



## Bir borudan çıkan çift fazlı jetin deneysel incelenmesi

*Experimental investigation of a double-phase jet emerging from a pipe*Şeyhmus TÜRÜM<sup>1</sup>, Arjin ATA<sup>2</sup>, Tamer BAĞATUR<sup>3</sup><sup>1</sup> Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, stumur@dicle.edu.tr, ORCID: [0000-0001-7589-8941](https://orcid.org/0000-0001-7589-8941)<sup>2</sup> Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, arjinata@gmail.com, ORCID: [0000-0002-6327-8734](https://orcid.org/0000-0002-6327-8734)<sup>3</sup> Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, tbagatur@dicle.edu.tr, ORCID: [0000-0002-4243-3029](https://orcid.org/0000-0002-4243-3029)

## MAKALE BİLGİLERİ

## ÖZ

## Makale Geçmişi:

Geliş 8 Mayıs 2024  
Revizyon 27 Haziran 2024  
Kabul 28 Haziran 2024  
Online 30 Eylül 2024

## Anahtar Kelimeler:

Venturimetre, su jeti, çift fazlı akım

Yatay olarak yerleştirilmiş bir boru sisteminden geçen su ve hava-su (çift fazlı) karışımli akım modellerinin; boru sisteminin çıkış noktalarındaki çıkış akım değerleri ve davranışları üzerindeki değişimleri deneysel olarak incelenmiştir. Sisteme yerleştirilmiş iki farklı venturi aygıtı yardımıyla atmosferden vakumlanan farklı hava debilerinin boru sistemindeki çıkış akım değerleri üzerindeki etkisi, çıkış jet uzunluklarının değişimleri ile karşılaştırılmıştır. İki farklı venturi aygıtına bağlı olarak boru sistemindeki çıkış akımlarının sistem performansı ile su jeti uzunlukları üzerindeki değişimleri test edilmiştir. Sonuç olarak çift fazlı su jet boylarının daha kısa ve damlacık özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Deneysel çalışma verileri ile elde edilen matematiksel modeller, denenmemiş durumların sonuçlarının tahmini için kullanılabilir.

## ARTICLE INFO

## ABSTRACT

## Article history:

Received 8 May 2024  
Received in revised form 27 June 2024  
Accepted 28 June 2024  
Available online 30 September 2024

## Keywords:

Venturimeter, water jet, dual phase flow

The changes in the discharge flow rates and behaviors at the outlet points of a horizontally placed pipe system for water and air-water (two-phase) mixed flow models have been experimentally investigated. The effect of different air flow rates vacuumed from the atmosphere on the discharge flow rates in the pipe system, using two different venturi devices installed in the system, has been compared with the changes in the discharge jet lengths. The variations in the discharge flows in the pipe system and their effects on the system performance, as well as the changes in water jet lengths, have been tested depending on the two different venturi devices. As a result, it was observed that the dual-phase water jet lengths were shorter and had droplet properties. Mathematical models obtained from experimental study data can be used to predict the outcomes of untested situations.

Doi: 10.24012/dumf.1480658

\* Sorumlu Yazar

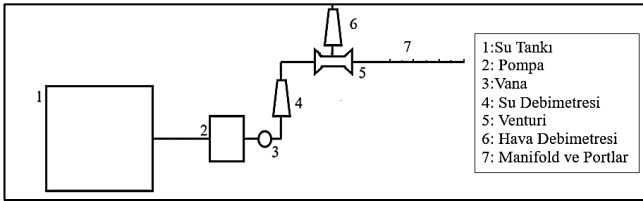
## 1. Giriş

Su kaynakları mühendisliğinde akışkan akımlarının bir ana boru sistemi ile farklı noktalara dağıtılması halinde projelendirilen sistemlere su dağıtım sistemi adı verilmektedir [1]. Su dağıtım sistemlerindeki akışkan akımı akışı, bir ana su kaynağından (nehir, dere, baraj, su deposu vb.) temin edilerek daha sonra başka bir boşaltma akışında toplanmasının gerekli olduğu birçok tarımsal ve endüstriyel uygulamalarda büyük önem taşımaktadır. Akışkan akışının uygulamaları, su ve atık suyun arıtıldığı arıtma tesislerinde, sulama sistemlerinde ve borulama sistemlerinde deşarj tahsis sistemleridir. Çoğu uygulamada borulama sistemi tasarımının temel amacı, uygulama alanında düzgün bir akış dağılımı elde etmektir. Çok sayıda deneysel, analitik ve sayısal çalışma borulama sistemindeki akışla ilgilidir [2]. Literatürde çift fazlı akım oluşturmada kullanılan venturi aygıtı ile ilgili çalışmalar mevcuttur [3] [4].

## 2. Materyal ve metot

### 2.1. Deney düzeneği

Bu çalışmanın deney setleri, Dicle Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik ve Çevre Laboratuvarı'nda oluşturuldu ve test edildi. Deney düzeneğinin genel görünümü Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1 Deney düzeneğinin şematik görünümü

Yatay olarak yerleştirilmiş bir ana akım boru sisteminden geçen su ve hava-su (çift fazlı) karışım akım modellerinin; çıkış akım değerleri ve davranışları üzerindeki değişimleri deneysel olarak incelenmiştir. Farklı hava-su debilerinin ana akım borusu çıkış ağzı ile çıkış akımları üzerindeki değişimi ve çıkış jet uzunluklarının ölçümlerine etkisini araştırmak için iki farklı venturi aygıtından geçen sistem dizayn edilmiştir. Deney setini oluşturan iç çapı 12,7 mm olan ve 250 cm uzunluğundaki ana akım boru sistemine, 300 litre hacme sahip bir su tankından farklı debilerde su sirkülasyonu yapılmıştır.

Deney düzeneğinde su pompası (0,75 kW, Pedrollo Model, İtalya) ile sirkülasyonu sağlanan su akımının debisini ölçmek için bir su debimetresi (0-6 m<sup>3</sup>/h, 10.1325 Pa) kullanıldı. Su tankı içerisindeki sıcaklık ölçümü termometre (WTW Tetra Con 325 Model) kullanılarak ölçüldü. Sisteme entegre edilen iki farklı venturi aygıtından geçen hava miktarı, hava debimetresi (0,3-3,0 Lt/dak., LZT 6-M) ile ölçüldü. Sistem, su terazisi ile yatayda ve düşeyde dengeye getirildi. Sistemden geçen farklı hava-su debilerinin değişen su jeti uzunlukları çelik metre ile ölçüldü.

### 2.2. Venturi aygıtı

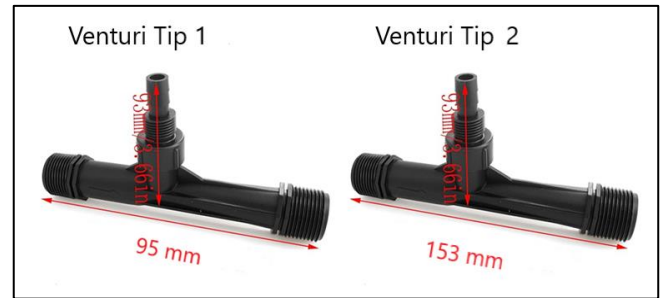
Venturi aygıtı, akışkan debisinin ölçümü için kullanılan bir cihazdır ve akımın hız ve debi değişimlerini Bernoulli ve süreklilik denklemleri ile analiz etmeyi sağlar. İki ucu açık

olan bu ölçüm aleti, İtalyan fizikçi Giovanni Battista Venturi tarafından 18. yüzyılda geliştirilmiştir [5]. Venturi tüpü, genişleyen ve daralan iki tüpün birleşmesiyle oluşan bir yapıya sahiptir. Venturi tüpü; giriş konisi, silindirik dar kesit (boğaz bölgesi) ve çıkış konisi olmak üzere üç bölümden oluşur. Akışkanın hızını artırmak için girişteki boru kesitinden daha küçük bir kesit alanına sahip boğaz bölgesine doğru daralma yapılarak basınç yükünün hız yüküne dönüşmesi sağlanır. Atmosferden oksijen transferi veya oksijen emiliminin fiziksel süreci, kullanılan oksijeni yenileme işlevi görür. Bu işleme yeniden havalandırma veya havalandırma denir. Venturi havalandırması son yıllarda popüler hale gelen bir havalandırma yöntemidir. Venturi tüpü, hava giriş deliklerinden akan suya hava kabarcıklarının girmesini sağlar ve böylece sudaki oksijen seviyesini artırır. Bu çalışmada, hava giriş deliği çapının hava enjeksiyonuna etkisini araştırmak amacıyla venturi tüpleri üzerinde bir dizi deney yapılmıştır. Sonuçlardan venturi tüpü üzerindeki hava giriş deliği çapının hava enjeksiyonunda önemli rol oynadığı ve hava enjeksiyonunu maksimuma çıkaracak optimal bir çapın olduğu görülmüştür [6]. Atmosferik havalandırma süreci, nehirler ve akarsulardaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarını etkileyen organik maddenin bozulmasında ve kendi kendini temizleme süreçlerinde önemli bir rol oynar. Ayrıca, su kalitesi süreçleri büyük ölçüde akış hızı koşullarına bağlı olabilir. Burada, yüksek havalandırma oranları yüksek akış hızıyla pozitif olarak ilişkilidir. Bu nedenle mevcut çalışma, su konsantrasyonunda ve biyokimyasal oksijen talebinde havalandırma süreci ile birlikte akış hızının rolüne ilişkin bilgiler içermektedir [7].

### 2.3. Venturi tipleri

Bu çalışmada iki farklı venturi aygıtı kullanılmıştır (Şekil 2). Bu venturi tiplerinin teknik özellikleri

Tablo 1 ve Tablo 2' de verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan venturi aygıtlarının boyutları ASME standartlarına uygundur. [8]. Deney setlerinde farklı su debileri, hava vakumlama debileri ve transfer verimlilikleri deneysel olarak incelenmiştir.



Şekil 2 Deneyde kullanılan venturi aygıtları

Tablo 1 Venturi tip 1 aygıtının teknik özellikleri

Su Giriş/Çıkışı	1/2 inç
Hava Emiş Ağızı	1/4 inç
Hava emiş Kapasitesi	4-7 Nm <sup>3</sup> /h
Giriş Basıncı	4,92 kg/cm <sup>2</sup>
Su Akış Miktarı	400-1200 l/h
Tam boy	95 mm

Tablo 2 Venturi tip 2 aygıtının teknik özellikleri

Su Giriş/Çıkışı	3/4 inç
Hava Emiş Ağızı	1/4 inç
Hava emiş Kapasitesi	7,5-10 Nm <sup>3</sup> /h
Giriş Basıncı	2,04-5,098 kg/cm <sup>2</sup>
Su Akış Miktarı	1000-3000 l/h
Tam boy	153 mm

Tablo 1 ve Tablo 2' de özellikleri belirtilen venturi aygıtları deney setlerine entegre edilerek laboratuvarında 0,60 m<sup>3</sup>/h, 0,75 m<sup>3</sup>/h, 0,85 m<sup>3</sup>/h ve 1,0 m<sup>3</sup>/h' lik debilerle çalışılmıştır.

#### 2.4. Deneysel ölçümler

Deneysel ölçümler sistematik akım diyagramı **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** de **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** verilen deney düzeneği üzerinde yapılmıştır. Deneysel ölçümler temel olarak; ana akım borusunun sabit çıkış ağız çapı, farklı ana boru debisi ve hava emiş debisi, sistemin iki farklı venturi aygıtına bağlı olarak jet çıkış uzunluğundaki değişimlerinden oluşmaktadır. Deneysel ölçümler için çıkış ağızlık çapı  $d=12,7$  mm; ana boru debisi  $Q_s= 17-27,8 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s ve hava emiş debisi  $Q_a= 1,25-4,6 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s olarak seçilmiştir. Bu çalışmada yapılan ölçümlerde çeşme suyu kullanılmıştır. Suyun kinematik viskozite değerini birincil referans standart olarak kabulü için çalışma sıcaklığı yaklaşık 20 °C seviyelerinde sabit tutulmuştur. Deney düzeneğinde kullanılan ana akım borusunun yatay olarak dengeye alınmıştır (Şekil 3).



Şekil 3 Deney düzeneğinin yatay dengeye alınması

#### 2.4.1. Hava emiş debisinin ölçülmesi Bu çalışmada

Tablo 1 ve Tablo 2' de özellikleri belirtilen iki farklı venturi aygıtı ile deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bir su tankına bağlı sirkülasyon pompasına bağlı akışkan akımı deneysel setlere uygulanmıştır. Akışkan akımı, debi kontrol vanasıyla kontrol edilmekte ve ana boru içindeki debi su debimetresinden okunmaktadır. Akışkanın venturi aygıtından geçerken vakumladığı hava miktarını ölçmek için daralma bölgesindeki hava deliğine bir hava debimetresi yerleştirilmiştir. Su sirkülasyonu ile alınan akışkan akımı, venturi aygıtının daralma bölgelerinde vakumlanan hava ile karışarak iki fazlı bir akım oluşturmaktadır [9]. Sistem farklı debilerde ve iki farklı venturi aygıtı ile çalıştırılarak vakumlanan hava miktarı ölçülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4 Hava debimetresi ile ölçüm

#### 2.4.2. Jet çıkış uzunluklarının ölçülmesi

Bu çalışmada venturi tip 1 ve venturi tip 2 aygıtlı sistemde ana akım borusunun çıkış ağızında oluşan su jeti çıkış uzunluklarındaki değişim gözlemlenmiştir. Ana akım borusundaki farklı debi değerleri için deneysel çalışmalar yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5 Su jeti uzunluklarının ölçülmesi

#### 2.4.2.1. Venturi tip 1 ve venturi tip 2 aygıtları ile yapılan deneysel çalışmada jet çıkış uzunluklarının ölçülmesi

Venturi tip 1 ve venturi tip 2 aygıtları ve farklı ana boru akım debileriyle yapılan deneysel çalışmada elde edilen hava emiş debileri ve su jeti çıkış uzunlukları, Tablo 3 ve Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 3 Venturi tip 1 aygıtının kullanıldığı deney setinden elde edilen veriler

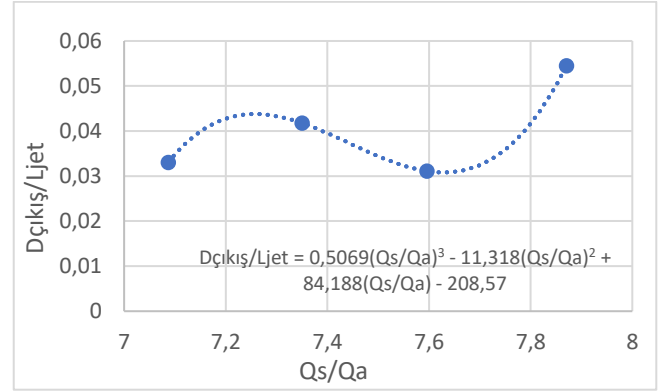
Qs (x10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s)	Qa (x10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s)	Jet Uzunluğu (cm)
17	2,16	23,3
20,8	2,83	30,4
23,6	3,33	38,4
27,8	3,66	40,8

Tablo 4 Venturi tip 2 aygıtının kullanıldığı deney setinden elde edilen veriler

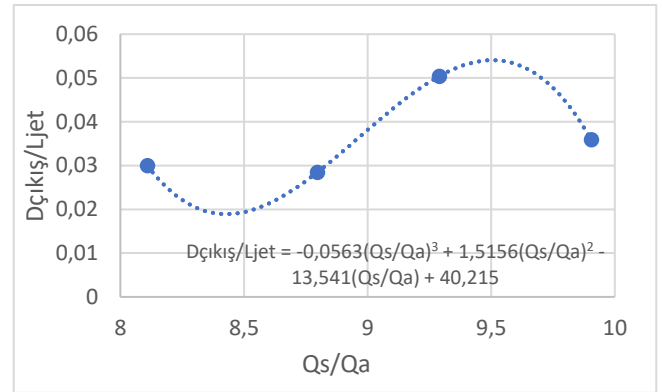
Qs (x10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s)	Qa (x10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s)	Jet uzunluğu (cm)
17	1,83	25,2
20,8	2,1	35,4
23,6	2,91	42,4
27,8	3,16	44,6

#### 2.4.3. Boyutsuz parametre analizleri

Elde edilen deneysel veriler için boyutsuz parametre analizleri yürütülmüştür. En uygun olabilecek parametre arayışları  $Q_s/Q_a$  ve  $D_{çıkış}/L_{jet}$  olarak çalışılmıştır. Buna göre boyutsuz değişkenler arasında iyi bir saçılım olduğu ve kuvvetli bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 6)(Şekil 7). Bazı çalışmalarda boyutsuz parametre analizleri ile bir matematiksel model elde edilerek değişkenler arasındaki ilişki belirlenmiştir. Böylece oluşturulan matematiksel model denenmemiş durumların sonuçlarının tahmininde kullanılabilir. Bu nedenle bu çalışmada da boyutsuz parametre analizi yapılmıştır.



Şekil 6 Venturi tip 1 deney setinde Dport/Ljet-Qs/Qa saçılım diyagramı



Şekil 7 Venturi tip 2 deney setinde Dport/Ljet-Qs/Qa saçılım diyagramı

#### 2.4.4. Reynolds sayısının değişimi

Reynolds sayısı, Navier-Stokes denkleminin boyutsal analizinden elde edilen ve akışkan akımının laminar-türbülanslı olması hakkında bilgi veren boyutsuz bir parametredir [10]. Bazı çalışmalarda, bir venturi aygıtı içindeki hava vakum işleminin Reynolds sayısı ile ilişkisi olduğu belirtilmektedir [11]. Bu nedenle bu çalışmada da boyutsuz parametrelerden olan Reynolds sayısının değişimi incelenmiştir. Reynolds sayısı, aşağıdaki denklemden hesaplanmaktadır. Yürütülen bu çalışmada deneysel sisteme ait Reynolds sayısının değişim değerleri, Tablo 5' de özetlenmiştir Reynolds sayısının formülü Denklem (1)' de verilmiştir.



$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (1)$$

Burada;  $Re$ = Reynolds Sayısı,  $V$ =Ana boru akım hızı (m/s),  $D$ = Ana boru çapı (m) ve  $\nu$ = Suyun kinematik viskozite değeridir ( $m^2/s$ ).

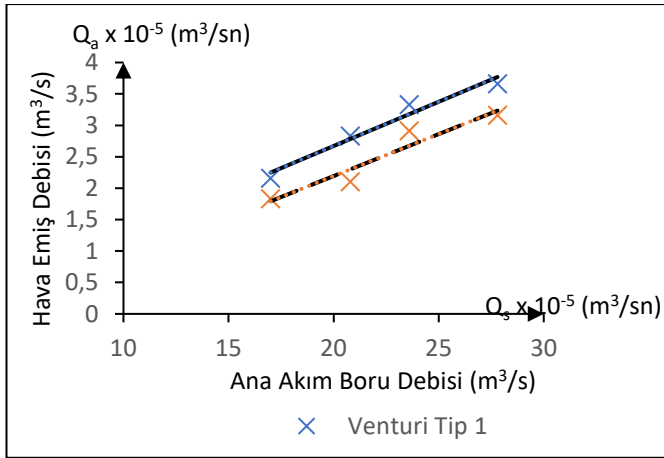
Tablo 5 Reynolds sayısının değişimi

Ana boru akım hızı, m/s	Reynolds sayısı (Re)
$V_1=1,34$	16850
$V_2=1,64$	20620
$V_3=1,86$	23388
$V_4=2,20$	27663
$D=1,27 \times 10^{-2}$ m, $\nu = 1,01 \times 10^{-6}$ $m^2/s$ (20°C su sıcaklığı için)	

## 2.5. Deneysel çalışmalar

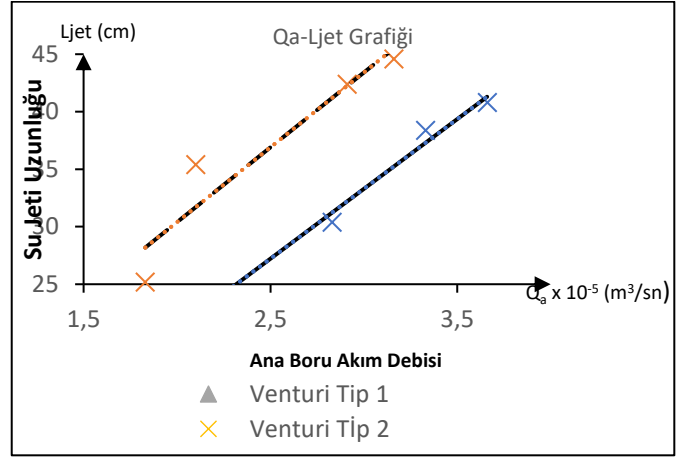
Bu çalışmada çıkış ağızlık çapı dairesel kesitli olan ve sabit çapa sahip bir ana akım boru sistemine bağlanan iki farklı venturi aygıtı ile hem farklı debilerdeki çıkış su jeti uzunlukları hem de hava emiş performansı üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Artan ana akım borusu debisiyle birlikte hava emiş debisinin de lineer olarak arttığı belirlenmiştir (Şekil 8). Buna göre venturi tip 1, venturi tip 2'ye göre artan debiyle birlikte daha fazla hava emiş performansı göstermiştir.



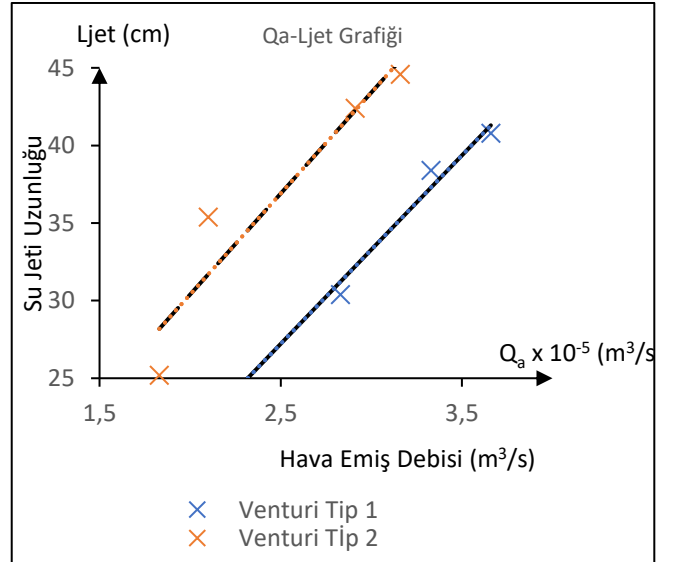
Şekil 8 Venturi Tip 1 ve Venturi Tip 2 aygıtının kullanıldığı deney setinden elde edilen hava emiş debisi ile ana akım boru debisi grafiği

Ana akım borusu debisinin artışıyla birlikte su jeti uzunluklarının lineer olarak arttığı belirlenmiştir (Şekil 9). Buna göre venturi tip 2 aygıtı ile çalıştırılan deney seti venturi tip 1 aygıtına göre artan debiyle birlikte daha fazla su jeti uzunluğu yönelimi göstermiştir.



Şekil 9 Venturi Tip 1 ve Venturi Tip 2 aygıtının kullanıldığı deney setinden elde edilen su jeti uzunluğu ile ana akım boru debisi grafiği

Hava emiş debisinin artmasıyla birlikte su jeti uzunluklarının lineer olarak arttığı belirlenmiştir (Şekil 10). Buna göre venturi tip 2 aygıtı ile çalıştırılan deney seti venturi tip 1 aygıtına göre artan hava emiş debisiyle birlikte daha fazla su jeti uzunluğu yönelimi göstermiştir.



Şekil 10 Venturi Tip 1 ve Venturi Tip 2 aygıtının kullanıldığı deney setinden elde edilen su jeti uzunluğu ile hava emiş debisi grafiği

## 3. Bulgular ve Tartışma

Deneysel ölçümler sistematik akım diyagramı Şekil 1' de verilen deney düzeneği üzerinde yapılmıştır. Deneysel ölçümler temel olarak sürüklenen ve emilen hava miktarı, su debisi, su jeti boyu tayininden oluşmaktadır. Bu ölçümlere bağlı olarak elde edilen sonuçlar grafiksel olarak ifade edilmiştir. Bununla birlikte elde edilen ölçüm sonuçları ile farklı tasarlanan deney düzeneklerinin su ve hava-su (çift fazlı) karışım akım modellerinin; çıkış akım değerleri ve davranışları üzerindeki değişimleri deneysel olarak incelenmiştir. Farklı hava-su debilerinin ana akım borusu çıkış çapı ile çıkış akımları üzerindeki etkisi, çıkış jet

uzunluklarının ölçümleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen bu deneysel sonuçlar farklı ana akım borusu çıkış debileri ve farklı venturi aygıtı seçimi ile yürütülmüş ve grafikler halinde gösterilmiştir. Böylece verilerin yorumlanması sağlanmıştır. Ayrıca boyutsuz parametre analizleri ile sayısal model çalışmaları yapılmıştır. Baylar, Özkan ve Ünsal (2010) tarafından yapılan çalışmada hava giriş deliği çapının hava enjeksiyonuna etkisini araştırmak amacıyla venturi tüpleri üzerinde bir dizi deney yapılmıştır. Sonuçlardan venturi tüpü üzerindeki hava giriş deliği çapının hava enjeksiyonunda önemli rol oynadığı ve hava enjeksiyonunu maksimuma çıkaracak optimal bir çapın olduğu görülmüştür [6]. Bu çalışmada farklı tipteki venturimetre aygıtında yapılan deneysel ölçümlerde ağızlık çapı değişimi ile hava emiş debisinin aynı debilerle arttığı görülmüştür. Bu deneysel çalışmamızda ağızlık çapı değişiminin hava emiş debisine etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4. Sonuçlar

Venturi tip 1 aygıtı ve venturi tip 2 aygıtı bulunan çift fazlı sistem, ilk olarak farklı ana akım borusu debileri ile çalıştırılmıştır. Sistem farklı ana akım borusu debilerinde çalıştırılarak deney setinde vakumlanan hava miktarları ölçülmüştür.

Artan ana akım borusu debisiyle birlikte hava emiş debisinin de lineer olarak arttığı belirlenmiştir (Şekil 8). Buna göre venturi tip 1, venturi tip 2'ye göre artan debiyle birlikte daha fazla hava emiş performansı göstermiştir.

Ana akım borusu debisinin artışıyla birlikte su jeti uzunluklarının lineer olarak arttığı belirlenmiştir (Şekil 9). Buna göre venturi tip 2 aygıtı ile çalıştırılan deney seti venturi tip 1 aygıtına göre artan debiyle birlikte daha fazla su jeti uzunluğu yönelimi göstermiştir.

Hava emiş debisinin artmasıyla birlikte su jeti uzunluklarının lineer olarak arttığı belirlenmiştir (Şekil 10). Buna göre venturi tip 2 aygıtı ile çalıştırılan deney seti, venturi tip 1 aygıtına göre artan hava emiş debisiyle birlikte daha fazla su jeti uzunluğu yönelimi göstermiştir.

Hidrolik olarak düşük boyuna ve yersel yük kayıpları için ideal gösterilen 1-2 m/s civarındaki akım hızının burada da kendini gösterdiği görülmektedir.

Sistem için belirlenen temel parametreler  $d$ ,  $D$ ,  $V$ ,  $L_j$ ,  $Q_s$ ,  $Q_a$  olarak seçilmiştir.

Bu çalışmadaki  $V_1=1,34$  m/s,  $V_2=1,64$  m/s,  $V_3=1,86$  m/s ve  $V_4=2,20$  m/s olan manifold ana akım hızlarına göre sırasıyla 16850, 20620, 23388 ve 27663 olan Reynolds sayıları elde edilmiştir.

Deneysel çalışma verileri ile elde edilen matematiksel modeller, denenmemiş durumların sonuçlarının tahmini için kullanılabilir.

#### 5. Kaynakça

- [1] J. Yingzi, W. Alawee, F. Essa, A. Abdullah, Z. Omara and H. Ahmad , "Effect of area ratio and Reynolds number on the distribution of discharge in dividing manifold," *International Journal of Low-Carbon Technologies*, pp. 1271-1279, 2022.
- [2] T. Bagatur, F. Önen and N. Kayaalp, "Testing of System Performance for Different Aerator Configuration Using Venturi," *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, vol. 5, no. 3, pp. 724-733, 30 09 2018.
- [3] S. Laksitanonta and G. Singh, "Development of a Venturi Aerator for Aquaculture Pond," *ASAE Annual International Meeting*, 2003.
- [4] J. Zhu, C. F. Miller, C. Dong, S. Wu, L. Wang and S. Mukhtar, "Aerator Module Development Using Venturi Air Injectors to Improve Aeration Efficiency," *Applied Engineering in Agriculture*, vol. 23, no. 5, pp. 661-667, 2007.
- [5] R. Daugherty, J. Franzini and E. Finnemore, *Fluid Mechanics with Engineering Applications*, New York: McGraw-Hill, 1985.
- [6] A. Baylar , F. Ozkan and M. Unsal, "Effect of Air Inlet Hole Diameter of Venturi Tube on Air Injection Rate," *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 14, no. 4, pp. 489-492, 2010.
- [7] W. Assar , "Quantitative study for the effect of water velocity on water quality change," *European Journal of Science and Technology*, no. 47, pp. 37 - 41, 31 01 2023.
- [8] ASME Standard MFC-3M-1989, *Measurement of fluid flow in pipes using orifice, nozzle and venturi*, ASME, 2021.
- [9] A. Baylar and M. E. Emiroglu, "Air Entrainment and Oxygen Transfer in a Venturi," *Water and Maritime Engineering*, vol. 156, no. 3, pp. 249-255, Eylül 2003.
- [10] M. S. Kırkgöz, *Akışkanlar Mekaniği*, İstanbul: Birsan Yayınevi, 2013.
- [11] T. Bagatur, "Minimal conditions for venturi aeration of water flows," *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management*, vol. 158, no. 3, pp. 127-130, 2005.