

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VENTURİMETRELERDE SIVI ENJEKSİYON VERİMİNİ
ETKİLEYEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Özcan TUNCAY

169275

Tez Yöneticisi

Yrd. Doç. Dr. Mualla ÖZTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
HİDROLİK ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2005

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**VENTURİMETRELERDE SIVI ENJEKSİYON VERİMİNİ
ETKİLEYEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

Özcan TUNCAY

Yüksek Lisans Tezi
Hidrolik Anabilim Dalı

Bu tez, 11/08/2005 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mualla ÖZTÜRK

Üye: Doç. Dr. Ahmet BAYLAR

Üye: Yrd. Doç Dr. İhsan DAĞTEKİN

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 19/08/2005 tarih ve 2005-25/5 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Tez ve bilimsel anlamda bu çalışmayı yöneten ve çalışmalarım sırasında büyük desteği ve emeğini gördüğüm danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mualla ÖZTÜRK' e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Ayrıca bu tez çalışmasının deneylerinin yapım aşamasında ve hazırlanmasında zamanını ayırarak bu çalışmanın meydana gelmesinde büyük katkıları olan Doç. Dr. Ahmet BAYLAR ve Öğr. Gör. Fahri ÖZKAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

Özcan TUNCAY



İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
2. VENTURİ AYGITI.....	3
2.1. Klasik Venturi Aygıtında Boyutlandırma	7
3. VENTURİ AYGITININ UYGULAMA ALANLARI VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	8
a) Uygulama Alanları:	8
b) Avantajları	8
3.1. Venturi Aygıtının Gaz Enjeksiyonunda Kullanılması	9
3.2. Venturi Aygıtının Sulama Sistemlerinde Gübre ve Kimyasal Madde Enjeksiyonu Amacı ile Kullanımı	10
3.3. Venturi Aygıtının Havalandırma Amaçlı Kullanımı	11
3.4. Venturi Aygıtının Kirli Havanın Tahliyesi Amacıyla Kullanımı	12
3.5. Venturi Aygıtının Sağlık Alanındaki Kullanımı	15
4. MATERYAL VE METOD	17
4.1. Deney Düzenegi	18
4.2. Deneyin Yapılışı.....	21
5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA	22
5.1. Venturimetrelerin Sıvı Enjeksiyon Verimleri	22
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	29
KAYNAKLAR	30

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Venturi ölçeğinin görünümü	3
Şekil 2.2. Venturi ölçeğinin teorik değişkenleri	4
Şekil 2.3. Venturi ölçeğinin yük kaybı ve rölatif piyezometre çizgileri	5
Şekil 2.4. Klasik venturi ölçeğinde boyutsal değerler	7
Şekil 3.1. Venturi aygıtında gaz enjeksiyonu (a: Gaz enjeksiyon sisteminde kullanılan venturi, b: Klor enjeksiyon sistemi, c: Klor enjeksiyon sisteminin uygulama resmi).....	9
Şekil 3.2. Venturi aygıtının sulama sistemlerine sıvı gübre ve farklı kimyasal karışımındaki kullanımı (a:Ana akıma yerleştirilen venturi, b: Basıncı tank tertibi ile venturi kullanımı c: Ek santrifüj pompa ile kullanılan venturi, d: Ana akıma yerleştirilen basınç düşürücü regülatör valfle beraber kullanılan venturi, e: Yağmurlama sistemlerine, sıvı gübrenin venturi kullanılarak enjeksiyonu).....	11
Şekil 3.3. Venturi aygıtının havalandırma amaçlı kullanımı	12
Şekil 3.4. Venturi aygıtını baca sistemlerinde kullanımı (a: Venturi kesitli baca kapağı, b: Aynı baca kapağı sistemine ait kesit ve meydana gelen vakumlama işleminin görünüşü, c: Farklı tip venturi baca kapağı sistemi görünüş ve kesiti, d: Aynı tip baca kapağının uygulamadaki görünüşü)	13
Şekil 3.5. Venturi aygıtının eksoz sistemlerinde kullanımı (a: Venturi aygıtının yük kamyonların eksoz sistemlerinde ki görünüşü, b: Venturinin eksoz sistemine yerleştirilme şekli, c: sistemin üstten görünüşü, d: Venturi eklenen eksoz sisteminde gerçekleşen kirli hava tahliyesi)	14
Şekil 3.6. Venturi aygıtının sipirometrelerde kullanımı (a: Venturi aygıtının negatif nefes verme sistemlerin de uygulanması (NEP: Negative Expiratory Pressure), b: Venturi kullanılarak ağızdan negatif nefes verme basıncının ölçümü)	15
Şekil 3.7. Venturi Aygıtının (a) Venturi meskelerinde, (b) Venturi T-piece larda kullanımı	16
Şekil 4.1. Venturi ölçeği enkesiti	17
Şekil 4.2. Deney düzeneği	18
Şekil 5.1. Daralma oranı $D_t/D=0,5$ olan 2,5 mm ve 5,00 mm'lik emme borularıyla farklı çaplardaki venturilerdeki enjeksiyon performansının değişimi	23

Şekil 5.2. Daralma oranı $D_t/D=0,75$ olan 2,5 mm ve 5,00 mm'lik emme borularıyla farklı çaplardaki venturilerdeki enjeksiyon performansının değişimi	24
Şekil 5.3. Daralma oranı $D_t/D=0,5$ olan çapı $D=36$ mm olan ve 5 mm çaplı emme borusu kullanılan venturilerde farklı boru boylarındaki enjeksiyon verimi	25
Şekil 5.4. Daralma oranı $D_t/D=0,75$ olan çapı $D=36$ mm olan ve 5 mm çaplı emme borusu kullanılan venturilerde farklı boru boylarındaki enjeksiyon verimi	26
Şekil 5.5. Daralma oranı $D_t/D=0,5$ çapı 36 mm ve 5,00 mm'lik emme borusu kullanılan venturilerde farklı viskozitedeki sıvıların enjeksiyon verimi	27
Şekil 5.6. Daralma oranı $D_t/D=0,75$ çapı 36 mm ve 5,00 mm'lik emme borusu kullanılan venturilerde farklı viskozitedeki sıvıların enjeksiyon verimi	28



TABLolar VE RESİMLER LİSTESİ

Resim 4.1. Deneyde kullanılan venturiler	18
Resim 4.2. Deneyde kullanılan set	19
Resim 4.3. Deneyde kullanılan malzemeler. (a: Su pompası, b: Debimetre, c: Flanşlı metal konikler, d: Kontrol vanası, e: Venturi metreden enjeksiyon sonunda çıkan karışımın bulunduğu su tankı, f: kullanılan yağ ve alkol)	20
Tablo 4.1. Kullanılan akışkanların 20 °C’de yoğunluk ve viskozite değerleri	21



SİMGELER LİSTESİ

A_1	: Venturi girişindeki alan (m^2)
A_2	: Venturi boğaz bölgesindeki alan (m^2)
C_d	: Debi katsayısı
D	: Venturi giriş çapı (mm)
D_A	: Venturide kullanılan emme borusu çapı (mm)
D_t	: Venturi boğaz çapı (mm)
g	: Yer çekim ivmesi (m/s^2)
h	: Enerji yüksekliği (m)
h_1	: Venturi girişindeki basınç yüksekliği (m)
h_2	: Venturi boğaz bölgesindeki basınç yüksekliği (m)
L	: Venturi mansabındaki boru uzunluğu (m)
p_1	: Venturi girişindeki basınç (kg/m^2)
p_2	: Venturi boğaz bölgesindeki basınç (kg/m^2)
Q	: Debi (m^3/s)
Q_L	: Enjekte edilen sıvı debisi (m^3/s)
Q_w	: Suyun debisi (m^3/s)
V_1	: Venturi girişindeki akışkan hızı (m/s)
V_2	: Venturi boğaz bölgesindeki akışkan hızı (m/s)
z_1	: Venturi girişindeki geometrik kot (m)
z_2	: Venturi daralma bölgesindeki geometrik kot (m)
γ	: Suyun birim hacim ağırlığı (kg/m^3)
θ_1	: Venturi giriş koni açısı (derece)
θ_2	: Venturi çıkış koni açısı (derece)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

VENTURİMETRELERDE SIVI ENJEKSİYONUNUN VERİMİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Özcan TUNCAY

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

2005, Sayfa: 32

Akışkanların içerisine çeşitli amaçlarla farklı özellikteki maddelerin enjektisi değişik yöntemlerle yapılmıştır. Bu yöntemlerde enjekte edilen maddenin miktarı, bu işlem sırasında harcanacak olan ekstra güç ve karışımın homojenliği büyük önem arz eder. Bu sebeple akışkan içerisine sıvı enjeksiyonu için çeşitli yöntemler denenmiştir. Bu yöntemlerden bir tanesi de Venturimetre kullanılarak yapılan sistemlerdir. Bu sistemlerde akışkan belli hızlarla venturinin içinden geçerken venturi aygıtının yapısal özelliğinden dolayı meydana gelen negatif basınç ve bunun etkisiyle oluşan vakum tesirinden faydalanılır. Bu sayede ekstra bir güç kullanmadan enjekte edilecek sıvı sisteme katılmış olur. Basıncılı borularda bu sistemden faydalanmak hem ekonomik olmakta hem de karışımın homojenliği açısından daha iyi sonuç vermektedir.

Esas akışkan ortamına farklı bir akışkanın vakumlanması; ana akışkanın hızı, viskozitesi, vakumlanan akışkanın viskozitesi, kullanılan venturinin giriş ve çıkış çapları, boğaz bölgesindeki daralma miktarı, venturinin mansabındaki boru boyu ve emme borusu çapı gibi parametreler etkilemektedir.

Bu çalışmada venturiden belirli hızlarla geçen suya farklı viskozitede sıvılar enjekte edilirken, farklı çaplarda ve farklı daralma oranlarına sahip venturiler, iki farklı çapta emme borusu, venturinin mansabında farklı uzunlukta borular ve üç farklı viskoziteye sahip sıvılar kullanılmış, bunların enjeksiyon verimine etkileri araştırılmıştır.

Sonuç olarak en iyi enjeksiyon verimini, küçük çaplı venturilerin ve büyük çaplı emme borusunun artırdığı gözlenirken, yüksek hızlarda daralma oranı büyük venturilerin daha iyi sonuç verdiği ve düşük viskoziteye sahip sıvıların daha iyi enjekte edilebildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Venturi aygıtı, enjeksiyon, sıvı enjeksiyonu

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF EFFECTING PARAMETERS ON LIQUID INJECTION EFFICIENCY IN VENTURIMETERS

Özcan TUNCAY

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

2005, Page: 32

The injection of the various substances in to the fluids have been done with different techniques. The amount of the injected substance, the extra power which is spent during the procedure and homogeneity of the mixture are important issues for these techniques. For that reason various techniques have been used for liquid injection. One of the these techniques is a system with venturimeters. On these systems, when the fluid flows, negative pressure and vacuum effect are formed due to structural properties of venturi apparatus. Thus, fluid is injected to system without extra power. Using this system with pressured pipes may be preferred for economic reasons and provides more homogeneous mixtures.

The injection of the fluids in to the main liquid media are affected by factors like the speed of the main liquid, viscosity of the both fluids, the inlet and outlet radius of the venturi system, narrowing degree of the neck region, the length of the pipe and radius of the suction line.

At this study, when the water flows in to the venturi with various speeds, the liquids with different viscosity are injected to the system. Two different suction pipe with two radius, various length of the pipes and three liquids with different viscosity are used in this study. The yields of the injection of these factors are investigated.

As a conclusion, the most effective injection was provided with small venturi radius and large suction pipes. With high speed and large bore neck venturi systems and low viscosity provided more easy injection.

Keywords: Venturi device, Injection, Liquid injection.

1. GİRİŞ

Venturi aygıtı pratikte bir çok alanda kullanılmaktadır. Akışkanların debisini ölçmek için kullanılmakta olan bu alet, daha sonra yapısal özelliği sayesinde farklı bir çok alanda da kullanılmaya başlanmıştır. Venturilerin boğaz bölgesinde meydana gelen daralma nedeni ile akışkanda ani bir hız artışı ve buna bağlı olarak da basınç düşüşü oluşmaktadır. Basıncın negatif değere ulaştığı bu bölgede bir emme etkisi meydana gelmektedir. Venturi aygıtında bu emme etkisinin başlayabilmesi için %20'lik bir basınç farkı meydana gelmelidir. Bu sayede vakumlama başlayabilir. Böylece başka hiçbir enerji sarf etmeden sadece akışkanın enerjisi ile bir emme meydana gelmektedir. Venturinin bu özelliğinden sağlık ve bir çok mühendislik alanlarında yararlanılmaktadır. Venturimetre; ziraat mühendisliğinde sulama alanında, sıvı gübre ve çeşitli ilaçlama sistemlerine eklenerek kullanılabilir. Makine mühendisliğinde ise bazı sistemlere eklenerek hava ve yağın enjektisini sağlamaktadır. İnşaat mühendisliğinin bir çok alanında da venturimetreden yararlanılmaktadır. Örneğin, baca sistemlerine eklenerek kirli havanın vakumlanmasında, suların temizlenmesi amacıyla suya oksijen katılmasında ve farklı maddelerin enjekte edilmesinde de kullanılmaktadır.

Sıvı enjeksiyonunda bir çok yöntem kullanılmaktadır. Fakat bu işlemlerde karışımın homojenliği, karışım konsantrasyonu, kimyasal bir karışım ise çevreye ve canlılara zarar vermemesi, karışım esnasında minimum enerji sarf edilmesi önemli etkenlerdir. Sıvı enjeksiyonunda motorlu sistemlerden faydalanılmakta, akışkan içerisine karıştırılacak sıvı motor vasıtasıyla enjekte edilmekte veya farklı motor sistemleri ile örneğin pistonlu pompalarla piston vasıtasıyla enjekte edilecek madde çekilip sonra sisteme enjekte edilebilmektedir. Ayrıca basınçlı tanklar veya orantılı olarak karışım yapılan tanklardan da faydalanılmaktadır. Aynı amaçla venturimetreler de basınçlı boru sistemlerinde kullanılabilir. Diğer sistemlerden farklı olarak, enjeksiyon için fazladan bir güç kullanmaksızın, sadece venturinin yapısal özelliğinden faydalanılarak sıvı enjeksiyonu gerçekleştirilebilmektedir. Ekstra bir güce ihtiyaç duyulmamasının yanı sıra, bakım masraflarının düşük olması, imalatının kolay olması ve homojen bir karışım elde edilebilmesi venturi kullanılan sistemlere ayrı bir avantaj sağlamaktadır.

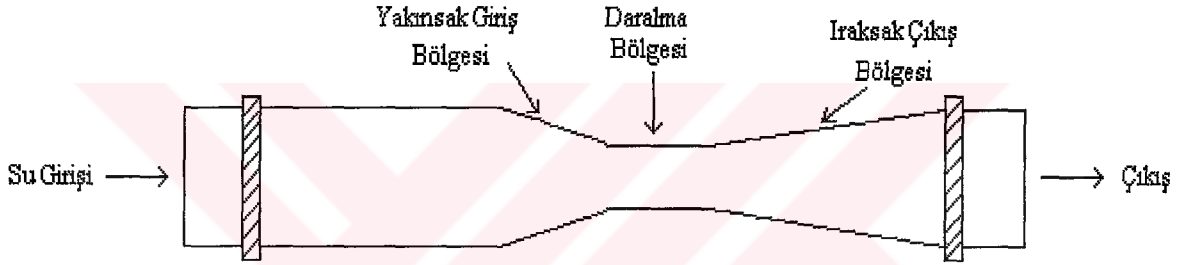
Venturi aygıtı vasıtasıyla sıvı enjeksiyonunun yapıldığı herhangi bir bilimsel çalışmaya ulaşamadım. Buna karşın venturinin gaz enjeksiyonunda kullanımı ile ilgili çeşitli bir çok çalışma vardır. Gaz enjeksiyonu ile ilgili Baylar [1], Baylar ve Emiroğlu [2], Emiroğlu ve Baylar [3], Baylar ve diğ. [4], Özkan ve diğ. [5], ve Bağatur ve Baylar [6], Özkan [7]'nin yapmış oldukları bilimsel çalışmalar bunlardan bazılarıdır.

Bu çalışmada venturi kullanarak enjeksiyon yapılan sistemlerde enjeksiyon performansını etkileyen parametrelerin etkinliği araştırılmıştır. Bu amaçla üç farklı giriş çapına sahip venturiler ve venturilerin boğaz bölgesinde iki farklı çap kullanılmıştır. Her bir giriş çapı için çap oranlarının etkinliği de incelenmiştir. Ayrıca emme borusu çapı, akışkanın venturi girişindeki hızı, venturi çıkışından sonraki boru boyu ve enjekte için kullanılan sıvının viskozitesinin enjeksiyon performansına etkisi de araştırılan parametreler arasındadır.



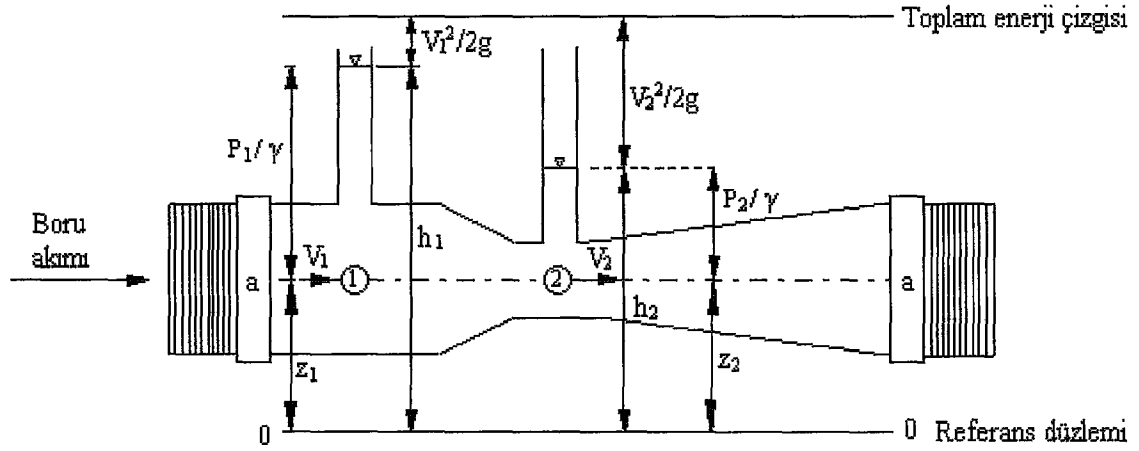
2. VENTURİ AYGITI

18–19. yüzyılları arası İtalyan fizikçi Giovanni Battista Venturi tarafından bulunan venturi aygıtı, hem debi ölçüm amaçlı kullanılmakta, hem de vakumlama amaçlı kullanılmaktadır. Fakat her ikisi içinde hidrolik esaslar değişmemektedir. Akımın debisinin ölçülmesi amacıyla kullanılan venturimetreler de akımın hızını artırmak için girişteki boru kesiti boğaz bölgesinde daraltılmaktadır (Şekil2.1). Daralma bölgesinde akışkan hızının artmasına paralel olarak basınçta düşüş meydana gelmektedir. İki kesit arasındaki basınç farkından yararlanılarak, akışkan akımının debisi hidrolik olarak hesaplanabilmektedir.



Şekil 2.1. Venturi ölçeğinin görünümü [6]

Venturi ölçeğinin hidrolik olarak teorik değişkenleri ve matematiksel ifadeleri aşağıda belirtilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Venturi ölçeğinin teorik değişkenleri

1 ve 2 kesitleri arasındaki mesafe çok küçük olduğu için, bu iki kesit arasında meydana gelen sürekli enerji kaybı ihmal edilecek kadar küçüktür. O halde akışkan, sanki ideal akışkanmış gibi kabul edilebilir. Dolayısı ile karşılaştırma düzleminin boru ekseninden geçtiği kabul edilerek Bernoulli denklemi kullanılabilir (Şekil 2.3).

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \quad (1)$$

Burada:

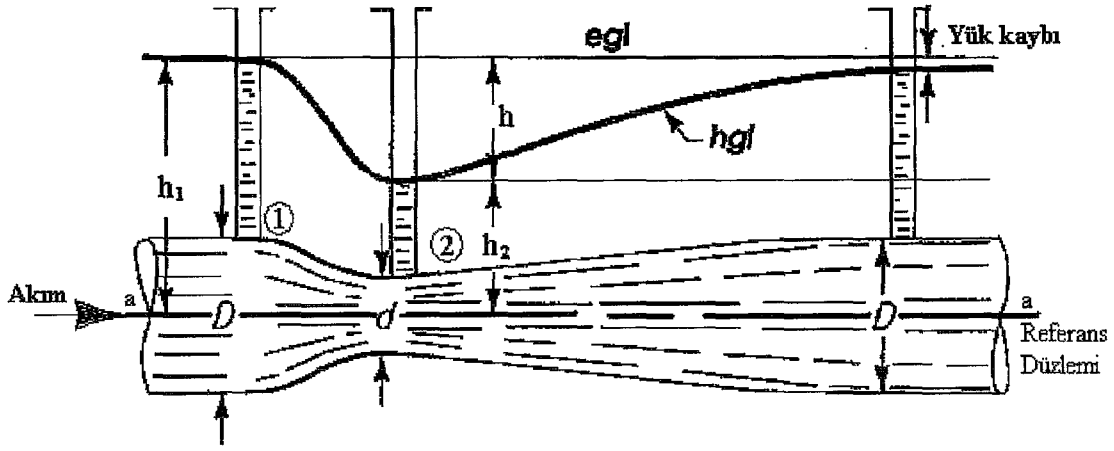
$$z_1 = z_2$$

$$\text{ve: } \Delta H = 0$$

olduğundan:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} \quad (2)$$

olur [8].



Şekil 2.3. Venturi ölçeğinin yük kaybı ve rölatif piyezometre çizgileri

Piyezometreler için akışkanlar statik kanunları geçerli olduğunda 1 nolu kesitteki piyezometrede a-a seviyesindeki basınç;

$$p_1 = \gamma \times h_1, \quad h_1 = \frac{p_1}{\gamma} \quad (3)$$

2 nolu kesitteki piyezometrede a-a seviyesindeki basınç;

$$p_2 = \gamma \times h_2, \quad h_2 = \frac{p_2}{\gamma} \quad (4)$$

Bu iki denklemden:

$$\frac{p_2 - p_1}{\gamma} = -h \text{ elde edilir.}$$

Boğaz kısmı ve yaklaşım bölümü için süreklilik denklemi:

$$Q = V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2 \quad (5)$$

veya V_1 ve V_2 hızı:

$$V_1 = \frac{Q}{A_1}, \quad V_2 = \frac{Q}{A_2} \text{ veya } V_2 = V_1 \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \quad (6)$$

Bu sonuç Bernoulli denkleminde yerine konulursa:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \quad (7)$$

olur.

$$h_1 - h_2 = \frac{V_1^2}{2g} \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_1^2}{2g} \left[\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right] \quad (8)$$

$$V_1 = \frac{\sqrt{(h_1 - h_2)2g}}{\sqrt{\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1}} \quad (9)$$

$$Q = V_1 A_1 = A_1 \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1}} \quad (10)$$

bulunur.

Pratikte, akışkanın gerçek akışkan olması yani, 1 ve 2 kesitleri arasında küçükte olsa bir enerji kaybının olması nedeni ile bu denklem bir C_d katsayısı ile çarpılarak denklem son halini almış olur. Burada C_d katsayısına debi katsayısı denir. Bu katsayı 1'e çok yakın ancak 1'den küçüktür.

$$Q = C_d A_1 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1}} \quad (11)$$

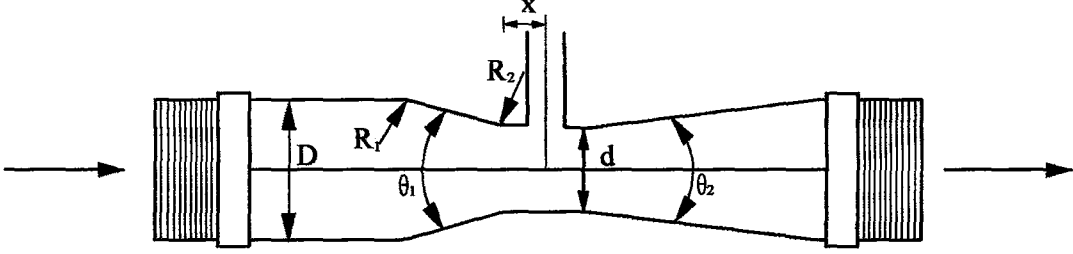
veya

$$Q = C_d A_1 A_2 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{A_1^2 - A_2^2}} \quad (12)$$

elde edilir [9].

2.1. Klasik Venturi Aygıtında Boyutlandırma

Venturi aygıtının genel boyutlandırma verileri Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Klasik venturi ölçeğinde boyutsal değerler [7].

$$x \geq d/6$$

$$R_1 = 1.375 D \pm \%20$$

$$R_2 = 3.625 d \pm 0.125 d$$

$$\theta_1 = 21^\circ \pm 1^\circ, 7^\circ \leq \theta_2 \leq 15^\circ$$

$$50 \text{ mm} \leq D \leq 250 \text{ mm}, c = 0.995$$

$$100 \text{ mm} \leq D \leq 800 \text{ mm}, c = 0.984$$

$$200 \text{ mm} \leq D \leq 1200 \text{ mm}, c = 0.985$$

3. VENTURİ AYGITININ UYGULAMA ALANLARI VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Venturimetrelerden akışkan geçerken, ani daralan boğaz bölgesinde akışkan hızının artmasıyla negatif basınç oluşur. Meydana gelen bu negatif basınç neticesinde bir vakum etkisi meydana gelir. Bu vakum sayesinde venturiden geçen akışkana, farklı akışkanların enjeksiyonu yapılabilmektedir. Venturimetrelerin bu özelliğinden faydalanılarak bir çok alanda kullanılmaktadır. Uygulama alanları ve avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a) Uygulama Alanları:

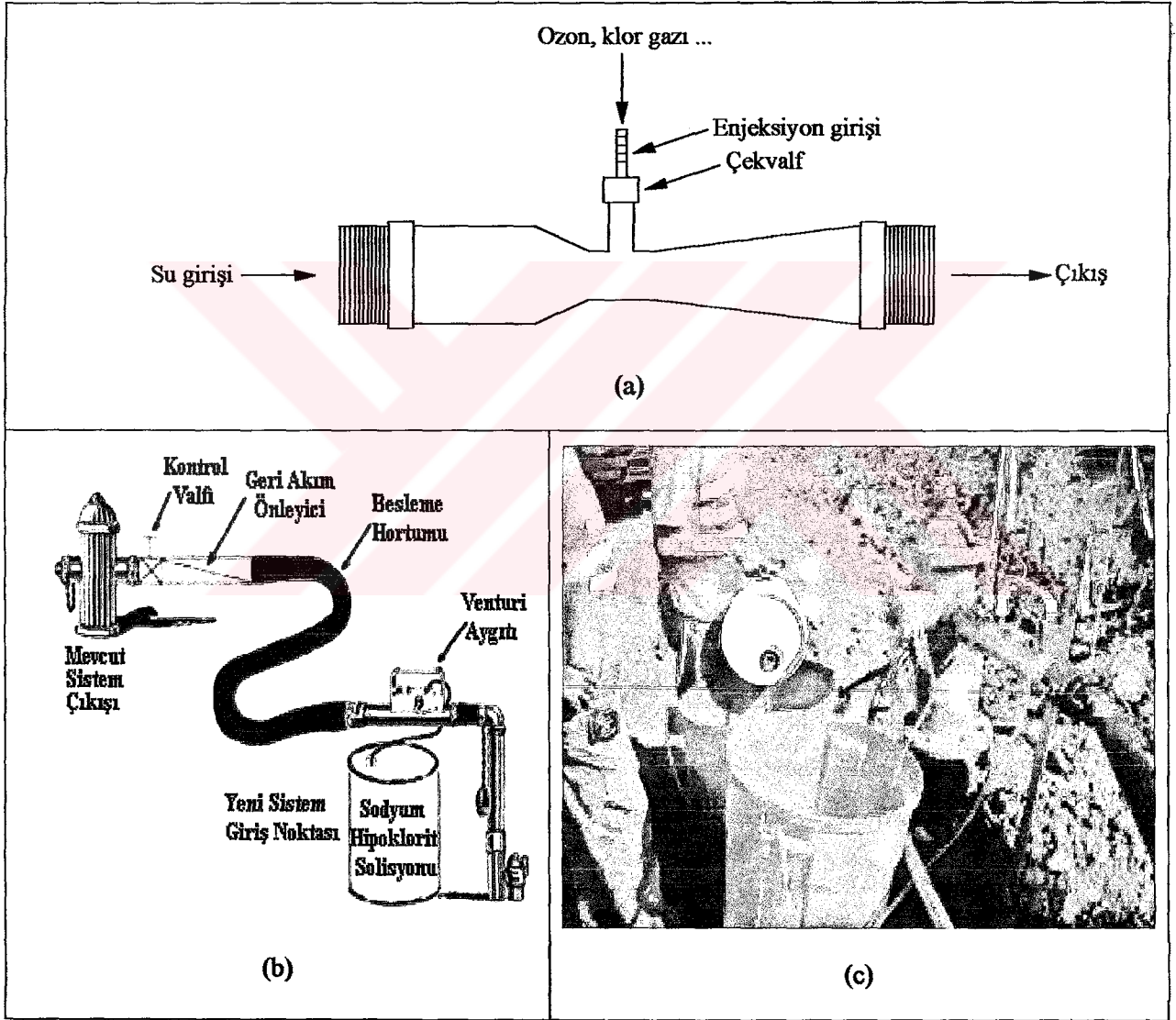
- Gaz (ozon, klor) enjeksiyonu (içme suyu arıtımında)
- Kimyasal madde enjeksiyonu (özellikle tarımsal sulamada sıvı gübre enjeksiyonu)
- Havalandırma ve oksijen transferi (atık su-içme suyu arıtımında, su ürünleri yetiştirme havuzlarında)
- Kirli havanın tahliyesi (baca sistemleri ve ağır vasıtaların eksoz sistemlerinde)
- Sağlık alanında (oksijen maskeleri ve sipirometrelere eklenerek)
- Debi ölçümlerinde

b) Avantajları

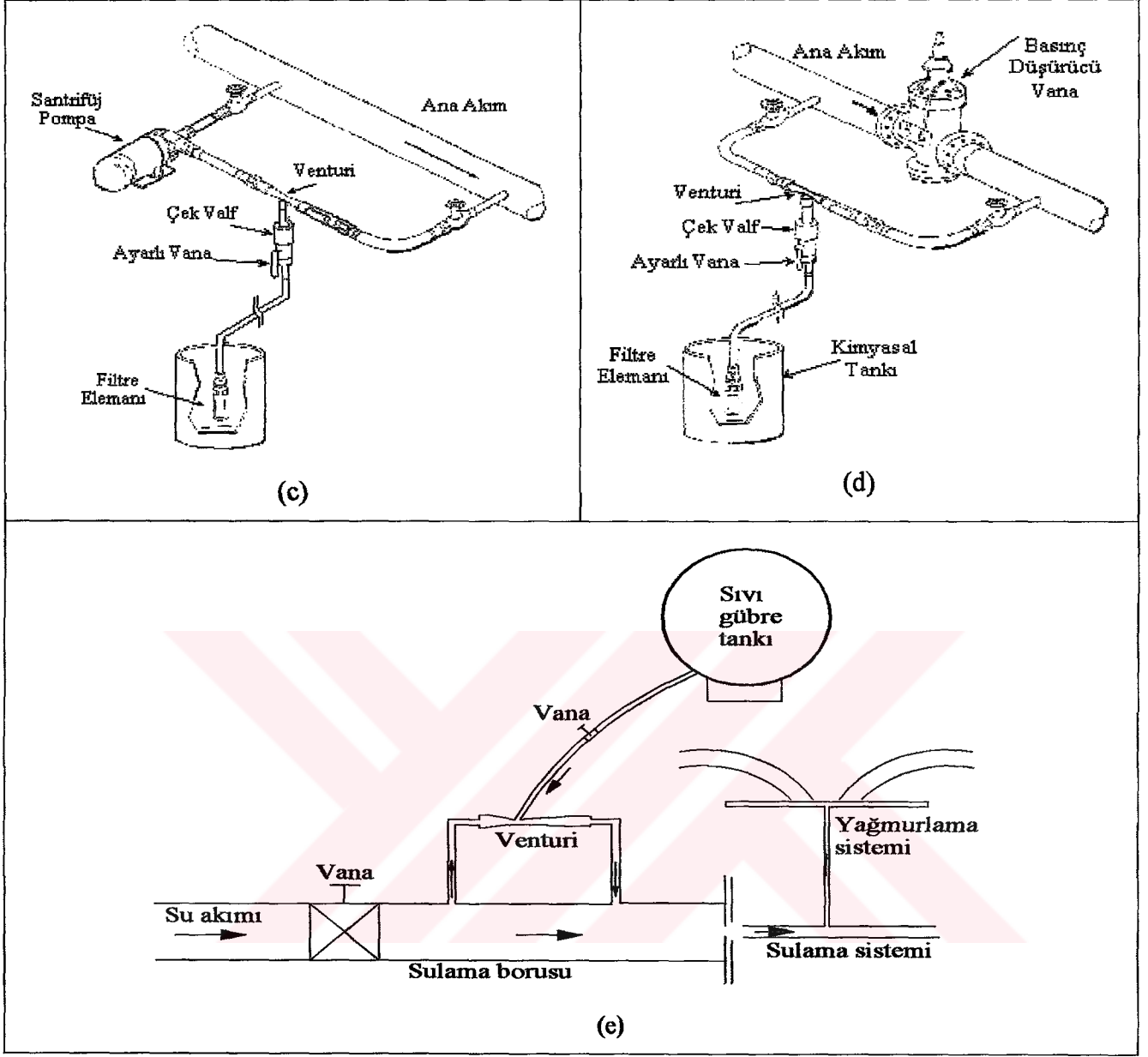
- Ozon, klor ve birçok kimyasallara dirençlidir.
- Hareketli parçaları yoktur.
- Yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır.
- Bakımı ve işletilmesi kolaydır.
- Uygun tasarımıyla tam bir karışım temin eder.
- Yatırım maliyeti çok düşüktür.
- Yerleştirilmesi basittir.
- Su akımı ile çalıştığından çok az enerji gerektirir.
- İstenen akım ve enjeksiyon kapasitesi ile boyut tasarımına imkan verir.

3.1. Venturi Aygıtının Gaz Enjeksiyonunda Kullanılması

Venturi aygıtı, suların ozon ve klor gazları ile dezenfekte edilmesinde uygulama alanına sahiptir. Ozon gazı su ortamında çok az çözüldüğünden ozon ile su temasının iyi bir şekilde sağlanması gerekir. Bu yönden venturi aygıtının kullanımı iyi bir çözüm olmaktadır. Ayrıca sıkıştırılarak sıvı hale getirilen ve basınçlı tüplerde saklanan klor gazının venturi aygıtı ile enjekte edilmesi suların dezenfekte işlemlerini hızlı ve ekonomik hale getirmektedir [6]. Ozon ve klor gazlarının venturi aygıtı ile enjeksiyonu sistem olarak Şekil 3.1’de tanımlandığı gibidir.



Şekil 3.1. Venturi aygıtında gaz enjeksiyonu (a: Gaz enjeksiyon sisteminde kullanılan venturi, b: Klor enjeksiyon sistemi, c: Klor enjeksiyon sisteminin uygulama resmi) [6, 10].



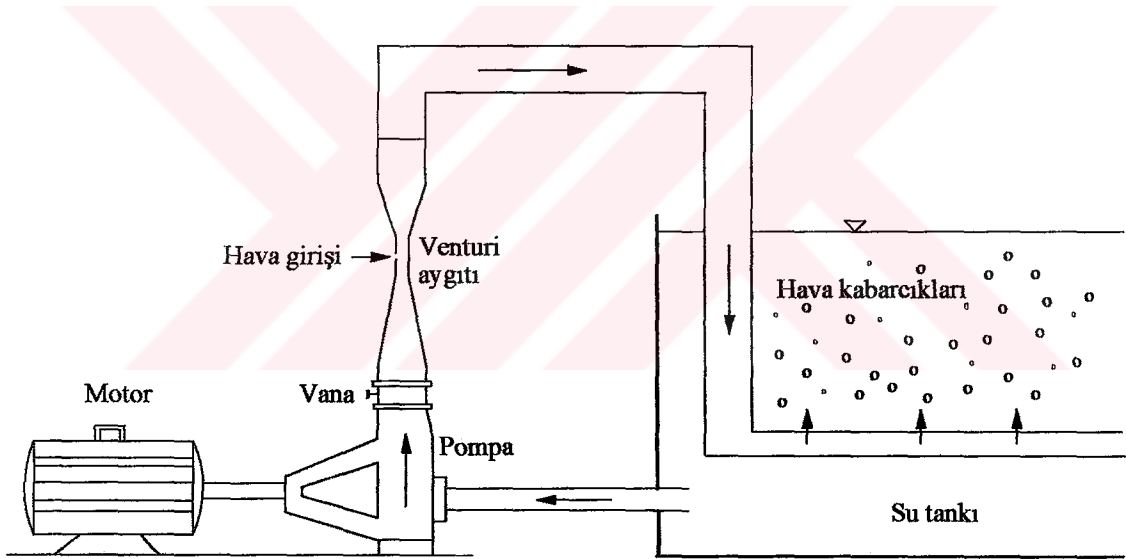
Şekil 3.2. Venturi aygıtının sulama sistemlerine sıvı gübre ve farklı kimyasal karışımındaki kullanımı (a:Ana akıma yerleştirilen venturi, b: Basıncı tank tertibi ile venturi kullanımı c: Ek santrifüj pompa ile kullanılan venturi, d: Ana akıma yerleştirilen basınç düşürücü regülatör valfla beraber kullanılan venturi, e: Yağmurlama sistemlerine, sıvı gübrenin venturi kullanılarak enjeksiyonu) [6, 11, 12, 13].

3.3. Venturi Aygıtının Havalandırma Amaçlı Kullanımı

Doğal olarak meydana gelen birçok biyolojik faaliyet ve kimyasal reaksiyonlarda oksijen kullanılır. Bu nedenle, sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu azalır. Azalan bu çözünmüş oksijen konsantrasyonunu limit değere yükseltmek amacıyla oksijen, atmosferden alınarak yeniden suya kazandırılması havalandırma adı verilen bir işlemle mümkün olmaktadır.

Bu işlem sayesinde, akarsularda oluşan çözülmüş oksijen konsantrasyonu eksikliği neticesinde ekolojik dengede meydana gelebilecek olumsuz etkiler de giderilip, akarsular için gerekli çözülmüş oksijen konsantrasyonu (5 mg/L) sağlanabilmektedir [14]. Havalandırma işlemi ince kenarlı veya kalın kenarlı savaklar, kapaklı veya kapaksız dolusavaklar, kapaklı eşikler, kapaklı dipsavak çıkış ağızları gibi hidrolik yapıların yanı sıra venturimetrelerle de yapılabilmektedir [7]. Havalandırma ünitelerinde kullanılan klasik havalandırıcılara göre venturi aygıtı ile havalandırma daha verimli, daha ekonomik ve işletimi daha kolay olmaktadır [6]. Venturi aygıtının havalandırma ve oksijen transferi amaçlı kullanımı Şekil 3.3’de görülmektedir.

Bu sistemde su tankından çekilen su bir pompa vasıtasıyla venturimetreye iletilmektedir. Su venturimetreden geçerken boğaz bölgesinde meydana gelen vakum etkisiyle içeri giren hava ve su karışmakta, bu karışım su tankına iletilmektedir. Su tankına gelen bu hava su karışımı, tankın tabanında üzerine delikler açılmış olan borudan geçerken delikler vasıtasıyla suya karışır ve tankın içindeki suyun havalandırılması sağlanmaktadır.



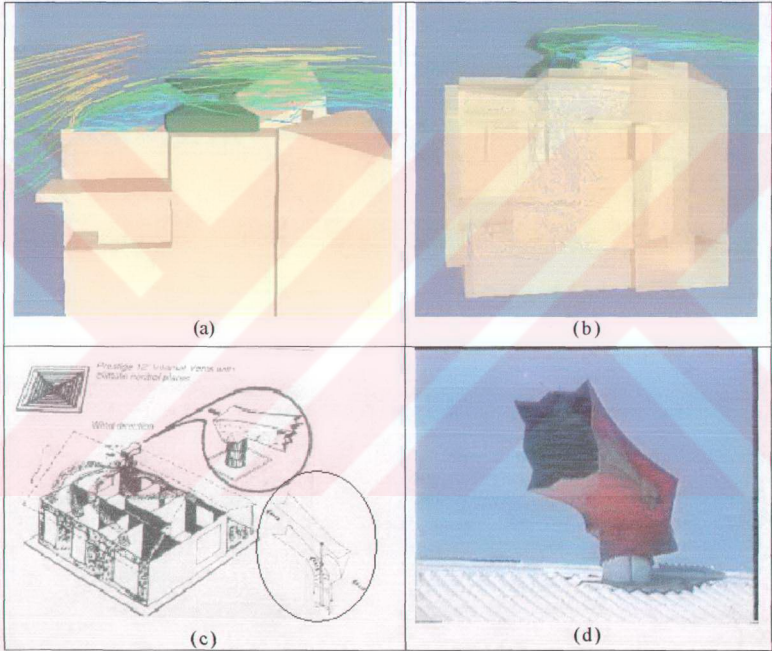
Şekil 3.3. Venturi aygıtının havalandırma amaçlı kullanımı [7]

3.4. Venturi Aygıtının Kirli Havanın Tahliyesi Amacıyla Kullanımı

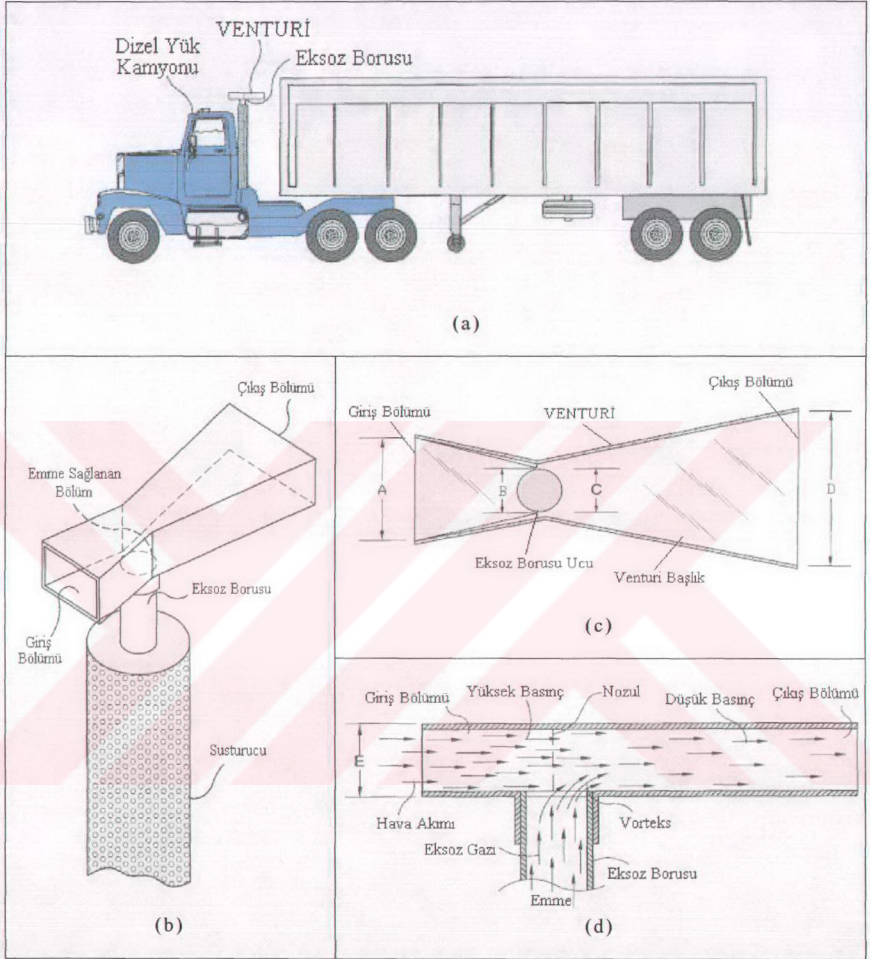
Evlerde, fabrikalarda, gemilerde kirli havanın tahliyesi için çeşitli vantilatörler üretilmiştir. Evlerde bu vantilatörler çatılarda baca şapkaları şeklinde yerleştirilmiştir[15]. Bu şapkalar venturi aygıtı şeklinde olup, çalışma sistemi sayesinde kirli gazların daha iyi bir biçimde tahliyesi mümkün olmaktadır. Ayrıca bu yöntemle kirli havanın tahliyesi sırasında meydana gelen olumsuz dış şartların etkisi en aza indirilmiş hatta bu etkilerden faydalanılmıştır.

Mesela, evlerde bacalardan çıkan zehirli gazların rüzgarın etkisi ile tahliyesi zorlaşmasına karşın bu sistemler sayesinde rüzgardan faydalanılarak ekstra bir emme gücü elde edilmiş ve rüzgarın yönü ve şiddeti kirli havanın tahliyesini olumsuz yönde etkilememiştir (Şekil 3.4).

Yine venturi aygıtı büyük tırların eksoz sistemlerine eklenerek, kirli gazın tahliyesi daha iyi bir şekilde gerçekleştirilmekte ve motor performansının artmasını ve yakıt tasarrufunu sağlamaktadır [16] (Şekil 3.5).



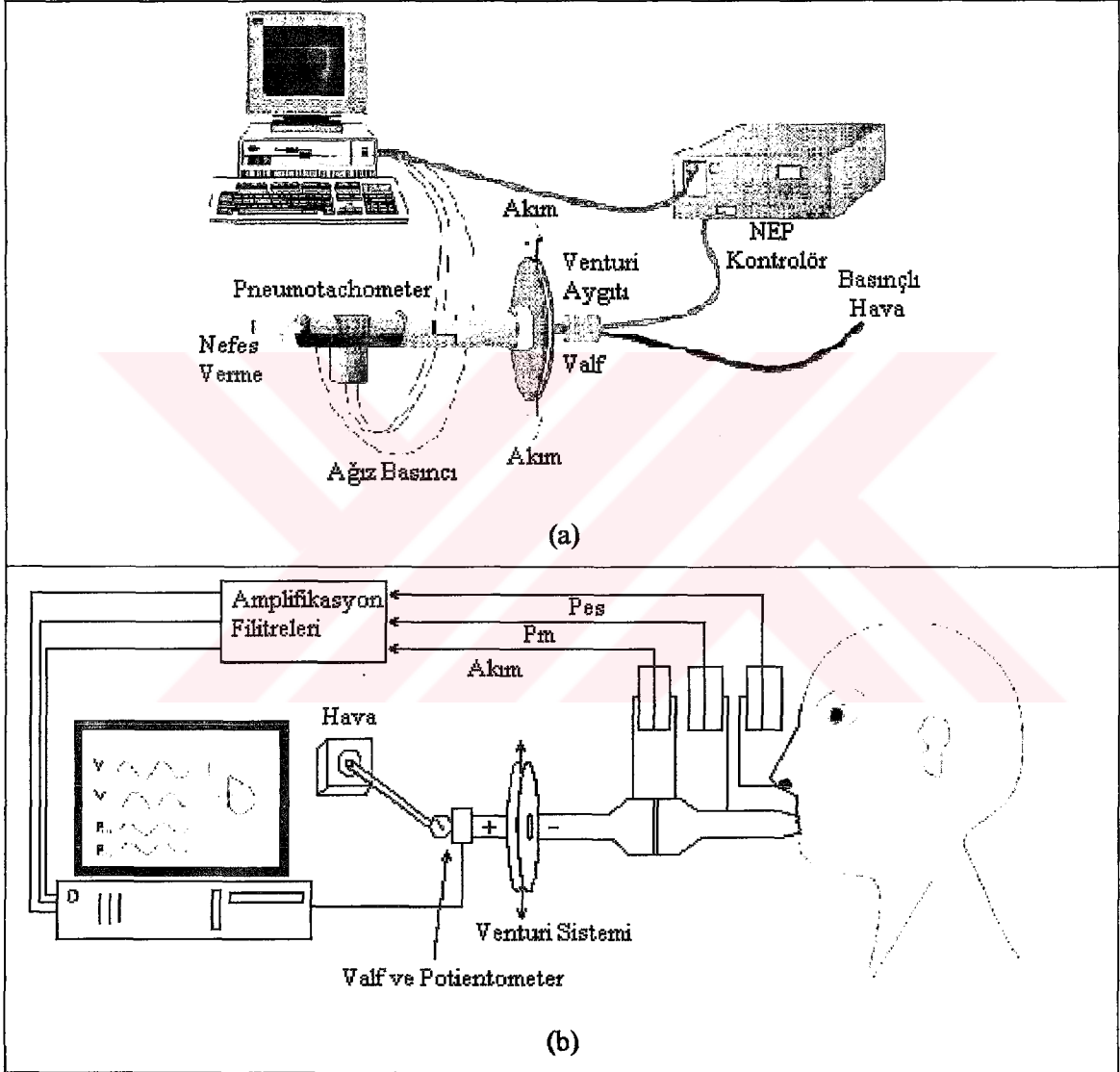
Şekil 3.4. Venturi aygıtını baca sistemlerinde kullanımı (a: Venturi kesitli baca kapağı, b: Aynı baca kapağı sistemine ait kesit ve meydana gelen vakumlama işleminin görünüşü, c: Farklı tip venturi baca kapağı sistemi görünüş ve kesiti, d: Aynı tip baca kapağının uygulamadaki görünüşü) [15, 16]



Şekil 3.5. Venturi aygıtının eksoz sistemlerinde kullanımı (a : Venturi aygıtının yük kamyonlarının eksoz sistemlerinde ki görünüşü, b: Venturinin eksoz sistemine yerleştirilme şekli, c: sistemin üstten görünüşü, d: Venturi eklenen eksoz sisteminde gerçekleşen kirlı hava tahliyesi) [16]

3.5. Venturi Aygıtının Sağlık Alanındaki Kullanımı

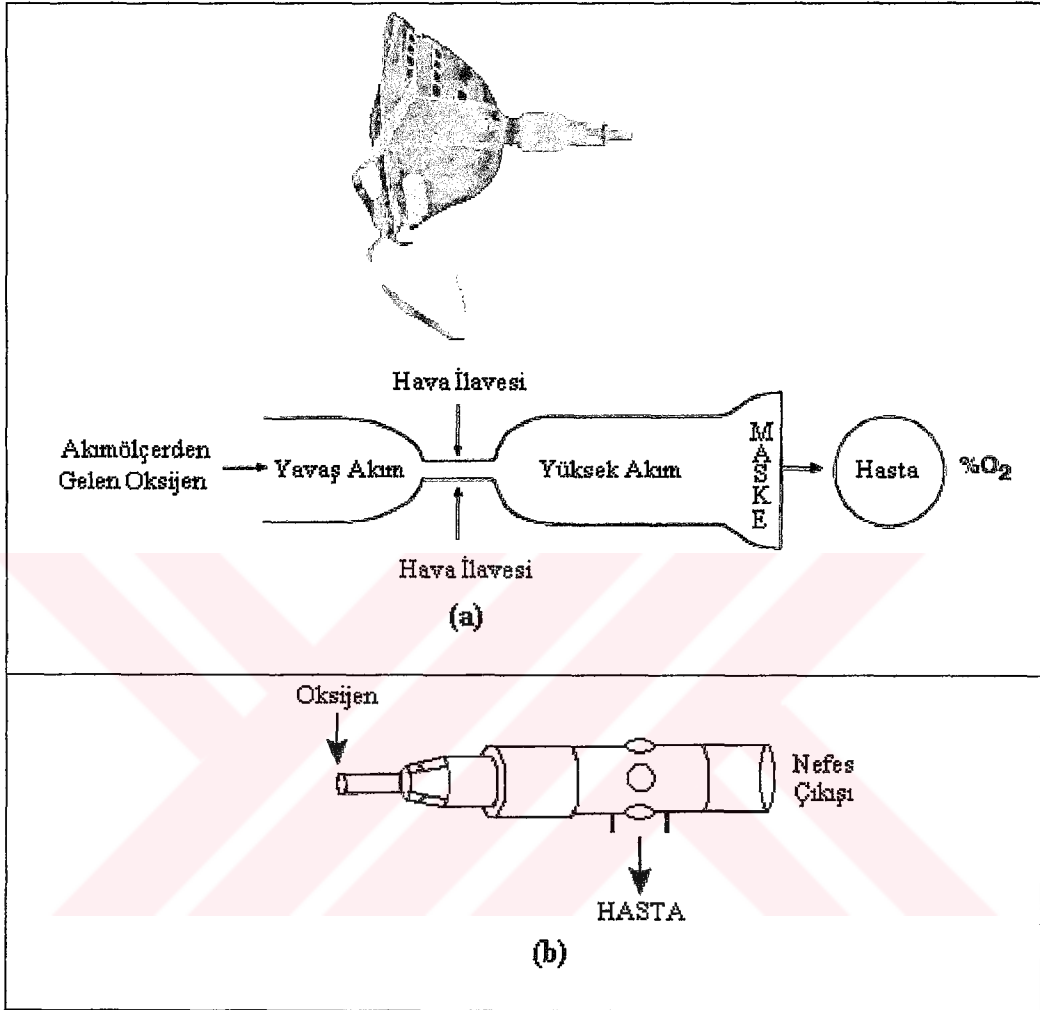
Zorlu nefes verme durumlarında negatif nefes verme basıncı, hava yollarında tıkanıklık olup olmadığını değerlendirmek için kullanılan bir solunum testidir. Bu testler için sipirometreler kullanılır. Venturi aygıtı bu sipirometrelere eklenerek hızlı bir negatif basınç oluşturmak amacıyla kullanılırlar [18].



Şekil 3.6. Venturi aygıtının sipirometrelerde kullanımı (a: Venturi aygıtının negatif nefes verme sistemlerinin de uygulanması (NEP: Negative Expiratory Pressure), b: Venturi kullanılarak ağızdan negatif nefes verme basıncının ölçümü) [18, 19]

Astım gibi çeşitli akciğer hastalıklarında ve bazı tıbbi durumlarda hastaya dışarıdan oksijen vermek gerekmektedir. Bu amaçla Venturi T-piece'ler ve Venturi Maskeleri

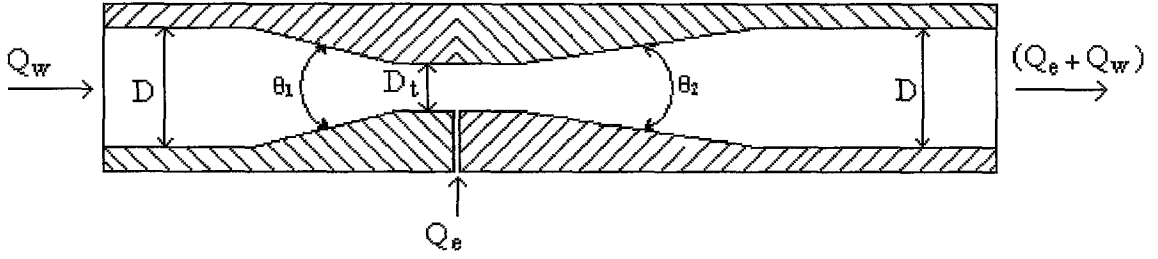
kullanılmaktadır. Venturi maskeleri sabit, istenilen miktarda oksijen vermesinden dolayı özellikle tercih edilmektedir [20, 21].



Şekil 3.7. Venturi Aygıtının (a) Venturi maskelerinde, (b) Venturi T-piece'larda kullanımı [20,21]

4. MATERYAL VE METOD

Yaptığımız çalışmada, farklı boru çapları farklı daralma oranları ve boru eğimine sahip venturi aygıtlarından farklı debilerde su geçilerek farklı viskozitedeki sıvılardaki emme verimi ölçülmüştür.



Şekil 4.1. Venturi ölççeği en kesiti [7]

Çalışmada venturinin verimini etkileyebilecek hususlar incelenmiş ve suyun temizliği, içinde yabancı madde bulunmaması, enjekte olunan diğer sıvıların etkisinin olmaması için enjeksiyon işleminden sonraki karışım, kullanılmayarak tahliye edilmiştir.

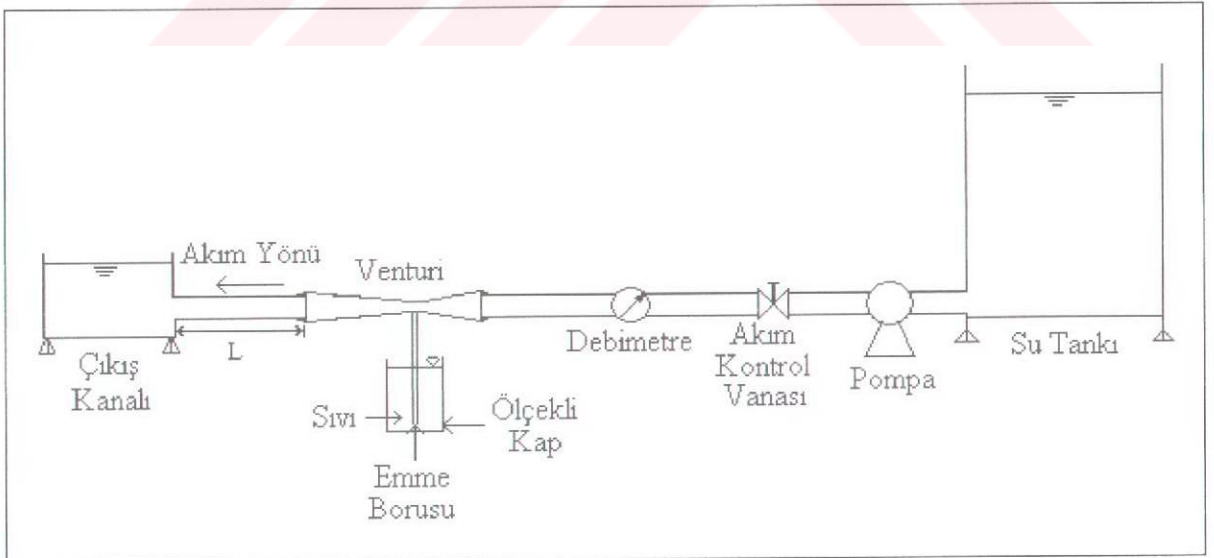
Deneyde kullanılan venturi aygıtları özel kalıplar kullanılarak polyeşter malzemeden giriş ve çıkış çapları 36 mm, 42 mm ve 54 mm olarak imal edilmiştir. Venturi aygıtının boğaz bölgesi çapı için (D_t), giriş ve çıkış çaplarının (D) 0.5 katı ve 0.75 katı olarak değişken değerlerle alınmıştır ($D_t/D=0.5$, $D_t/D=0.75$). Venturi boğaz bölgesi uzunluğu her bir venturi için boğaz çapı değeri kadar (D_t) alınmıştır. Akım yönüne göre venturilere ait giriş koni açıları $\theta_1=21^\circ$, çıkış koni açıları $\theta_2=7^\circ$ alınmıştır. Venturilerin boğaz bölgesine ortasından çeperlerde 5.0 mm çapında delik açılmıştır. Her bir boru çapı için açılan deliğe 5.0 mm ve 2,5 mm çaplarında emme boruları ayrı ayrı yerleştirilmiştir.



Resim 4.1. Deneyde kullanılan venturiler

4.1. Deney Düzenegi

Basınçlı akımlarda venturi aygıtı kullanılarak farklı yoğunluktaki sıvılardaki emme verimini ölçmek için Şekil 4.2’de görülen deney düzenegi kullanılmıştır. Deney düzenegine ait fotoğraf ta Resim 4.2 olarak verilmiştir.



Şekil 4.2. Deney düzenegi



Resim 4.2. Deneyde kullanılan set

Deneylerde suyun temini için üç tonluk bir su deposu kullanılmıştır. Suyu depodan venturi aygıtına göndermek için su deposunun taban seviyesinde bir su pompası, verim ölçümleri için debi ayarını yapabilmek amacıyla küresel kontrol vanası, venturinin içinden geçen debi değerini belirlemek amacıyla dijital göstergeli 0.01 lt/sn ölçüm hassasiyetli 100 mm çaplı türbinli debimetre kullanılmıştır. Ayrıca enerji kayıplarını azaltmak amacıyla 100 mm lik çaptan, kullanılacak 36, 42, 54 mm lik çap değerlerine bağlantı yapabilmek için flanşlı metal koniklerden faydalanılmıştır. Farklı çap ve daralma oranlarına sahip venturilerin boğaz bölgesinde açılan deliklere yerleştirilmek üzere 2.5 mm ve 5.0 mm çaplarında emme borularından faydalanılmıştır. Farklı viskoziteye sahip sıvıların emilmelerini incelemek amacıyla suyun yanı sıra yağ ve alkol kullanılmıştır. Farklı debi değerlerinde emme borusu vasıtasıyla emilen sıvının emme zamanının ölçümü için kronometreli dijital bir saat kullanılmıştır.



Resim 4.3. Deneyde kullanılan malzemeler. (a: Su pompası, b: Debimetre, c: Flanşlı metal konikler, d: Kontrol vanası, e: Venturi metreden enjeksiyon sonunda çıkan karışımın bulunduğu su tankı, f: kullanılan yağ ve alkol)

4.2. Deneyin Yapılışı

Venturi aygıtı ile yapılan sıvı enjeksiyon deneylerinin yapılışı Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Deneylerde, 36 mm 42 mm ve 54 mm olarak farklı giriş çaplarında ve $D_1/D=0.5$, $D_1/D=0.75$ olan farklı daralma oranlarına sahip venturilerle, 5.0 mm ve 2.5 mm çaplarında emme boruları kullanılarak sıvı emme performansı ölçülmüştür. Gerekli suyun temin edileceği su tankı su ile belirli bir seviyeye kadar doldurulmuş, suyun su tankından venturiye iletimi pompa vasıtasıyla sağlanmıştır. Pompadan sonra yerleştirilen kontrol vanası ve vanadan sonraki debimetre sayesinde istenilen debide suyun venturiye girişi temin edilmiştir. Gelen basınçlı suyun etkisi ile venturinin boğaz bölgesinde oluşan negatif basınç, açılmış olan delikte vakum etkisi meydana gelmesine sebep olmaktadır. Meydana gelen vakumun tesiri ile deliğe yerleştirilen emme burusu sayesinde sıvı enjeksiyonu gerçekleştirilmiştir. Bu işlem de ilk olarak ana akım borusundaki suya emme borusundan su enjekte ettirilmiştir. Böylece en iyi emme performansının gerçekleştiği venturi çapı belirlenmiştir. En iyi performansın sağlandığı venturi kullanılarak farklı viskoziteye sahip diğer akışkanlardan, yağ ve alkolün emilme performansları incelenmiştir.

Tablo 4.1. Kullanılan akışkanların 20 °C'de yoğunluk ve viskozite değerleri [22, 23, 24]

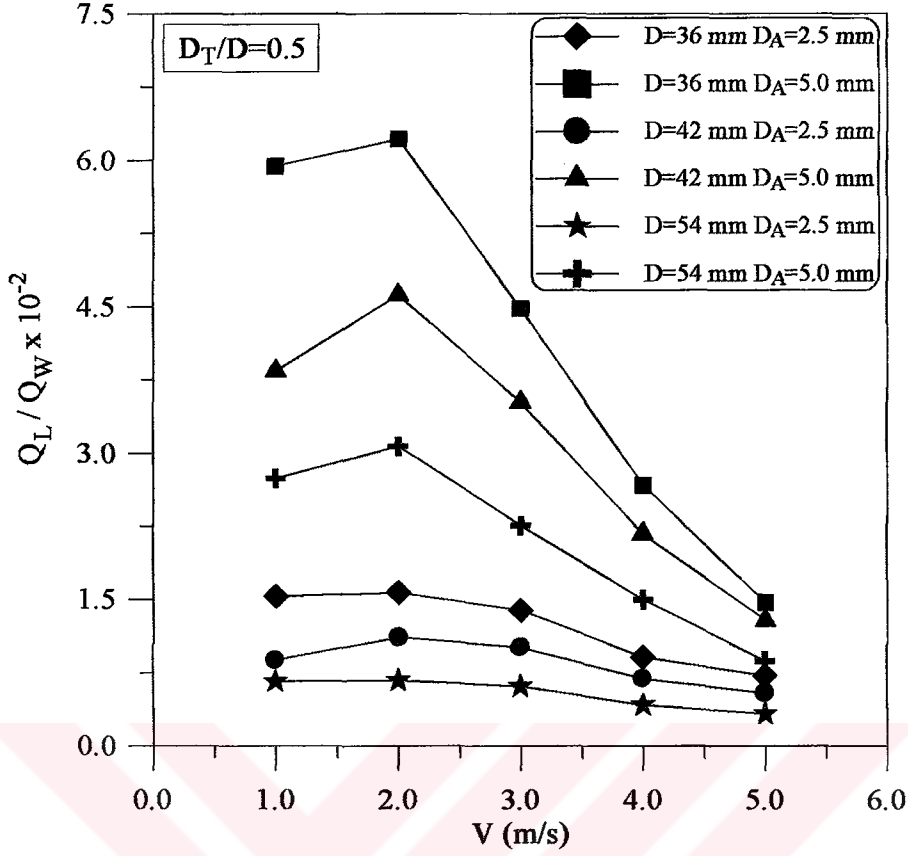
SIVI	YOĞUNLUK (gr/cm ³)	VİSKOZİTE (x 10 ⁻⁶ m ² /s)
SU	1.00	1.00
ALKOL	0.789	1.52
YAĞ	0.953	78.90

5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1. Venturimetrelerin Sıvı Enjeksiyon Verimleri

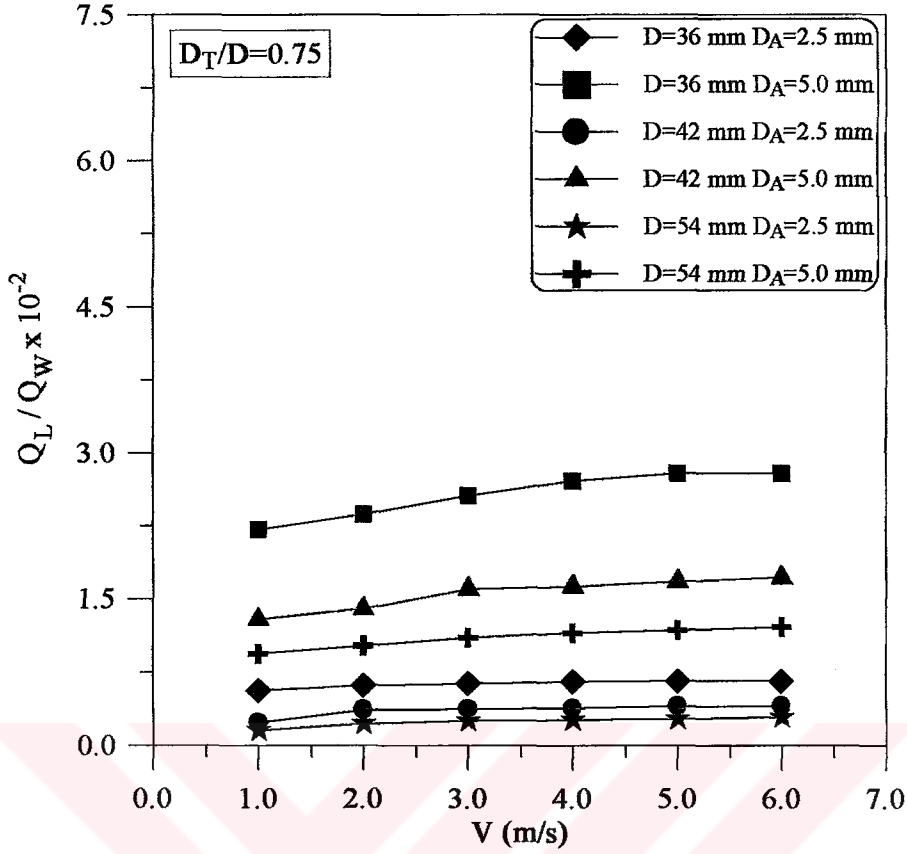
Venturi metrelerden faydalanılarak yapılan sıvı enjeksiyon deneylerinde, farklı çap ve daralma oranlarına sahip venturilerle, değişik çaptaki emme boruları kullanılarak bu değişkenlerin etkisinde venturilerin performansı denenmiştir. Suya su enjekte ederek yapılan deneylerde, venturi boru çapı küçültülüp diğer bütün değişkenler sabit tutulduğunda enjeksiyon performansının arttığı görülmektedir. $D_1/D=0.5$ ve $D_1/D=0.75$ daralma oranlarına sahip diğer venturilerde de en iyi performansın $D=36$ mm olan en küçük çaplı venturide sağlandığı görülmüştür. Emme borularındaki çap değişimi de enjeksiyon verimini oldukça etkilemektedir. 2,5 mm çaplı emme borusu ve daralma oranı $D_1/D=0.5$ olan venturilerde en iyi performansı yine 36 mm çaplı venturi, aynı daralma oranı ve 5.0 mm çaplı emme borusu kullanıldığında da yine en iyi performans 36 mm çaplı venturinin sağladığı görülmüştür (Şekil 5.1). Ancak, 2.5 mm ve 5.0 mm emme boruları kullanılarak yapılan deneylerin karşılaştırmasında ise, 5.0 mm'lik emme borusu kullanılan en büyük çaplı ($D=54$ mm) venturideki enjeksiyon performansının 2.5 mm çaplı emme borusu ve en küçük çaplı ($D=36$ mm) venturiden daha iyi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yine Şekil 5.1'de görüldüğü gibi akışkan hızının artmasıyla enjekte edilen madde miktarı azalmaktadır. Buna göre içine sıvı enjekte edilecek akışkanın debisindeki artış enjekte edilen sıvının enjeksiyonunu yavaşlatmaktadır. Yani debini artmasıyla enjeksiyon miktarı düşmekte, bir ters orantı olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, venturi boğaz bölgesindeki, akışkan hızının artarak delikten emilecek sıvının içeri girişini engellemesi olarak görülmektedir. Yüksek debi değerlerinde de yine 36 mm çaplı venturi en iyi performansı vermektedir.

Hızın 2 m/sn den daha düşük değerlerde (1-2 m/sn) genellikle enjeksiyon oranı düşüktür. Ana akım hızının 2 m/sn den daha büyük değerlerde ise enjeksiyon oranları bütün durumlar için azalmaktadır. Bu düşüş 5.0 mm'lik emme boruları için hızlı olmakta fakat 2.5 mm'lik emme borularındaki düşüş çok hızlı değildir. $D=54$ mm çaplı ve $D_A=2.5$ mm'lik emme borusunun kullanıldığı venturide hızdaki bu değişiklik performansı fazla etkilememektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Daralma oranı $D_T/D=0.5$ olan 2.5 mm ve 5.00 mm'lik emme borularıyla farklı çaplardaki venturilerdeki enjeksiyon performansının değişimi

Daralma oranı $D_i/D=0.75$ olan venturiler kullanıldığında (Şekil 5.2), 2.5 mm ve 5.0 mm'lik emme borularıyla yapılan deneylerde en iyi performansı yine 36 mm çaplı venturi vermiştir ve 5.0 mm'lik emme borusu kullanılarak sağlanmıştır. Daralma oranı $D_i/D=0.75$ olan venturilerde içine sıvı enjekte edilecek akışkanın hızının artması daralma oranı $D_i/D=0.5$ olan venturilerden farklı olarak enjeksiyon miktarını artırmaktadır. Yani, $D_i/D=0.5$ olan venturilerde 2 m/sn'lik hızdan sonra enjeksiyon performansı düşmekte, $D_i/D=0.75$ olan venturilerde ise bu hız değerinden sonrada enjeksiyon performansı artmaktadır. Hızın artmasıyla meydana gelen enjeksiyon performansındaki artış, 5.0 mm'lik emme borusunda daha belirgin olarak görülmektedir. Yüksek hızlarda en iyi performans alınacak venturinin daralma oranı $D_i/D=0.75$, çapı 36 mm ve emme borusu çapı 5.0 mm olan venturi olduğunu göstermektedir.



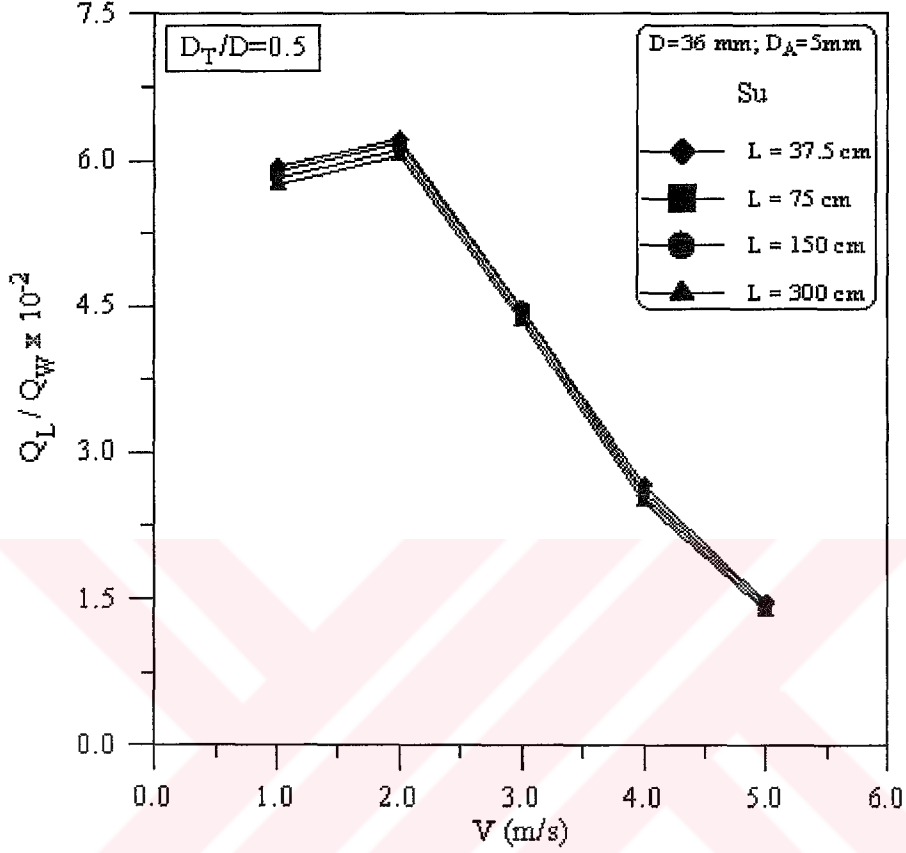
Şekil 5.2. Daralma oranı $D_t/D=0.75$ olan 2.5 mm ve 5.00 mm'lik emme borularıyla farklı çaplardaki venturilerdeki enjeksiyon performansının değişimi

Daha önce belirtildiği gibi sıvı enjeksiyon deneylerinde akışkan içerisine su enjekte ederek yapılan çalışmalar sonucunda en iyi enjeksiyon performansı, çapı 36 mm olan venturide elde edilmiştir. Ayrıca performansta etkili faktörlerden biri olan emme borusunda da en iyi performans 5.0 mm çaplı emme borusu kullanılan deneyler sonucunda elde edilmiştir.

Elde edilen verilere göre venturi ve emme borusu çapları ve daralma oranları kullanılarak venturi çıkışından sonra ki boru uzunluğunun enjeksiyon verimine etkisi değişik viskozitedeki sıvılarla araştırıldı.

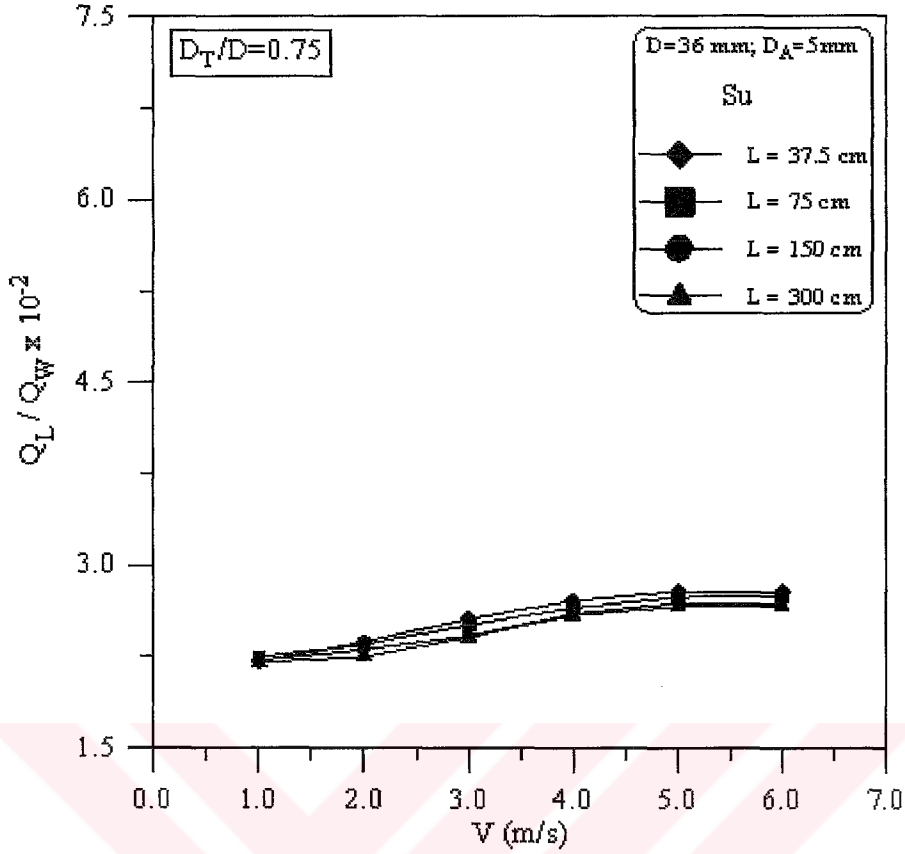
Daralma oranı $D_t/D=0.5$ venturi çapı $D=36$ mm ve 5.0 mm çaplı emme borusu kullanılarak yapılan deneyde $L=37.5$ cm, $L=75$ cm, $L=150$ cm, $L=300$ cm uzunluğundaki borular kullanılmıştır. Bağlantı olarak kullanılan bu borularda en iyi performans $L=37.5$ cm ile en kısa boru göstermiştir. Boru boyu arttıkça çok azda olsa enjeksiyon performansı düşmektedir. Bu verilere göre boru boyundaki farklılık fazla etkili olmamaktadır. 2 m/sn' lik

hızda en iyi performans elde edilmiş, bundan sonraki hız artışlarında enjeksiyon performansı düşmüştür (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Daralma oranı $D_T/D=0.5$ olan çapı $D=36$ mm olan ve 5.0 mm çaplı emme borusu kullanılan venturilerde farklı boru boylarındaki enjeksiyon verimi

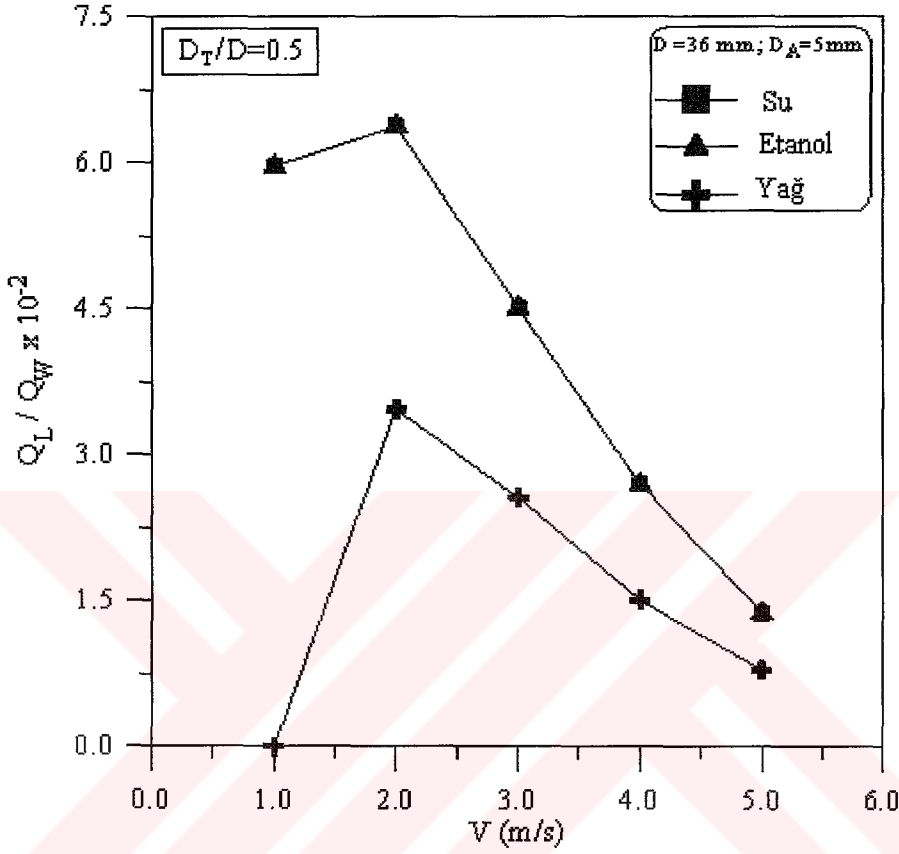
Daralma oranı $D_T/D=0.75$ olan çapı $D=36$ mm olan venturi ve 5.0 mm çaplı emme borusu kullanılarak yapılan deneyde ise yine farklı uzunluktaki borular kullanılmış, bu durumda da boru boylarının performansa fazla bir etkinliği olmadığı görülmüştür. $L=37.5$ cm' lik borunun çok azda olsa diğerlerine göre enjeksiyon performansı iyidir. Bu deneyde akışkan hızının artışı azda olsa enjeksiyon performansını artırmıştır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Daralma oranı $D_T/D=0.75$ olan çapı $D=36$ mm olan ve 5.0 mm çaplı emme borusu kullanılan venturilerde farklı boru boylarındaki enjeksiyon verimi

Farklı yoğunluk ve viskozitedeki sıvılarda ve daralma oranı $D_T/D=0.5$ olan venturi kullanılarak yaptığımız deneylerde; akışkana enjekte edilmek için kullanılan yoğunluğu 1.00 gr/cm^3 olan su ve yoğunluğu 0.789 gr/cm^3 olan etanolun enjeksiyon performanslarının aynı olduğu, yoğunluğu 0.953 gr/cm^3 olan yağın enjeksiyon performansı ise su ve etanola göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durumda yoğunluklara bakarak bu performans farklılığının nedenini anlayamayız. Eğer performans farklılığının nedeni yoğunluk olsaydı yoğunluğu birbirine daha yakın olan su ve yağın performansı yakın çıkmalıydı. Ancak burada anlaşılıyor ki yoğunluktan daha fazla viskozitenin etkisi vardır. Viskozitesi $1.00 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ [23] olan su ile viskozitesi $1.52 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ [23] olan etanolun enjeksiyon performansının aynı çıkmasına karşın viskozitesi $78.90 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ [24] olan yağın enjeksiyon performansı daha düşüktür (Şekil 5.5). Buna göre viskozitenin yani akışkanlarının kayma gerilmelerine karşı gösterdiği direncin fazla olması enjeksiyon performansını düşürmüştür.

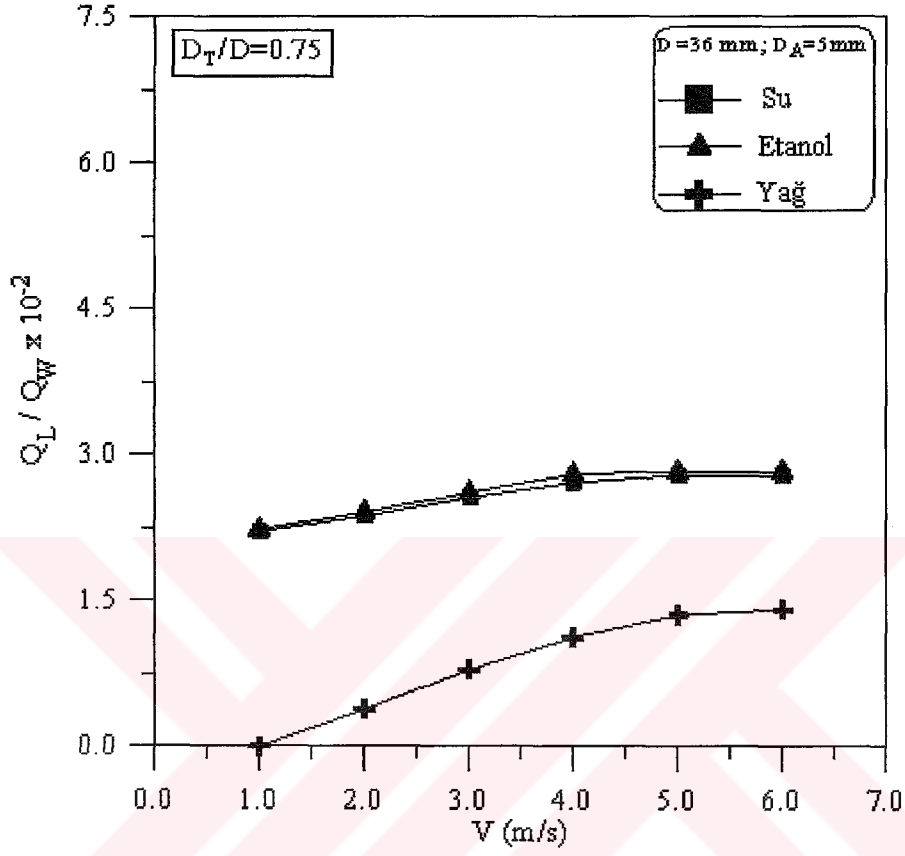
Daralma oranı $D_T/D=0.5$ olan venturide 2 m/sn'lik hızda en iyi enjeksiyon performansı görülmüş daha yüksek hızlarda performans düşmüş, hatta 5 m/sn'lik hızda viskozite nedeni ile meydana gelen performans farkı azalmıştır.



Şekil 5.5. Daralma oranı $D_T/D=0.5$ çapı 36 mm ve 5.00 mm'lik emme borusu kullanılan venturilerde farklı viskozitedeki sıvıların enjeksiyon verimi

Daralma oranı $D_T/D=0.75$ olan venturi kullanılarak yaptığımız deneylerde ise farklı yoğunluk ve viskozitedeki su, yağ ve etanolun enjeksiyon performansları şekil 5.6'da görüldüğü gibi olmuştur. Daralma oranı $D_T/D=0.5$ olan venturide su ve etanolun enjeksiyon performansı aynı iken daralma oranı $D_T/D=0.75$ olan venturide etanolun enjeksiyon verimi suya göre biraz daha iyi çıkmıştır. Yağda ise performans, su ve etanola göre düşüktür. Yine bunun etkisi akışkanların viskozitelerindeki farktan dolayıdır. Daha viskoz olan yağ, daha az viskoz olan su ve alkole göre vakum tesirine daha fazla direnç göstermekte ve enjeksiyon performansı düşmektedir.

$D_t/D=0.75$ olan venturide hızın etkisi ile enjeksiyon performansında çok az artış görülmektedir. En iyi performansı en yüksek hızda alınmıştır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Daralma oranı $D_t/D=0.75$ çapı 36 mm ve 5.00 mm'lik emme borusu kullanılan venturilerde farklı viskozitedeki sıvıların enjeksiyon verimi

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Venturi aygıtının çeşitli değişkenler için sıvı enjeksiyon verimi bu çalışmada deneysel olarak incelenmiştir. Bu deneyler sonucunda venturilerle yapılan sıvı enjeksiyon verimini; venturinin boğaz bölgesindeki daralma, venturi mansabındaki boru uzunluğu, venturi boru çapı, emme borusu çapı, akışkanın hızı ve akışkana enjekte edilen sıvının viskozitesin etkilediği görülmüştür. Bu çalışmada bu etkiler altında elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

Venturi boru çapındaki değişim enjeksiyon performansını oldukça etkilemiş, boru çapı daraldıkça sıvı enjeksiyonunda en iyi performans sağlanmıştır. Bunun nedeni ise, daralan boru çapı nedeni ile akışkan hızı artmakta bunun neticesinde de daha iyi bir vakumlama elde edilmektedir.

Belirli hızlarda daralma oranı $D_1/D=0.5$ olan venturilerde sıvı enjeksiyon performansının, daralma oranı $D_1/D=0.75$ olan venturilere göre daha iyi olduğu görülmüştür. $D_1/D=0.5$ daralma oranına sahip venturilerde belli bir hız değerinde sıvı enjeksiyon verimi maksimuma ulaşmış daha sonra hız artışı ile enjeksiyon veriminin düştüğü görülmüştür. Yüksek hızlarda enjeksiyon verimi iyice düşmektedir.

Daralma oranı $D_1/D=0.75$ olan venturilerde ise, akışkan hızının artışı sıvı enjeksiyon performansını artırmıştır. Hatta yüksek hızlarda daha iyi performans sağladığı görülmüştür.

Sıvı enjektesinde kullanılan boru çapının artması da enjeksiyon performansını artırmıştır. Performansı etkilenen önemli faktörlerden biri olduğu görülmüştür.

Venturilerle akışkana enjekte edilecek sıvının viskozitesinin enjeksiyon verimini etkilediği görülmüştür. Daha viskoz olan sıvıların enjeksiyon verimini düşürdüğü görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Baylar, A., "An Investigation on the Use of Venturi Weirs as an Aerator", Water Quality Research Journal of Canada, 38 (4), 753-767, 2003.
2. Baylar, A., and EMİROGLU, M., E., "Air Entrainment and Oxygen Transfer in a Venturi", Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water & Maritime Engineering, 156 (WM3), 249-255, 2003.
3. Emiroglu, M., E., and Baylar, A., "Study of the Influence of Air Holes along Length of Convergent-Divergent Passage of a Venturi Device on Aeration", Journal of Hydraulic Research, 41 (5), 513-520, 2003.
4. Baylar, A., Özkan, F., and Öztürk, M., "Influence of Venturi Cone Angles on Jet Aeration Systems", Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management, 158 (WM1), 9-16, 2005.
5. Özkan, F., Öztürk, M., and Baylar, A., "Experimental Investigations of Air and Liquid Injection by Venturi Tubes", Water and Environment Journal, Accepted for publication, 2005.
6. Bağatur, T., and Baylar, A., "Venturi Aygıtının Çok Amaçlı Kullanılması," I. Türkiye Su Kongresi, İstanbul, 431-438, 2001.
7. Özkan, F., 2005, "Basıncılı Su Borularında Hava İletimi ve Oksijen Transferinin İncelenmesi," Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitim Anabilim Dalı, 64 s.
8. Taner, N., 1966, "Hidrolik," Cilt I, Akışkanların Statik Kinematik ve Dinamiği Basıncılı Borularda Hareketler, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası Gümüşsuyu, 1978-199.
9. Water Resources Research Laboratory, 2001, "Application of Energy Principle to Tube Type Flowmeters," Water Measurement Manual, A Water Resources Technical Publication, Chapter 2, United States Department of the Interior Bureau of Reclamation, United States Department of Agriculture.
10. Wshington, R., and Donaldsan, T., 2002, "A New Twist to an Old Technology," Chlorination / DeChlorination Procedures, Measurement Technologies, Inc., Vancouver, BC., Calgary, AB., Edmonton, AB, 1-45.

11. Hiller, J., Ferrell, M., and Lewis, A., M., 1995, "Chemigation Equipment and Calibration Procedures," Cooperative Extension Service, Department of Rangeland Ecology and Watershed Management College of Agriculture, University of Wyoming.
12. Haman, D.Z., G.A. Clark and F.S. Zazueta., 1994, "Chemical Injection Methods for Irrigation," Part of Circular 864., Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural sciences., University of Florida, 1-8.
13. Ross, D., S., 1990, "Chemical Proportioners for Irrigation Systems," Facts 179., Maryland Cooperative Extension, Department of Biological Resources Engineering, University of Maryland, College Park, 1-11.
14. Baylar, A., 2002, "Savak Havalandırıcılarda Tip Seçiminin Oksijen Transferine Etkisinin İncelenmesi," Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 85 s.
15. An Esru Consultancy Case Study, "Natural Ventilation," Navan Credit Union Headquarters Dublin, Ireland, <http://www.google.com>, http://www.esru.strath.ac.uk/Consultancy/Ex4_navan/navan.htm.
16. Kraft, B., A., "Improved Venturi Device," Patent for Sale, Licensing, Manufacturing and Investors, <http://www.google.com>, <http://www.invention.net/kraft.htm>.
17. Neidner, J., "How It Works," Windworker, <http://www.google.com>, <http://www.ihomeline.com/repairtalk/windworker>, 1999.
18. Tantucci, C., Duguet, A., Giampiccolo, P., Similowski, T., Zelter, M., and Derenne, J., P., 2002, "The Best Peak Expiratory Flow Is Flow-Limited and Effort-Independent in Normal Subjects," Clinica di Medicina Interna, Università di Brescia, Brescia, Italy; Laboratoire de Physio-Pathologie Respiratoire et Service de Explorations Fonctionnelles, Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière, University of Paris VI, Paris, France; and Divisione di Pneumologia, Azienda Ospedaliera di Imola, Bologna, Italy, 1304-1308.
19. Jones, M., H., Davis, S., D., Grant, D., Christoph, K., Kisling, J., and Tepper, R., S., 1999, "Forced Expiratory Maneuvers in Very Young Children," Assessment of Flow Limitation, Department of Pediatrics, Indiana University Medical Center, James Whitcomb Riley Hospital for Children, Indianapolis, Indiana, 791-795.
20. Poh, J., and Brimacombe, J., "A comparison of the t-piece, venturi T-piece and T-bag for emergence with the laryngeal mask," Find PubMed Related Articles, University of Queensland, Cairns Base Hospital, Cairns, Queensland.

21. Strachan, L., and Noble, D., W., 2001, "Hypoxia and surgical patients – prevention and treatment of an unnecessary cause of morbidity and mortality," Education Section, Department of Anaesthetics, Intensive Care and Hyperbaric Medicine, Aberdeen Royal Infirmary, Foresterhill, Aberdeen, UK, 297-302.

22. Cyberlaboratory, What is density?, Concentration of Ethanol in Water, <http://www.cyberlaboratory.com/library/basicsofdensity/whatisdensity.htm>.

23. Efunfa Engineering Fundamentals, Common Materials, Liquids, Ethanol, <http://www.google.com>, http://www.efunda.com/materials/common_matl.

24. The University of Malawi Chancellor College, "Measurement of Physical and Chemical Properties", Chancellor College Biodiesel Research-Biodiesel Properties, <http://www.google.com>, <http://www.chanco.unima.mw/physics/biodieselanaly.html>.



ÖZGEÇMİŞ

1978 Sivas'ın Kangal ilçesinde doğdum. İlk ve orta eğitimimi Kangal'da lise eğitimimi ise Sivas Kongre Lisesinde tamamladım. 2002 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldum. 2003 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladım.

