}$	$1,64 \times 10^{-5}$	$3,20 \times 10^{-4}$	$3,36 \times 10^{-4}$	15,27	16,83	32,10
7	$1,59 \times 10^{-5}$	$1,66 \times 10^{-4}$	$1,82 \times 10^{-4}$	$1,88 \times 10^{-5}$	$1,96 \times 10^{-4}$	$2,15 \times 10^{-4}$	20,50	11,73	32,23
8	$7,21 \times 10^{-6}$	$1,57 \times 10^{-4}$	$1,65 \times 10^{-4}$	$8,39 \times 10^{-6}$	$1,83 \times 10^{-4}$	$1,91 \times 10^{-4}$	18,40	4,65	23,05
9	$1,17 \times 10^{-6}$	$5,61 \times 10^{-5}$	$5,72 \times 10^{-5}$	$1,26 \times 10^{-6}$	$6,06 \times 10^{-5}$	$6,19 \times 10^{-5}$	1,77	2,80	4,57
10	$9,71 \times 10^{-6}$	$1,92 \times 10^{-4}$	$2,02 \times 10^{-4}$	$1,08 \times 10^{-5}$	$2,14 \times 10^{-4}$	$2,25 \times 10^{-4}$	14,87	8,95	23,82
11	$7,59 \times 10^{-6}$	$2,01 \times 10^{-4}$	$2,09 \times 10^{-4}$	$9,50 \times 10^{-6}$	$2,52 \times 10^{-4}$	$2,62 \times 10^{-4}$	11,95	9,65	21,60
12	$8,41 \times 10^{-6}$	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,88 \times 10^{-4}$	$1,03 \times 10^{-5}$	$2,19 \times 10^{-4}$	$2,29 \times 10^{-4}$	12,45	9,13	21,58
13	$8,60 \times 10^{-6}$	$1,93 \times 10^{-4}$	$2,02 \times 10^{-4}$	$1,05 \times 10^{-5}$	$2,35 \times 10^{-4}$	$2,46 \times 10^{-4}$	12,23	10,23	22,47
14	$4,14 \times 10^{-6}$	$1,63 \times 10^{-4}$	$1,67 \times 10^{-4}$	$4,93 \times 10^{-6}$	$1,94 \times 10^{-4}$	$1,99 \times 10^{-4}$	6,25	8,13	14,38
15	$7,53 \times 10^{-6}$	$3,47 \times 10^{-5}$	$4,22 \times 10^{-5}$	$8,14 \times 10^{-6}$	$3,81 \times 10^{-5}$	$4,62 \times 10^{-5}$	12,30	1,80	14,10
16	$1,29 \times 10^{-5}$	$2,21 \times 10^{-4}$	$2,34 \times 10^{-4}$	$1,77 \times 10^{-5}$	$3,03 \times 10^{-4}$	$3,20 \times 10^{-4}$	17,17	13,60	30,77

Çizelge 4.2. 100 kPa nominal basınç altında yapılan ölçüm sonuçları

Taş No	Geçirimlilik katsayısı, k(m/s) (Manometre)			Geçirimlilik katsayısı, k(m/s) (Dijital)			Debi, q(ml/s)		
	Gövde	Yan	Toplam	Gövde	Yan	Toplam	Gövde	Yan	Toplam
1	1,25 x10 ⁻⁵	1,03 x10 ⁻⁴	1,16 x10 ⁻⁴	1,53 x10 ⁻⁵	1,12 x10 ⁻⁴	1,28 x10 ⁻⁴	30,9	12,63	43,53
2	3,11 x10 ⁻⁶	0	3,11 x10 ⁻⁶	3,25 x10 ⁻⁶	0	3,25 x10 ⁻⁶	7,78	0	7,78
3	8,51 x10 ⁻⁶	2,39 x10 ⁻⁴	2,48 x10 ⁻⁴	1,07 x10 ⁻⁵	3,01 x10 ⁻⁴	3,11 x10 ⁻⁴	19,96	29,8	49,76
4	3,76 x10 ⁻⁶	5,76 x10 ⁻⁵	6,14 x10 ⁻⁵	3,91 x10 ⁻⁶	6,00 x10 ⁻⁵	6,39 x10 ⁻⁵	8,92	7,45	16,37
5	3,37 x10 ⁻⁶	1,78 x10 ⁻⁴	1,81 x10 ⁻⁴	3,66 x10 ⁻⁶	1,94 x10 ⁻⁴	1,97 x10 ⁻⁴	7,67	23,6	31,27
6	1,29 x10 ⁻⁵	2,53 x10 ⁻⁴	2,66 x10 ⁻⁴	1,09 x10 ⁻⁵	2,55 x10 ⁻⁴	2,66 x10 ⁻⁴	21	27,67	48,67
7	1,19 x10 ⁻⁵	1,26 x10 ⁻⁴	1,38 x10 ⁻⁴	1,42 x10 ⁻⁵	1,50 x10 ⁻⁴	1,65 x10 ⁻⁴	27,93	16,17	44,10
8	5,09 x10 ⁻⁶	1,16 x10 ⁻⁴	1,21 x10 ⁻⁴	5,66 x10 ⁻⁶	1,28 x10 ⁻⁴	1,34 x10 ⁻⁴	25,97	6,84	32,80
9	1,01 x10 ⁻⁶	5,19 x10 ⁻⁵	5,29 x10 ⁻⁵	1,02 x10 ⁻⁶	5,26 x10 ⁻⁵	5,36 x10 ⁻⁵	3,10	5,27	8,37
10	6,98 x10 ⁻⁶	1,81 x10 ⁻⁴	1,88 x10 ⁻⁴	7,75 x10 ⁻⁶	2,01 x10 ⁻⁴	2,09 x10 ⁻⁴	21,97	17,33	39,30
11	5,76 x10 ⁻⁶	1,75 x10 ⁻⁴	1,80 x10 ⁻⁴	6,66 x10 ⁻⁶	2,01 x10 ⁻⁴	2,08 x10 ⁻⁴	18,27	16,83	35,10
12	6,35 x10 ⁻⁶	1,51 x10 ⁻⁴	1,57 x10 ⁻⁴	7,47 x10 ⁻⁶	1,78 x10 ⁻⁴	1,86 x10 ⁻⁴	18,80	15,40	34,20
13	6,63 x10 ⁻⁶	1,57 x10 ⁻⁴	1,64 x10 ⁻⁴	7,62 x10 ⁻⁶	1,81 x10 ⁻⁴	1,88 x10 ⁻⁴	18,87	16,67	35,53
14	3,80 x10 ⁻⁶	1,52 x10 ⁻⁴	1,56 x10 ⁻⁴	4,12 x10 ⁻⁶	1,65 x10 ⁻⁴	1,70 x10 ⁻⁴	12,70	18,50	31,20
15	6,17 x10 ⁻⁶	3,62 x10 ⁻⁵	4,24 x10 ⁻⁵	6,51 x10 ⁻⁶	3,82 x10 ⁻⁵	4,47 x10 ⁻⁵	19,13	3,57	22,70
16	9,25 x10 ⁻⁶	2,03 x10 ⁻⁴	2,12 x10 ⁻⁴	1,16 x10 ⁻⁵	2,54 x10 ⁻⁴	2,65 x10 ⁻⁴	23,60	24,00	47,60

Çizelge 4.3. 150 kPa nominal basınç altında yapılan ölçüm sonuçları

Taş No	Geçirimlilik katsayısı, k(m/s) (Manometre)			Geçirimlilik katsayısı, k(m/s) (Dijital)			Debi, q(ml/s)		
	Gövde	Yan	Toplam	Gövde	Yan	Toplam	Gövde	Yan	Toplam
1	1,01 x10 ⁻⁵	9,45 x10 ⁻⁵	1,05 x10 ⁻⁴	1,21 x10 ⁻⁵	1,12 x10 ⁻⁴	1,25 x10 ⁻⁴	37,5	17,33	54,83
2	2,91 x10 ⁻⁶	0	2,91 x10 ⁻⁶	2,96 x10 ⁻⁶	0	2,96 x10 ⁻⁶	10,4	0	10,40
3	6,73 x10 ⁻⁶	2,01 x10 ⁻⁴	2,08 x10 ⁻⁴	8,21 x10 ⁻⁶	2,45 x10 ⁻⁴	2,54 x10 ⁻⁴	24,1	38,17	62,27
4	3,22 x10 ⁻⁶	5,35 x10 ⁻⁵	5,67 x10 ⁻⁵	3,33 x10 ⁻⁶	5,53 x10 ⁻⁵	5,86 x10 ⁻⁵	11,3	10,27	21,57
5	2,31 x10 ⁻⁶	1,72 x10 ⁻⁴	1,74 x10 ⁻⁴	2,53 x10 ⁻⁶	1,88 x10 ⁻⁴	1,91 x10 ⁻⁴	7,9	34,17	42,07
6	7,48 x10 ⁻⁶	1,94 x10 ⁻⁴	2,02 x10 ⁻⁴	9,12 x10 ⁻⁶	2,37 x10 ⁻⁴	2,46 x10 ⁻⁴	25,93	38,07	64,00
7	9,92 x10 ⁻⁶	1,17 x10 ⁻⁴	1,27 x10 ⁻⁴	1,18 x10 ⁻⁵	1,39 x10 ⁻⁴	1,51 x10 ⁻⁴	35,33	22,80	58,13
8	4,30 x10 ⁻⁶	1,01 x10 ⁻⁴	1,06 x10 ⁻⁴	4,81 x10 ⁻⁶	1,13 x10 ⁻⁴	1,18 x10 ⁻⁴	32,93	9,00	41,93
9	9,22 x10 ⁻⁷	4,98 x10 ⁻⁵	5,08 x10 ⁻⁵	9,25 x10 ⁻⁷	4,99 x10 ⁻⁵	5,09 x10 ⁻⁵	7,57	11,80	19,37
10	5,70 x10 ⁻⁶	1,91 x10 ⁻⁴	1,97 x10 ⁻⁴	6,42 x10 ⁻⁶	2,16 x10 ⁻⁴	2,22 x10 ⁻⁴	26,90	27,50	54,40
11	5,01 x10 ⁻⁶	1,75 x10 ⁻⁴	1,80 x10 ⁻⁴	5,78 x10 ⁻⁶	2,02 x10 ⁻⁴	2,08 x10 ⁻⁴	23,67	25,17	48,83
12	5,38 x10 ⁻⁶	1,48 x10 ⁻⁴	1,53 x10 ⁻⁴	6,31 x10 ⁻⁶	1,73 x10 ⁻⁴	1,79 x10 ⁻⁴	23,90	22,57	46,47
13	5,55 x10 ⁻⁶	1,64 x10 ⁻⁴	1,70 x10 ⁻⁴	6,49 x10 ⁻⁶	1,92 x10 ⁻⁴	1,99 x10 ⁻⁴	24,00	26,50	50,50
14	3,42 x10 ⁻⁶	1,41 x10 ⁻⁴	1,45 x10 ⁻⁴	3,77 x10 ⁻⁶	1,56 x10 ⁻⁴	1,59 x10 ⁻⁴	15,50	21,20	36,70
15	4,91 x10 ⁻⁶	3,68 x10 ⁻⁵	4,17 x10 ⁻⁵	5,26 x10 ⁻⁶	3,94 x10 ⁻⁵	4,47 x10 ⁻⁵	22,70	5,40	28,10
16	6,97 x10 ⁻⁶	1,82 x10 ⁻⁴	1,89 x10 ⁻⁴	8,86 x10 ⁻⁶	2,31 x10 ⁻⁴	2,40 x10 ⁻⁴	26,67	32,23	58,90

Çizelge 4.4. 200 kPa nominal basınç altında yapılan ölçüm sonuçları

Taş No	Geçirimsizlik katsayısı, k(m/s) (Manometre)			Geçirimsizlik katsayısı, k(m/s) (Dijital)			Debi, q(ml/s)		
	Gövde	Yan	Toplam	Gövde	Yan	Toplam	Gövde	Yan	Toplam
1	8,43 x10 ⁻⁶	8,61 x10 ⁻⁵	9,45 x10 ⁻⁵	9,95 x10 ⁻⁶	1,02 x10 ⁻⁴	1,12 x10 ⁻⁴	41,57	21,07	62,64
2	2,62 x10 ⁻⁶	0	2,62 x10 ⁻⁶	2,64 x10 ⁻⁶	0	2,64 x10 ⁻⁶	12,6	0	12,60
3	5,71 x10 ⁻⁶	1,81 x10 ⁻⁴	1,87 x10 ⁻⁴	7,01 x10 ⁻⁶	2,22 x10 ⁻⁴	2,29 x10 ⁻⁴	27,27	45,8	73,07
4	3,04 x10 ⁻⁶	5,18 x10 ⁻⁵	5,48 x10 ⁻⁵	3,14 x10 ⁻⁶	5,34 x10 ⁻⁵	5,65 x10 ⁻⁵	14,37	13,5	27,87
5	2,16 x10 ⁻⁶	1,60 x10 ⁻⁴	1,63 x10 ⁻⁴	2,37 x10 ⁻⁶	1,76 x10 ⁻⁴	1,78 x10 ⁻⁴	9,83	42,5	52,33
6	6,63 x10 ⁻⁶	1,70 x10 ⁻⁴	1,77 x10 ⁻⁴	8,04 x10 ⁻⁶	2,06 x10 ⁻⁴	2,14 x10 ⁻⁴	30,67	44,33	75,00
7	8,52 x10 ⁻⁶	1,11 x10 ⁻⁴	1,19 x10 ⁻⁴	1,02 x10 ⁻⁵	1,33 x10 ⁻⁴	1,44 x10 ⁻⁴	40,00	28,50	68,50
8	3,03 x10 ⁻⁶	2,33 x10 ⁻⁴	2,36 x10 ⁻⁴	3,51 x10 ⁻⁶	2,69 x10 ⁻⁴	2,73 x10 ⁻⁴	30,93	27,50	58,43
9	4,97 x10 ⁻⁷	2,63 x10 ⁻⁵	2,67 x10 ⁻⁵	4,96 x10 ⁻⁷	2,62 x10 ⁻⁵	2,67 x10 ⁻⁵	5,50	8,65	14,15
10	4,79 x10 ⁻⁶	1,73 x10 ⁻⁴	1,78 x10 ⁻⁴	5,44 x10 ⁻⁶	1,97 x10 ⁻⁴	2,03 x10 ⁻⁴	30,33	33,43	63,77
11	4,36 x10 ⁻⁶	1,59 x10 ⁻⁴	1,64 x10 ⁻⁴	4,92 x10 ⁻⁶	1,80 x10 ⁻⁴	1,85 x10 ⁻⁴	27,43	30,57	58,00
12	4,73 x10 ⁻⁶	1,40 x10 ⁻⁴	1,45 x10 ⁻⁴	5,41 x10 ⁻⁶	1,60 x10 ⁻⁴	1,65 x10 ⁻⁴	28,00	28,50	56,50
13	4,79 x10 ⁻⁶	1,48 x10 ⁻⁴	1,53 x10 ⁻⁴	5,48 x10 ⁻⁶	1,69 x10 ⁻⁴	1,75 x10 ⁻⁴	27,27	31,43	58,70
14	3,01 x10 ⁻⁶	1,34 x10 ⁻⁴	1,37 x10 ⁻⁴	3,28 x10 ⁻⁶	1,46 x10 ⁻⁴	1,49 x10 ⁻⁴	18,30	26,97	45,27
15	4,69 x10 ⁻⁶	3,99 x10 ⁻⁵	4,45 x10 ⁻⁵	5,07 x10 ⁻⁶	4,31 x10 ⁻⁵	4,82 x10 ⁻⁵	28,90	7,80	36,70
16	5,79 x10 ⁻⁶	1,74 x10 ⁻⁴	1,80 x10 ⁻⁴	7,13 x10 ⁻⁶	2,14 x10 ⁻⁴	2,22 x10 ⁻⁴	29,53	41,17	70,70

Gözenekli taşların farklı basınçlar altında ölçülen toplam geçirimsizlik katsayıları ise özet halinde Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelge 4.5'te manometre ile yapılan ölçüm sonuçlarından hesaplanan geçirimsizlik katsayıları, Çizelge 4.6'da dijital basınç sensörü ile yapılan ölçüm sonuçları verilmiştir. Gözenekli taşlarla yapılan deneylerin sonundaki taşın gövdesinden ve yanlarından geçen toplam debileri ise Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı basınçlar uygulanarak gerçekleştirilen deney sonuçlarıyla hesaplanan geçirgenlik katsayıları (Basınç ölçümleri manometre ile yapılmıştır)

Taş No	k _{taş} (m/s)			
	P=50 kPa ile	P=100 kPa ile	P=150 kPa ile	P=200 kPa ile
1	1,18x10 ⁻⁴	1,16 x10 ⁻⁴	1,05 x10 ⁻⁴	9,45 x10 ⁻⁵
2	3,49 x10 ⁻⁶	3,11 x10 ⁻⁶	2,91 x10 ⁻⁶	2,62 x10 ⁻⁶
3	2,67 x10 ⁻⁴	2,48 x10 ⁻⁴	2,08 x10 ⁻⁴	1,87 x10 ⁻⁴
4	7,04x10 ⁻⁵	6,10 x10 ⁻⁵	5,65 x10 ⁻⁵	5,48 x10 ⁻⁵
5	2,08 x10 ⁻⁴	1,81 x10 ⁻⁴	1,74 x10 ⁻⁴	1,63 x10 ⁻⁴
6	2,66x10 ⁻⁴	2,21 x10 ⁻⁴	2,02 x10 ⁻⁴	1,77 x10 ⁻⁴
7	1,82 x10 ⁻⁴	1,38 x10 ⁻⁴	1,27 x10 ⁻⁴	1,19 x10 ⁻⁴
8	1,65x10 ⁻⁴	1,21 x10 ⁻⁴	1,06 x10 ⁻⁴	2,36 x10 ⁻⁴
9	5,72x10 ⁻⁵	5,29x10 ⁻⁵	5,08 x10 ⁻⁵	2,67 x10 ⁻⁵
10	2,02x10 ⁻⁴	1,88 x10 ⁻⁴	1,97 x10 ⁻⁴	1,78 x10 ⁻⁴
11	2,09x10 ⁻⁴	1,80 x10 ⁻⁴	1,80 x10 ⁻⁴	1,64 x10 ⁻⁴
12	1,88x10 ⁻⁴	1,57 x10 ⁻⁴	1,53 x10 ⁻⁴	1,45 x10 ⁻⁴
13	2,02x10 ⁻⁴	1,64 x10 ⁻⁴	1,70 x10 ⁻⁴	1,53 x10 ⁻⁴
14	1,67x10 ⁻⁴	1,56 x10 ⁻⁴	1,45 x10 ⁻⁴	1,37 x10 ⁻⁴
15	4,22x10 ⁻⁵	4,24 x10 ⁻⁵	4,17 x10 ⁻⁵	4,45 x10 ⁻⁵
16	2,34x10 ⁻⁴	2,12 x10 ⁻⁴	1,89 x10 ⁻⁴	1,80 x10 ⁻⁴

Çizelge 4.6. Farklı basınçlar uygulanarak gerçekleştirilen deney sonuçlarıyla hesaplanan geçirgenlik katsayıları (Basınç ölçümleri dijital basınç sensörü ile yapılmıştır)

Taş No	$k_{taş}$ (m/s)			
	P=50 kPa ile	P=100 kPa ile	P=150 kPa ile	P=200 kPa ile
1	$1,47 \times 10^{-4}$	$1,41 \times 10^{-4}$	$1,25 \times 10^{-4}$	$1,12 \times 10^{-4}$
2	$3,79 \times 10^{-6}$	$3,25 \times 10^{-6}$	$2,96 \times 10^{-6}$	$2,64 \times 10^{-6}$
3	$3,72 \times 10^{-4}$	$3,11 \times 10^{-4}$	$2,54 \times 10^{-4}$	$2,29 \times 10^{-4}$
4	$7,64 \times 10^{-5}$	$6,35 \times 10^{-5}$	$5,86 \times 10^{-5}$	$5,66 \times 10^{-5}$
5	$2,34 \times 10^{-4}$	$1,97 \times 10^{-4}$	$1,91 \times 10^{-4}$	$1,78 \times 10^{-4}$
6	$3,36 \times 10^{-4}$	$2,66 \times 10^{-4}$	$2,46 \times 10^{-4}$	$2,15 \times 10^{-4}$
7	$2,15 \times 10^{-4}$	$1,65 \times 10^{-4}$	$1,51 \times 10^{-4}$	$1,44 \times 10^{-4}$
8	$1,91 \times 10^{-4}$	$1,34 \times 10^{-4}$	$1,18 \times 10^{-4}$	$2,73 \times 10^{-4}$
9	$6,19 \times 10^{-5}$	$5,36 \times 10^{-5}$	$5,09 \times 10^{-5}$	$2,67 \times 10^{-5}$
10	$2,25 \times 10^{-4}$	$2,09 \times 10^{-4}$	$2,22 \times 10^{-4}$	$2,03 \times 10^{-4}$
11	$2,62 \times 10^{-4}$	$2,08 \times 10^{-4}$	$2,08 \times 10^{-4}$	$1,85 \times 10^{-4}$
12	$2,29 \times 10^{-4}$	$1,86 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,65 \times 10^{-4}$
13	$2,46 \times 10^{-4}$	$1,90 \times 10^{-4}$	$1,99 \times 10^{-4}$	$1,75 \times 10^{-4}$
14	$1,99 \times 10^{-4}$	$1,70 \times 10^{-4}$	$1,59 \times 10^{-4}$	$1,49 \times 10^{-4}$
15	$4,63 \times 10^{-5}$	$4,47 \times 10^{-5}$	$4,47 \times 10^{-5}$	$4,82 \times 10^{-5}$
16	$3,20 \times 10^{-4}$	$2,65 \times 10^{-4}$	$2,40 \times 10^{-4}$	$2,22 \times 10^{-4}$

Çizelge 4.7. Farklı basınçlar uygulanarak gerçekleştirilen deney sonunda ölçülen toplam debi değerleri

Taş No	$q_{taş}$ (ml/s)			
	P=50 kPa ile	P=100 kPa ile	P=150 kPa ile	P=200 kPa ile
1	26,70	43,53	54,83	62,63
2	4,22	7,78	10,40	12,60
3	29,50	49,73	62,27	73,07
4	10,75	16,37	21,57	27,87
5	18,92	31,27	42,07	52,33
6	32,10	48,67	64,00	75,00
7	32,23	44,10	58,13	68,50
8	23,10	32,80	41,93	58,43
9	4,57	8,37	11,80	8,65
10	23,82	39,30	54,40	63,77
11	21,60	35,10	48,83	58,00
12	21,58	34,20	46,47	56,50
13	22,47	35,53	50,50	58,70
14	14,38	27,23	36,70	45,27
15	14,10	22,70	28,10	36,70
16	30,77	47,60	58,90	70,70

Deneylerde manometre ve dijital basınç sensörü üzerinde okunan nominal basınç değerleri Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelge 4.8’de manometre ekranında okunan nominal basınç değerleri, Çizelge 4.9’da ise dijital basınç sensöründen okunan nominal basınç değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.8. Manometreden okunan nominal basınç değerleri

Taş No	P (kPa)			
	P=50 kPa ile	P=100 kPa ile	P=150 kPa ile	P=200 kPa ile
1	50,00	100,00	150,00	200,00
2	50,67	105,00	150,00	201,33
3	50,00	98,33	150,00	200,00
4	55,00	101,33	150,00	203,00
5	50,00	100,00	150,00	200,00
6	51,00	100,00	150,00	200,00
7	55,00	100,00	151,67	200,00
8	50,00	100,00	150,00	200,00
9	50,00	101,67	152,00	209,67
10	48,67	100,00	150,00	201,33
11	50,00	100,67	150,00	200,00
12	50,00	100,00	150,00	200,00
13	50,00	100,00	152,00	200,00
14	50,00	102,00	150,00	201,67
15	53,00	100,67	150,00	200,00
16	52,00	100,00	150,00	200,00

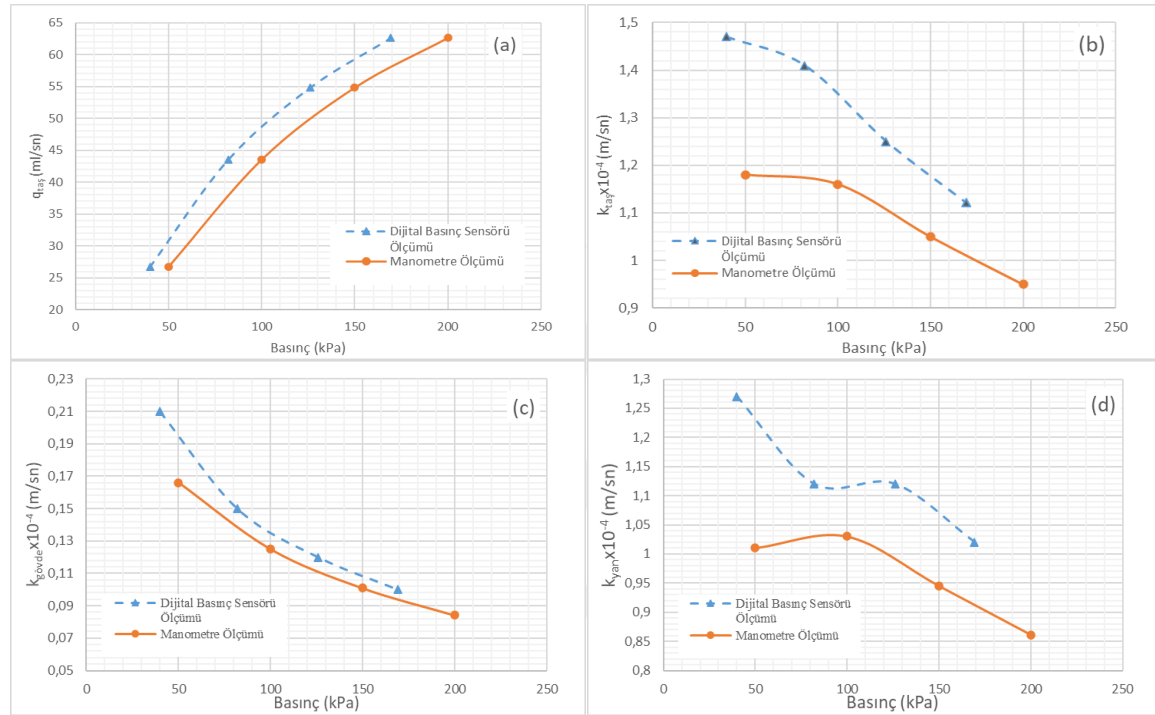
Çizelge 4.9. Dijital basınç sensöründen okunan nominal basınç değerleri

Taş No	P (kPa)			
	P=50 kPa ile	P=100 kPa ile	P=150 kPa ile	P=200 kPa ile
1	40,00	82,00	126,00	169,33
2	46,67	100,40	147,33	200,00
3	36,00	78,33	123,00	163,00
4	50,67	97,33	144,67	196,33
5	44,33	92,00	137,00	182,33
6	40,33	83,00	123,00	165,00
7	46,50	83,67	127,67	166,33
8	43,00	90,00	134,33	172,67
9	46,33	100,33	151,67	210,33
10	43,67	90,00	133,00	177,00
11	40,87	87,33	130,00	177,00
12	41,00	85,00	128,00	175,00
13	41,00	87,00	130,00	175,00
14	42,00	94,00	136,33	184,67
15	48,33	95,33	140,00	185,00
16	38,00	80,00	118,00	162,33

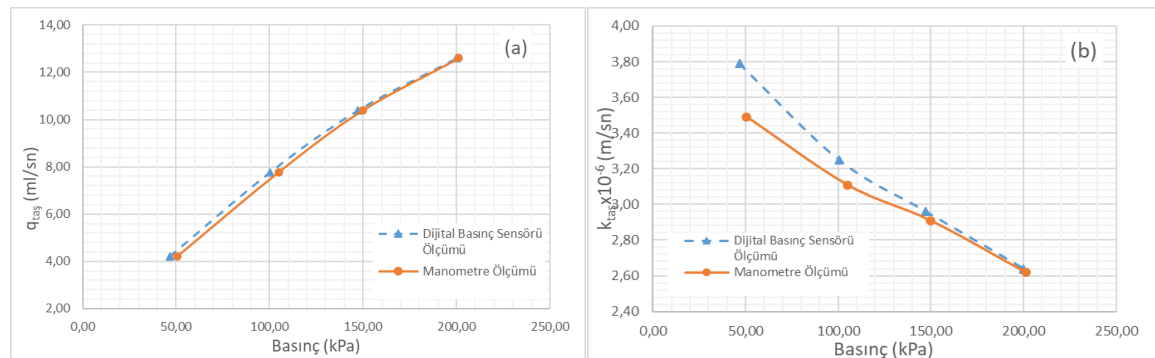
Her bir taş için ölçülen debi ve hesaplanan geçirgenlik katsayısı değerleri Şekil 1 ila 16'da verilmiştir.

Manometre ile ölçülen basınç değerleri dijital basınç sensörü ile ölçülen değerden daha fazla çıkmıştır. Bunun sebebi de her iki basınç ölçüm cihazının çalışma prensibinin birbirinden farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Dijital basınç sensörü ile elde edilen basınç

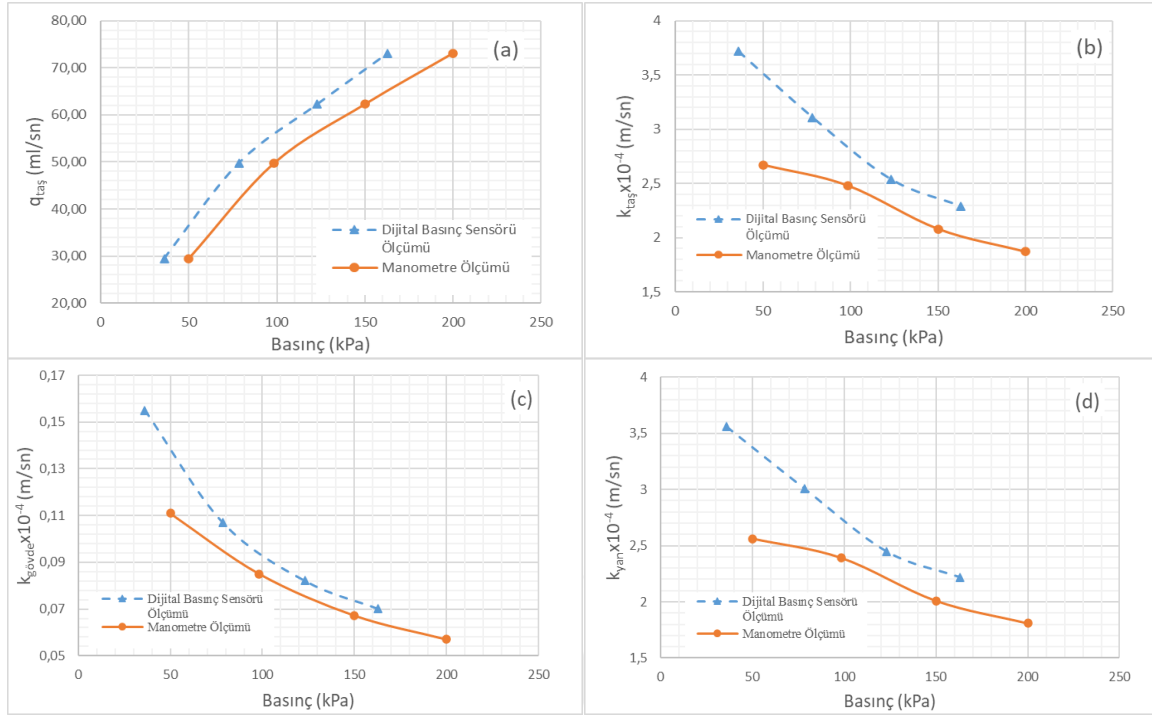
değerlerinde dalgalanma olduğundan ortalama değer alınmıştır. Bu sebeple manometre ile elde edilen değerlerin daha doğru olduğu düşünülmüştür. Ayrıca manometre basınç değerleri ile hesaplanan geçirimlilik katsayıları dijital basınç sensörü ile hesaplanan geçirimlilik katsayılarından daha düşük değer verdiğinden; değerlendirme yapılırken manometre basınç değerleri ile hesaplanan geçirimlilik katsayıları kullanılmıştır.



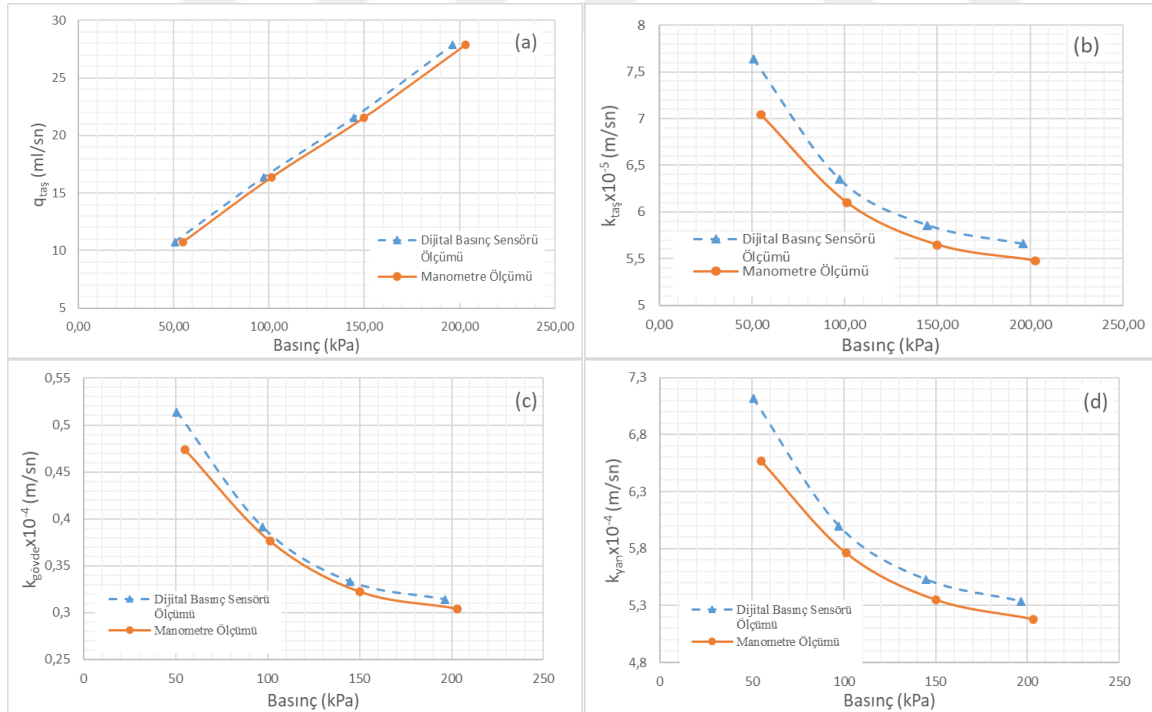
Şekil 4.1. 1 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimliliğinin basınçla birlikte değişimi



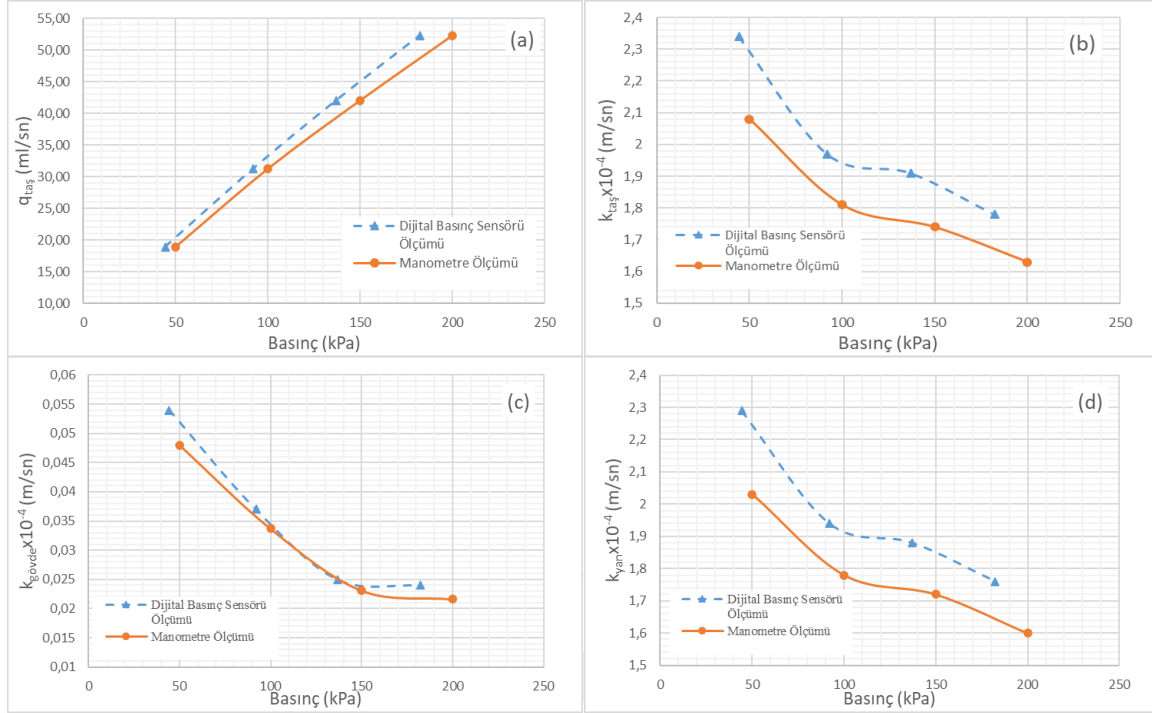
Şekil 4.2. 2 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) geçirimliliğin basınçla birlikte değişimi (Bu taşın yanları geçirimsizdir.)



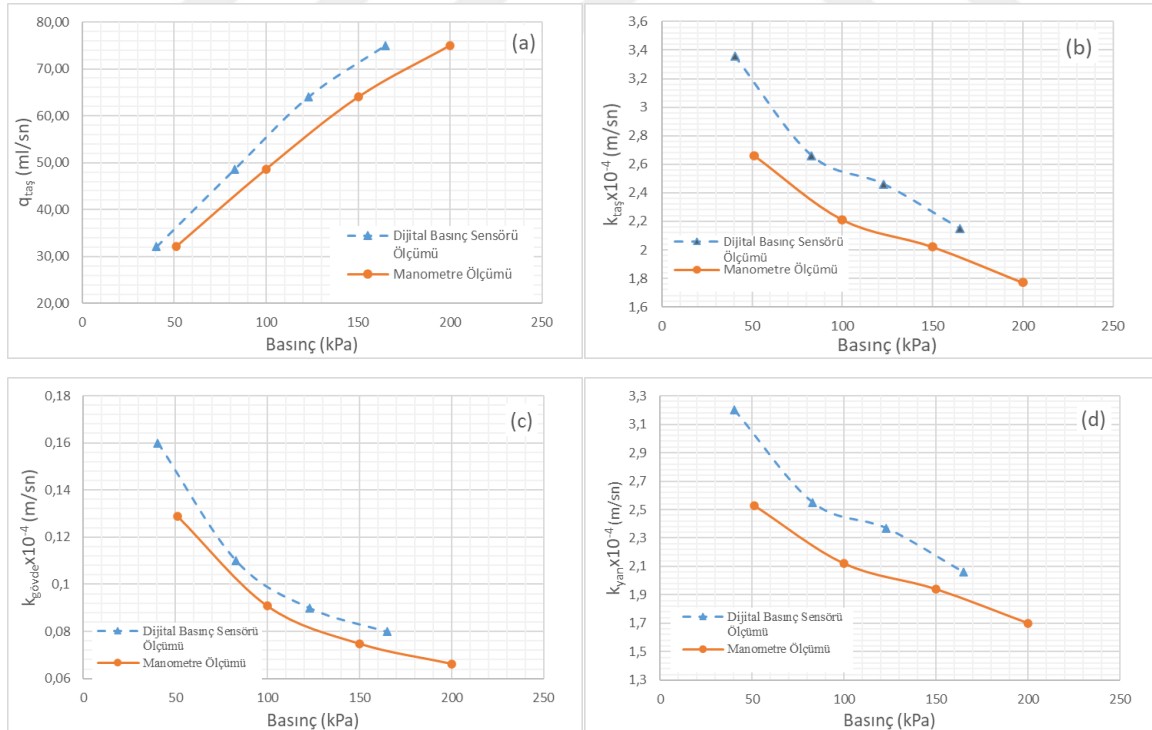
Şekil 4.3. 3 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsiliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi



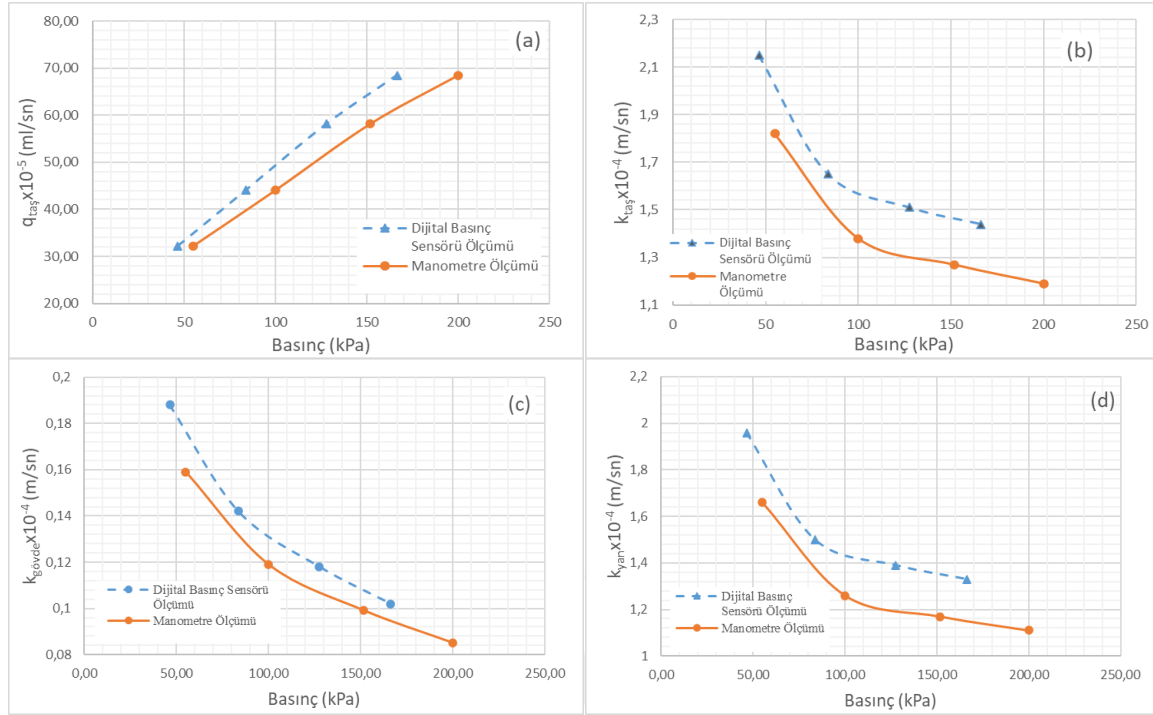
Şekil 4.4. 4 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsiliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi



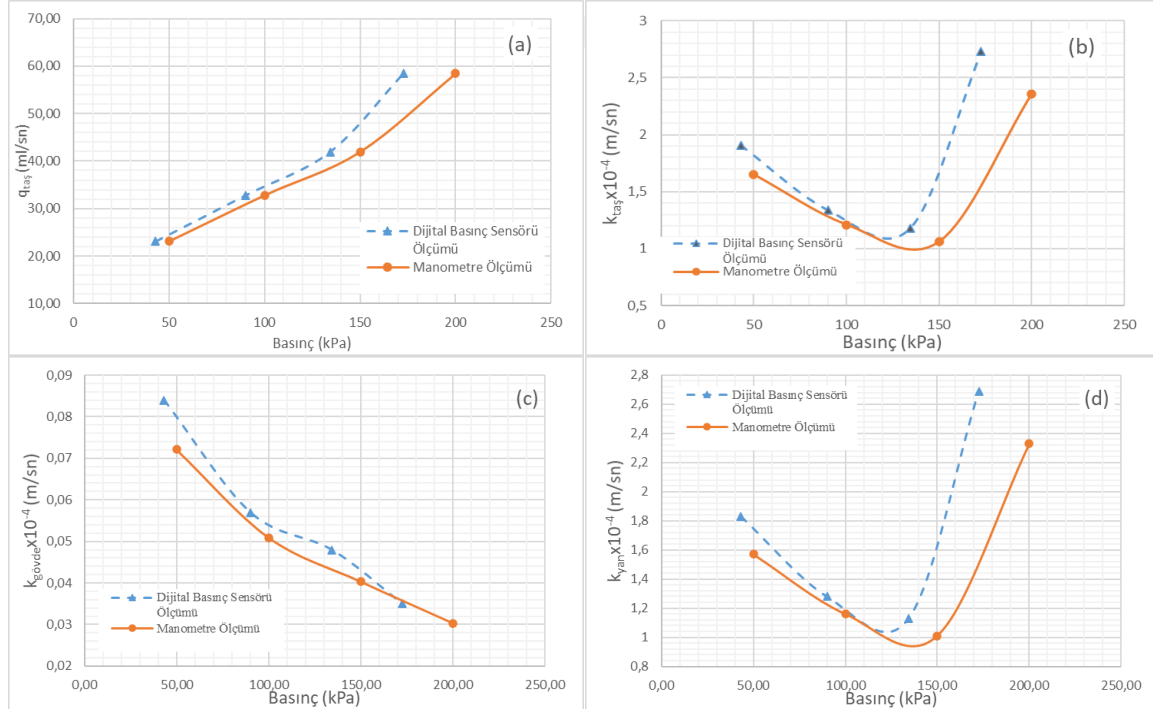
Şekil 4.5. 5 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsiliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi



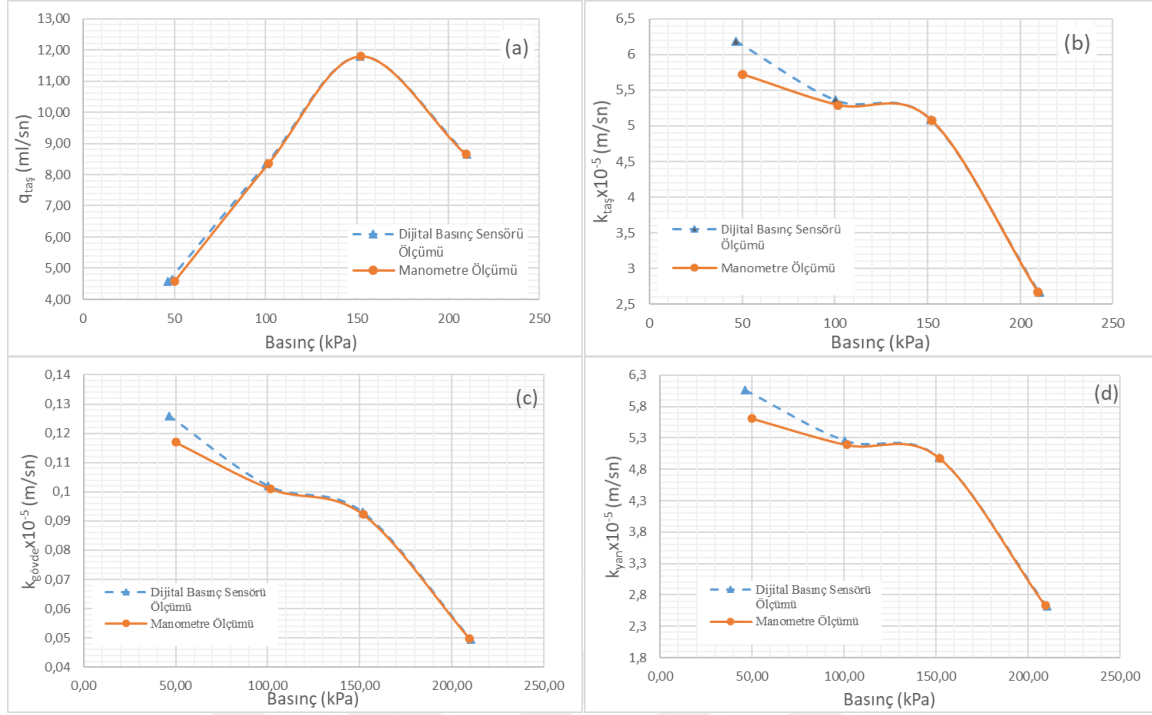
Şekil 4.6. 6 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsiliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi



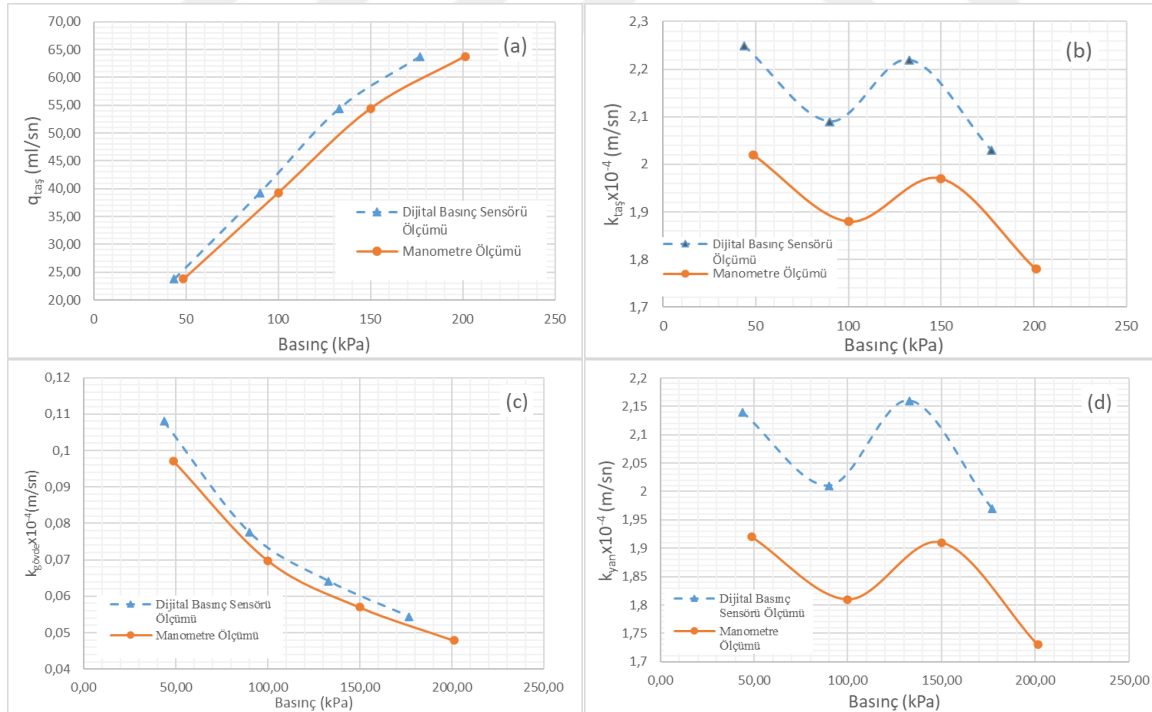
Şekil 4.7. 7 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsiliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi



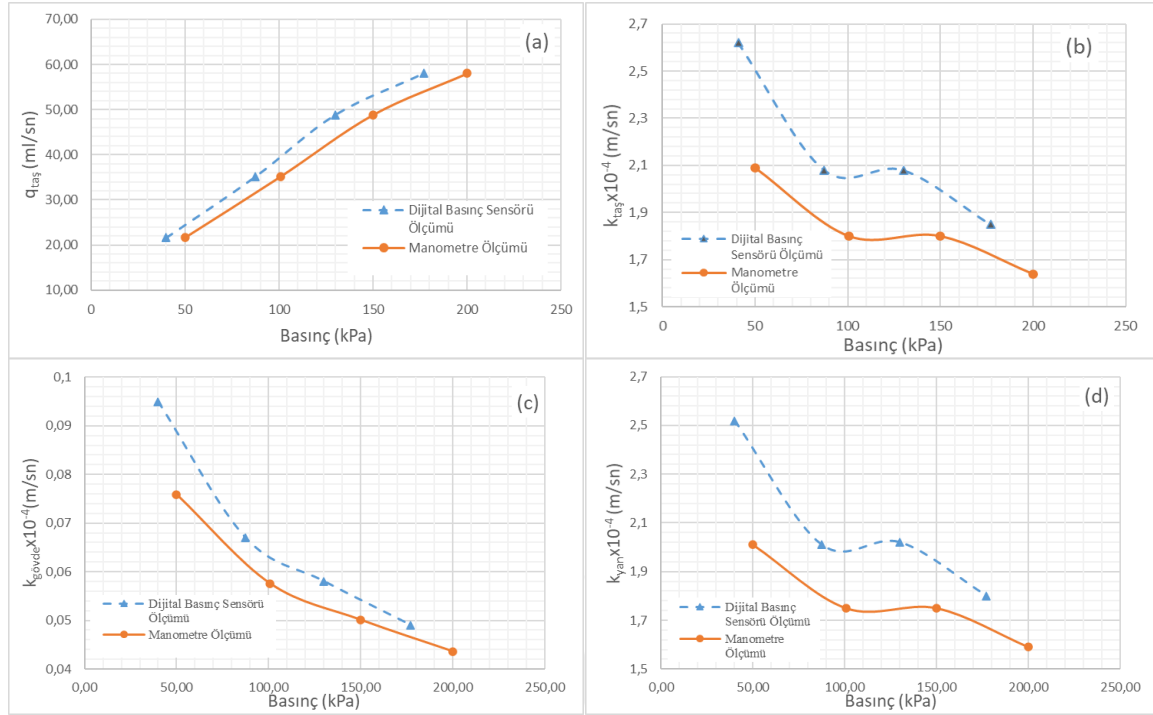
Şekil 4.8. 8 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsiliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi



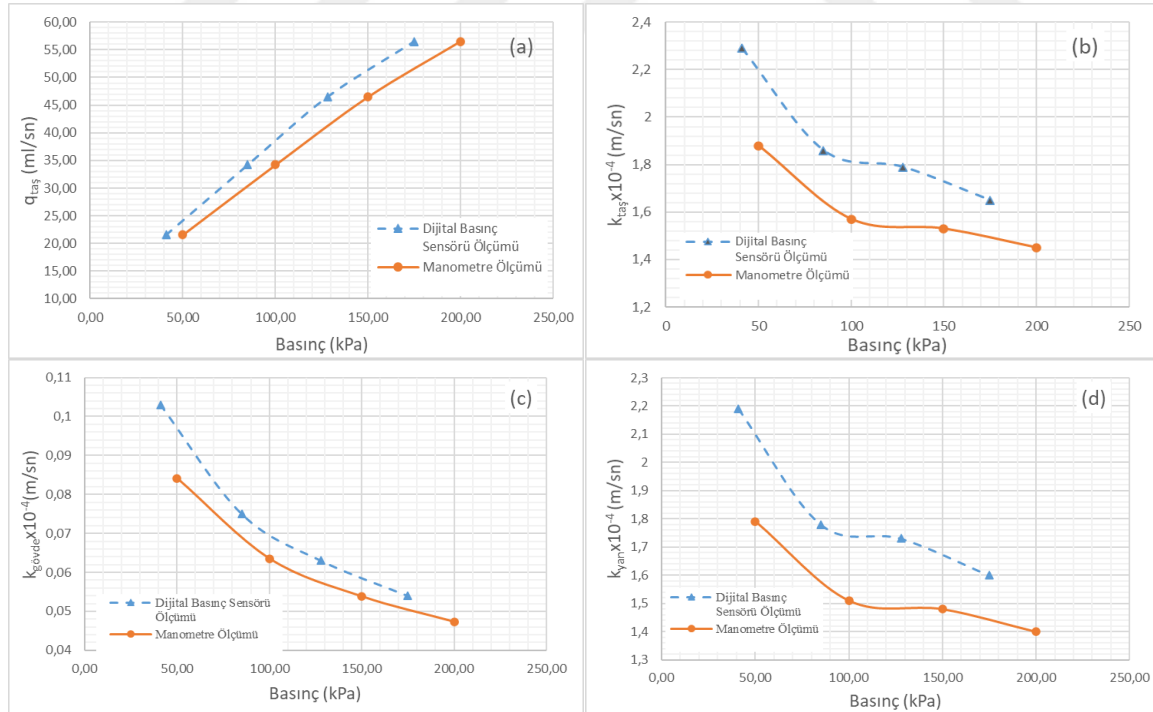
Şekil 4.9. 9 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsiliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi



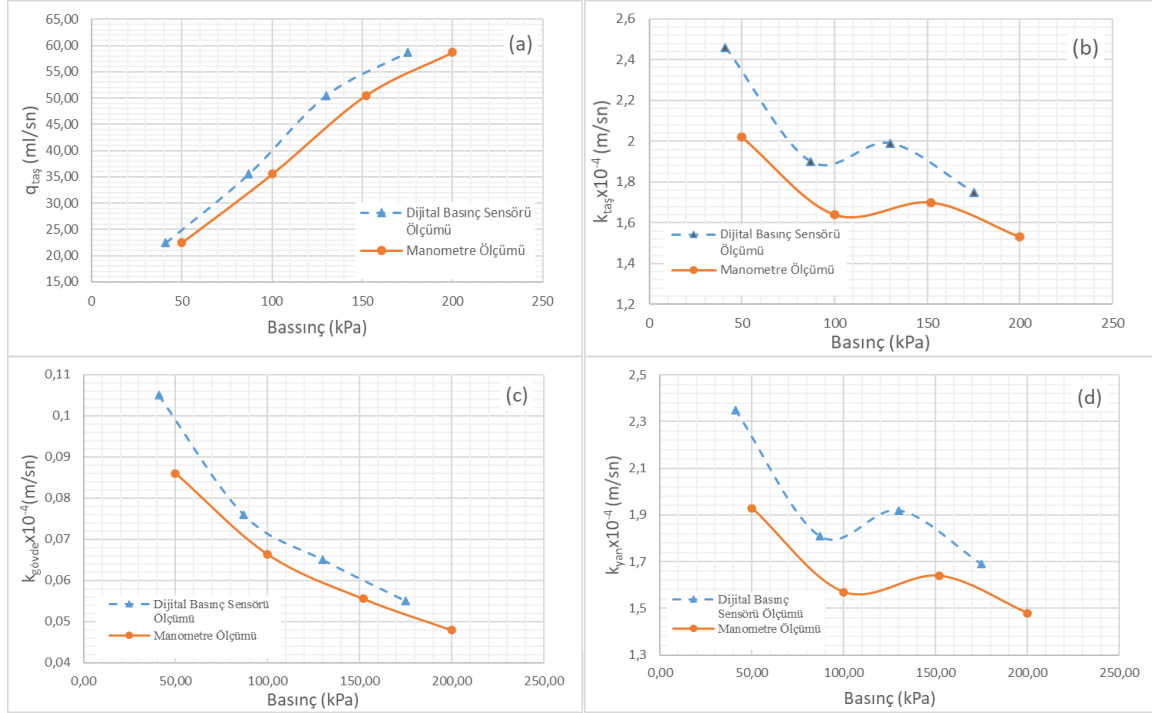
Şekil 4.10. 10 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsiliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi



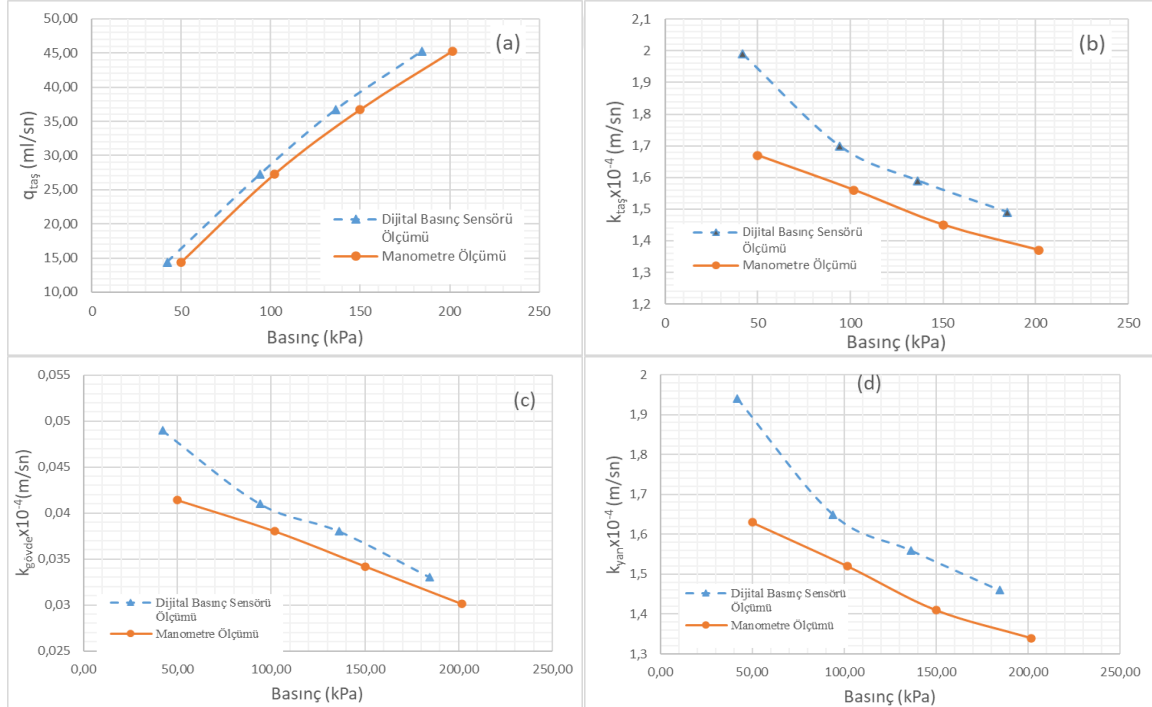
Şekil 4.11. 11 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsiliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi



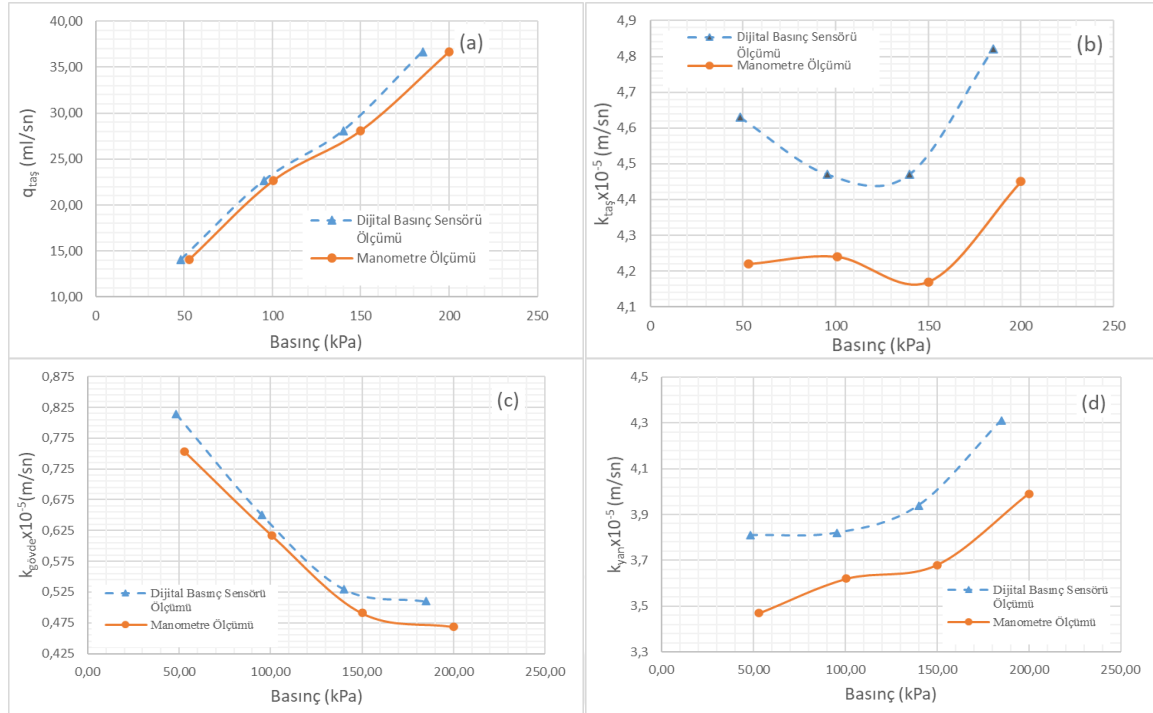
Şekil 4.12. 12 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsiliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi



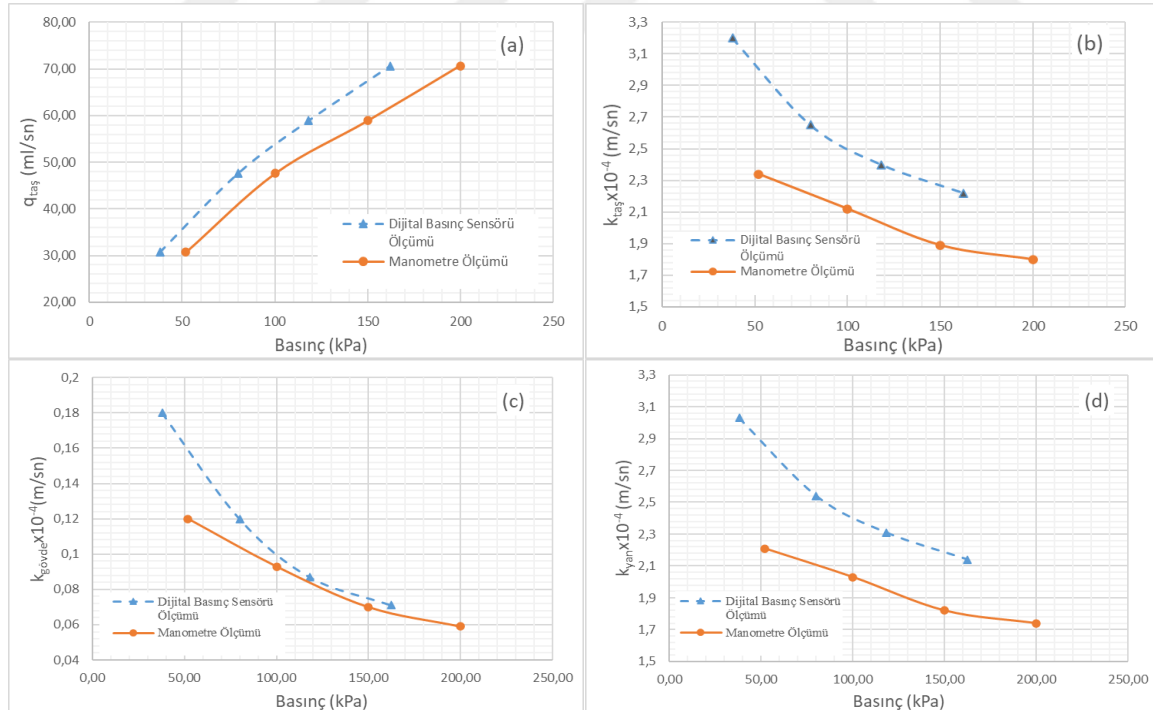
Şekil 4.13. 13 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsiliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi



Şekil 4.14. 14 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimsiliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimsiliğinin basınçla birlikte değişimi



Şekil 4.15. 15 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimliliğinin basınçla birlikte değişimi



Şekil 4.16. 16 nolu taş için a) debinin basınçla birlikte değişimi, b) toplam geçirimliliğin basınçla birlikte değişimi, c) taşın gövde geçirimliliğinin basınçla birlikte değişimi, d) taşın yan geçirimliliğinin basınçla birlikte değişimi

Çizelge 4.1 ila Çizelge 4.16'da 9 nolu taş hariç diğer tüm taşların debilerinin basıncın artmasıyla beraber arttığı gözlemlenmiştir. Çizelge 4.9.a'da 9 nolu taşın ise 150 kPa'a kadar debi değerinin arttığı ancak 200 kPa'da debi değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Bu taş diğer taşlarla kıyaslandığında 10 ila 16 nolu taşlarla aynı üretim yerine ait, yaklaşık aynı kalınlığa sahip ve aynı şartlarda kullanılmış taştır. Dolayısıyla bu davranışa sebep olan faktör taşın üretildiği yer, taşın kalınlığı ya da kullanılma şeklinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu durumun; taşın gözenek yapısından kaynaklandığı, gözeneklerin birbiri ile irtibatının bozukluğundan dolayı yüksek basınçla taşa giren suyun taşın gözeneklerinden geçerken dirençle karşılaşması ve bu sebeple basıncın artmasıyla taşın debisinin azaldığı düşünülmektedir.

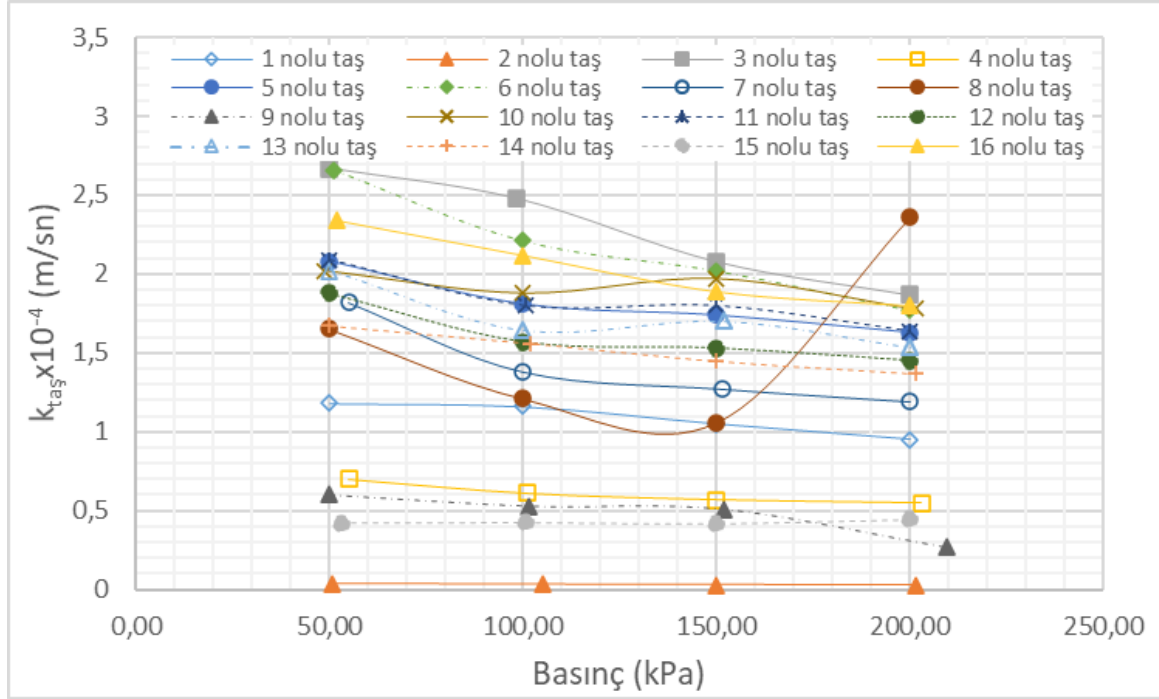
Taşların geçirimsizlik katsayılarının basıncın artmasıyla beraber birbirlerinden farklı davranışlar gösterdiği görülmüştür. Örneğin; Çizelge 4.8.b'de 8 nolu taşın geçirimsizlik katsayısı 150 kPa'a kadar azalma gösterirken 200 kPa'da geçirimsizlik katsayısının arttığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde Çizelge 4.15.b'de 15 nolu taşın da aynı davranışı gösterdiği görülmüştür. Çizelge 4.10.b'de 10 nolu taşın yan geçirimsizlik katsayısı her bir basınçta azalma ve artış şeklinde bir yol izlediği görülmüştür. Çizelge 4.13.b'de 13 nolu taşın ise 50, 100 ve 200 kPa basınçlarda geçirimsizlik katsayılarının azaldığı ancak 150 kPa basınçta arttığı gözlemlenmiştir. 10, 13 ve 15 nolu taşlar daha önceden kullanılmış ve aynı yerde üretilmişlerdir. Kalınlıkları yaklaşık 5 mm'dir. 8 nolu taş ise üretim yeri diğer taşlardan farklı, kalınlığı 2,9 mm ve daha önceden hiç kullanılmamış taştır. 8 nolu taş diğer taşlara göre daha ince bir taştır. Dolayısıyla bu davranışa sebep olan faktörün taşın kalınlığı olmadığı sonucuna varılmıştır. Bununla beraber taşın yeni veya eski olma durumunun da buna yol açan bir faktör olmadığı görülmüştür. Ayrıca 10, 13 ve 15 nolu taşların tedarik edildiği üretici firmadan alınan ve aynı şartlarda kullanılan 9, 11, 12, 14 ve 16 nolu taşlarda bu durum görülmediğinden bu durumun sebebinin üretici firmaların farklı olmasından kaynaklanamamış olduğu sonucuna varılmıştır. Bu taşlarda debinin basınçla değişimi grafikleri incelendiğinde bazı basınçlarda debinin yavaş arttığı bazı basınçlar da ise debinin daha hızlı arttığı bu sebeple geçirimsizlik katsayısının sabit artma veya azalma göstermediği görülmüştür. Örneğin; Çizelge 4.8.a'da 8 nolu taşın basınç-debi grafiği incelendiğinde grafiğin 150 kPa'a kadar debi değerinin yavaş arttığı ancak 200 kPa için grafiğin debi eksenine yaklaştığı ve değerinin daha hızlı arttığı bu sebeple geçirimsizlik katsayısının 200 kPa'da arttığı görülmüştür.

2 nolu taş hariç diğer tüm taşların hem gövdeden hem de yan yüzeylerinden suyun drene olmasına izin verdikleri görülmüştür. 1 nolu taş ile 2 nolu taşın üretici firmaları aynı olmasına rağmen taşların geçirgenlik özelliklerinin birbirinden farklı olduğu, 1 nolu taşın geçirimsizlik katsayısının 2 nolu taştan daha yüksek olduğu, 1 nolu taşın geçirimsizliğinin daha iyi olduğu; bu sebeple taşların yan yüzeylerinin sırlanmasının taşın geçirimsizlik özelliğini azalttığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.1.c ile Çizelge 4.16.c’de taşların hepsinin gövde geçirimsizlik katsayılarının ($k_{gövde}$) basınçla beraber düzenli bir değişiklik gösterdiği, basıncın artmasıyla gövde geçirimsizlik katsayısının tüm taşlar için azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak Çizelge 4.1d ile Çizelge 4.16.d’de taşların yan geçirimsizlik katsayılarının (k_{yan}) bazı taşlarda artarken bazı taşlarda azaldığı (örneğin; Çizelge 4.8.d’de 8 nolu taşın yan geçirimsizlik katsayısı 150 kPa basınca kadar azaldığı ancak 200 kPa basınçta arttığı) görülmüştür. Taşların yan geçirimsizlik katsayılarının ($k_{yan} \approx 10^{-4}$ m/s) gövde geçirimsizlik katsayılarından ($k_{gövde} \approx 10^{-6}$ m/s) daha büyük olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin taş içinde gözeneklerin birbiri ile olan irtibatının yanal olarak dizilmiş olabileceği düşünülmüştür. Yan geçirimsizlik katsayısının daha büyük olmasından dolayı gözenekli taşların toplam geçirimsizlik katsayısının basınçla beraber davranışını etkileyen özelliğin yan geçirimsizlik katsayısı olduğu sonucuna varılmıştır.

Eş. 2.13 ve Eş. 2.14 incelendiğinde q (debi) değerinin eşitliğin pay kısmında yer aldığı P (basınç) değerinin ise paydada yer aldığı görülmektedir. Yapılan deneylerde basınç artarken debi de artmasına rağmen taşların geçirimsizlik katsayısının sabite yakın bir değer çıkması gerekirken bu değer azaldığı görülmüştür. Çizelge 4.1.a ile Çizelge 4.16.a’da eğrinin basınç eksenine daha yakın olacak şekilde ilerlediği (eğim $\approx 17^\circ$), bu da basınç değerinin artış oranının debinin artış oranından daha fazla olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Bu durumun sebebi olarak taşların gözenek yapılarından ve birbiri ile irtibatından kaynaklandığı, basıncın artmasıyla suyun taş içerisinden geçerken karşılaştığı direncin basıncın artmasıyla artmış olabileceği düşünülmüştür.

Taşların geçirimsizlik katsayıları toplu halde Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17. Manometre ölçümü ile hesaplanan taşların geçirimlilik katsayılarının karşılaştırılması

Şekil 4.17’de 2 nolu taşın en düşük geçirimliliğe sahip taş olduğu görülmüştür. 2 nolu taşın yan yüzeylerinin sırlanmış olmasından suyun geçişine sadece gövdesinde izin verdiği ve bu sebeple toplam geçirimlilik katsayısının diğer taşlardan daha düşük olmasına neden olduğu görülmüştür.

En yüksek geçirimlilik katsayısının 3 nolu taşta ait olduğu görülmüştür. 8, 10, 13 ve 15 nolu taşların diğer taşlardan düzensiz davranış sergilemesine karşın hepsinin beraber incelendiği Şekil 4.17’de 8 nolu taşın basınçla beraber geçirimlilik katsayısının en düzensiz davranış gösteren taş olduğu görülmüştür.

3 nolu taş yeni taş olup en yüksek geçirimlilik katsayısına sahip taştır. 1 ve 8 nolu taşlar da yeni taş olmalarına karşın; bu taşların geçirimlilik katsayılarının eski olan 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14 ve 16 nolu taşlardan daha düşük olduğu görülmüştür.



5. GEÇİRİMLİLİK KATSAYILARININ EMPEDANS FAKTÖRÜ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

ASTM D2435 (2011)'de tanımlanan empedans faktörünün hesaplanabilmesi için zeminin geçirimsizlik katsayısının da bilinmesi gerektiğinden gözenekli taşların uygunluğu iki farklı yaklaşımla değerlendirilmiştir.

Birinci yaklaşımda taşların hangi zeminler için uygun olduğunu bulmak için empedans faktörü formülü 100'e eşitlenerek, (empedans faktörünü 100 yaparak) zemin geçirimsizlik katsayısı hesaplanmıştır.

İkinci yaklaşımda ise literatürde önerilen geçirimsizlik katsayılarından bağımsız olarak çeşitli geçirimsizlik katsayıları (10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} ve 10^{-9} m/s) için taşların empedans faktörleri hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda zemin numunesinin kalınlığı 20 mm olarak alınmıştır. Konsolidasyon deneyinde zemin numunesinin hem altında hem de üstünde gözenekli taş bulunduğundan drenaj yolunun uzunluğu $H_{dr}=10$ mm (0,01 m) olarak hesaba katılmıştır.

Hesaplarda kullanılacak olan taşın geçirimsizlik katsayısı ($k_{taş}$) seçilirken konsolidasyon deneyinde zemine uygulanan tüm basınçları kapsaması için minimum ve maksimum basınç değerlerine (min.: 50 kPa, maks.:200 kPa) karşılık gelen değerler seçilmiştir.

Çizelge 4.1 ile Çizelge 4.16'da 2, 4 ve 9 nolu taşlara ait P- $k_{taş}$ grafiklerinde manometre ve dijital basınç sensörü ile ölçülen basınç değerleri ile hesaplanan geçirimsizlik katsayıları birbirleri ile çakışırken; diğer taşların grafiklerinde dijital basınç sensörü ile ölçülen basınç değerleri ile hesaplanan geçirimsizlik katsayıları daha büyük çıkmıştır. Manometre ölçüm sonuçları daha küçük değerler verdiğinden birinci ve ikinci yaklaşımlarda manometre ile ölçülen basınç değerleriyle hesaplanan taşın geçirimsizlik katsayıları alınmıştır.

5.1. Zemin Geçirimsizlik Katsayısı ile Değerlendirme

Eş. 1.1'deki empedans faktörü formülünü 100'den büyük yapacak zemin geçirimsizlik katsayıları Eş. 5.1 ile hesaplanmıştır. Her bir taşın geçirimsizlik katsayılarına göre hesaplanan

zeminin geçirimsizlik katsayıları Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2 de verilmiştir. Çizelge 5.1’de 50 kPa basınçta hesaplanan taşın geçirimsizlik katsayılarıyla; Çizelge 5.2’de 200 kPa basınçta hesaplanan taşın geçirimsizlik katsayılarıyla yapılan hesapların sonuçları verilmiştir.

$$k_{\text{zemin}} \leq \frac{k_{\text{taş}} \times H_{\text{dr}}}{100 \times H_{\text{taş}}} \quad (5.1)$$

Çizelge 5.1. 50 kPa basınçta hesaplanan $k_{\text{taş}}$ ile bulunan k_{zemin} değerleri

Taşın numarası	Taşın geçirimsizlik katsayısı ($k_{\text{taş}}$) (m/s)	Zeminin drenaj yolunun uzunluğu, (H_{dr}) (m)	Taşın kalınlığı ($H_{\text{taş}}$) (m)	Uygun olan Zeminin geçirimsizlik katsayısı (m/s) $k_{\text{zemin}} \leq$
1	$1,18 \times 10^{-4}$	0,01	0,0060	$1,97 \times 10^{-6}$
2	$3,49 \times 10^{-6}$	0,01	0,0062	$5,63 \times 10^{-8}$
3	$2,67 \times 10^{-4}$	0,01	0,0062	$4,31 \times 10^{-6}$
4	$7,04 \times 10^{-5}$	0,01	0,0063	$1,12 \times 10^{-6}$
5	$2,08 \times 10^{-4}$	0,01	0,0065	$3,20 \times 10^{-6}$
6	$2,66 \times 10^{-4}$	0,01	0,0064	$4,15 \times 10^{-6}$
7	$1,82 \times 10^{-4}$	0,01	0,0063	$2,89 \times 10^{-6}$
8	$1,65 \times 10^{-4}$	0,01	0,0029	$5,67 \times 10^{-6}$
9	$5,72 \times 10^{-5}$	0,01	0,0049	$1,17 \times 10^{-6}$
10	$2,02 \times 10^{-4}$	0,01	0,0047	$4,29 \times 10^{-6}$
11	$2,09 \times 10^{-4}$	0,01	0,0047	$4,45 \times 10^{-6}$
12	$1,88 \times 10^{-4}$	0,01	0,0050	$3,75 \times 10^{-6}$
13	$2,02 \times 10^{-4}$	0,01	0,0052	$3,88 \times 10^{-6}$
14	$1,67 \times 10^{-4}$	0,01	0,0049	$3,41 \times 10^{-6}$
15	$4,22 \times 10^{-5}$	0,01	0,0048	$8,80 \times 10^{-7}$
16	$2,34 \times 10^{-4}$	0,01	0,0058	$4,04 \times 10^{-6}$

Çizelge 5.2. 200 kPa basınçta hesaplanan $k_{\text{taş}}$ ile bulunan k_{zemin} değerleri

Taşın numarası	Taşın geçirimsizlik katsayısı ($k_{\text{taş}}$) (m/s)	Zeminin drenaj yolunun uzunluğu, (H_{dr}) (m)	Taşın kalınlığı ($H_{\text{taş}}$) (m)	Uygun olan Zeminin geçirimsizlik katsayısı (m/s) $k_{\text{zemin}} \leq$
1	$9,45 \times 10^{-5}$	0,01	0,0060	$1,58 \times 10^{-6}$
2	$9,45 \times 10^{-5}$	0,01	0,0062	$1,52 \times 10^{-6}$
3	$1,87 \times 10^{-4}$	0,01	0,0062	$3,01 \times 10^{-6}$
4	$5,48 \times 10^{-5}$	0,01	0,0063	$8,70 \times 10^{-7}$
5	$1,63 \times 10^{-4}$	0,01	0,0065	$2,50 \times 10^{-6}$
6	$1,77 \times 10^{-4}$	0,01	0,0064	$2,76 \times 10^{-6}$
7	$1,19 \times 10^{-4}$	0,01	0,0063	$1,90 \times 10^{-6}$
8	$2,36 \times 10^{-4}$	0,01	0,0029	$8,12 \times 10^{-6}$

Çizelge 5.2. (devam) 200 kPa basınçta hesaplanan $k_{\text{taş}}$ ile bulunan k_{zemin} değerleri

9	$2,67 \times 10^{-5}$	0,01	0,0049	$5,46 \times 10^{-7}$
10	$1,78 \times 10^{-4}$	0,01	0,0047	$3,79 \times 10^{-6}$
11	$1,64 \times 10^{-4}$	0,01	0,0047	$3,49 \times 10^{-6}$
12	$1,45 \times 10^{-4}$	0,01	0,0050	$2,89 \times 10^{-6}$
13	$1,53 \times 10^{-4}$	0,01	0,0052	$2,94 \times 10^{-6}$
14	$1,37 \times 10^{-4}$	0,01	0,0049	$2,79 \times 10^{-6}$
15	$4,45 \times 10^{-5}$	0,01	0,0048	$9,28 \times 10^{-7}$
16	$1,80 \times 10^{-4}$	0,01	0,0058	$3,10 \times 10^{-6}$

Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2'deki sonuçlara göre bu çalışmada incelenen gözenekli taşların hemen hepsinin geçirimlilik katsayısı $k \approx 10^{-6}$ m/s'den küçük olan zeminler için uygun olduğu görülmüştür.

Permeabilite Katsayısı, k (m/s) (log)												
	1.0	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Drenaj	İyi						Zayıf		Pratikte Geçirimsiz			
Zemin Tipi	Temiz Çakıl	Temiz Kum, Temiz Kum ve Çakıl Karışımı				Çok İnce Kum, Organik ve İnorganik Silt, Kum Silt ve Kil Karışımı, Buzul Tili vb.			Su Seviyesi Altında Geçirimsiz Homojen Kil.			
		Bitki örtüsü ve hava koşullarının etkisiyle değişikliğe uğrayan geçirimsiz zeminler.										

Şekil 5.1. Zeminlerin geçirimlilik ve drenaj özellikleri (Casagrade ve Fadum, 1940)

Şekil 5.1'de, Casagrade ve Fadum'a (1940) göre zeminlerin geçirgenlik ve drenaj özellikleri gösterilmektedir. 2, 4, 9 ve 15 nolu taşlar hariç diğer tüm taşların zemin geçirimlilik katsayısı $k = 10^{-6}$ m/s için empedans faktörünün 100'den büyük olduğu görüldüğünden Şekil 5.1'de verilen sınıflamaya göre zayıf geçirimliliğe sahip çok ince kumlara, kum silt ve kil karışımına ve düşük geçirimliliğe sahip killere karşılık geldiği görülmüştür. 2 nolu taşın 50 kPa basınç altında zemin geçirimlilik katsayısı değerinin maksimum 10^{-8} m/s olmasından dolayı konsolidasyon deneyinde sadece zayıf geçirgenliğe sahip killi zeminler için uygun olduğu görülmüştür. 4, 9 ve 15 nolu taşların 200 kPa basınç altında k_{zemin} değerinin maksimum 10^{-7} m/s olmasından dolayı sadece zayıf geçirgenliğe sahip killi zeminler için uygun olduğu görülmüştür.

5.2. Empedans Faktörü ile Değerlendirme

Literatürde önerilen zemin geçirimsizlik katsayılarından bağımsız olarak çeşitli zemin geçirimsizlik katsayıları (10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} ve 10^{-9} m/s) için Eş.1.1 yardımıyla hesaplanan taşların empedans faktörleri Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'te verilmiştir. Çizelge 5.3'te 50 kPa basınçta hesaplanan taşın geçirimsizlik katsayılarıyla; Çizelge 5.4'te 200 kPa basınçta hesaplanan taşın geçirimsizlik katsayılarıyla yapılan empedans faktörü sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.3. Çeşitli zemin geçirimsizlik katsayıları için hesaplanan empedans faktörleri (P=50 kPa için)

Taş no	$k_{taş}$	H_{dr}	$H_{taş}$	Empedans Faktörü					
				$k=10^{-4}$ (m/s)	$k=10^{-5}$ (m/s)	$k=10^{-6}$ (m/s)	$k=10^{-7}$ (m/s)	$k=10^{-8}$ (m/s)	$k=10^{-9}$ (m/s)
1	$1,18 \times 10^{-4}$	0,01	0,0060	1,97	19,67	196,66	1 966,61	19 666,06	196 660,62
2	$3,49 \times 10^{-6}$	0,01	0,0062	0,06	0,56	5,63	56,26	562,62	5 626,18
3	$2,67 \times 10^{-4}$	0,01	0,0062	4,31	43,14	431,41	4 314,07	43 140,68	431 406,83
4	$7,04 \times 10^{-5}$	0,01	0,0063	1,12	11,18	111,81	1 118,14	11 181,40	111 814,00
5	$2,08 \times 10^{-4}$	0,01	0,0065	3,20	31,97	319,68	3 196,84	31 968,42	319 684,17
6	$2,66 \times 10^{-4}$	0,01	0,0064	4,15	41,54	415,44	4 154,37	41 543,75	415 437,45
7	$1,82 \times 10^{-4}$	0,01	0,0063	2,89	28,88	288,83	2 888,35	28 883,47	288 834,71
8	$1,65 \times 10^{-4}$	0,01	0,0029	5,67	56,73	567,28	5 672,80	56 727,98	567 279,82
9	$5,72 \times 10^{-5}$	0,01	0,0049	1,17	11,68	116,82	1 168,21	11 682,07	116 820,65
10	$2,02 \times 10^{-4}$	0,01	0,0047	4,29	42,91	429,13	4 291,28	42 912,77	429 127,75
11	$2,09 \times 10^{-4}$	0,01	0,0047	4,45	44,47	444,70	4 447,02	44 470,24	444 702,38
12	$1,88 \times 10^{-4}$	0,01	0,0050	3,75	37,52	375,22	3 752,21	37 522,11	375 221,13
13	$2,02 \times 10^{-4}$	0,01	0,0052	3,88	38,78	387,80	3 877,97	38 779,74	387 797,35
14	$1,67 \times 10^{-4}$	0,01	0,0049	3,41	34,08	340,76	3 407,60	34 075,99	340 759,90
15	$4,22 \times 10^{-5}$	0,01	0,0048	0,88	8,80	87,99	879,88	8 798,77	87 987,73
16	$2,34 \times 10^{-4}$	0,01	0,0058	4,04	40,37	403,66	4 036,58	40 365,78	403 657,81

Çizelge 5.3'te 50 kPa basınç için hesaplanan empedans faktörünün zeminin geçirimsizlik katsayısı $k=10^{-6}$ m/s olarak alındığında taşlardan ikisi hariç (No:2 ve No:15) diğer tüm taşların empedans faktörünün 100'den büyük olduğu görülmüştür.

2 ve 15 nolu taşlar hariç tüm taşların Şekil 5.1'de Casagrande ve Fadum (1940) tarafından verilen sınıflamaya göre zayıf geçirimsizliğe sahip çok ince kumlar, kum silt ve kil karışımı ve düşük geçirimsizliğe sahip killer için uygun olduğu görülmüştür. 2 nolu taşın empedans

faktörünün zemin geçirimsizlik katsayısının maksimum $k=10^{-8}$ m/s için, 15 nolu taşın zemin geçirimsizlik katsayısının maksimum $k=10^{-7}$ m/s için 100'den büyük olduğu görüldüğünden sınıflamaya göre her iki taşın da sadece killi zeminler için uygun oldukları görülmüştür.

Çizelge 5.4. Çeşitli zemin geçirimsizlik katsayıları hesaplanan empedans faktörleri (P=200 kPa için)

Taş no	$k_{\text{taş}}$	H_{dr}	$H_{\text{taş}}$	Empedans Faktörü					
				$k=10^{-4}$ (m/s)	$k=10^{-5}$ (m/s)	$k=10^{-6}$ (m/s)	$k=10^{-7}$ (m/s)	$k=10^{-8}$ (m/s)	$k=10^{-4}$ (m/s)
1	$9,45 \times 10^{-5}$	0,01	0,0060	1,58	15,76	157,56	1 575,63	15 756,35	157 563,47
2	$9,45 \times 10^{-5}$	0,01	0,0062	1,52	15,25	152,48	1 524,81	15 248,08	152 480,78
3	$1,87 \times 10^{-4}$	0,01	0,0062	3,01	30,14	301,42	3 014,22	30 142,17	301 421,68
4	$5,48 \times 10^{-5}$	0,01	0,0063	0,87	8,70	86,96	869,57	8 695,73	86 957,31
5	$1,63 \times 10^{-4}$	0,01	0,0065	2,50	25,00	250,02	2 500,24	25 002,42	250 024,21
6	$1,77 \times 10^{-4}$	0,01	0,0064	2,76	27,58	275,81	2 758,11	27 581,13	275 811,32
7	$1,19 \times 10^{-4}$	0,01	0,0063	1,90	18,96	189,62	1 896,23	18 962,28	189 622,82
8	$2,36 \times 10^{-4}$	0,01	0,0029	8,12	81,24	812,40	8 124,01	81 240,05	812 400,53
9	$2,67 \times 10^{-5}$	0,01	0,0049	0,55	5,46	54,59	545,90	5 459,03	54 590,32
10	$1,78 \times 10^{-4}$	0,01	0,0047	3,79	37,89	378,92	3 789,15	37 891,54	378 915,43
11	$1,64 \times 10^{-4}$	0,01	0,0047	3,49	34,86	348,63	3 486,31	34 863,12	348 631,24
12	$1,45 \times 10^{-4}$	0,01	0,0050	2,89	28,90	289,05	2 890,47	28 904,72	289 047,16
13	$1,53 \times 10^{-4}$	0,01	0,0052	2,94	29,43	294,31	2 943,11	29 431,14	294 311,42
14	$1,37 \times 10^{-4}$	0,01	0,0049	2,79	27,93	279,30	2 793,01	27 930,10	279 301,05
15	$4,45 \times 10^{-5}$	0,01	0,0048	0,93	9,28	92,79	927,94	9 279,36	92 793,65
16	$1,80 \times 10^{-4}$	0,01	0,0058	3,10	31,01	310,10	3 101,03	31 010,30	310 102,95

Çizelge 5.4'te 200 kPa basınç için hesaplanan empedans faktörünün zeminin geçirimsizlik katsayısı $k=10^{-6}$ m/s olarak alındığında taşlardan üçü hariç (No:2, No:4 ve No:15) diğer tüm taşların empedans faktörünün 100'den büyük olduğu görülmüştür. 2 nolu taşın $k=10^{-8}$ m/s için, 4 ve 15 nolu taşın $k=10^{-7}$ m/s için empedans faktörünün 100'den büyük olduğu görüldüğünden sınıflamaya göre üç taşın da sadece killi zeminler için uygun oldukları görülmüştür.

Çizelge 5.1, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'te verilen hesaplara göre 2, 4, 9 ve 15 nolu taşların sadece killi zeminler için uygun olduğu, diğer tüm taşların zayıf geçirimsizliğe sahip çok ince kumlar, kum silt ve kil karışımı ve düşük geçirimsizliğe sahip killi zeminler için uygun olduğu görülmüştür.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Basıncın artması ile debi artarken, geçirimsilik katsayısı azalmıştır. Hem debinin artması hem de basıncın artması taşların geçirimsilik katsayısının sabite yakın bir değer çıkması beklenirken, bu değer hemen hemen tüm taşlarda azalmıştır. Bu da basınçta oluşan artışın debide oluşan artıştan daha fazla olduğunu göstermektedir.

Geçirimsilik katsayılarının basınçla birlikte düzenli bir değişiklik göstermediği bazı taşlarda artarken bazı taşlarda azaldığı görülmüştür. Bunun sebebinin gözeneklerin birbiri ile irtibatının bozuk olması ve gözenek yapısına bağlı olduğu düşünülmektedir. Basıncın artmasıyla taşın gözenek yapısına bağlı olarak taşa giren suyun izlediği yolda değişiklikler olmasına bağlanmıştır.

Bazı taşların ölçülen debileri ve hesaplanan geçirimsilik katsayıları değişen basınçlar altında farklılıklar göstermişlerdir. Özellikle 8, 10, 13 ve 15 nolu taşların geçirimsilik katsayıları basıncın artmasıyla beraber sabit bir değişim göstermediği görülmüştür.

Deneyde kullanılan basınç ölçerlerden manometrenin daha kesin basınç değerleri verdiği, ancak dijital basınç sensörü ile elde edilen basınç değerlerinde dalgalanma olduğu bu sebeple ortalama değer alındığı, deneyde manometre kullanımının daha doğru sonuçlar vereceği gözlemlenmiştir.

Tüm taşlara bakıldığında yan geçirimsilik katsayılarının gövde geçirimsilik katsayılarından daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple toplam geçirimsilik katsayıları değerleri ile çizilen grafikler incelendiğinde grafiğin izlediği yolu yan geçirimsilik katsayısının belirlediği gözlemlenmiştir. 8, 10 ve 15 nolu taşların yan geçirimsilik katsayıları düzensizlik gösterdiğinden ve değerce gövde geçirimsilik katsayısından fazla olduğundan toplam geçirimsilik katsayısı değerleri ile çizilen grafik de düzensiz olmuştur.

Üretim yerleri aynı olan taşlar arasında da farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. 1 ve 2 nolu taşlar aynı üretim yerlerinden çıkmasına rağmen hiç kullanılmamış olan 1 nolu taşın geçirimsizlik katsayısı daha fazla hesaplanmıştır. 2 nolu taşın yanlarından suyun drene olmasına izin vermediğinden geçirimsizliğin daha düşük değer aldığı görülmüştür. 9-16 arasındaki tüm taşlar aynı yerde üretilmesine ve aynı kullanım koşullarında olmasına rağmen 9, 14, 15 ve 16 nolu taşların geçirimsizlik katsayıları 10, 11, 12 ve 13 nolu taşların geçirimsizlik katsayılarından daha düşük bulunmuştur. Aynı yerde üretilen taşların geçirimsizlik katsayılarının farklı olmasından dolayı taşların standart bir üretim şeklinin bulunmadığı düşünülmüştür.

Gözenekli taşların uygunluğu, ASTM D2435 (2011)'de tanımlanan empedans faktörü ve bu çalışmada ölçülen geçirimsizlik katsayıları kullanılarak iki farklı yaklaşımla değerlendirilmiştir. Geçirimsizlik katsayılarının hesaplanmasında 50 ve 200 kPa basınç altında yapılan deney sonuçları kullanılmıştır.

Birinci yaklaşımda, gözenekli taşların empedans faktörünün 100'den büyük olmasını sağlayacak zeminlerin geçirimsizlik katsayıları hesaplanmış elde edilen sonuçlara göre bu çalışmada incelenen gözenekli taşların hemen hepsinin geçirimsizlik katsayısı $k = 10^{-6}$ m/s'den küçük olan zeminler için uygun olduğu görülmüştür. $k = 10^{-6}$ m/s geçirimsizlik katsayısına zayıf geçirimsizliğe sahip çok ince kumlar, kum silt ve kil karışımı ve düşük geçirimsizliğe sahip killer için uygun olduğu görülmüştür. Gözenekli taşlardan en düşük geçirimsizliğe sahip olan 2 nolu taşın kullanılabileceği zemin türü ise $k = 10^{-8}$ m/s'den düşük olan killi zeminler için uygun olduğu diğer zemin türleri için ise geçirimsizlik katsayısının düşük olduğu görülmüştür. Hesaplara göre 4, 9 ve 15 nolu taşların da kullanılabileceği zemin türü ise $k = 10^{-8}$ m/s 'den düşük olan killi zeminler için uygun olduğu görülmüştür.

İkinci yaklaşımda ise literatürde zeminler için verilen tipik geçirimsizlik katsayıları kullanılarak gözenekli taşların empedans faktörleri hesaplanmış ve hesaplanan değerlerin 100'den büyük olup olmamasına bakılmış ve hesaplara göre 2, 4, 9 ve 15 nolu taşların sadece killi zeminler için uygun olduğu, diğer tüm taşların zayıf geçirimsizliğe sahip çok ince kumlar, kum silt ve kil karışımı ve düşük geçirimsizliğe sahip killer için uygun olduğu görülmüştür.

6.2. Öneriler

Empedans faktörü ile bir taşın uygunluğu değerlendirilirken hem 50 kPa hem de 200 kPa basınç için hesaplanan empedans faktörlerinin 100'den büyük olması gerektiği değerlendirilmiştir

Empedans faktörünün hesaplanması için ihtiyaç duyulan taşın geçirimsizlik katsayısının bu çalışmada önerilen yöntemle ve permeabilite cihazı ile bulunabileceği değerlendirilmiştir.

Deneyde su basıncının gözenekli taşların geçirimsizlik katsayısını etkilediği görülmüş olup taşların empedans faktörü ile uygunluğu değerlendirilirken, konsolidasyon deneyinde uygulanan basınç altında yapılan permeabilite ölçüm sonuçlarının kullanılmasının daha uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Bu deneylerdeki en önemli unsurlardan bir tanesi cihaza giren suyun basıncının sabit tutulmasında güçlükler yaşanmıştır. Bu çalışmada basıncın sabit tutulması musluk aracılığıyla sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak ileride basıncın sabit tutulması için daha geliştirilmiş bir sistemin kullanılması önerilir. Cihaza giren suyun basıncı permeabilite formülünde bir girdi parametresi olduğundan önemlidir ve ölçüm boyunca sabit kalması gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Aksoy, E. (2007). *Doymamış Zeminlerde Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile Su İçeriği İlişkisinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- American Society for Testing and Materials. (2014). *Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Saturated Cohesive Soils Using Controlled-Strain Loading*. D4186M-12.
- American Society for Testing and Materials. (2011). *Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading*. 2435M-11.
- Arsoy, S., Keskin, E. ve Yılmaz, C. (2007, Kasım). *Permeabilite ve Konsolidasyon Deneyleri ile Elde Edilen Permeabilite Katsayılarının Karşılaştırılması*. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 2. Geoteknik Sempozyumunda sunuldu, Adana.
- Bishop, A. W., and Gibson, R. E. (1964, Sept.). *The Influence of the Provisions for Boundary Drainage on Strength and Consolidation Characteristics of Soils Measured in the Triaxial Apparatus*. In *Laboratory Shear Testing of Soils*. ASTM STP 361, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 435–458.
- Baracos, A. (1976). Clogged filter discs. *Geotechnique*, 26(4), 634-636.
- British Standard. (1990). *Methods of test for Soils for civil Engineering purposes. Part 5: Compressibility, Permeability and Durability tests*. 1377-5.
- Budhu, M. (2011). *Soil Mechanics and Foundations* (Third edition). New York: John Wiley & Sons Inc, 208.
- Casagrande, A., and Fadum, R.E. (1940). *Notes on Soil Testing for Engineering Purposes* (Eighth edition). Cambridge: Graduate School of Engineering, Harvard University, M.A.
- Chung, K. (1993). *Measurement of the Coefficients of Consolidation and Permeability by Alternating Current Electro-Osmosis Experiments*, Doctoral dissertation, Northwestern University, Evanston Illinois.
- Darcy, H. (1856). *Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijon*. Paris: Victor Dalmont,
- Das, B. M. (2010). *Principles of Foundation Engineering* (Seventh edition). USA: Cengage Learning, 160, 294.
- Das, B. M. (2011). *Principles of Geotechnical Engineering* (Seventh edition). USA: Cengage Learning, 26.

- Hamilton, J. J. and Crawford, C. B. (1960). *Papers On Soils 1959 Meetings*, Improved Determination of Preconsolidation Pressure of a Sensitive Clay. ASTM STP No. 254, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 254-271.
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D. ve Sheahan, T. C. (2015). *Geoteknik Mühendisliğine Giriş* (Çev. Editörü Ayfer Erken). Ankara: Nobel Akademik. (Eserin orijinali 2011’de yayımlandı), 275, 347, 350.
- Head, K. H. (1988). *Manual of Soil Laboratory Testing Volume 2: Permeability, Shear Strength and Compressibility tests* (Second edition). London: Pentech Press, 406 ve 427.
- Head, K. H. and Epps R. J. (2011). *Manual of Soil Laboratory Testing Volume 2: Permeability, Shear Strength and Compressibility tests* (Third edition). Scotland-UK: Whittles Publishing, 86.
- İnternet: ASTM, 2020. URL: https://compass.astm.org/EDIT/html_historical.cgi?D2435+96, Son Erişim Tarihi 06.02.2020.
- Knappett, J. A. and Craig, R. F. (2012). *Craig’s Soil Mechanics* (Eighth edition). USA: Spon Press, 101.
- Matlock, H. and Dawson, R. F. (1952, January). *Aids in the Interpretation of the Consolidation Test*. In Symposium on Consolidation Testing of Soils, ASTM STP No. 126, Philadelphia, PA, 43-52.
- Murthy, V. N. (2003). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering* (First edition). New York: Marcel Dekker Inc, 207.
- Newland, P. L. and Alley, P. H. (1960). A study of the consolidation characteristics. *Geotechnique*, 10(2), 62-74.
- Olson, R. (1985). State of the Art: Consolidation Testing. In R. N. Yong and F. C. Townsend (Eds.), *Consolidation of Soils: Testing and Evaluation*. ASTM STP No. 892, Philadelphia, PA, 7-70.
- Özaydın, K. (2016). *Zemin Mekaniği*. İstanbul: Birsen Yayınevi, 152.
- Rajapakse, R. A. (2011). *Geotechnical Engineering Calculations and Rules of Thumb* (First edition). USA: Butterworth-Heinemann, 39.
- Sarsby, R. W. (2013). *Enviromental Geotechnics* (Second edition). İngiltere: ICE Publishing, 103.
- Sridharan, A., Rao, S. M. and Murthy, N. S. (1986) Compressibility Behaviour of Homoizonized Bentonites. *Geotechnique*, 36(4), 551-564.

- Tan, S. B. (1968). *Consolidation of soft clays with special reference to sand drains* Doktora Tezi, Londra Üniversitesi, Londra.
- Terzaghi, K., (1925). *Erdbaumechnik auf Bodenphysikalischer Grundlage*, Deuticke, Vienna.
- Türk Standardları Enstitüsü. (2006). *İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri- Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini*. 1900-2.
- Yılmaz, I., Yıldırım, M., ve Keskin, İ. (2016). *Zemin Mekaniği Laboratuvar Deneyleri ve Çözümlü Örnekler* (Üçüncü baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık, 88, 93-99.





EK-1. Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.1. 1 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	0,5	0,5	0,5	0,51
Basınç, P (kPa)	50	50	50	51
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	413	405	410	405
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	123	123	123	124
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	20,70	20,30	20,50	20,3
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	6,20	6,20	6,20	6,2
Debi, toplam $q_{taş}$ (ml/s)	26,90	26,50	26,70	26,5
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,68 \times 10^{-5}$	$1,65 \times 10^{-5}$	$1,66 \times 10^{-5}$	$1,61 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,01 \times 10^{-4}$	$1,01 \times 10^{-4}$	$1,01 \times 10^{-4}$	$9,94 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,18 \times 10^{-4}$	$1,18 \times 10^{-4}$	$1,18 \times 10^{-4}$	$1,16 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.2. 1 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,0	1,0	1,0
Basınç, P (kPa)	100	100	100
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	307	310	310
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	125	127	127
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	30,70	31,00	31,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	12,50	12,70	12,70
Debi, toplam $q_{taş}$ (ml/s)	43,20	43,70	43,70
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,24 \times 10^{-5}$	$1,26 \times 10^{-5}$	$1,26 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,02 \times 10^{-4}$	$1,04 \times 10^{-4}$	$1,04 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,15 \times 10^{-4}$	$1,16 \times 10^{-4}$	$1,16 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.3. 1 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (bar)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Basınç, P (kPa)	150	150	150	150	150
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	370	375	375	360	375
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	160	170	175	170	175
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	37,00	37,50	37,50	36,00	37,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	16,00	17,00	17,50	17,00	17,50
Debi, toplam $q_{taş}$ (ml/s)	53,00	54,50	55,00	53,00	55,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,00 \times 10^{-5}$	$1,01 \times 10^{-5}$	$1,01 \times 10^{-5}$	$9,73 \times 10^{-6}$	$1,01 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$8,72 \times 10^{-5}$	$9,27 \times 10^{-5}$	$9,54 \times 10^{-5}$	$9,27 \times 10^{-5}$	$9,54 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$9,72 \times 10^{-5}$	$1,03 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-4}$	$1,02 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.4. 1 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (bar)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Basınç, P (kPa)	200	200	200	200	200
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	407	420	405	417	410
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	205	212	207	210	210
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	40,70	42,00	40,50	41,70	41,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	20,50	21,20	20,70	21,00	21,00
Debi, toplam $q_{taş}$ (ml/s)	61,20	63,20	61,20	62,70	62,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	8.25×10^{-6}	8.52×10^{-6}	8.21×10^{-6}	8.46×10^{-6}	8.31×10^{-6}
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	8.38×10^{-5}	8.67×10^{-5}	8.46×10^{-5}	8.58×10^{-5}	8.58×10^{-5}
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	9.20×10^{-5}	9.52×10^{-5}	9.28×10^{-5}	9.43×10^{-5}	9.42×10^{-5}

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.5. 2 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	0,5	0,5	0,52
Basınç, P (kPa)	50	50	52
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	83	85	85
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	0	0	0
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	4,15	4,25	4,25
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	0	0	0
Debi, toplam $q_{taş}$ (ml/s)	4,15	4,25	4,25
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,48 \times 10^{-6}$	$3,56 \times 10^{-6}$	$3,42 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	0	0	0
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$3,48 \times 10^{-6}$	$3,56 \times 10^{-6}$	$3,42 \times 10^{-6}$

Çizelge 1.6. 2 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,05	1,05	1,05
Basınç, P (kPa)	105	105	105
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	155	157	155
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	0	0	0
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	7,75	7,85	7,75
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	0	0	0
Debi, toplam $q_{taş}$ (ml/s)	7,75	7,85	7,75
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,09 \times 10^{-6}$	$3,13 \times 10^{-6}$	$3,09 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	0	0	0
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$3,09 \times 10^{-6}$	$3,13 \times 10^{-6}$	$3,09 \times 10^{-6}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.7. 2 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,5	1,5	1,5
Basınç, P (kPa)	150	150	150
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	210	207	207
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	0	0	0
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	10,5	10,35	10,35
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	0	0	0
Debi, toplam $q_{taş}$ (ml/s)	10,5	10,35	10,35
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$2,93 \times 10^{-6}$	$2,89 \times 10^{-6}$	$2,89 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	0	0	0
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,93 \times 10^{-6}$	$2,89 \times 10^{-6}$	$2,89 \times 10^{-6}$

Çizelge 1.8. 2 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	2	2,02	2,02
Basınç, P (kPa)	200	202	202
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	250	253	253
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	0	0	0
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	12,5	12,65	12,65
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	0	0	0
Debi, toplam $q_{taş}$ (ml/s)	12,5	12,65	12,65
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$2,62 \times 10^{-6}$	$2,62 \times 10^{-6}$	$2,62 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	0	0	0
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,62 \times 10^{-6}$	$2,62 \times 10^{-6}$	$2,62 \times 10^{-6}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.9. 3 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	0,50	0,50	0,50	0,51
Basınç, P (kPa)	50	50	50	51
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	265	265	268	293
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	334	328	310	352
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	13,25	13,25	13,4	14,65
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	16,7	16,4	15,5	17,6
Debi, toplam $q_{taş}$ (ml/s)	29,95	29,65	28,9	32,25
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,11 \times 10^{-5}$	$1,11 \times 10^{-5}$	$1,12 \times 10^{-5}$	$1,20 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,64 \times 10^{-4}$	$2,59 \times 10^{-4}$	$2,45 \times 10^{-4}$	$2,73 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,75E-04$	$2,71 \times 10^{-4}$	$2,56 \times 10^{-4}$	$2,85 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.10. 3 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (bar)	1	0,98	0,98	0,98	0,99
Basınç, P (kPa)	100	98	98	98	99
Zaman, t (s)	15	15	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	297	300	290	300	298
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	487	455	430	443	443
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	19,8	20	19,3	20	19,9
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	32,5	30,3	28,7	29,5	29,5
Debi, toplam $q_{taş}$ (ml/s)	52,3	50,3	48	49,5	49,4
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$8,30 \times 10^{-6}$	$8,55 \times 10^{-6}$	$8,25 \times 10^{-6}$	$8,55 \times 10^{-6}$	$8,42 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,57 \times 10^{-4}$	$2,45 \times 10^{-4}$	$2,32 \times 10^{-4}$	$2,38 \times 10^{-4}$	$2,36 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,65 \times 10^{-4}$	$2,53 \times 10^{-4}$	$2,40 \times 10^{-4}$	$2,47 \times 10^{-4}$	$2,44 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.11. 3 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	1,5	1,5	1,5	1,5
Basınç, P (kPa)	150	150	150	150
Zaman, t (s)	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	248	240	238	245
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	405	380	385	380
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	24,8	24	23,8	24,5
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	40,5	38	38,5	38
Debi, toplam $q_{taş}$ (ml/s)	65,3	62	62,3	62,5
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$6,9 \times 10^{-6}$	$6,70 \times 10^{-6}$	$6,65 \times 10^{-6}$	$6,84 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,14 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^{-4}$	$2,03 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,21 \times 10^{-4}$	$2,07 \times 10^{-4}$	$2,10 \times 10^{-4}$	$2,07 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.12. 3 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	2,0	2,0	2,0	2,0
Basınç, P (kPa)	200	200	200	200
Zaman, t (s)	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	275	273	275	270
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	440	458	458	458
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	27,5	27,3	27,5	27
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	44	45,8	45,8	45,8
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	71,5	73,1	73,3	72,8
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,76 \times 10^{-6}$	$5,72 \times 10^{-6}$	$5,76 \times 10^{-6}$	$5,66 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,74 \times 10^{-4}$	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,81 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,80 \times 10^{-4}$	$1,87 \times 10^{-4}$	$1,87 \times 10^{-4}$	$1,87 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.13. 4 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	0,57	0,51	0,57	0,52
Basınç, P (kPa)	57	51	57	52
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	127	120	120	113
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	95	90	93	60
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	6,35	6,00	6,00	5,65
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	4,75	4,50	4,65	3,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	11,10	10,50	10,65	8,65
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,74 \times 10^{-6}$	$5,01 \times 10^{-6}$	$4,48 \times 10^{-6}$	$4,63 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$6,49 \times 10^{-5}$	$6,87 \times 10^{-5}$	$6,35 \times 10^{-5}$	$4,49 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$6,96 \times 10^{-5}$	$7,37 \times 10^{-5}$	$6,80 \times 10^{-5}$	$4,95 \times 10^{-5}$

Çizelge 1.14. 4 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,01	1,03	1,00
Basınç, P (kPa)	101	103	100
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	180	180	175
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	152	150	145
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	9,00	9,00	8,75
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	7,60	7,50	7,25
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	16,60	16,50	16,00
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,79 \times 10^{-6}$	$3,72 \times 10^{-6}$	$3,73 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$5,86 \times 10^{-5}$	$5,67 \times 10^{-5}$	$5,64 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$6,24 \times 10^{-5}$	$6,04 \times 10^{-5}$	$6,02 \times 10^{-5}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.15. 4 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,5	1,5	1,5
Basınç, P (kPa)	150	150	150
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	228	225	224
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	205	205	203
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	11,40	11,30	11,20
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	10,30	10,30	10,20
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	21,70	21,60	21,40
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,24 \times 10^{-6}$	$3,21 \times 10^{-6}$	$3,18 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$5,35 \times 10^{-5}$	$5,35 \times 10^{-5}$	$5,29 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$5,67 \times 10^{-5}$	$5,67 \times 10^{-5}$	$5,61 \times 10^{-5}$

Çizelge 1.16. 4 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	2	2,03	2,06
Basınç, P (kPa)	200	203	206
Zaman, t (s)	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	214	218	215
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	193	208	205
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	14,30	14,50	14,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	12,90	13,90	13,70
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	27,20	28,40	28,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,04 \times 10^{-6}$	$3,04 \times 10^{-6}$	$2,96 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$5,02 \times 10^{-5}$	$5,33 \times 10^{-5}$	$5,18 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$5,33 \times 10^{-5}$	$5,64 \times 10^{-5}$	$5,47 \times 10^{-5}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.17. 5 nolu taş üzerinde nominal 0,50 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	0,5	0,5	0,5
Basınç, P (kPa)	50	50	50
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	113	110	105
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	267	270	270
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	5,65	5,50	5,25
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	13,35	13,50	13,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	19,00	19,00	18,75
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,96 \times 10^{-6}$	$4,83 \times 10^{-6}$	$4,61 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,01 \times 10^{-4}$	$2,04 \times 10^{-4}$	$2,04 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,06 \times 10^{-4}$	$2,09 \times 10^{-4}$	$2,08 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.18. 5 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (bar)	1	1	1	1	1
Basınç, P (kPa)	100	100	100	100	100
Zaman, t (s)	15	15	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	120	115	110	107	100
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	353	350	360	340	365
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	8,00	7,70	7,30	7,10	6,70
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	23,50	23,30	24,00	22,70	24,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	31,50	31,00	31,30	29,80	31,00
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,51 \times 10^{-6}$	$3,38 \times 10^{-6}$	$3,21 \times 10^{-6}$	$3,12 \times 10^{-6}$	$2,94 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,77 \times 10^{-4}$	$1,76 \times 10^{-4}$	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,71 \times 10^{-4}$	$1,83 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,84 \times 10^{-4}$	$1,74 \times 10^{-4}$	$1,86 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.19. 5 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	1,5	1,5	1,5	1,5
Basınç, P (kPa)	150	150	150	150
Zaman, t (s)	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	83	77	80	80
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	333	345	335	345
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	8,30	7,70	8,00	8,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	33,30	34,50	33,50	34,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	41,60	42,20	41,50	42,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$2,43 \times 10^{-6}$	$2,26 \times 10^{-6}$	$2,34 \times 10^{-6}$	$2,34 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,68 \times 10^{-4}$	$1,74 \times 10^{-4}$	$1,69 \times 10^{-4}$	$1,74 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,70 \times 10^{-4}$	$1,76 \times 10^{-4}$	$1,71 \times 10^{-4}$	$1,76 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.20. 5 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (bar)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Basınç, P (kPa)	200	200	200	200	200
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	100	95	100	100	100
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	440	425	405	425	425
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	10,00	9,50	10,00	10,00	10,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	44,00	42,50	40,50	42,50	42,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	54,00	52,00	50,50	52,50	52,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$2,20 \times 10^{-6}$	$2,09 \times 10^{-6}$	$2,20 \times 10^{-6}$	$2,20 \times 10^{-6}$	$2,20 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,66 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,53 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,68 \times 10^{-4}$	$1,62 \times 10^{-4}$	$1,55 \times 10^{-4}$	$1,63 \times 10^{-4}$	$1,63 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.21. 6 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	0,51	0,50	0,52	0,51
Basınç, P (kPa)	51	50	52	51
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	305	300	310	300
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	333	327	347	327
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	15,30	15,00	15,50	15,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	16,70	16,40	17,40	16,40
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	32,00	31,40	32,90	31,40
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,30 \times 10^{-5}$	$1,30 \times 10^{-5}$	$1,29 \times 10^{-5}$	$1,27 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,51 \times 10^{-4}$	$2,51 \times 10^{-4}$	$2,56 \times 10^{-4}$	$2,46 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,64 \times 10^{-4}$	$2,64 \times 10^{-4}$	$2,69 \times 10^{-4}$	$2,59 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.22. 6 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (bar)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Basınç, P (kPa)	100	100	100	100	100
Zaman, t (s)	15	15	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	310	320	330	323	315
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	410	420	425	430	415
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	20,70	21,30	22,00	21,50	21,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	27,30	28,00	28,30	28,70	27,70
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	48,00	49,30	50,30	50,20	48,70
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$8,95 \times 10^{-6}$	$9,21 \times 10^{-6}$	$9,52 \times 10^{-6}$	$9,30 \times 10^{-6}$	$9,08 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,09 \times 10^{-4}$	$2,15 \times 10^{-4}$	$2,17 \times 10^{-4}$	$2,20 \times 10^{-4}$	$2,12 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,18 \times 10^{-4}$	$2,24 \times 10^{-4}$	$2,26 \times 10^{-4}$	$2,29 \times 10^{-4}$	$2,21 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.25. 7 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (bar)	0,55	0,51	0,55	0,55	0,55
Basınç, P (kPa)	55	51	55	55	55
Zaman, t (s)	20	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	397	390	413	410	405
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	225	225	237	235	230
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	19,90	19,50	20,70	20,50	20,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	11,30	11,30	11,90	11,80	11,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	31,20	30,80	32,60	32,30	31,80
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,54 \times 10^{-5}$	$1,63 \times 10^{-5}$	$1,60 \times 10^{-5}$	$1,59 \times 10^{-5}$	$1,57 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,73 \times 10^{-4}$	$1,68 \times 10^{-4}$	$1,67 \times 10^{-4}$	$1,63 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,75 \times 10^{-4}$	$1,89 \times 10^{-4}$	$1,84 \times 10^{-4}$	$1,83 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.26. 7 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,0	1,0	1,0
Basınç, P (kPa)	100	100	100
Zaman, t (s)	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	425	415	417
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	250	240	237
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	28,30	27,70	27,80
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	16,70	16,00	15,80
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	45,00	43,70	43,60
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,21 \times 10^{-5}$	$1,18 \times 10^{-5}$	$1,18 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,30 \times 10^{-4}$	$1,25 \times 10^{-4}$	$1,23 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,42E-04$	$1,36 \times 10^{-4}$	$1,35 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.27. 7 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,52	1,52	1,51
Basınç, P (kPa)	152	152	151
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	355	355	350
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	222	232	230
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	35,50	35,50	35,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	22,20	23,20	23,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	57,70	58,70	58,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$9,94 \times 10^{-6}$	$9,94 \times 10^{-6}$	$9,87 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,14 \times 10^{-4}$	$1,19 \times 10^{-4}$	$1,19 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,24E-04$	$1,29 \times 10^{-4}$	$1,28 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.28. 7 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	2,0	2,0	2,0
Basınç, P (kPa)	200	200	200
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	410	395	395
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	285	285	285
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	41,00	39,50	39,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	28,50	28,50	28,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	69,50	68,00	68,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$8,73 \times 10^{-6}$	$8,41 \times 10^{-6}$	$8,41 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,11 \times 10^{-4}$	$1,11 \times 10^{-4}$	$1,11 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,20 \times 10^{-4}$	$1,19 \times 10^{-4}$	$1,19 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.29. 8 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	0,5	0,5	0,5
Basınç, P (kPa)	50	50	50
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	370	367	365
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	93	93	93
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	18,5	18,4	18,3
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	4,65	4,65	4,65
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	23,2	23,1	23
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$7,25 \times 10^{-6}$	$7,21 \times 10^{-6}$	$7,17 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,57 \times 10^{-4}$	$1,57 \times 10^{-4}$	$1,57 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,65 \times 10^{-4}$	$1,65 \times 10^{-4}$	$1,64 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.30. 8 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,0	1,0	1,0
Basınç, P (kPa)	100	100	100
Zaman, t (s)	23	20	19
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	545	535	520
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	145	142	135
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	23,70	26,80	27,40
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	6,30	7,10	7,11
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	30,00	33,90	34,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,65 \times 10^{-6}$	$5,25 \times 10^{-6}$	$5,37 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,07 \times 10^{-4}$	$1,20 \times 10^{-4}$	$1,20 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,11 \times 10^{-4}$	$1,25 \times 10^{-4}$	$1,26 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.31. 8 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,5	1,5	1,5
Basınç, P (kPa)	150	150	150
Zaman, t (s)	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	490	497	495
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	135	135	135
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	32,70	33,10	33,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	9,00	9,00	9,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	41,70	42,10	42,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,27 \times 10^{-6}$	$4,33 \times 10^{-6}$	$4,31 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,01 \times 10^{-4}$	$1,01 \times 10^{-4}$	$1,01 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,06 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.32. 8 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	2,0	2,0	2,0	2,0
Basınç, P (kPa)	200	200	200	200
Zaman, t (s)	15	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	460	467	465	445
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	410	415	413	395
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	30,70	31,10	31,00	29,70
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	27,30	27,70	27,50	26,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	58,00	58,80	58,50	56,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,01 \times 10^{-6}$	$3,05 \times 10^{-6}$	$3,04 \times 10^{-6}$	$2,91 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,31 \times 10^{-4}$	$2,34 \times 10^{-4}$	$2,33 \times 10^{-4}$	$2,22 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,34 \times 10^{-4}$	$2,37 \times 10^{-4}$	$2,36 \times 10^{-4}$	$2,25 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.33. 9 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (bar)	0,51	0,52	0,49	0,5	0,51
Basınç, P (kPa)	51	52	49	50	51
Zaman, t (s)	40	40	40	40	40
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	80	83	68	70	73
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	135	133	110	113	110
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	2,00	2,10	1,70	1,80	1,80
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	3,40	3,30	2,80	2,80	2,80
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	5,40	5,40	4,50	4,60	4,60
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,30 \times 10^{-6}$	$1,34 \times 10^{-6}$	$1,15 \times 10^{-6}$	$1,19 \times 10^{-6}$	$1,17 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$6,67 \times 10^{-5}$	$6,35 \times 10^{-5}$	$5,72 \times 10^{-5}$	$5,61 \times 10^{-5}$	$5,50 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$6,80 \times 10^{-5}$	$6,49 \times 10^{-5}$	$5,84 \times 10^{-5}$	$5,72 \times 10^{-5}$	$5,61 \times 10^{-5}$

Çizelge 1.34. 9 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (bar)	1,00	1,01	1,02	1,01	1,02
Basınç, P (kPa)	100	101	102	101	102
Zaman, t (s)	30	30	30	30	30
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	90	90	93	90	95
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	160	158	155	163	158
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	3,00	3,00	3,10	3,00	3,20
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	5,30	5,30	5,20	5,40	5,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	8,30	8,30	8,30	8,40	8,50
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$9,94 \times 10^{-7}$	$9,84 \times 10^{-7}$	$1,01 \times 10^{-6}$	$9,84 \times 10^{-7}$	$1,04 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$5,31 \times 10^{-5}$	$5,25 \times 10^{-5}$	$5,10 \times 10^{-5}$	$5,35 \times 10^{-5}$	$5,20 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$5,40 \times 10^{-5}$	$5,35 \times 10^{-5}$	$5,20 \times 10^{-5}$	$5,45 \times 10^{-5}$	$5,35 \times 10^{-5}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.35. 9 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	1,52	1,53	1,55	1,51
Basınç, P (kPa)	152	153	155	151
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	85	83	83	83
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	150	153	148	150
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	4,30	4,20	4,20	4,20
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	7,50	7,70	7,40	7,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	11,80	11,90	11,60	11,70
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$9,37 \times 10^{-7}$	$9,09 \times 10^{-7}$	$8,97 \times 10^{-7}$	$9,21 \times 10^{-7}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$4,94 \times 10^{-5}$	$5,04 \times 10^{-5}$	$4,78 \times 10^{-5}$	$4,97 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$5,03 \times 10^{-5}$	$5,13 \times 10^{-5}$	$4,87 \times 10^{-5}$	$5,06 \times 10^{-5}$

Çizelge 1.36. 9 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (bar)	2,02	2,12	2,05	2,12	2,01
Basınç, P (kPa)	202	212	205	212	201
Zaman, t (s)	20	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	100	73	58	58	40
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	185	125	105	100	85
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	5,00	3,65	2,90	2,90	2,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	9,25	6,25	5,25	5,00	4,25
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	14,25	9,90	8,15	7,90	6,25
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$8,20 \times 10^{-7}$	$5,70 \times 10^{-7}$	$4,68 \times 10^{-7}$	$4,53 \times 10^{-7}$	$3,30 \times 10^{-7}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$4,58 \times 10^{-5}$	$2,95 \times 10^{-5}$	$2,56 \times 10^{-5}$	$2,36 \times 10^{-5}$	$2,12 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$4,67 \times 10^{-5}$	$3,01 \times 10^{-5}$	$2,61 \times 10^{-5}$	$2,41 \times 10^{-5}$	$2,15 \times 10^{-5}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.37. 10 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	0,5	0,48	0,48
Basınç, P (kPa)	50	48	48
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	295	297	297
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	180	180	177
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	14,80	14,90	14,90
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	9,00	9,00	8,85
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	23,80	23,90	23,75
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$9,40 \times 10^{-6}$	$9,86 \times 10^{-6}$	$9,86 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,88 \times 10^{-4}$	$1,96 \times 10^{-4}$	$1,92 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,97 \times 10^{-4}$	$2,06 \times 10^{-4}$	$2,02 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.38. 10 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7
Basınç, P (bar)	1,0	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Basınç, P (kPa)	100	103	100	100	100	100	100
Zaman, t (s)	20	20	20	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	433	440	453	437	425	425	420
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	300	315	340	343	357	365	367
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	21,70	22,00	22,70	21,90	21,30	21,30	21,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	15,00	15,75	17,00	17,15	17,85	18,25	18,35
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	36,70	37,75	39,70	39,05	39,15	39,55	39,35

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.38. (devam) 10 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$6,89 \times 10^{-6}$	$6,78 \times 10^{-6}$	$7,21 \times 10^{-6}$	$6,96 \times 10^{-6}$	$6,77 \times 10^{-6}$	$6,77 \times 10^{-6}$	$6,67 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,57 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,77 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,86 \times 10^{-4}$	$1,90 \times 10^{-4}$	$1,92 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,63 \times 10^{-4}$	$1,66 \times 10^{-4}$	$1,85 \times 10^{-4}$	$1,86 \times 10^{-4}$	$1,93 \times 10^{-4}$	$1,97 \times 10^{-4}$	$1,98 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.39. 10 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (bar)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Basınç, P (kPa)	150	150	150	150	150
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	263	273	273	267	267
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	263	277	275	275	275
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	26,30	27,30	27,30	26,70	26,70
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	26,30	27,70	27,50	27,50	27,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	52,60	55,00	54,80	54,20	54,20
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,57 \times 10^{-6}$	$5,78 \times 10^{-6}$	$5,78 \times 10^{-6}$	$5,65 \times 10^{-6}$	$5,65 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,83 \times 10^{-4}$	$1,93 \times 10^{-4}$	$1,91 \times 10^{-4}$	$1,91 \times 10^{-4}$	$1,91 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,89 \times 10^{-4}$	$1,99 \times 10^{-4}$	$1,97 \times 10^{-4}$	$1,97 \times 10^{-4}$	$1,97 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.40. 10 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	2,0	2,0	2,02	2,02
Basınç, P (kPa)	200	200	202	202
Zaman, t (s)	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	305	305	300	305
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	333	340	335	335
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	30,50	30,50	30,00	30,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	33,30	34,00	33,50	33,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	63,80	64,50	63,50	64,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,84 \times 10^{-6}$	$4,84 \times 10^{-6}$	$4,72 \times 10^{-6}$	$4,80 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,74 \times 10^{-4}$	$1,77 \times 10^{-4}$	$1,73 \times 10^{-4}$	$1,73 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,82 \times 10^{-4}$	$1,78 \times 10^{-4}$	$1,78 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.41. 11 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	0,5	0,5	0,5
Basınç, P (kPa)	50	50	50
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	237	240	240
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	193	192	193
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	11,85	12,00	12,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	9,70	9,60	9,65
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	21,55	21,60	21,65
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$7,53 \times 10^{-6}$	$7,62 \times 10^{-6}$	$7,62 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,01 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^{-4}$	$2,01 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,09 \times 10^{-4}$	$2,08 \times 10^{-4}$	$2,09 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.42. 11 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,0	1,0	1,02
Basınç, P (kPa)	100	100	102
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	370	363	363
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	335	335	337
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	18,50	18,15	18,15
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	16,80	16,80	16,90
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	35,30	34,95	35,05
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,88 \times 10^{-6}$	$5,77 \times 10^{-6}$	$5,65 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,75 \times 10^{-4}$	$1,75 \times 10^{-4}$	$1,73 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.43. 11 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	1,5	1,5	1,5	1,5
Basınç, P (kPa)	150	150	150	150
Zaman, t (s)	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	240	240	235	235
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	250	255	252	253
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	24,00	24,00	23,50	23,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	25,00	25,50	25,20	25,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	49,00	49,50	48,70	48,80
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,08 \times 10^{-6}$	$5,08 \times 10^{-6}$	$4,98 \times 10^{-6}$	$4,98 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,74 \times 10^{-4}$	$1,77 \times 10^{-4}$	$1,75 \times 10^{-4}$	$1,76 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,82 \times 10^{-4}$	$1,80 \times 10^{-4}$	$1,81 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.44. 11 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	2,0	2,0	2,0
Basınç, P (kPa)	200	200	200
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	275	275	273
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	305	307	305
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	27,50	27,50	27,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	30,50	30,70	30,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	58,00	58,20	57,80
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,37 \times 10^{-6}$	$4,37 \times 10^{-6}$	$4,34 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,59 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,59 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,64 \times 10^{-4}$	$1,65 \times 10^{-4}$	$1,63 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.45. 12 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	0,5	0,5	0,5
Basınç, P (kPa)	50	50	50
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	250	250	247
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	183	182	182
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	12,50	12,50	12,35
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	9,20	9,10	9,10
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	21,70	21,60	21,45
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$8,45 \times 10^{-6}$	$8,45 \times 10^{-6}$	$8,35 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,89 \times 10^{-4}$	$1,87 \times 10^{-4}$	$1,87 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.46. 12 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	1,0	1,0	1,0	1,0
Basınç, P (kPa)	100	100	100	100
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	375	375	375	375
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	300	307	307	310
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	18,80	18,80	18,80	18,80
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	15,00	15,35	15,35	15,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	33,80	34,15	34,15	34,30
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$6,35 \times 10^{-6}$	$6,35 \times 10^{-6}$	$6,35 \times 10^{-6}$	$6,35 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,47 \times 10^{-4}$	$1,51 \times 10^{-4}$	$1,51 \times 10^{-4}$	$1,52 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,54 \times 10^{-4}$	$1,57 \times 10^{-4}$	$1,57 \times 10^{-4}$	$1,58 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.47. 12 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,5	1,5	1,5
Basınç, P (kPa)	150	150	150
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	245	235	237
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	225	225	227
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	24,50	23,50	23,70
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	22,50	22,50	22,70
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	47,00	46,00	46,40
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,52 \times 10^{-6}$	$5,29 \times 10^{-6}$	$5,34 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,47 \times 10^{-4}$	$1,47 \times 10^{-4}$	$1,48 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,53 \times 10^{-4}$	$1,52 \times 10^{-4}$	$1,54 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.48. 12 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	2,0	2,0	2,0
Basınç, P (kPa)	200	200	200
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	280	280	280
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	285	285	285
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	28,00	28,00	28,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	28,50	28,50	28,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	56,50	56,50	56,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,73 \times 10^{-6}$	$4,73 \times 10^{-6}$	$4,73 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,40 \times 10^{-4}$	$1,40 \times 10^{-4}$	$1,40 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,45 \times 10^{-4}$	$1,45 \times 10^{-4}$	$1,45 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.49. 13 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	0,5	0,5	0,5
Basınç, P (kPa)	50	50	50
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	245	243	243
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	203	203	205
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	12,30	12,20	12,20
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	10,20	10,20	10,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	22,50	22,40	22,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$8,65 \times 10^{-6}$	$8,58 \times 10^{-6}$	$8,58 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,92 \times 10^{-4}$	$1,92 \times 10^{-4}$	$1,94 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,01 \times 10^{-4}$	$2,01 \times 10^{-4}$	$2,03 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.50. 13 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7
Basınç, P (bar)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,89
Basınç, P (kPa)	100	100	100	100	100	100	89
Zaman, t (s)	20	20	20	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	375	385	380	383	375	375	380
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	333	343	335	340	330	337	345
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	18,80	19,30	19,00	19,20	18,80	18,80	19,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	16,70	17,20	16,80	17,00	16,50	16,90	17,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	35,50	36,50	35,80	36,20	35,30	35,70	36,30
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$6,61 \times 10^{-6}$	$6,78 \times 10^{-6}$	$6,68 \times 10^{-6}$	$6,75 \times 10^{-6}$	$6,61 \times 10^{-6}$	$6,61 \times 10^{-6}$	$7,50 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,58 \times 10^{-4}$	$1,62 \times 10^{-4}$	$1,58 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,56 \times 10^{-4}$	$1,59 \times 10^{-4}$	$1,83 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,64 \times 10^{-4}$	$1,69 \times 10^{-4}$	$1,65 \times 10^{-4}$	$1,67 \times 10^{-4}$	$1,62 \times 10^{-4}$	$1,66 \times 10^{-4}$	$1,91 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.51. 13 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,52	1,52	1,52
Basınç, P (kPa)	152	152	152
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	240	240	240

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.51. (devam) 13 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	265	265	265
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	24,00	24,00	24,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	26,50	26,50	26,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	50,50	50,50	50,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,55 \times 10^{-6}$	$5,55 \times 10^{-6}$	$5,55 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,64 \times 10^{-4}$	$1,64 \times 10^{-4}$	$1,64 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,70 \times 10^{-4}$	$1,70 \times 10^{-4}$	$1,70 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.52. 13 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	2,0	2,0	2,0
Basınç, P (kPa)	200	200	200
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	273	273	272
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	315	315	313
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	27,30	27,30	27,20
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	31,50	31,50	31,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	58,80	58,80	58,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,80 \times 10^{-6}$	$4,80 \times 10^{-6}$	$4,78 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,49 \times 10^{-4}$	$1,49 \times 10^{-4}$	$1,48 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,53 \times 10^{-4}$	$1,53 \times 10^{-4}$	$1,52 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.53. 14 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	0,5	0,5	0,5
Basınç, P (kPa)	50	50	50
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	125	125	125
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	162	163	163
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	6,25	6,25	6,25
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	8,10	8,15	8,15
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	14,35	14,40	14,40
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,14 \times 10^{-6}$	$4,14 \times 10^{-6}$	$4,14 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,62 \times 10^{-4}$	$1,63 \times 10^{-4}$	$1,63 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,66 \times 10^{-4}$	$1,67 \times 10^{-4}$	$1,67 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.54. 14 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	1,02	1,02	1,02	1,05
Basınç, P (kPa)	102	102	102	105
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	235	232	233	230
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	307	310	313	313
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	11,80	11,60	11,70	11,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	15,40	15,50	15,70	15,70
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	27,20	27,10	27,40	27,20
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,83 \times 10^{-6}$	$3,77 \times 10^{-6}$	$3,80 \times 10^{-6}$	$3,63 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,51 \times 10^{-4}$	$1,52 \times 10^{-4}$	$1,54 \times 10^{-4}$	$1,50 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,55 \times 10^{-4}$	$1,56 \times 10^{-4}$	$1,58 \times 10^{-4}$	$1,53 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.55. 14 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	1,5	1,5	1,5
Basınç, P (kPa)	150	150	150
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	155	155	155
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	213	210	213
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	15,50	15,50	15,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	21,30	21,00	21,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	36,80	36,50	36,80
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,42 \times 10^{-6}$	$3,42 \times 10^{-6}$	$3,42 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,42 \times 10^{-4}$	$1,40 \times 10^{-4}$	$1,42 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,46 \times 10^{-4}$	$1,44 \times 10^{-4}$	$1,46 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.56. 14 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6
Basınç, P (bar)	2,0	2,0	2,0	2,05	2,05	2,07
Basınç, P (kPa)	200	200	200	205	205	207
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	193	183	183	185	183	183
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	270	267	267	275	275	273
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	19,30	18,30	18,30	18,50	18,30	18,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	27,00	26,70	26,70	27,50	27,50	27,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	46,30	45,00	45,00	46,00	45,80	45,60

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.56. 14 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,20 \times 10^{-6}$	$3,03 \times 10^{-6}$	$3,03 \times 10^{-6}$	$2,99 \times 10^{-6}$	$2,96 \times 10^{-6}$	$2,93 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,35 \times 10^{-4}$	$1,34 \times 10^{-4}$	$1,34 \times 10^{-4}$	$1,34 \times 10^{-4}$	$1,34 \times 10^{-4}$	$1,32 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,38 \times 10^{-4}$	$1,37 \times 10^{-4}$	$1,37 \times 10^{-4}$	$1,37 \times 10^{-4}$	$1,37 \times 10^{-4}$	$1,35 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.57. 15 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	0,53	0,53	0,53
Basınç, P (kPa)	53	53	53
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	245	245	245
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	35	35	35
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	12,30	12,30	12,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	1,80	1,80	1,80
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	14,10	14,10	14,10
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$7,53 \times 10^{-6}$	$7,53 \times 10^{-6}$	$7,53 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$3,47 \times 10^{-5}$	$3,47 \times 10^{-5}$	$3,47 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$4,22 \times 10^{-5}$	$4,22 \times 10^{-5}$	$4,22 \times 10^{-5}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.58. 15 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Basınç, P (bar)	1	1	1,01	1,02	1,01	1,01	1	1	1,04
Basınç, P (kPa)	100	100	101	102	101	101	100	100	104
Zaman, t (s)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	383	395	395	390	390	380	377	373	363
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	65	70	73	65	73	70	70	65	65
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	19,20	19,80	19,80	19,50	19,50	19,00	18,90	18,70	18,20
Debi, yan, ($q_{taş}$) (ml/s)	3,30	3,50	3,70	3,30	3,70	3,50	3,50	3,30	3,30
Debi, toplam (q_{toplam}) (ml/s)	22,50	23,30	23,50	22,80	23,20	22,50	22,40	22,00	21,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$6,23 \times 10^{-6}$	$6,42 \times 10^{-6}$	$6,36 \times 10^{-6}$	$6,20 \times 10^{-6}$	$6,26 \times 10^{-6}$	$6,10 \times 10^{-6}$	$6,13 \times 10^{-6}$	$6,07 \times 10^{-6}$	$5,68 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$3,37 \times 10^{-5}$	$3,58 \times 10^{-5}$	$3,74 \times 10^{-5}$	$3,31 \times 10^{-5}$	$3,74 \times 10^{-5}$	$3,54 \times 10^{-5}$	$3,58 \times 10^{-5}$	$3,37 \times 10^{-5}$	$3,24 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$4,00 \times 10^{-5}$	$4,22 \times 10^{-5}$	$4,38 \times 10^{-5}$	$3,93 \times 10^{-5}$	$4,37 \times 10^{-5}$	$4,15 \times 10^{-5}$	$4,19 \times 10^{-5}$	$3,98 \times 10^{-5}$	$3,81 \times 10^{-5}$

Çizelge 1.59. 15 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (bar)	1,5	1,5	1,5	1,5
Basınç, P (kPa)	150	150	150	150
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	455	455	450	453
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	105	107	110	115
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	22,80	22,80	22,50	22,70
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	5,30	5,40	5,50	5,80
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	28,10	28,20	28,00	28,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,93 \times 10^{-6}$	$4,93 \times 10^{-6}$	$4,87 \times 10^{-6}$	$4,91 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$3,61 \times 10^{-5}$	$3,68 \times 10^{-5}$	$3,75 \times 10^{-5}$	$3,95 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$4,10 \times 10^{-5}$	$4,17 \times 10^{-5}$	$4,23 \times 10^{-5}$	$4,44 \times 10^{-5}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.60. 15 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	2,0	2,0	2,0
Basınç, P (kPa)	200	200	200
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	287	290	290
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	80	77	77
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	28,70	29,00	29,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	8,00	7,70	7,70
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	36,70	36,70	36,70
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,66 \times 10^{-6}$	$4,70 \times 10^{-6}$	$4,70 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$4,09 \times 10^{-5}$	$3,93 \times 10^{-5}$	$3,93 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$4,55 \times 10^{-5}$	$4,40 \times 10^{-5}$	$4,40 \times 10^{-5}$

Çizelge 1.61. 16 nolu taş üzerinde nominal 0,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (bar)	0,52	0,52	0,52
Basınç, P (kPa)	52	52	52
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	343	340	345
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	270	270	275
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	17,20	17,00	17,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	13,50	13,50	13,80
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	30,70	30,50	31,10
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,30 \times 10^{-5}$	$1,28 \times 10^{-5}$	$1,30 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,20 \times 10^{-4}$	$2,20 \times 10^{-4}$	$2,24 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,33 \times 10^{-4}$	$2,32 \times 10^{-4}$	$2,37 \times 10^{-4}$

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.62. 16 nolu taş üzerinde nominal 1,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6
Basınç, P (bar)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Basınç, P (kPa)	100	100	100	100	100	100
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	235	240	235	240	233	235
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	235	240	245	248	240	240
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	23,50	24,00	23,50	24,00	23,30	23,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	23,50	24,00	24,50	24,80	24,00	24,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	47,00	48,00	48,00	48,80	47,30	47,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$9,21 \times 10^{-6}$	$9,41 \times 10^{-6}$	$9,21 \times 10^{-6}$	$9,41 \times 10^{-6}$	$9,13 \times 10^{-6}$	$9,21 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,99 \times 10^{-4}$	$2,03 \times 10^{-4}$	$2,07 \times 10^{-4}$	$2,10 \times 10^{-4}$	$2,03 \times 10^{-4}$	$2,03 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,08 \times 10^{-4}$	$2,12 \times 10^{-4}$	$2,16 \times 10^{-4}$	$2,19 \times 10^{-4}$	$2,12 \times 10^{-4}$	$2,12 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.63. 16 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7
Basınç, P (bar)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Basınç, P (kPa)	150	150	150	150	150	150	150
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	275	265	290	273	265	270	265

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.63. (devam) 16 nolu taş üzerinde nominal 1,5 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	307	320	335	332	315	327	320
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	27,50	26,50	29,00	27,30	26,50	27,00	26,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	30,70	32,00	33,50	33,20	31,50	32,70	32,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	58,20	58,50	62,50	60,50	58,00	59,70	58,50
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$7,19 \times 10^{-6}$	$6,93 \times 10^{-6}$	$7,58 \times 10^{-6}$	$7,13 \times 10^{-6}$	$6,93 \times 10^{-6}$	$7,06 \times 10^{-6}$	$6,93 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,73 \times 10^{-4}$	$1,80 \times 10^{-4}$	$1,89 \times 10^{-4}$	$1,87 \times 10^{-4}$	$1,78 \times 10^{-4}$	$1,84 \times 10^{-4}$	$1,80 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,80 \times 10^{-4}$	$1,87 \times 10^{-4}$	$1,96 \times 10^{-4}$	$1,94 \times 10^{-4}$	$1,85 \times 10^{-4}$	$1,91 \times 10^{-4}$	$1,87 \times 10^{-4}$

Çizelge 1.64. 16 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Basınç, P (bar)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Basınç, P (kPa)	200	200	200	200	200	200	200	200
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	293	295	300	300	295	307	295	293
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	415	385	415	410	420	420	400	410
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	29,30	29,50	30,00	30,00	29,50	30,70	29,50	29,30

EK-1. (devam) Manometre ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 1.64. (devam) 16 nolu taş üzerinde nominal 2,0 bar basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	41,50	38,50	41,50	41,00	42,00	42,00	40,00	41,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	70,80	68,00	71,50	71,00	71,50	72,70	69,50	70,30
Gövdenin geçirimlilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,74 \times 10^{-6}$	$5,78 \times 10^{-6}$	$5,88 \times 10^{-6}$	$5,88 \times 10^{-6}$	$5,78 \times 10^{-6}$	$6,02 \times 10^{-6}$	$5,78 \times 10^{-6}$	$5,74 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimlilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,75 \times 10^{-4}$	$1,63 \times 10^{-4}$	$1,75 \times 10^{-4}$	$1,73 \times 10^{-4}$	$1,78 \times 10^{-4}$	$1,78 \times 10^{-4}$	$1,69 \times 10^{-4}$	$1,73 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimlilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,69 \times 10^{-4}$	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,83 \times 10^{-4}$	$1,84 \times 10^{-4}$	$1,75 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$

EK-2. Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.1. 1 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	40	40	40	40
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	413	405	410	405
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	123	123	123	124
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	20,70	20,30	20,50	20,3
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	6,20	6,20	6,20	6,2
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	26,90	26,50	26,70	26,5
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$2,10 \times 10^{-5}$	$2,06 \times 10^{-5}$	$2,08 \times 10^{-5}$	$2,06 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,27 \times 10^{-4}$	$1,27 \times 10^{-4}$	$1,27 \times 10^{-4}$	$1,27 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,48 \times 10^{-4}$	$1,47 \times 10^{-4}$	$1,47 \times 10^{-4}$	$1,47 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.2. 1 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	82	82	82
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	307	310	310
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	125	127	127
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	30,70	31,00	31,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	12,50	12,70	12,70
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	43,20	43,70	43,70
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,52 \times 10^{-5}$	$1,53 \times 10^{-5}$	$1,53 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,25 \times 10^{-4}$	$1,27 \times 10^{-4}$	$1,27 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,40 \times 10^{-4}$	$1,42 \times 10^{-4}$	$1,42 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.3. 1 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (kPa)	126	126	126	127	126
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	370	375	375	360	375
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	160	170	175	170	175
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	37,00	37,50	37,50	36,00	37,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	16,00	17,00	17,50	17,00	17,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	53,00	54,50	55,00	53,00	55,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,19 \times 10^{-5}$	$1,21 \times 10^{-5}$	$1,21 \times 10^{-5}$	$1,15 \times 10^{-5}$	$1,21 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,04 \times 10^{-4}$	$1,10 \times 10^{-4}$	$1,14 \times 10^{-4}$	$1,09 \times 10^{-4}$	$1,14 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,16 \times 10^{-4}$	$1,22 \times 10^{-4}$	$1,26 \times 10^{-4}$	$1,21 \times 10^{-4}$	$1,26 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.4. 1 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (kPa)	170	170	170	170	168
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	407	420	405	417	410
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	205	212	207	210	210
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	40,70	42,00	40,50	41,70	41,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	20,50	21,20	20,70	21,00	21,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	61,20	63,20	61,20	62,70	62,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$9,71 \times 10^{-6}$	$1,00 \times 10^{-5}$	$9,66 \times 10^{-6}$	$9,95 \times 10^{-6}$	$9,90 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$9,86 \times 10^{-4}$	$1,02 \times 10^{-4}$	$9,95 \times 10^{-4}$	$1,01 \times 10^{-4}$	$1,02 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,08 \times 10^{-4}$	$1,12 \times 10^{-4}$	$1,09 \times 10^{-4}$	$1,11 \times 10^{-4}$	$1,12 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.5. 2 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	45	47	48
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	83	85	85
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	0	0	0
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	4,15	4,25	4,25
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	0	0	0
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	4,15	4,25	4,25
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,86 \times 10^{-6}$	$3,79 \times 10^{-6}$	$3,71 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	0	0	0
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$3,86 \times 10^{-6}$	$3,79 \times 10^{-6}$	$3,71 \times 10^{-6}$

Çizelge 2.6. 2 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	100	99,7	101,5
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	155	157	155
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	0	0	0
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	7,75	7,85	7,75
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	0	0	0
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	7,75	7,85	7,75
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,25 \times 10^{-6}$	$3,30 \times 10^{-6}$	$3,20 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	0	0	0
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$3,25 \times 10^{-6}$	$3,30 \times 10^{-6}$	$3,20 \times 10^{-6}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.7. 2 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	147	148	147
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	210	207	207
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	0	0	0
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	10,5	10,35	10,35
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	0	0	0
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	10,5	10,35	10,35
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$2,99 \times 10^{-6}$	$2,93 \times 10^{-6}$	$2,95 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	0	0	0
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,99 \times 10^{-6}$	$2,93 \times 10^{-6}$	$2,95 \times 10^{-6}$

Çizelge 2.8. 2 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	200	200	200
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	250	253	253
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	0	0	0
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	12,5	12,65	12,65
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	0	0	0
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	12,5	12,65	12,65
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$2,62 \times 10^{-6}$	$2,65 \times 10^{-6}$	$2,65 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	0	0	0
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,62 \times 10^{-6}$	$2,65 \times 10^{-6}$	$2,65 \times 10^{-6}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.9. 3 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	36	36	36	42
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	265	265	268	293
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	334	328	310	352
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	13,25	13,25	13,4	14,65
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	16,7	16,4	15,5	17,6
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	29,95	29,65	28,9	32,25
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,55 \times 10^{-5}$	$1,55 \times 10^{-5}$	$1,56 \times 10^{-5}$	$1,47 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$3,67 \times 10^{-4}$	$3,60 \times 10^{-4}$	$3,41 \times 10^{-4}$	$3,32 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$3,82 \times 10^{-4}$	$3,76 \times 10^{-4}$	$3,56 \times 10^{-4}$	$3,46 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.10. 3 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (kPa)	79	78	78	78	79
Zaman, t (s)	15	15	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	297	300	290	300	298
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	487	455	430	443	443
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	19,8	20	19,3	20	19,9
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	32,5	30,3	28,7	29,5	29,5
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	52,3	50,3	48	49,5	49,4
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,05 \times 10^{-5}$	$1,07 \times 10^{-5}$	$1,04 \times 10^{-5}$	$1,07 \times 10^{-5}$	$1,06 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$3,25 \times 10^{-4}$	$3,07 \times 10^{-4}$	$2,91 \times 10^{-4}$	$2,99 \times 10^{-4}$	$2,95 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$3,36 \times 10^{-4}$	$3,18 \times 10^{-4}$	$3,01 \times 10^{-4}$	$3,10 \times 10^{-4}$	$3,06 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.11. 3 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	123	123	123	123
Zaman, t (s)	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	248	240	238	245
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	405	380	385	380
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	24,8	24	23,8	24,5
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	40,5	38	38,5	38
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	65,3	62	62,3	62,5
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$8,45 \times 10^{-6}$	$8,18 \times 10^{-6}$	$8,11 \times 10^{-6}$	$8,35 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,60 \times 10^{-4}$	$2,44 \times 10^{-4}$	$2,48 \times 10^{-4}$	$2,44 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,69 \times 10^{-4}$	$2,53 \times 10^{-4}$	$2,56 \times 10^{-4}$	$2,53 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.12. 3 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	163	163	163	163
Zaman, t (s)	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	275	273	275	270
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	440	458	458	458
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	27,5	27,3	27,5	27
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	44	45,8	45,8	45,8
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	71,5	73,1	73,3	72,8
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$7,07 \times 10^{-6}$	$7,02 \times 10^{-6}$	$7,07 \times 10^{-6}$	$6,94 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,14 \times 10^{-4}$	$2,22 \times 10^{-4}$	$2,22 \times 10^{-4}$	$2,22 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,21 \times 10^{-4}$	$2,29 \times 10^{-4}$	$2,29 \times 10^{-4}$	$2,29 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.13. 4 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	51	49	52	51
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	127	120	120	113
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	95	90	93	60
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	6,35	6,00	6,00	5,65
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	4,75	4,50	4,65	3,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	11,10	10,50	10,65	8,65
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,30 \times 10^{-6}$	$5,21 \times 10^{-6}$	$4,91 \times 10^{-6}$	$4,72 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$7,25 \times 10^{-5}$	$7,15 \times 10^{-5}$	$6,96 \times 10^{-5}$	$4,58 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$7,78 \times 10^{-5}$	$7,67 \times 10^{-5}$	$7,45 \times 10^{-5}$	$5,05 \times 10^{-5}$

Çizelge 2.14. 4 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	97	99	96
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	180	180	175
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	152	150	145
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	9,00	9,00	8,75
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	7,60	7,50	7,25
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	16,60	16,50	16,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,95 \times 10^{-6}$	$3,87 \times 10^{-6}$	$3,88 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$6,10 \times 10^{-5}$	$5,90 \times 10^{-5}$	$5,88 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$6,50 \times 10^{-5}$	$6,29 \times 10^{-5}$	$6,27 \times 10^{-5}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.14. 4 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	145	145	144
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	228	225	224
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	205	205	203
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	11,40	11,30	11,20
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	10,30	10,30	10,20
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	21,70	21,60	21,40
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,35 \times 10^{-6}$	$3,32 \times 10^{-6}$	$3,31 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$5,53 \times 10^{-5}$	$5,53 \times 10^{-5}$	$5,51 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$5,87 \times 10^{-5}$	$5,86 \times 10^{-5}$	$5,85 \times 10^{-5}$

Çizelge 2.16. 4 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	195	196	198
Zaman, t (s)	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	214	218	215
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	193	208	205
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	14,30	14,50	14,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	12,90	13,90	13,70
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	27,20	28,40	28,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,12 \times 10^{-6}$	$3,15 \times 10^{-6}$	$3,08 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$5,15 \times 10^{-5}$	$5,52 \times 10^{-5}$	$5,39 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$5,46 \times 10^{-5}$	$5,84 \times 10^{-5}$	$5,69 \times 10^{-5}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.17. 5 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	44	44	45
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	113	110	105
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	267	270	270
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	5,65	5,50	5,25
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	13,35	13,50	13,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	19,00	19,00	18,75
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,64 \times 10^{-6}$	$5,49 \times 10^{-6}$	$5,13 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,29 \times 10^{-4}$	$2,32 \times 10^{-4}$	$2,26 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,35 \times 10^{-4}$	$2,37 \times 10^{-4}$	$2,32 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.18. 5 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (kPa)	93	91	92	92	92
Zaman, t (s)	15	15	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	120	115	110	107	100
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	353	350	360	340	365
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	8,00	7,70	7,30	7,10	6,70
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	23,50	23,30	24,00	22,70	24,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	31,50	31,00	31,30	29,80	31,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,78 \times 10^{-6}$	$3,70 \times 10^{-6}$	$3,50 \times 10^{-6}$	$3,40 \times 10^{-6}$	$3,19 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,91 \times 10^{-4}$	$1,93 \times 10^{-4}$	$1,97 \times 10^{-4}$	$1,86 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,95 \times 10^{-4}$	$1,97 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^{-4}$	$1,89 \times 10^{-4}$	$2,03 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 19. 5 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	138	137	137	137
Zaman, t (s)	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	83	77	80	80
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	333	345	335	345
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	8,30	7,70	8,00	8,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	33,30	34,50	33,50	34,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	41,60	42,20	41,50	42,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$2,64 \times 10^{-6}$	$2,47 \times 10^{-6}$	$2,57 \times 10^{-6}$	$2,57 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,82 \times 10^{-4}$	$1,90 \times 10^{-4}$	$1,85 \times 10^{-4}$	$1,90 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,85 \times 10^{-4}$	$1,93 \times 10^{-4}$	$1,87 \times 10^{-4}$	$1,93 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.20. 5 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (kPa)	180	183	181	182	182
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	100	95	100	100	100
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	440	425	405	425	425
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	10,00	9,50	10,00	10,00	10,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	44,00	42,50	40,50	42,50	42,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	54,00	52,00	50,50	52,50	52,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$2,44 \times 10^{-6}$	$2,28 \times 10^{-6}$	$2,43 \times 10^{-6}$	$2,41 \times 10^{-6}$	$2,41 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,84 \times 10^{-4}$	$1,75 \times 10^{-4}$	$1,69 \times 10^{-4}$	$1,76 \times 10^{-4}$	$1,76 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,87 \times 10^{-4}$	$1,78 \times 10^{-4}$	$1,71 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.21. 6 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	39	40	42	42
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	305	300	310	300
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	333	327	347	327
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	15,30	15,00	15,50	15,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	16,70	16,40	17,40	16,40
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	32,00	31,40	32,90	31,40
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,70 \times 10^{-5}$	$1,62 \times 10^{-5}$	$1,60 \times 10^{-5}$	$1,54 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$3,28 \times 10^{-4}$	$3,14 \times 10^{-4}$	$3,18 \times 10^{-4}$	$2,99 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$3,45 \times 10^{-4}$	$3,30 \times 10^{-4}$	$3,33 \times 10^{-4}$	$3,15 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.22. 6 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (kPa)	83	83	83	83	83
Zaman, t (s)	15	15	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	310	320	330	323	315
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	410	420	425	430	415
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	20,70	21,30	22,00	21,50	21,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	27,30	28,00	28,30	28,70	27,70
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	48,00	49,30	50,30	50,20	48,70
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,08 \times 10^{-5}$	$1,11 \times 10^{-5}$	$1,15 \times 10^{-5}$	$1,12 \times 10^{-5}$	$1,09 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,52 \times 10^{-4}$	$2,59 \times 10^{-4}$	$2,61 \times 10^{-4}$	$2,65 \times 10^{-4}$	$2,56 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,63 \times 10^{-4}$	$2,70 \times 10^{-4}$	$2,73 \times 10^{-4}$	$2,76 \times 10^{-4}$	$2,67 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.23. 6 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (kPa)	124	124	122	123	123
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	260	257	255	267	263
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	385	373	380	390	377
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	26,00	25,70	25,50	26,70	26,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	38,50	37,30	38,00	39,00	37,70
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	64,50	63,00	63,50	65,70	64,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$9,07 \times 10^{-6}$	$8,97 \times 10^{-6}$	$9,04 \times 10^{-6}$	$9,39 \times 10^{-6}$	$9,25 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,38 \times 10^{-4}$	$2,31 \times 10^{-4}$	$2,39 \times 10^{-4}$	$2,43 \times 10^{-4}$	$2,35 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,47 \times 10^{-4}$	$2,40 \times 10^{-4}$	$2,48 \times 10^{-4}$	$2,52 \times 10^{-4}$	$2,44 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.24. 6 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	165	165	165
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	310	305	305
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	440	445	445
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	31,00	30,50	30,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	44,00	44,50	44,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	75,00	75,00	75,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$8,13 \times 10^{-6}$	$8,00 \times 10^{-6}$	$8,00 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,04 \times 10^{-4}$	$2,07 \times 10^{-4}$	$2,07 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,13 \times 10^{-4}$	$2,15 \times 10^{-4}$	$2,15 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.26. 7 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (kPa)	48	43	47	46,5	46
Zaman, t (s)	20	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	397	390	413	410	405
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	225	225	237	235	230
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	19,90	19,50	20,70	20,50	20,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	11,30	11,30	11,90	11,80	11,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	31,20	30,80	32,60	32,30	31,80
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,77 \times 10^{-5}$	$1,93 \times 10^{-5}$	$1,88 \times 10^{-5}$	$1,88 \times 10^{-5}$	$1,88 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,83 \times 10^{-4}$	$2,05 \times 10^{-4}$	$1,97 \times 10^{-4}$	$1,98 \times 10^{-4}$	$1,95 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,01 \times 10^{-4}$	$2,24 \times 10^{-4}$	$2,16 \times 10^{-4}$	$2,16 \times 10^{-4}$	$2,13 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.27. 7 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	83	84	84
Zaman, t (s)	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	425	415	417
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	250	240	237
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	28,30	27,70	27,80
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	16,70	16,00	15,80
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	45,00	43,70	43,60
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,45 \times 10^{-5}$	$1,40 \times 10^{-5}$	$1,41 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,57 \times 10^{-4}$	$1,48 \times 10^{-4}$	$1,46 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,71 \times 10^{-4}$	$1,62 \times 10^{-4}$	$1,61 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.28. 7 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	128	128	127
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	355	355	350
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	222	232	230
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	35,50	35,50	35,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	22,20	23,20	23,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	57,70	58,70	58,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,18 \times 10^{-5}$	$1,18 \times 10^{-5}$	$1,17 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,35 \times 10^{-4}$	$1,41 \times 10^{-4}$	$1,41 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,47 \times 10^{-4}$	$1,53 \times 10^{-4}$	$1,53 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.29. 7 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	165	167	167
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	410	395	395
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	285	285	285
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	41,00	39,50	39,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	28,50	28,50	28,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	69,50	68,00	68,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,06 \times 10^{-5}$	$1,01 \times 10^{-5}$	$1,01 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,34 \times 10^{-4}$	$1,33 \times 10^{-4}$	$1,33 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,45 \times 10^{-4}$	$1,43 \times 10^{-4}$	$1,43 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.30. 8 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	43,5	42	43,5
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	370	367	365
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	93	93	93
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	18,5	18,4	18,3
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	4,65	4,65	4,65
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	23,2	23,1	23
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$8,34 \times 10^{-6}$	$8,59 \times 10^{-6}$	$8,25 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,87 \times 10^{-4}$	$1,81 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,89 \times 10^{-4}$	$1,96 \times 10^{-4}$	$1,89 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.31. 8 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	90	90	90
Zaman, t (s)	23	20	19
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	545	535	520
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	145	142	135
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	23,70	26,80	27,40
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	6,30	7,10	7,11
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	30,00	33,90	34,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,16 \times 10^{-6}$	$5,84 \times 10^{-6}$	$5,97 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,18 \times 10^{-4}$	$1,33 \times 10^{-4}$	$1,34 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,24 \times 10^{-4}$	$1,39 \times 10^{-4}$	$1,40 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.32. 8 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	133	135	135
Zaman, t (s)	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	490	497	495
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	135	135	135
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	32,70	33,10	33,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	9,00	9,00	9,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	41,70	42,10	42,00
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,14 \times 10^{-4}$	$1,13 \times 10^{-4}$	$1,13 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,19 \times 10^{-4}$	$1,18 \times 10^{-4}$	$1,18 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.33. 8 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	173	172	173	171
Zaman, t (s)	15	15	15	15
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	460	467	465	445
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	410	415	413	395
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	30,70	31,10	31,00	29,70
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	27,30	27,70	27,50	26,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	58,00	58,80	58,50	56,00
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,48 \times 10^{-6}$	$3,54 \times 10^{-6}$	$3,51 \times 10^{-6}$	$3,40 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,67 \times 10^{-4}$	$2,72 \times 10^{-4}$	$2,69 \times 10^{-4}$	$2,60 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,70 \times 10^{-4}$	$2,76 \times 10^{-4}$	$2,72 \times 10^{-4}$	$2,64 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.34. 9 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (kPa)	49	52	44	46	49
Zaman, t (s)	40	40	40	40	40
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	80	83	68	70	73
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	135	133	110	113	110
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	2,00	2,10	1,70	1,80	1,80
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	3,40	3,30	2,80	2,80	2,80
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	5,40	5,40	4,50	4,60	4,60
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,35 \times 10^{-6}$	$1,34 \times 10^{-6}$	$1,28 \times 10^{-6}$	$1,30 \times 10^{-6}$	$1,22 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$6,95 \times 10^{-5}$	$6,35 \times 10^{-5}$	$6,37 \times 10^{-5}$	$6,09 \times 10^{-5}$	$5,72 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$7,08 \times 10^{-5}$	$6,49 \times 10^{-5}$	$6,50 \times 10^{-5}$	$6,22 \times 10^{-5}$	$5,84 \times 10^{-5}$

Çizelge 2.35. 9 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (kPa)	94	98	103	98	100
Zaman, t (s)	30	30	30	30	30
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	90	90	93	90	95
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	160	158	155	163	158
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	3,00	3,00	3,10	3,00	3,20
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	5,30	5,30	5,20	5,40	5,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	8,30	8,30	8,30	8,40	8,50
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,06 \times 10^{-6}$	$1,01 \times 10^{-6}$	$9,97 \times 10^{-7}$	$1,01 \times 10^{-6}$	$1,06 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$5,64 \times 10^{-5}$	$5,41 \times 10^{-5}$	$5,05 \times 10^{-5}$	$5,52 \times 10^{-5}$	$5,31 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$5,75 \times 10^{-5}$	$5,52 \times 10^{-5}$	$5,15 \times 10^{-5}$	$5,62 \times 10^{-5}$	$5,41 \times 10^{-5}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.36. 9 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	150	153	154	152
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	85	83	83	83
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	150	153	148	150
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	4,30	4,20	4,20	4,20
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	7,50	7,70	7,40	7,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	11,80	11,90	11,60	11,70
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$9,49 \times 10^{-7}$	$9,09 \times 10^{-7}$	$9,03 \times 10^{-7}$	$9,15 \times 10^{-7}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$5,01 \times 10^{-5}$	$5,04 \times 10^{-5}$	$4,81 \times 10^{-5}$	$4,94 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$5,10 \times 10^{-5}$	$5,13 \times 10^{-5}$	$4,90 \times 10^{-5}$	$5,03 \times 10^{-5}$

Çizelge 2.37. 9 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (kPa)	202	211	205	215	201
Zaman, t (s)	20	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	100	73	58	58	40
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	185	125	105	100	85
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	5,00	3,65	2,90	2,90	2,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	9,25	6,25	5,25	5,00	4,25
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	14,25	9,90	8,15	7,90	6,25
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$8,20 \times 10^{-7}$	$5,73 \times 10^{-7}$	$4,68 \times 10^{-7}$	$4,47 \times 10^{-7}$	$3,30 \times 10^{-7}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$4,58 \times 10^{-5}$	$2,97 \times 10^{-5}$	$2,56 \times 10^{-5}$	$2,33 \times 10^{-5}$	$2,12 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$4,67 \times 10^{-5}$	$3,02 \times 10^{-5}$	$2,61 \times 10^{-5}$	$2,37 \times 10^{-5}$	$2,15 \times 10^{-5}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.38. 10 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	45	43	43
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	295	297	297
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	180	180	177
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	14,80	14,90	14,90
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	9,00	9,00	8,85
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	23,80	23,90	23,75
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,04 \times 10^{-5}$	$1,10 \times 10^{-5}$	$1,10 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,09 \times 10^{-4}$	$2,18 \times 10^{-4}$	$2,16 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,19 \times 10^{-4}$	$2,29 \times 10^{-4}$	$2,27 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.39. 10 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7
Basınç, P (kPa)	93	93	90	90	90	90	90
Zaman, t (s)	20	20	20	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	433	440	453	437	425	425	420
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	300	315	340	343	357	365	367
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	21,70	22,00	22,70	21,90	21,30	21,30	21,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	15,00	15,75	17,00	17,15	17,85	18,25	18,35
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	36,70	37,75	39,70	39,05	39,15	39,55	39,35

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.39. (devam) 10 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$7,41 \times 10^{-6}$	$7,51 \times 10^{-6}$	$8,01 \times 10^{-6}$	$7,73 \times 10^{-6}$	$7,52 \times 10^{-6}$	$7,52 \times 10^{-6}$	$7,41 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,68 \times 10^{-4}$	$1,77 \times 10^{-4}$	$1,97 \times 10^{-4}$	$1,99 \times 10^{-4}$	$2,08 \times 10^{-4}$	$2,12 \times 10^{-4}$	$2,13 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,76 \times 10^{-4}$	$1,85 \times 10^{-4}$	$2,05 \times 10^{-4}$	$2,07 \times 10^{-4}$	$2,15 \times 10^{-4}$	$2,20 \times 10^{-4}$	$2,21 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.40. 10 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5
Basınç, P (kPa)	133	133	133	133	133
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	263	273	273	267	267
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	263	277	275	275	275
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	26,30	27,30	27,30	26,70	26,70
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	26,30	27,70	27,50	27,50	27,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	52,60	55,00	54,80	54,20	54,20
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$6,28 \times 10^{-6}$	$6,52 \times 10^{-6}$	$6,52 \times 10^{-6}$	$6,38 \times 10^{-6}$	$6,38 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,06 \times 10^{-4}$	$2,17 \times 10^{-4}$	$2,16 \times 10^{-4}$	$2,16 \times 10^{-4}$	$2,16 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,13 \times 10^{-4}$	$2,24 \times 10^{-4}$	$2,22 \times 10^{-4}$	$2,22 \times 10^{-4}$	$2,22 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.41. 10 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	177	177	177	177
Zaman, t (s)	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	305	305	300	305
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	333	340	335	335
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	30,50	30,50	30,00	30,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	33,30	34,00	33,50	33,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	63,80	64,50	63,50	64,00
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,47 \times 10^{-6}$	$5,47 \times 10^{-6}$	$5,38 \times 10^{-6}$	$5,47 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,96 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^{-4}$	$1,98 \times 10^{-4}$	$1,98 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,02 \times 10^{-4}$	$2,06 \times 10^{-4}$	$2,03 \times 10^{-4}$	$2,03 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.42. 11 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	40	40	40
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	237	240	240
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	193	192	193
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	11,85	12,00	12,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	9,70	9,60	9,65
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	21,55	21,60	21,65
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$9,45 \times 10^{-6}$	$9,53 \times 10^{-6}$	$9,53 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,53 \times 10^{-4}$	$2,50 \times 10^{-4}$	$2,53 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,63 \times 10^{-4}$	$2,60 \times 10^{-4}$	$2,63 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.43. 11 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	87	87	88
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	370	363	363
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	335	335	337
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	18,50	18,15	18,15
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	16,80	16,80	16,90
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	35,30	34,95	35,05
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$6,75 \times 10^{-6}$	$6,65 \times 10^{-6}$	$6,57 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,02 \times 10^{-4}$	$2,02 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,08 \times 10^{-4}$	$2,08 \times 10^{-4}$	$2,07 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.44. 11 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	130	130	130	130
Zaman, t (s)	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	240	240	235	235
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	250	255	252	253
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	24,00	24,00	23,50	23,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	25,00	25,50	25,20	25,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	49,00	49,50	48,70	48,80
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,86 \times 10^{-6}$	$5,86 \times 10^{-6}$	$5,74 \times 10^{-6}$	$5,74 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,01 \times 10^{-4}$	$2,05 \times 10^{-4}$	$2,02 \times 10^{-4}$	$2,03 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,07 \times 10^{-4}$	$2,11 \times 10^{-4}$	$2,08 \times 10^{-4}$	$2,09 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.45. 11 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	177	177	177
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	275	275	273
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	305	307	305
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	27,50	27,50	27,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	30,50	30,70	30,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	58,00	58,20	57,80
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,94 \times 10^{-6}$	$4,94 \times 10^{-6}$	$4,90 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,80 \times 10^{-4}$	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,80 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,85 \times 10^{-4}$	$1,86 \times 10^{-4}$	$1,85 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.46. 12 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	41	41	41
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	250	250	247
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	183	182	182
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	12,50	12,50	12,35
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	9,20	9,10	9,10
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	21,70	21,60	21,45
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,03 \times 10^{-5}$	$1,03 \times 10^{-5}$	$1,02 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,20 \times 10^{-4}$	$2,18 \times 10^{-4}$	$2,18 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,30 \times 10^{-4}$	$2,28 \times 10^{-4}$	$2,28 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.47. 12 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	85	85	85	85
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	375	375	375	375
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	300	307	307	310
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	18,80	18,80	18,80	18,80
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	15,00	15,35	15,35	15,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	33,80	34,15	34,15	34,30
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$7,47 \times 10^{-6}$	$7,47 \times 10^{-6}$	$7,47 \times 10^{-6}$	$7,47 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,73 \times 10^{-4}$	$1,78 \times 10^{-4}$	$1,78 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,85 \times 10^{-4}$	$1,85 \times 10^{-4}$	$1,86 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.48. 12 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	128	128	128
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	245	235	237
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	225	225	227
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	24,50	23,50	23,70
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	22,50	22,50	22,70
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	47,00	46,00	46,40
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$6,47 \times 10^{-6}$	$6,20 \times 10^{-6}$	$6,26 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,72 \times 10^{-4}$	$1,72 \times 10^{-4}$	$1,74 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,80 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.49. 12 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	175	175	175
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	280	280	280
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	285	285	285
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	28,00	28,00	28,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	28,50	28,50	28,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	56,50	56,50	56,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,41 \times 10^{-6}$	$5,41 \times 10^{-6}$	$5,41 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,65 \times 10^{-4}$	$1,65 \times 10^{-4}$	$1,65 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.50. 13 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	41	41	41
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	245	243	243
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	203	203	205
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	12,30	12,20	12,20
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	10,20	10,20	10,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	22,50	22,40	22,50
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,05 \times 10^{-5}$	$1,05 \times 10^{-5}$	$1,05 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,35 \times 10^{-4}$	$2,35 \times 10^{-4}$	$2,37 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,45 \times 10^{-4}$	$2,45 \times 10^{-4}$	$2,47 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.51. 13 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7
Basınç, P (kPa)	87	87	87	87	87	87	85
Zaman, t (s)	20	20	20	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	375	385	380	383	375	375	380
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	333	343	335	340	330	337	345
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	18,80	19,30	19,00	19,20	18,80	18,80	19,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	16,70	17,20	16,80	17,00	16,50	16,90	17,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	35,50	36,50	35,80	36,20	35,30	35,70	36,30
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$7,59 \times 10^{-6}$	$7,80 \times 10^{-6}$	$7,68 \times 10^{-6}$	$7,76 \times 10^{-6}$	$7,59 \times 10^{-6}$	$7,59 \times 10^{-6}$	$7,86 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,81 \times 10^{-4}$	$1,86 \times 10^{-4}$	$1,82 \times 10^{-4}$	$1,84 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,83 \times 10^{-4}$	$1,92 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,89 \times 10^{-4}$	$1,94 \times 10^{-4}$	$1,90 \times 10^{-4}$	$1,92 \times 10^{-4}$	$1,86 \times 10^{-4}$	$1,91 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.52. 13 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	130	130	130
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	240	240	240
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	265	265	265
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	24,00	24,00	24,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	26,50	26,50	26,50
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	50,50	50,50	50,50

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.52. (devam) 13 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$6,49 \times 10^{-6}$	$6,49 \times 10^{-6}$	$6,49 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,92 \times 10^{-4}$	$1,92 \times 10^{-4}$	$1,92 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,99 \times 10^{-4}$	$1,99 \times 10^{-4}$	$1,99 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.53. 13 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	175	175	175
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	273	273	272
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	315	315	313
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	27,30	27,30	27,20
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	31,50	31,50	31,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	58,80	58,80	58,50
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,48 \times 10^{-6}$	$5,48 \times 10^{-6}$	$5,46 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,70 \times 10^{-4}$	$1,70 \times 10^{-4}$	$1,69 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,75 \times 10^{-4}$	$1,75 \times 10^{-4}$	$1,74 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.54. 14 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	42	42	42
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	125	125	125
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	162	163	163
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	6,25	6,25	6,25
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	8,10	8,15	8,15
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	14,35	14,40	14,40
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,93 \times 10^{-6}$	$4,93 \times 10^{-6}$	$4,93 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,93 \times 10^{-4}$	$1,94 \times 10^{-4}$	$1,94 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,98 \times 10^{-4}$	$1,99 \times 10^{-4}$	$1,99 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.55. 14 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	94	94	94	98
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	235	232	233	230
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	307	310	313	313
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	11,80	11,60	11,70	11,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	15,40	15,50	15,70	15,70
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	27,20	27,10	27,40	27,20
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$4,16 \times 10^{-6}$	$4,09 \times 10^{-6}$	$4,12 \times 10^{-6}$	$3,89 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,64 \times 10^{-4}$	$1,65 \times 10^{-4}$	$1,67 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,68 \times 10^{-4}$	$1,69 \times 10^{-4}$	$1,71 \times 10^{-4}$	$1,64 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.56. 14 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	136	136	137
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	155	155	155
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	213	210	213
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	15,50	15,50	15,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	21,30	21,00	21,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	36,80	36,50	36,80
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,77 \times 10^{-6}$	$3,77 \times 10^{-6}$	$3,75 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,57 \times 10^{-4}$	$1,55 \times 10^{-4}$	$1,56 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,61 \times 10^{-4}$	$1,58 \times 10^{-4}$	$1,59 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.57. 14 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6
Basınç, P (kPa)	183	183	183	188	188	192
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	193	183	183	185	183	183
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	270	267	267	275	275	273
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	19,30	18,30	18,30	18,50	18,30	18,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	27,00	26,70	26,70	27,50	27,50	27,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	46,30	45,00	45,00	46,00	45,80	45,60
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$3,49 \times 10^{-6}$	$3,31 \times 10^{-6}$	$3,31 \times 10^{-6}$	$3,26 \times 10^{-6}$	$3,22 \times 10^{-6}$	$3,16 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$1,48 \times 10^{-4}$	$1,46 \times 10^{-4}$	$1,46 \times 10^{-4}$	$1,46 \times 10^{-4}$	$1,46 \times 10^{-4}$	$1,42 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$1,51 \times 10^{-4}$	$1,49 \times 10^{-4}$	$1,49 \times 10^{-4}$	$1,50 \times 10^{-4}$	$1,50 \times 10^{-4}$	$1,45 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.58. 15 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	47	49	49
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	245	245	245
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	35	35	35
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	12,30	12,30	12,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	1,80	1,80	1,80
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	14,10	14,10	14,10
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$8,49 \times 10^{-6}$	$8,14 \times 10^{-6}$	$8,14 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$3,91 \times 10^{-5}$	$3,75 \times 10^{-5}$	$3,75 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$4,76 \times 10^{-5}$	$4,57 \times 10^{-5}$	$4,57 \times 10^{-5}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.59. 15 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Basınç, P (kPa)	86	91	93	96	97	96	93	93	96
Zaman, t (s)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	383	395	395	390	390	380	377	373	363
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	65	70	73	65	73	70	70	65	65
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	19,20	19,80	19,80	19,50	19,50	19,00	18,90	18,70	18,20
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	3,30	3,50	3,70	3,30	3,70	3,50	3,50	3,30	3,30
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	22,50	23,30	23,50	22,80	23,20	22,50	22,40	22,00	21,50
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$7,24 \times 10^{-6}$	$7,06 \times 10^{-6}$	$6,91 \times 10^{-6}$	$6,59 \times 10^{-6}$	$6,52 \times 10^{-6}$	$6,42 \times 10^{-6}$	$6,59 \times 10^{-6}$	$6,52 \times 10^{-6}$	$6,15 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$3,92 \times 10^{-5}$	$3,93 \times 10^{-5}$	$4,07 \times 10^{-5}$	$3,51 \times 10^{-5}$	$3,90 \times 10^{-5}$	$3,73 \times 10^{-5}$	$3,85 \times 10^{-5}$	$3,63 \times 10^{-5}$	$3,51 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$4,65 \times 10^{-5}$	$4,64 \times 10^{-5}$	$4,76 \times 10^{-5}$	$4,17 \times 10^{-5}$	$4,55 \times 10^{-5}$	$4,37 \times 10^{-5}$	$4,51 \times 10^{-5}$	$4,28 \times 10^{-5}$	$4,13 \times 10^{-5}$

Çizelge 2.60. 15 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4
Basınç, P (kPa)	140	140	140	140
Zaman, t (s)	20	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	455	455	450	453
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	105	107	110	115
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	22,80	22,80	22,50	22,70
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	5,30	5,40	5,50	5,80
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	28,10	28,20	28,00	28,50
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,28 \times 10^{-6}$	$5,28 \times 10^{-6}$	$5,21 \times 10^{-6}$	$5,26 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$3,87 \times 10^{-5}$	$3,94 \times 10^{-5}$	$4,01 \times 10^{-5}$	$4,23 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$4,40 \times 10^{-5}$	$4,47 \times 10^{-5}$	$4,54 \times 10^{-5}$	$4,76 \times 10^{-5}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.61. 15 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	185	185	185
Zaman, t (s)	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	287	290	290
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	80	77	77
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	28,70	29,00	29,00
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	8,00	7,70	7,70
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	36,70	36,70	36,70
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$5,03 \times 10^{-6}$	$5,09 \times 10^{-6}$	$5,09 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$4,42 \times 10^{-5}$	$4,25 \times 10^{-5}$	$4,25 \times 10^{-5}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$4,92 \times 10^{-5}$	$4,76 \times 10^{-5}$	$4,76 \times 10^{-5}$

Çizelge 2.62. 16 nolu taş üzerinde nominal 50 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3
Basınç, P (kPa)	38	38	38
Zaman, t (s)	20	20	20
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	343	340	345
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	270	270	275
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	17,20	17,00	17,30
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	13,50	13,50	13,80
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	30,70	30,50	31,10
Gövdenin geçirimsilik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,77 \times 10^{-5}$	$1,75 \times 10^{-5}$	$1,78 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsilik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$3,00 \times 10^{-4}$	$3,00 \times 10^{-4}$	$3,07 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsilik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$3,18 \times 10^{-4}$	$3,18 \times 10^{-4}$	$3,25 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

Çizelge 2.63. 16 nolu taş üzerinde nominal 100 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6
Basınç, P (kPa)	80	80	80	80	80	80
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	235	240	235	240	233	235
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	235	240	245	248	240	240
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	23,50	24,00	23,50	24,00	23,30	23,50
Debi, yan, (q_{yan}) (ml/s)	23,50	24,00	24,50	24,80	24,00	24,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	47,00	48,00	48,00	48,80	47,30	47,50
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$1,15 \times 10^{-5}$	$1,18 \times 10^{-5}$	$1,15 \times 10^{-5}$	$1,18 \times 10^{-5}$	$1,14 \times 10^{-5}$	$1,15 \times 10^{-5}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,48 \times 10^{-4}$	$2,54 \times 10^{-4}$	$2,59 \times 10^{-4}$	$2,62 \times 10^{-4}$	$2,54 \times 10^{-4}$	$2,54 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,60 \times 10^{-4}$	$2,65 \times 10^{-4}$	$2,71 \times 10^{-4}$	$2,74 \times 10^{-4}$	$2,65 \times 10^{-4}$	$2,65 \times 10^{-4}$

Çizelge 2.64. 16 nolu taş üzerinde nominal 150 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

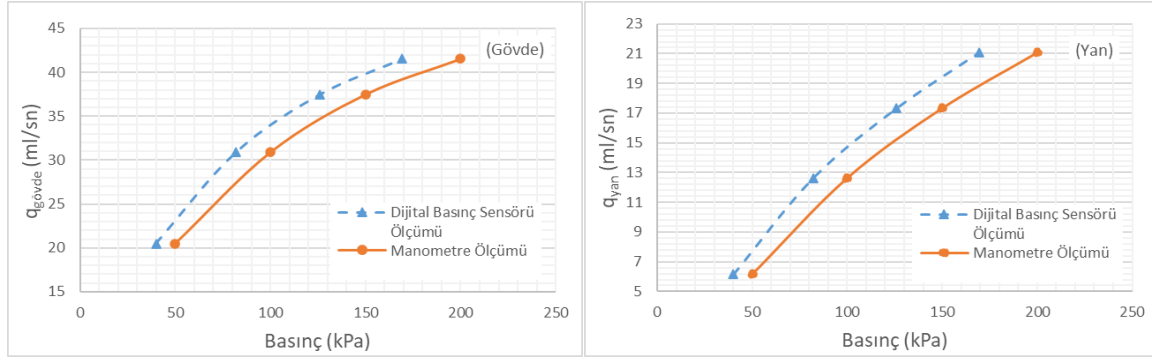
Deney No	1	2	3	4	5	6	7
Basınç, P (kPa)	119	118	118	118	118	118	118
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	275	265	290	273	265	270	265
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	307	320	335	332	315	327	320
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	27,50	26,50	29,00	27,30	26,50	27,00	26,50
Debi, yan (q_{yan}) (ml/s)	30,70	32,00	33,50	33,20	31,50	32,70	32,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	58,20	58,50	62,50	60,50	58,00	59,70	58,50
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$9,06 \times 10^{-6}$	$8,80 \times 10^{-6}$	$9,63 \times 10^{-6}$	$9,07 \times 10^{-6}$	$8,80 \times 10^{-6}$	$8,97 \times 10^{-6}$	$8,80 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,18 \times 10^{-4}$	$2,29 \times 10^{-4}$	$2,40 \times 10^{-4}$	$2,38 \times 10^{-4}$	$2,26 \times 10^{-4}$	$2,34 \times 10^{-4}$	$2,29 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,27 \times 10^{-4}$	$2,38 \times 10^{-4}$	$2,50 \times 10^{-4}$	$2,47 \times 10^{-4}$	$2,35 \times 10^{-4}$	$2,43 \times 10^{-4}$	$2,38 \times 10^{-4}$

EK-2. (devam) Dijital Basınç Sensörü ile Yapılan Ölçümlerin Sonuçları

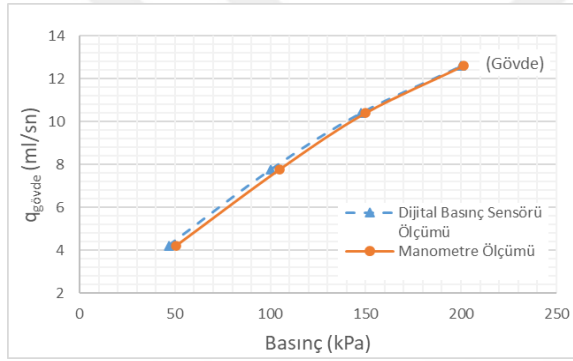
Çizelge 2.65. 16 nolu taş üzerinde nominal 200 kPa basınç altında yapılan ölçümlerin sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Basınç, P (kPa)	162	162	162	162	162	162	163	163
Zaman, t (s)	10	10	10	10	10	10	10	10
Taşın gövdesinden geçen su, Q_g (ml)	293	295	300	300	295	307	295	293
Taşın yanlarından geçen su, Q_y (ml)	415	385	415	410	420	420	400	410
Debi, gövde ($q_{gövde}$) (ml/s)	29,30	29,50	30,00	30,00	29,50	30,70	29,50	29,30
Debi, yan (q_{yan}) (ml/s)	41,50	38,50	41,50	41,00	42,00	42,00	40,00	41,00
Debi, toplam ($q_{taş}$) (ml/s)	70,80	68,00	71,50	71,00	71,50	72,70	69,50	70,30
Gövdenin geçirimsizlik katsayısı, $k_{gövde}$ (m/s)	$7,09 \times 10^{-6}$	$7,14 \times 10^{-6}$	$7,26 \times 10^{-6}$	$7,26 \times 10^{-6}$	$7,14 \times 10^{-6}$	$7,43 \times 10^{-6}$	$7,09 \times 10^{-6}$	$7,05 \times 10^{-6}$
Yanların geçirimsizlik katsayısı, k_{yan} (m/s)	$2,17 \times 10^{-4}$	$2,01 \times 10^{-4}$	$2,17 \times 10^{-4}$	$2,14 \times 10^{-4}$	$2,19 \times 10^{-4}$	$2,19 \times 10^{-4}$	$2,08 \times 10^{-4}$	$2,13 \times 10^{-4}$
Gözenekli taşın geçirimsizlik katsayısı, $k_{taş}$ (m/s)	$2,24 \times 10^{-4}$	$2,08 \times 10^{-4}$	$2,24 \times 10^{-4}$	$2,21 \times 10^{-4}$	$2,26 \times 10^{-4}$	$2,27 \times 10^{-4}$	$2,15 \times 10^{-4}$	$2,20 \times 10^{-4}$

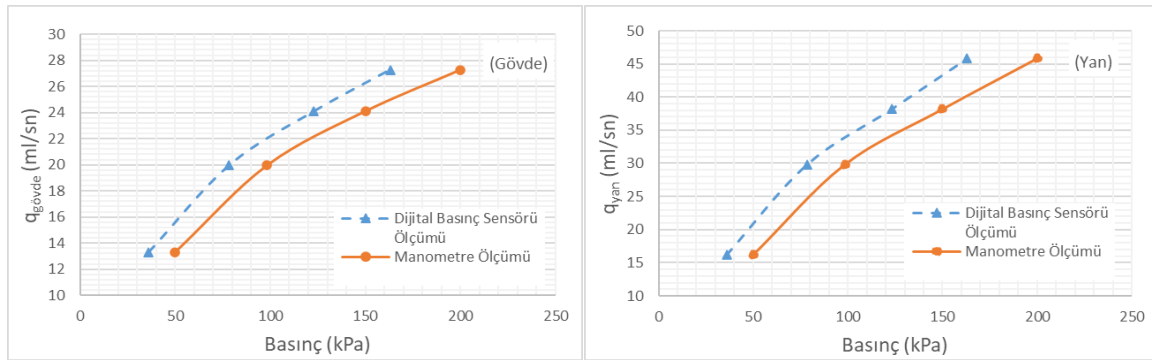
EK-3. Taşın Yan ve Gövdesinden Ölçülen Debi



Şekil 3.1. 1 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

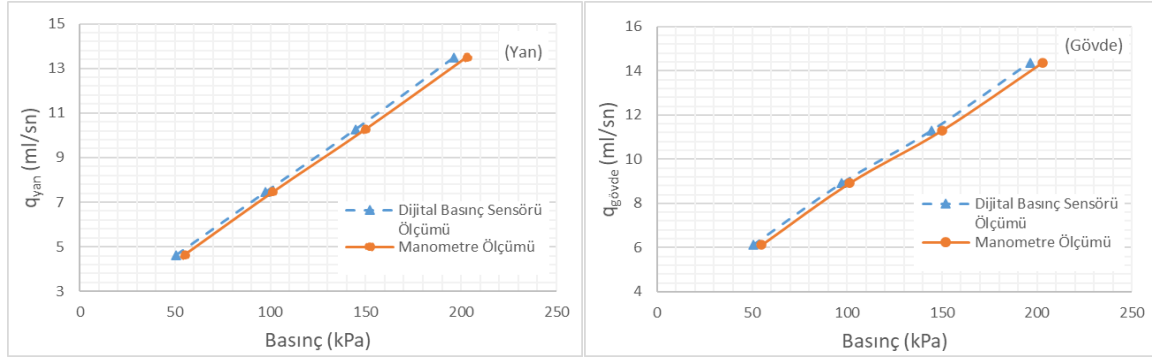


Şekil 3.2. 2 nolu gözenekli taşın gövde debi değerlerinin değişimi

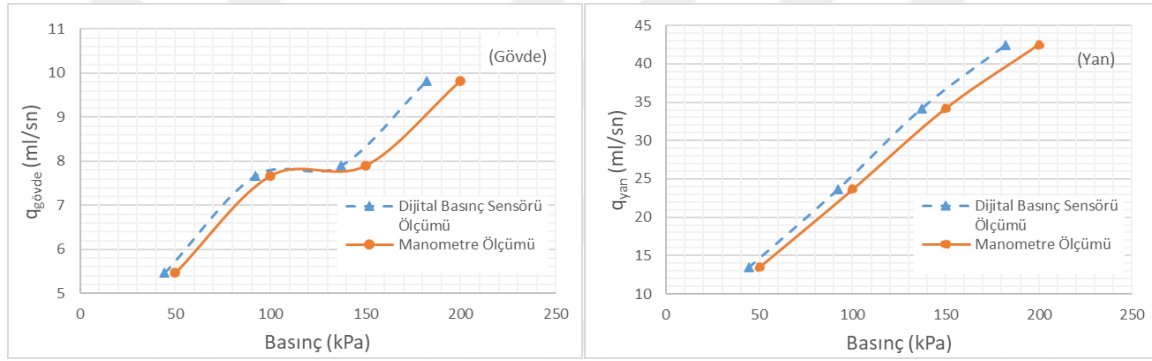


Şekil 3.3. 3 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

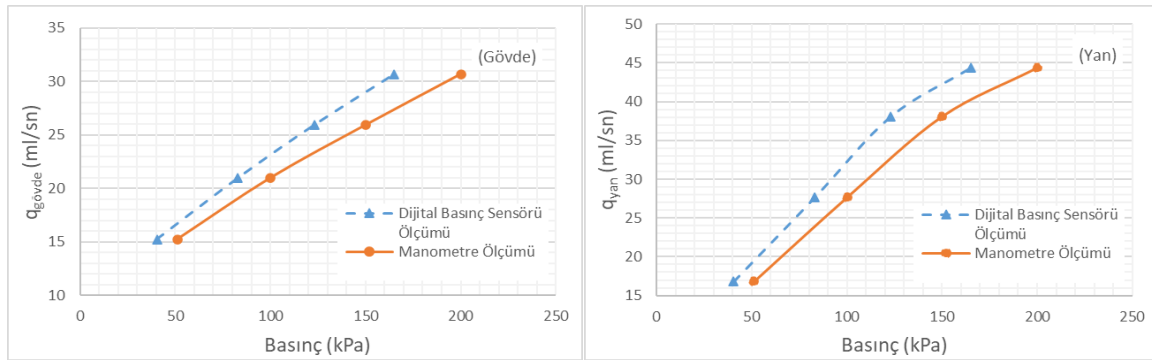
EK-3. (devam)Taşın Yan ve Gövdesinden Ölçülen Debi



Şekil 3.4. 4 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

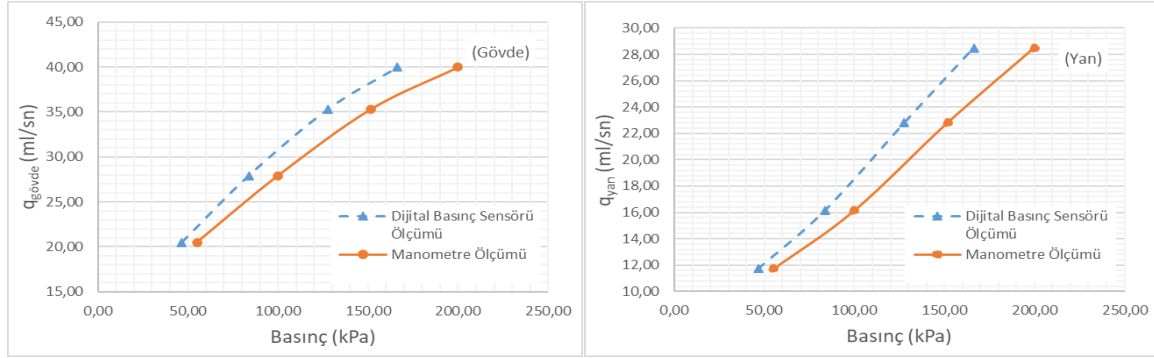


Şekil 3.5. 5 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

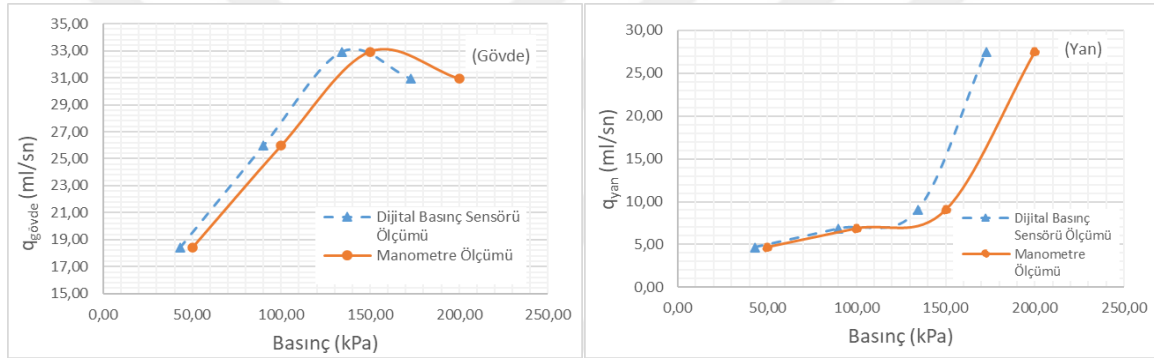


Şekil 3.6. 6 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

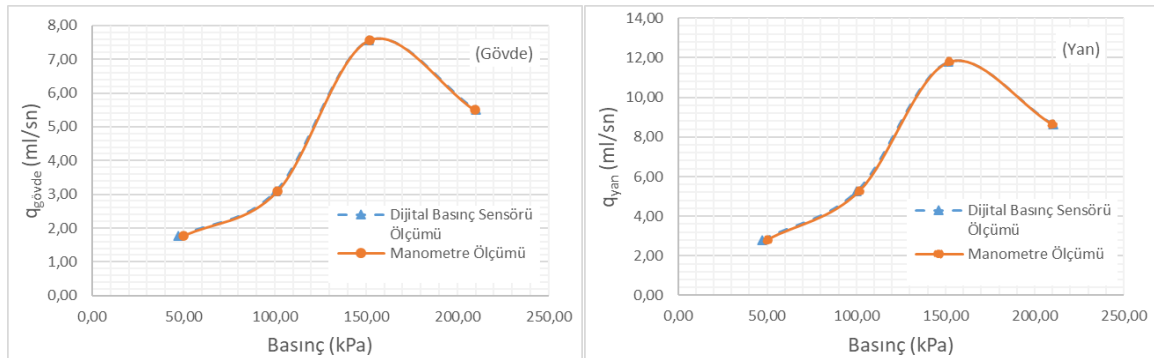
EK-3. (devam)Taşın Yan ve Gövdesinden Ölçülen Debi



Şekil 3.7. 7 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

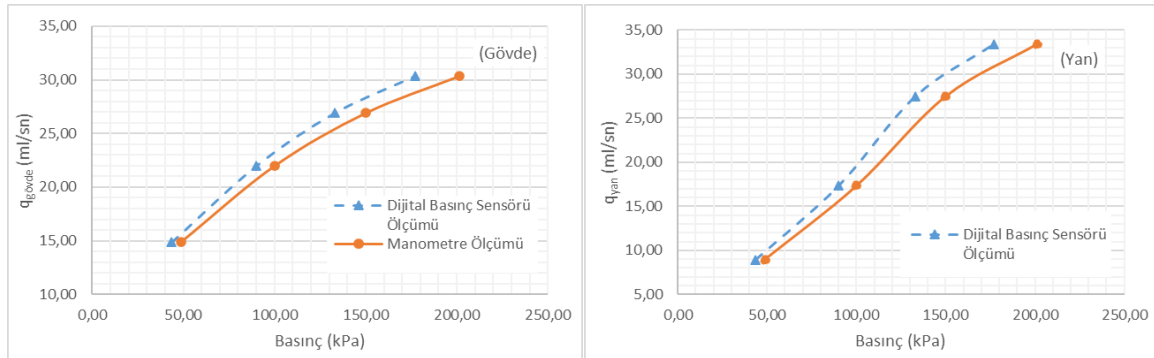


Şekil 3.8. 8 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

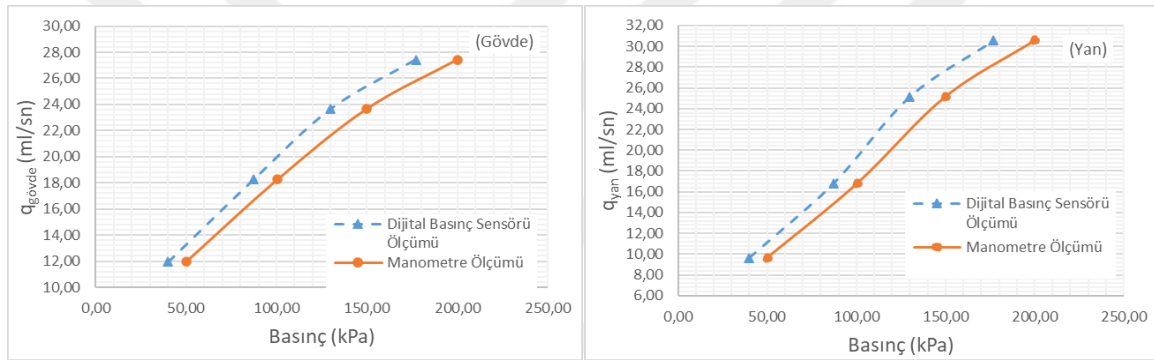


Şekil 3.9. 9 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

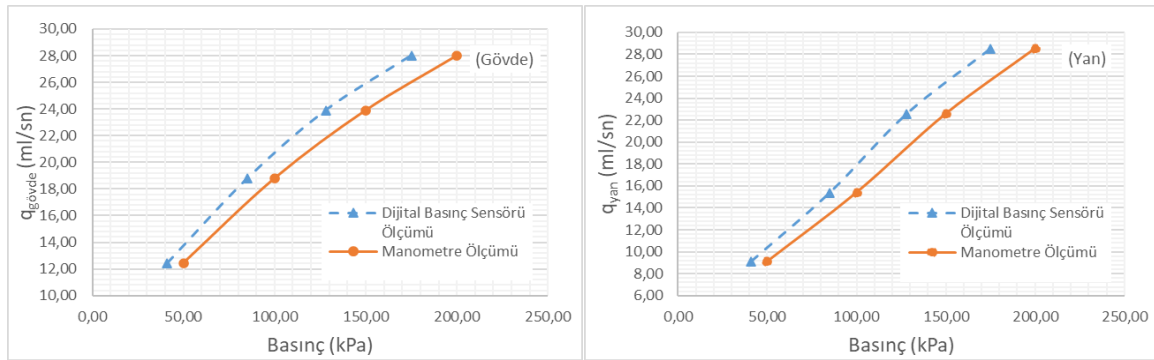
EK-3. (devam)Taşın Yan ve Gövdesinden Ölçülen Debi



Şekil 3.10. 10 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

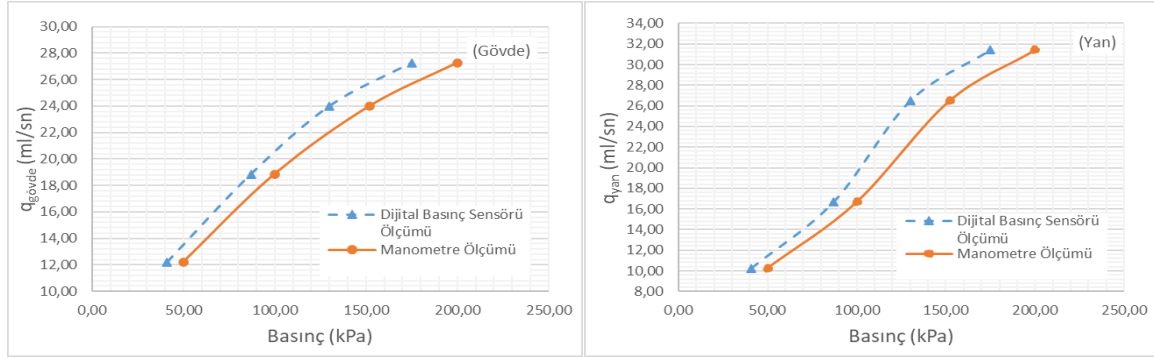


Şekil 3.11. 11 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

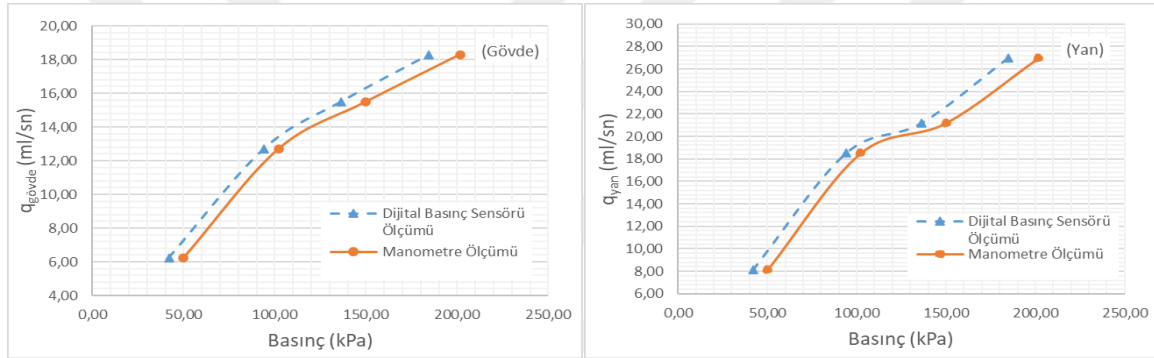


Şekil 3.12. 12 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

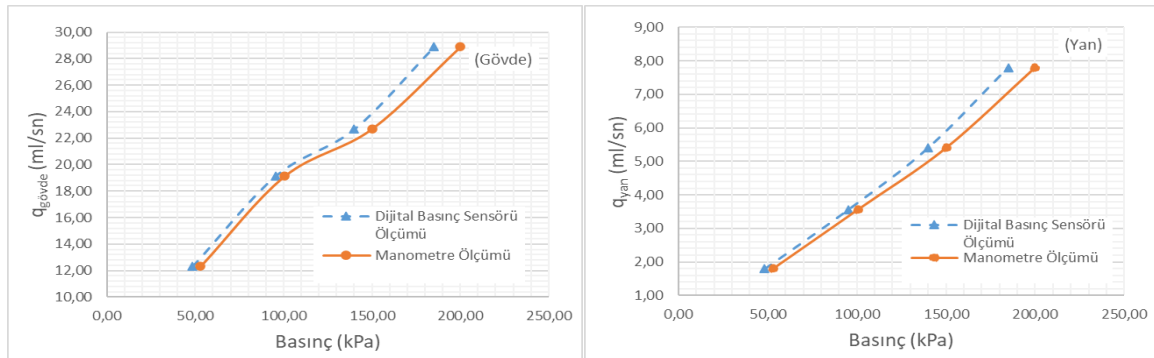
EK-3. (devam)Taşın Yan ve Gövdesinden Ölçülen Debi



Şekil 3.13. 13 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

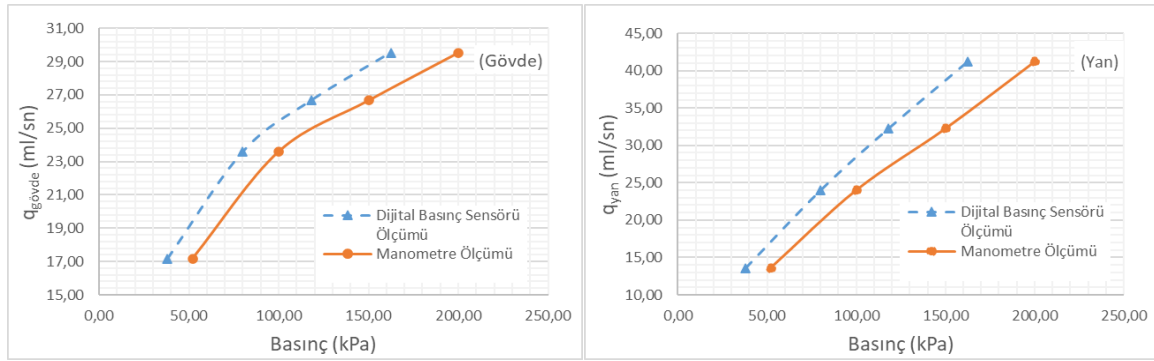


Şekil 3.14. 14 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi



Şekil 3.15. 15 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi

EK-3. (devam)Taşın Yan ve Gövdesinden Ölçülen Debi



Şekil 3.16. 16 nolu gözenekli taşın gövde ve yan debi değerlerinin değişimi



GAZİ GELECEKTİR..