



**Makale
(Article)**

Klima Santralleri için Tasarlan bir V-Profil Delikli Difüzörlü Boş Hücredeki Hava Akışının Sayısal Olarak İncelenmesi

Hüseyin Emre ŞAHİN*, **Muhammed Safa KAMER***, **Ekrem TAÇGÜN****, **Ahmet ERDOĞAN****,
Kerim SÖNMEZ*, **Ahmet KAYA***, **İ. Gökhan AKSOY****, **Suat CANBAZOĞLU****

*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş/TÜRKİYE
**İnönü Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Malatya/TÜRKİYE

msafakamer@ksu.edu.tr , msafakamer@hotmail.com

Özet

Klima santrallerinde kullanılan fanların çıkış ağızlarının kesit alanı, fandan sonra gelen ısıtma/soğutma bataryaları, susturucu, filtre, karışım odası veya ısı geri kazanım vb. hücrelerin kesit alanından küçüktür. Klima santralının verimli bir şekilde çalışabilmesi için, fanın üflediği havanın bir sonraki hücreye mümkün olan en düşük basınç düşüşü ve homojen hız dağılımı ile yayılması gerekir. Küçük bir kesit alanından çıkan havayı daha büyük bir kesit alanına yaymak için delikli difüzörlü boş hücreler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, V-profilli delikli difüzörlü boş hücre kullanılmıştır. Bu durumda havanın boş hücreden sonraki üniteye yayılma durumu ve delikli difüzörlü boş hücrenin sebep olduğu basınç düşüşü farklı tepe açıları, delik geometrisi ve gözeneklilik için sayısal olarak araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Klima Santrali, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), Fan, Delikli Difüzör, Basınç Düşümü.

A Numerical Investigation of Air Flow in an Empty Chamber With Perforated V-Profile Diffuser Designed For Air Handling Units

Abstract

Cross-sectional area of air existing of fans used in air handling units is smaller than cross-sectional area of chambers which are located next to the fan such as heating/cooling coils, silencer (muffler), filter or heat recovery elements. To make the air handling unit work efficiently, it is required that the air is blown through fan diffuses with as low as possible pressure loss and homogen velocity distribution. Empty chambers with perforated V-profile diffuser is used to diffuse from small cross-sectional area to large cross sectional area. In this study, an empty chamber with perforated diffuser whose geometry is square based truncated pyramid is used. In this case, it is numerically investigated that both diffusion of air to the next unit and pressure loss caused by empty chamber with perforated V-profile diffuser for different peakangle, hole geometry and porosity.

Keywords : Air Handling Unit, Computational Fluid Dynamic (CFD), Fan, Perforated Diffuser, Pressure Drop.

1. GİRİŞ

Klima santrallerinde emiş ve/veya üfleme fanlarının çıkış ağızlarındaki hava akış hızları 8-15 m/s mertebelerinde ve akışın hız dağılımı tam gelişmiş türbülanslı akıştaki hız dağılımından farklıdır [1]. Bu sebeple, fandan sonra arada yeterli uzunlukta bir santral bölümü veya delikli difüzörlü bir boş hücre kullanılmalıdır. Aksi durumda; havanın fan hücresinden sonra yer alan ısıtma/soğutma bataryaları,

Bu makaleye atf yapmak için

Şahin H.E., Kamer M.S.*, Taçgün E.**, Erdoğan A.**, Sönmez K.*, Kaya A.*, Aksoy İ.G.**, Canbazoglu S.**, "Klima Santralleri için Tasarlan bir V-Profil Delikli Difüzörlü Boş Hücredeki Hava Akışının Sayısal Olarak İncelenmesi" Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi 2015, 12(4) 71-83*

How to cite this article

Sahin H.E., Kamer M.S.*, Taçgun E.**, Erdogan A.**, Sonmez K.*, Kaya A.*, Aksoy I.G.**, Canbazoglu S.**, "A Numerical Investigation of Air Flow in an Empty Chamber With Perforated V-Profile Diffuser Designed For Air Handling Units" Electronic Journal of Machine Technologies, 2015, 12(4) 71-83*

susturucu, filtre, karışım odası veya ısı geri kazanım vb. hücre yüzeylerinin ancak belirli bir kısmı ile teması söz konusu olmaktadır. Bu durum santrallerin çalışma verimlerini önemli ölçüde düşürmektedir. Çalışma verimini istenen seviyede tutabilmek için fan üfleme ağzından sonra hava dağılımını kolaylaştıran perfore (delikli) sacdan yapılmış bir delikli difüzörün de içinde bulunduğu fan çark çapının yaklaşık 0.8-1.5 katı uzunlukta boş hücreler kullanılmaktadır [2]. Delikli difüzörlü bir boş hücre kullanımı halinde, yukarıda bahsedilen hücrelerin tüm yüzeylerinden havanın homojen bir şekilde geçirilerek çalışma verimlerinin artırılması ve buna bağlı olarak santral içi toplam basınç kaybının azaltılması mümkün olmaktadır [3,4]. Santral içi toplam basınç kaybının azaltılması ve havanın fan dan sonraki hücrelere olabildiğince homojen bir şekilde yayılması enerji verimliliği açısından oldukça önemli bir durumdur.

Literatür araştırmasında klima santralinde kullanılan kare kesitli kesik piramit şeklindeki bir delikli difüzörlü boş hücre için yapılan bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) çalışmasında iki farklı ebattaki geometriler için sayısal analiz çalışması yapılmış olup, hücre çıkışındaki hız dağılımları incelenmiştir [3,4].

Bayramgil ve ark. [5] yaptıkları çalışmada, bir iklimlendirme sistemi fanının çıkış kesitinde bulunan deliksiz difüzör içerisindeki akışı sayısal olarak incelemiştir. Difüzördeki akışın sayısal incelemesi için çeşitli difüzör açılarındaki cidar statik basınç dağılımlarını ölçmüşlerdir. Difüzör çıkışındaki akışın düzgün olmadığını, türbülans seviyesinin noktadan noktaya önemli ölçüde değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Literatürde akışı kontrol etmek amacıyla akış alanına yerleştirilen farklı geometrilerdeki birçok delikli sac plakadan kaynaklı; basınç düşüşü akış karakteristikleri sayısal ve deneysel olarak araştırılmıştır [6,7,8,9,10,11,12,13]. Bulut vd. [3] iklimlendirme sistemlerinde kullanılan klima santrallerinin veriminin artırılmasına yönelik hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) paket programı (Fluent) incelemeler yapmışlardır. Klima santrallerindeki mevcut hücre yapısını CFD analiz programı olan Fluent’de çözerek, çıkan sonuçları değerlendirip akışın yapısını bozan ve yüksek basınç düşümüne neden olan kısımlar tespit edilmiştir. Yiğit vd. [14] piyasada mevcut standart difüzörlerden (yayıcı) farklı olarak dağıtıcılık özelliği yüksek bir difüzörün tasarlanması amacıyla, çeşitli düşey kanat açısına sahip olan difüzörlerin ortamdaki hava dağıtıcılığını sayısal olarak incelemiştir. Oda içerisine yerleştirilen difüzörün çeşitli düşey kanat açılarındaki sayısal testlerini yaparak havanın ortamdaki dağılımını, hızını ve difüzörde ortaya çıkan basınç düşümlerini, ANSYS-Fluent paket programını kullanılarak belirlemiştir. Zhang vd. [15] dört farklı difüzör kullanarak (çeyrek daire delikli difüzör; ızgara difüzör; zemin delikli pano difüzör; ve swirl difüzör) bir ofisteki akışı Fluent paket programı ile modellemiştir. Abanto vd. [16] bilgisayar odasının akış analizi ve konfor koşullarını sayısal olarak belirlemiştir. Bilgisayar odası Solidworks yazılımıyla modellenmiş ve Fluent programında çözülmüştür. Odanın havalandırılması için dört-yollu difüzör kullanılmış ve kütleli debi girişi olarak tanımlanıp sayısal analizi yapılmıştır.

Bu çalışmada; öncelikle basınç düşümü açısından uygun difüzör delik geometrisi belirlenecektir. Bu amaçla silindirik, kare ve üçgen şekilli delikler V-profilli difüzör üzerine açılacak ve akış analizi ile basınç düşümü elde edilecektir. Basınç düşümü açısından uygun delik geometrisi belirlendikten sonra; V-profil delikli difüzör modeli üzerinde farklı tepe açıları için yine akış analizi ile basınç düşümleri elde edilecektir. Delik gözenekliliği ve delik dağılım şekli gibi farklı parametrelerin basınç düşümü ve hız dağılımları üzerine olan etkileri de araştırılacaktır.

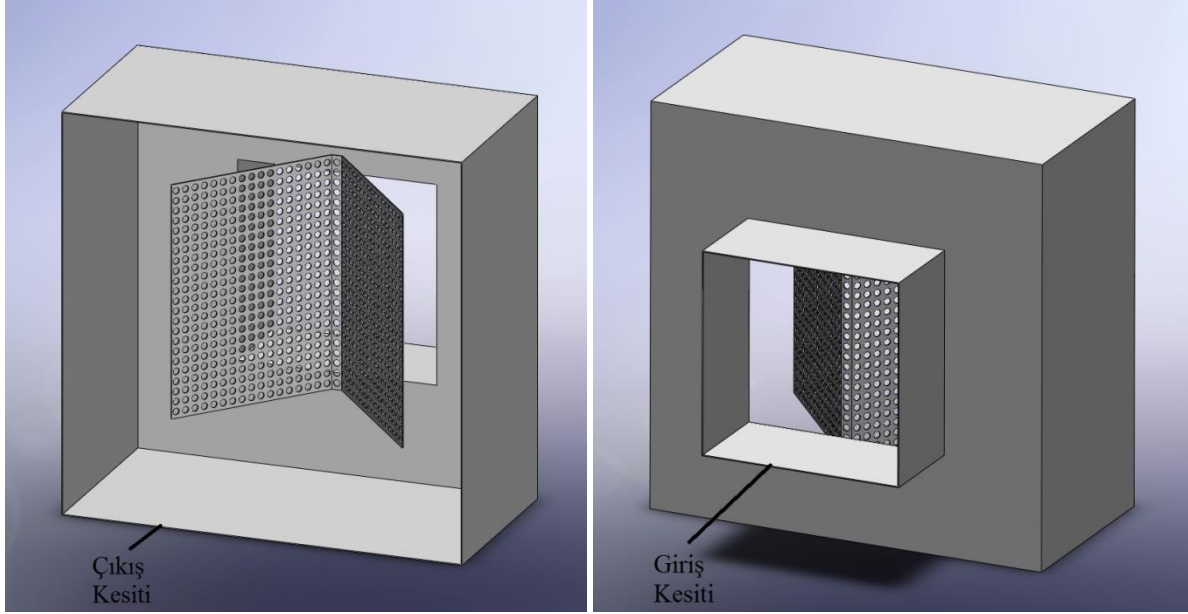
2. MATERYAL ve METOD

V profilli geometriye sahip delikli difüzörlü boş hücre için sayısal analizler ANSYS 14.0 programında gerçekleştirilmiştir. Analizler için üç farklı seviyeye sahip olan dört farklı parametre (porozite, giriş hızı, difüzör et kalınlığı ve koniklik açısı) belirlenmiştir. Bu parametrelerin ve seviyelerinin basınç düşüşüne

ve çıkış kesitindeki hız dağılımlarına olan etkileri incelenmiştir.

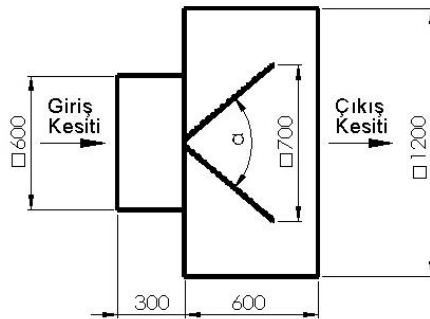
2.1 Delikli Difüzörlü Boş Hücre

Sayısal analizlerde kullanılan V-profilli geometriye sahip delikli difüzörlü boş hücre geometrisi Şekil-1’de verilmiştir.



Şekil 1. V-profilli delikli difüzörlü boş hücre.

Yapılan çalışmada boş hücre kesiti 1200x1200 mm, hücre derinliği 600 mm olarak alınmıştır. Boş hücreye havanın girdiği kesit 600x600 mm genişliğinde, 300 mm uzunluğundadır. Difüzörün tepe noktası, 600x600 mm’lik kesit alanından 1200x1200 mm’lik kesit alanına geçiş noktasına monte edilmiş ve difüzörün çıkış kesiti (700x700 mm) 1200x1200 mm ebatlarındaki boş hücre kesitine ortalanacak Şekilde tasarım yapılmıştır. Difüzör üzerindeki delikler daire (Ø20 mm), kare (18x18 mm) ve üçgen (27 mm kenar uzunluğuna sahip eşkenar üçgen) kesitli olacak Şekilde düz ve şaşırtmal olarak dizilmiştir. Delikli difüzörlü boş hücre için geometrik bilgiler Şekil-2’de verilmiştir. V-difüzör tepe açısı; α sembolü ile Şekil-2’de gösterilmiştir.



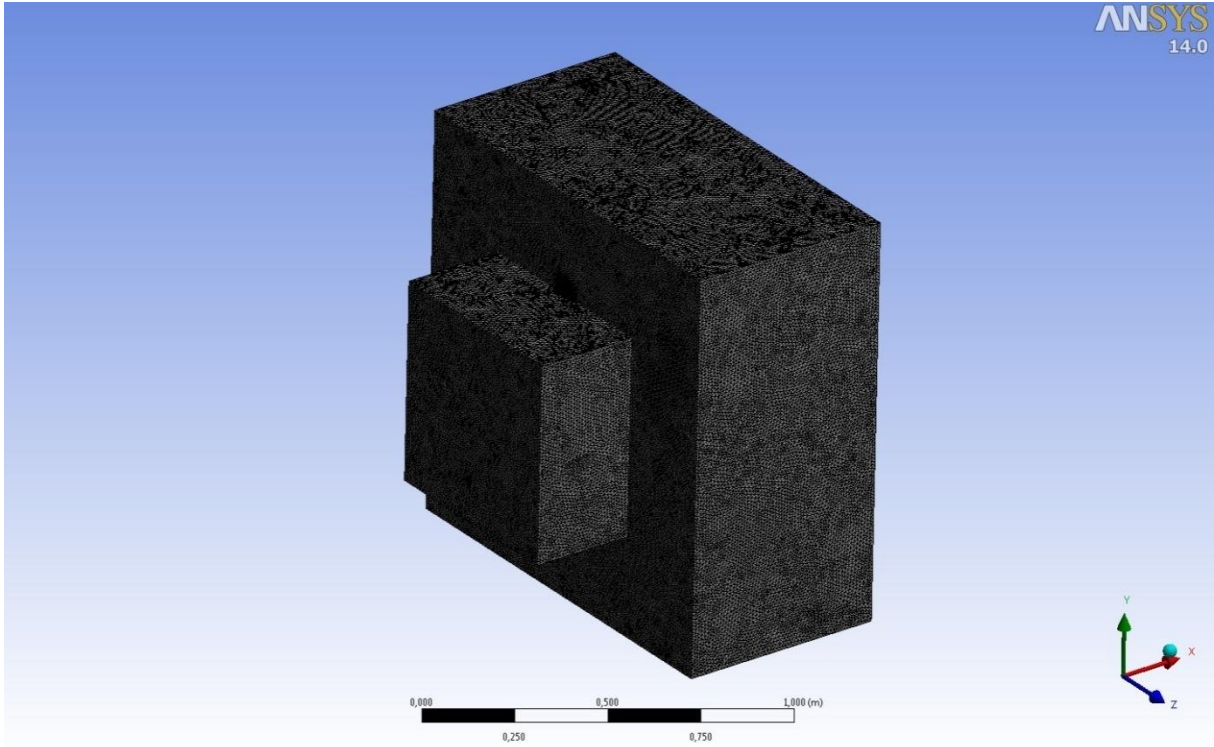
Şekil 2. Delikli difüzörlü boş hücrenin geometrik detayları.

2.2 Değişken Parametreler

Bu çalışmada difüzör delik geometrisi (kare, üçgen, dairesel), porozite ϵ , tepe açısı α ve delik geometri yapısı (şaşırtmalı veya düz) dört farklı parametre belirlenmiştir. V-profilli difüzör üzerine açılan delik geometrisi üçgen, kare ve silindir olarak belirlenmiştir. Porozite (açıklık oranı, perforasyon oranı); difüzörün yüzeylerindeki bütün deliklerin toplam alanının, deliklerin bulunduğu yüzeylerin toplam alanına oranı olarak tanımlanmaktadır.

2.3 Sayısal Modelleme

Yapılan sayısal çalışmada, oluşturulan geometrilerin akış analizleri ANSYS 14.0 programında gerçekleştirilmiştir. Havanın boş hücreye girdiği 600x600 mm ebatlarındaki kesit için 'velocity-inlet' (giriş hızı), havanın boş hücreyi terk ettiği 1200x1200 mm ebatlarındaki çıkış kesiti için 'pressure-outlet' (ıkış basıncı) ve diğer tüm yüzeyler için 'wall' (duvar) sınır şartı tanımlanmıştır. 'Pressure-outlet' sınır şartı verilen çıkış kesitindeki statik basınç 700 Pa, 'wall' sınır şartı verilen yüzeylerdeki cidar pürüzlülüğü 0.0032 mm olarak alınmıştır. Aę elemanı boyutu 0.01 m belirlenmiş, türbülans modeli olarak standart k- ϵ modeli seçilmiştir. ANSYS programının Fluent modülünde oluşturulan sayısal model şekil-3'de verilmiştir.



şekil 3. Sayısal analizde kullanılan aę yapısı.

3. ARAşTIRMA SONUÇLARI

ANSYS programında gerçekleştirilen analizler sonucunda, silindirik, kare ve üçgen delikli difüzör için elde edilen basınç düşümü Tablo 1'de verilmiştir. Sabit porozite (delik yapısı değiştiğinden porozitede bir miktar değişim olmuştur) koşullarında beş farklı tepe açısı çalışılmıştır. Farklı delik yapılarındaki difüzör analizlerinin tümünde tepe açısının artmasıyla, akışa olan direnç de arttığı için basınç düşümü artmıştır. En küçük tepe açılı V-profilde akışa gösterilen direnç azaldığı için en düşük basınç düşümüne sebep olmuştur. Difüzör delik tipi açısından incelendiğinde tepe açısının en küçük olduğu (60°) silindirik delikli

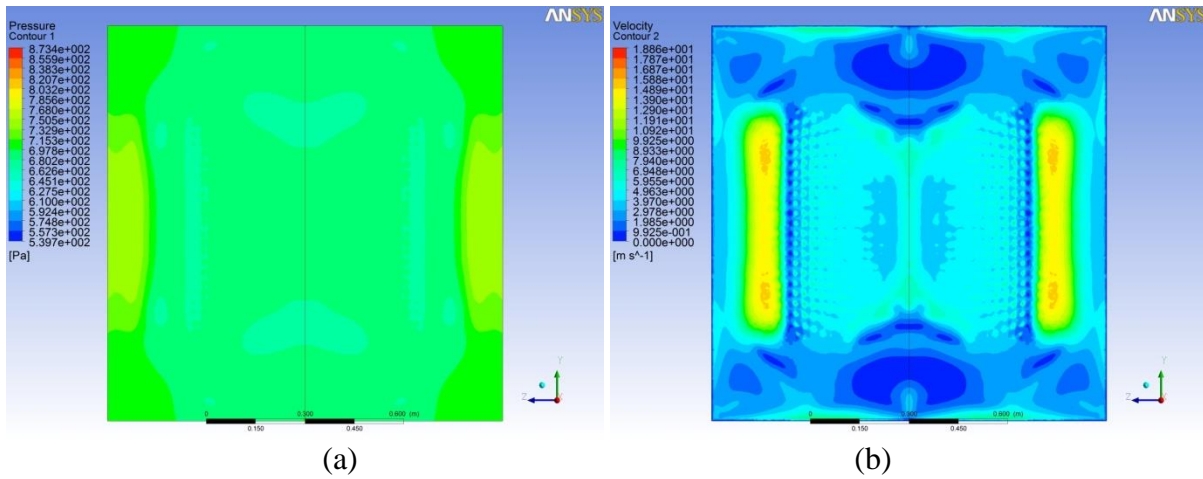
geometride basınç düşümü daha küçükken tepe açısının arttığı her durum için, kare delikli difüzör daha iyi sonuç vermiştir.

Tablo 1. Farklı delik geometrileriyle oluşturulan difüzör için farklı açılarda oluşan basınç kayıpları

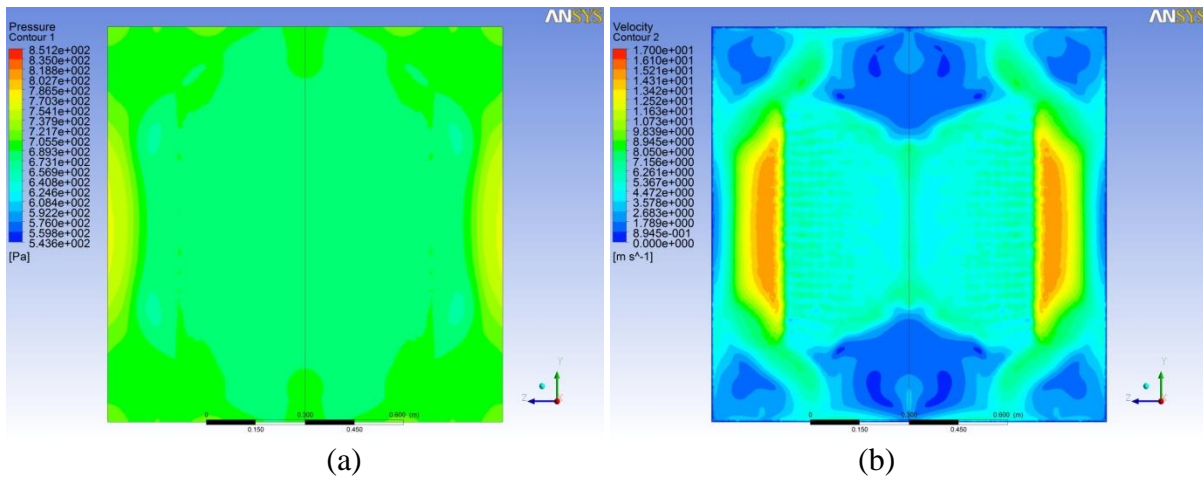
Açı, α	Silindir delikli, ΔP (Pa) ($\epsilon=0.34$)	Kare delikli, ΔP (Pa) ($\epsilon=0.35$)	Üçgen delikli, ΔP (Pa) ($\epsilon=0.34$)
60°	16.706	18.143	17.852
80°	28.564	28.347	29.658
100°	47.852	43.279	45.322
120°	75.498	66.500	71.075
140°	115.809	103.148	112.619

Tablo 1’de de görüldüğü gibi yüksek tepe açılarında kare delikli difüzör basınç düşümü açısından daha iyi sonuç vermiştir.

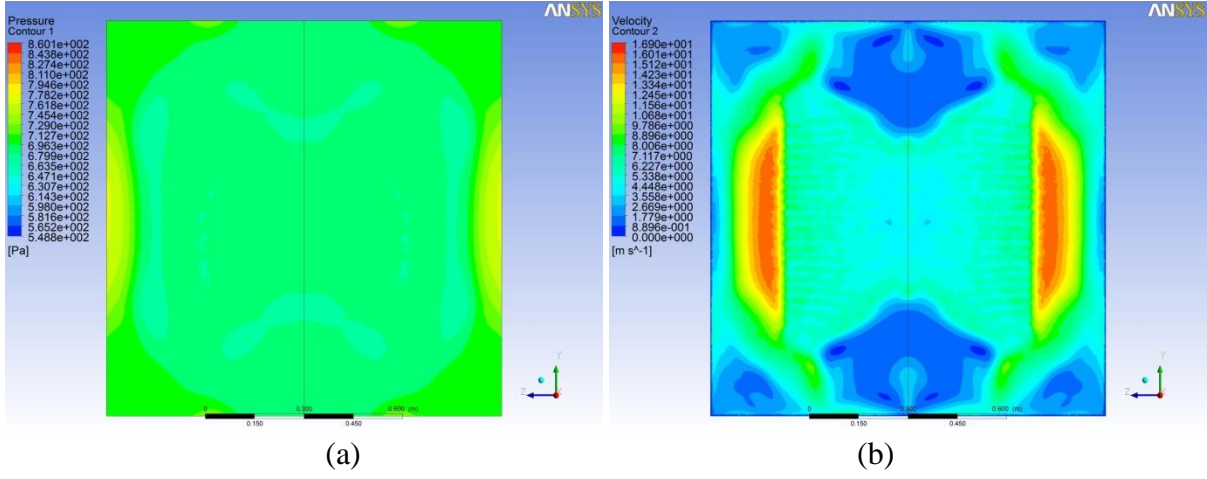
Şekil 4-5-6’da tepe açısı $\alpha=140^\circ$ olması durumunda, silindir, kare ve üçgen gözenekli V-profilli difüzör için elde edilen basınç ve hız dağılımı gösterilmiştir. Kare delikli difüzörde basınç dağılımının daha düzgün olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Silindir gözenekli 140° difüzör açıklığı için çıkıştaki basınç (a) ve hız dağılımı (b).

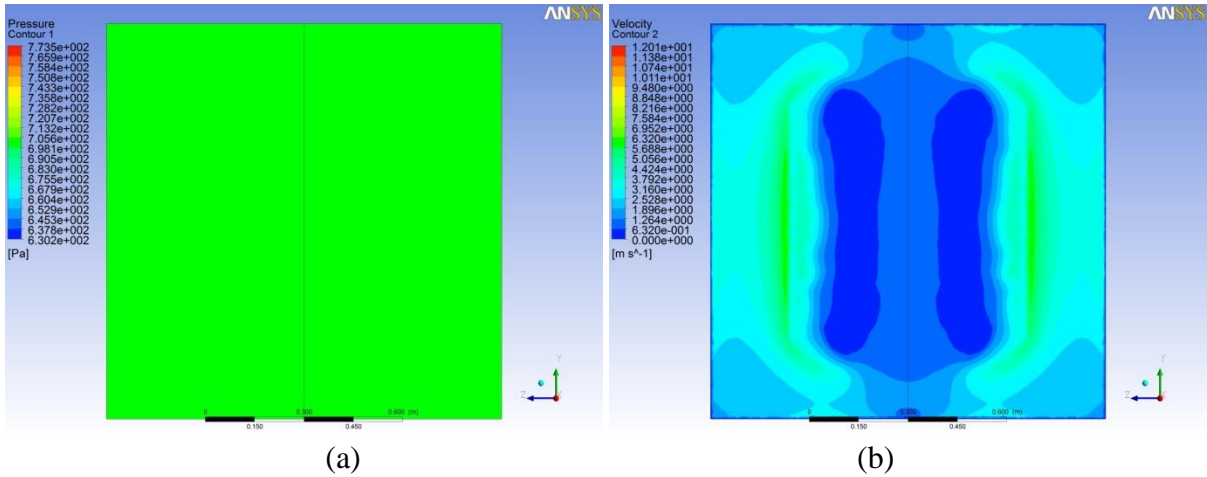


Şekil 5. Kare gözenekli 140° difüzör açıklığı için çıkıştaki basınç (a) ve hız dağılımı (b).

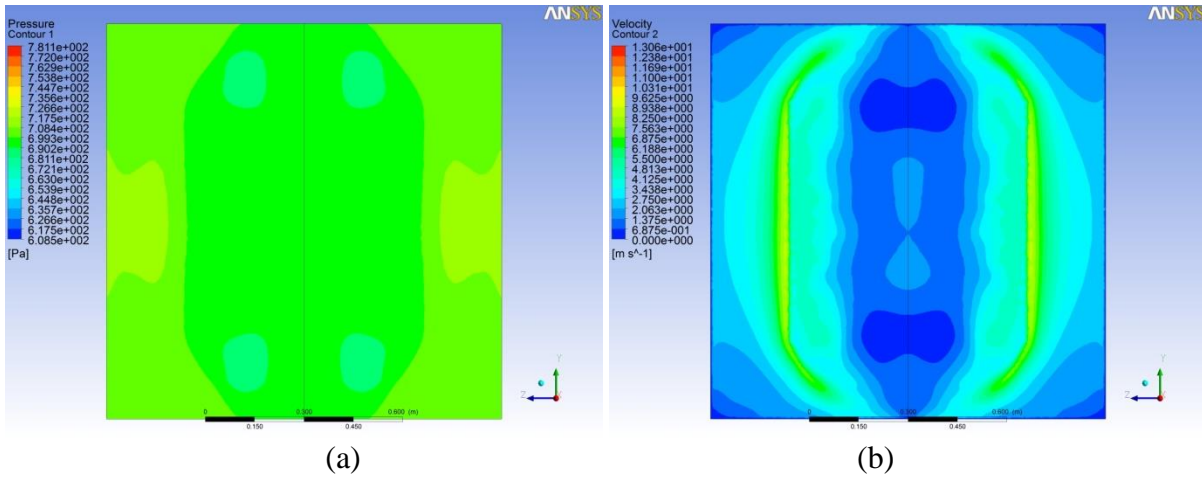


Şekil 6. Üçgen gözenekli 140° difüzör açıklığı için çıkıştaki basınç (a) ve hız dağılımı (b).

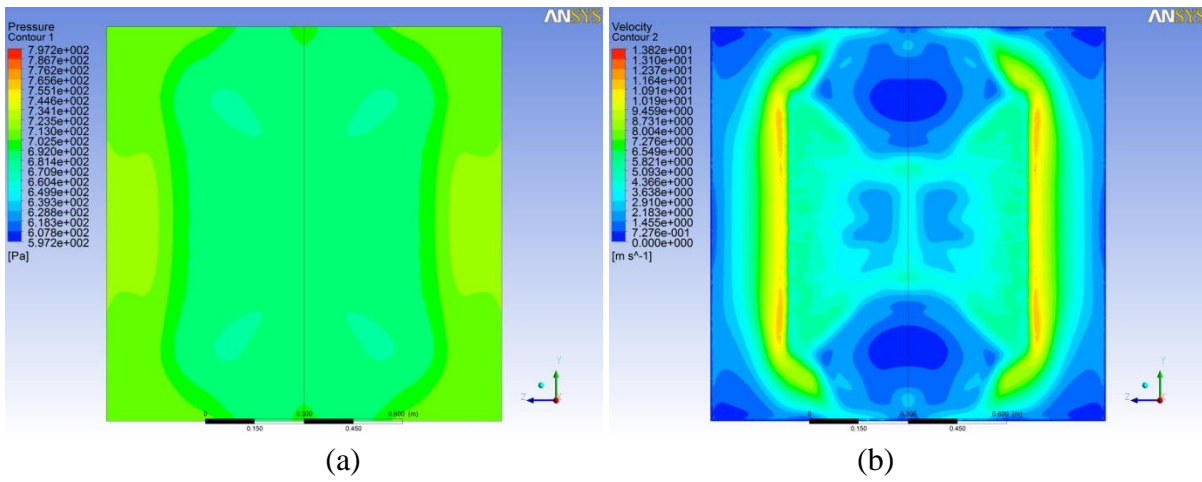
Kare delikli difüzörde farklı tepe açları için elde edilen akış analizleri Şekil 7-8-9-10-11'de gösterilmiştir. Kare delikli geometride porozite değeri $\epsilon=0.35$ 'de sabit tutularak yapılan analizde; hız ve basınç dağılımının tepe açısı $\alpha=140^\circ$ olduğu geometride daha düzgün olduğu belirlenmiştir (Şekil 11). Tepe açısının büyümesiyle, difüzör karşısındaki alanda basınç çalkantılarının arttığı ve en yüksek açıda bütünleştiği görölmektedir. Aynı şekilde hız dağılımı incelendiğinde düşük açılarda, hız dağılımının ortalarda çok düşük ve kenarlarda yüksek değerlerde olduğu görölmektedir. Açımın artmasıyla merkezde hız dağılımının büyüyerek $\alpha=140^\circ$ 'de tamamlandığı belirlenmiştir.



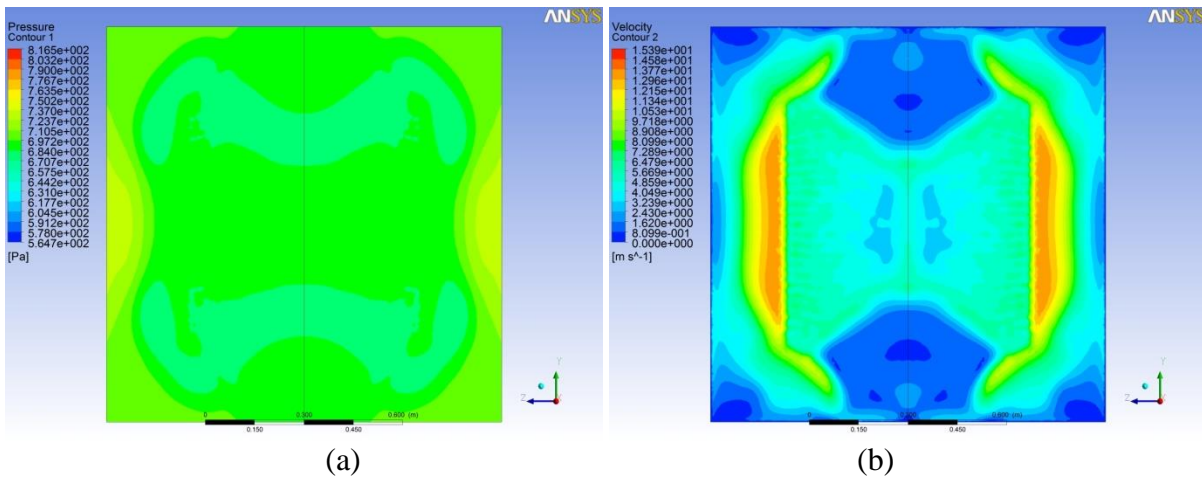
Şekil 7. $\alpha=60^\circ$ Difüzör açıklığı için çıkıştaki basınç (a) ve hız dağılımı (b).



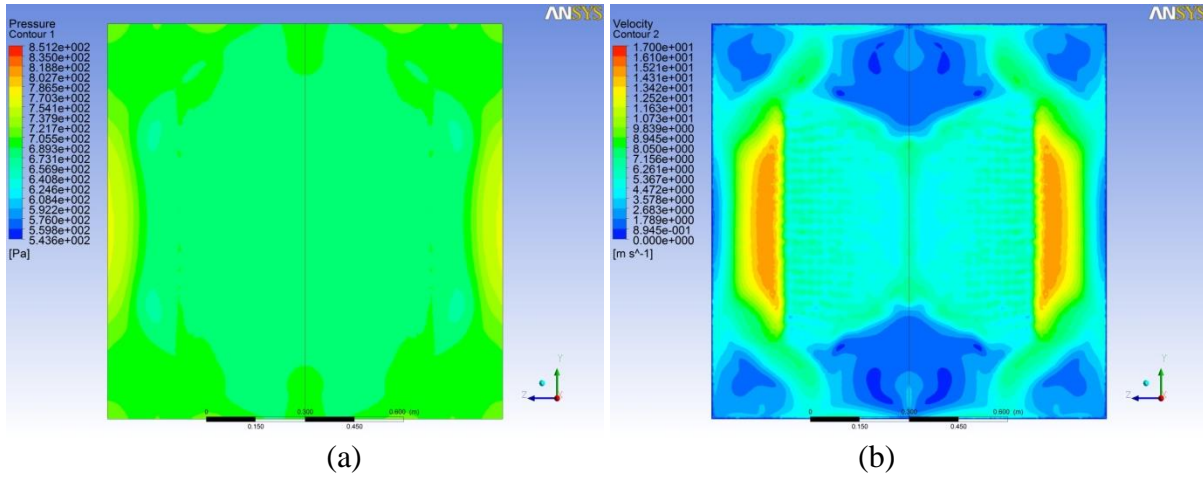
Şekil 8. $\alpha=80^\circ$ Difüzör açıklığı için çıkıştaki basınç (a) ve hız dağılımı (b).



Şekil 9. $\alpha=100^\circ$ Difüzör açıklığı için çıkıştaki basınç ve hız dağılımı.



Şekil 10. $\alpha=120^\circ$ Difüzör açıklığı için çıkıştaki basınç (a) ve hız dağılımı (b).



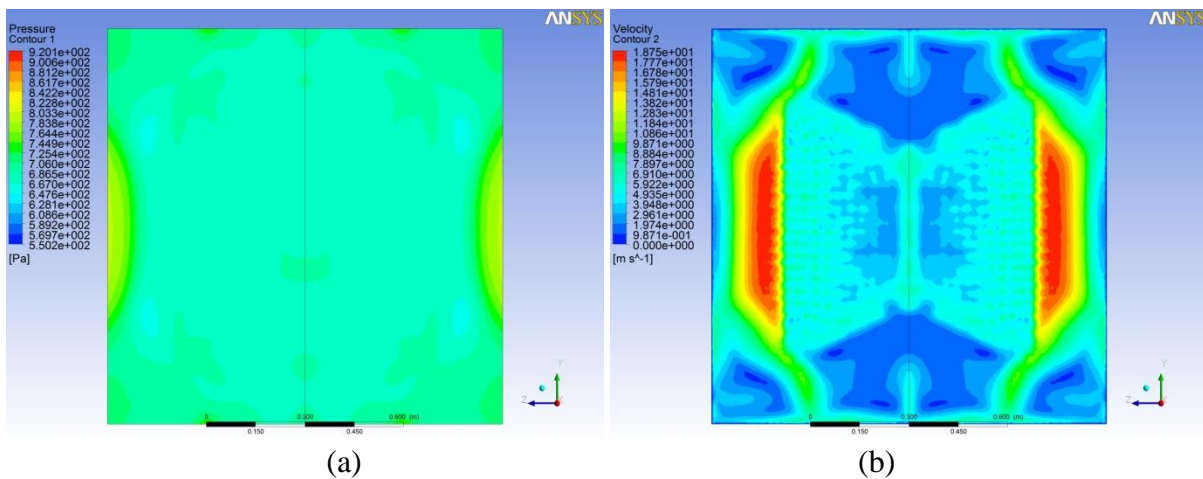
Şekil 11. $\alpha=140^\circ$ Difüzör açıklığı için çıkıştaki basınç (a) ve hız dağılımı (b).

Kare delikli difüzörde basınç dūřümü, farklı tepe açıları için daha iyi sonuç verdiğinden aynı tip delik geometrisi için porozite etkisi araştırılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Porozitenin artması, V-delikli difüzörden geçen akışkana daha az direnç gōsterecek ve bu da basınç dūřümünün azalmasına sebep olacaktır. Porozitenin artması, tüm V-delikli profil tepe açıları için basınç dūřümünün azalmasına sebep olmuştur. Porozitenin $\varepsilon=0.55$ olduğu durum her tepe açısı için en az basınç dūřümünün olduğu değer olmuştur.

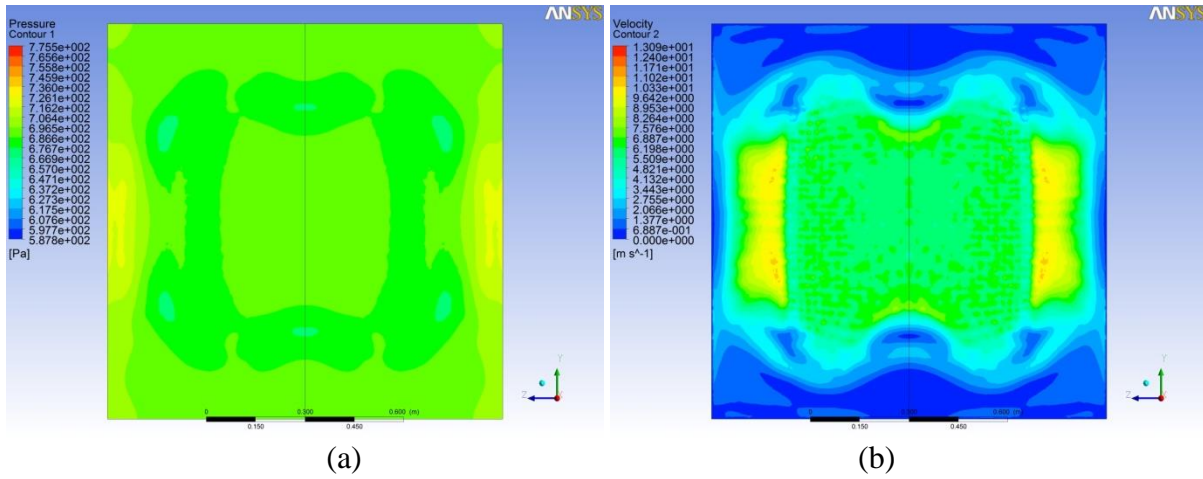
Tablo 2. Kare delikli difüzörde farklı gözeneklilik (porozite) değerleri için oluşan basınç kayıpları

Aı, α	ΔP (Pa) ($\varepsilon=0.26$)	ΔP (Pa) ($\varepsilon=0.35$)	ΔP (Pa) ($\varepsilon=0.55$)
60°	22.998	18.143	5.642
80°	37.684	28.347	9.981
100°	59.2	43.279	16.628
120°	98.666	66.500	26.02
140°	166.632	103.148	36.794

Şekil 12 ve Şekil 13 incelendiğinde porozitenin 0.55 olması halinde hız dağılımın daha homojen ve basınç dağılımının da daha düzgün halde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 12. $\alpha=140^\circ$ difüzör açıklığı için çıkıştaki basınç (a) ve hız dağılımı (b) ($\varepsilon=0.26$).

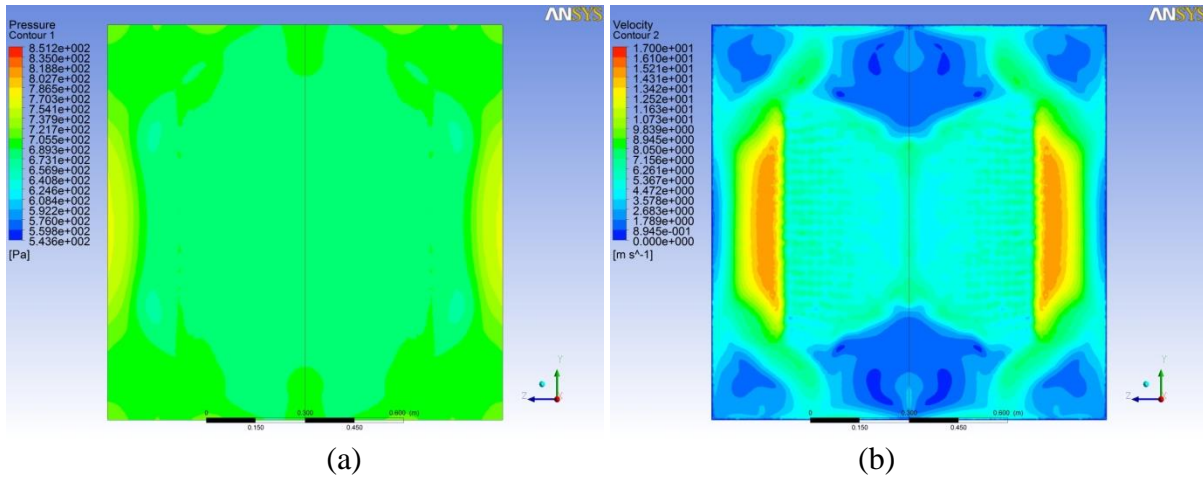


Şekil 13. $\alpha=140^\circ$ difüzör açıklığı çıkıştaki basınç (a) ve hız dağılımı (b) ($\epsilon=0.55$).

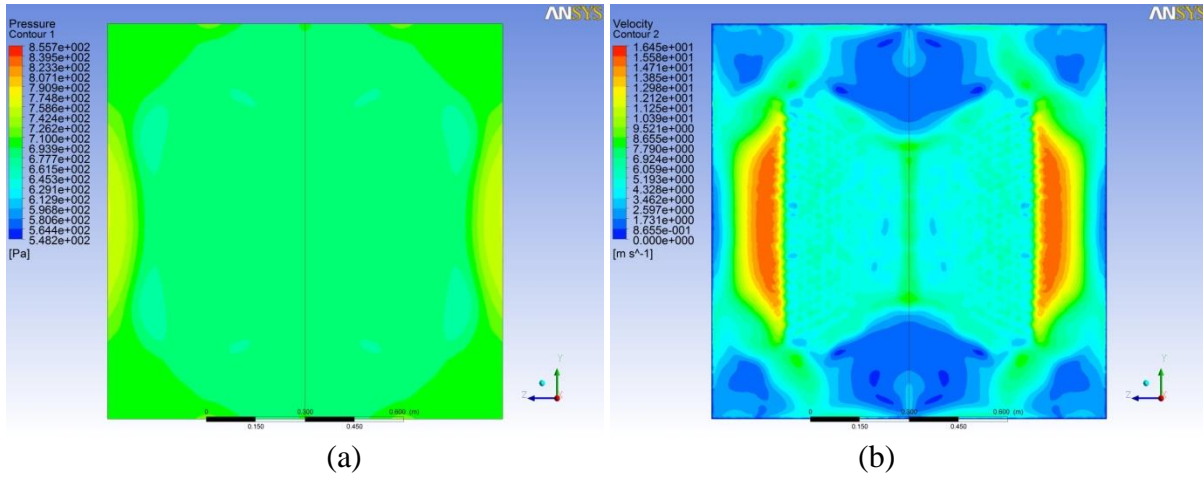
Difüzör üzerine açılan kare deliklerin düz dizilim halinde olması ya da şaşırtmalı olması durumunda basınç düşümünün ve basınç ile hız dağılımlarının değişimi belirlenmiş ve Tablo 3 ile Şekil 14-15'de verilmiştir. Basınç düşümünün her iki dizilim şeklinde de çok farklı olmadığı tespit edilmiştir. Ancak basınç ve hız çalkantılarının şaşırtmalı dizilim de daha belirgin olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3. Kare delikli difüzör düz ve şaşırtmalı dizilim için farklı açılarda oluşan basınç kayıpları

Açı, α	Düz dizilim, ΔP (Pa) ($\epsilon=0.35$)	Şaşırtmalı dizilim, ΔP (Pa) ($\epsilon=0.34$)
60°	18.143	17.876
80°	28.347	30.204
100°	43.279	44.996
120°	66.500	68.683
140°	103.148	108.104



Şekil 14. Kare delikli $\alpha=140^\circ$ difüzör açıklığı için çıkıştaki basınç (a) ve hız dağılımı(düz dizilim).



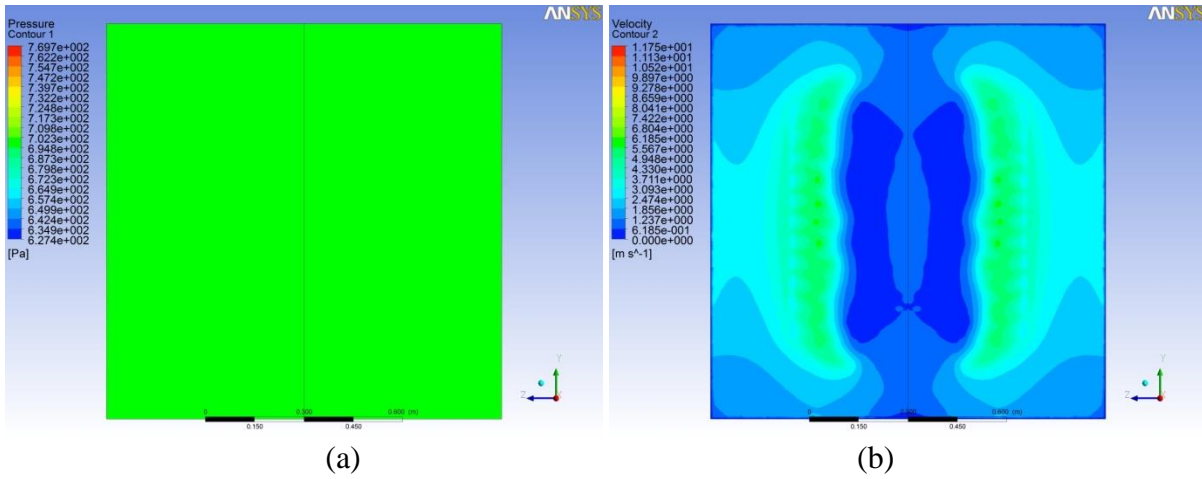
Şekil 15. Kare delikli $\alpha=140^\circ$ difüzör açılığında çıkıştaki basınç (a) ve hız dağılımı (b) (şaşırtmalı dizilim).

V-profil difüzöre açılan kare deliklerin akış yönüne doğru genişlemesi ile oluşan basınç düşümü de incelenmiş, basınç ve hız dağılımları elde edilmiştir. Genişlemeli delik açılması, deliklerin henüz genişlemediği yerlerde (akışa daha yakın olan yerler) akışa bir miktar direnç göstermiştir. Bu ise basınç düşümünü azaltmış ama sabit açılan deliklere göre kıyaslandığında bu azalma daha az olmuştur. Tablo 4’de sabit kare delikli ve yüksek gözenekli V-profil difüzörle akış yönüne genişleyen kare delikli difüzör arasında basınç düşümleri açısından bir karşılaştırma yapılmıştır. Genişlemenin olması her açı durumunda aynı porozite değerine ulaşılmasını engellediğinden, sadece $\alpha=60^\circ$ ’de yakın gözeneklilik değerlerine ulaşılmıştır. Sabit delikli difüzörde basınç düşümünün daha az olduğu görülmektedir.

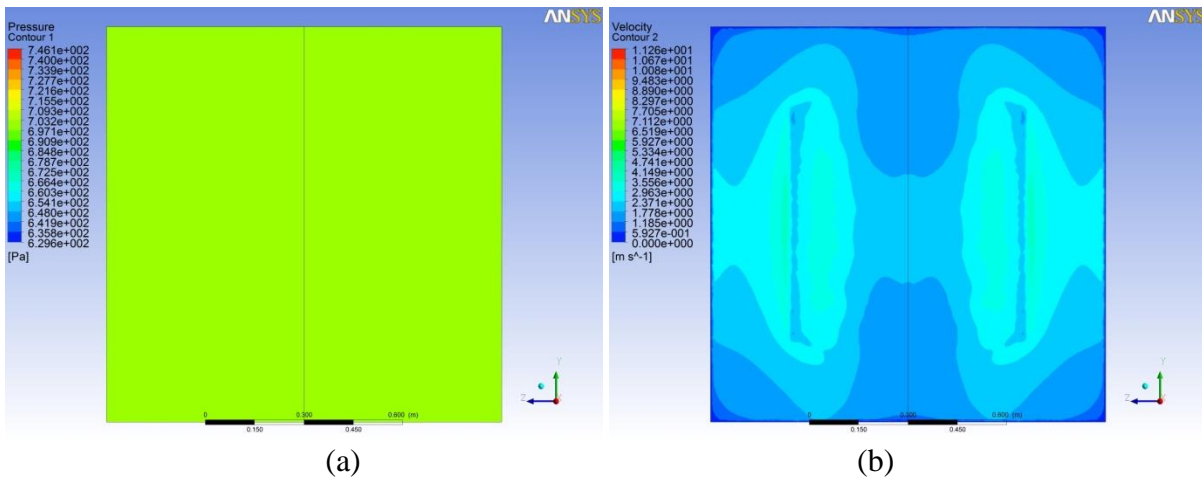
Tablo 4. Sabit kare delikli ve akış yönünde delik boyutu genişlemeli difüzör için farklı açılarda oluşan basınç kayıpları

Açı, α	Sabit kare delikli, ΔP (Pa) ($\epsilon=0.55$)	Genişleyen delikli, ΔP (Pa)
60°	5.642	15.496 ($\epsilon=0.52$)
80°	9.981	22.473 ($\epsilon=0.48$)
100°	16.628	32.580 ($\epsilon=0.47$)
120°	26.02	52.250 ($\epsilon=0.46$)
140°	36.794	83.578 ($\epsilon=0.43$)

Şekil 16 ve Şekil 17 incelendiğinde, akış yönüne doğru delik boyutu genişleyen difüzör çıkışında hem üst hem de alt kısımlarda hızların oldukça düşük, sabit delikli difüzörde ise hız dağılımının daha düzgün yapıda olduğu görülmektedir.



Şekil 16. Akış yönünde delik boyutu genişleyen difüzör çıkışında basınç (a) ve hız dağılımı (b) ($\alpha=60^\circ$, $\varepsilon=0.52$).



Şekil 17. Sabit kare delikli difüzör çıkışında basınç (a) ve hız dağılımı (b) ($\alpha=60^\circ$, $\varepsilon=0.55$).

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu çalışmada; V-profilli difüzörden olan akış ve basınç düşümüne, tepe açısının α (60° , 80° , 100° , 120° ve 140°), delik geometrisinin (silindirik, kare ve üçgen), gözenekliliğın ε (0.26, 0.35, 0.55), delik dizilim yapısının (düz ve şaşırtmalı) etkisi sayısal olarak incelenmiş ve aşağıda verilen sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Tepe açısının artmasıyla basınç düşümü artmıştır.
2. Analizi yapılan bütün tepe açılarında (60° hariç) kare delikli difüzörde basınç düşümünün daha az olduğu tespit edilmiştir.
3. Kare delikli difüzörde gözenekliliğın artmasıyla basınç düşümünün azaldığı belirlenmiştir.
4. V-profil üzerine açılan kare deliklerin düz veya saptırmalı olmasının basınç düşümü açısından çokta önemli olmadığı, düz olmasının çok az da olsa daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.
5. V-profil üzerine kare deliklerin sabit olarak açılması ve akış yönüne doğru delik boyutunun artırılması durumları da incelenmiştir. Basınç düşümünün sabit kare delikli profilde daha az olduğu tespit edilmiştir.

5. TEŐEKKÜR

Bu alışma; Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 114M748 numara ile desteklenen proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. SMACNA, 2006, "HVAC Systems Duct Design", Fourth Edition, Chapter 6, ISBN:978-1-61721-049-5, 392s
2. Bilge, M., 2010, "Klima Santralleri", ISKAV Teknik Kitaplar Dizisi, No: 01, Sayfa: 146, İstanbul
3. Bulut, S., Ünveren, M., Arısoy, A, Böke, Y. E., 2011, "CFD Analiz Yöntemiyle Klima Santrallerinde İ Kayıpların Azaltılması", T.M.M.O.B., X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 13/16 Nisan, Sayfa: 291-326, İzmir
4. Tanyol, İ., 2012, "Klima Santralında İ Dirençlerin Bilgisayar Destekli Akış Analizi Yöntemi ile İncelenerek Eneręi Tasarrufu Yapılması", I. Ulusal İklimlendirme Soğutma Eğitimi Sempozyumu, ağrılı Konuşma, 13/15 Eylül, Balıkesir
5. Bayramgil, V., Bayrak S., Yükselen M.A., Erim M.Z., 1998, "Experimental Investigation of a Diffuser for Cooling and Air Conditioning System", International Council of the Aeronautical Sciences and The American Institute of Aeronautics and Astronautics, 21. ICAS Congress, 13/18 Eylül, Melbourne, Avustralya
6. şahin, B., 1989, "Pressure Losses in an Isolated Perforated Plate and Jets Emerging from The Perforated Plate", International Journal of Mechanical Science, 31(1), pp. 51-61, doi: 10.1016/0020-7403(89)90118-5
7. şahin, B., Ward-Smith A.J., Lane D., 1995, "The Pressure Drop and Flow Characteristics of Wide-Angle Screened Diffusers of Large Area Ratio", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 58(1-2), pp. 33-50, doi: 10.1016/0167-6105(95)00018-M
8. şahin, B., Ward-Smith A.J., 1987, "The Use of Perforated Plates to Control The Flow Emerging from A Wide-Angle Diffuser with Application to Electrostatic Precipitator Design", Heat and Mass Transfer, 8(2), pp. 124-131, doi: 10.1016/0142-727X(87)90011-7
9. şahin, B., Ward-Smith A.J., 1993, "The Pressure Distribution in and Flow Characteristics of Wide-Angle Diffusers Using Perforated Plates for Flow Control with Application to Electrostatic Precipitators", International Journal of Mechanical Science, 35(2), pp. 117-127, doi: 10.1016/0020-7403(93)90070-B
10. şahin, B., Ward-Smith A.J., 1991, "Flow Control by Perforated Plates Using a Blanking Technique in Wide-Angle Diffusers Employed in Practical Electrostatic Precipitator Systems", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 37(3), pp. 269-284, doi:10.1016/0167-6105(91)90012-L
11. şahin, B., Ward-Smith A.J., 1990, "Effect of Perforated Plates on Wide-Angle Diffuser-Exit Velocity Profiles", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 34(2), pp. 113-125, doi:10.1016/0167-6105(90)90139-4
12. Guo, B.Y., Hou, Q.F., Yu, A.B., Li, L.F., Guo, J., 2013, "Numerical Modelling of The Gas Flow

- Through Perforated Plates”, *Chemical Engineering Research and Design*, 91(3), pp. 403-408, doi:10.1016/j.cherd.2012.10.004
13. Noui-Mehidi, M.N., Wu, J., Sutalo, I.D., Grainger, C., 2005, “Velocity Distribution Downstream of An Asymmetric Wide-Angle Diffuser”, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 29(6), pp. 649-657, doi:10.1016/j.expthermflusci.2004.10.002
14. Yiğit, Ş., Sungurlu, C., Çuhadaroğlu, B., 2013, “Hvac Sistemlerinde Kullanılabilecek Yeni Tip Bir Difüzör İçin Performans İncelemesi”, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan, İzmir
15. Zhang, T., Lee, K., Chen, Q., 2009, “A Simplified Approach to Describe Complex Diffusers in Displacement Ventilation for CFD Simulations,” *Indoor Air*, 19(3), pp. 255-267, doi: 10.1111/j.1600-0668.2009.00590.x
16. Abantoa, J., Barreroa, D., Reggiaa, M., Ozella, B., 2004, “Airflow Modelling in a Computer Room”, *Building and Environment*, 39(12), pp. 1393 – 1402, doi:10.1016/j.buildenv.2004.03.011