

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ LİSANS TEZİ YAZIM KILAVUZU

BİRİNCİ BÖLÜM

Amaç

Bu kılavuzun amacı; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde öğrenim gören öğrencilerin Lisans Tezlerinin yazımında uyumu sağlamaktır.

Kapsam

Bu kılavuz; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde yazılacak olan Lisans Tezlerinin yazımında uyulması gereken ilke ve kuralları kapsamaktadır.

Dayanak

Bu yönerge 2547 sayılı Yükseköğretim Kanununa ve Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğine dayanılarak hazırlanmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

Tez Yazım Planı

Tez, 1. Özel Sayfalar, 2. Tez Metni, 3. Kaynaklar, 4. Ekler ve 5. Özgeçmiş olarak adlandırılan beş ana kısımdan oluşur. Bu plan çerçevesinde tez sayfalarının dizilimi aşağıdaki gibi olmaktadır:

- Tez cildi ön kapağı (Dış kapak),
- İç kapak sayfası,
- Onay sayfası,
- Tez bildirim sayfası,
- Özet sayfası,
- Teşekkür sayfası,
- İçindekiler sayfası,
- Şekiller dizini sayfası,
- Simgeler ve kısaltmalar dizini sayfası,
- Tez metni sayfaları,
- Kaynaklar sayfaları,
- Ekler sayfaları (varsa),
- Özgeçmiş sayfası,
- Tez cildi arka kapağı

Şeklinde olmalıdır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**Tez İçeriğinin Düzenlenmesi****a) Dış ve iç kapak sayfaları:**

Dış kapak sayfası tezin karton cilt ön kapağıdır. Bu sayfanın tümü Times New Roman yazı karakterinde koyu olarak büyük harflerle yazılmalıdır. Sayfanın üst kenar boşluğunu (2,5 cm) takiben Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi'nin amblemi ve yan tarafında Üniversite ve Bölümün adını (14 punto büyüklüğünde ve 1,5 satır aralığında) içeren bir tablo bulunur. 90 punto boşluktan sonra Tezin adı 18 punto ile yazılmalıdır (tezin adı birden fazla satırda yer alıyorsa 1,5 satır aralığı kullanılmalıdır). Tezi yazanın adı (18 punto) öncesindeki ve sonrasındaki ibarelerin ortasında yer alacak biçimde yerleştirilmelidir. Tezin Lisans Tezi olduğu 16 punto ile takip eden satırlarda belirtilmelidir. 60 puntoluk bir boşluktan sonra tezin yazıldığı ili ve yılı (14 punto) belirten bir tablo bulunur. Bu tablo sayfa yazım alanının altına (sayfa kenarından uzaklığı 15 mm) dayalı olmalıdır. Tez savunmasından sonra teslim edilecek tezlerde, sayfanın en üstünde ve en altında bulunan tabloların taban renkleri KYM(189;84;254) olmalıdır.

İç kapak sayfasının sayfa kenar boşlukları; Bu sayfanın tümü Times New Roman yazı karakterinde koyu ve ortalı olarak 1,5 satır aralığında yazılmalıdır. Sayfanın başında Üniversitenin ve Bölümün adı büyük harflerle 14 punto büyüklüğünde yer alır. Tezi yazanın adı (18 punto) öncesindeki ve sonrasındaki ibarelerin ortasında yer alacak biçimde yerleştirilmelidir. Bunu takiben altına;

Bu tez, LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

örneğine uygun olarak 14 punto ile 1,5 satır aralığında yazılır. Bu metnin altında 102 punto boşluk bırakıldıktan sonra tezin hazırlandığı il ve yıl bir satırda 14 punto ve büyük harflerle yazılır. Son yazılan satır sayfanın yazım alanının alt sınırında olacak şekilde ayarlanmalıdır.

b) Özet

Tez çalışmasının amacı, kapsamı, kullanılan yöntem(ler) ve varılan sonuç(lar) kısaca özet kısmında yer alır.

c) Teşekkür sayfası:

1) Teşekkür edilen kişilerin ünvanı (varsa), adı, soyadı, görevli olduğu kuruluş ve çalışmaya katkısı kısa ve öz olarak belirtilmelidir. Teşekkür sayfasının hazırlanmasında tez metninin yazıldığı yazı karakteri ve büyüklüğü ve 1,5 satır aralığı kullanılmalıdır. Bu bölümün toplam uzunluğunun bir sayfayı geçmemesi için özen gösterilmelidir. Bu sayfanın başlığı olarak **“TEŞEKKÜR”** koyu ve ortalı olarak yazılmalıdır.

d) İçindekiler sayfası:

1) Sayfanın tamamı tek aralıkla yazılmalı, bölümler arasında 12 punto boşluk bırakılmalıdır. Bu sayfada, her başlığın hizasına, sadece yer aldığı ilk sayfanın numarası yazılmalıdır.

e) Şekiller dizini sayfası

Numaralandırılmış şekillerin listesi sırası ile bu sayfada verilmelidir. Tez metni içindeki şekil başlığının tümüyle aynısı yazılmalıdır. Sayfanın tamamı tek satır aralığında yazılmalı, bir şekilden diğerine geçerken 12 punto boşluk bırakılmalıdır.

f) Çizelgeler dizini sayfası

Numaralandırılmış çizelgelerin listesi sırası ile bu sayfada verilmelidir. Tez metni içindeki çizelge başlığının tümüyle aynısı yazılmalıdır. Sayfanın tamamı tek satır aralığında yazılmalı, bir çizelgeden diğerine geçerken 12 punto boşluk bırakılmalıdır.

g) Simgeler ve kısaltmalar dizini sayfası

Dizinde kullanılan simge ve kısaltmalar sol kenara dayalı yazılır “:” işaretinden sonra kısa ve özlü açıklama cümlesi yazılır. Bir satırı aşan açıklamalarda bölünen cümle arasındaki boşluk 6 punto, simge ve kısaltmaların her birisi arasındaki boşluk 12 punto olmalıdır. Simge ya da kısaltmadan sonra yer alan açıklama cümlelerinin hepsi aynı düşey hizadan başlamalıdır. Simgeler küçük harfle koyu, buna karşın açıklamaları normal yazılmalıdır. Kısaltmaların tümü büyük harfle koyu, açıklamaları ise sadece baş harfleri büyük olacak şekilde küçük harfle normal yazılmalıdır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**Tez metni****a) Giriş bölümü:**

- 1) Tez metninin ilk ve önemli bölümlerinden birini oluşturan ‘1. **GİRİŞ**’ bölümü okuru tezin ileriki bölümlerinde sunulacak olan bilgilere hazırlamayı amaçlamaktadır.
- 2) GİRİŞ bölümünde tez çalışmasının amacı, kapsamı (tezin amacı doğrultusunda ne tür çalışmaları kapsadığı), araştırma yöntem(ler)i ve önceki çalışmalar gibi, okuyucuyu konuya hazırlayıcı nitelikteki bilgilerden gerekli görülenler özlü bir biçimde, paragraflar halinde verilebilir.

b) Ana metin:

- 1) Tezin ‘GİRİŞ’ bölümü ile ‘SONUÇLAR’ bölümü arasındaki bölümlerinin tümü ‘ANA METİN’ olarak tanımlanmıştır. Ancak tez metni içinde ‘ANA METİN’ adlı bir başlık kullanılmaz. Bunun yerine tez konusunun niteliğine, yapılan araştırmanın ayrıntısına ve tezin hacmine göre; ana metin yapısı bölümlere, ve her bir bölüm de birinci, ikinci ve üçüncü dereceden alt bölümlere ayrılır.
- 2) Ana Metin içerisinde başlıklar dışında **koyu** (bold) ve *italik* (italic) karakterli sözcüklere **yer verilmemeli** ve altları çizilmemelidir

c) Sonuçlar

“SONUÇLAR” bölümü bir anlamda tezin özetini oluşturur. Bu bölümde, yalnızca tez çalışması sonucunda elde edilen sonuçlar olabildiğince kısa, özlü ve kolay anlaşılır biçimde yazılmalıdır. Bu

sonuçların tartışılması gerekiyorsa, bölümün başlığı “SONUÇLAR VE TARTIŞMA” şeklinde de olabilir. Bu durumda da, tartışmaya ilişkin anlatım kısa, özlü ve kolay anlaşılır bir dille ele alınmalıdır.

Tez çalışması kapsamında ulaşılan sonuçlara bağlı olarak daha sonra yapılacak araştırmalara yönelik önerilerde bulunulması gerekiyorsa; “Sonuçlar” ana bölüm başlığı, “SONUÇLAR VE ÖNERİLER” şeklinde de olabilir. Bu durumda; yapılacak açıklamanın kapsamına bağlı olarak, gerekiyorsa “Sonuçlar” ve “Öneriler” gibi alt bölüm başlıkları da kullanılabilir.

d) Kaynaklar

“Atıf” (kaynak gösterme) her bilimsel çalışmada kaçınılmaz olarak ve doğru bir biçimde uygulanması gereken bir işlemdir. Atıflar varsayımların dayandırılması yoluyla araştırma konusunun daralmasını sağladığı gibi elde edilen sonuçların irdelenmesi açısından da büyük önem taşırlar. Öte yandan, atıf aynı zamanda daha önce gerçekleştirilen benzer çalışmalara verilen değer de bir göstergesidir. Bu nedenle, başkaları tarafından yoğun çabalar sonucu gerçekleştirilen çalışmaların yazılı ya da çizili her türden sonuçlarının kaynak göstermeden kullanılması hem bilimsel etik hem de yasa dışı bir uygulamadır. Bu konuya gereken özenin gösterilmesindeki tüm sorumluluk tez yazarına aittir. Tez içinde değinilen her kaynağa, tezin “KAYNAKLAR” dizini bölümünde mutlaka yer verilmesi esastır. Benzer şekilde, bu dizinde yer alan kaynaklara da metin içinde değinilmiş olması gerekir.

(2) Metin içinde gerekli atıfların yapılmasında **değinilen belgelerin numaralandırılması** (örn: [14] veya Lacey [14]) sistemine göre yapılmalıdır. Değinilen belgelerin “KAYNAKLAR” dizininde yazım biçimine ilişkin örnekler Ek-7’de verilmiştir.

e) Ekler

Bu bölüme, EKLER yazısının büyük harflerle koyu olarak ve ortalananarak yazıldığı bir kapak sayfası ile başlanır.

- (2) Ana metin içerisinde yer almaları halinde konuyu dağıtıcı veya okumada sürekliliği engelleyici nitelikteki ve dip not olarak verilemeyecek kadar uzun açıklamalar (bir formülün çıkarılışı, geniş kapsamlı ve ayrıntılı deney verileri, katlanmış olarak verilmesi gereken çok büyük boyutlu haritalar, örnek hesaplamalar ve bilgisayar programları gibi) ve de çok sayıda ardışık sayfalar halindeki çizelgeler, şekiller vb. bu bölümde verilmelidir.
- (3) Eklerin her biri için uygun bir başlık seçilmeli ve bunlar, sunuş sırasına göre “EK-1, EK-2, EK-3,...” şeklinde sunulmalıdır. Bu bölümde alt başlıkların oluşturulması ve bu alt başlıklar altında eklerin verilmesi gerektiği durumlarda; bu bölüm, “EK-A, EK-B, EK-C,....” şeklinde uygun başlıklar ile alt bölümlere ayrılabilir.

f) Özgeçmiş sayfası

tezi hazırlayan öğrenci ile ilgili bilgiler “ÖZGEÇMİŞ” başlığı altında tezin son sayfası olarak verilmelidir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

Tezin Yazımına İlişkin Ayrıntılar

1) Kullanılacak Kâğıdın Niteliği

Tez A4 standardında (210 mm x 297 mm) kâğıda yazılmalıdır.

2) Yazı Dili

Tez, kolay anlaşılır akıcı bir dille ve yazım kurallarına uygun olarak yazılmalıdır. Anlatım üçüncü şahıs ağzından (edilgen) yapılmalı, cümleler kısa ve özlü olmalıdır. Bölüm başlığı altındaki paragraf sayısı anlatım kurgusuna bağlı olmakla birlikte, tek cümlelik paragraf kullanmaktan kaçınılmalıdır.

3) Yazı Karakteri

12 yazı boyutunda Times New Roman yazı karakteri kullanılır. Uzun eşitliklerin, tez metni içerisinde yer alması gereken ancak ebadı büyük olan çizelgelerin yazılmasında karakter büyüklüğü bir boyut indirilebilir.

4) Sayfa Düzeni

Sayfanın sol kenarından 30 mm, diğer kenarlardan 25 mm boşluk bırakılmalıdır. Bu durumda başlık ve dip notlar da dahil olmak üzere, her sayfadaki metin eni 155 mm, boyu 247 mm olan bir alanın içine yazılmış olmaktadır. Yazılan metin bu çerçevenin dışına kesinlikle çıkmamalıdır. Metin alanının dışında yalnızca sayfa numarası yer alabilir. Tez metninde tireleme yapılmaz, metin sol ve sağ sınırlara göre hizalanır.

5) Satır Aralıkları ve Düzeni

Bu kılavuz içinde geçen Aralık terimi, bir satır alt kenarından diğer satır alt kenarına olan mesafedir. 1 aralık yaklaşık olarak iki küçük harf boyuna eşdeğerdir. Punto ise yazı yüksekliği birimi olup 0,35 mm olarak alınır.

(2) **Metinler 1,5 aralıkla** yazılır. Bu yönergenin diğer maddelerinde farklı bir format belirtildiği durumlarda o kısımlar için belirtilen format uygulanır.

(3) Metinler iki yana yaslı olarak yazılmalıdır. Bu yönergenin diğer maddelerinde farklı bir format belirtildiği durumlarda o kısımlar için belirtilen format uygulanır.

(3) Paragraftan önce ve sonra **6 punto** boşluk bırakılır. Paragraflar arasına boş satır konmaz.

6) Başlıkların Yazımı

Özet, Teşekkür, İçindekiler, Şekiller Dizini, Çizelgeler Dizini, Simgeler ve Kısaltmalar Dizini, Kaynaklar, Özgeçmiş başlıkları, sayfa başından başlatılmalı, başlıkları ortalı ve koyu olarak büyük harflerle yazılmalıdır.

(2) Bölüm başlıkları sayfa başından başlatılmalı ve sonrasında **18 punto boşluk bırakılmalıdır.** Birinci derece alt bölüm başlıklarından **önce 18 punto, sonra 12 punto, ikinci ve üçüncü derece alt bölüm başlıklarından önce ise 12 punto, sonra 6 punto boşluk bırakılır.** Üçüncü dereceden daha alt derecede başlık kullanımından kaçınılmalıdır, ancak kullanıldığı takdirde **başlıktan önce 6 punto, sonra 6 punto boşluk bırakılır.**

(3) Bölüm başlıkları büyük harf, birinci derece alt bölüm başlıkları her sözcüğün ilk harfi büyük diğerleri küçük harfle yazılmalıdır. İkinci ve üçüncü derece alt bölüm başlıklarının yalnız ilk harfi büyük diğerleri küçük harfle yazılmalı, varsa birinci derece alt bölüm başlıklarındaki ve / veya, ile gibi bağlaçlar küçük harfle yazılmalıdır. Üçüncü derece alt bölüm başlıklarının altındaki alt bölüm başlıkları sırası ile düz altı çizili, italik ve altı çizili italik olarak verilmelidir.

7) Sayfa Numaralama

Dış kapak, iç kapak, onay ve tez bildirim sayfaları dışında tezin tüm sayfaları numaralanır. Bu sayfalar haricindeki tezin özel sayfalar kısmı birden başlayarak küçük **Latin rakamları ile (1, 2,)**, rakamlar sayfanın alt orta kısmına **gelecek şekilde 12 punto ile** numaralandırılır. Sayfa numaralarının önünde ve arka yanında ayıraç, çizgi vb. gibi karakter kullanılmamalıdır. Sayfa numarası sayfanın **alt kenarından 10 mm yukarıda olacak şekilde yerleştirilmelidir.**

8) Çizelge ve Şekiller

Çizelge ve şekiller sayfa düzeni esaslarına uymak şartı ile metinde ilk söz edildikleri yere mümkün olduğu kadar yakın yerleştirilmelidir. Birden fazla çizelge veya şekil aynı sayfaya yerleştirilebilir. Ancak iki sayfadan daha fazla sürekli çizelge veya şekil verilemez. Çok sayıdaki çizelge veya şekiller, gerektiğinde eklerde verilebilir. Çizelge ve şekillerin yerleştirilmelerinde, sayfa kenarlarında bırakılması gereken boşluklardan kesinlikle taşmamalıdır. Tezde verilen grafik, resim ve haritalar şekil kabul edilerek numaralandırılmalı ve açıklamaları yapılmalıdır.

(2) Çizelge ve şekillere, ilk rakam bölüm numarası (eklerde harf), ikinci rakam çizelgenin veya şeklin bölüm içindeki sıra numarası olmak üzere, ana bölümlerde “Çizelge 1.2”, “Şekil 1.1”, eklerde “Çizelge A.1”, “Şekil B.1” biçiminde sıra ile numara verilir. Çizelge ve şekil başlıkları koyu yazılmamalıdır. Birbiri ile yakından ilgili ise “a, b, c, d, ...” şeklinde simgelenerek, hepsine tek bir şekil numarası verilebilir. Bu durumda şekil açıklamasında a, b, c, d, ile simgelenen her bir şekil ayrı ayrı tanımlanmalıdır.

(3) Her şeklin numarası ve açıklaması şeklin altına, her çizelgenin numarası ve açıklaması çizelgenin üstüne yazılır. Açıklamaların yazımında birinci kelimenin baş harfi büyük, diğerleri küçük yazılmalı ve bitiminde nokta veya virgöl konulmamalıdır. Açıklamaların yazısı birden fazla satır oluşturuyor ise, yazımda tek satır aralığı

kullanılmalı; ikinci ve diğer satırlar şekil veya çizelge kelimesi ve numarasının bitiminden itibaren hizalanmalıdır.

(4) Çizelge üst yazısı ile kendisinden önce gelen metin (ya da Çizelge veya Şekil) arasında 12 punto, çizelge üst yazısı ile çizelge **arasında 6 punto** boşluk bırakılmalıdır. Çizelge açıklamaları ile çizelge hiçbir zaman birbirinden ayıramaz.

(5) **Şekil alt yazısı ile şekil arasında 6 punto, şekil alt yazısı ile devamında gelen metin (ya da Çizelge veya Şekil) arasında 12 punto boşluk bırakılmalıdır. Şekil açıklamaları ve şekil hiçbir şekilde birbirinden ayıramaz.**

(6) Gerek tez metninin yazımında ve gerekse Çizelge ve Şekillerin yerleştirilmesinde sayfanın dikey kullanılması esastır. Bununla birlikte, dikey kullanımda sayfaya sığmayan ve küçültülmeleri ya da parçalara ayrılmalrı durumunda okunabilirliğinin ya da sürekliliğinin bozulacağı düşünölen Çizelge ve Şekiller yatay sayfa düzeni içinde de verilebilir. Bu tür sayfalar yalnızca Çizelge ve Şekiller için kullanılabilir, tez metni bu sayfalarda yer almamalıdır. Tezin okunması sırasında, okurun güçlük yaşamaması ve dikkatinin kaybolmaması için yatay sayfa kullanımından olabildiğince kaçınılması önerilmektedir. Yatay sayfalar dikey sayfalarda olduğı gibi numaralandırılır.

9) Çizelge ve Şekillere Yapılacak Değınmeler

Tezde kullanılan tüm çizelge ve şekillere tez metni içerisinde değınme yapılması gerekmektedir. Tezde kullanılan çizelge veya şekillere yapılacak ilk değınmeler aşağıdaki örneklerden birine uygun olarak yapılmalıdır.

Örnekler:

- Önce, bölgenin 1:20 000 ölçekli bir topografik haritası hazırlanmıştır (Şekil 1.5).
- Çalışma alanının topografyası (Şekil 1.5) oldukça engebeleridir.
- Çalışma alanının topografik özellikleri Şekil 1.5'te gösterilmiştir.
 - Şekil 2.5'teki topografik haritaya göre.....
 - Deney sonuçları istatistiksel olarak değıerlendirilmiştir (Çizelge 4.1).
 - Deney verilerinin istatistiksel değıerlendirme sonuçları Çizelge 4.1'de özetlenmiştir.
 - Deney verilerinin istatistiksel değıerlendirme sonuçları (Çizelge 4.1), söz konusu ilişkiyi doğrulamaktadır.

10) Denklemler

Denklemler Office Word programında **EKLE>NESNE>Microsoft Equation 3.0 yolu izlenerek oluşturulmalıdır**. Denklemlerle metin arasında **üstte 12 punto, altta 12 punto** boşluk bırakılır ve tercihen denklem satırda ortalanır.

(2) Denklemlere, ilgili bölüm içinde şekil ve çizelgelerdekine benzer olarak sıra ile numara verilir. Bu numaralar [(1.1), (1.2),..., (2.1), (2.2),...] (gerekiyorsa aynı denklemin alt ifadeleri (1.1a), (1.1b) olarak) şeklinde satırın en sağına yazılır. Tek satıra sığmayan uzun denklemler yazar tarafından uygun yerlerinden bölünebilir. Bu durumda satırlar arasında 6 punto boşluk olmalı ve denklem numarası denklemin son satırında yer almalıdır. Denklem numarası koyu yazılmamalıdır. Metin içerisinde denkleme değınılırken "Denklem 2.2" örneğine uyulmalıdır.

Örnek:

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + F \quad (4.1)$$

11) Alıntılar

Tez içinde, bir başka kaynaktan alınmış bir bölüm aynen aktarılacak isteniyorsa; bu tür bir alıntı, ana metnin son satırından itibaren 6 punto boşluk bırakıldıktan sonra, satır başından başlayarak tırnak işaretleri ("....") içinde bir düşük punto ile yazılmalıdır. Alıntıdan sonra, tekrar ana metne geçerken, yine 6 punto boşluk bırakılmalıdır. Bu tür alıntılarda alıntının yapıldığı sayfa numarası da belirtilmelidir.

Örnek:

Kansu (2000, s. 143) ekonomik zarar eşiği kavramını şu şekilde açıklamıştır: veya

Kansu [23, s. 143] ekonomik zarar eşiği kavramını şu şekilde açıklamıştır:

“Artan popülasyon karşısında, zarar yapacak düzeye ulaşmadan popülasyonu düşürme girişimlerinin gerekli olduğu düzeydir”.

12) Simgeler ve Kısaltmalar

Tezde, standart kısaltmalar dışındaki kısaltmalara ancak uzun bir sözcük grubunun pek çok kez tekrarlanması durumunda gidilebilir. Yalnızca bir kez kullanılan sözcük gruplarının kısaltılması okurun dikkatini dağıtacağından önerilmemektedir. Çok kullanılan, birden fazla sözcükten oluşan terimler için sözcüklerin baş harfleri kullanılarak kısaltma yapılabilir. Bu durumda yapılan kısaltma, metin içinde ilk geçtiği yerde parantez içerisinde ve yalnızca bir kez açıklanmalıdır. Bu açıklama ayrıca Simgeler ve Kısaltmalar Dizini’nde de verilmelidir.

Örnek: Einstein’ın $E = m \cdot c^2$ (E: enerji, m: kütle, c: boşlukta ışık hızı) şeklindeki denklemini.....

veya

Bu denklem $E = m \cdot c^2$ (3.1)

şeklinde olup, burada: E: enerjiyi,

m: kütleyi,

c: boşlukta ışık hızını ifade etmektedir.

13) Tez teslimi

Tez A4 standardında (210 mm x 297 mm) en az 80 gr/m² en çok 100 gr/m² beyaz birinci hamur kâğıda basılmalıdır. Tez yazımında kâğıdın yalnızca bir yüzü kullanılır.

(2) Tez **Üç** nüsha halinde basılmalı ve ciltlenmelidir.

(3) **Tezin yazılı olduğu Word dosyası bir CD içerisinde üç tez nüshasına da eklenerek teslim edilmelidir.**

Hazırlanacak tezlerin aşağıdaki örnek tez şablonuna göre hazırlanması gerekmektedir.



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KLİMA SANTRALLERİNDEKİ BOŞ HÜCRELER
İÇİN TASARLANAN KESİK KONİ PROFİLLİ
DELİKLİ DİFÜZÖRÜN AKIŞA VE BASINÇ
DÜŞÜMÜNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK
İNCELENMESİ**

KERİM SÖNMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2017

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KLİMA SANTRALLERİNDEKİ BOŞ HÜCRELER
İÇİN TASARLANAN KESİK KONİ PROFİLLİ
DELİKLİ DİFÜZÖRÜN AKIŞA VE BASINÇ
DÜŞÜMÜNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK
İNCELENMESİ**

KERİM SÖNMEZ

Bu tez,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2017

KSÜ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ TEZ YAZIM KILAVUZU

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Kerim SÖNMEZ tarafından hazırlanan “KLİMA SANTRALLERİNDEKİ BOŞ HÜCRELER İÇİN TASARLANAN KESİK KONİ PROFİLLİ DELİKLİ DİFÜZÖRÜN AKIŞA VE BASINÇ DÜŞÜMÜNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından .../.../2017 tarihinde oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Ahmet KAYA (DANIŞMAN)

.....

Makine Mühendisliği

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. İ. Gökhan Aksoy (ÜYE)

.....

Makine Mühendisliği

İnönü Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Muharrem İMAL (ÜYE)

.....

Makine Mühendisliği

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKEİ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Kerim SÖNMEZ

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**KLİMA SANTRALLERİNDEKİ BOŞ HÜCRELER İÇİN TASARLANAN KESİK
KONİ PROFİLLİ DELİKLİ DİFÜZÖRÜN AKIŞA VE BASINÇ DÜŞÜMÜNE
ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

KERİM SÖNMEZ

ÖZET

Klima santrallerinin içinde hareket eden hava, santrallerin yapılarından dolayı sistem bileşenleriyle temas etmektedir. Klima santrallerinin verimli çalışması için klima santrallerinde kullanılan fan hücreesindeki havanın diğer santral elemanları ile buluşmadan önce homojen akışa ulaşması gerekmektedir. Fan hücreesindeki havanın çıkış boyutları hava kanalına göre küçüktür. Küçük bir kesitten büyük kesite çıkan havayı yaymak için fan hava çıkış bölgesinin önünde delikli difüzörler kullanılmaktadır. Ayrıca havanın her santral bileşeniyle teması basınç kaybı oluşturmaktadır. Basınç kayıplarının yüksek olması daha büyük güçte motor seçimi gerektirmektedir.

Bu çalışmada, klima santrallerindeki boş hücrede akışı homojen dağıtmak için farklı delik geometrilerine sahip kesik koni profilli difüzör tasarlanmış ve akış analizi sayısal olarak yapılmıştır. Difüzörün hava çıkış bölgesinin önüne konulduğunda havanın yayılma özellikleri ve basınç kayıpları farklı delik geometrisi, farklı difüzör geometrisi ve farklı difüzör koniklik açısı için incelenmiştir. Sayısal çalışmalarda Ansys-Fluent programı kullanılmıştır. Ayrıca optimum geometri parametrelerini elde etmek için Taguchi optimizasyon yöntemi uygulanmıştır.

Delik geometrisinin, silindir ve altıgen olduğu durumlarda kare delik geometrisine göre basınç düşümünün daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dışbükey kesik koni profilli difüzörde en yüksek basınç düşümü, içbükey kesik koni profilli difüzörde ise en düşük basınç düşümü elde edilmiştir. Ayrıca koniklik açısının arttığı tüm difüzör geometrilerinde basınç kayıplarının da arttığı görülmüştür. Taguchi optimizasyon yöntemi ile optimum difüzör yapısı belirlenmiş, en düşük basınç düşümünü ve homojen dağılma özelliği gösteren difüzörün 60° koniklik açısına sahip kare delik geometrili içbükey kesik koni profil olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Klima santrali, Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD), Fan, Delikli difüzör, Taguchi Optimizasyonu, Basınç kaybı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Şubat / 2017

Danışman: Doç. Dr. Ahmet KAYA
Sayfa Sayısı: 53

**A NUMERICAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFUSION FLOW
AND PRESSURE REDUCTION OF PERFORETED CUTTING CONE PROFILE
DIFFUSER DESIGNED FOR EMPTY CELLS IN AIR HANDLING UNITS**

(M.Sc. THESIS)

KERİM SÖNMEZ

ABSTRACT

The air moving in air-handling units is in contact with system component due to the construction of the system. For the efficient operation air-handling units, it is necessary to reach the homogeneous flow before contacting with other unit elements of the fan cell used in the air-handling units. The air outlet size on the fan cell is smaller than the air duct. Perforated diffusers used in front of air outlet area of the fan air to distribute the air from large section to a small section. It also creates pressure loss associated with each component of the air. Higher-pressure losses require greater engine selection.

In this study, empty air conditioning fan cell with cut cone profile with different hole geometry have used. When the diffuser placed in front of outlet section of fan cell, the air diffusivity characteristic and pressure losses are numerically investigated for different hole geometry, different diffuser geometry and different diffuser angle. The Ansys-Fluent program was used in numerical studies. Taguchi optimization method also has been applied to obtain optimum geometry parameters.

It has been found that when the hole geometry is square, cylinder and hexagonal, the pressure drop is the lowest the square hole geometry. The lowest pressure drop in the convex truncated cone profile diffuser and the highest pressure drop in the concave truncated cone profiled diffuser were also obtained. Furthermore, pressure losses were seen to increase in all diffuser geometries due to the taper angle. The optimal diffuser structure was determined by Taguchi optimization method, and the diffuser with the lowest pressure drop and homogeneous diffusing property was found to have a concave conical profile with square hole geometry with 60° taper angles.

Keywords: Air handling unit (AHU), Calculated fluid dynamics, Fan, Perforated diffuser, Taguchi Optimization, Pressure loss

University of Kahramanmaraş Sutcu Imam
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering, February / 2017

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ahmet KAYA

Number of Pages: 53

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında beni destekleyen, bilgi ve tecrübesini esirgemeyerek bana yol gösteren değerli hocam sayın Prof. Dr. Ahmet KAYA' ya teşekkürlerimi sunarım. Her fırsatta bilgi ve birikimlerinden yararlandığım tüm bölüm hocalarıma, tüm çalışmalarım süresince değerli görüş ve fikirlerini benimle paylaşan Uzman Muhammed Safa KAMER' e şükranlarımı sunarım.

Son olarak, bugünlere gelmemde her türlü maddi ve manevi desteklerini gördüğüm aileme teşekkürlerimi sunarım.

Kerim SÖNMEZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Klima Santralleri	2
2.1.1. Filtreler	2
2.1.2. Serpantinler	2
2.1.3. Nemlendirici	3
2.1.4. Fan motoru ve fan hücresi	3
2.1.5. Susturucu	3
2.1.6. Karışım Odası	4
2.1.7. Damla Tutucu	4
2.2. Klima Santrallerinin Sınıflandırılması	4
2.2.1. Bireysel klima santralleri	5
2.2.2. Merkezi klima santralleri	5
2.3. Klima Santrallerinde Kullanılan Boş Hücre	6
2.4. Difüzör Çeşitleri	8
2.4.1. Türbülanslı difüzör	8
2.4.2. Dört yönlü difüzör	9
2.4.3. Lineer (Slot) difüzör	9
2.4.4. Swirl (Girdap) difüzör	9
2.4.5. Konfor difüzör	10
2.5. Ansys	10
2.5.1. Ansys fluent akış modelleme yazılımı	11
2.6. Taguchi Optimizasyon Yöntemi	13
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	15
4. MATERYAL ve METOD	19
4.1. Tasarım Aşamaları	19
4.1.1. Delikli difüzörlü boş hücre	19
4.2. Değişken Parametreler	21
4.3. Sayısal Modelleme	22

	<u>Sayfa No</u>
4.3.1. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi (HAD).....	22
4.3.1.1. Türbülans modeli seçimi.....	24
4.3.1.1.1. Standart k-e türbülans modeli.....	25
4.3.2. Optimum geometrinin bulunması ve sayısal çalışmalar.....	25
4.3.2.1. Taguchi optimizasyon yöntemiyle optimum geometrinin bulunması....	25
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI	27
5.1. Sayısal Analiz ve Sonuçları.....	29
5.2. Taguchi Yönteminin Uygulanması ve Optimum Geometrinin Bulunması.....	37
6.SONUÇLAR.....	43
7.ÖNERİLER.....	43
8.TEŞEKKÜR.....	44
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Klima santrali prensip şeması	2
Şekil 2.2. Serpantin.....	3
Şekil 2.3. Susturucu.....	3
Şekil 2.4. İklimlendirme santrallerinde kullanılan hava karışım odası.....	4
Şekil 2.5. Klima santralinin sınıflandırılması.....	5
Şekil 2.6. Döner ısı eşanjörlü iki katlı klima santrali düzenlemesi.....	6
Şekil 2.7. Döner ısı eşanjörü santralin üzerinde, mili santrale dik olarak yerleştirilmiş tek katlı klima santrali düzenlemesi.....	6
Şekil 2.8. Merkezi klima santrali örneği.....	6
Şekil 2.9. Klima santrallerinde kullanılan boş hücre.....	7
Şekil 2.10. Fan çıkışındaki kanalda akışın gelişimi, hız profilleri ve efektif kanal uzunluğu.....	8
Şekil 2.11. Türbülanslı difüzör.....	8
Şekil 2.12. Dört yönlü difüzör	9
Şekil 2.13. Lineer (Slot) difüzör	9
Şekil 2.14. Swirl (Girdap) difüzör.....	10
Şekil 2.16. Konfor difüzör.....	10
Şekil 2.16. Ansys ürünleri	11
Şekil 2.17. Ansys CFD-Post sonuç görüntüleri.....	12
Şekil 4.1. Delikli difüzörlü boş hücre.....	19
Şekil 4.2. Düz kesik koni profilli delikli difüzörlü boş hücre.....	20
Şekil 4.3. Delikli düz kesik koni profil difüzörlü boş hücrenin teknik detayları.....	20
Şekil 4.4. Difüzör delik geometrileri.....	21
Şekil 4.5. Difüzör geometrileri.....	21

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Taguchi ortogonal dizilim seçim tablosu	14
Çizelge 2.2. Taguchi L9 ortogonal dizilimi.....	14
Çizelge 4.1. Difüzör tasarımında kullanılan parametreler.....	19
Çizelge 4.2. Problemde tanımlanan sınır koşulları.....	22
Çizelge 4.3. Problemde girilen özellikler.....	23
Çizelge 5.1. En düşük basınç kayıplarını veren difüzör geometrileri.....	40
Çizelge 5.2. Parametreler ve seviyeler.....	41
Çizelge 5.3. Taguchi L9 ortogonal dizilimi ve uygulaması.....	41
Çizelge 5.4. Belirlenen parametrelerin L9 ortogonal dizilimine uygulanması.....	42
Çizelge 5.5. Taguchi optimizasyon sonuçları.....	42
Çizelge 5.6. Optimum seri.....	43
Çizelge 5.7. 60 ⁰ difüzör koniklik açısı için profil geometrilerinin karşılaştırılması.....	44

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

C_p : Özgül ısı ($J/kg \cdot K$)

$C_1, C_2, C_{1\epsilon}, C_{2\epsilon}, C_\mu$: Türbülans modeli sabitleri

D : Geometrinin karakteristik uzunluğu, dairesel boru için çap (m)

F : Kuvvet (N)

F_7, F_9 : Orta filtreler

G_k : Türbülans kinetik enerjisi üretimi ($kg/m.s^3$)

G_4 : Kaba filtreler

k : Türbülans kinetik enerjisi (m^2/s^2)

P : Basınç (N/m^2 veya Pa)

Re : Reynolds sayısı

S_ϵ : ϵ için kaynak terimi (m^2/s^4)

t : Zaman (s)

u : Yatay doğrultudaki hız bileşeni (m/s)

Kısaltmalar

CAD : Bilgisayar destekli tasarım (Computer aided design)

CAE : Bilgisayar destekli mühendislik (Computer aided engineering)

CFD : Computational fluid Dynamics

FAE : Sonlu elemanlar analizi (Finite element analysis)

HAD : Hesaplamalı akışkanlar dinamiği

UDF : Kullanıcı tanımlı fonksiyonlar (User defined functions)

3D : 3 boyut (3 dimension)

S/N : Sinyal gürültü oranı

1. GİRİŞ

Küresel dünyadaki nüfusun sürekli artması ve teknolojik gelişmeler olması daha fazla enerji tüketimi anlamına gelmektedir. Enerji ihtiyacının artmasıyla enerjinin daha verimli kullanılması konusu gündeme gelmektedir. Bu sebeple konut ve endüstriyel işletmelerdeki iklimlendirmelerdeki optimum konfor şartlarından ödün vermeden enerji kullanımını azaltmak hem enerji kaynaklarının bilinçli kullanımı sağlayacak hem de ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

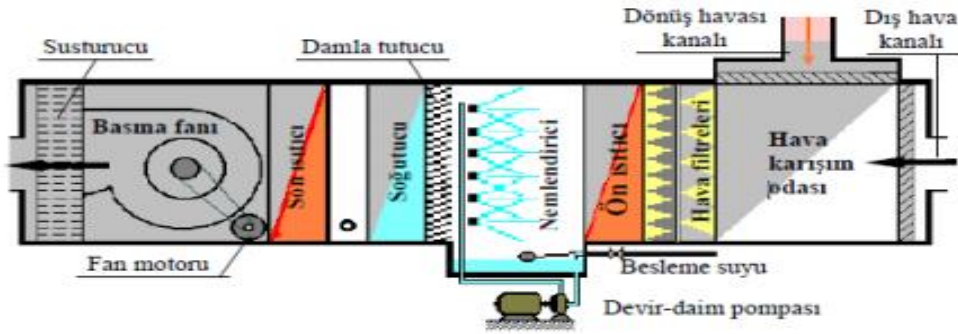
Enerji harcayan kaynaklardan biri olan klima santrallerini kısaca hava şartlandırma sistemleri olarak tanımlayabiliriz. Klima santrallerinin amacı konut veya endüstriyel işletmelerdeki bir ortama istenilen sıcaklık ve nem değerlerinde temiz hava sağlamaktır. Klima santrallerinin içinde hareket eden hava klima santrallerinin yapılarından dolayı sistem bileşenleriyle temas etmektedir. Havanın her santral bileşeniyle temas etmesi basınç kaybına neden olmaktadır. Basınç kayıplarının yüksek olması ise daha büyük güçte motor seçimi gerektirmektedir. Klima santralindeki iç kayıpların azaltılması daha düşük kapasitelerde motor seçimi sağlayacaktır Bu sayede enerji verimliliği elde edilecektir.

Bu çalışmada, klima santralinin fan hava çıkış kesitinin önüne farklı delik geometrilili kesik-koni profilli difüzör eklenmesi sonucu oluşan basınç kayıpları Ansys-Fluent programında sayısal olarak incelenmiştir. Difüzör geometrisi olarak içbükey kesik koni, dışbükey kesik koni ve düz kesik koni Solidworks programında tasarlanmıştır. Bu difüzör üzerine kare, silindir ve altıgen geometrilili delikler açılmış ve sayısal analizler sonucunda da basınç kayıplarının delik geometrisiyle değişimi elde edilmiştir. Kesik koni-profilli delikli difüzör modeli üzerinde; farklı difüzör koniklik açısı, difüzör geometrisi ve delik geometrisi gibi parametrelerin, basınç kayıpları ve basınç-hız dağılımları üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen basınç kayıp değerleri Taguchi optimizasyon yöntemiyle birleştirilerek en uygun difüzör parametreleri belirlenmiş, belirlenen difüzör için akış analizi yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Klima Santralleri

Bir klima santrali, havanın hareketlendirilmesi, temizlenmesi, ısıtılması, soğutulması, nemlendirilmesi ve kurutulması (neminin alınması) için gereken farklı ünitelerden oluşur. Havanın klima santrali içindeki yolu; karışım odası, nemlendirici, filtreler, damla tutucu, ön ısıtıcı, son ısıtıcı, soğutucu, fanlar ve susturucu elemanları şeklindedir (Şekil 2.1) [1].



Şekil 2.1. Klima santrali prensip şeması [1]

2.1.1. Filtreler

Klima santraline giren havanın barındırdığı toz taneciklerinin arındırılması işlemi filtreler ile yapılmaktadır. Pratikte klima santrallerinin giriş ve çıkışında sırasıyla kaba (G4) ve orta filtreler (F7) bulunur. Genellikle F7 filtre yerine F9 sınıfı filtre tercih edilmektedir. Bu durumda birinci filtre kademesinde G4 filtreden sonra ilave olarak F7 filtre de kullanılmaktadır [2].

2.1.2. Serpantinler

Serpantinler şartlandırılan havanın yüzeye olan temas alanının arttırılması olarak tanımlanabilir (Şekil 2.2). Isıtıcı serpantinler kullanılarak havanın istenilen sıcaklık değerleri kontrol edilmektedir. Soğutucu serpantinden sonra kullanılan damla tutucu, serpantin üzerinde yoğunlaşan suyun klima santralinin diğer hücrelerine geçmesini engellemek gerekmektedir. Ayrıca yoğuşma tavaında biriken su bekletilmeden santralden uzaklaştırılmalıdır. Bunun için çift yönlü yoğuşma tavaları tercih edilmektedir [2].

.....

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde klima santralleri ve difüzörler için çeşitli deneysel ve sayısal çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir. Ayrıca optimum parametrelerin bulunması amacıyla kullanılan Taguchi Optimizasyon yöntemi ile ilgili çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

Şahin ve Ward-Smith (1987), yaptıkları çalışmada bir havalandırma sistemindeki fanın çıkış bölümünde yer alan deliksiz difüzörde oluşan akışı sayısal olarak incelemişlerdir. Çalışmada farklı difüzör açıları kullanılarak difüzör duvarında oluşan statik basınç dağılımlarını elde etmişlerdir. Difüzörün çıkış bölümündeki akışın düzenli olmadığını ve her noktada farklı türbülans değerlerinin olduğunu ortaya koymuşlardır [20].

Şahin (1989), deliksiz konik bir yayıcı içerisinde akışa dik yönde delikli levhalar yerleştirilerek, levhaların akışa olan etkisi üzerinde sayısal çalışma yapmıştır. Akış sırasında levhalarda meydana gelen jetlerin akış açılarını, hız dağılımlarını ve statik basınçlarını deneysel olarak elde etmiştir. Düşük gözenekli levhalarda akış profilinin düzensizliğinin daha fazla olduğunu ve delikli levhalardaki basınç kayıplarının karakteristiklerini temel teorik ve ampirik eşitliklerle sunmuştur [21].

Şahin ve Ward-Smith (1990), deliksiz difüzör içerisindeki akışın doğrultusuna dik yönde yerleştirilen, birleştirilmiş delikli levha dizilimlerinin akış karakteristiğine etkisini araştırmışlardır. Bu araştırma sonucunda, duvar ve oluşan jet özelliklerinin, delikli levhaların konumlarının değişmesiyle farklılık gösterdiğini ortaya koymuşlardır [22].

Bu tez çalışmasında literatürde kullanılan difüzörlerden farklı olarak değişken parametrelere sahip bir difüzör üzerinde sayısal çalışma yapılmıştır. Difüzör geometrisi (içbükey, dışbükey ve düz), delik geometrisi (silindir, kare ve altıgen) ve difüzör koniklik açısı (60^0 , 80^0 ve 100^0) gibi parametrelerin basınç düşümü ve akışa olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca Taguchi optimizasyon yöntemi kullanılarak optimum difüzör parametreleri elde edilmiştir.

.....

4. MATERYAL ve METOD

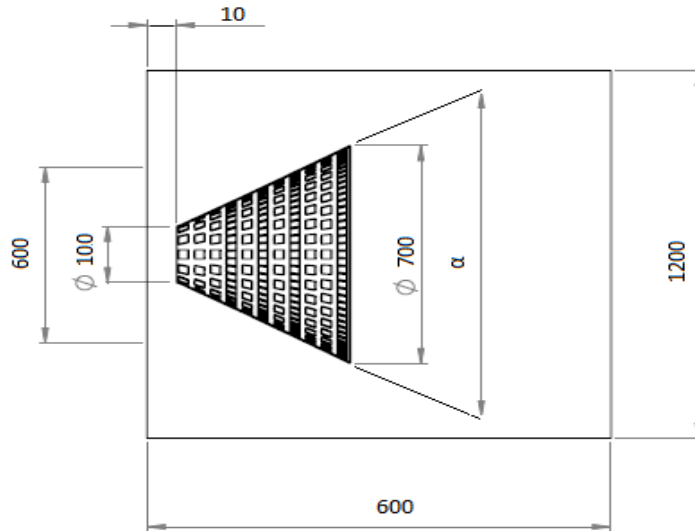
Bu tez çalışmasında, klima santrallerinde kullanılan boş hücre için kesik koni profilli delikli difüzör tasarlanmış ve difüzörün akış dağılımına etkisi ve oluşan basınç kayıplarını elde etmek için sayısal analiz gerçekleştirilmiştir. Difüzör geometrileri Solidworks programında elde edilmiş ve Ansys 14.0 paket programı kullanılarak delikli difüzörlü boş hücre için sayısal analizler yapılmıştır.

4.1 Tasarım Aşamaları

Kesik-koni profilli delikli difüzörlü boş hücre için sayısal analizler ANSYS 14.0 paket programında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üç farklı delik geometrisi (kare, silindir ve altıgen), üç farklı difüzör koniklik açısı ($\alpha = 60^\circ, 80^\circ$ ve 100°) ve 3 farklı kesik koni geometrisi (içbükey kesik koni, dışbükey kesik koni ve düz kesik koni) belirlenerek analizler gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan farklı parametrelerin basınç kaybına etkisi ve klima santralindeki boş hücrenin çıkışındaki hız dağılımı sayısal olarak incelenmiştir. Çizelge 4.1.' de difüzör tasarımında kullanılan parametreler verilmiştir.

Çizelge 4.1 Difüzör tasarımında kullanılan parametreler

Difüzör Geometrisi	Delik Geometrisi	Difüzör Koniklik Açısı
Düz Kesik Koni	Silindir	60°
İçbükey Kesik Koni	Kare	80°
Dışbükey Kesik Koni	Altıgen	100°



Şekil 4.3. Delikli düz kesik koni profilli difüzörlü boş hücrenin teknik detayları

4.3. Sayısal Modelleme

4.3.1. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi (HAD)

Yapılan sayısal çalışmada, Solidworks programında tasarlanan geometrilerin akış analizleri ANSYS-Fluent 14.0 programında gerçekleştirilmiştir.

ANSYS-Fluent programında, akışkan olarak hava seçilmiştir. Havanın klima santralinin boş hücrelerine girdiği kesit (600 mm x 600 mm' lik) için 'velocity-inlet' tanımlanmıştır ve giriş hızı 8.2 m/s olarak belirlenmiştir. Akış zamandan bağımsız (Steady) olarak girilmiştir. Havanın boş hücreden çıktığı kesit (1200 mm x 1200 mm' lik) için 'pressure-outlet' tanımlanmıştır. 'Pressure-outlet' sınır şartı tanımlanan boş hücrenin çıkış bölümündeki statik basınç 700 Pa olarak girilmiştir. Klima santralinde kullanılan boş hücre malzemesi olarak alüminyum seçilmiş ve 'wall' sınır şartı boş hücrenin yüzeylerine tanımlanmıştır. "Wall" sınır koşulu için yüzey pürüzlülüğü 0.0032 mm (0,0032 değeri Alüminyum malzemenin yüzey pürüzlülüğüdür) olarak alınmıştır [35]. Ağ eleman boyutu ve türbülans modeli literatürde benzer bir çalışmadan alınmıştır. Literatürde kullanılan [6] parametrelere göre, ağ elemanı boyutu (mesh yapısı) 0.01 m belirlenmiş ve türbülans modeli olarak standart k-ε modeli seçilmiştir. Problemden tanımlanan sınır koşulları Çizelge 4.2' de verilmiştir. Tanımlanan sınır koşullarına göre girilen özellikler Çizelge 4.3' de gösterilmiştir. ANSYS-Fluent paket programının oluşturulan sayısal modelin mesh yapısı Şekil 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Problemden tanımlanan sınır koşulları

Parametreler	Tanımlanan Sınır Koşulları
Hava Giriş Kesiti (600mmx600mm)	velocity-inlet
Hava Çıkış Kesiti (1200mmx1200mm)	pressure-outlet
Boş Hücrenin Duvarları	wall

Çizelge 4.3. Problemden girilen özellikler

Parametreler	Girilen özellikleri
Giriş Hızı (velocity-inlet)	8,2 m/s
Çıkış Basıncı (pressure-outlet)	700 Pa
Boş Hücre Duvarının Yüzey Pürüzlülüğü (Wall)	0,0032
Ağ Eleman Boyutu (Mesh Boyutu)	0.01 m
Akışkan türü ve Boş Hücre Malzemesi	Hava (Air) / Alüminyum(Aluminum)
Seçilen Türbülans Modeli	Standart k-ε
Akış Türü	Zaman Bağımsız (Steady)

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + F \quad 4.1$$

Atalet kuvvetleri = basınç kuvveti + sürtünme kuvveti + kütleli kuvvetler

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0 \quad 4.2$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho \bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \bar{u}_i \bar{u}_j)}{\partial x_j} \\ = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \rho \overline{u'_i u'_j} \right] + F_i \end{aligned} \quad 4.3$$

4.3.1.1.1. Standart $k - \varepsilon$ türbülans modeli

İki denklemlili türbülans modelleri arasında ekonomikliğı ve pek çok akış olayında kabul edilebilir doğrulukta sonuç vermesi açısından yaygın olarak kullanılan yarı ampirik bir modeldir. Türbülans kinetik enerjisi (k) ve kayıp oranı (ε) için yazılan iki adet transport denkleminin çözümü ve türbülans viskozitesinin (μ_t) hesabını içerir. Kaldırma kuvvetleri etkisi ihmal edildiğinde, bu transport denklemleri k ve ε için sırası ile Denklem 4.4 ve Denklem 4.5’de verilen şekilde yazılabilir [38].

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k - \rho \varepsilon \quad 4.4$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad 4.5$$

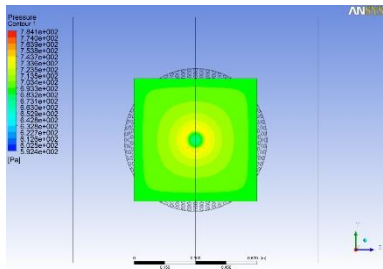
Bu denklemlerde: “Standart $k - \varepsilon$ ” türbülans modelinin sabitleri aşağıda belirtilen değerlere sahiptir ve $C_{1\varepsilon} = 1.44$, $C_{2\varepsilon} = 1.92$, $C_\mu = 0.09$, $\sigma_k = 1.0$, $\sigma_\varepsilon = 1.3$ olarak verilmektedir [24].

.....

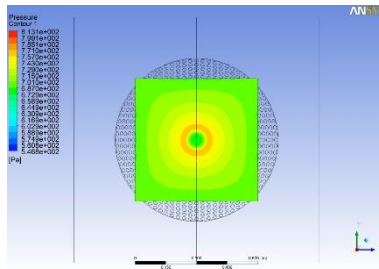
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Bu tez çalışmasında, literatürde rastlanan klima santrallerindeki boş hücreler için tasarlanan V-profilli kare delikli difüzörden farklı olarak üç farklı kesik koni geometrisi, üç farklı delik geometrisi ve üç farklı difüzör koniklik açısı kullanılarak kesik koni profilli delikli difüzör tasarlanmıştır. Tasarlanan kesik koni profilli delikli difüzör klima santralindeki boş hücreye yerleştirilerek basınç-akış dağılımları ve basınç kayıpları HAD (hesaplamalı akışkanlar dinamiği) yazılımı olan Ansys-Fluent programında sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal analizde kullanılan parametreler deneysel çalışmaya göre seçilmiştir.

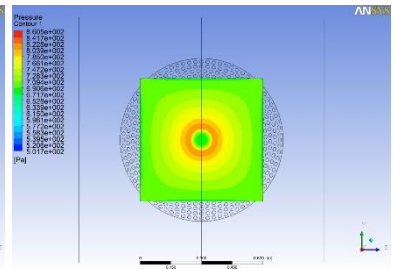
...



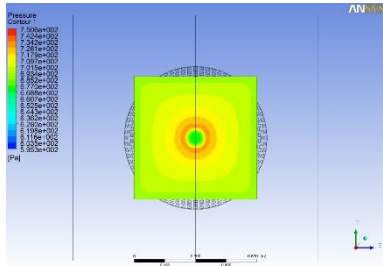
a) 60° Silindir Delikli



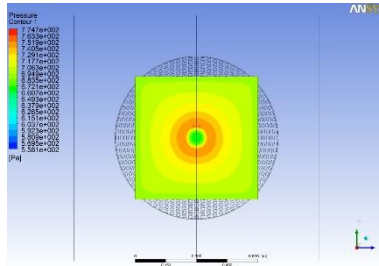
b) 80° Silindir Delikli



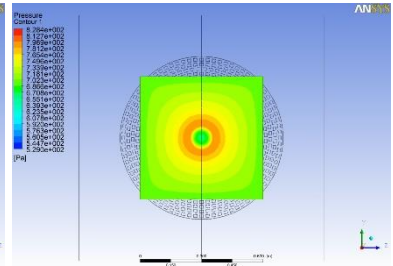
c) 100° Silindir Delikli



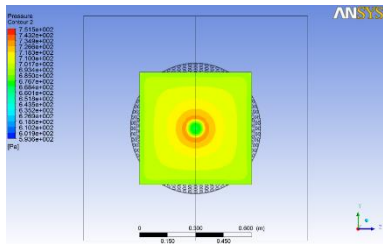
d) 60° Kare Delikli



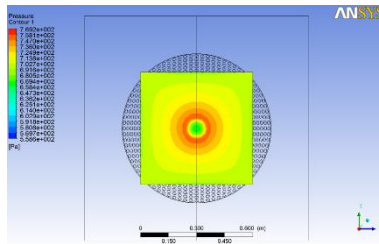
e) 80° Kare Delikli



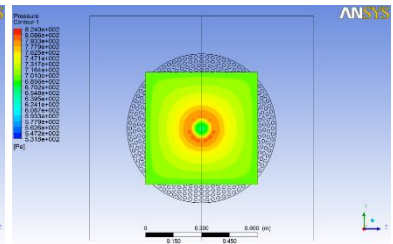
f) 100° Kare Delikli



g) 60° Altıgen Delikli



h) 80° Altıgen Delikli

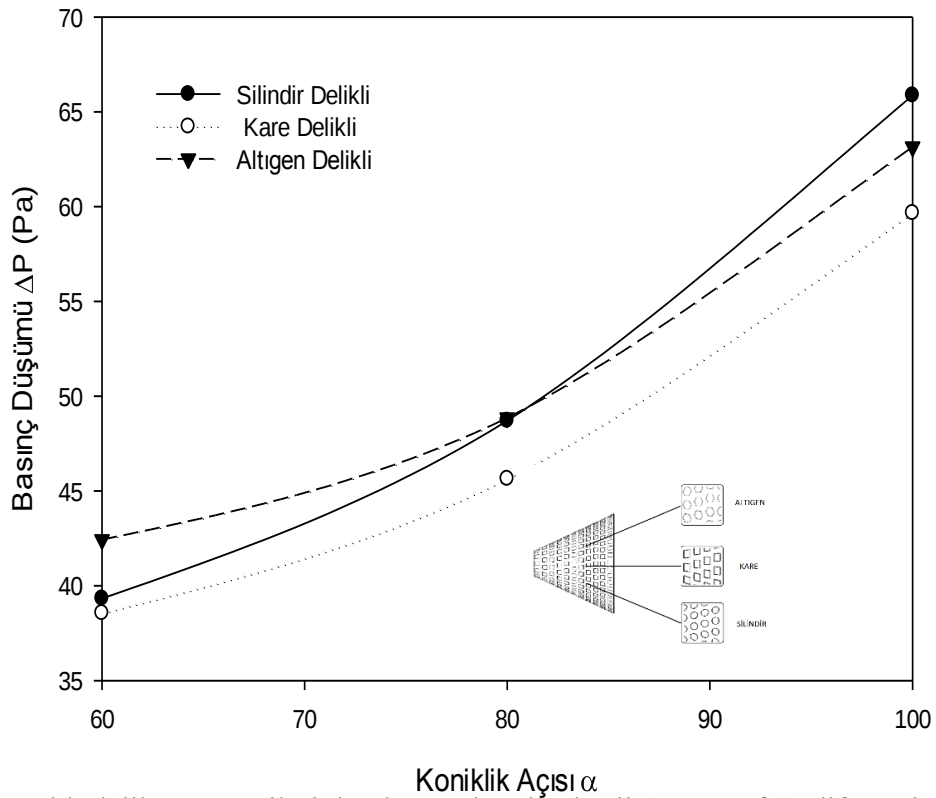


ı) 100° Altıgen Delikli

Şekil 5.1. a) 60° Silindir delikli, b) 80° Silindir delikli, a) 100° Silindir delikli d) 60° Kare delikli, e) 80° Kare delikli, f) 100° Kare delikli, g) 60° Altıgen delikli, h) 80° Altıgen delikli ve ı) 100° Altıgen delikli düz kesik koni profilli difüzör için çıkıştaki basınç dağılımları

ANSYS programında gerçekleştirilen analizler sonucunda, silindir, kare ve altıgen delikli düz kesik koni profilli difüzör için elde edilen basınç kaybı Şekil 5.4’ de verilmiştir. Bütün difüzörler için, koniklik açısı arttığında akışa karşı bir engel teşkil ettiğinden basınç kayıplarının arttığı görülmüştür. En küçük koniklik açılı düz kesik koni profilli difüzörde, akışa karşı gösterilen direnç azaldığından en düşük basınç kaybına sebep olmuştur.

Difüzör delik geometrisi bakımından incelendiğinde düz kesik koni profilli difüzör için kare delik geometrili difüzörün tüm koniklik açılarında basınç kayıplarının en az olduğu elde edilmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Farklı delik geometrileriyle oluşturulan düz kesik koni profilli difüzör için farklı koniklik açılarında oluşan basınç kayıpları

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada klima santrallerinde kullanılan boş hücredeki akış dağılımı için difüzör tasarımı Solidworks programında yapılmış ve akış analizi Ansys programında gerçekleştirilmiştir. Difüzöre, üç farklı delik geometrisi (silindir, kare ve altıgen), üç farklı kesik koni profilli difüzör geometrisi (düz kesik koni, içbükey kesik koni ve dışbükey kesik koni) uygulanarak HAD (hesaplamalı akışkanlar dinamiği) yazılımı olan Ansys-Fluent programında sayısal analizler yapılmıştır. Ayrıca Taguchi Optimizasyon Yöntemi kullanılarak en az basınç kaybını veren optimum seri elde edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda belirlenmiştir;

1. Difüzör koniklik açısının artmasıyla basınç kaybı artmıştır.
2. Analizi yapılan tüm koniklik açılarında kare delikli difüzörde basınç kaybının daha az olduğu tespit edilmiştir.
3. Analizi yapılan tüm koniklik açılarında altıgen delikli difüzörde hız daha homojen olduğu tespit edilmiştir.

.....

7. ÖNERİLER

- 1- Gerçekleştirilen sayısal çalışmanın deney düzeneği kurularak deneysel çalışma yapılabilir.
- 2- Koni profilli difüzör için yapılan bu çalışmanın farklı difüzör geometrilerinde de çalışması yapılabilir.

.....

TEŞEKKÜR

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

KAYNAKLAR

- [1] Bulut H., Klima, URL (Erişim:23.11.2016), <http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/Klima.pdf>
- [2] Kamer M. S.,2014, Şebeke suyu kesilmesi durumunda açık unutulan vanalardan olan su kaybının engellenmesi yöntemi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 102s.
- [3] Serpantinler, URL (erişim tarihi: 23.11.2016),[http://www.studyocrea.net/klimasantrali/klima-santrali/26-Serpantinler-\(Bataryalar\).html](http://www.studyocrea.net/klimasantrali/klima-santrali/26-Serpantinler-(Bataryalar).html)
- [4] Ses Absorberi (susturucu) ES-KON havalandırma sistemleri, URL (erişim tarihi: 05.12.2016) <http://www.es-kon.com/urunayrinti.aspx?Rf=1202&d=tr>

- [5] Anıl O.B., Mobedi M., Özerdem M. B., Hastane hijyenik ortamlarının klima ve havalandırma sistemleri, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, TMMOB, 513-525, (2007)
- [6] Taçgün_E.,2016, Klima santrallerinde kullanılan V profil delikli difüzörlü hücrenin akış performansının sayısal ve deneysel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Malatya. 93s
- [7] Yılmaz, Ş., İpek, M., Uc, H. İ., 2013, Optimum Klima Santrali Tasarımı, Bitirme Projesi, İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü.
- [8] HVAC Systems Duct Design, Fourth Edition, Chapter 6, SMACNA, (2006)
- [9] Difüzör nedir, Anonim, URL (erişim tarihi:24.11.2016), <http://www.nedir.com/dif%C3%BCz%C3%B6r>
- [10] Türbülanslı Difüzör, Emka Menfez, URL (erişim tarihi: 24.11.2016), <http://www.emka-menfez.com/urunler/difuzor-cesitleri/turbulansli-difuzor/>
- [11] Difüzörler ve menfezler, Beşiktaş Havalandırma Sistemleri, URL (erişim tarihi: 24.11.2016), <http://www.besiktashavalandirma.net/difuzorler-ve-menfezler/>
- [12] Swirl Difüzörler, Doğu iklimlendirme, URL (erişim tarihi: 03.02.2017), <http://www.doguiklimlendirme.com/urun/osm-duz-kanati-swirl-difuzor>
- [13] Ansys Nedir, (t.y.), Figes Anonim Şirketi, URL (Erişim tarihi: 09.01.2017) <http://www.figes.com.tr/ansys/ansys-nedir.php>

.....

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, Soyadı : Kerim SÖNMEZ

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : / / - ADANA

Medeni hali : Bekâr

Telefon : 0 (530) 000 00 00

E-posta :@gmail.com / Hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü	2017
Lisans	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü	2014
Lise	Adana Borsa Lisesi / Fen Bilimleri Bölümü	2009

İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2011-2012	Cey-tech Attachments	Stajyer Mühendis
2012-2013	Kipaş Mensucat – Ring Bölümü	Stajyer Mühendis
2014-2016	İnönü Üniversitesi Tubitak Bursiyeri	Makine Mühendisi 1001 Nolu proje kapsamında Tubitak Bursiyeri

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Otomobil Sporları, Sinema, Yüzme, Model Uçak, Futbol, Mühendislik Araştırmaları

Yayınlar (eğer varsa)**A- ULUSLARARASI HAKEMLİ DERGİLERDE YAYINLANAN MAKALELER**

1. M. S. Kamer, H. E. Şahin, **K. Sönmez**, A. Kaya, Kabak ve Patlıcan Dilimlerinin Kuruma Davranışlarının Deneysel İncelenmesi”, KSU Journal of Engineering Sciences, 19(2) (2016) 1-8.

2. M. İmal, A. Kaya, M. Güneş, M. E. Kuyumcu, **K. Sönmez**, Birleşik Isı ve Güç Üreten Sistemlerin Uygulamalı Analizi ve KSÜ Hastanesi Örnek Çalışması, KSU Journal of Engineering Sciences, 18(2) (2015) 33-40.

B- ULUSAL HAKEMLİ DERGİLERDE YAYINLANAN MAKALELER

1. H.E. Şahin, M.S. Kamer, E. Tacgün, A. Erdoğan, **K. Sönmez**, A. Kaya, İ.G. Aksoy, S. Canbazoglu, "Klima Santralleri İçin Tasarlanan Bir V-Profil Delikli Difüzörlü Boş Hücredeki Hava Akışının Sayısal Olarak İncelenmesi", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 12(4) (2015) 71-83.
2. M.S. Kamer, H.E. Şahin, **K. Sönmez**, İ.G. Aksoy, E. Tacgün, A. Erdoğan, S. Canbazoglu, A. Kaya, "Klima Santralleri İçin Tasarlanan Bir Kesik Koni Delikli Difüzörlü Boş Hücredeki Hava Akışının Sayısal Olarak İncelenmesi", TTMD Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi, 103 (2016) 38-46.
3. **K. Sönmez**, M. E. Kuyumcu, P. Yağlıca Altuntaş, A. Kaya, Gözenekli Bir Ortamdaki Düşey Plaka Üzerinden Olan Akışa Birleşik Isı Transferi ve Isı Üretiminin Etkisi, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 12(3) (2015) 47-60.

4. C- ULUSAL BİLİMSEL TOPLANTILARDA SUNULAN VE BİLDİRİ KİTAPLARINDA BASILAN BİLDİRİLER

1. M.S. Kamer, E. Tacgün, H.E. Şahin, A. Erdoğan, **K. Sönmez**, A. Kaya, İ.G. Aksoy, S. Canbazoglu, "Klima Santralleri İçin Tasarlanan Bir V-Profil Delikli Difüzörlü Boş Hücredeki Hava Akışının Sayısal Olarak İncelenmesi", 3. Anadolu Enerji Sempozyumu, 1-3 Ekim 2015, pp. , 796-805, Muğla, TÜRKİYE.
2. A. Erdoğan, E. Tacgün, M.S. Kamer, S. Canbazoglu, İ.G. Aksoy, A. Kaya, **K. Sönmez**, H.E. Şahin, "Klima Santralleri İçin Tasarlanan Bir Delikli Difüzörlü Boş Hücredeki Hava Akışının Sayısal Olarak İncelenmesi", 3. Anadolu Enerji Sempozyumu, 1-3 Ekim 2015, pp. , 481-490, Muğla, TÜRKİYE.
3. **K. Sönmez**, M. E. Kuyumcu, P. Yağlıca Altuntaş, A. Kaya, Gözenekli Bir Ortamdaki Düşey Plaka Üzerinden Olan Akışa Birleşik Isı Transferi ve Isı Üretiminin Etkisi, 3. Anadolu Enerji Sempozyumu, 1-3 Ekim 2015, Muğla, TÜRKİYE.

4. M. E. Kuyumcu, H. E. Şahin, **K. Sönmez**, A. Kaya, Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi Kullanılarak Bir Laboratuvarın Soğutulmasının Teorik İncelenmesi, : 20. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Balıkesir, TÜRKİYE.

D- ULUSLARARASI BİLİMSEL TOPLANTILARDA SUNULAN VE BİLDİRİ KİTABINDA (PROCEEDINGS) BASILAN BİLDİRİLER

1. A. Erdogan, E. Tacgun, M.S. Kamer, S. Canbazoglu, I.G. Aksoy, A. Kaya, H.E. Sahin, **K. Sonmez**, “A Numerical Investigation on Pressure Loss in A Chamber with Truncated Pyramid Perforated Diffuser Designed for Air Handling Units”, 8. International Ege Energy Syposium, 11-13 May 2016, pp. , 823-828, Afyonkarahisar, TURKEY.