

## Geçirimli Betonun İnfiltrasyon Performansının Ölçülmesi: Peynircioğlu Deresi Parkı, Mavişehir, İzmir

Merve ÖZEREN ALKAN<sup>1\*</sup>, Gülşah KAÇMAZ<sup>2</sup>, Şerif HEPCAN<sup>1</sup>, Çiğdem COŞKUN HEPCAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İzmir

<sup>2</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Burdur

**Öz:** Geçirimli beton uygulaması kentlerde sürdürülebilir yağış suyu tesislerinden birisidir. Bu araştırmanın amacı, İzmir ili Mavişehir ilçesinde yer alan Peynircioğlu deresi kıyısındaki bisiklet ve yaya yolunda zemin kaplama malzemesi olarak kullanılan geçirimli beton uygulamasının geçirimsizlik performansının basit ve güvenilir bir infiltrasyon testi ile ölçülmesidir. Bu çalışmada geçirimli beton yüzeylerin infiltrasyon hızının ölçülmesinde Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (American Society for Testing and Materials-ASTM International)'nun C1701/C1701M-09 koduyla yayınladığı Yerinde Geçirgen Beton İnfiltrasyon Hızı için Standart Test Yöntemi kullanılmıştır. Test altı farklı noktada uygulanmıştır. Sahada yapılan testlere göre araştırma alanındaki geçirimli beton yüzeylerin infiltrasyon hızları 524-3194 mm/sa arasında değişmektedir. En hızlı infiltrasyon 3 numaralı test noktasında, en yavaş infiltrasyon ise 5 numaralı test noktasında gerçekleşmiştir. Sonuç olarak; 2 ve 3 numaralı test noktalarında ölçülen değerler Amerikan Beton Enstitüsü'nün belirttiği alt sınıra oldukça yakın olmakla beraber, ölçülen hiçbir değer enstitüye göre kabul edilebilir değerler aralığı içinde değildir.

**Anahtar kelimeler:** Geçirimli beton, infiltrasyon hızı, ASTM C1701/C1701M-09, İzmir

**Measuring Infiltration Performance of Pervious Concrete: Peynircioğlu Stream Park, Mavişehir, İzmir**

**Abstract:** Pervious concrete application is one of the sustainable stormwater facilities in cities. The purpose of this paper is to measure the permeability performance of the pervious concrete application on the bicycle and pedestrian paths of Peynircioğlu Stream Park in Mavişehir (İzmir), with a simple yet reliable infiltration test. In this study, in measuring the infiltration rate of pervious concrete surfaces, the Standard Test Method for Infiltration Rate of in Place Pervious Concrete (C1701/C1701M-09) report by the American Society for Testing and Materials (ASTM International) was used. The test was applied at six different locations. According to the tests carried out in the field, the infiltration speed of the pervious concrete surfaces in the research area varies between 524-3194 mm/h. The fastest infiltration occurred at the 3rd test point and the slowest at the 5th test point. As a result; although the values measured at test points 2 and 3 are quite close to the lower limit specified by the American Concrete Institute (ACI), none of the measured values are within the range of acceptable values according to the institute.

**Keywords:** Pervious concrete, infiltration rate, ASTM C1701/C1701M-09, İzmir

### GİRİŞ

Artan kentleşme ile birlikte kentlerimiz giderek daha çok yapı ve hava-su geçirmeyen yüzeylerle kaplanmaktadır. Hava ve su geçirgenliği olmayan bu yüzeyler nedeniyle yağmur suyu büyük ölçüde yüzey akışa geçerek yer altına yeterince süzülmemektedir. Buna ek olarak toprağın hava ile ısı alışverişini yapması zorlaşmaktadır. Bu nedenle büyük kentlerde yüzey sıcaklığı ve nem dengesi ayarlanamamakta, bu da kentlerde ısı adası olgusunun oluşmasına sebep olmaktadır (Yang ve Jiang, 2003). Geçirimli yüzeylerin ve dolayısıyla geçirimsizliğin artırılması, sağlayacağı çok yönlü yararlar nedeniyle kentsel peyzajlarda iklim değişikliğine uyum çalışmalarını destekleyen önemli uygulamalar arasında yer almaktadır. Geçirimli beton uygulaması, kentlerin yeşil altyapı sistemlerini güçlendiren sürdürülebilir yağış suyu yönetimi uygulamalarından birisidir.

Geçirimli (porozlu) beton temelde geleneksel betona göre daha açık gözenek yapısı sayesinde üzerine gelen suyu daha hızlı bir şekilde altındaki yüzeye aktarabilme özelliğine sahip bir beton türüdür (Çelikten ve Canbaz, 2020). Böylece geleneksel betona göre daha fazla bir hava ve su

geçirgenliği sağlamaktadır (Anonim, 2018). Teknik olarak geçirimli beton, ince agregaların karışımdan çıkartılarak çoğunlukla iri agregaların kullanılmasıyla üretilir. Bu sayede bünyesinde %15-35 civarında boşluk bulunur (Bentz, 2008; Anonim, 2010; Topçu ve ark., 2019).

Peynircioğlu deresi parkı, Avrupa Birliği tarafından desteklenen UFUK (HORIZON) 2020 programı kapsamında sürmekte olan Doğa Temelli Çözümler "URBAN GreenUP" Projesi'nin (Anonim, 2020a) uygulama alanlarından bir tanesidir. Proje kapsamında Peynircioğlu deresi kıyısında geçirimli beton uygulamasını da içeren doğa temelli bazı çözümler hayata geçirilmiştir.

Bu araştırmanın konusunu, Peynircioğlu deresi parkının bisiklet ve yaya yolunda zemin kaplama malzemesi olarak

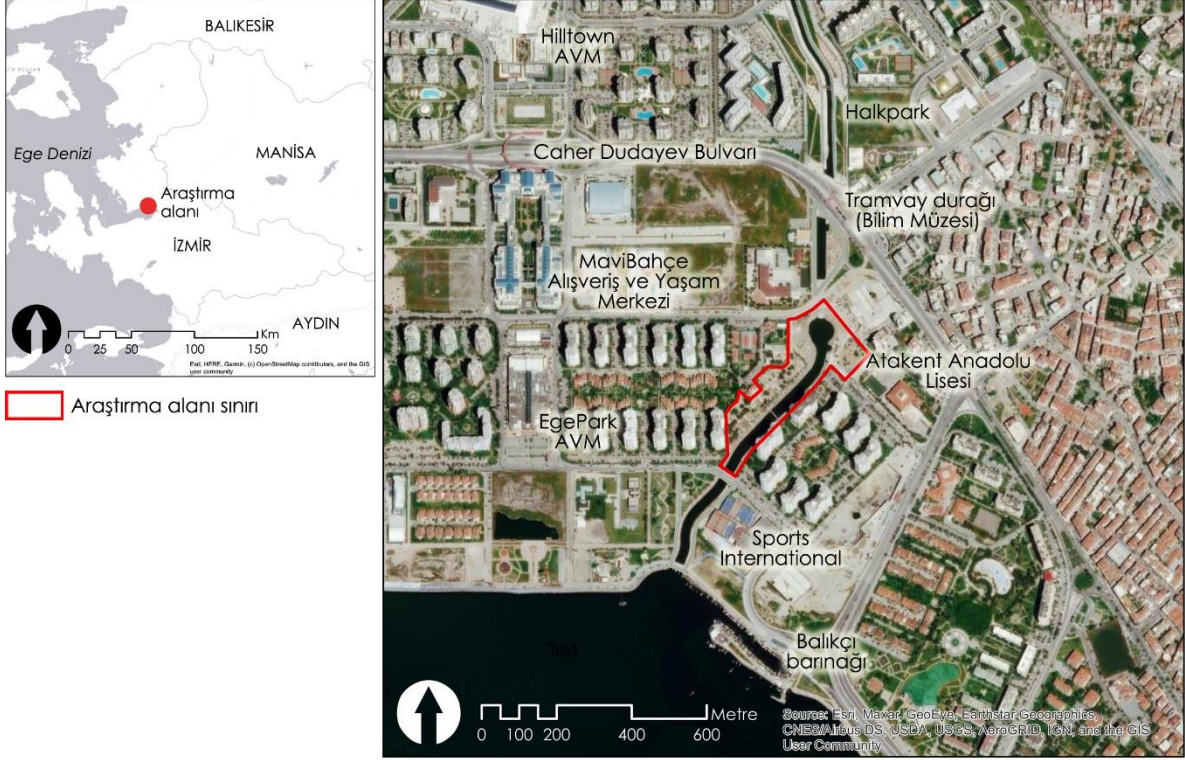
**\*Sorumlu Yazar:** [merve.ozeren@ege.edu.tr](mailto:merve.ozeren@ege.edu.tr) Bu araştırma, 730426 numaralı hibe sözleşmesi kapsamında Avrupa Birliği'nin UFUK 2020 programından fon alan URBAN GreenUP Projesi kapsamında hazırlanmıştır (Proje No 730426).

**Geliş Tarihi:** 8 Mayıs 2021

**Kabul Tarihi:** 10 Ağustos 2021

kullanılan geçirimli betonun geçirimlilik performansının basit ve güvenilir bir infiltrasyon testi ile yerinde ölçülmesi ve bu bağlamda bulguların tartışılması oluşturmaktadır. Geçirimli beton yüzeylerin geçirimlilik düzeyinin ölçülmesinde Amerikan Test ve Malzeme Kurumu

(American Society for Testing and Materials-ASTM International)'nun C1701/C1701M-09 koduyla 2009 yılında yayınladığı Yerinde Geçirgen Beton İnfiltrasyon Hızı için Standart Test Yöntemi kullanılmıştır (Anonim, 2009).



Şekil 1. Araştırma alanının konumu (ESRI, 2021)

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Araştırma alanı

Bu araştırma, İzmir ili Karşıyaka ilçesi Mavişehir mahallesinde bulunan Peynircioğlu deresi parkında yürütülmüştür (Şekil 1). Çalışma alanının yüzölçümü 38 dekadır. Akdeniz ikliminin hâkim olduğu kentte Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün uzun yıllar içinde (1938-2019) kaydettiği istatistikî değerlere göre ortalama sıcaklık 17.8 °C olup Temmuz ayı ortalama en yüksek (33.1 °C) sıcaklığa sahipken, Ocak ayı en düşük (5.7 °C) sıcaklığa sahiptir. Kentte ortalama yağışlı gün sayısı 78.1'dir Kentin

yıllık toplam yağış miktarı ortalaması 711.1 mm'dir. Ortalama yağışlı günler ise en çok Aralık, en az Temmuz aylarında olmaktadır. Aralık ayı için aylık toplam yağış miktarı ortalaması 144.3 mm iken, bu değer Temmuz ayında 4.1 mm'dir (Anonim, 2020b).

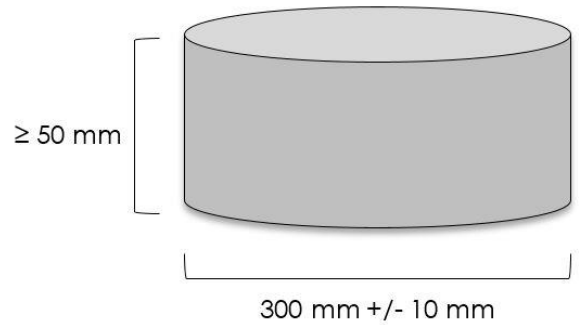
Peynircioğlu deresi kıyısı ve çevresindeki park URBAN GreenUP projesi kapsamında doğa temelli çözümlerin uygulandığı bir pilot alandır. 2020 yılı Ekim ayında kullanıma açılan parkta (Şekil 2) yürüyüş ve bisiklet yollarında geçirimli beton kullanılmıştır. Parkta toplam 6200 m<sup>2</sup> geçirimli beton yüzeyi bulunmaktadır.



Şekil 2. Uygulama öncesi ve sonrasında araştırma alanından fotoğraflar (a) URBAN GreenUP projesi kapsamına alınmadan önce Peynircioğlu deresi kıyısı-Haziran 2019, (b) URBAN GreenUP projesi kapsamında doğa temelli çözümler sahada uygulandıktan sonra Peynircioğlu deresi kıyısı-Şubat 2021 (Orijinal, 2021)

### Materyal

Araştırmada kullanılan materyaller, testin gerçekleştirilmesi için gerekli olan alet ve malzemelerdir. Test sürecinde birer adet 20 L'lik plastik bir kap, 0.10 sn hassasiyetli süreölçer, tesisat macunu, infiltrasyon halkası ile musluk suyu kullanılmıştır. Su infiltrasyon hızının belirlenmesinde kullanılan aletlerin standartları, ASTM tarafından belirlenmiştir. Buna göre infiltrasyon halkasının (Şekil 3) her iki ucunun açık silindirik, alt kenarının düz, yeterince sert ve su geçirmez olması gerekmektedir. Malzeme olarak çelik, alüminyum, sert plastik ve PVC'den üretilmiş olmalıdır. Ölçümde yararlanmak üzere halkanın iç yüzeyine alt kenarından 10 ve 15 mm yükseklikte iki işaret çizgisi çizilir (Anonim, 2009).



Şekil 3. İnfiltrasyon halkası ölçüleri (Anonim, 2009)

## Yöntem

Araştırmada geçirimli beton yüzeylerin geçirimlilik performansının ölçülmesinde Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (American Society for Testing and Materials-ASTM International)'nun C1701/C1701M-09 koduyla 2009 yılında yayınladığı Yerinde Geçirgen Beton İnfiltrasyon Hızı için Standart Test Yöntemi kullanılmıştır. Bu test yöntemi, geçirgen betonun sahadaki su infiltrasyon hızının belirlenmesinde kullanılır (Anonim, 2009).

Yöntem, düşük bir maliyetle infiltrasyon hızı ölçmenin güvenilir, doğru ve tutarlı bir yolu olarak kabul edildiği için tercih edilmiştir. İnfiltrasyon hızını ölçebilecek güvenilir ve tekrarlanabilir bir teste ihtiyaç duyulması nedeniyle bu yöntem geliştirilmiştir.

Özetle test yöntemi, düşük maliyetli olması, karmaşık olmaması, geçirgen beton tabakasına zarar vermemesi ve kolayca elde edilebilen malzemelerle yapılması bakımından yaygın olarak kullanılmaktadır (Brown ve Sparkman, 2012).

### İşlem sırası

Yerinde Geçirgen Beton İnfiltrasyon Hızı için Standart Test Yönetimi'ne göre su infiltrasyon hızının belirlenmesi 3 aşamalı bir işlem dizisi ile mümkündür (Anonim, 2009);

**1. aşama**, infiltrasyon halkasının kuruludur. Bu aşamada ilk olarak testin uygulanacağı yüzey süpürülerek varsa üzerindeki çöp, döküntü vb.'lerinden temizlenir. Ardından halkanın alt kenarına tesisat macunu sürülür ve halka, test edilen geçirgen beton zemine yerleştirilir. Su geçirmezlik sağlamak için tesisat macununun zemine ve halkanın alt kenarına yayılması sağlanır.

**2. aşama**, ön ıslatma işlemidir. Bu aşamada önceden hazırlanan 3.60 kg ( $\pm$  0.05 kg) musluk suyu, infiltrasyon halkasının iç yüzüne önceden işaretlenen iki çizgi arasındaki seviyede kalacak hızda, infiltrasyon halkası içine dökülür. Su, geçirgen beton yüzeye çarptığı anda süreölçer çalıştırılır. Geçirgen yüzeyde su kalmadığında süreölçer durdurulur ve geçen süre kaydedilir.

**3. aşama**, infiltrasyon hızının tespit edildiği aşamadır. Ön ıslatma işleminin tamamlanmasından sonra 2 dakika içinde bu aşamaya geçilmelidir. Ön ıslatma aşamasında geçen süre 30 saniyeden azsa, toplam 18.00 kg ( $\pm$  0.05 kg), geçen süre 30 saniyeden fazla veya bu süreye eşitse, toplam 3.60 kg ( $\pm$  0.05 kg) musluk suyu hazır bulundurulur. Suyun ağırlığı kaydedilir. Ardından su, infiltrasyon halkasının iç yüzüne önceden işaretlenen iki çizgi arasında kalacak hızda ve ölçülen su miktarının tamamı kullanılıncaya kadar infiltrasyon halkası içine dökülür. Su, geçirgen beton yüzeye çarptığı anda süreölçer çalıştırılır. Geçirgen yüzeyde su kalmadığında süreölçer durdurulur ve geçen süre kaydedilir.

### Testin gerçekleştirileceği konumların belirlenmesi

Test konumlarının belirlenmesinde aşağıdaki kriterler geçerlidir (Anonim, 2009):

- Yüzölçümü 2500 m<sup>2</sup>'den küçük alanlar için üç test noktası belirlenir.
- Yüzölçümü 2500 m<sup>2</sup>'den büyük alanlar için her ilave 1000 m<sup>2</sup> için bir test noktası daha eklenir.
- Testler arasında en az 24 saat geçmedikçe, test konumları arasında en az 1 m mesafe olmalıdır.
- Geçirgen beton yüzey üzerinde durgun su var olması durumunda ve testten 24 saat önce yağış düşmesi durumunda test gerçekleştirilmez.

### İnfiltrasyon hızının hesaplanması

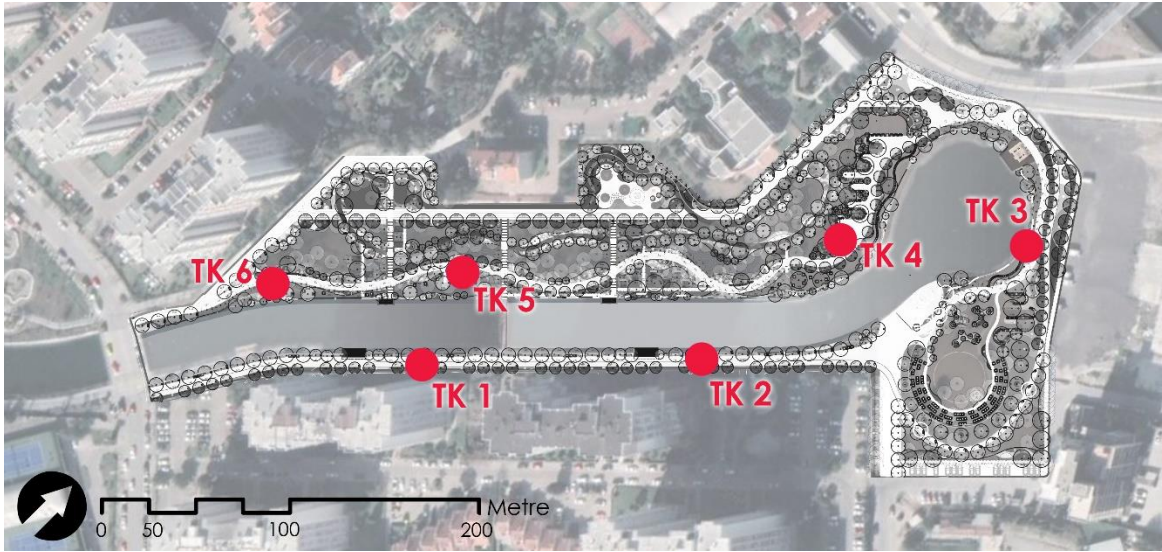
Yerinde Geçirgen Beton İnfiltrasyon Hızı için Standart Test Yönetimi ile infiltrasyon hızı (*I*) hesaplanırken aşağıda yer alan formül kullanılmaktadır (Anonim, 2009):

$$I = \frac{KM}{D^2 \times t}$$

Buna göre *I*, infiltrasyon hızını (mm/sa); *M*, infiltre olan suyun kütlesini (kg); *D*, infiltrasyon halkasının iç çeperinin çevresini (mm); *t*, su miktarının geçirgen beton yüzeye infiltre olması için gereken süreyi (sn) ; *K* ise 4,583,666,000'lik sabit bir değeri ifade etmektedir.

### ARAŞTIRMA BULGULARI

Peynircioğlu deresi kıyısında geçirimli beton yüzeyde altı noktada infiltrasyon testi gerçekleştirilmiştir. Test konumlarının sayısının belirlenmesinde yukarıda da açıklandığı nedenle geçirimli beton yüzeyin yüzölçümü etkili olmuştur. Test konumlarının yer seçiminde, test konumlarının alanda homojen olarak dağılım göstermesine ve test konumları arası mesafenin 1 m'den fazla olmasına dikkat edilmiştir (Şekil 4). Testlerin gerçekleştirildiği alanlarda eğim %1'dir. Testin gerçekleştirildiği anın (15/04/2021 tarihi saat 10:30) 24 saat öncesinde çalışma alanına yağış düşmemiştir. Test öncesi, test konumlarındaki geçirimli beton yüzey üzerindeki çöp, toz, toprak kalıntıları uzaklaştırılarak, temizlenmiştir. İnfiltrasyon testinde iç yüzey çevresi 300 mm olan bir infiltrasyon halkası ile her bir test noktasında testin yürütülmesi için 3.60 kg su kullanılmıştır (Şekil 5.) Araştırma alanında gerçekleştirilen geçirimli beton infiltrasyon testinin bulguları Çizelge 1'de yer almaktadır. Sahada yapılan testlere göre araştırma alanındaki geçirimli beton yüzeylerin infiltrasyon hızları 524-3194 mm/sa arasında değişmektedir. En hızlı infiltrasyon 3 numaralı test noktasında, en yavaş infiltrasyon ise 5 numaralı test noktasında gerçekleşmiştir (Çizelge 1). Araştırma alanında ortalama infiltrasyon hızı 1847 mm/sa'tir.



Şekil 4. Test konumlarının araştırma alanındaki dağılımı (ESRI, 2021)



Şekil 5. Peynircioğlu Deresi kıyısı geçirimli beton infiltrasyon testi aşamalarından fotoğraflar (a) infiltrasyon halkası kurulumu aşaması, (b) Ön ıslatma aşaması, (c) İnfiltrasyon hızı ölçüm aşaması (Orijinal, 2021)

Çizelge 1. Peynircioğlu Deresi parkı geçirimli beton infiltrasyon testi bulguları

Test Tarihi:	15/04/2021	İnfiltrasyon Halkası İç Çeperi Çevresi (D):	300 mm
Betonun Yaşı:	7 ay	İnfiltrasyon Halkası İç Çeperi Çevresi (D):	300 mm
	Ön ıslatma süreci boyunca geçen zaman (sn)	Testi süreci boyunca geçen zaman (t) (sn)	İnfiltrasyon hızı (I) (mm/sa)
Test Noktası 1	58.46	73.88	2481
Test Noktası 2	42.65	57.42	3193
Test Noktası 3	42.34	57.39	3194
Test Noktası 4	99.38	159.83	1147
Test Noktası 5	200.01	349.81	524
Test Noktası 6	211.89	337	544
<b>Ortalama</b>			<b>1847</b>

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada, Peynircioğlu deresi parkında zemin kaplama malzemesi olarak geçirimli beton kullanılan yüzeylerin geçirimlilik performansı; Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (American Society for Testing and Materials-ASTM International)'nın Yerinde Geçirgen Beton İnfiltrasyon Hızı için Standart Test Yöntemi vasıtasıyla ölçülmüştür.

Geçirimli betonların infiltrasyon hızı sıcaklık koşulları, yağış rejimi, kullanılan malzeme boyutu ve karışım oranı gibi ölçütlere bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte (Grubesa ve ark., 2018; Topçu ve ark., 2019; Çelikten ve Canbaz, 2020) ilgili literatür incelendiğinde geçirimli beton infiltrasyon hızlarıyla ilgili farklı kabul edilebilir değer aralıkları bulunmaktadır. Amerikan Beton Enstitüsü'ne göre geçirimli beton yüzeylerde drenaj hızı 4877-43790 mm/sa aralığındadır (Anonim, 2010). Leming ve ark. (2007)'a göre ortalama özelliklere sahip bir geçirimli beton malzemenin infiltrasyon hızı 8600 mm/sa, Obla'ya (2010) göre ise 8534 mm/sa'tir.

İncelenen literatürün işaret ettiği infiltrasyon hızı değerleri, araştırma alanında ölçülen değerlerin üstündedir çünkü araştırma alanındaki test noktalarının infiltrasyon hızı değerleri 524-3194 mm/sa arasında değişmektedir. Test noktası 2 ve 3'te ölçülen değerler Amerika Beton Enstitüsü'nün belirttiği alt sınıra epey yakın olmakla beraber, araştırma alanında yapılan ölçümlere göre Peynircioğlu deresi kıyısında uygulanmış olan geçirimli beton malzemenin infiltrasyon hızı yukarıda belirtilen standartlara göre düşüktür.

Ayrıca testin uygulandığı noktalarda infiltrasyon hızı değerleri arasında önemli farklar olduğu görülmektedir. Testin her bir test noktasında aynı gün, aynı iklimsel koşullar içinde, aynı test düzeneği ile gerçekleştirildiği dikkate alınarak değerler arası farkın, kullanılan geçirimli beton malzemenin araştırma alanının her yerinde homojen yapıda olmadığı sonucunu doğurabilir. İdeal olarak geçirimli betonun değişik noktalarında yapılan ölçüm sonuçlarının çok farklı sonuçlar vermemesi gerekir. Ancak çalışma alanının tümünde aynı beton karışımının, aynı teknikte uygulandığı göz önüne alındığında, bölgesel tıkanık sorunlarının gerçekleşmiş olabileceği düşünülmektedir. Tıkanıklık sorunu, geçirimli beton malzemenin kaplama malzemesi olarak kullanıldığı alanlarda en sık karşılaşılan sorundur. Sahada yaptıkları infiltrasyon hızı testlerinde Gupta (2014) ve Bean ve ark. (2007) geniş bir aralıkta dağılım gösteren sonuçlar elde etmiş ve bunun sebebi olarak bölgesel tıkanıklıkları göstererek geçirimli beton malzemenin bakımının yüksek infiltrasyon performansı için önemini vurgulamışlardır. Werner ve ark. (2017), yerinde geçirgen betonlarda infiltrasyon hızı testi gerçekleştirilirken birbirini takip eden iki test yapılmasını önermektedir.

Çalışmalarında ilk testin yüzeydeki ince tanelerin, geçirimli betonun gözenek yapısına doğru hareket etmesine neden olarak tıkanmaya yol açabileceğini belirtmişlerdir. Geçirimli beton malzemenin gerçek performansı hakkında doğru bilgi edinilebilmesi için ikinci bir testi gerçekleştirmişlerdir. Bu araştırma kapsamında Peynircioğlu kıyısında geçirimli beton malzemenin infiltrasyon performansı test edilirken uygulamanın tamamlanmasından 7 ay sonra her bir test noktası için yalnızca bir kez ölçüm yapılmıştır.

Ülkemizde geçerli olan geçirimli beton standartları incelendiğinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Türkiye Hazır Beton Birliği işbirliğiyle hazırlanan Geçirimli Beton Uygulama Kılavuzu'nda geçirimli betonlarda kabul edilebilir infiltrasyon hızı aralığı ile ilgili bilgi bulunmadığı görülmüştür (Anonim, 2018). Muhtemelen bu konu ülkemizde çok yeni olduğundan ve belirli standartlar henüz tam olarak oturmadığından kabul edilebilir bir infiltrasyon hız aralığı belirtilmemiştir. Ülkemizde sahada yapılan bu tür çalışmalar ileride bir takım standartların oluşmasına katkı da sağlayacaktır. Ayrıca infiltrasyon hızlarını tam olarak irdeleyebilmek ve karşılaştırabilmek için malzeme boyut ve karışımları ile beton kalınlığı gibi değişkenlerin kontrol altında tutularak dış mekânda değişik iklim koşullarında deneme ve testlerin yapılması ve ülkemiz için kabul edilebilir standartların üretilmesi gereklidir.

Sonuç olarak, geçirimli beton uygulaması, kentlerdeki yapıları yüzeylere gelen yağış suyunun oluşturduğu yüzey akışın engellenmesi ve suyun yeraltına infiltre olmasının sağlanmasını kolaylaştıran yaklaşımlarından biridir. Özellikle kentsel yeşil alanlarda yaya ve bisiklet yollarında kullanımı bu alanları iklim etkilerine karşı dayanıklı kılar. Bu uygulamaların bütüncül bir yaklaşımla diğer sürdürülebilir yağış suyu yönetimi tesisleriyle birlikte, kent genelinde yaygınlaştırılması gerekir.

Geçirimli betonların sızdırma hızlarının en üst düzeyde olması durumunda etkinlikleri artar. Bu nedenle yapılan uygulamaların bu araştırmada olduğu gibi test edilmesi eşik değerlerin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma, 730426 numaralı hibe sözleşmesi kapsamında Avrupa Birliği'nin UFUK 2020 programından fon alan URBAN GreenUp Projesi kapsamında hazırlanmıştır (*URBAN GreenUP has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 730426*). Yazarlar, araştırma bulgularının değerlendirilmesinde yönlendirici olan Ege Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Şerafettin AŞIK'a teşekkürlerini sunarlar.

**KAYNAKLAR**

- Anonim (2009) C1701/C1701M-09 Standard test method for infiltration rate of in place pervious concrete, ASTM, West Conshohocken, PA, <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C1701C1701M-09.htm>. (Erişim tarihi: 09/07/2020)
- Anonim (2010) ACI 522R-10 Report on Pervious Concrete, American Concrete Institute, <https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previous/522R-10web.pdf>. (Erişim tarihi: 26/04/2021)
- Anonim (2018) Geçirimli Beton Uygulama Kılavuzu. Türkiye Hazır Beton Birliği, [https://www.thbb.org/media/281170/gecirimli\\_beton\\_uygulama\\_k%C4%B1lavuzu\\_147.pdf](https://www.thbb.org/media/281170/gecirimli_beton_uygulama_k%C4%B1lavuzu_147.pdf). (Erişim tarihi: 26/04/2021)
- Anonim (2020a) İzmir'de Urban GreenUp. URBAN GreenUP, <https://www.urbangreenup.eu/izmir/urban-greenup-in-izmir.kl>. (Erişim tarihi: 08/04/2021)
- Anonim (2020b) Resmi İstatistikler-İzmir İli Mevsim Normalleri (1938-2019). Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=IZMIR>. (Erişim tarihi: 26/04/2021)
- Bean EZ, Hunt WF, Bidelspach DA (2007) Field Survey of Permeable Pavement Surface Infiltration Rates. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 133: 249-255.
- Bentz DP (2008) Virtual Pervious Concrete: Microstructure, Porosity Percolation, and Permeability Predictions, *ACI Materials Journal* 105(3): 297-301.
- Brown HJ, Sparkman A (2012) Development, Implementation, and Use of ASTM C1701 Field Infiltration of in Place Pervious Concrete. In: Brown H, Offenber M (eds.), STP1551 Pervious Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 69-79.
- Çelikten S, Canbaz M (2020) Agregatane Boyutunun ve Bağlayıcı Türünün Geçirimli Beton Özelliklerine Etkisi. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B- Teorik Bilimler* 8(2): 171-181.
- ESRI (2021) World Imagery [Basemap] Information date: 12 December 2009. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9>. (Erişim tarihi: 06/03/2021)
- Grubesa IN, Barisic I, Ducman V, Korat L (2018) Draining Capability of Single-Sized Pervious Concrete. *Construction and Building Materials* 169: 252-260.
- Gupta R (2014) Monitoring in situ Performance of Pervious Concrete in British Columbia—A Pilot Study. *Case Studies in Construction Materials* 1(2014): 1-9.
- Leming ML, Malcom HR, Tennis PD (2007) Hydrologic Design of Pervious Concrete. Portland Cement Association, Maryland, USA.
- Obla KH (2010) Pervious Concrete-An Overview. *The Indian Concrete Journal* August 2010: 9-18.
- Topçu ÖB, Felekoğlu B, Çaylak B (2019) Agregatane Kökeni, Agregatane/Çimento Oranı ve İnce Malzemeli Agregatane Kullanımının Geçirimli Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi Üzerine Bir Çalışma. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 12(1): 225-234.
- Werner B, Haselbach L (2017) Temperature and Testing Impacts on Surface Infiltration Rates of Pervious Concrete, *Journal of Cold Regions Engineering* 31(2): 04017002.
- Yang J, Jiang G (2003) Experimental Study on Properties of Pervious Concrete Pavement Materials. *Cement and Concrete Research* 33(3): 381-386.

