



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNDE PERFORMANS ÖLÇÜM
METODOLOJİSİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Yusuf ÖZBAKIŞ

**DOKTORA TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. Fehmi ERZİNCANLI**

DÜZCE, 2022

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNDE PERFORMANS ÖLÇÜM
METODOLOJİSİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Yusuf ÖZBAKIŞ tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Murat ÖZSOY

Sakarya Üniversitesi

Doç. Dr. Nuri ŞEN

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Arif ÖZKAN

Kocaeli Üniversitesi

Doç. Dr. Engin NAS

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 18/01/2022

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

18 Ocak 2022

(İmza)

Yusuf ÖZBAKIŞ



TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI 'ya en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmamda desteğini ve yardımlarını benden esirgemeyen, beni yönlendiren, teşvikleri, cesaretlendirmeleri, tavsiyeleri ve yorumları ile daima yanımda olan, bilgisini ve zamanını benimle paylaşan bana hep yön gösteren sevgili hocalarım Doç. Dr. Murat ÖZSOY, Doç. Dr. Nuri ŞEN, Doç. Dr. Levent UĞUR ve Doç. Dr. Engin NAS 'a Őükranlarımı sunarım.

Çalışmalarında her türlü desteğı ve imkânı sağlayan Silverline Endüstri'ye, yardımlarından dolayı Ar-Ge departmanı personellerine ve hiçbir desteğini esirgemeyen Sn. Halil KARTAL 'a teşekkürlerimi sunarım.

Desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, bugünlere gelmemde büyük katkıları olan anneme, babama, abime ve kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sabrı, inancı, özveri ve sevgisiyle hep yanımda olup, benden hiçbir desteğini esirgemeyen sevgili eşime, biricik kızıma ve oğluma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 3190623 numaralı AR-GE projesi kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden ötürü TÜBİTAK' a teşekkür ederim.

18 Ocak 2022

Yusuf ÖZBAKIŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
KISALTMALAR.....	xi
SİMGELER	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
EXTENDED ABSTRACT	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ	3
1.1.1. Doğal Havalandırma	3
1.1.2. Mekanik Havalandırma.....	4
1.2. DAVLUMBAZLAR.....	6
1.3. HAVA AKIŞ KONTROL VALFLERİ	8
1.4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	9
1.4.1. Davlumbaz Tasarımları İle İlgili Çalışmalar	9
1.4.2. Hava Akış Kontrol Valfleri İle İlgili Çalışmalar	13
1.4.3. Hava Akış Türü İle İlgili Çalışmalar.....	14
1.5. TEZİN AMACI VE KAPSAMI	17
2. HAVA AKIŞ KONTROL VALFİ TASARIM METODOLİJİSİNİN OLUŞTURULMASI	19
2.1. TASARIM HEDEFLERİ VE STRATEJİSİ.....	19
2.2. HAVA AKIŞ KONTROL VALFLERİNİN İNCELENMESİ.....	20
2.2.1. Hava Akış Kontrol Valfi ve Parçaları	20
2.2.2. Patent Araştırmaları	21
2.3. HAKV TASARIMI	28
2.3.1. HAKV Çalışma Karakteristiği.....	28
2.3.2. HAKV Üzerindeki Hava Geçiş Alanı Optimizasyonu	29
2.3.3. HAKV Hava Geçiş Alanı Eğim Açısı Optimizasyonu	34
3. MATERYAL VE YÖNTEM	37
3.1. DENEYSEL YÖNTEM	40
3.1.1. Deneylede Kullanılan Materyaller	40
3.1.1.1. Hacimsel Debi ve Performans Ölçümü.....	40
3.1.1.2. Yakalama Hızı Ölçümü	41
3.1.1.3. Basınç Ölçümü	42
3.1.1.4. Metil Etil Keton.....	43
3.1.1.5. Hassas terazi.....	44
3.1.1.6. Gaz Detektörü.....	45
3.1.1.7. Dozajlama Pompası	46
3.1.1.8. Enerji Tüketimi Ölçümü.....	46
3.1.1.9. Merkezi Sistem Motoru	47

3.1.1.10. Ocak ve Test Tenceresi	48
3.1.1.11. Koku Performans Test Odası	49
3.1.2. Deneysel Prototiplerin Hazırlanması	51
3.1.3. Deneysel Testlerin Yapılışı	53
3.1.3.1. Hacimsel Debi ve Performans Testi.....	53
3.1.3.2. Koku Performans ve Enerji Tüketim Testi	54
3.2. SAYISAL YÖNTEM	57
3.2.1. Genel Bilgiler ve HAD Entegrasyonu.....	57
3.2.2. HAD Analizleri	57
3.2.2.1. Basitleştirilmiş Analiz Geometrisi.....	58
3.2.2.2. Sayısal Yöntem.....	60
3.2.2.3. Mesh Model.....	62
3.3. YAPILAN ÇALIŞMALAR	66
3.3.1. Mevcut HAKV Tasarım Optimizasyonu	66
3.3.2. Davlumbaz Tasarım Optimizasyonu.....	66
3.3.3. Yenilikçi HAKV Tasarım Optimizasyonu	68
3.3.3.1. Yenilikçi HAKV Tasarım Optimizasyonu	68
3.3.3.2. Yenilikçi HAKV Eğitim Açısı Optimizasyonu	69
3.3.4. Mevcut ve Yenilikçi HAKV Performans Testleri	70
3.3.5. Koku Yakalama Performans Testleri	71
3.3.6. Enerji Tüketim Performans Testleri.....	72
4. SONUÇLAR.....	74
4.1. SAYISAL ANALİZLERİN DOĞRULANMASI	74
4.2. MEVCUT HAKV TASARIM OPTİMİZASYONU SONUÇLARI.....	75
4.3. DAVLUMBAZ TASARIM OPTİMİZASYONU SONUÇLARI	84
4.3.1. Sayısal Simülasyon Analizi Sonuçları	84
4.3.2. Deneysel Test Sonuçları.....	91
4.4. YENİLİKÇİ HAKV TASARIM OPTİMİZASYONU SONUÇLARI	93
4.4.1. Yenilikçi HAKV Tasarım Optimizasyonu	93
4.4.2. Yenilikçi HAKV Eğitim Açısı Optimizasyonu	102
4.5. MEVCUT VE YENİLİKÇİ HAKV PERFORMANS TESTİ SONUÇLARI	105
4.5.1. Sayısal Analiz Sonuçları	105
4.5.2. Deneysel Test Sonuçları.....	114
4.6. KOKU PERFORMANS TESTİ SONUÇLARI.....	117
4.6.1. Sayısal Analiz Sonuçları	117
4.6.2. Deneysel Test Sonuçları.....	130
4.7. ENERJİ TÜKETİMİ TESTİ SONUÇLARI.....	133
5. BULGULAR VE ÖNERİLER.....	137
6. KAYNAKLAR	140
ÖZGEÇMİŞ.....	146

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. İhtiyaçlar hiyerarşisi.	1
Şekil 1.2. Müstakil binalar için merkezi havalandırma gösterimi.	4
Şekil 1.3. Çok katlı binalar için merkezi havalandırma gösterimi.	5
Şekil 1.4. Fabrika ve ofis binaları için merkezi havalandırma gösterimi.	6
Şekil 1.5. Motorlu davlumbaz.	7
Şekil 1.6. Hava akış kontrol valfine sahip davlumbaz.	8
Şekil 1.7. Farklı geometrilere sahip davlumbaz tasarımları sonucu oluşan hava hızı dağılımları.	11
Şekil 1.8. Ters hava akımı çalışmasına ait görseller, a) Davlumbaz tasarımı, b) Mevcut davlumbaz analizi, c) Ters hava akımına sahip davlumbaz analizi.	11
Şekil 1.9. Hava jeti çalışmasına ait görseller, a) Davlumbaz tasarımı, b) Mevcut davlumbaz analizi, c) Hava jeti eklenmiş davlumbaz analizi.	12
Şekil 1.10. Valf tasarımının hava akışı üzerindeki etkisi.	14
Şekil 1.11. Girdap oluşumunun yakalama performansı üzerindeki etkisi.	15
Şekil 1.12. Vorteks vantilatörünün yakalama performansı üzerindeki etkisi.	16
Şekil 1.13. Vorteks vantilatörü, a) Kanatçık tasarımı, b) Farklı devirde oluşan hava hızları, c) Yakalama performansı üzerindeki etkisi.	16
Şekil 1.14. HAKV tasarımı akış şeması.	18
Şekil 2.1. Örnek HAKV patlatılmış görünümü.	21
Şekil 2.2. US2009266903A1 numaralı patent teknik çizimi.	22
Şekil 2.3. US4599081A numaralı patent teknik çizimi.	22
Şekil 2.4. US3958605A numaralı patent teknik çizimi.	23
Şekil 2.5. US4175583A numaralı patent teknik çizimi.	23
Şekil 2.6. USD524435S numaralı patent teknik çizimi.	24
Şekil 2.7. CN202432055U numaralı patent teknik çizimi.	24
Şekil 2.8. USD559969S numaralı patent teknik çizimi.	25
Şekil 2.9. US2010031921A1 numaralı patent teknik çizimi.	25
Şekil 2.10. EP0422316A1 numaralı patent teknik çizimi.	26
Şekil 2.11. US2013068846A1 numaralı patent teknik çizimi a) Açık pozisyon, b) Kapalı pozisyon, c) Mekanizma.	26
Şekil 2.12. WO9947839A1 numaralı patent teknik çizimi.	27
Şekil 2.13. US2015102250A1 numaralı patent teknik çizimi a) Açık pozisyon, b) Kapalı pozisyon.	27
Şekil 2.14. Kelebek HAKV akış alanı hız dağılımı.	28
Şekil 2.15. Farklı kesit alanlarına sahip havalandırma başlıkları.	29
Şekil 2.16. Mevcut HAKV tasarımı, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.	31
Şekil 2.17. Yenilikçi HAKV tasarımı, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.	33
Şekil 2.18. Yenilikçi HAKV emiş bölgesi eğim açıları.	35
Şekil 3.1. Ürün performans testi deneysel kurulumun detaylı şematik resmi.	38
Şekil 3.2. Koku performans testi deneysel kurulumun detaylı şematik resmi.	39
Şekil 3.3. Hacimsel debi ve performans ölçüm cihazı, a) Test bench, b) Kontrol paneli.	40
Şekil 3.4. Hacimsel hava akış ve performans testi ve şematik hali.	41

Şekil 3.5. Yakalama hızı ölçüm cihazı.	42
Şekil 3.6. Basınç ölçüm cihazı.	43
Şekil 3.7. Metil Etil Keton.	44
Şekil 3.8. Hassas terazi.	45
Şekil 3.9. Gaz ölçüm cihazı.	45
Şekil 3.10. MEK dozajlama pompası.	46
Şekil 3.11. Enerji tüketimi ölçüm cihazı.	47
Şekil 3.12. Merkezi sistem motoru.	48
Şekil 3.13. Ocağ ve test tenceresi.	49
Şekil 3.14. Koku performans test odası, a) görünüm 1, b) görünüm 2.	50
Şekil 3.15. Koku performans test odası, a) dıştan görünüm, b) içten görünüm.	51
Şekil 3.16. Davlumbaz prototiplerinin oluşturulması, a) Lazer ile sac kesme, b) Sac şekillendirme, c) Montaj.	52
Şekil 3.17. Yenilikçi HAKV 3B baskısı, a) Stratasys Eden260 marka cihaz, b) HAKV hareketli kısım, c) HAKV sabit kısım.	52
Şekil 3.18. Hacimsel debi ve performans test düzeneği genel görünümü.	54
Şekil 3.19. Koku performans test odası genel görünümü.	56
Şekil 3.20. Merkezi sistem davlumbazı.	58
Şekil 3.21. Basitleştirilmiş davlumbaz ve HAKV analiz geometrisi.	59
Şekil 3.22. Ana boyutları ile mutfağın 3 boyutlu çizimi.	60
Şekil 3.23. Mesh duyarlılık analizi.	63
Şekil 3.24. Mesh yapısı görünümü.	63
Şekil 3.25. Mesh dağılımının farklı görünüşleri.	64
Şekil 3.26. Basitleştirilmiş tam ölçekli mutfak analiz geometrisi.	65
Şekil 3.27. Davlumbazlara ait genişletilmiş görünüm.	67
Şekil 3.28. Davlumbazlara ait prototipler.	67
Şekil 3.29. Mevcut ve yenilikçi modele ait genişletilmiş görünüm.	70
Şekil 3.30. Mevcut ve Yenilikçi modele ait prototipler.	70
Şekil 4.1. Doğrulama testi sonuçları, farklı akış hızları için sistem basıncı.	75
Şekil 4.2. Mevcut HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan hava akış vektör görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.	77
Şekil 4.3. Mevcut HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan Türbülans Kinetik Enerji görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.	80
Şekil 4.4. Mevcut HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan yakalama hızı görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.	82
Şekil 4.5. Mevcut HAKV tasarım optimizasyonu sonucu debi ve yakalama hızı.	84
Şekil 4.6. Ön ve yan görünümünden davlumbaz hava akışı, a) HYK'sız ön görünüm, b) HYK'lı ön görünüm, c) HYK'sız yan görünüm, d) HYK'lı yan görünüm.	86
Şekil 4.7. Düzlem 1'de oluşan yakalama hızı dağılımı, a) HYK'sız model, b) HYK'lı model.	87
Şekil 4.8. Düzlem 0'da oluşan 0,35 m/s ve üzeri yakalama hızı dağılımı, a) HYK'sız, b) HYK'lı.	88
Şekil 4.9. Ön ve yan görünümünden davlumbaz yakalama hızı dağılımı, a) HYK'sız ön görünüm, b) HYK'lı ön görünüm, c) HYK'sız yan görünüm, d) HYK'lı yan görünüm.	89
Şekil 4.10. Davlumbaz yakalama alanında oluşan yakalama hızı dağılımı, a) HYK'sız model, b) HYK'lı model.	90

Şekil 4.11. Deneyler sonucu oluşan debi-basınç grafiği.....	92
Şekil 4.12. Deneyler sonucu oluşan debi-yakalama hızı grafiği.....	93
Şekil 4.13. Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan hava akış vektör görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.	95
Şekil 4.14. Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan Türbülans Kinetik Enerji görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.	98
Şekil 4.15. Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan yakalama hızı görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.	100
Şekil 4.16. Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu debi ve yakalama hızı. ..	102
Şekil 4.17. Yenilikçi HAKV eğim açısı optimizasyonu sonucu streamline görünümü,	103
Şekil 4.18. Yenilikçi HAKV eğim açısı optimizasyonu sonucu debi ve yakalama hızı.	104
Şekil 4.19. Sayısal analiz sonuçları.	107
Şekil 4.20. Türbülans Kinetik Enerji sonuçları, a) Mevcut, b) Yenilikçi.	108
Şekil 4.21. Vektörel hız görünümü, a) Mevcut, b) Yenilikçi.	109
Şekil 4.22. Ortalama yakalama hızı dağılımı, a) Mevcut, b) Yenilikçi.	110
Şekil 4.23. Düzlem 1’de oluşan 0.2 m/s yakalama hızı dağılımı, a) Mevcut, b) Yenilikçi.	111
Şekil 4.24. Davlumbaz emiş bölgesinde oluşan hava akışı, a) Mevcut, b) Yenilikçi... ..	112
Şekil 4.25. Analiz sonucu oluşan yakalama hızları, a) Çizgi 1, b) Çizgi 2, c) Çizgi 3, ..	114
Şekil 4.26. Deneysel test Sonuçları.	116
Şekil 4.27. 100 m ³ /h debi ve 10 s sonra mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut,..	118
Şekil 4.28. 100 m ³ /h debi mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut ön görünüm, ...	120
Şekil 4.29. 200 m ³ /h debi mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut ön görünüm, ...	122
Şekil 4.30. 300 m ³ /h debi mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut ön görünüm, ...	124
Şekil 4.31. 400 m ³ /h debi mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut ön görünüm, ...	125
Şekil 4.32. Sayısal analizler sonucu oluşan yakalama verimliliği sonuçları.	126
Şekil 4.33. Mutfak içerisinde oluşan sıcaklık dağılımı, a) Mevcut 100 m ³ /h,.....	130
Şekil 4.34. Farklı debiler için koku verimliliği karşılaştırması.	132
Şekil 4.35. Deneyler sırasında oluşan enerji tüketimi.	135

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Mevcut ve yenilikçi HAKV hava geçiş alanları.	34
Çizelge 2.2. Yenilikçi HAKV hava geçiş alanları.	36
Çizelge 3.1. Hacimsel debi ve performans ölçüm cihazı özellikleri.	41
Çizelge 3.2. Hız ölçüm cihazı özellikleri.	42
Çizelge 3.3. Basınç ölçüm cihazı özellikleri.	43
Çizelge 3.4. MEK teknik özellikleri	44
Çizelge 3.5. Gaz detektör cihazı özellikleri.	45
Çizelge 3.6. MEK dozajlama cihazı özellikleri.	46
Çizelge 3.7. Enerji tüketimi ölçüm cihazı özellikleri.	47
Çizelge 3.8. Merkezi sistem motoru özellikleri.	48
Çizelge 3.9. Ocak özellikleri.	49
Çizelge 3.10. Mevcut HAKV tasarımına ait deney tasarımı.	66
Çizelge 3.11. Davlumbaz tasarımına ait deney tasarımı.	68
Çizelge 3.12. Yenilikçi HAKV tasarımına ait deney tasarımı.	69
Çizelge 3.13. Yenilikçi HAKV eğim açısı tasarımına ait deney tasarımı.	69
Çizelge 3.14. Mevcut ve Yenilikçi HAKV performans testi deney tasarımı.	71
Çizelge 3.15. Koku yakalama performans testi deney tasarımı.	72
Çizelge 3.16. Enerji tüketim testi deney tasarımı.	73
Çizelge 4.1. Mevcut HAKV optizasyonu sayısal analiz sonuçları.	83
Çizelge 4.2. Deneysel analiz sonuçları.	91
Çizelge 4.3. Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sayısal analiz sonuçları.	101
Çizelge 4.4. Yenilikçi HAKV eğim açısı optimizasyonu sayısal analiz sonuçları.	104
Çizelge 4.5. Sayısal analiz sonuçları.	106
Çizelge 4.6. Deneysel test sonuçları.	115
Çizelge 4.7. Deneyler sonucu oluşan koku performans sonuçları.	131
Çizelge 4.8. Koku performans sonuçlarının karşılaştırılması.	132
Çizelge 4.9. Enerji tüketim sonuçlarının karşılaştırılması.	133
Çizelge 4.10. Performans iyileşmeleri.	136

KISALTMALAR

ASHRAE	Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği
ASTM	Amerikan Test ve Malzeme Kurumu
AVED	Yapay girdap egzoz cihazı
CAV	Sabit hava hacmi
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
DC	Doğru akım
EPO	Avrupa Patent Ofisi
HAD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
HAKV	Hava akış kontrol valfi
HYK	Hava yönlendirici kılavuz
TKE	Türbülans Kinetik Enerji
LEV	Lokal eksoz havalandırma
MEK	Metil etil keton
RANS	Reynolds ortalamalı Navier-Stokes
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
VV	Vortex vantilatörü

SİMGELER

A	Alan
C_1	Test odasında ilk andaki MEK konsantrasyonunu
C_2	HAKV’i açırken ki MEK konsantrasyonunu
$C_{\text{çıkış}}$	Çıkıştaki MEK konsantrasyonu
$C_{\text{giriş}}$	Girişteki MEK konsantrasyonu
cfm	Dakikadaki fit küp
C_{oda}	Odadaki MEK konsantrasyonu
D	Boru çapı
g	Yer çekim ivmesi
G_k	Ortalama hız gradyanlarından dolayı türbülans kinetik Enerjisinin oluşumu
h	Entalpi
H	Yükseklik
k	Türbülans kinetik enerji
L	Uzunluk
η	Verim
p	Basınç
P	Güç
rpm	Dakikadaki devir sayısı
Re	Reynold sayısı
Q	Debi
t	Zaman
T	Sıcaklık
u_i	Ortalama hız
V	Hacim
v_s	Akışkanın hızı
W	Genişlik
μ	Viskozite
μ_t	Türbülanslı viskozite
ρ	Yoğunluk
ω	Özgül dağılım oranını
x_i	Uzaysal koordinat vektörü

ÖZET

HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNDE PERFORMANS ÖLÇÜM METODOLOJİSİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Yusuf ÖZBAKIŞ

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

Ocak 2022, 138 sayfa

Bu tez çalışmasında, merkezi havalandırma sistemlerinde kullanılan hava akış kontrol valfleri ve test yöntemleri hakkında araştırmaların yapılması, ayrıca yenilikçi bir hava akış kontrol valfi geliştirmek için test yöntemlerinin denenerek sonuçlarının uygulamaya aktarılması ve literatüre kazandırılması amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda, ilk olarak hava akış kontrol valfleri ile ilgili alınmış patentler incelenmiştir. Hava akış kontrol valflerinin performansına etki eden tasarım parametreleri belirlenmiştir. Hava akış kontrol valfinin tasarım parametreleri olarak; hava akış kontrol valfinin konik yapısı, açıklık sayısı ve hava akış slot açısı belirlenmiştir. Diğer taraftan, davlumbaz tasarımı ile ilgili olarak; davlumbaza eklenen hava yönlendirici kılavuzun davlumbaz performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan tasarım optimizasyonları sonucu oluşturulan merkezi havalandırma sistemi davlumbazı ve hava akış kontrol valfi, farklı debi koşulunda yakalama hızı, debi için gerekli olan merkezi sistem basıncı ve koku performansı açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, Avrupa standardına uygun koku yakalama performansı gerçek ortam deneyleri sayısal analizler ile simüle edilmiştir. Sayısal analizler için tam ölçekli bir mutfak ve davlumbaza monte edilmiş hava akış kontrol valfi modellenmiştir. Analizlerde, ocak tarafından ısıtılmış su buharı ve metil etil keton karışımının hava akış kontrol valfi tarafından yakalanmasını simüle etmektedir. Analiz sonuçları, yakalama hızı, koku yakalama performansı, türbülans oluşumu ve debi için gerekli olan sistem basıncı açısından incelenmiştir. Sayısal çalışmalarda hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı olan ANSYS Fluent 19.0 yazılımı kullanılmıştır. Analizlerde çok fazlı akışlar için akışkanların hareketini tanımlayan, standart $k-\omega$ SST türbülans modeli kullanılmıştır. Sayısal analizler deneysel çalışmalar ile doğrulanmıştır. Çalışmalar sonucu geliştirilen yenilikçi hava akış kontrol valfi ile enerji tüketimi deneyleri gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen yenilikçi hava akış kontrol valfi sayesinde performans artışı sağlanmış ve tez çalışması kapsamında geliştirilen hava akış kontrol valfi tasarımına patent başvurusu yapılmıştır.

Anahtar sözcükler: Enerji verimliliği, HAD analizi, Koku yakalama performansı, Merkezi havalandırma sistemi & Hava akış kontrol valfi, Türbülans yoğunluğu.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF PERFORMANCE MEASUREMENT METHODOLOGY IN VENTILATION SYSTEMS

Yusuf ÖZBAKIŞ

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Mechanical
Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

January 2022, 138 pages

The aim of this thesis is to conduct research on air flow control valves and test methods used in central ventilation systems, also as well as to trying test methods to develop an innovative air flow control valve, to transfer the results to application and to bring to the literature. For this purposes, firstly, patents related to air flow control valves were examined. The design parameters that affect the performance of the air flow control valves have been determined. The design parameters of the air flow control valve; the conical structure of the air flow control valve was determined as the number of openings and the air flow slot angle. On the other hand, regarding the hood design; the effects of the air-directing guide added to the hood on the hood performance were investigated. The central ventilation system hood and air flow control valve, which were created as a result of design optimizations, were evaluated in terms of capture velocity, central system pressure required for flow rate and odour performance under different flow conditions. In addition, odour capture performance in accordance with the European standard was simulated by numerical analysis of real environment experiments. A full scale kitchen and hood mounted air flow control valve is modeled for numerical analysis. The analyzes simulate the capture of a mixture of water vapor and methyl ethyl ketone heated by the cooker by the air flow control valve. Analysis results were examined in terms of capture rate, odour capture performance, turbulence formation and system pressure required for flow. ANSYS Fluent 19.0 software, which is a computational fluid dynamics software, was used in numerical studies. The standard $k-\omega$ SST turbulence model, which describes the motion of fluids for multiphase flows, was used in the analyses. Numerical analyzes have been confirmed by experimental studies. Energy consumption experiments were carried out with the innovative air flow control valve developed as a result of the studies. Thanks to the innovative air flow control valve developed, performance increase has been achieved and a patent application has been made for the air flow control valve design developed within the scope of the thesis.

Keywords: CFD analysis, Central ventilation system & Air flow control valve, Energy efficiency, Odour capture performance, Turbulence density.

EXTENDED ABSTRACT

DEVELOPMENT OF PERFORMANCE MEASUREMENT METHODOLOGY IN VENTILATION SYSTEMS

Yusuf ÖZBAKIŞ

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Mechanical
Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

January 2022, 138 pages

1. INTRODUCTION

Human has to meet his need for food in order to survive. Especially after the settled life, the area where the food needs were met has been the kitchen. However, the kitchen, where the need for food is met, is the most important place that negatively affects the indoor air quality of the buildings. Because most foods can be prepared by cooking. Worldwide, cooking has been the mainstay of human health. As the ventilation rate increases in the kitchens, the pollutant concentration in the final state decreases. However, considering that the hot air is thrown out due to unnecessary ventilation in the indoor environment and the energy requirement for ventilation, this process means a loss of energy. Therefore, steady-state concentration needs to be established in an acceptable state of 'comfort' and 'confidence'. In such a case, less ventilation and therefore less energy need will be met. In addition, increasing the energy efficiency of the ventilation system and reducing overall energy consumption play an important role in reducing greenhouse gas emissions. For the stated reasons, it is important to develop eco-guided products that will meet the ventilation needs of people. In the literature, there are studies on local ventilation and central ventilation system energy efficiency. It has been emphasized in the studies that ventilation systems can be improved by equipping them with diverter valves. In addition, the effect of the vortex to be created in the suction line of the ventilation system hood on the capture performance is also mentioned. In the light of all these researches, it is aimed to produce the design data required to design an innovative air flow control valve with experimental and numerical studies to be carried out and to simulate the odour capture efficiency calculation in accordance with the European standard.

2. MATERIAL AND METHODS

In this study, studies were carried out to improve the concentration and distribution of pollutants in the environment, which is one of the most important parameters of indoor air quality in terms of human health. Within the scope of the study, firstly, the patents related to air flow control valves (AFCV) were examined. The design parameters that affect the performance of the air flow control valves have been determined. As design parameters; the conical structure of the air flow control valve, the number of openings and the air flow slot angles were determined. Solid model designs with the specified parameters were made with SolidWorks v20 software (Dassault Systems SolidWorks Corp., Waltham, MA, USA) design program. ANSYS Fluent 19.0 software, which is a computational fluid dynamics software, was used in the numerical analysis of the designs. The standard $k-\omega$ SST turbulence model, which describes the motion of fluids for multiphase flows, was used in the analyses. With the help of numerical analysis, the current AFCV design optimization study has been carried out. On the other hand, regarding the hood design; the effects of the air-directing guide added to the hood on the hood performance were investigated. In the next step, design optimization studies were carried out for the innovative AFCV. Prototypes of air flow control valves determined as a result of numerical analyzes were created and experimental verification tests were carried out. Numerical analyzes simulating the experimental tests were also performed with these two valves. In addition, odour capture performance in accordance with the European standard was simulated by numerical analysis of real environment experiments. In this context, a full-scale kitchen and a hood-mounted AFCV were modeled. The analyzes simulate the capture of a mixture of heated water vapor and methyl ethyl ketone by the air flow control valve. Analysis results were examined in terms of capture rate, odour performance, turbulence formation and system pressure required for flow. Numerical and experimental odour performance tests of modeled existing and newly developed air flow control valves were performed. The experimental test results and numerical analysis results were compared. Finally, energy consumption experiments were carried out with both air flow control valves.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

To check the accuracy of numerical analysis, numerical and experimental analysis results were compared. An excellent agreement was observed between the numerical analyzes and the experimental results with a good estimation in all flow conditions. In the

validation experiments, there was a maximum deviation of 5.6% in the flow results under the same ambient condition. Since both experimental and numerical analysis results were compatible, the numerical method was used safely. Thanks to the numerical method used, an innovative AFCV was developed by making analyzes. In addition, thanks to numerical analysis, many prototyping processes and experimental tests are not carried out, thus saving both time and energy.

The turbulent kinetic energy (TKE) average results calculated in the numerical analyzes decreased with the increase in the number of partitions created in the AFCV design. When the air flow rates resulting from the numerical analyzes are examined, it is observed that the flow rate increases by 7.33 m³/h in the transition from the 2-section 90° design AFCV to the 4-section 45° AFCV under the same condition. Although the air passage area decreased by 212 mm², it was observed that there was an increase in flow. Thanks to the AFCV design optimization, the turbulence density after HAKV was reduced and the improvement in air flow had a positive effect on the performance.

It has been observed that the air velocities are distributed more homogeneously thanks to the air-directing guide added to the hood. As a result of the analyzes made, it has been observed that the formation of turbulent zones disrupting the flow in the air flow area is prevented and an increase in the hood capture performance is achieved thanks to the air-directing guide added to the hood.

Thanks to the innovative AFCV realized as a result of the studies, the system pressure requirement for the flow rate has decreased. 16% improvement was achieved in the required system pressure at a flow rate of 50 m³/h. In other flow conditions, approximately 24% improvement was achieved thanks to the innovative model. When the capture rates resulting from the experiments were examined, it was observed that the capture rate improved by 7% to 18%, depending on the flow rate.

In the numerical analysis made for the odour capture performance tests, it is seen that the MEK emitted from the test pot spread to the environment when it cannot be caught. Increasing the flow from 100 m³/h to 300 m³/h increased the capture efficiency by about 30%. In addition, thanks to the innovative valve, while the odour performance is increased at the same flow rate, the required system pressure is also saved. When evaluated in terms of the system pressure required for the same flow, approximately 24% improvement was achieved in the system pressure in the whole flow condition.

When the innovative AFCV energy consumption values developed with the existing AFCV are compared, approximately 10% at a flow rate of 100 m³/h, 17% at a flow of 200 m³/h, 22% at a flow of 300 m³/h and 28% at a flow of 400 m³/h energy savings of have been achieved.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK

Thanks to the CFD analysis, the effects of the current design on air flow rate, capture rate and turbulence formation are visualized. Numerical analysis show that turbulence formation is effective on air flow. Within the scope of AFCV design optimization, despite the decrease in the air flow area, an increase was observed in the air flow area as a result of different designs made under the same flow condition. The innovative AFCV design has yielded positive results in terms of flow rate, capture rate and turbulence formation under the same ambient conditions. Thanks to the innovative AFCV developed, the capture velocity has been increased without increasing the central system pressure requirement. As seen in the study, supporting AFCV design processes with developmental models provided a significant performance increase. The simulation and calculation process with ANSYS Fluent software provided an equivalent effect to prototyping, which is one of the most fundamental aspects of design. Within the scope of the study, instead of creating many physical prototypes, 1 prototype was created. In this way, both time and energy savings were achieved.

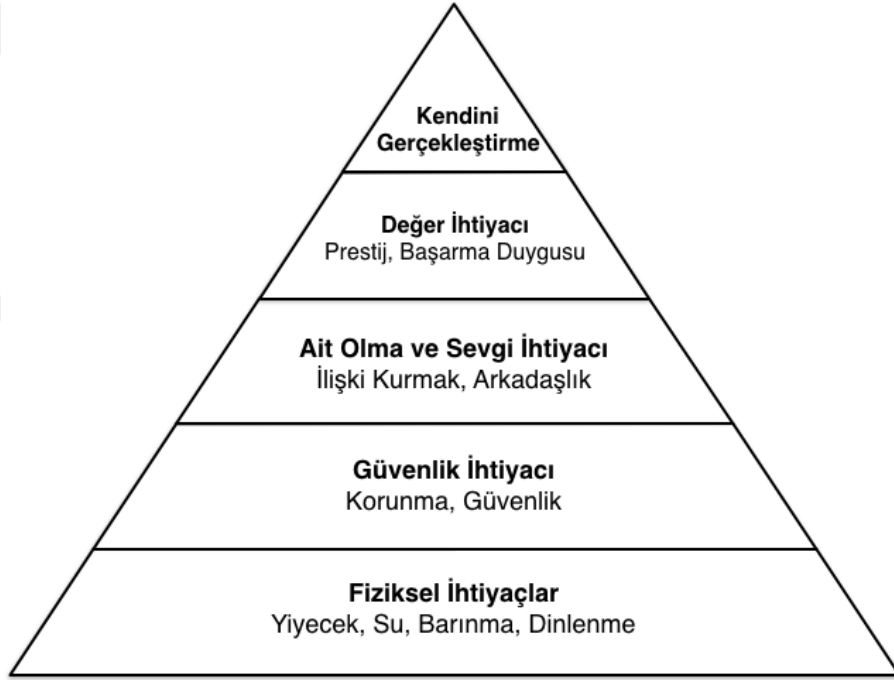
With the innovative AFCV developed, an increase in odour capture performance has been achieved, thus reducing the MEK distribution and temperature distribution in the kitchen. When evaluated in terms of the increase in flow in the system, the energy consumption of the central system motor increased with the increase in flow. However, the increase in energy consumption differed according to the AFCV design, and this increase was less in the innovative AFCV developed.

The improvement in energy consumption increased with the increase in flow and more energy savings were achieved in high flow conditions. The improvement in system pressure required for flow was approximately the same in all flow conditions. The odour capture efficiency decreased with the increase in flow rate.

This study provides valuable information for developing high efficiency ventilation systems with improved indoor air quality and low energy consumption for central ventilation systems.

1. GİRİŞ

İnsanoğlu hayatı boyunca, tüm ihtiyaçlarını giderme gereksinimi duymaktadır. Abraham Maslow, insanların ihtiyaçlarının sınırsız olduğunu ve bir ihtiyaını giderdikten sonra başka bir ihtiyaının ortaya çıkacağını ifade etmiştir. Maslow yapmış olduğu bu tanımlama ile “kişilerin gereksinimi kuramı” olarak tanımladığı, Şekil 1.1’de verilmiş olan ihtiyaçlar hiyerarşisini ortaya koymuştur. İnsanoğlu özellikle temel düzeyde olan, fizyolojik ve güvenlik ihtiyaçlarını gidermek zorundadır. İnsanlar hayatlarını idame ettirebilmek için yemek yemeye, uyumaya ve güvenli bir ortama ihtiyaç duymaktadır [1].



Şekil 1.1. İhtiyaçlar hiyerarşisi.

Fiziksel ihtiyaçların ana bileşenlerinden biri olan “Barınma”, insan doğası üzerinde belirleyici bir role sahiptir. Sağlıklı ve güvenli bir barınma olanağı, karşılanan diğer fiziksel ihtiyaçlarla beraber bireyin hayatta kalmasını sağlayan temel faktör olarak ifade edilmektedir. Özellikle son yüz yılda artan Őehirleřme ile birlikte günlük hayatımızın en az %80’i kapalı mahallerde geçmektedir [2-4]. Bu durum göz önüne alındığında, ortamdaki iç hava kalitesinin insan sağlığı üzerinde belirleyici bir rol üstleneceği apaçık ortadadır. Bu manada, iç hava kalitesi gerek canlılar için gerekse kontrollü ortam

gereksinimi olan farklı imalat ve sağlık işlemleri için önemli bir kavram olarak görülmektedir. İç hava kalitesi, hava hızı, sıcaklığı, nemi ve havanın barındırdığı kirletici miktarı gibi farklı değişkenlere bağlıdır. Söz konusu kirleticiler gaz fazında veya katı-sıvı formlarında bulunabilirler. Katı veya sıvı halde havada dağılmış olarak bulunan bu partiküller, aerosol sistemleri olarak isimlendirilirler. Bu sistemlerdeki partikül oranı kütlesel veya hacimsel olarak tüm sistemin %0.0001' inden daha azına tekabül etmektedir [5]. Burada, ana akışkan olan hava taşıyıcı vazifesi görürken hava içinde dağılmış halde bulunan katı, sıvı veya katı-sıvı parçacıklar (partiküller) ikincil faz olarak tanımlanırlar. Akışkanlar mekaniği açısından bu tarz sistemler iki-fazlı akış kavramı içerisinde değerlendirilirler.

Binaların iç hava kalitesini olumsuz olarak etkileyen en önemli mekân mutfaktır. Çünkü yiyeceklerin çoğu pişirme yoluyla hazırlanabilmektedir. Dünya çapında yemek pişirmek, insan sağlığının temel dayanağı olmuştur. Mutfaklarda pişirme esnasında ortama istenmeyen duman ve kokular yayılmaktadır. Bunlar genellikle yağ damlacıkları, yanma ürünleri, buhar ve yoğunlaştırılmış organik kirleticiler gibi mikrometre boyutundaki partiküllerdir [6]. Ortama yayılan istenmeyen gazlar ve partiküller bulunduğu ortamdan yakalanarak dış ortama atılmadığında ortama nüfus etmektedir. Bu gazlar konutlarda, diğer odalara yayılabilmektedirler. Bu oluşan istenmeyen durum kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkilemektedir. Son yıllarda yapılan disiplinler arası araştırmalar, havadaki partiküllerin çeşitli solunum rahatsızlıklarına ve kardiyovasküler problemlere yol açarak belirli hastalıklara yakalanma miktarını ve ölüm oranlarını arttırdığını göstermiştir [7-10]. Yapılan çalışmalarda [11-13], kadınların ve çocukların pişen yemekten kaynaklanan dumanı solumaktan, solunum yolu, göz tahrişi, baş ağrısı ve bel ağrısı gibi fiziksel rahatsızlıklara maruz kaldıkları belirtilmiştir.

Hindistan'da yemek pişirmek için gereken enerji ihtiyacı toplam enerji tüketiminin % 36'sını oluşturmaktadır [14]. Enerji, insani gelişme için yıllardır büyük talep görmüştür ve ülke kalkınması için birincil ve ikincil ihtiyaç kaynağı olmuştur [15]. Enerji rezervlerinin havalandırma oranları üzerindeki etkisi 1973 yılında Birleşik Devletlerde Arap Petrol Ambargosu ile artmış ve bu durumun ise enerji maliyetlerinin artış göstermesine dolayısıyla binaların ısınmasındaki maliyetlerin artmasına neden olmuştur. Maliyetlerin artması ise binaların havalandırılmasının azalmasına sebep olmuştur. Son

yıllarda havalandırma oranlarındaki azalma, sanayileşmiş ülkelerde astım prevalansını arttırmıştır. Bu durum da, alerjik hastalıklardaki artışla örtüşmektedir [16, 17].

Endüstriyel ve sivil uygulamalar için kirli havaların yakalanmasında davlumbazlara olan ilgi son zamanlarda yeniden artmıştır. Davlumbazlar birçok uygulama alanında (kimya endüstrisi, gıda endüstrisi, endüstriyel depolar ve binalar vb.) ortamdaki egzoz gazlarını, kirletilmiş havayı ve nemli havayı ortamdan dışarı atmak için kullanılmaktadır [18].

1.1. HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ

Kapalı ya da insan kullanımına açık olan herhangi bir ortamın, zararlı gazlardan, uçucu maddelerden, kirli hava faktörlerinden ve daha birçok maddeden arındırılması, sonrasında ise temiz havayla beslenmesi konusunda kullanılan sistemler havalandırma sistemleri olarak tanımlanabilir. Havalandırma sistemlerinin çok geniş bir kullanım alanı olduğunu söylemek mümkündür. Ortamda bulunan kişilerin, toza, dumana ve tehlikeli gazlara karşı korunmasına yardımcı olan bu sistemler, sağlıklı bir çalışma ortamının temelidir [19, 20]. Gelişmiş ülkelerde bulunan konutların havalandırma oranlarının ölçümleri gözden geçirildiğinde, havalandırmanın sağlıklı bir konutun önemli bir bileşeni olarak kabul edildiği görülmektedir [21].

1.1.1. Doğal Havalandırma

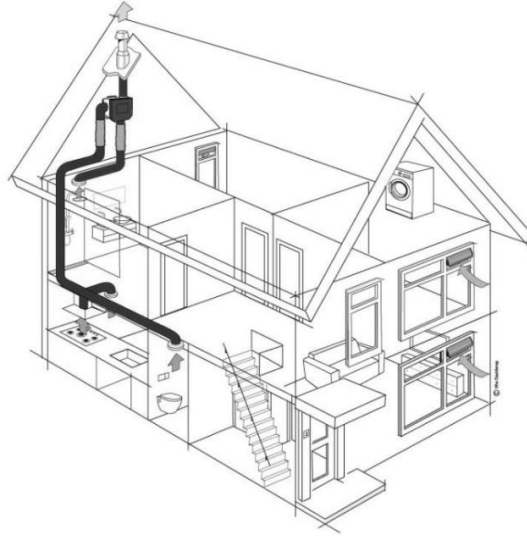
Havalandırma, iç hava kalitesinin güvence altına alınması ve termal konforun sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneğine (ASHRAE) göre doğal havalandırma; bilinçli olarak yapılan havalandırmalar aracılığıyla, rüzgâr basıncı veya hava yoğunluğu farkı gibi, yalnızca doğal etkilerin bir sonucu olarak meydana gelen havalandırma yöntemi olmuştur [22]. Havanın yer değiştirmesi, iç ortam ve dış ortam arasındaki sıcaklık ve basınç farkından kaynaklanmaktadır. Havanın ısınmasıyla genişleyen gaz molekülleri, yoğunluğun azalmasına ve havanın yükselmesine sebep olmaktadır. Yüksek basınçlı bölgeden alçak basınçlı bölgeye doğru sürekli bir akış oluşturmaktadır [23].

Kuzey Avrupa ülkelerinde yapılan havalandırma ölçümlerinde, izlemeye alınan konutların büyük bir yüzdesinin asgari $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ şartı yerine getirmediği gözlemlenmiştir. Doğal olarak havalandırılan İngiltere'deki meskenlerinin, yaz aylarında ($\%70 > 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$) havalandırılarak, bina sakinlerinin sıcak aylarda pencere açarak tüm bina

havalandırmasını etkilediğini göstermiştir. Fakat kış aylarında ($0,5 < \text{m}^3/\text{h} < 68$) havalandırma yapıldığı saptanmıştır [24]. Yapılan çalışma incelendiğinde hava şartlarına bağlı olarak doğal havalandırmanın yetersiz olduğu görülmektedir.

1.1.2. Mekanik Havalandırma

Günümüzde en verimli ve gelişmiş havalandırma türü, mekanik havalandırma türüdür. Mekanik havalandırma sistemlerine örnek olarak merkezi havalandırma sistemleri verilebilir. Bu sistem; binaların birçok bölümünde kirlenen havanın mekanik egzoz sistemleriyle uzaklaştırılması, taze havanın iç ortamlara girmesi esasına dayanır. Genel olarak bina üzerine yerleştirilmiş bir fan motoru yardımı ile binanın birçok bölümünden aynı anda havanın emilmesine imkân sağlamaktadır. Şekil 1.2 müstakil binalar için merkezi havalandırma sistemini göstermektedir. Merkezi havalandırma sistemleri, bina içerisinde bulunan mutfak, banyo, tuvalet vb. odalardan istenildiği sürece ve istenildiği miktarda hava çekerek ortamdaki kötü havalanan ortamdaki uzaklaşmasına ve ortam havasının yenilenmesine yardımcı olmaktadır.

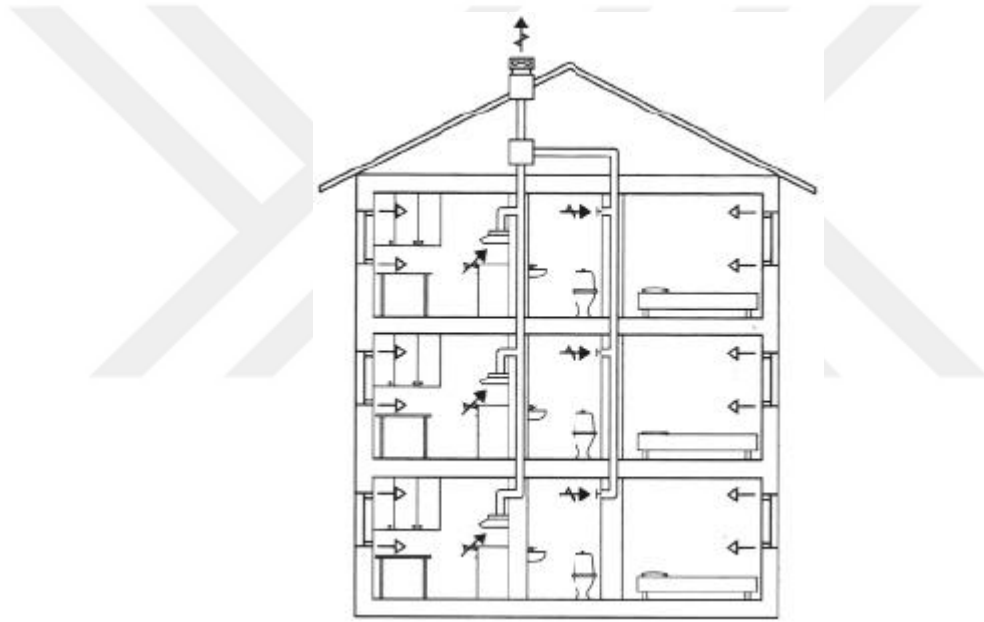


Şekil 1.2. Müstakil binalar için merkezi havalandırma gösterimi.

Havalandırma sistemleri, insan sağlığı ve konforlu yaşam alanları yaratmak için oldukça önemlidir. Uygun havalandırma yapılmadığı takdirde, iç ortamlar her zaman temiz hava eksikliği tehlikesiyle karşı karşıyadır. Binalarda havalandırma, temiz hava sağlamak, koku, toz, bakteri, duman ve insan sağlığına zararlı diğer kirleticileri azaltmak için gereklidir. Merkezi havalandırma sistemine sahip binaların merkezinde fan motoru bulunmaktadır. Bu fan motoru borular yardımı ile havalandırılacak olan ortamda yer alan

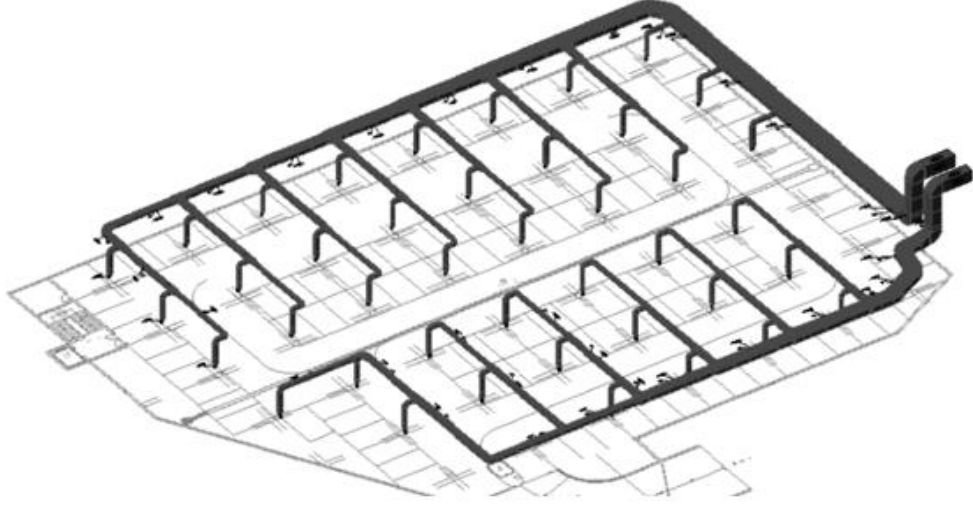
hava akış kontrol valfi (HAKV)'ne bağlıdır [25]. Merkezi havalandırma sistemi motoru ile emiş3 yapılan bina bölümleri içerisinde negatif basınç oluşur. Bu negatif basınç etkisi ile bina içerisinde bulunan kirli hava HAKV yardımı ile emilerek dış ortama atılır. Şekil 1.3 çok katlı binalar için merkezi havalandırma sistemini göstermektedir.

Bekö ve ark. Danimarka Odense'da 3 ila 5 yaş aralığında rastgele seçilen 500 çocuğun yaşamış oldukları iç ortamın, astım ve alerji üzerindeki etkisi ile ilgili geniş çaplı bir araştırma yapmıştır. Rastgele seçilen 500 çocuğun yatak odasında CO₂ ölçümleri yapılmış ve odaların %57'sinin yeteri kadar havalandırılmadığı tespit edilmiştir. Yetersiz havalandırmaya sahip odalarda yaşayan çocukların %40'ında alerjik vaka olduğu tespit edilmiştir [26].



Şekil 1.3. Çok katlı binalar için merkezi havalandırma gösterimi.

Yapılan araştırmalara göre, insanlar uyku dışındaki günlük hayatlarının %70'ini iş yerlerinde geçirmektedir. İş yerlerinin yeteri kadar havalandırılmaması durumunda konforsuz bir ortam meydana gelecektir. Konforsuz bir ortamda, isteksiz olarak yapılan bir işin, insan yaşamının bütününde olumsuz etkiler göstereceği ifade edilmektedir [27]. Dolayısı ile çalışma ortamında oluşturulacak konforlu bir ortam, iş yeri başarısında anahtar rol oynayacak ve çalışanların sağlıklı ve mutlu bir yaşam sürdürmesine katkıda bulunacaktır. Ayrıca bu durum; işletmede istenilen hedefe ulaşmak için işletmelerin temel unsurlarından biri olarak görülmektedir [28]. Şekil 1.4 fabrika ve ofis binaları için merkezi havalandırma sistemini göstermektedir.



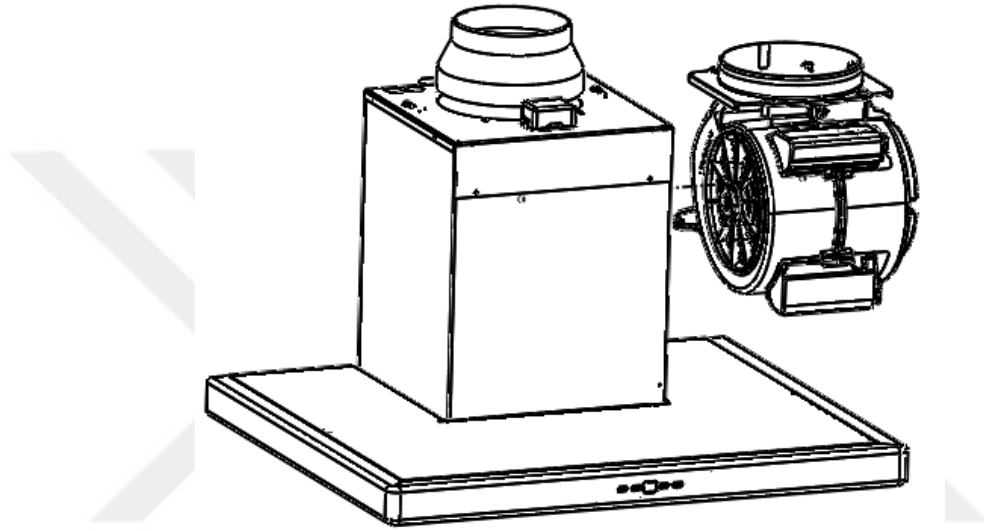
Şekil 1.4. Fabrika ve ofis binaları için merkezi havalandırma gösterimi.

1.2. DAVLUMBAZLAR

Konutların iç hava kalitesini olumsuz olarak etkileyen en önemli mekân mutfaktır. Mutfaklarda pişirme esnasında ortama istenmeyen duman ve kokular yayılmaktadır. Ortama yayılan istenmeyen gazlar bulunduğu ortamdan yakalanarak dış ortama atılmadığında ortama nüfus etmektedir. Bu gazlar konutlarda, diğer odalara yayılabilmektedirler. Mutfaklar, en uygun koşullar altında bile potansiyel olarak tehlikeli yerlerdir. Bütün çalışanlara ve yaşayanlara, işlerini mümkün olan en verimli ve emniyetli şekilde yapmasına olanak sağlayan bir ortam sunulması zorunludur. Bunu elde etmedeki anahtar faktörlerden biri konfordur ve bir mutfaktaki en büyük rahatsızlık da pişirme işleminin oluşturduğu ısı ve nemden kaynaklanmaktadır. Özellikle radyasyon yoluyla yayılan ısıyla baş etmek güçtür ve ortamdan alınamaz, sadece çalışanlar üzerindeki etkisi hafifletilebilir. Mutfak havalandırmasında en uygun çözümlerden biri davlumbaz kullanmaktır. Mutfak davlumbazları ile kokuyu, ıstıyı ve nemi kaynağı üzerinde yakalama imkânı vardır. Davlumbazlarla gerçekleştirilen lokal havalandırma sayesinde, ortamda istenilen miktarda hava çekmek mümkün olabilmektedir. Davlumbazların, ortamdaki kötü kokuyu ve partikülleri yakalaya bilmesi için davlumbaz ağzında belirli hava akış hızına sahip olması gerekmektedir. Davlumbazlar, hava akış hızına sahip olmak ve pişirme alanındaki dumanı, buharı ve zararlı gazları ortamdaki çıkarmak için basınç farkından yararlanırlar [29].

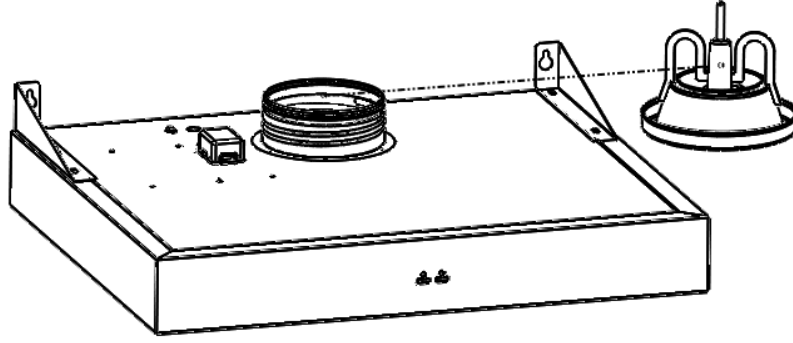
Davlumbaz seçimi, mutfak havalandırma ve iklimlendirme sisteminin en önemli unsurlarından biridir. Doğru yapılmış bir davlumbaz seçimi mutfak havalandırmasındaki

ve iklimlendirmesindeki koku, gürültü, çevre kirliliği gibi pek çok sorunu çözerken mutfığa yapılacak havalandırma ve iklimlendirme sisteminin ilk yatırımında ve işletmesinde önemli tasarruflar sağlayacaktır [30]. Merkezi havalandırma sistemine sahip olmayan binalarda fan motorlu lokal havalandırma davlumbazları kullanılmaktadır. Bu tip davlumbazların içerisinde bulunan fan motoru sayesinde, davlumbaz emiş bölgesinde alçak basınç oluşturularak ortamdaki kirletici gazlar ve istenmeyen kokular yakalanarak dış ortama gönderilir. Şekil 1.5 motorlu davlumbazı göstermektedir.



Şekil 1.5. Motorlu davlumbaz.

Merkezi havalandırma sistemine sahip binaların merkezinde bulunan merkezi havalandırma fan motorları binanın tüm noktalarından hava çekebilmektedir. Bu sistemlere ait binalarda kullanılan davlumbazlarda motor yerine hava akışını istenilen miktarda ayarlayabilecek hava akış kontrol valfleri kullanılmaktadır. Hava akış kontrol valflerine sahip davlumbazlar, sistemde bulunan negatif basınç sayesinde hava sirkülasyonunu sağlamaktadır. Bu tip davlumbazlarda bulunan hava akış kontrol valfleri, istenildiği miktarda açıklık meydana getirerek ortamdan çekilecek hava miktarını ayarlamaktadır. Şekil 1.6 merkezi havalandırma sistemlerinde kullanılan davlumbazı göstermektedir.



Şekil 1.6. Hava akış kontrol valfine sahip davlumbaz.

1.3. HAVA AKIŞ KONTROL VALFLERİ

Bireysel havalandırma sistemlerine alternatif olarak gelişen, merkezi havalandırma sistemlerinde kullanılan hava akış kontrol valfleri ile sistemdeki gürültü seviyeleri minimize edilirken enerji tüketimi de önemli ölçüde azalmaktadır. Merkezi havalandırma sisteminin temel bileşenlerinden biri olan hava akış kontrol valfi sistemin en önemli parçalarından birisidir. Bu valf ile ortamdan saatte ne kadar hava çekildiği ve ortama ne kadar hava gönderileceği ayarlanmaktadır. Avrupa standartları uyumluluğu incelendiğinde ve Avrupa konutlarındaki havalandırma oranlarının ölçümleri gözden geçirildiğinde, havalandırmanın giderek daha sağlıklı bir konutun önemli bir bileşeni olarak kabul edildiği görülmektedir.

Mutfaklarda kirli hava genellikle yemek pişirme esnasında oluşmaktadır. Bu sebepten dolayı mutfaklar, yaygın olarak ocak üzerinde yer alan davlumbaz tarafından havalandırılır. Merkezi havalandırma sistemlerinde, merkezi fan motoru olduğu için davlumbazlar içerisinde havalandırma fan motoruna ihtiyaç yoktur. Davlumbazlar, sürekli çalışan merkezi havalandırma fan motoruna boru yardımı ile bağlıdır. Davlumbaz içerisinde de diğer odalardaki gibi debi miktarını ayarlayacak ve havayı yönlendirecek bir hava akış kontrol valfine ihtiyaç vardır. Mutfak harici diğer odalarda kullanılan hava akış kontrol valfleri sadece temel havalandırmayı yapabilecek sabit ayarlı valflerdir. Davlumbazlarda bulunan hava akış kontrol valfleri, gerektiğinde temel havalandırma işlemini yapabilecek hem de yemek pişirme esnasında ortamda oluşan istenmeyen koku ve buharı ortamdan tahliye edecek ve havalandırma ihtiyacını karşılayacak şekilde hava akış kesit alanının değiştirilebilir (hava debisi ayarlanabilir) bir yapıda olması gerekmektedir [25].

1.4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

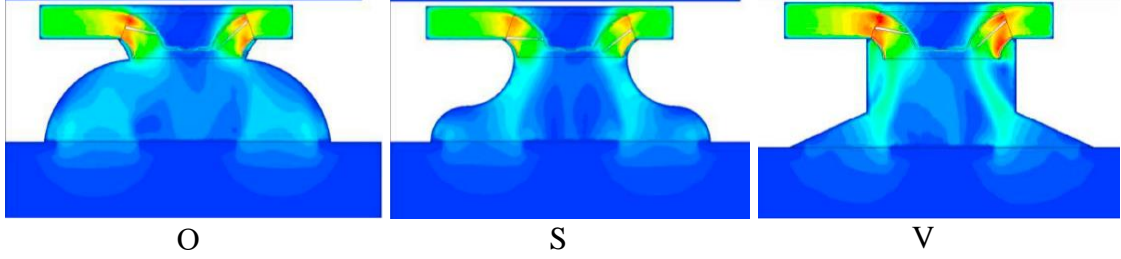
Mutfaklarda, pişirme işlemleri esnasında üretilen kirli hava uygun olmayan havalandırma sistemlerine sahip alanlarda birikir. Bu biriken kirli hava sadece mutfakın sakinleri için değil, aynı zamanda bitişik odalarda olan kişiler için de rahatsız edici olabilir. Bu nedenle, dumanı, uçucu organik bileşikler, gres partiküllerini ve buharı mutfak alanından verimli bir şekilde çıkarmak için yeterli havalandırma sisteminin gerekli olduğu açıktır [31]. Pişirme dumanlarına maruz kalmanın sağlık üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu bilinmektedir. Bazı durumlarda pişirme sanayi, enerji ve tarım gibi diğer hava kirliliği kaynaklarından daha tehlikelidir, çünkü pişirme dumanlarının solunması veya cilde temas etmesi daha olasıdır. Epidemiyolojik çalışmalar, bu kirleticilere maruz kalmanın solunum yolu enfeksiyonları, pnömoni, tüberküloz, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, akciğer kanseri, astım ve kardiyovasküler hastalıklar gibi bazı hastalık riskini artırdığını göstermiştir. Bir çalışmada [32], sigara içmeyen kadınlarda kanser riskinin, özellikle egzoz aspiratörü olmayan mutfaklarda belirli pişirme yöntemleriyle ilişkili görüldüğünü bildirilmiştir. Ayrıca başka bir çalışmada [33], sigara içmeyen kadınlarda kanser riskinin, özellikle davlumbaz olmayan mutfaklarda bazı pişirme yöntemleriyle ilişkili olduğu bildirilmiştir. Tayvan'da geleneksel konut mutfaklarında davlumbazlarının kullanılmasının sadece karbon monoksit konsantrasyonunu 124 ppm'den 9 ppm'e (ASHRAE kriterleri) düşürdüğü değil, aynı zamanda solunum bölgesi etrafındaki hava sıcaklığını rahat bir seviyeye düşürdüğü (60°C'den 28°C'ye) bildirilmiştir [34]. Ayrıca Kang ve ark. [35], 30 konut binasında pişirme işleminin iç mekân hava kalitesi üzerindeki etkisini analiz etmişler. Analizler sonucu pişirme türünün iç mekân hava kalitesinde etkili olduğu gösterilmiştir.

Literatür çalışmaları genel olarak 3 başlıkta ele alınmıştır. İlk bölümde davlumbaz tasarımı ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir. İkinci bölüm hava akış kontrol valf tasarımları ile ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiş ve son olarak hava akış türünün yakalama performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

1.4.1. Davlumbaz Tasarımları İle İlgili Çalışmalar

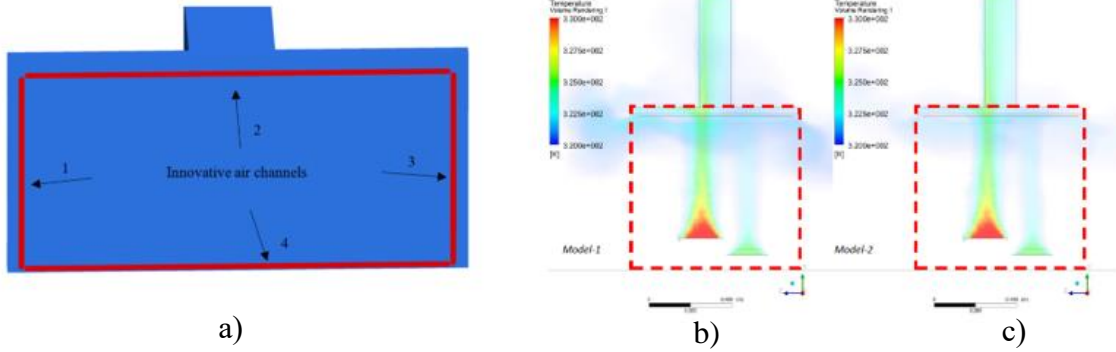
Son zamanlarda, mutfaklarda bulunan kirletici yakalama sistemlerini ayrıntılı olarak anlamak ve yakalama verimliliğini artırmak için sayısal ve deneysel çalışmalar yapılmıştır. Mutfak davlumbazlarının yakalama etkinliği üzerine teorik analiz [36-38], görsel gözlem [39, 40] ve saha / laboratuvar testleri [41-43] ile birçok çalışma yapılmıştır.

Yapılan performans analizlerinde su buharı [36], parçacıklar [36, 44] ve karbon dioksit [42, 45] kullanılmıştır. Singer ve ark. [46], deneysel olarak 15 farklı ev tipi mutfak davlumbazını tasarım ve performans açısından test etmiştir. Yazarlar çalışmada, kirletici yakalama performansının davlumbaz tasarımı, kurulum konfigürasyonu (yükseklik ve açı) ve debisi ile ilişkili olduğunu gözlemlemiştir. Oh ve ark. [47], davlumbaza eklenen gaz kılavuz cihazının yakalama hızı üzerindeki etkisi incelenmiş ve davlumbaz yakalama verimliliğinin davlumbaz geometrisi ve tasarımı ile ilgili olduğunu vurgulamıştır. Başka bir çalışmada, mutfak davlumbazına eklenen ayırma plakası sayesinde oda içerisindeki sıcaklık dağılımında %1,4 ile %1,9 arasında ve CO₂ yayılımında %9,4 ile %11,9 arasında iyileşme olduğu belirtilmiştir [48]. Diğer bir çalışmada, davlumbaza eklenen hava bariyeri sayesinde, farklı debi koşullarında yakalama performansında %16,8 ile %30,8 arasında artmış olduğu belirtilmiştir [49]. Pinelli ve Suman [50], çalışmalarında, davlumbaz boyutunun yakalama hızı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu amaç doğrultusunda farklı ölçülerde (en ve boy) davlumbazlar oluşturmuşlardır. Oluşturulan davlumbazlar ile sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde davlumbaz yüzeylerinde oluşan viskoz kuvvetleri de hesaba katarak davlumbaz yakalama hızını incelemiştirlerdir. Yapılan araştırmalar sonucu kullanıcılar için ampirik bir formül oluşturmuşlardır. Oluşturulan formül maksimum %17,3 sapma ile sayısal sonuçlara uyum sağladığı belirtilmiştir. Huang ve ark. [51], Endüstriyel havalandırma sistemlerinde duman, toz, damlacık ve atık ısı kontrolü üzerine araştırma yapmışlardır. Yapılan çalışma sonucu davlumbaz hacminin yakalama oranında etkili olduğunu göstermişlerdir. Wu ve Liou [52], ocaktan çıkan CO emisyonlarının, yakalanma verimliliğinin iyileştirilmesinde davlumbaz tasarımının etkisini vurgulamak için sayısal bir çalışma yapmışlardır. Sayısal analizlerde, ANSYS Fluent hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılım paketi kullanılmıştır. Reynolds ortalaması alınmış Navier-Stokes (RANS) denkleminin modellenmesinde k-ε türbülans modeli kullanılmıştır. Çalışmada mevcut davlumbaza ek olarak O, S ve V şekilli davlumbaz alt kapat tasarımları yapılmıştır. Mevcut davlumbaza göre akış hızlarında sırasıyla %155,6 , %156,9 ve %159,4 iyileşme sağlanmıştır. V şekilli alt kapak tasarımı ile 404,3 cfm akış oranına ve %98 yakalama verimliliği değerine ulaşılmıştır. Yapılan çalışmaya ait davlumbaz tasarımları Şekil 1.7’de gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Farklı geometrilere sahip davlumbaz tasarımları sonucu oluşan hava hızı dağılımları.

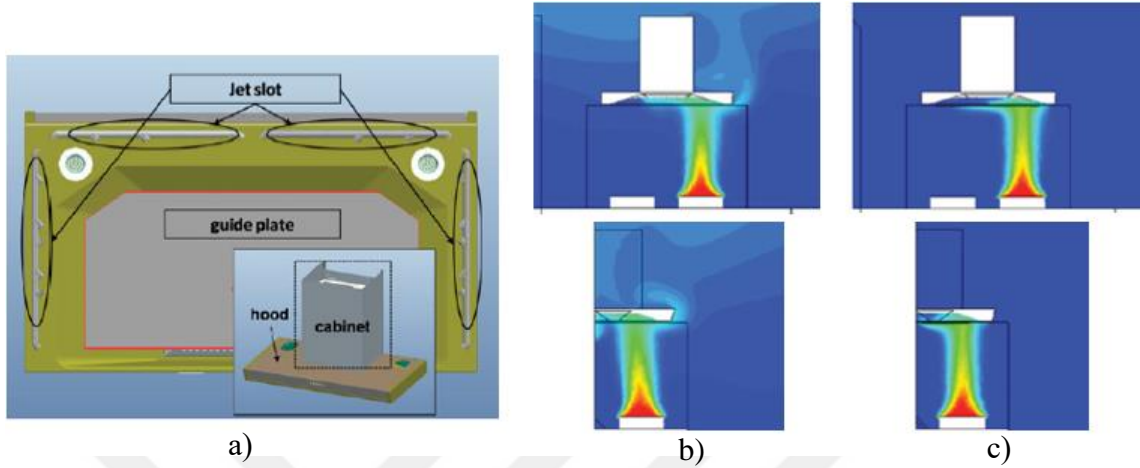
Başka bir çalışmada yazar, mutfak içerisinde duman ve sıcaklık dağılımını engellemek için sayısal bir çalışma yapmıştır. Mevcut davlumbaza ters akımlı hava perdeleri eklenerek mutfak içerisindeki buhar-hava karışımlarının dağılımı incelenmiştir. Sayısal simülasyonlarda Ansys Fluent yazılımında bulunan $k-\epsilon$ türbülans modeli kullanılmıştır. Analizlerde debi için davlumbaza çıkış basıncı tanımlanmış ve duman simülasyonu için ocak üzerinde bulunan üç farklı tencereye buhar fazı çıkışı tanımlanmıştır. Analizler zamana bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak davlumbaza eklenen ters hava akımı ile ocaktan yayılan buhar-hava karışımı davlumbaz hacmi içerisinde tutulmuştur. Analiz sonucu oluşan yakalama performansı görselleri Şekil 1.8’de gösterilmiştir [53].



Şekil 1.8. Ters hava akımı çalışmasına ait görseller, a) Davlumbaz tasarımı, b) Mevcut davlumbaz analizi, c) Ters hava akımına sahip davlumbaz analizi.

Liu ve ark. [54], davlumbaz akış alanında oluşturulan hava perdesinin tasarımsal özelliklerinin yakalama hızı üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamışlardır. Hava perdesinin oluşturulması için davlumbaza hava jeti yerleştirilmiştir. Davlumbaza yerleştirilen hava jeti üzerinde farklı jet hızı, jet açısı ve jet slot genişliği değerleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde $3, \hat{a}$ $2,4 \text{ m} \times 2,8 \text{ m}$ boyutlarında oda, $0,9 \text{ m}$ genişliğinde davlumbaz ve ocak üzerinde 2 adet tencere modellenmiştir. Ortam koşulu olarak, tencereden $310 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta ve $0,01 \text{ kg/s}$ debi ile yağ dumanı yayılımı tanımlanmıştır. Sayısal analizlerde türbülans modeli olarak $k-\omega$ SST türbülans modeli

kullanılmıştır. Analizler için oluşturulan hava jeti tasarım parametrelerinin mutfağa yayılan sıcaklık, yağ dumanı konsantrasyonu ve yağ dumanın salınımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda mutfak ortamının iyileştirilmesi için optimum jet tasarım parametreleri belirlenmiştir.



Şekil 1.9. Hava jeti çalışmasına ait görseller, a) Davlumbaz tasarımı, b) Mevcut davlumbaz analizi, c) Hava jeti eklenmiş davlumbaz analizi.

Zhou ve ark. [55], itmeli-çekmeli mutfak havalandırma sistemi üzerinde bir saha deneysel çalışması yapmıştır. Sonuçlar, itmeli-çekmeli havalandırma sisteminin davlumbazın yakalama verimliliği üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Huang ve ark. [56], insan vücudunun ve yürüme hareketinin hem duvara monteli hem de jet izole davlumbazın akış özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Yapılan çalışma sonucu, tezgahın önünde duran bir aşçının yağ dumanlarını çektiği ve büyük türbülanslı akışlar oluşturarak mutfakta yüksek miktarda yağ dumanı dağılmasına neden olduğu görülmüştür. Hocine ve ark. [57], davlumbaz debisinin ve fan dönüş hızının yakalama verimliliği, CO₂ dağılımı ve hız profilleri üzerindeki etkisini ayrıntılı olarak araştırmışlardır. Sayısal analizler için tam ölçekli bir mutfakta davlumbaz ve davlumbaz fanı modellenmiştir. Analizler Ansys Fluent yazılımı sayesinde $k-\omega$ SST türbülans modeli kullanılarak yapılmıştır. Optimum akış için brülör konfigürasyonu dikkate alınmıştır. Analizler 100 cfm, 300 cfm, 400 cfm ve 600 cfm akış oranında gerçekleştirilmiştir. 100 cfm akış oranında, ortama salınan CO₂ dağılımının sadece %65' inin yakalandığı gösterilmiştir. Modellenen fan sayesinde, fan rpm'indeki artışın yatay eksenindeki hızlara etki ettiği gösterilmiştir. Yazarlar gelecekte fan tasarımının CO₂ dağılımı üzerindeki etkisinin araştırılmasını önermiştir. Başka bir çalışmada, farklı brülör konfigürasyonları için bir mutfak davlumbazı ile CO₂ ekstraksiyonunu modellemek için sayısal simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Brülör sayısı

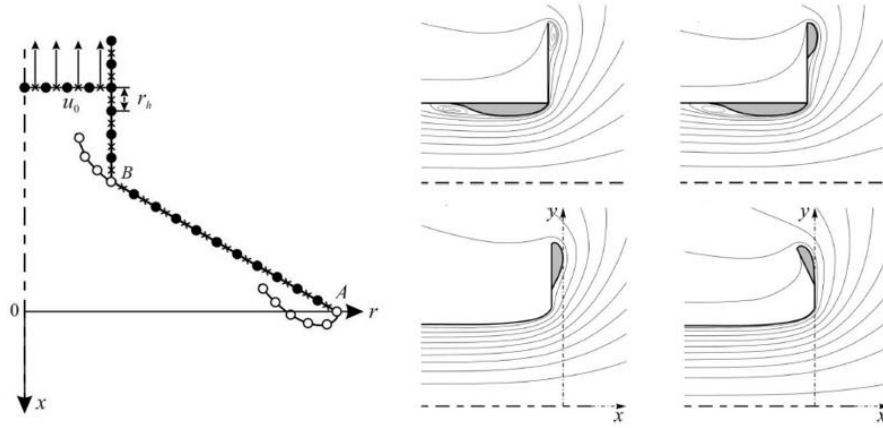
arttırıldığında yakalama verimliliğinin azaldığı görülmüştür [58]. Yi ve ark. [59], davlumbaz debi miktarının, davlumbaz ısı ve gaz yakalama verimliliği üzerindeki etkisini araştırmak için sayısal ve deneysel çalışma yapmışlardır. Çalışmada 100 cfm ve 350 cfm arasında akış oranları ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Davlumbazın akış hızı arttıkça, hem ısı hem de gaz yakalama verimliliği artmıştır. Akış hızının 100 cfm'den 300 cfm'e yükselmesi ile yakalama verimliliğinde %30 oranında artış sağladığını belirtmiştir.

1.4.2. Hava Akış Kontrol Valfleri İle İlgili Çalışmalar

Literatür incelendiğinde merkezi sistemler ve hava akış kontrol valfleri ile ilgili çalışmalarda görülmektedir. Rahnama ve ark. [60] yapmış oldukları çalışmada; merkezileştirilmiş fanın yanı sıra ana fanı kontrol etmek için, sistemin farklı taleplerine dengeli bir yöntem önermişlerdir. Kontrol yöntemi, bölge seviyesi ve sistem seviyesi kontrolünü içermektedir. Kanal içindeki konvansiyonel havalandırma sistemi enerji tasarruflu kontrole benzer statik basıncın ölçülmesine dayanmaktadır. Deneysel sonuçlar, sabit statik basınç ayar noktasına kıyasla sıfırlama stratejisinin uygulanmasıyla fan gücü talebinde yaklaşık %20'lik azalma olduğunu göstermiştir. Diğer bir çalışmada yazarlar, mekanik havalandırma sistemindeki valfleri, merkezi olmayan lokal havalandırma fanlarıyla değiştirerek enerji tasarrufu potansiyellerini araştırmışlardır [61].

Kelebek hava akış kontrol valfi kullanılan sistemlere ait analizde valfin yapısından kaynaklı olarak hava akışında istenmeyen türbülans bölgelerinin oluştuğu görülmüştür [62]. Chen ve ark [63], lokal egzoz havalandırma sistemindeki valf tasarım etkinliğini göstermek için bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, farklı yarı genişlikleri olan halka şeklindeki valf kapak tasarımlarının kirletici maddeleri yakalama hızları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Basit havalandırma ile karşılaştırıldığında yarı genişliğinin yakalama hızının arttırılması üzerindeki etkisini belirlemek için bağıl hız artış katsayısı kullanılmıştır. Yapılan 3 farklı valf tasarıma göre; yakalama hızında sırası ile %9, %30 ve %12 artış sağlanmıştır. Bu çalışmada yapılan geleneksel lokal egzoz havalandırma sistemi performansının değerlendirilmesi ile havalandırma sistemlerinin bir yönlendirme valfi ile donatılarak geliştirilebileceği doğrulanmış ve belirtilmiştir. Logachev ve ark. [64, 65], çeşitli flanş eğim açıları ve uzunluklarının lokal havalandırma valfi girişinde oluşan toz partikül dinamikleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Valf tasarımının hava akışı üzerindeki etkileri Şekil 1.10'da gösterilmiştir. Başka bir çalışmada yazarlar, toz partiküllerinin giriş hızının, emme hızının ve terminal çökme hızının, valf uzunluğu ve

eğim açısı ile birlikte aspirasyon katsayısı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmalar sonucu yazarlar, silindirik flanşlı dairesel konik başlığın en verimli tasarım olduğunu belirtmişlerdir [66].



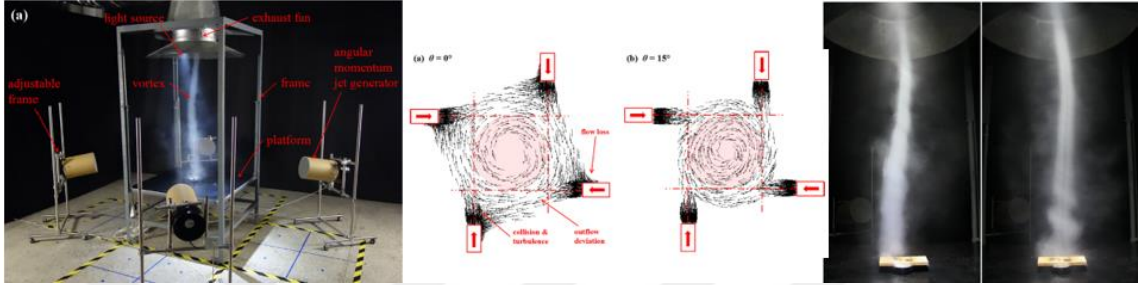
Şekil 1.10. Valf tasarımının hava akışı üzerindeki etkisi.

Başka bir çalışmada, lokal eksoz havalandırma (LEV) valfi kenarlarına eklenen vorteks jeti sayesinde ters hava akımı oluşturulmuş ve LEV cihazının çalışma deneyleri yapılmıştır. LEV valfi kenarlarına eklenen vorteks jeti sayesinde oluşturulan hava perdesi ile duman tahliye performansı artırılmıştır [67].

1.4.3. Hava Akış Türü İle İlgili Çalışmalar

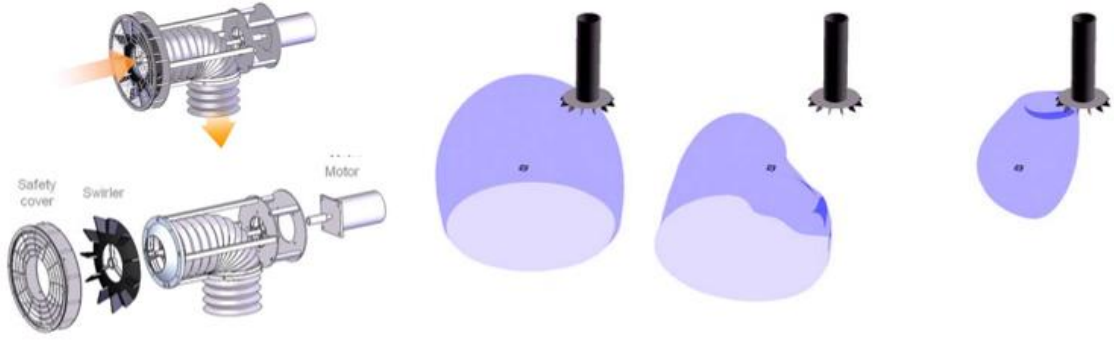
Kasırğa, atmosferdeki ağırlıkları kaldırabilen güçlü emme kuvvetine sahip dönen bir vorteks türüdür. Bir çalışmada yazar [68], yerel egzoz sisteminin verimliliğini artırmak ve kasırğa benzeri vorteks prensibini simüle etmek için yeni bir yapay girdap egzoz cihazı (AVED) tasarlamıştır. Tasarlanan bu cihazın çalışması bir kasırğa prensibine dayanmaktadır. Sabit vorteks oluşumu, AVED'in verimliliğinin kilit faktör olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, AVED'in akış özelliklerini anlamak için deneysel yöntemlerle araştırma yapılmıştır. AVED deneysel kurulumu $10 \times 6 \text{ m}^2$ alan ve 3.5 m tavan yüksekliğinde bir odaya yerleştirilmiştir. Odayı çevreleyen duvarlar, hava akımının etkilenmemesi için vorteksten yeterince uzakta olacak şekilde tasarlanmıştır. Farklı akış hızları için davlumbaz içerisine bir aksenal akış fanı yerleştirilmiştir. Vorteks çekirdeği oluşumu için, platformun dört köşesine açıl momentum jet jeneratörü yerleştirilmiştir. Jeneratörler, vorteksin akış özelliklerini değiştirmek için farklı açılar ve pozisyonlar için ayarlanmıştır. Farklı kaldırma oranları (farklı açılar) için ortalama basınç (p) ve merkez eksen boyunca aksenal hız dağılımı hesaplanmıştır. Açıl momentum jeti, dikey açı çok geniş olduğunda kasırğa benzeri vorteksi oluşturmak için merkez eksen etrafında yeterli

açısal momentum sağlayamamıştır. Dikey açı çok küçük olduğunda kararlı vorteks oluşmamıştır. Vorteks oluşturmak için optimum dikey açısı 10° olarak ölçülmüştür. Vorteks'in az miktarda bir egzoz davlumbazı akış hızı kullanılarak oluşturulabileceği belirtilmiştir. Sıradan bir egzoz davlumbazına kıyasla, oluşturulan vorteks ile kirleticiler, egzoz davlumbazının akış hızının yarısından daha az bir miktarda performans ile yakalanabilir ve kontrol edilebilir olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmalara ait görseller Şekil 1.11'de verilmiştir.



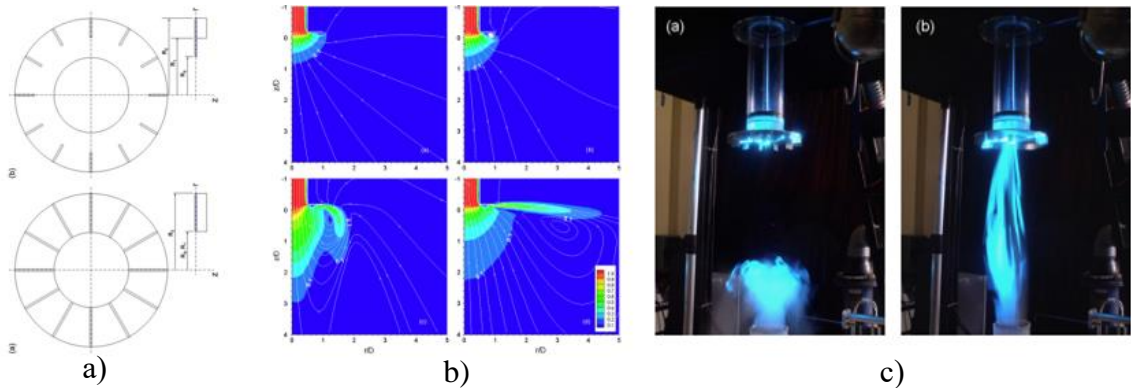
Şekil 1.11. Girdap oluşumunun yakalama performansı üzerindeki etkisi.

Başka bir çalışmada [69]; Vorteks vantilatörü (VV) üzerine çalışılmıştır. Vorteks vantilatörünün yakalama kabiliyetini geliştirmek için bir vorteks akışı kullanan ve dolayısıyla lokal egzoz havalandırma sisteminin kritik kusurlarının üstesinden gelen yeni bir lokal egzoz havalandırma sistemi konsepti oluşturulmuştur. Bu çalışmada, VV'nin yakalama özellikleri için yakalama hızının yanı sıra yakalama verimliliği de değerlendirilmiştir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyonları yapılmış ve gaz izleyici yöntemi kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. VV kanatlarının dönüş hızı, bir DC motor tarafından 0-1700 rpm aralığında kontrol edilmiştir. Eksenel doğrultuda hava hızı, bir mikromanometreye bağlı bir pitot tüpü ile ölçülmüştür. Ölçümler kanatların 0rpm, 1000rpm ve 1300rpm dönüş hızlarında yapılmıştır. Çalışma sonucu, kanatların optimum hızın 1300rpm olduğu bulunmuştur. Vorteks vantilatörü basit emme ile karşılaştırıldığında, yakalama hızının dokuz katından daha büyük bir yakalama hızı verdiği ve böylece %70'den daha yüksek bir yakalama verimliliğine sahip olduğu görülmüştür. Daha büyük yakalama hızı ve VV'nin daha yüksek yakalama verimliliği sayesinde, eksen üzerinde uzak mesafelerde üretilen kirletici maddelerin dışarı atılmasında çok etkili olduğu görülmüştür. Ancak girdap akışı tarafından eksen dışında oluşan kirletici maddelerin bir miktar dağılımına neden olabildiği belirtilmiştir. Ayrıca VV her zaman kirletici kaynağa bakacak şekilde kontrol edilirse, optimum performansı sergileyeceği belirtilmiştir. Yapılan çalışmalara ait görseller Şekil 1.12'de verilmiştir.



Şekil 1.12. Vorteks vantilatörünün yakalama performansı üzerindeki etkisi.

Diğer bir çalışmada [70], vorteks havalandırma sisteminin akış özellikleri hem deneysel hem de sayısal olarak incelenmiştir. Vorteks vantilatörünün tasarımında ve çalışma hızlarındaki farklı parametreler ile yeni deneyler yapılmıştır. 0 rpm ve 1000 rpm hızlarda hava akışının havalandırma girişinden çok geniş bir alana doğru yayıldığı görülmüştür. 2000 rpm de kanatçıkların oluşturduğu girdap ile akışın birbirine karıştığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, gürültü ve türbülans yoğunluğunun 2200 rpm'e kadar yükseldiği ve sonrasında ani bir gürültü düşüşü olduğu görülmüştür. Tasarımsal olarak; geniş bir konik disk kullanılarak vorteks alanının genişletileceği ve etki alanının uzatılacağı belirtilmiştir. Sonuç olarak, vorteks oluşumu, bir hava perdesinin rolünü oynayarak, emme akışını çevrelemiş ve havalandırma borusuna doğru akışı indüklemiştir. Akış görselleştirme deneyleri sayesinde, uzak alan yakalama kapasitesinin girişten 500 mm mesafeye kadar arttırıldığı doğrulanmıştır. Yapılan çalışmalara ait görseller Şekil 1.13'te verilmiştir.



Şekil 1.13. Vorteks vantilatörü, a) Kanatçık tasarımı, b) Farklı devirde oluşan hava hızları, c) Yakalama performansı üzerindeki etkisi.

1.5. TEZİN AMACI VE KAPSAMI

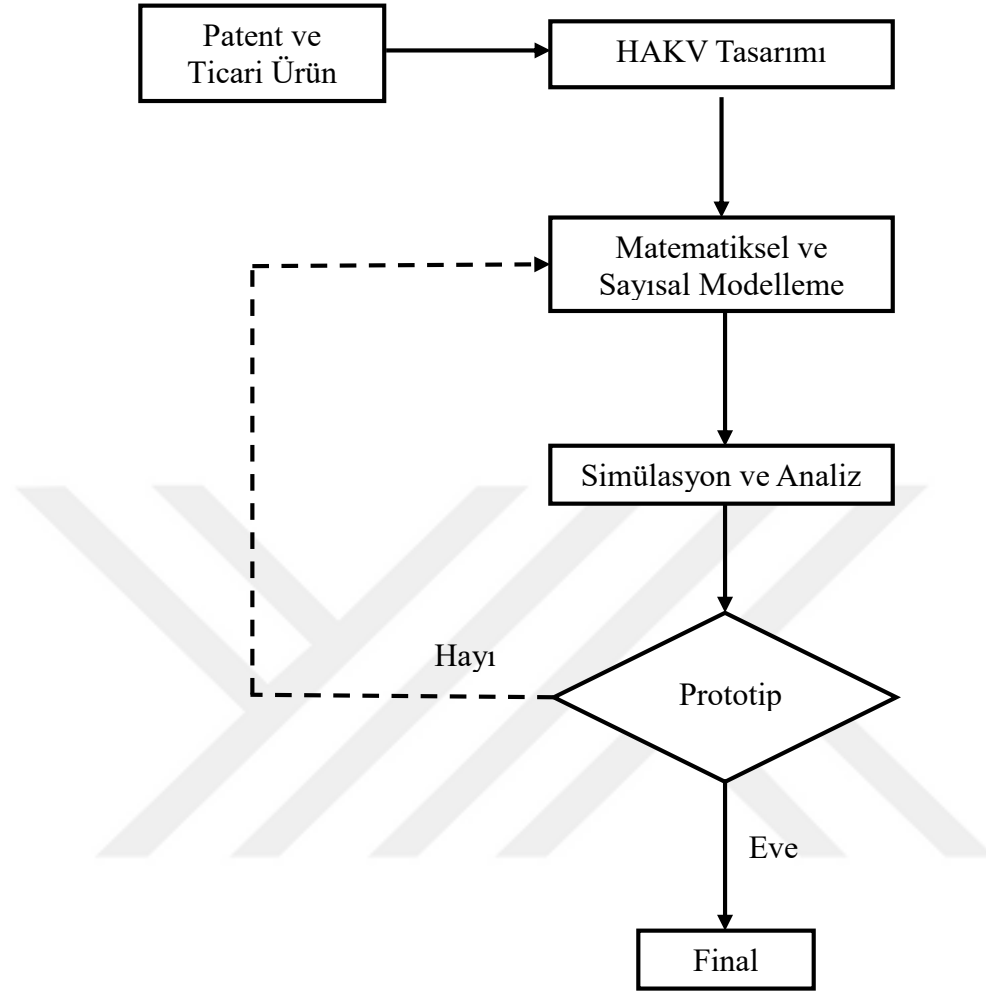
Mutfaklarda havalandırma oranı arttıkça, nihai durumdaki kirletici konsantrasyonu azalmaktadır. Ancak iç ortamdaki gereksiz fazla havalandırmadan dolayı sıcak havanın dışarı atıldığı ve havalandırma için gerekli olan enerji ihtiyacı düşünülürse, bu işlem bir enerji kaybı anlamına gelmektedir. Bu nedenle, kararlı durum konsantrasyonu kabul edilebilir bir 'konfor' ve 'güven' durumu oluşturulması gerekir. Böyle bir durumda, daha az havalandırma ve dolayısıyla daha az enerji ihtiyacı da karşılanmış olacaktır. Bununla birlikte, kirli hava kaynaklarının uzaklaştırılması, iç mekan hava kalitesini kontrol etmek için havalandırma yoluyla kirletici konsantrasyonlarını seyreltmekten daha etkili bir yoldur [71]. Ayrıca sera gazı emisyonlarının azaltılmasında, davlumbaz enerji verimliliğinin artması ve enerji tüketiminin genel olarak azaltılması önemli rol oynamaktadır [72]. Bu nedenlerden dolayı, eko güdümlü ürünlerin geliştirilmesi, eko-yeniliği ve ilgili sürdürülebilirlik iyileştirmelerini desteklemek için eko-tasarım araçlarının kullanılmasını gerektirmektedir [73].

Literatürde, farklı davlumbaz tasarım değişkenleri kullanılarak davlumbaz enerji verimliliğini ve performansını arttırılmaya yönelik pek çok çalışma bulunmaktadır. Bazı çalışmalar direkt davlumbaz gövde tasarımı ile ilgili, bazıları ise davlumbaz çalışma sistemi ile ilgilidir. Yine literatürde, lokal havalandırma ve merkezi havalandırma sistem enerji verimliliği üzerine çalışmalar mevcuttur. Çalışmalarda havalandırma sistemlerinin yönlendirici valfler ile donatılarak geliştirilebileceği vurgulanmıştır [63]. Ayrıca havalandırma sistemi davlumbazı emiş hattında oluşturulacak girdabın yakalama performansı üzerindeki etkisinden de bahsedilmektedir [68-70]. Tüm bu araştırmalar ışığında, yapılacak deneysel ve sayısal çalışmalar ile yenilikçi bir davlumbaz ve hava akış kontrol valfi tasarlamak için gerekli olan tasarım verilerinin üretilmesi hedeflenmiştir.

İlk olarak hava akış kontrol valfleri ile ilgili alınmış patentler incelenmiştir. Hava akış kontrol valflerinin performansına etki eden tasarım parametreleri belirlenmiştir. Tasarım parametreleri olarak; valfin konik yapısı, valf açıklık sayısı ve valf hava akış slot açıları bakımından optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. HAKV tasarım süreci Şekil 1.14'deki akış şemasındaki gibi yürütülmüştür.

Diğer taraftan, davlumbaz tasarımı ile ilgili olarak; davlumbaza eklenen hava yönlendirici kılavuzun davlumbaz performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan tasarım optimizasyonları sonucu oluşturulan merkezi havalandırma sistemi davlumbazı ve hava

akış kontrol valfi, farklı debi koşulunda yakalama hızı, debi için gerekli olan merkezi sistem basıncı ve koku performansı açısından değerlendirilmiştir.



Şekil 1.14. HAKV tasarımı akış şeması.

Ayrıca, Avrupa standardına uygun koku yakalama performansı gerçek ortam deneylerinin sayısal deneyler ile simüle edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, sayısal çalışmalarda hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı olan ANSYS Fluent 19.0 yazılımı kullanılmıştır. Analizlerde çok fazlı akışlar için akışkanların hareketini tanımlayan, standart $k-\omega$ SST türbülans modeli kullanılmıştır. Tam ölçekli bir mutfak ve davlumbaza monte edilmiş hava akış kontrol valfi modellenmiştir. Analizler, ısıtılmış su buharı ve metil etil keton (MEK) karışımının hava akış kontrol valfi tarafından yakalanmasını simüle etmektedir. Analizler, yakalama hızı, koku performansı, türbülans oluşumu ve debi için gerekli olan sistem basıncı açısından incelenmiştir. Sayısal analizler deneysel çalışmalar ile doğrulanmıştır. Son olarak, çalışmalar sonucu geliştirilen yenilikçi hava akış kontrol valfi ile enerji tüketimi sonuçları değerlendirilmiştir.

2. HAVA AKIŞ KONTROL VALFİ TASARIM METODOLİJİSİNİN OLUŞTURULMASI

2.1. TASARIM HEDEFLERİ VE STRATEJİSİ

Merkezi havalandırma sistemlerinde kullanılan hava akış kontrol valfleri (HAKV), merkezi sistem fan motoru tarafından üretilen negatif basınç sayesinde ortamdan hava akışına izin vermekte ve istenildiğinde hava akışını engellemektedir. Tasarlanacak olan hava akış kontrol valfi;

- 1- Kullanıldığı ortamın ihtiyacına göre istenilen miktardaki hava akışını sağlamalıdır.
- 2- Hava akışında sağlayacağı performans ile optimum koku yakalama performansını sergilemelidir.
- 3- Kullanıldığı ortam durumuna göre kullanıcı tarafından hava akış miktarı ayarlanmasına imkan tanınmalıdır.
- 4- Hava akış miktarının ayarlanması için gerekli olan kuvvet minimum seviyede olmalıdır.
- 5- HAKV emiş yaparken hava içerisinde bulunan partikülleri tutabilir, bir haznede biriktirebilir olmalıdır.
- 6- HAKV kullanıcı tarafından kolayca sökülerek temizlenebilir olmalıdır.
- 7- Kullanıcı konforu açısından, mevcut tasarımlara göre daha sessiz çalışmalıdır.
- 8- İstenilen seviyedeki debiyi mevcut ürünlere göre daha az enerji tüketimi ile sağlamalıdır.

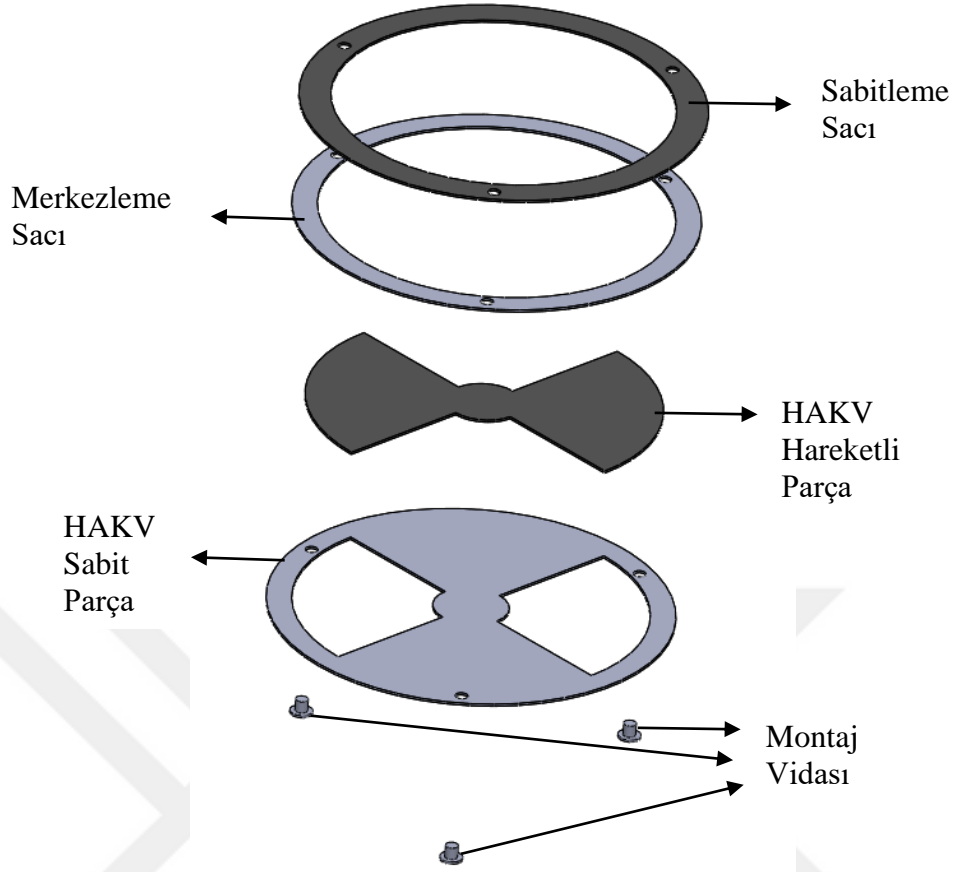
Tasarıma, patent araştırması ve literatür taraması ile başlanmıştır. Yapılan patent araştırmaları ve literatür özetleri, hava akış kontrol valfinin nasıl tasarlanıp üretileceği hakkında yeni fikirler vermiştir.

2.2. HAVA AKIŞ KONTROL VALFLERİNİN İNCELENMESİ

Bu bölümde, merkezi havalandırma sistemine sahip binalarda kullanılan hava akış kontrol valfleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bir hava akış kontrol valfinde kullanılan parçalar tanıtılmış ve piyasada şuana kadar yapılmış patent başvuruları araştırılmıştır.

2.2.1. Hava Akış Kontrol Valfi ve Parçaları

Hava akış kontrol valfleri, merkezi havalandırma sistemi fan motorunun sistemdeki oluşturduğu negatif basınç sayesinde ortamdaki hava çekişine izin vermektedir. HAKV kullanıldığı ortamın gereksinimi olan debi miktarını ayarlaması için veya istenildiğinde tam kapalı pozisyona geçerek hava geçişine izin vermemesi için genel olarak iki parçadan oluşmaktadır. Bunlardan biri HAKV sabit parça, diğeri ise HAKV hareketli parçadır. HAKV davlumbaza veya tek başına sisteme monte edilebilmektedir. HAKV sisteme monte edildiğinde, HAKV sabit parça üzerinde bulunan hava kanallarından hava akışı sağlanmaktadır. Yine HAKV hareketli parça yardımı ile hava kanalı kapatılıp açılabilir. Bu işlem ile sistemin çekeceği hava debisi ayarlanmaktadır. HAKV hareketli parça mekanik olarak hareket ettirilebileceği gibi step motor veya benzeri sistemler ile de hareket ettirilebilmektedir. Merkezi havalandırma sistemlerinde kullanılan birçok çeşit hava akış kontrol valfi görmek mümkündür. Şekil 2.1’ de örnek bir HAKV patlatılmış görünümü verilmiştir. Yapılan tasarımlar ve kullanılan valfler ile ilgili bir sonraki bölümde alınmış patentlere yer verilmiştir.

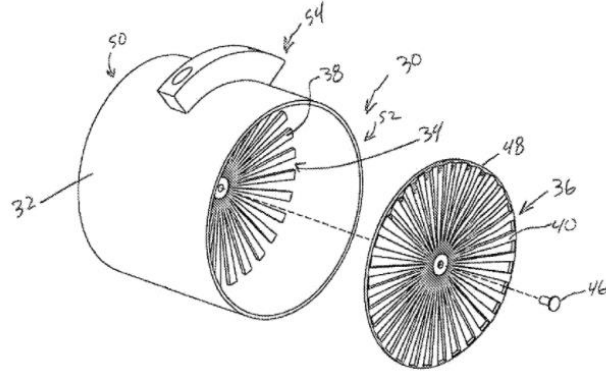


Şekil 2.1. Örnek HAKV patlatılmış görünümü.

2.2.2. Patent Araştırmaları

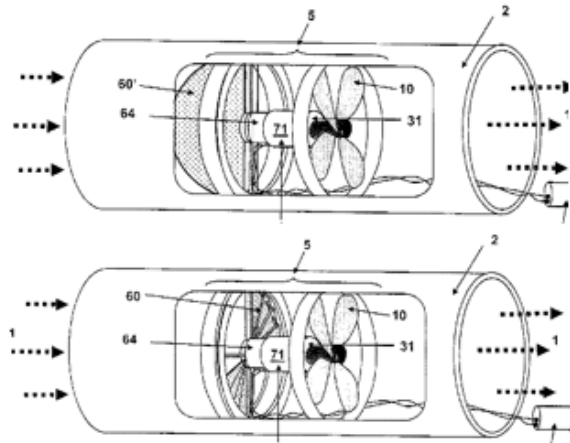
Bu bölümde, daha önce HAKV ile ilgili yapılmış tasarımlara ve alınmış patentlere yer verilmiştir.

2014 yılı ve US2009266903A1 numaralı patent, havalandırma sistemlerinde hava debisinin ayarlanması için tasarlanmış valf ile ilgilidir. Tasarlanan valf açılıp kapanarak sistem için gerekli olan havayı sağlamaktadır. Ayrıca patentte valfin açık ve kapalı pozisyonunun kısa mesafede olması ile valf çalışma esnasındaki sesin minimuma indirildiğinden bahsedilmiştir. Ek olarak, kelebek valflerde valfin açılıp kapatılması esnasında havanın valfe dik gelen kuvvetlerden dolayı, daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulduğundan bahsedilmiştir. Valfe ait teknik çizim Şekil 2.2’de verilmiştir [74].



Şekil 2.2. US2009266903A1 numaralı patent teknik çizimi.

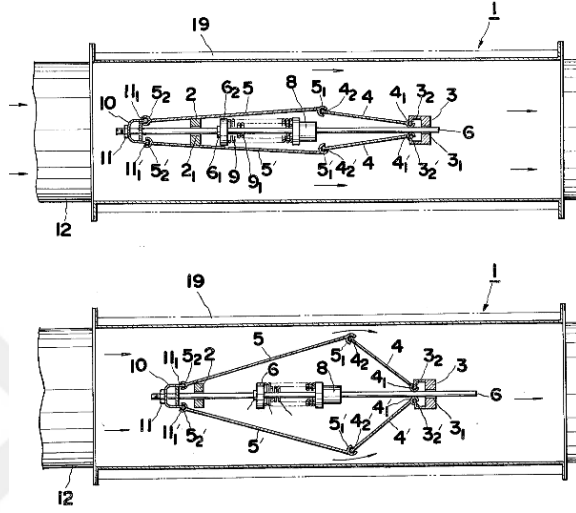
1986 yılı ve US4599081A numaralı patent, ticari ve konut ortamlarındaki tipik havalandırma menfezlerinden ve değişen derecelerde manuel olarak açılıp kapatılabilen panjurlardan oluşmuştur. Bu hava menfezleri, merkezi klima veya nem alma cihazı gibi merkezi bir çevresel kontrol ünitesinden gelen havanın bir odaya veya alana hava akışının miktarını ayarlamak için sınırlı bir yetenek sağlamaktadır. Bu patent genel olarak, bir cihaz ile bir konumda ortamın kontrol edilmesini içeren yöntemdir. Patent, bir akış kontrol cihazı içerir, burada akış kontrol cihazı, bir kanal vasıtasıyla çevresel kontrol ünitesine bağlanabilir. Akış kontrol cihazı, konuma bir hava akışını seçici olarak kontrol etmek için yapılandırılmış bir akış kısıtlama elemanı ve konumdaki çevresel koşula dayalı olarak akış kısıtlama elemanını bağımsız olarak harekete geçirmek üzere yapılandırılmış bir kontrol elemanı içerir. Valfe ait teknik çizim Şekil 2.3’de verilmiştir [75].



Şekil 2.3. US4599081A numaralı patent teknik çizimi.

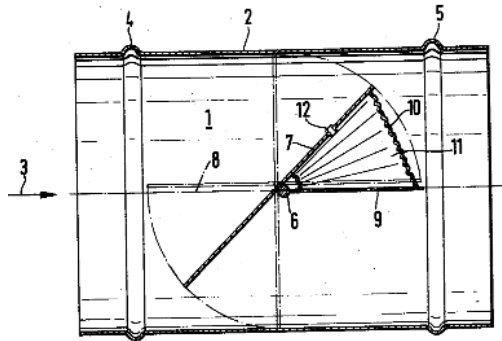
1976 yılı ve US3958605A numaralı patent, hava akımının ilk önce ilerleme yönüne doğru kademeli olarak daralması ve daha sonra en dar geçitten geçtikten sonra, hava akımının

sabit bir hızda muhafaza edilmesi için bir otomatik kontrol cihazı sağlamaktadır. Hava akışında, girdap akımı oluşumunun en aza indirilebilmesi için kademeli olarak genişler ve böylece hava akımının genellikle geleneksel tipteki hava kısma mekanizmasında olduğu gibi yüksek ses çıkarma olasılığı ortadan kalkacağı bildirilmiştir. Bu valf dikdörtgen kesite sahip hava kanalı sistemleri için tasarlanmıştır. Valfe ait teknik çizim Şekil 2.4’de verilmiştir [76].



Şekil 2.4. US3958605A numaralı patent teknik çizimi.

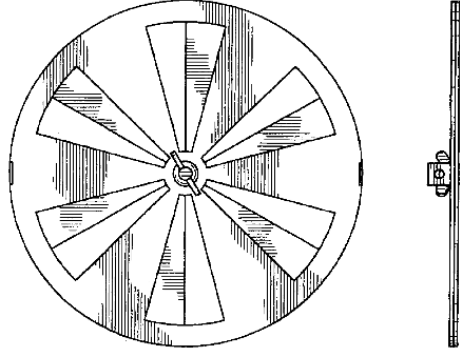
1979 yılı ve US4175583A numaralı patent, özellikle iklimlendirme tesislerinde sabit bir hacimsel akışı sürdürmesi amaçlanan bir regülatör valfi ile ilgilidir; valf, bir akış kanalı içinde yer alan ve bir itme kuvvetine karşı açık bir konumdan kapalı bir konuma döndürülebilen kanat içermektedir. Valfe ait teknik çizim Şekil 2.5’de verilmiştir [77].



Şekil 2.5. US4175583A numaralı patent teknik çizimi.

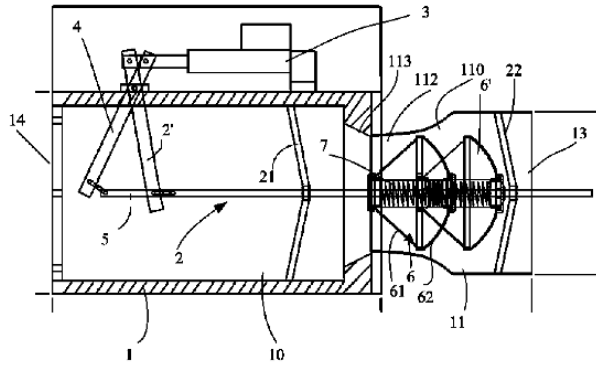
2006 yılı ve USD524435S numaralı patent, havalandırma sistemlerinde kullanılan hava akış azaltıcı olarak tanımlanmıştır. Cihaz bir sabit bir hareketli olmak üzere iki parçadan

oluşmaktadır. Hareketli parça sayesinde, hava akımı için istenilen açıklık ayarlanmaktadır. Valfe ait teknik çizim Şekil 2.6'te verilmiştir [78].



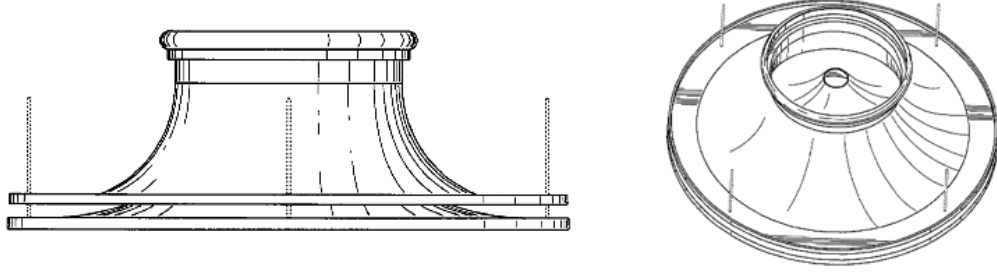
Şekil 2.6. USD524435S numaralı patent teknik çizimi.

2012 yılı ve CN202432055U numaralı patent, havalandırma sistemleri için kolay ayarlanabilir hava akış kontrolörü tasarımı içermektedir. Hava akış kontrolörü, bir kabuk ve bir valf çekirdeği tertibatından oluşur. Kabuk, bir içeri bir dışarı hareket ederek hava akış alanı oluşturur. Hava akışı kontrolörünün özelliği, hava akış kanalının dikdörtgen bir yayılma odası ve bir Venturi tüp tipi devre kanalı içermesidir. Valf göbeği tertibatı, bir valf göbeği, bir merkezi valf çubuğu ve bir yürütücü içerir. Merkezi valf çubuğu, hava akış kanalında bir braket tarafından desteklenir ve hava akış kanalında hava akış yönüne paralel bir yönde öne ve arkaya hareket edebilir. Valfe ait teknik çizim Şekil 2.7'da verilmiştir.



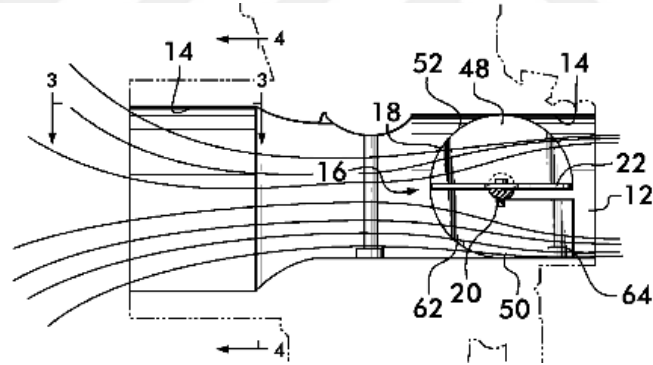
Şekil 2.7. CN202432055U numaralı patent teknik çizimi.

2008 yılı ve USD559969S numaralı patent, havalandırma sistemleri için radyal hava akış kontrolörü olarak tanımlanmıştır. Patent incelendiğinde cihazın hava akış yönlendiricisi olduğu anlaşılmaktadır. Valfe ait teknik çizim Şekil 2.8'de verilmiştir [79].



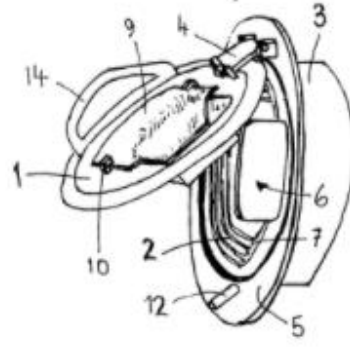
Şekil 2.8. USD559969S numaralı patent teknik çizimi.

2011 yılı ve US2010031921A1 numaralı patent, havalandırma sistemleri için akış yolu boyunca enine uzanan mil ve mil üzerinde taşınan bir kelebek vana elemanı için bir dönme eksenini tanımlar. Valf elemanı, akış yolu boyunca akışa izin veren bir açık konum ile akış yolu boyunca akışı sınırlayan bir kapalı konum arasında, eksen etrafında döndürülebilmektedir. Kelebek valf, ön ve arka yüzleri olan ince, büyük ölçüde disk şeklindeki, akış düzenleyici bir plaka ve yüzlerden birinden mile göre enine uzanan bir akış düzleştirici kanat içerir. Valfe ait teknik çizim Şekil 2.9’de verilmiştir [80].



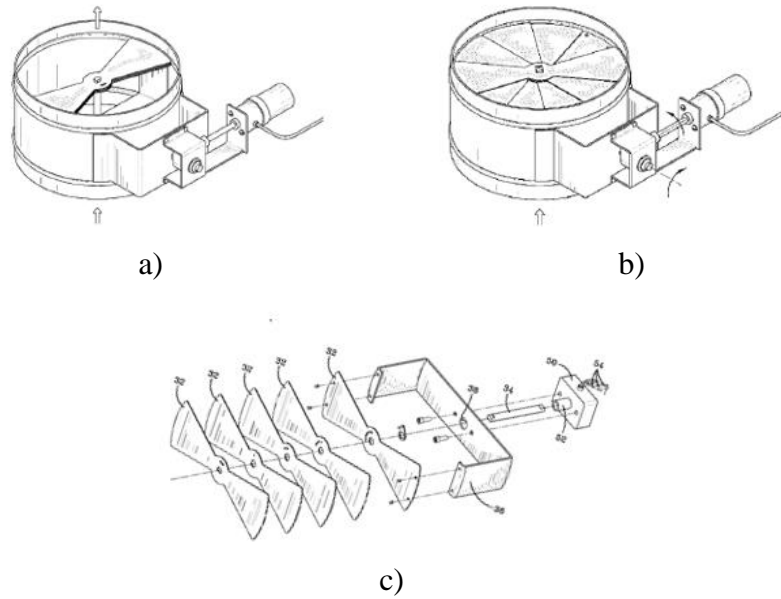
Şekil 2.9. US2010031921A1 numaralı patent teknik çizimi.

1989 yılı ve EP0422316A1 numaralı patent, merkezi havalandırma sistemine sahip binaların mutfak davlumbazından havalandırma akışını kontrol etmek için tasarlanan valfi tarif etmektedir. Patente bahsedilen valf, kapalı iken hava geçiş kesit alanı ayarlanabilen sabit parça ve valf açık iken farklı hava geçiş kesit alanına ayarlanabilen hareketli bir parçadan oluşmaktadır. Valfe ait teknik çizim Şekil 2.10’da verilmiştir [81].



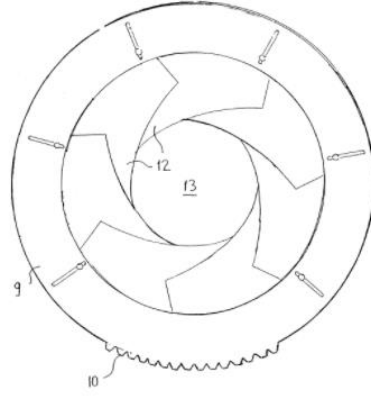
Şekil 2.10. EP0422316A1 numaralı patent teknik çizimi.

2011 yılı ve US2013068846A1 numaralı patent, havalandırma sistemlerinde kullanılan merkezi şaft, merkezi şafta işlevsel olarak bağlı radyal kanatlar, kanatların radyal hareketi için motor içeren radyal damperi tarif etmektedir. Radyal damperler, hava kanalı içinde ve çevresinde montaj için sınırlı alan olduğunda avantajlıdır. Bunun nedeni, radyal damper kanatlarının, kanalın tek bir düzlemi içinde saat yönünde veya saat yönünün tersine dönmesidir. Kelebek damper klapesi ile karşılaştırıldığında, kelebek damperin tamamen açılıp tamamen kapatabilmesi için 90 derece dönebilecek yeterli alana sahip olması gerekmektedir. Valfe ait teknik çizim Şekil 2.11’da verilmiştir [82].



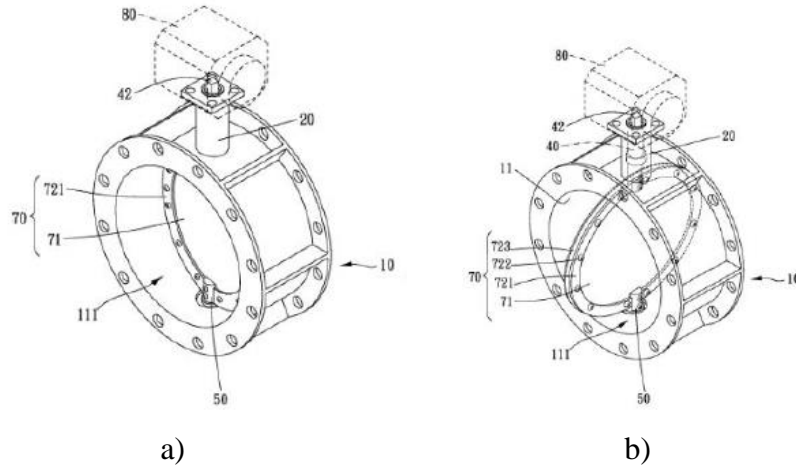
Şekil 2.11. US2013068846A1 numaralı patent teknik çizimi a) Açık pozisyon, b) Kapalı pozisyon, c) Mekanizma.

1998 yılı ve WO9947839A1 numaralı patent, havalandırma sistemi kanalları için hava akış kontrol cihazını tarif edilmektedir. Akış kontrol cihazı iris-diyafram prensibine dayanarak çalışmaktadır. Dönebilir şekilde tasarlanmış olan kontrol yapraklarına, dönebilen bir kontrol halkası ve yaprakların hareketini sağlayacak bir motor içermektedir. Valfe ait teknik çizim Şekil 2.12’de verilmiştir.



Şekil 2.12. WO9947839A1 numaralı patent teknik çizimi.

2013 yılı ve US2015102250A1 numaralı patent, havalandırma sistemleri için akış kontrol valfini içermektedir. Gövde içinde hareketli bir eliptik valf, radyal hareketi sağlayan bir motor ve motorun hareketini valfe ulaştıran bir tahrik milini içermektedir. Kelebek vananın kapalı pozisyonunda sızdırmazlığı sağlaması için kabuk ve plastik vida içermektedir. Valfe ait teknik çizim Şekil 2.13’de verilmiştir [83].



Şekil 2.13. US2015102250A1 numaralı patent teknik çizimi a) Açık pozisyon, b) Kapalı pozisyon.

2.3. HAKV TASARIMI

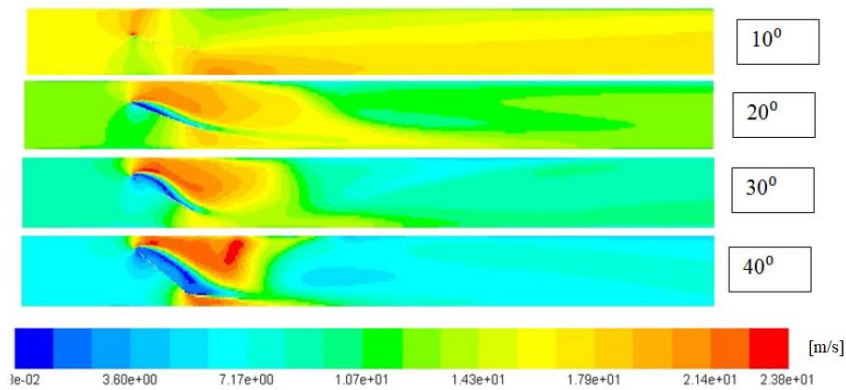
Hava akış kontrol valfi tasarımı ile debi kayıplarının ne kadar iyileştirilebileceği ve koku yakalama performansının ne derece artırılabilirliğinin tespit edilebilmesi için öncelikle mevcut HAKV tasarımlarının sebep olduğu debi kayıplarının ve koku yakalama performans kayıplarının bilinmesi gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı, çalışmalarda ilk olarak mevcut HAKV tasarımından kaynaklı oluşan debi ve koku yakalama performans kayıpları belirlenmiştir.

Piyasada hava kanalları belirli ölçülerde üretilmektedir. Bu nedenler HAKV çapı, kolay montaj için piyasadaki hava kanallarına uygun olmalıdır. Hava kanallarına uygun HAKV tasarlanacağı için tasarlanacak HAKV genel ölçüleri az çok bilinmektedir. Çalışma kapsamında 160 mm çapındaki HAKV modellenmiş ve tasarım prosedürü aşağıdaki bölümlerde anlatılmıştır.

2.3.1. HAKV Çalışma Karakteristiği

Daha önce “2.2.2 Patent Araştırmaları” bölümünde verilen patentler incelendiğinde genel olarak düzlemsel olarak hareket edebilen [74, 78, 82] ve kelebek şeklinde tabir edilen HAKV tasarımlarının [77, 80, 83] yapıldığı ve bu tasarımlara sahip HAKV’lerinin kullanıldığı görülmektedir.

Literatür araştırmalarında, kelebek vana kullanımının, hava akış alanında akış bozucu türbülanslar oluşturduğu görülmektedir. Şekil 2.14 havalandırma sistemi içerisinde çalışan kelebek vananın yapısından dolayı hava akışında oluşan hava akış hızlarını göstermektedir [62].



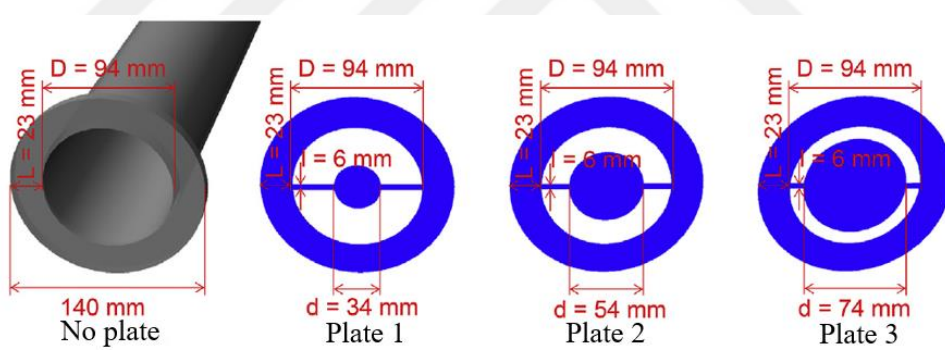
Şekil 2.14. Kelebek HAKV akış alanı hız dağılımı.

Ayrıca havalandırma sistemi içerisinde geçen hava, HAKV üzerinde belli bir kuvvet

oluşturmaktadır. Hava miktarının ayarlanabilmesi için HAKV üzerindeki bu kuvvetten daha büyük bir kuvvet ile HAKV hareketli kısmının hareket ettirilmesi gerekir. Düzlemsel HAKV'leri ile kıyaslandığında, kelebek yapıya sahip HAKV'lerinde valfi hareket ettirmek için gerekli olan kuvvetin daha büyük olduğu bilinmektedir.

2.3.2. HAKV Üzerindeki Hava Geçiş Alanı Optimizasyonu

Havalandırma sistemlerinde kullanılan HAKV'leri, üzerinde bulunan hava geçiş alanına oranla hava geçişine izin vermektedir. Sabit basınç altında olduğu kabul edilirse, hava geçiş alanının büyümesi hava geçiş miktarının artması demektir. Fakat debinin artması direkt olarak HAKV performansının artacağı anlamını taşımamaktadır. Bir çalışmada [63], merkezi havalandırma sistemi başlığı ile ilgili tasarım optimizasyon çalışması yapılmıştır. Şekil 2.15 yapılan başlık tasarımlarını göstermektedir. Yapılan çalışmada tasarlanan havalandırma sistemi başlıkları yakalama performansı açısından değerlendirilmiş ve "Plate 2" olarak adlandırın tasarımın optimum performansı sergilediği belirtilmiştir. Bu çalışmadan da anlaşılacağı üzere, hava geçiş alanının artması direkt olarak performans artışı anlamı taşımamaktadır.

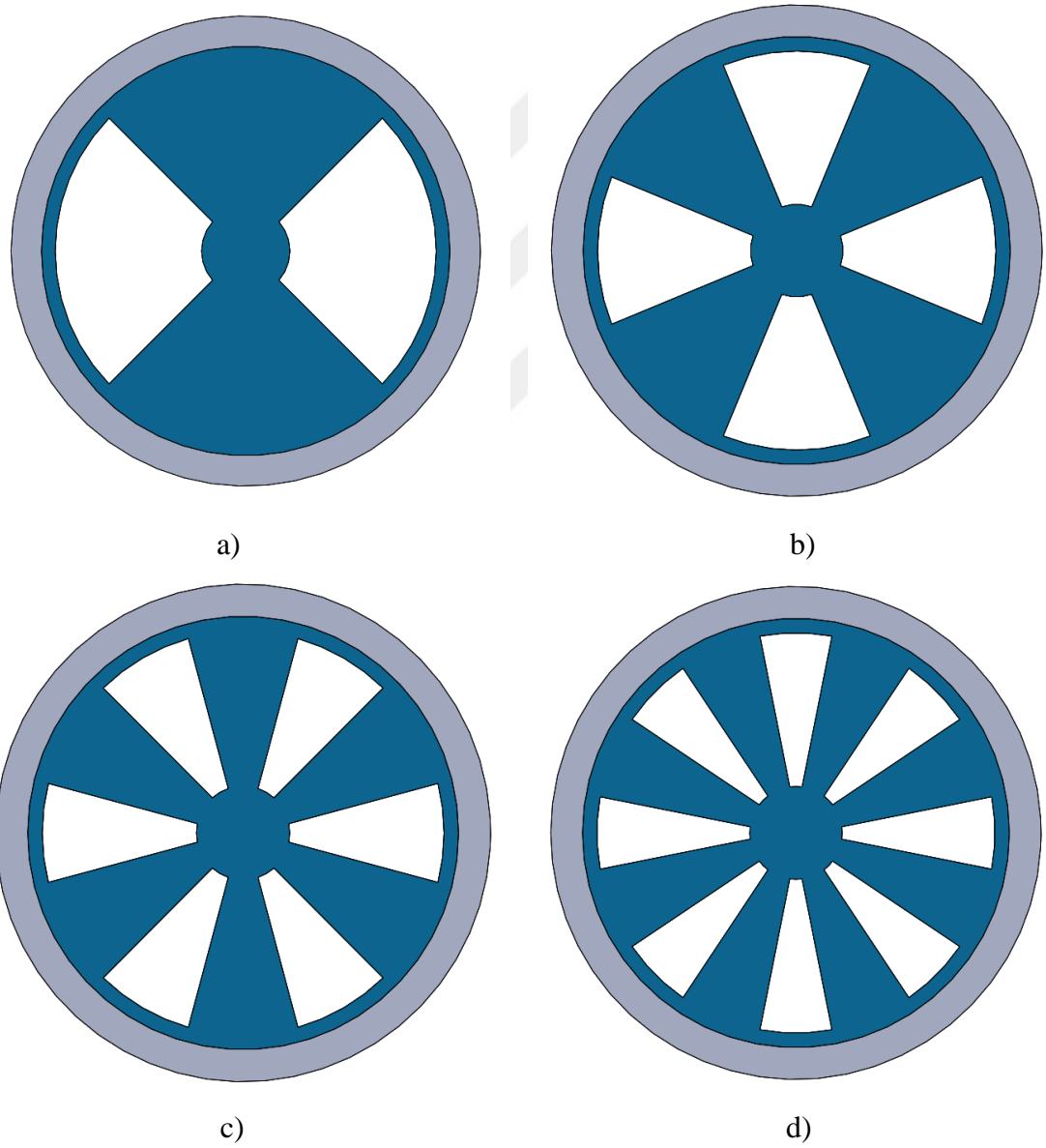


Şekil 2.15. Farklı kesit alanlarına sahip havalandırma başlıkları.

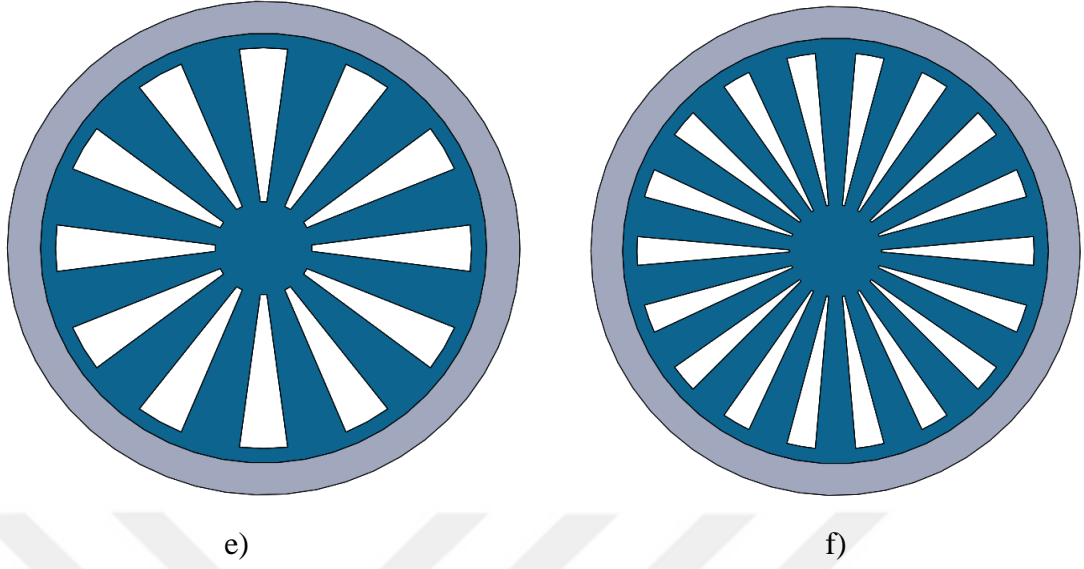
Çalışmalarda yazarlar, ürün tasarımını; tasarımcının deneyimine, yaratıcı düşüncesine ve bilgi birikimine dayalı problem çözme aktivitesi olarak tanımlamıştır [84, 85]. Yapılacak HAKV tasarımında hava geçiş alanının büyümesi ile birlikte yakalama performansının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Düzlemsel HAKV düşünüldüğünde ve havalandırma sistemlerinde kullanılan boyutlar göz önünde bulundurulduğunda yapılacak tasarım ortaya çıkmaktadır. İlk tasarımlarda Şekil 2.6'de gösterilen patent çalışmasından yola çıkılmıştır.

Valf tasarımı için hava geçiş alanı çapları büyük Ø140 mm ve küçük Ø30 mm olarak tasarlanmıştır. Tasarlanmış olan valfler kullanım esnasında farklı debi ve farklı açıklıkta

çalışacağı düşünülerek tasarlandığı için tam kapalı pozisyonu düşünülerek tasarım parametrelerine girdi olarak eklenmiştir. Bu tasarım girdileri ile valf 2 kısımdan oluşturulmuştur. Biri sabit hava geçiş alanına sahip alt kısım ve diğeri hava geçiş alanını kontrol edebilen hareketli üst kısımdır. Şekil 2.1’de örnek olarak gösterilmiştir. Hava geçiş alanını kapatacak olan hareketli kısım tam kapalı pozisyonda hava geçişini engellemesi için sabit hava geçiş alanına sahip olan kısmın hava geçiş alanı tüm hava geçiş alanı kenarlarından 1mm ötelenerek küçültülmüştür. Düzlemsel olarak oluşturulan 6 farklı valf tasarımı Şek’da verilmiştir.



Şekil 2.16. Mevcut HAKV tasarımı, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.



Şekil 2.16. (devam) Mevcut HAKV tasarımı, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.

Yeni valf tasarımına başlamadan önce eski çalışmalar incelenmiştir. Yapılan incelemeler ve araştırmalar sonucu valfin hava akışındaki debi değişiminin valften uzak noktalardaki hava akış hızını etkilediği görülmüştür [59]. Hava akış kontrol valfi emiş alanında oluşturulacak herhangi bir noktadaki düzlemdeki hava akış hızı artışı, ortamda bulunan partikülleri yakalama performansını arttıracaktır. Debi incelenecek olursa;

Akış tüpünün herhangi bir kesitinden birim zamanda geçen hacim miktarı debi veya hacimsel akış oranı olarak ifade edilir ve Denklem (2.1)'de gösterilmiştir.

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (2.1)$$

Bernoulli prensibi, enerjinin korunumu yasasından çıkarılabilir. Buna göre sabit bir akımda, bir yolda hareket eden akışkanın sahip olduğu tüm mekanik enerjilerin toplamı yine bu yol üzerindeki her noktada eşittir. Bu ifade kinetik ve potansiyel enerji toplamlarının sabit olduğunu ifade eder. Bernoulli denklemi tüp içerisinde oluşan akış hızı ile basıncın ilişkisini açıklar ve Denklem (2.2)'te ifade edilmiştir.

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 + \rho g h_2 \quad (2.2)$$

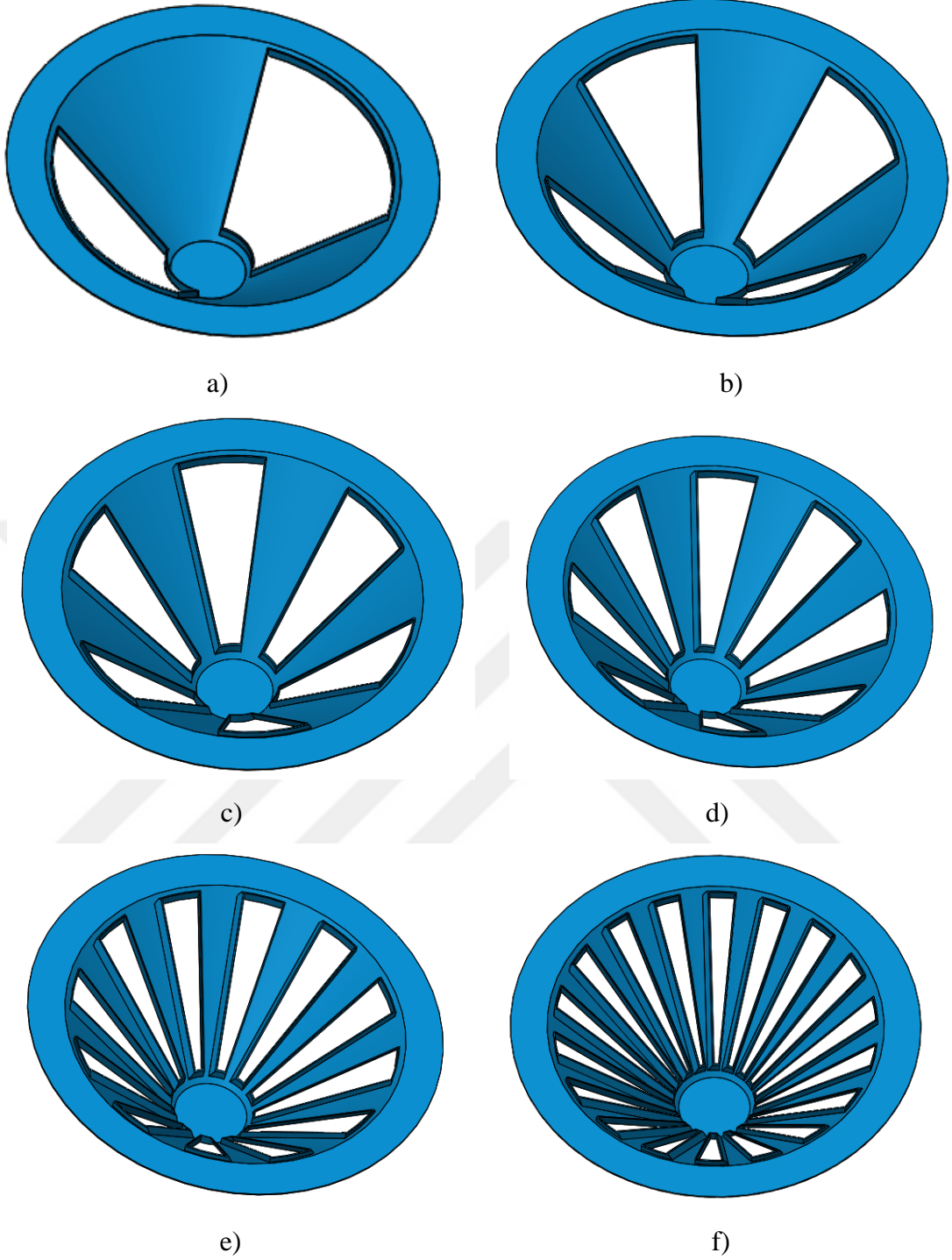
$$Q = A.V \quad (2.3)$$

Merkezi havalandırma sistemlerinde hava tahliyesi için merkezde bulunan bir motor yardımı ile havalandırma hattında düşük basınç oluşturulmakta ve bu sayede ortamdaki hava tahliyesi sağlanmaktadır. Sistemde oluşan basınç sabit olacağı düşünüldüğünde, sistemde kullanılacak olan valf tasarımında oluşturulacak hava geçiş alanı tasarımının hava debisini etkileyeceği Denklem (2.2) ve Denklem (2.3)'ten anlaşılmaktadır.

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu} \quad (2.4)$$

Tasarlanan HAKV 50 m³/h ile 400 m³/h arasında çalışmakta ve tüm debi koşullarda yapılan hesaplamalarda Reynolds sayı değerleri 2300'ün üzerinde çıkmaktadır. 2300'ün üzerinde hesaplanan tüm Re sayılarından dolayı yapılan çalışmada oluşan akış türbülanslıdır [86]. Hava akışında oluşacak türbülanslı akışın debiyi olumsuz yönde etkilediği daha önce yapılan çalışmalardan da anlaşılmaktadır. Tüm bu bilgiler ışığında yeni valf tasarımında hava geçiş alanının artırılması ve valf sonrası hava akışında oluşan türbülanslı akışın önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Havalandırma sistemi çap ölçüsü sabit olduğu, istenilen miktar havanın kontrol edilebilmesi ve HAKV'nin istenildiğinde tam kapalı konuma gelebilmesi için oluşturulan HAKV tasarımlarının yüzey alanlarının yarısı açık yarısı kapalı olarak tasarlanmaktadır. Bu belirtilen durumlardan dolayı hava geçiş alanını kısıtlamaktadır. Bu durumun üstesinden gelebilmek ve hava geçişinde hava akışını yönlendirebilmek için hem düzlemsel hareket edebilen hem de konik yapıya sahip yenilikçi bir hava akış kontrol valfi geliştirilmiştir.



Şekil 2.17. Yenilikçi HAKV tasarımı, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.

HAKV davlumbaz ile beraber kullanılacağı da göz önünde bulundurularak HAKV 60 mm yüksekliğe sahip koni şeklinde tasarlanmıştır. Yapılan yeni HAKV tasarımı sonrası oluşturulan HAKV ile ilgili tekrar optimizasyon çalışması yapılmış ve oluşturulan yeni HAKV'lerine ait görseller Şekil 2.17'de verilmiştir. Çizelge 2.1 mevcut ve yenilikçi

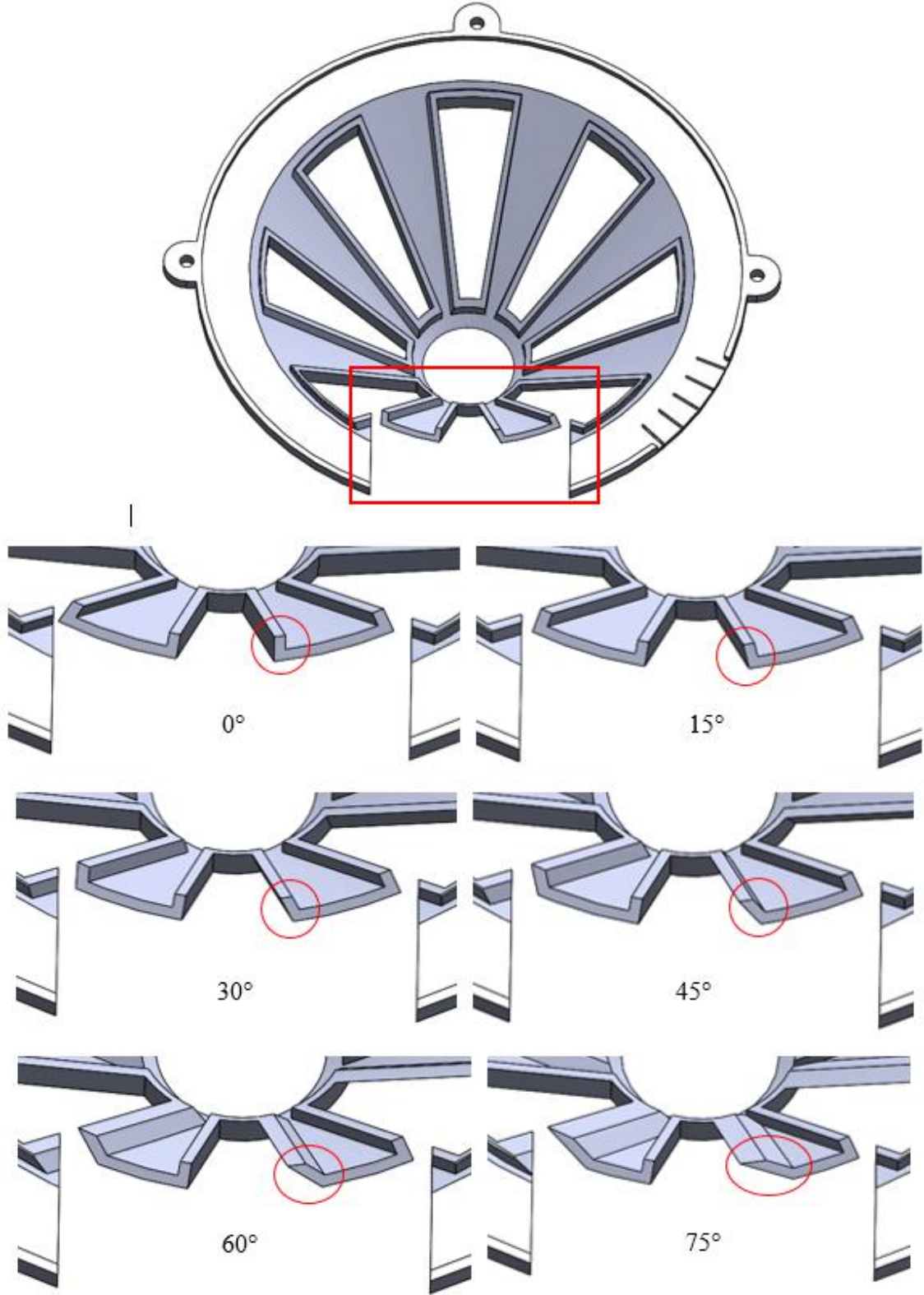
HAKV tasarımları sonucu oluşan hava geçiş alanlarını ve hava geçiş alanında oluşan artışı göstermektedir.

Çizelge 2.1. Mevcut ve yenilikçi HAKV hava geçiş alanları.

No	Model	Mevcut HAKV Hava Akış Alanı (mm ²)	Yenilikçi HAKV Hava Akış Alanı (mm ²)	Artış (%)
1	2	6864	9475	38
2	4	6652	9311	39
3	6	6440	9139	42
4	8	6228	8965	44
5	12	5804	8615	48
6	18	5168	8087	56

2.3.3. HAKV Hava Geçiş Alanı Eğim Açısı Optimizasyonu

Yapılan başka bir çalışmada yazarlar, valf emiş bölgesinde basınç kayıplarının azaltılması için valf tasarımının ve eğim açısının öneminden bahsetmişlerdir. Valfin emiş bölgesinden yapılan eğim açısı optimizasyon çalışması ile emiş alanında oluşan türbülans bölgeleri azaltılmıştır [64]. Bu çalışmadan yola çıkarak, oluşturulan yenilikçi HAKV tasarımı emiş bölgesindeki eğim açısı optimize edilmiştir. Bu kapsamda, emiş bölgesi 6 farklı açı değeri parametresi ile değerlendirilmiştir. Optimizasyon çalışmaları için oluşturulan eğim açıları Şekil 2.18 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.18. Yenilikçi HAKV emiş bölgesi eğim açıları.

Çizelge 2.2 yapılan eğim açısı optimizasyon tasarımları sonucu oluşan HAKV hava geçiş alanlarını göstermektedir. Oluşturulan eğim açıları ile birlikte, eğim açısı arttıkça hava geçiş alanı bir miktar daralmıştır.

Çizelge 2.2. Yenilikçi HAKV hava geçiş alanları.

No	Model	Açı (°)	Hava Alanı (mm ²)	Akış
1	8	0	9074	
2	8	15	9072	
3	8	30	9051	
4	8	45	8965	
5	8	60	8890	
6	8	75	8604	

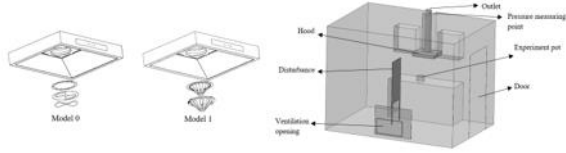
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada ilk olarak, davlumbaz ve hava akış kontrol valfi (HAKV) tasarım optimizasyon çalışması yapılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, sayısal analizler yardımı ile mevcut HAKV tasarım optimizasyon çalışması yapılmıştır. Belirlenen mevcut HAKV tasarımı ile davlumbaz tasarım optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Sonraki aşamada, mevcut HAKV'ne alternatif olarak 6 adet valf tasarlanmıştır. Tasarlanan valfler merkezi sistem davlumbazına monte edilmiş ve sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Sayısal analizler sonucu en iyi ve en kötü sonuçların elde edildiği HAKV'ler belirlenmiştir. Belirlenen HAKV'lerin prototipleri oluşturulmuş ve deneysel doğrulama testleri yapılmıştır. Yine bu iki valf ile deneysel testleri simule eden sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel test sonuçları ile sayısal analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Kullanılan materyal ve yöntemlerle birlikte deney düzeneğinin ayrıntılı şematik resmi Şekil 3.1'de verilmiştir.

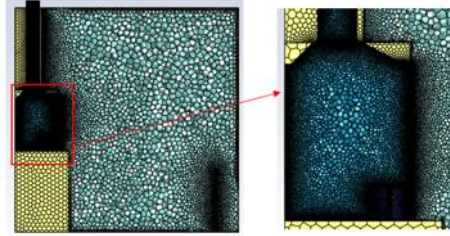
Merkezi havalandırma sistemi davlumbazları, Avrupa normu [87] testine tabi tutulmaktadır. Bu test sonucu davlumbazın koku performansı deklare edilmektedir. Yapılan bu çalışmanın ikinci amacı Avrupa normuna uygun testin ANSYS Fluent programı ile simule edilmesi olmuştur. Bu amaç doğrultusunda, mevcut ve yeni geliştirilmiş olan valfin sayısal ve deneysel koku performans testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel test sonuçları ile sayısal analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Kullanılan materyal ve yöntemlerle birlikte deney düzeneğinin ayrıntılı şematik resmi Şekil 3.2'de verilmiştir.

Sayısal test

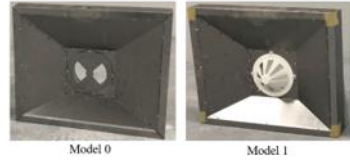
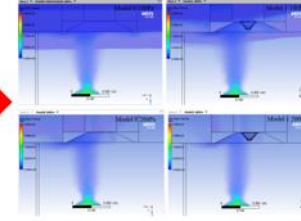
Analiz geometri tasarımı



Mesh yapısı



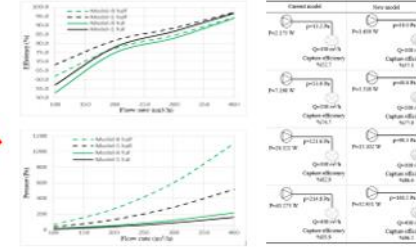
Koku dağılımı



Prototip



Koku performans test odası



Test sonuçları

Deneysel ve Sayısal test sonuçlarının karşılaştırılması

Deneysel test

Şekil 3.2. Koku performans testi deneysel kurulumun detaylı şematik resmi.

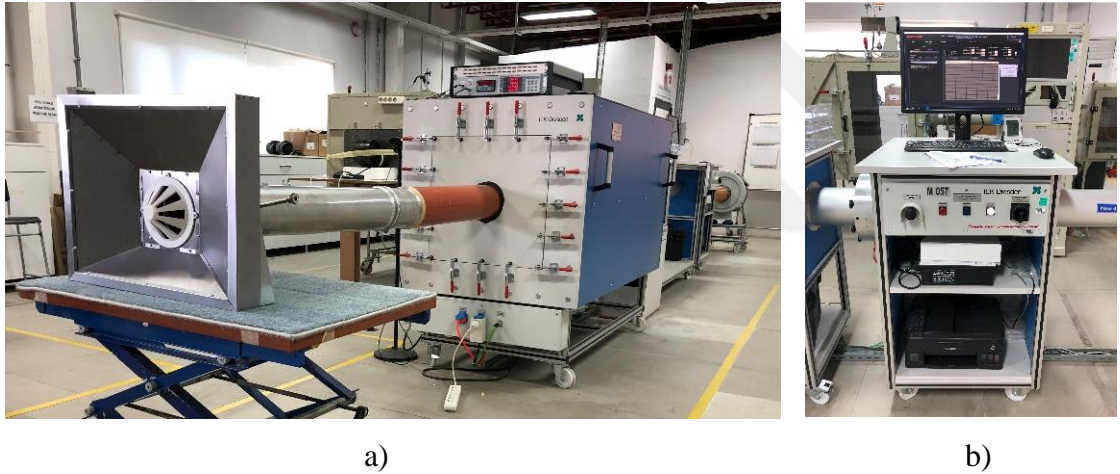
3.1. DENEYSEL YÖNTEM

Deneysel testler 2 farklı konu başlığı altında değerlendirilmiştir. İlk olarak sayısal analizlerden elde edilen verilerin doğrulanması için hacimsel debi ve performans testleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında Avrupa normuna [87] uygun koku performans testleri gerçekleştirilmiştir. Bu belirtilen deneysel testlerde kullanılan materyaller bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak aktarılmıştır.

3.1.1. Deneysel Testlerde Kullanılan Materyaller

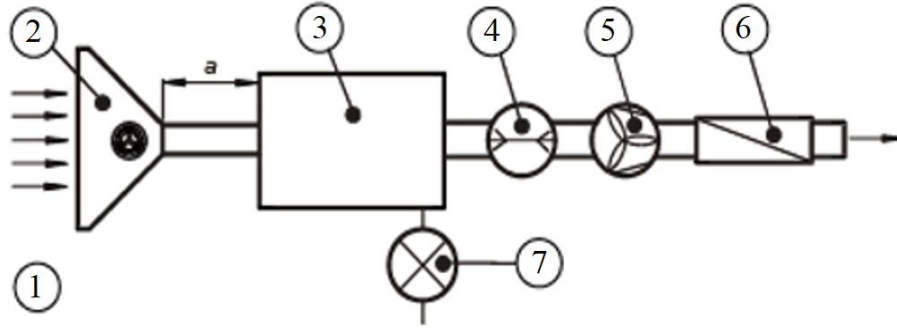
3.1.1.1. Hacimsel Debi ve Performans Ölçümü

Sayısal analizler sonucu oluşturulan, davlumbaz ve HAKV prototiplerinin hacimsel debi ve performans testleri ILK marka hacimsel debi ve performans test cihazında yapılmıştır. Şekil 3.3 hacimsel debi ve performans ölçüm cihazını göstermektedir.



Şekil 3.3. Hacimsel debi ve performans ölçüm cihazı, a) Test bench, b) Kontrol paneli.

Deneysel testlere ait test düzeneği ve şematik resmi Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Çizelge 3.1'de hacimsel debi ve performans ölçüm cihazına ait özellikler verilmiştir.



Şekil 3.4. Hacimsel hava akış ve performans testi ve şematik hali.

(1) Test odası, (2) Davlumbaz, (3) Basınç dengeleme haznesi, (4) Orifis (basınç farkı oluşumu için akış ağzı), (5) Yardımcı fan, (6) Baffle (bölme), (7) Statik basınç göstergesi

Çizelge 3.1. Hacimsel debi ve performans ölçüm cihazı özellikleri.

Hacimsel Debi ve Performans Ölçüm	
Marka / Tip	ILK Dresden / ILK-B-31
Test basıncı / Çözünürlük	-5 kPa – 5 kPa / 0,1 Pa
Debi	18 m ³ /h - 2700 m ³ /h
Maksimum Sapma	%0,2
Şebeke (test odası modülü)	230 V / 50 Hz / 16 A
Üretim Yeri	Almanya

3.1.1.2. Yakalama Hızı Ölçümü

Davlumbazın emiş alanında oluşan yakalama hızları Cem DT880 marka anemometre ile 2 noktadan ölçülmüştür. Şekil 3.5 deneylerde kullanılan yakalama hızı ölçüm cihazını göstermektedir. Çizelge 3.2’de yakalama hızı ölçüm cihazına ait özellikler verilmiştir.



Şekil 3.5. Yakalama hızı ölçüm cihazı.

Çizelge 3.2. Hız ölçüm cihazı özellikleri.

Anamometre	
Marka	(Cem DT880)
Ölçüm birimleri	m/s, km/h, knots
Hava hızı ölçüm hassasiyeti	0.01 m/s
Hava sıcaklığı ölçüm aralığı	0 °C ile 501 °C
Hava sıcaklığı hassasiyeti	±1 °C
Sıcaklık çözünürlüğü	0.1 °C

3.1.1.3. Basınç Ölçümü

Davlumbaz çıkış basıncının ölçülmesi ve hacimsel debi ve performans test cihazı ile karşılaştırılması için Fluke 922 marka hava akış metre kullanılmıştır. Hava akışındaki türbülans oluşumundan etkilenmemesi için basınç ölçümleri, standartlarda belirtildiği gibi davlumbaz çıkışının 900 mm ilerisinden yapılmıştır. Şekil 3.6 deneylerde kullanılan basınç ölçüm cihazını göstermektedir. Çizelge 3.3'te basınç ölçüm cihazına ait özellikler verilmiştir.



Şekil 3.6. Basınç ölçüm cihazı.

Çizelge 3.3. Basınç ölçüm cihazı özellikleri.

Hava akış metre	
Marka	Fluke 922
Hava Basıncı	$\pm 4000 \text{ Pa} / \pm \%1 \text{ Pa}$
Hava Akışı (Hacmi)	0 ile 99,999 m^3/h arası / 1 m^3/h
Sıcaklık	0 °C ile 50 °C arası / $\pm \%1$
Çalışma Sıcaklığı	0 °C ile +50 °C arası
Bağıl Nem	0% ile 90% arası
Çalışma Yüksekliği	2000 m
Saklama yüksekliği	12000 m

3.1.1.4. Metil Etil Keton

Yapılan koku performans testlerinde ocaktan salınan gaz ve partiküller, Avrupa Normunda [87] belirtilen özel karışım ile simüle edilmektedir. Karışım, 300 gram damıtılmış su ile 12 gram metil etil keton karıştırılarak oluşturulur. Deneylerde kullanılan metil etil keton (MEK) Şekil 3.7’de ve teknik özellikleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Metil Etil Keton.

Çizelge 3.4. MEK teknik özellikleri

Metil Etil Keton (MEK)	
Kimyasal formül	C_4H_8O
Görünüm	Transparan sıvı
Safılık	% 99,9
Yoğunluk	$0,805 \text{ kg/m}^3$
Alevlenme noktası	$-4 \text{ }^\circ\text{C}$
Kaynama noktası	$79 - 80,5 \text{ }^\circ\text{C}$
Asidik değer	% 0,001
Moleküler ağırlık	72,107

3.1.1.5. Hassas terazi

Koku performans testleri için hazırlanan karışım miktarının ve koku performans ölçümleri için dozajlama ünitesine eklenen karışım miktarının ölçümü Radwag marka hassas terazi ile yapılmıştır. Deneylerde kullanılan hassas terazi Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Terazi 0,1 g hassasiyette ölçüm yapabilmektedir.



Şekil 3.8. Hassas terazi.

3.1.1.6. Gaz Detektörü

Koku performans testlerinde, test odası içerisinde oluşan koku ölçümü Tiger VOC marka gaz detektörü ile yapılmıştır. Testlerde kullanılan gaz detektörü Şekil 3.9’de gösterilmiştir. Çizelge 3.5’de gaz detektörüne ait özellikler verilmiştir.



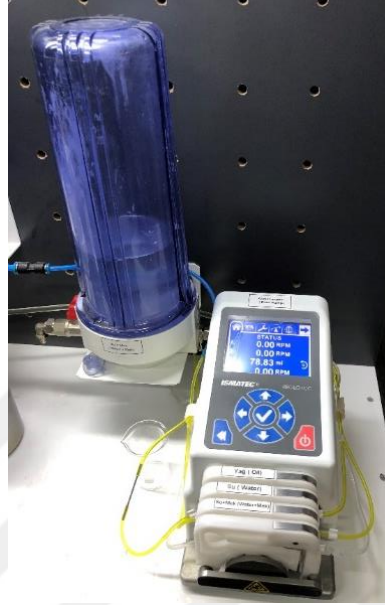
Şekil 3.9. Gaz ölçüm cihazı.

Çizelge 3.5. Gaz detektör cihazı özellikleri.

Gaz Detektörü	
Marka	Tiger VOC
Minimum çözünürlük	0,6 ppm
Algılanabilir menzil	9.000 ppm
Tepki Süresi	T < 2 sn
Hassasiyet	± %5 / ±1 ppm
Çalışma sıcaklığı	-20 ila 60 °C

3.1.1.7. Dozajlama Pompası

Koku performans testlerinde, test tenceresine damıtılacak MEK karışım miktarının ayarlanabilmesi için Ismatech marka dozajlama pompası kullanılmıştır. Testlerde kullanılan dozajlama pompası Şekil 3.10’da gösterilmiştir. Çizelge 3.6’da dozajlama pompasına ait özellikler verilmiştir.



Şekil 3.10. MEK dozajlama pompası.

Çizelge 3.6. MEK dozajlama cihazı özellikleri.

Dozajlama Pompası	
Marka	Ismatech
Akış hızları	0.001 – 35 ml/dak
Kanallar	4 kanal
Motor tipi	Step motor
Diferansiyel basınç	Maks. 1,0 bar
Hız sınırı	3,2 – 160 rpm
Hassasiyet	± 0.01 rpm

3.1.1.8. Enerji Tüketimi Ölçümü

Koku performans testleri esnasında, deneylerde belirlenen debinin oluşturulabilmesi için merkezi sistem motorunun ihtiyaç duyduğu enerji miktarı Multitech marka enerji tüketimi

ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Şekil 3.11 enerji tüketim ölçüm cihazını göstermektedir. Çizelge 3.7’de enerji tüketim ölçüm cihazına ait özellikler verilmiştir.



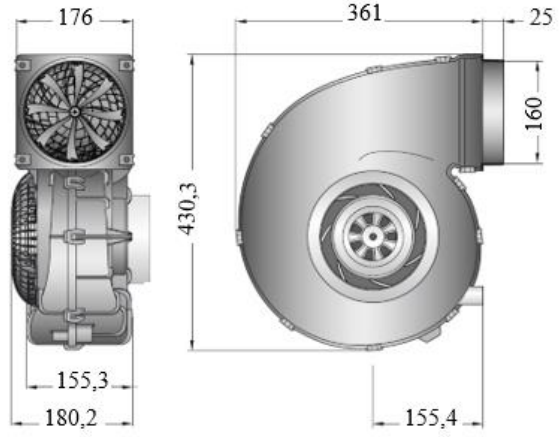
Şekil 3.11. Enerji tüketimi ölçüm cihazı.

Çizelge 3.7. Enerji tüketimi ölçüm cihazı özellikleri.

Akıllı Güç Analizörü	
Marka	Multitech (MT9940)
Gerilim aralığı	0~600 V
Akım aralığı	7~40 A
Güç (P)	24 kW
Hassasiyet	±0.4%
Çalışma Gerilimi	≤AC 220 V±20%,50/60 Hz

3.1.1.9. Merkezi Sistem Motoru

Koku performans testleri esnasında, deneylerde belirlenen debinin oluşturulabilmesi için Ebmpapst marka merkezi sistem fan motoru kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan motor DC kontrollü olduğu için sistem tarafından 1/100 rpm hassasiyet değeri ile kontrol edilerek, deneylerde belirlenen sistem basıncı ve debi ayarlanmıştır. Şekil 3.12 merkezi sistem fan motorunu göstermektedir. Çizelge 3.8’de merkezi sistem fan motoruna ait özellikler verilmiştir.



Şekil 3.12. Merkezi sistem motoru.

Çizelge 3.8. Merkezi sistem motoru özellikleri.

Merkezi Sistem Motoru	
Marka	Ebmpapst (G3G 225-RE07-03)
Gerilim aralığı	1~200-240 V
Maksimum Devir	2450 rpm
Güç	105 W
Hız Hassasiyeti	±1%
Hız Kontrolü	0-10 V/PWM
Çalışma Sıcaklığı	-25 / +60 °C

3.1.1.10. Ocak ve Test Tenceresi

Koku performans testleri esnasında, mutfakta pişen yemeği simüle etmek için ocak ve tencere kullanılmıştır. Avrupa Normuna [87] uygun olarak, tencerenin 170 °C sıcaklığa gelebilmesi için elektrikli ocak kullanılmış ve bu ocak tencereye yerleştirilen bir sıcaklık termostatu ile kontrol edilmiştir. Şekil 3.13 deneylerde kullanılan ocak ve tencereyi göstermektedir. Çizelge 3.9’da elektrikli ocağa ait özellikler verilmiştir.



Şekil 3.13. Ocak ve test tenceresi.

Çizelge 3.9. Ocak özellikleri.

	Ocak
Marka	Silverline
Gerilim aralığı	200-240 V
Güç değerleri	1200 W / 1800 W / 2100 W
Güç göstergesi	9 seviye

3.1.1.11. Koku Performans Test Odası

Koku performans testleri, Avrupa Normunda [87] belirtilen ebatlara ve standartlara uygun test odasında yapılmıştır. Test odası mutfak ortamını simüle etmektedir. Test odası, testlerin yapılması için gerekli olan tüm ekipmanlar ile donatılmıştır. Test odasına ait şematik görünüm Şekil 3.14’de ve gerçek görünüm Şekil 3.15’de verilmiştir.



a)



b)

Şekil 3.15. Koku performans test odası, a) Dıştan görünüm, b) İçten görünüm.

3.1.2. Deneysel Prototiplerin Hazırlanması

Deneylerde kullanılacak ürünlere ait 3 boyutlu model tasarımları SolidWorks v20 software (Dassault Systemes SolidWorks Corp., Waltham, MA, USA) programı ile yapılmıştır. Davlumbaz gövdeleri için sac parça tasarımları ise SolidWorks Sheet metal yöntemi ile yapılmıştır. Sac metal olarak tasarlanan parçalar, sac metal plakalardan, Mitsubishi lazer kesim cihazı ile kesilmiştir. Lazer ile kesilen parçalar abkant büküm yöntemi ile bükülerek, tasarlanan parçalar oluşturulmuştur. Büküm işlemi yapılan parçaların montaj işlemleri yapılarak davlumbazlar oluşturulmuştur. Yapılan işlemlere ait cihazlar ve operasyonlar Şekil 3.16'da verilmiştir.



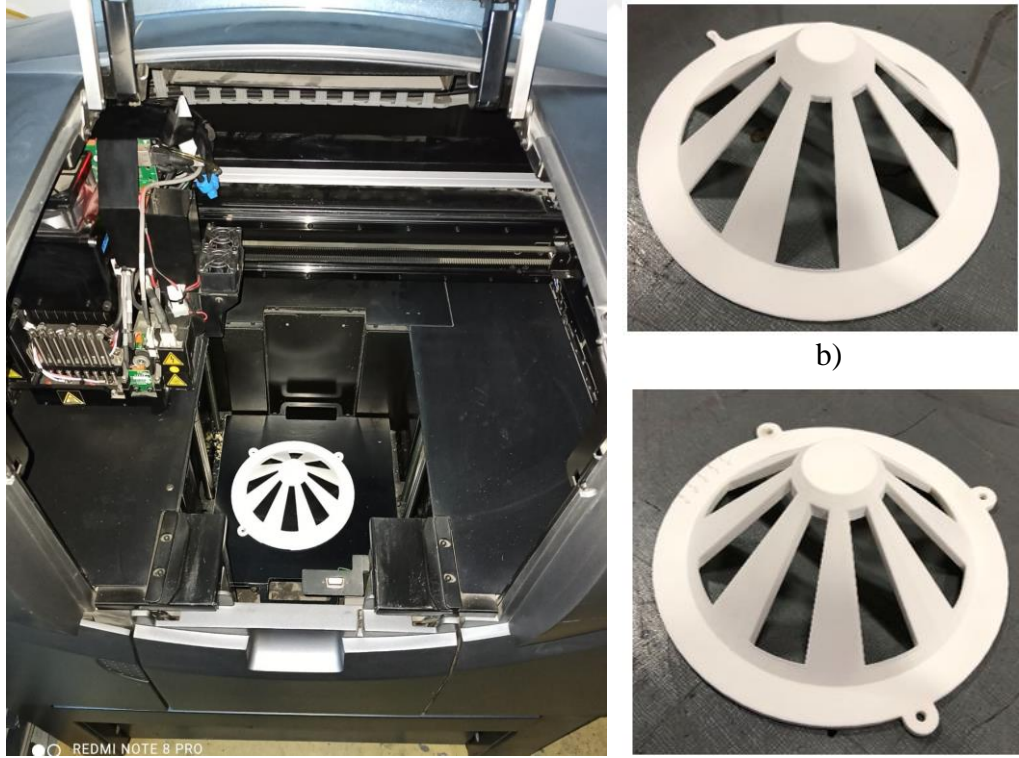
a)

b)

c)

Şekil 3.16. Davlumbaz prototiplerinin oluşturulması, a) Lazer ile sac kesme, b) Sac şekillendirme, c) Montaj.

Sheet metal yöntemine uygun olmayan karmaşık tasarımlar 3B yazdırma metodu ile üretilmiştir. 3B yazdırma işlemi için kullanılan Stratasys Eden260 marka cihaz ve deneyler için yazdırılan parçalar Şekil 3.17’de verilmiştir.



a)

b)

c)

Şekil 3.17. Yenilikçi HAKV 3B baskısı, a) Stratasys Eden260 marka cihaz, b) HAKV hareketli kısım, c) HAKV sabit kısım.

3.1.3. Deneysel Testlerin Yapılışı

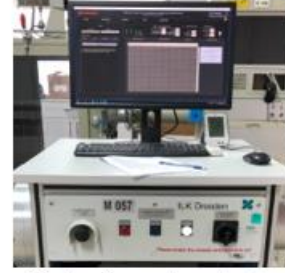
Deneysel testler 2 farklı konu başlığı altında değerlendirilmiştir. İlk olarak sayısal analizlerden elde edilen verilerin doğrulanması için hacimsel debi ve performans testleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında Avrupa normuna uygun koku performans testleri gerçekleştirilmiştir. Deneyleerin yapıılışı ile ilgili bilgiler aşığıda verilmiştir.

3.1.3.1. Hacimsel Debi ve Performans Testi

Bu bölümde, sayısal analizler sonucu oluşturulan davlumbaz ve HAKV tasarımlarının prototipleri oluşturularak gerçek ortam testlerinin yapılması amaçlanmıştır. Testlerde farklı debi koşulunda, debiyi oluşturabilmek için davlumbazın gerek duyduğu sistem basıncı ve davlumbaz emiş bölgesinde oluşan yakalama hızları ölçülmüştür. Deneysel testler, Türk Akreditasyon Kurumuna kayıtlı akredite laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. İlk olarak sayısal analiz sonucu tasarlanan 2 farklı davlumbaz prototiplerinin performans ve yakalama hızı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Optimum performansı sergileyen davlumbaz tasarımı ile sayısal analizler sonucu oluşturulan mevcut ve yenilikçi HAKV prototipleri test edilmiştir. Debi ölçümleri ILK marka hacimsel debi ve performans test cihazında yapılmıştır. Davlumbazın emiş alanında oluşan yakalama hızları Cem DT880 marka anemometre ile 2 noktadan ölçülmüştür. Çıkış basıncı doğruma için Fluke 922 marka hava akış metre kullanılmıştır. Deneysel testlere ait sistem resmi Şekil 3.18'de gösterilmiştir.



Yakalama Hızı Ölçümü



Test cihazı kontrol paneli



Prototip ILK marka hacimsel debi ve performans ölçüm



Yeni

Mevcut



Basınç Ölçümü

Şekil 3.18. Hacimsel debi ve performans test düzeneği genel görünümü.

3.1.3.2. Koku Performans ve Enerji Tüketim Testi

Bu bölümde debi basınç ölçümleri yapılmış prototip ürünlerin, Avrupa Normuna uygun koku performans testlerinin ve ürün tasarımına göre merkezi sistem motorunun enerji tüketim değerlerinin ölçülmesi amaçlanmıştır.

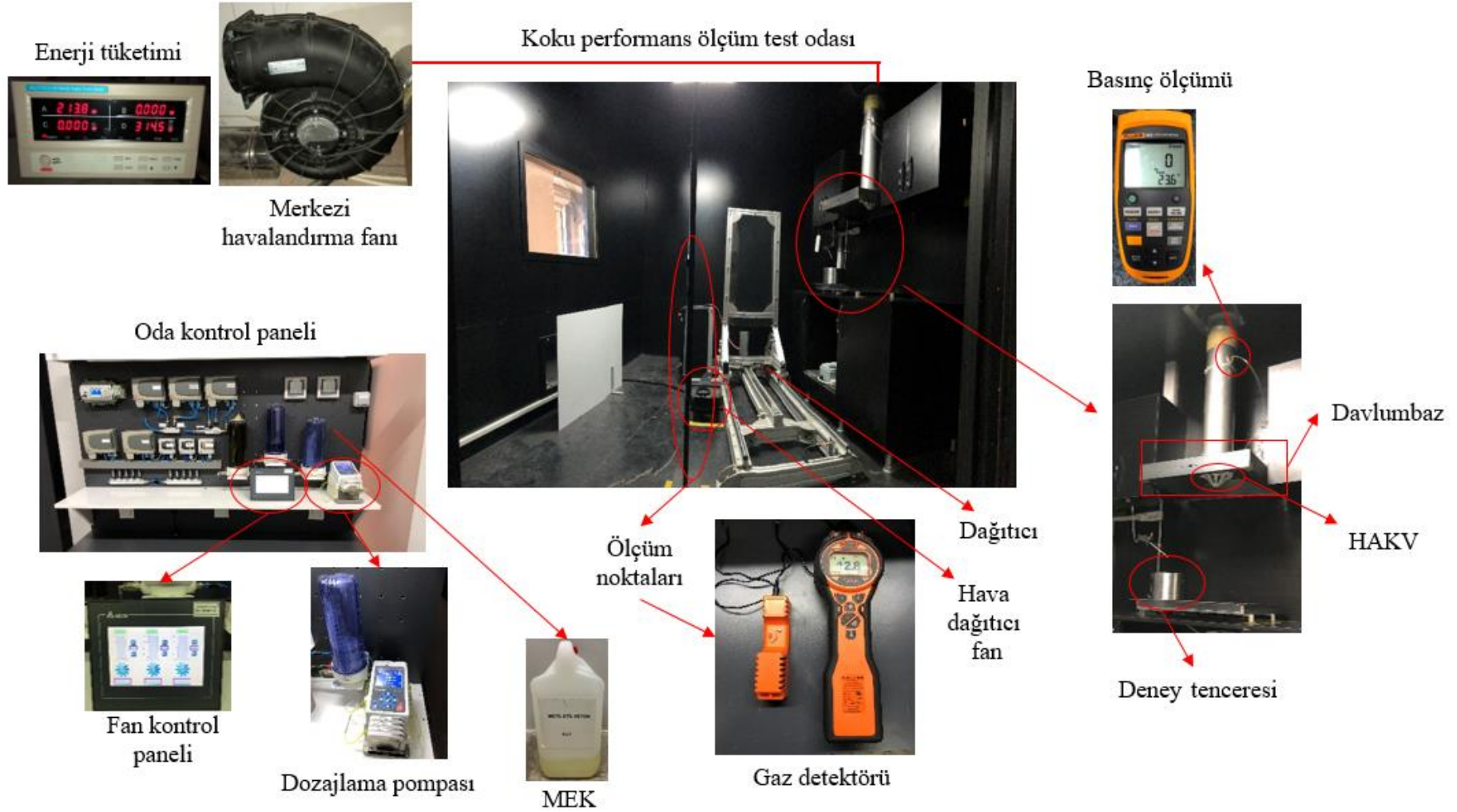
Koku performans testlerinin ilk aşamasında, Avrupa Normunda [87] belirtildiği üzere 300 gram damıtılmış su ile 12 gram metil etil keton karıştırılarak testler için gerekli olan çözelti oluşturulmuştur. Koku performans testlerinin ilk aşamasında oluşturulan çözeltinin 100 gramı alınarak dozajlama ünitesine eklenmiştir. Dozajlama ünitesindeki 100 gram karışım 10 dakika boyunca 170 °C sıcaklığa ısıtılmış test tenceresine damlatılmıştır. 10 dakikanın sonunda buharlaşan çözelti oda merkezine yerleştirilen 250 m³/h hava akışına sahip bir fan vasıtasıyla odaya eşit olarak dağıtılmıştır. Değer stabil

olduğunda test odası içindeki metil etil ketonun konsantrasyon (C_1) ölçümü yapılmıştır. İkinci aşama öncesinde test odasındaki MEK konsantrasyonu %1'den az olana kadar test odası havalandırılmıştır. İkinci aşamada, merkezi sistem fanı çalıştırılmış ve davlumbaz debi ayarı yapılmıştır. Sonrasında tekrar dozajlama pompasına 100 gram MEK karışımı eklenmiş ve 10 dakika boyunca elektrikli ocak tarafından 170 °C sıcaklığa ısıtılmış test tenceresine damlatılmıştır. 10 dakikanın sonunda, merkezi sistem fanı kapatılmıştır. Değer stabilize olduğunda test odasındaki MEK konsantrasyonu (C_2) ölçümü yapılmıştır. C_2 ölçümü deneyde belirlenen farklı debilerde tekrarlanmıştır. Her ölçüm öncesi test odası metil etil keton konsantrasyonu % 1'den az olana kadar havalandırılmıştır. Deneysel testlerde aşçı hareketlerini simüle eden hava dağıtıcı paravan kullanılmıştır. Hava dağıtıcı paravan deney boyunca, saatte 0,5 m/s hızla 2 m mesafede ileri geri hareket ettirilmiştir. Mutfaktaki birden fazla noktadan elde edilen deneysel test verilerine dayanarak, koku performansı hesabı Avrupa normuna [87] uygun şekilde Denklem (3.1)'deki gibi yapılmıştır.

$$\text{Koku performansı} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100 \quad (3.1)$$

burada: C_1 (ppm) davlumbaz çalışmadan önce test odasındaki metil etil ketonun konsantrasyonunu; C_2 (ppm) uygulama sonunda davlumbaz HAKV'i açıkken ki MEK konsantrasyonunu ifade etmektedir [87].

Enerji tüketim testleri için merkezi sistem fan motoruna Şekil 3.11'de gösterilen Multitech marka enerji ölçüm cihazı bağlanmıştır. Deneylerde belirlenen farklı debi koşullarının oluşturulması için gerekli olan sistem basıncı ayarlandığında merkezi sistem motorunun enerji tüketim değeri ölçülmüştür. Şekil 3.19 koku performans ölçüm ve enerji tüketim testi deney düzeneğini göstermektedir.



Şekil 3.19. Koku performans test odası genel görünümü.

3.2. SAYISAL YÖNTEM

Havalandırma sistemlerinde kullanılan cihazların tasarımı ve optimizasyonu için ANSYS'nin hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı kullanılmaktadır. Bu sayede hem zamandan hem de enerjiden tasarruf edilmektedir [50]. ANSYS Fluent yazılımı sayesinde, belirli bir alanda optimum hız, kararlılık ve hassasiyet kombinasyonunu hesaplamak için çeşitli formatlar ve değerler seçilebilir. Ayrıca yazılım, çeşitli alanlardaki karmaşık akışların hesaplanmasıyla ilgili sorunları etkin bir şekilde çözebilmektedir [52]. Bu çalışmada da gerçek ortam deneylerinin simüle edilebilmesi için ANSYS Fluent yazılımı kullanılmıştır.

3.2.1. Genel Bilgiler ve HAD Entegrasyonu

Temel akış denklemleri, teknolojik gelişmeler sayesinde hemen hemen her bilgisayar tarafından kolaylıkla çözülebilmektedir. Mühendisler, test maliyetini ve süresini azaltmak için sayısal deneyler yapmaya başlamışlardır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yöntemleri bu amaçlar için geliştirilmiştir. Piyasada 3 boyutlu Navier-Stokes denklemlerini sayısal olarak çözmek için birçok HAD yazılımı bulunmaktadır. Bu güçlü yazılımlar ve mevcut ticari HAD programları sayesinde tasarım süreçleri önemli ölçüde kısaltılmakta ve prototip maliyetleri azaltılmaktadır. Ayrıca HAD programları ile hız profilleri, basınç dağılımları, momentler, akım çizgileri vb. izlenebilmektedir. Buna karşılık, ölçümlerin laboratuvar ortamında yapılması son derece gelişmiş ve pahalı cihazları gerektirmektedir.

Bir tasarım mühendisi, yapmış olduğu tasarımını doğrulamak için HAD programlarını kullanarak sayısal deneyler gerçekleştirebilir. Bu çalışmada, HAKV ve davlumbaz tasarımını analiz etmek için ANSYS Fluent yazılımı kullanılmıştır. Tasarım aşamasına HAD entegrasyonu, tasarım hataları hakkında erken farkındalık sağlamaktadır. Tasarlanan HAKV bilgisayar ortamında olduğu için hata düzeltilmesi çok kolay yapılabilmektedir. Bu çalışmada, davlumbaz ve HAKV tasarımının ürün performansı üzerindeki etkilerini görmek için HAD analizleri yapılmıştır. Ayrıca davlumbaz ve HAKV içerisindeki akış özellikleri de HAD programı kullanılarak görselleştirilebilmiştir.

3.2.2. HAD Analizleri

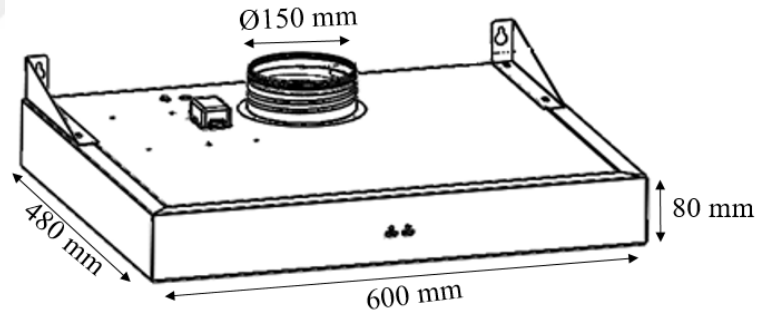
Davlumbaz ve HAKV tasarımları için sayısal analizler, ANSYS Fluent HAD yazılım

programı ile gerçekleştirilmiştir. Program sayesinde davlumbaz ve HAKV içindeki hava akımı modellenmiştir. Davlumbaz emiş alanından sonraki yüksek türbülanslı bölgeler ve girdaplar hesaplanmış ve akım çizgileri ile görselleştirilmiştir. Davlumbaz ve HAKV emiş bölgesinde oluşan yakalama hızları, sistem basıncı, debi ve türbülans yoğunlukları hesaplanmıştır. Analiz detayları aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

3.2.2.1. Basitleştirilmiş Analiz Geometrisi

Davlumbaz ve HAKV'nin üretilebilmesi için tüm detaylarının 3 boyutlu katı modelde açıkça belirtilmesi gerekmektedir. Ancak, bu katı model, HAD analizleri için basitleştirilmelidir. Çok küçük bölgelerin birbirine geçmesini önlemek için küçük parçalar silinir ve akış üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaları beklenmez. Örneğin, somunlar ve vidalar modellenmez.

Çalışmada HAD analizleri için 3 boyutlu model tasarımları SolidWorks v20 software (Dassault Systemes SolidWorks Corp., Waltham, MA, USA) tasarım programı ile yapılmıştır. Tasarlanan valfler, HAD analizleri için merkezi sistem davlumbazına monte edilmiştir. Analizler için seçilen merkezi sistem davlumbazı Şekil 3.20'de gösterilmiştir.

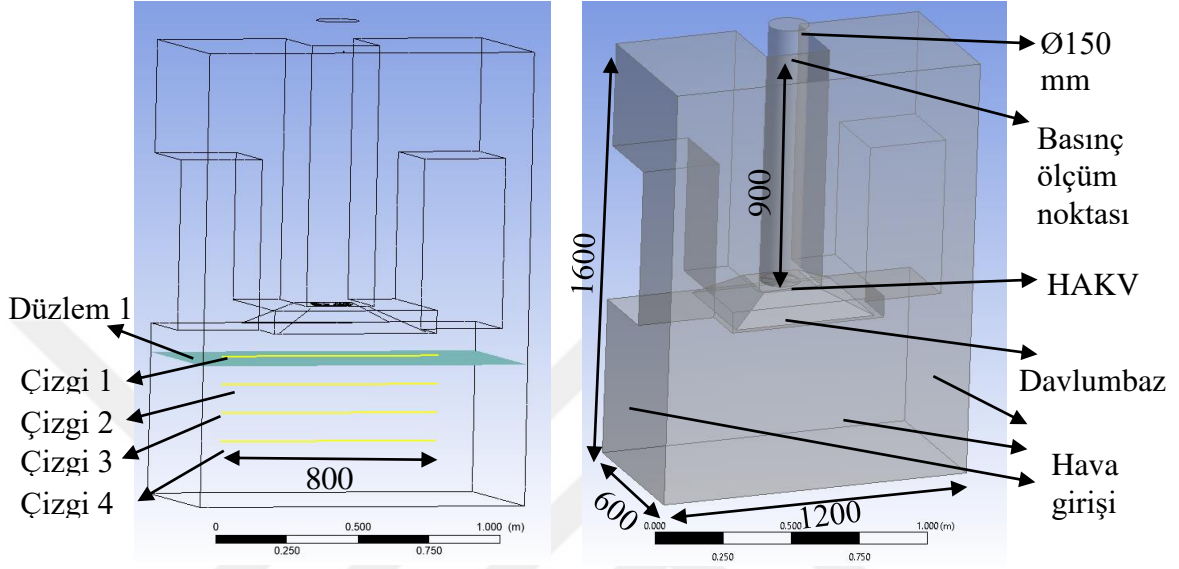


Şekil 3.20. Merkezi sistem davlumbazı.

Basitleştirilmiş geometri çizildikten sonra, Fluent'te HAD analizi yapmak için sıvı hacminin çıkarılması gerekir. Bu amaçla Ansys SpaceClaim modelleme programı seçilmiştir. Sıvı hacmi ekstraksiyonu bu programın en iyi özelliklerinden biridir. Şekil 3.21'de basitleştirilmiş davlumbaz ve HAKV birim geometrisi verilmiştir. Hava akışının girişi "giriş" olarak, hava akışının çıkışı "çıkış" olarak ve basınç ölçüm noktası "basınç" olarak etiketlenmiştir.

Tez çalışmasında ilk olarak davlumbaz ve HAKV tasarım optimizasyonu için sayısal model oluşturulmuştur. Analizlerden hızlı sonuç alınabilmesi ve zamandan tasarruf edilmesi için, oluşturulan geometri bölgesel olarak, davlumbazı ve davlumbaz altında

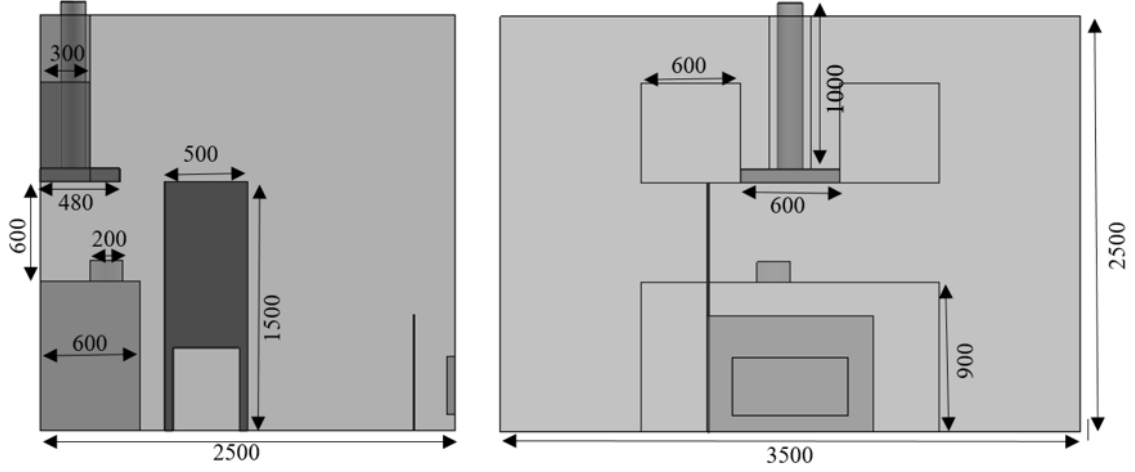
oluşacak hava akış alanı içerisinde olacak şekilde 600 mm x 1200 mm x 1600 mm ebatlarında tasarlanmıştır. Analiz sonucu karşılaştırma verilerini elde edebilmek için, tasarlanan geometride davlumbaz hava emiş alanına 100 mm aralıklarla düzlem ve çizgiler tanımlanmıştır. Analiz için oluşturulan geometrik model Şekil 3.21’de gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Basitleştirilmiş davlumbaz ve HAKV analiz geometrisi.

Davlumbaz duvara monte edilmiş şekilde düşünülmüş ve Şekil 3.21’de belirtildiği gibi 3 kenar hava girişi olarak tanımlanmıştır. Standartlara uygun olacak şekilde davlumbaz altında 600 mm hava akış alanı oluşturulmuştur. Davlumbaz çıkış çapı 150 mm olarak tasarlanmıştır. Valften sonra oluşacak türbülans alanı düşünülerek valften sonra 900 mm mesafede bulunan basınç ölçüm noktası oluşturulmuştur.

Çalışmada ayrıca Avrupa normuna [87] uygun koku yakalama performansı testlerinin ANSYS Fluent yazılımı ile simüle edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Avrupa Normlarına uygun olarak, 3 boyutlu tam ölçekli bir mutfakta duvara monte edilmiş davlumbaz tasarımları SolidWorks v20 software (Dassault Systemes SolidWorks Corp., Waltham, MA, USA) tasarım programı ile yapılmıştır. Tasarlanan 3 boyutlu modele ait genel ölçüler Şekil 3.22’de gösterilmiştir. Mutfak ebatları Avrupa normlarında belirtildiği üzere; uzunluk: L=2500 mm, genişlik: W=3500 mm ve yükseklik: H=2500 mm dir. Mutfağa hava girişi ön tarafta bulunan 700 x 350 mm ebatlı pencereden yapılmaktadır.



Şekil 3.22. Ana boyutları ile mutfağın 3 boyutlu çizimi.

Basitleştirilmiş geometri çizildikten sonra, Fluent'te HAD analizi yapmak için sıvı hacminin çıkarılması amacıyla geometri Ansys SpaceClaim modelleme programına aktarılmıştır. Şekil 3.26'de basitleştirilmiş tam ölçekli mutfak birim geometrisi verilmiştir. Hava akış girişi Avrupa Normunda [87] belirtildiği üzere ön tarafta bulunan pencereden "giriş" olarak, hava akışının çıkışı "çıkış" olarak, basınç ölçüm noktası "basınç" ve deney tenceresi "MEK+buhar girişi" olarak etiketlenmiştir.

Davlumbaz ve ocak arası mesafe 600 mm dir. Davlumbaz 150 mm çapında ve 1000 mm uzunluğunda çıkış borusuna bağlanmıştır. Çıkış basıncının tanımlanabilmesi ve hesaplamaların yakınsanabilmesi için davlumbazdan 900 mm uzaklığa basınç ölçüm noktası oluşturulmuştur.

3.2.2.2. Sayısal Yöntem

Havalandırma sistemi davlumbazları ile ilgili yapılan sayısal analizlerde bazı yazarlar [54, 57, 88] $k - \omega$ türbülans modelini kullanarak deneysel verilere kıyasla tatmin edici sonuçlar elde etmişlerdir.

Analizlerde, üç boyutlu (3B) Reynolds-ortalama Navier-Stokes denklemlerini çözerek akışı tahmin etmek için sonlu hacim yöntemini kullanma imkanı tanıyan, ANSYS Fluent HAD analiz programı kullanılmıştır. Yemek pişirme işleminden çıkan gaz simülasyonunda, türlerin taşınmasını ve difüzyonunu simüle eden MEK+su buharı karışımı kullanılmıştır. Hesaplamalarda kimyasal reaksiyonlar göz ardı edilmiştir. Mutfaktaki hem yemek dumanı konsantrasyonları hem de hava hareketi dikkate alınmıştır. Simülasyonlar sabit ve sıkıştırılamaz olarak kabul edilmiştir. Çok fazlı akış

için akışkanların hareketini tanımlayan, standart $k - \omega$ model taşınım denklemleri, enerji korunum denklemi ve türlerin korunum denklemi aşağıda verilmiştir.

Standart $k - \omega$ modeli için taşıma denklemleri (Transport equations for the standart $k - \omega$ model):

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + G_k - Y_k + S_k \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \omega) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \omega u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_\omega \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) + G_\omega - Y_\omega + S_\omega \quad (3.3)$$

Bu denklemlerde, k ; türbülans kinetik enerjisi, ω ; özgül dağılım oranını, ρ ; ortalama yoğunluğu, u_i ; ortalama hızı, t ve x_i zaman ve uzaysal koordinat vektörünü, G_k ; ortalama hız gradyanlarından dolayı türbülans kinetik enerjisinin oluşumunu temsil eder. G_ω ; ω neslini temsil eder. Γ_k ve Γ_ω ; sırasıyla k ve ω 'nin etkin yayılımını temsil eder. Y_k ve Y_ω ; türbülansstan dolayı k ve ω 'nin dağılımını temsil eder.

Enerji korunumu denklemi:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \nabla \cdot (\rho h \vec{v}) = -\nabla \cdot [(k + k_t) \nabla T] + S_h \quad (3.4)$$

Burada, h ; entalpi, k ; moleküler iletkenliktir; k_t türbülanslı taşımadan kaynaklanan iletkenliktir ($k_t = Cp^{\mu}t / Pr_t$), ve S_h terimi, tanımlanmış hacimsel ısı kaynaklarını içerir.

Tür Taşınım Denklemleri:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_i) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} Y_i) = -\nabla \cdot \vec{J}_i + S_i \quad (3.5)$$

Burada, Y_i ; her türün yerel kütle kesridir; S_i kullanıcı tanımlı kaynaklardan toplama yoluyla üretim hızıdır.

Türbülanslı akışlarda \vec{J}_i terimi şu şekilde verilir:

$$\vec{J}_i = - \left(\rho D_{i,m} + \frac{\mu_t}{S_{C_t}} \right) \nabla Y_i \quad (3.6)$$

Burada, S_{C_t} ; türbülanslı Schmidt sayısıdır, $S_{C_t} = \mu_t / (\rho D_t)$. μ_t türbülanslı viskozitedir, $\mu_t = 0,03874 \rho \nu L$, burada ν yerel hız büyüklüğüdür; ρ ; sıvı yoğunluğudur; L ; en yakın

duvardan uzaklık olarak tanımlanır ve 0,03874 ampirik bir sabittir.

Yukarıda belirtilen diferansiyel denklemleri ayrık denklemlere dönüştürmek için sonlu hacim yöntemi kullanılmıştır. Diferansiyel türevler için ikinci dereceden rüzgâra karşı şema kullanılmıştır. Basınca bağlı denklemler için birleştirilmiş şema benimsenmiştir. Analizler zamana bağlı olarak yapılmıştır. Sıkıştırılamaz ideal gaz denklemi daha sonra farklı sıcaklıklarda hava yoğunluğunun değişimini elde etmek için uygulanmıştır.

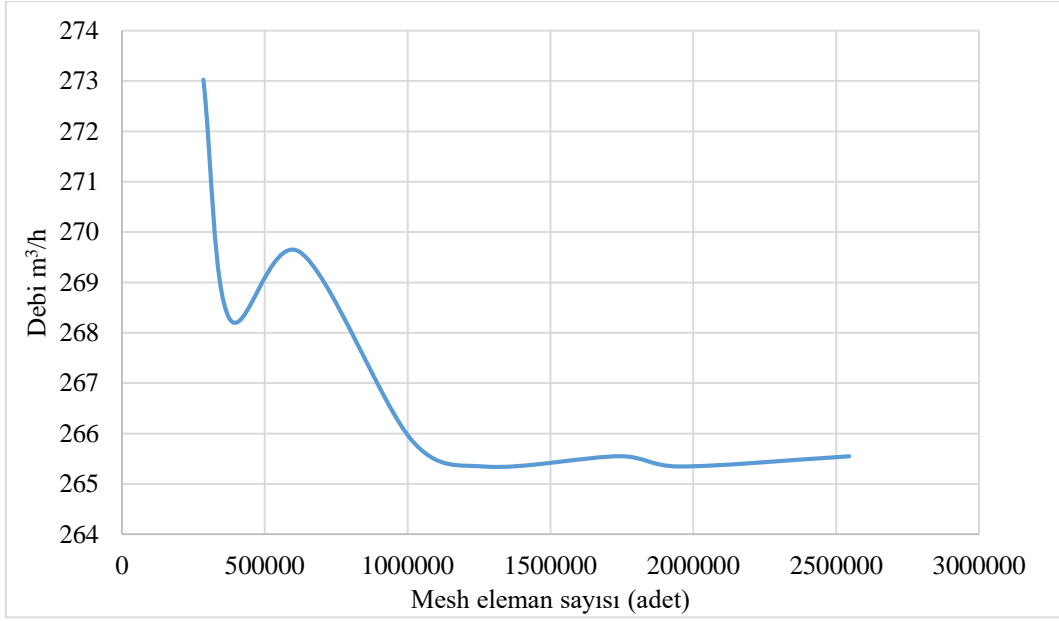
3.2.2.3. Mesh Model

Güvenilir sonuçlar elde etmek için meshleme büyük önem taşımaktadır. Mesh, düğümlerden ve öğelerden oluşur. Temel olarak, yüksek ağ sayıları daha iyi sonuçlar verir. Bununla birlikte, yüksek sayıda ağ, daha fazla zaman ve daha fazla hesaplama gücü gerektirir. Ayrıca belirli bir ağ boyutuna ulaşıldıktan sonra ağ bağımsızlığı olarak adlandırılan ağ boyutundan da çözüm etkilenmez. Bu nedenle, ağ sayısı iyi sonuçlar verecek kadar yüksek ve makul bir sürede çözüm elde etmek için yeterince az olmalıdır.

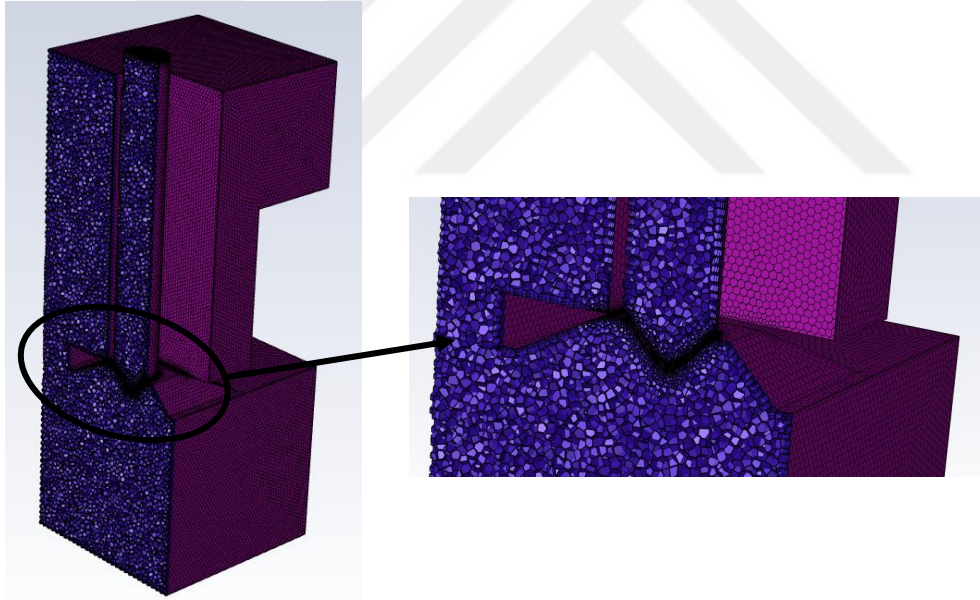
Sayısal ağ yapılandırması ANSYS Fluent Meshing ile hazırlanmıştır. Sayısal ağ, sonlu elemanlar çözüm metodunun uygulanabilmesi için geometrinin küçük çözüm hücrelerine bölünmesi işlemidir. Mesh aşamasında çözüm sonuçlarının kalite beklentisi doğrultusunda eleman sayısı belirlenmektedir. Analiz için Fluent Meshing programının en etkili mesh yapısı olan, Polyhedral mesh yapısı kullanılmıştır. Bu mesh yapısı daha az eleman sayısı ile karmaşık geometrilerde, her mesh kalitesinde eleman oluşturabilme imkânı sağlamaktadır.

Öncelikle davlumbaz tasarım optimizasyonu ve HAKV tasarım optimizasyonları için hazırlanan modeldeki toplam mesh eleman sayısı yaklaşık 1,2 milyondur. Uygulanan mesh model ağının kalitesinin bir parametresi olan 'skewness' değeri 0 ile 1 arasında belirlenir ve 0' değerine yaklaştıkça yüksek kaliteli çözüm ağının uygulandığı anlamına gelmektedir. Yapılan çalışmalarda 0,95 altındaki skewness değerleri kabul edilebilir görülmüştür. Yapılan Mesh model sonucu maksimum skewness değeri 0,79 olmuştur. Optimum mesh eleman sayısı için yaklaşık 280 bin ile 3 milyon hücre arasında duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucu hücre sayısının debi ve yakalama hızı değeri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yaklaşık 1,2 milyon eleman sayısı sonrası değerlerin duyarsızlaştığı görülmüştür. Yapılan duyarlılık analizi sonucu oluşan debi değeri Şekil 3.23'de verilmiştir. Yapılan duyarlılık analizi sonucu en iyi yakınsamayı sağlayan 1.2 milyon mesh eleman yapısı sayısal analizlerde kullanılmıştır. Oluşturulan mesh işlemi

sonucu mesh yapısı Şekil 3.24’de gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Mesh duyarlılık analizi.

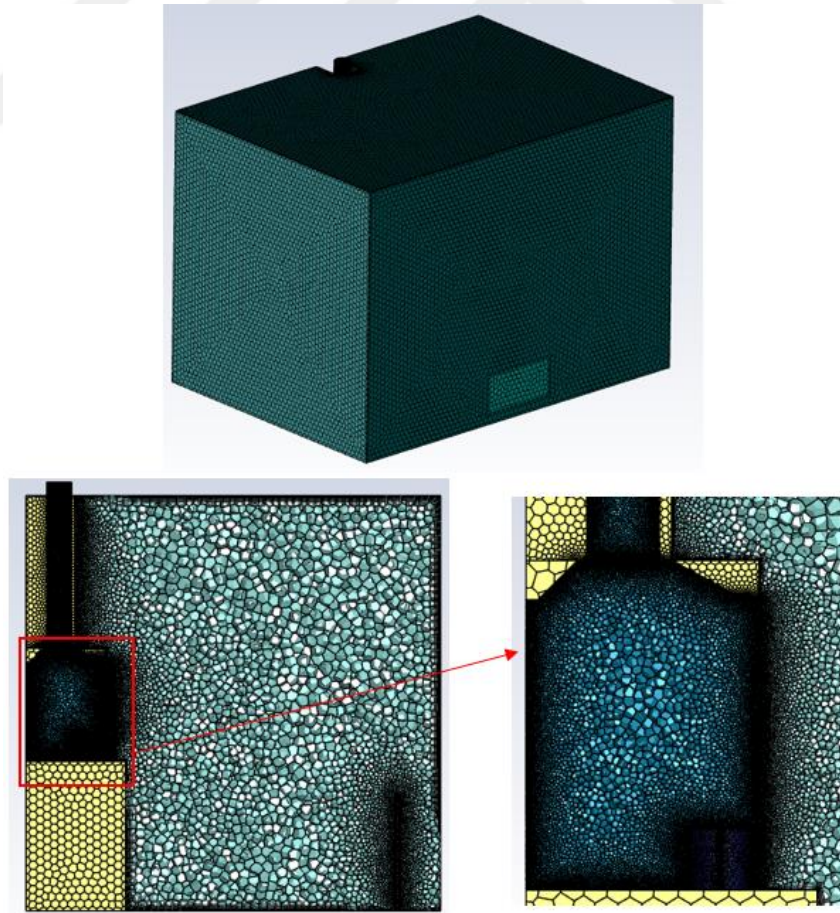


Şekil 3.24. Mesh yapısı görünümü.

Analizlerde sınır koşulları belirlenirken gerçek ortam koşulları dikkate alınmalıdır. Yapılacak ayarlamalar gerçek ortam fiziksel koşulları ile uyum içinde olmalıdır. Aksi takdirde sayısal analiz sonuçları deneysel sonuçlar ile tutarsız olacaktır. Sınır koşullarının oluşturulmasında ANSYS Fluent programı kullanılmıştır. Hesaplamalarda sınır koşul olarak ortam basıncı 1 atm, hava yoğunluğu 1,113 kg/m³ ve ortam sıcaklığı 23 °C olarak kabul edilmiştir. Davlumbaz çıkış alanına %5 türbülans yoğunluğuna sahip, davlumbaz

emme kapasitesini simüle eden -50 Pa, -100 Pa ve -200 Pa çıkış basınçları tanımlanmıştır. Analizlerde istenilen en iyi çalışma parametreleri belirlenene kadar tüm modeller tekrarlı analiz döngüsüne alınmıştır.

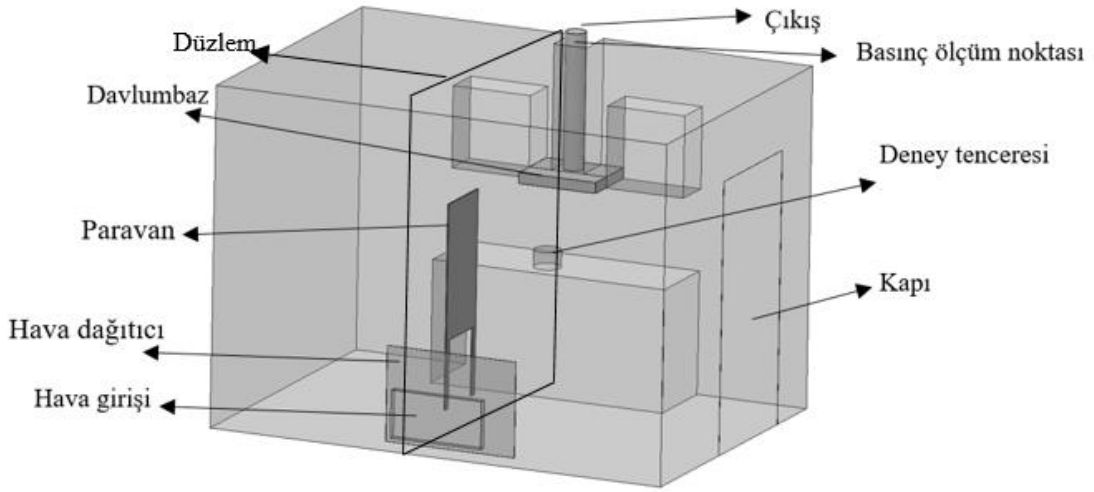
Avrupa normuna [87] uygun koku performans testleri için tam ölçekli bir mutfak geometrisi hazırlanmıştır. Hazırlanan geometri büyük boyutlarda olduğu için deney tenceresi ve davlumbaz arasındaki bölgede MEK dağılımının doğru bir şekilde yakalanması için yerel iyileştirmeler yapılmış ve bu bölgede 2,8 milyon mesh eleman kullanılmıştır. Tüm modeldeki toplam mesh eleman sayısı 9 milyondur. Uygulanan mesh model ağının kalitesinin bir parametresi olan ‘skewness’ değeri 0 ile 1 arasında belirlenir ve yapılan çalışmalarda 0,95 altındaki skewness değerleri kabul edilebilir görülmüştür. Yapılan Mesh model sonucu maksimum skewness değeri 0,82 olmuştur. Leping ve ark. [88], yaptıkları çalışmada SST k – ω türbülans modeli için yapılacak analizlerde ($y^+ < 5$) makul olarak tanımlanmıştır. Yapılan çalışmada oluşturulan mesh modeli yapısı Reynolds sayısı yaklaşımı gereksinimini ($2 < (y^+) < 5$) karşılamaktadır. Oluşturulan mesh işlemi sonucu, mesh yapısı Şekil 3.25’te gösterilmiştir.



Şekil 3.25. Mesh dağılımının farklı görünümleri.

Matematiksel modellemeye uygun sınır koşullarını belirlemek için, bu bölümde fiziksel parametrelerde bazı varsayımlar yapılmıştır:

- 1) mutfaktaki tek hava girişi havalandırma penceresi ve davlumbaz egzoz çıkışındaki tek hava akımı çıkışıdır;
- 2) mutfaktaki hava sıcaklığı 23 °C dir;
- 3) pişirme işlemini, tencereden çıkan MEK + su buharı karışımı temsil etmektedir;
- 4) deney tenceresi 170 °C sıcaklıktadır;
- 5) mutfakta bulunan aşçı hareketleri bu çalışmada dikkate alınmamıştır.



Şekil 3.26. Basitleştirilmiş tam ölçekli mutfak analiz geometrisi.

Şekil 3.26 hesaplama alanına ait sınır koşullarını göstermektedir. Hesaplamalarda sınır koşulu olarak, ortam basıncı 1 atm ve ortam sıcaklığı 23 °C olarak kabul edilmiştir. Davlumbaz çıkış alanına, davlumbaz debi değerini simüle eden basınç değeri ve deneysel doğrulama testleri için davlumbaz çıkışından 900 mm ileride basınç ölçüm noktası tanımlanmıştır. Şekil 3.26'da gösterilen deney tenceresi MEK + su buharı için ısı kaynağı ve salım noktasıdır. Deney tenceresinden çıkan MEK + su buharının sıcaklığı 170 °C ve debisi 0,0001667 kg/s olarak ayarlanmıştır. Tüm ayarlamalar, Avrupa normunda [87] tanımlanan test koşullarını simüle etmektedir. Oda içerisindeki sıcaklık dağılımının incelenmesi için deney tenceresi merkezini referans alan düzlem eklenmiştir.

Literatürde yazarlar [57, 58] sayısal analizlerdeki koku yakalama verimlilik hesabını, E3087-18 [89] normuna göre hesaplamışlardır. Bu çalışma kapsamında da yapılan sayısal analizlerde koku yakalama verimliliği literatüre benzer olarak E3087-18 [89] normuna

göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\eta = \frac{C_{\text{çıkış}} - C_{\text{oda}}}{C_{\text{çıkış}} - C_{\text{giriş}}} \quad (3.7)$$

burada, $C_{\text{çıkış}}$ ve $C_{\text{giriş}}$; sırasıyla çıkış ve girişteki MEK konsantrasyonudur. C_{oda} terimi; ilk anda E3087-18 normuna göre belirlenen mutfağın içindeki belirli bir pozisyondaki MEK konsantrasyonudur.

3.3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.3.1. Mevcut HAKV Tasarım Optimizasyonu

HAKV tasarım çalışmasına ilk olarak patentlerde bulunan ve piyasada kullanılan düz plaka şeklindeki valf tasarımı ile başlanmıştır. Plaka şeklinde farklı açıklıklara sahip 6 model tasarlanmıştır. Tasarlanan modeller Şek’ da gösterilmiştir. Oluşturulan 6 farklı model geometrisi davlumbaza monte edilmiş ve Şekil 3.21’de gösterilen model içerisinde, ANSYS Fluent yazılımı ile sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlere ait deney tasarımı Çizelge 3.10 ‘de verilmiştir.

Çizelge 3.10. Mevcut HAKV tasarımına ait deney tasarımı.

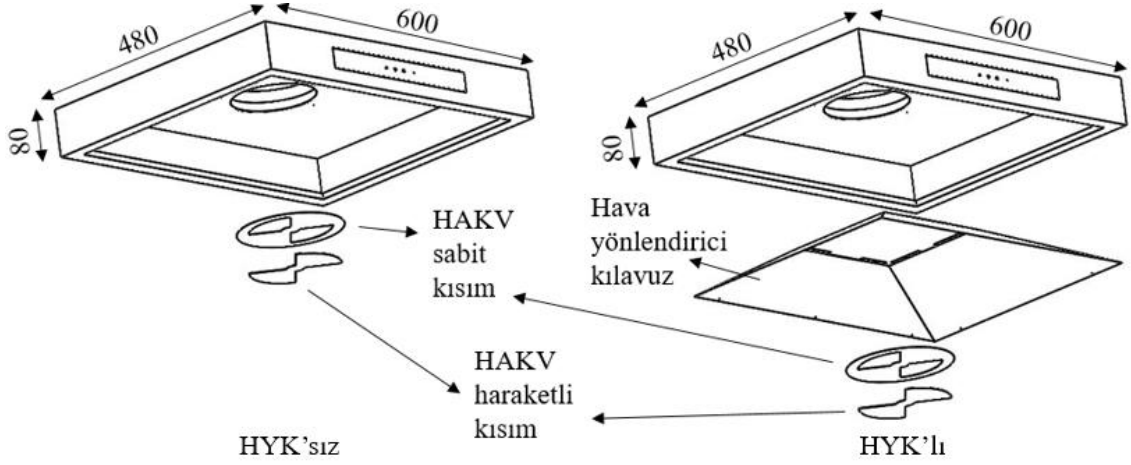
Deney numarası	Model	Valf pozisyonu	Basınç (Pa)
1	2		100
2	4		100
3	6	Tam açık	100
4	8		100
5	12		100
6	18		100

Deneyler tasarımına göre yapılan sayısal analizler sonucu HAKV tasarımları, hava akış alanı, debi, türbülans ve yakalama hızı açısından değerlendirilmiştir.

3.3.2. Davlumbaz Tasarım Optimizasyonu

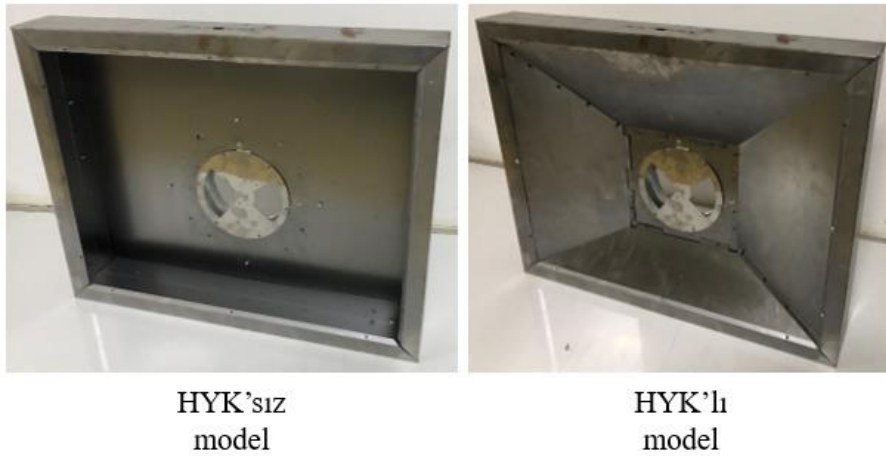
Davlumbaz emme alanında oluşacak türbülanslı akışın debiyi olumsuz yönde etkileyeceği belirtilmiştir [63]. Başka çalışmalarda davlumbaz tasarımının, davlumbaz

performansı üzerindeki etkileri açıklanmıştır [47-50, 52]. Bu bilgi ışığında, davlumbaz kaput kenarlarında oluşan türbülansı engellemek için davlumbaz kaputuna hava yönlendirici kılavuz eklenmiştir. Davlumbaz emiş alanında oluşan türbülanslı akışın önüne geçilerek, debi artışı sağlanması amaçlanmıştır. Oluşturulan 2 farklı davlumbaz tasarımı Şekil 3.27 'de verilmiştir.



Şekil 3.27. Davlumbazlara ait genişletilmiş görünüm.

Oluşturulan 2 farklı davlumbaz modeline ait deneysel ve sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Testler HAKV'nin tek konumunda ve 8 farklı debi koşulunda tekrarlanmıştır. Şekil 3.28 deneysel testler için hazırlanan prototipleri göstermektedir. Oluşturulan deney tasarımı Çizelge 3.11'de verilmiştir. Tasarımlar, yapılan deneysel ve sayısal analizler sonucu türbülans oluşumu, yakalama hızı ve debi için gerekli olan sistem basıncı açısından değerlendirilmiştir.



Şekil 3.28. Davlumbazlara ait prototipler.

Çizelge 3.11. Davlumbaz tasarımına ait deney tasarımı.

Deney numarası	Model	Valf pozisyonu	Debi (m ³ /h)
1	HYK'sız		50
2	HYK'sız		100
3	HYK'sız		150
4	HYK'sız		200
5	HYK'sız		250
6	HYK'sız		300
7	HYK'sız		350
8	HYK'sız		400
9	HYK'lı	Tam açık	50
10	HYK'lı		100
11	HYK'lı		150
12	HYK'lı		200
13	HYK'lı		250
14	HYK'lı		300
15	HYK'lı		350
16	HYK'lı		400

3.3.3. Yenilikçi HAKV Tasarım Optimizasyonu

Yapılan patent araştırmaları ve literatür incelemeleri sonucu çalışma performansı iyileştirilmiş konik yapıya sahip HAKV modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Oluşturulan 6 farklı model ve 6 farklı eğim açısına sahip HAKV modeli için optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Öncelikle 6 farklı modele ait sayısal analiz çalışmaları yapılmıştır. Sonrasında optimum performansa sahip HAKV modeli ile 6 farklı eğim açısı oluşturularak sayısal analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. alışmalara ait detaylar bir sonraki bölümde verilmiştir.

3.3.3.1. Yenilikçi HAKV Tasarım Optimizasyonu

Yenilikçi HAKV tasarım çalışmasına ilk olarak konik yapıya sahip 6 farklı HAKV tasarımı ile başlanmıştır. Konik şekilde farklı açıklıklara sahip 6 farklı HAKV modeli tasarlanmıştır. Tasarlanan modeller şekil 2.17' da gösterilmiştir. Oluşturulan 6 farklı

model geometrisi davlumbaza monte edilmiş ve Şekil 3.21’de gösterilen model içerisinde, ANSYS Fluent yazılımı ile sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlere ait deney tasarımı Çizelge 3.12 ‘de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Yenilikçi HAKV tasarımına ait deney tasarımı.

Deney numarası	Model	Valf pozisyonu	Basınç (Pa)
1	2	Tam açık	100
2	4		100
3	6		100
4	8		100
5	12		100
6	18		100

Deneyler tasarımına göre yapılan sayısal analizler sonucu HAKV tasarımları, hava akış alanı, debi, türbülans ve yakalama hızı açısından değerlendirilmiştir.

3.3.3.2. Yenilikçi HAKV Eğim Açısı Optimizasyonu

Literatür araştırmalarında, valf tasarımı sonucu oluşan emiş hattı eğim açısının hava akışındaki türbülans oluşumu üzerinde etkili olduğu görülmüştür [64]. Bu bilgiler ışığında Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan yeni modelin emiş bölgesinde farklı açılar ile tasarım optimizasyon çalışmasına devam edilmiştir. Yapılan 6 farklı HAKV emiş bölgesi eğim açısı için oluşturulan tasarımlar Şekil 2.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.13. Yenilikçi HAKV eğim açısı tasarımına ait deney tasarımı.

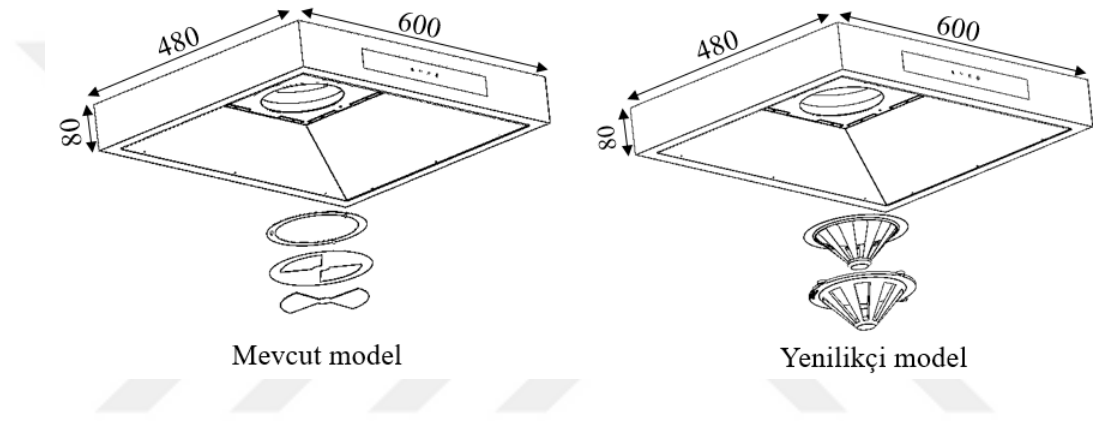
Deney numarası	Model	Valf pozisyonu	Eğim Açısı (°)	Basınç (Pa)
1	8	Tam açık	0	100
2	8		15	100
3	8		30	100
4	8		45	100
5	8		60	100
6	8		75	100

Oluşturulan 6 farklı model geometrisi davlumbaza monte edilmiş ve Şekil 3.21’de

gösterilen model içerisinde, ANSYS Fluent yazılımı ile sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlere ait deney tasarımı Çizelge 3.13’de verilmiştir. Deneyler tasarımına göre yapılan sayısal analizler sonucu HAKV emiş bölgesi eğim açısı tasarımları oluşan hava akış alanı, debi, türbülans ve yakalama hızı açısından değerlendirilmiştir.

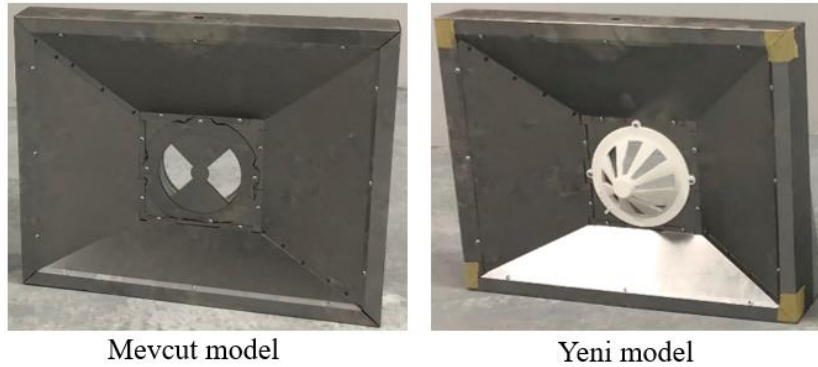
3.3.4. Mevcut ve Yenilikçi HAKV Performans Testleri

Bu bölümde, daha önce yapılan sayısal analizler sonucu en iyi sonucu gösteren mevcut model ve yenilikçi model karşılaştırılmıştır. Sayısal analizlerde en iyi performansı sergileyen modellere ait genişletilmiş görünüm Şekil 3.29’da verilmiştir.



Şekil 3.29. Mevcut ve yenilikçi modele ait genişletilmiş görünüm.

Sayısal analizler sonucuna göre en iyi performansı sergileyen mevcut ve yenilikçi HAKV’ne ait prototipler oluşturulmuştur. Oluşturulan HAKV prototipleri davlumbazlara monte edilmiş ve deneysel testler için prototip ürünler hazırlanmıştır. Şekil 3.30 deneysel testler için hazırlanan prototip ürünleri göstermektedir. Deneyler için hazırlanan prototipler Şekil 3.18 gösterildiği gibi performans testine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.30. Mevcut ve Yenilikçi modele ait prototipler.

Tersler her iki model için HAKV'nin tek konumunda ve 8 farklı debi koşulunda tekrarlanmıştır. Yapılan deneysel çalışmaya ait deney tasarımı Çizelge 3.14'da verilmiştir. Prototipler, yapılan deneysel ve sayısal analizler sonucu türbülans oluşumu, yakalama hızı ve debi için gerekli olan sistem basıncı açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.14. Mevcut ve Yenilikçi HAKV performans testi deney tasarımı.

Deney numarası	Model	Valf pozisyonu	Debi (m ³ /h)
1	Mevcut		50
2	Mevcut		100
3	Mevcut		150
4	Mevcut		200
5	Mevcut		250
6	Mevcut		300
7	Mevcut		350
8	Mevcut		400
9	Yeni	Tam açık	50
10	Yeni		100
11	Yeni		150
12	Yeni		200
13	Yeni		250
14	Yeni		300
15	Yeni		350
16	Yeni		400

3.3.5. Koku Yakalama Performans Testleri

Yakalama verimliliğinin değerlendirilmesi mutfaklardaki havalandırma sistemlerinin tasarım optimizasyonu için kritik öneme sahiptir [37, 38, 90-93].

Çalışma kapsamında, merkezi sistem davlumbazlarının Avrupa normuna uygun koku yakalama performansı testlerinin ANSYS FLUENT yazılımı ile simüle edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda hazırlanan 2 farklı modele ait Avrupa normuna [87] uygun sayısal ve deneysel koku yakalama performans testleri gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan 2 farklı model tasarımları için sayısal analizler Şekil 3.26'de belirtildiği gibi

ANSYS Fluent yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Sayısal analizler için koku yakalama verimlilik hesabı E3087-18 [89] normuna uygun olarak Denklem (3.7)'de belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

Deneysel testler için oluşturulan ve Şekil 3.30'de verilen 2 farklı prototip ile deneysel koku yakalama performans testleri daha önce "3.1.3.2 Koku Performans ve Enerji Tüketim Testi" bölümünde ifade edildiği şekli ile gerçekleştirilmiştir. Tersler her iki model için HAKV'nin tek konumunda ve 4 farklı debi koşulunda tekrarlanmıştır. Yapılan deneysel çalışmaya ait deney tasarımı Çizelge 3.15'da verilmiştir. Deneysel testlerde koku yakalama verimlilik hesabı Avrupa normuna [87] uygun olarak Denklem (3.1)'de belirtildiği gibi hesaplanmıştır. Prototipler ve oluşturulan modeller, yapılan deneysel ve sayısal analizler sonucu koku performans testi açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.15. Koku yakalama performans testi deney tasarımı.

Deney numarası	Model	Valf pozisyonu	Debi (m ³ /h)
1	Mevcut		100
2	Mevcut		200
3	Mevcut		300
4	Mevcut		400
5	Yeni	Tam açık	100
6	Yeni		200
7	Yeni		300
8	Yeni		400

3.3.6. Enerji Tüketim Performans Testleri

Geliştirilen yenilikçi HAKV tasarımının enerji tüketimi üzerindeki etkisini görmek için oluşturulan ve Şekil 3.30'de verilen 2 farklı modele ait koku performans testleri yapılırken merkezi sistem havalandırma motoruna bir adet enerji tüketim cihazı bağlanmıştır. Sonrasında merkezi sistem fan kontrol paneli yardımı ile debi değerleri ayarlanmış ve sistem stabil olduktan sonra merkezi sistem fanı enerji tüketimi ölçülmüştür. Enerji tüketimi ölçümleri 3'er defa tekrarlanmış ve ortalama değerler alınmıştır. Deney düzeneği Şekil 3.19'da gösterilmiştir. Deneyler her iki model için HAKV'nin tek konumunda ve 4 farklı debi koşulunda tekrarlanmıştır. Yapılan deneysel

çalışmaya ait deney tasarımı Çizelge 3.16'da verilmiştir. Deneyler için hazırlanan prototipler, yapılan enerji tüketim testi sonucuna göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.16. Enerji tüketim testi deney tasarımı.

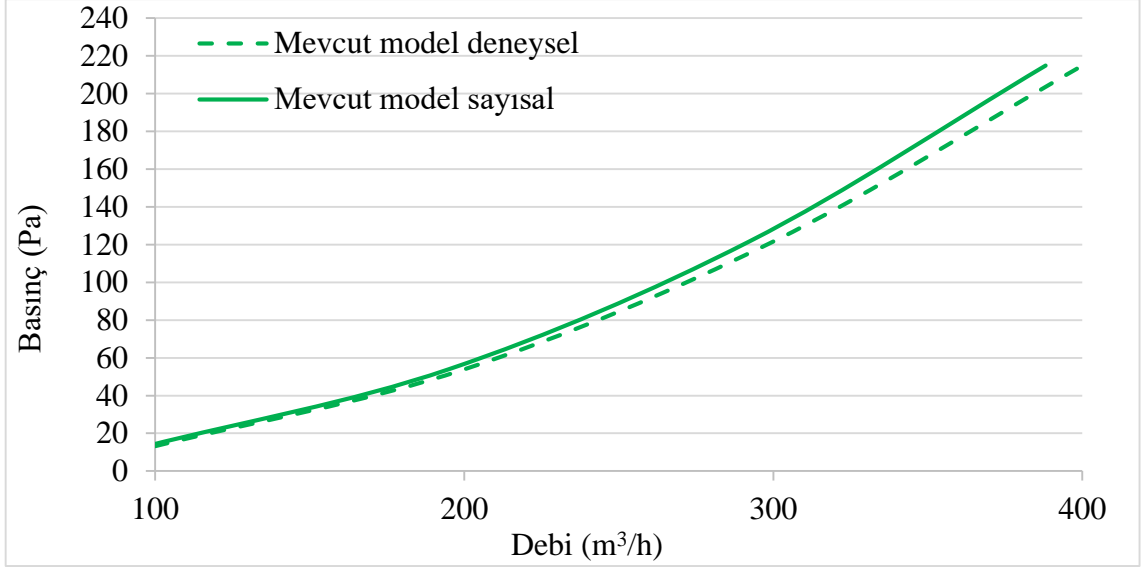
Deney numarası	Model	Valf pozisyonu	Debi (m ³ /h)
1	Mevcut		100
2	Mevcut		200
3	Mevcut		300
4	Mevcut	Tam açık	400
5	Yeni		100
6	Yeni		200
7	Yeni		300
8	Yeni		400

4. SONUÇLAR

Bu bölümde yapılan çalışmalara ait sonuçlar paylaşılmıştır. İlk olarak sayısal analizlerin doğrulanması için deneysel ve sayısal simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Ardından doğrulanmış sayısal analiz yaklaşımına bağlı olarak mevcut HAKV tasarım optimizasyonu, davlumbaz tasarım optimizasyonu, yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu ve koku yakalama performans testleri sonuçları değerlendirilmiştir. Son olarak elde edilen mevcut ve yenilikçi HAKV tasarımlarının, merkezi sistem motoru enerji tüketimi açısından karşılaştırılmıştır.

4.1. SAYISAL ANALİZLERİN DOĞRULANMASI

Sayısal analizlerde yapılacak ayarlamalar, gerçek ortam fiziksel koşulları ile uyum içinde olmalıdır. Aksi takdirde sayısal analiz sonuçları deneysel sonuçlar ile tutarsız olacaktır. Çalışma kapsamında yapılan sayısal analizlerde sınır koşulları belirlenirken gerçek ortam koşulları dikkate alınmıştır. Oluşturulan sayısal analizlerin doğrulanması daha önce “3.1.1.1 Hacimsel Debi ve Performans Ölçümü” bölümünde ifade edildiği gibi deneysel debi ölçümleri ile yapılmıştır. Oluşturulan model ile çalışmada belirlenen debi (100, 200, 300, 400 m³/h) değerleri için gerekli olan sistem basınç değerleri ölçülmüştür. Her bir ölçüm üçer defa tekrarlanmış ve ortalamaları alınmıştır. Deneysel çalışmada ölçülen 4 farklı debi değeri için gerekli olan sistem basınçları sayısal analizlerde kullanılmıştır. Yapılan sayısal analizler daha önce “3.2 SAYISAL YÖNTEM” bölümünde ifade edildiği gibi gerçekleştirilmiştir. Analizler 4 farklı sistem basıncı için tekrarlanmıştır. Yapılan deneysel ve sayısal analizler sonucu oluşan debi-basınç grafikleri Şekil 4.1’de verilmiştir.

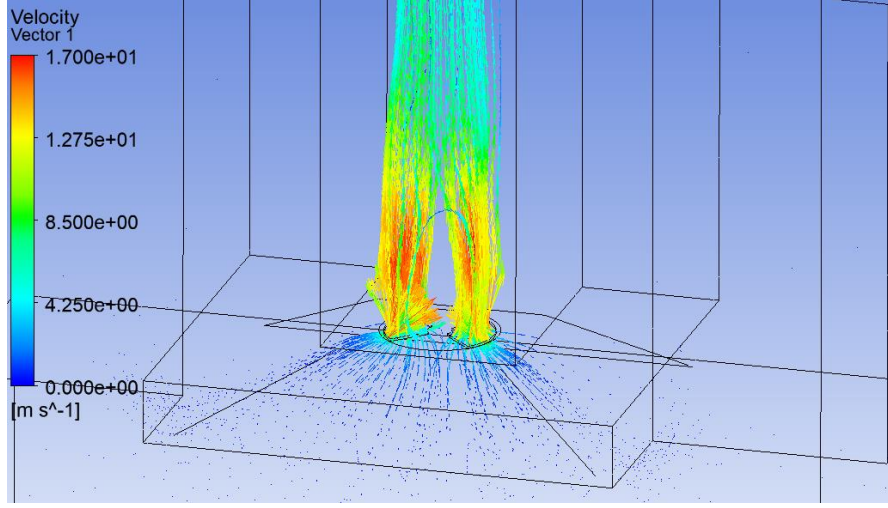


Şekil 4.1. Doğrulama testi sonuçları, farklı akış hızları için sistem basıncı.

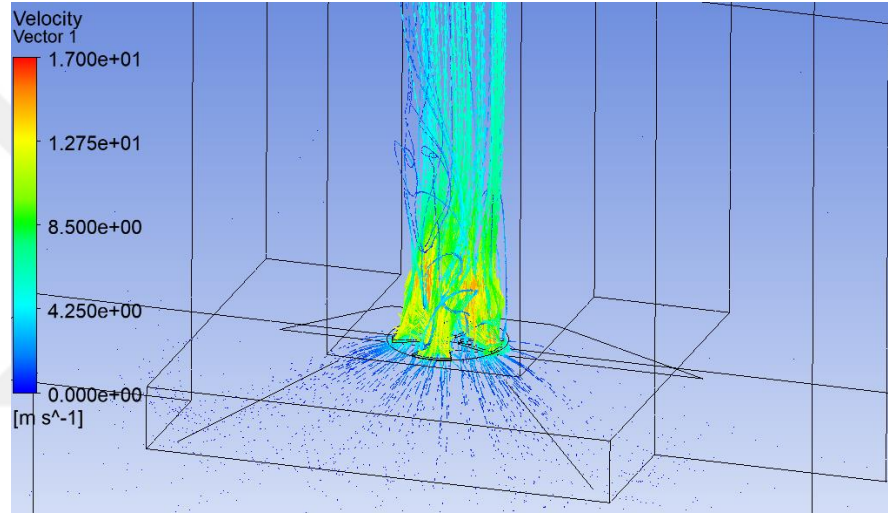
Sayısal analizler ile deneysel sonuçlar arasında, tüm debi koşullarında iyi bir tahmin ile mükemmel bir uyum gözlemlenmiştir. Maksimum debi koşulunda, akışkanın kararsızlığından dolayı %5,6'lık bir tutarsızlık gözlemlenmiştir. Benzer olarak, Xing ve ark. [94], CO₂ taşınması ve difüzyonu ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, sayısal ve deneysel sonuçlar arasında maksimum %8'lik tutarsızlık elde edilmiş ve kabul görmüştür. Bu nedenle HAKV geliştirme analizlerinde oluşturulan sayısal analizler güvenle kullanılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan sayısal simülasyon analizlerinde, doğrulama deneylerinde kullanılan ayarlamalar kullanılmıştır.

4.2. MEVCUT HAKV TASARIM OPTİMİZASYONU SONUÇLARI

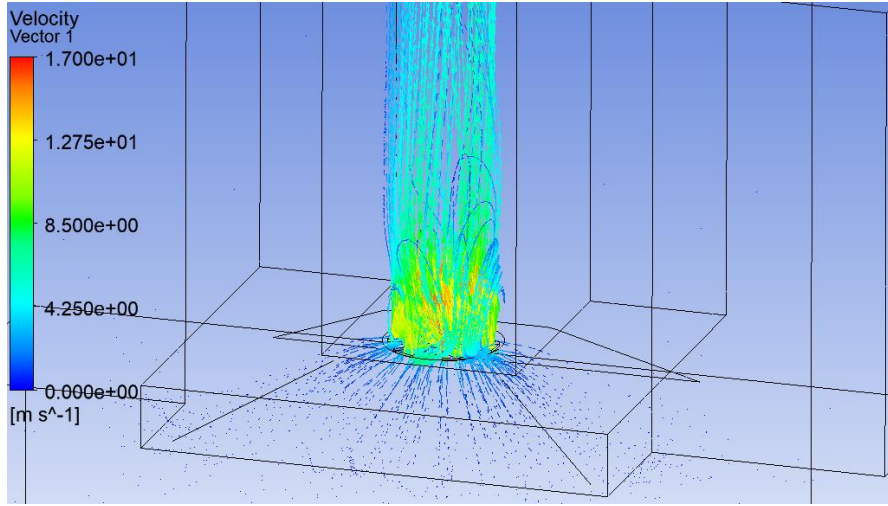
Bu bölümde, bir önceki bölümde doğrulaması yapılmış sayısal analiz parametreleri kullanılarak mevcut HAKV tasarımının optimizasyon çalışması sonuçları değerlendirilmiştir. Bu kapsamda daha önce Şek' de gösterildiği gibi mevcut HAKV'ne ait 6 farklı HAKV tasarımı oluşturulmuş ve sayısal simülasyon analizleri daha önce "3.3.1 Mevcut HAKV Tasarım Optimizasyonu" bölümünde ifade edildiği şekli ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan sayısal simülasyonlar sonucu modeller debi, türbülans kinetik enerji (TKE) ve yakalama hızı açısından karşılaştırılmıştır. Yapılan analizlere ait simülasyonlarda, HAKV sonrasında oluşan hava akışına ait vektör görünümü Şekil'de gösterilmiştir.



a)

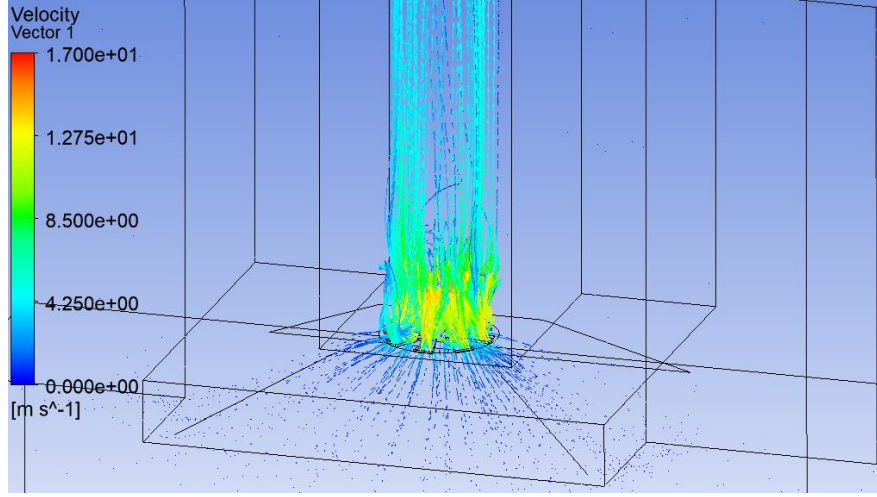


b)

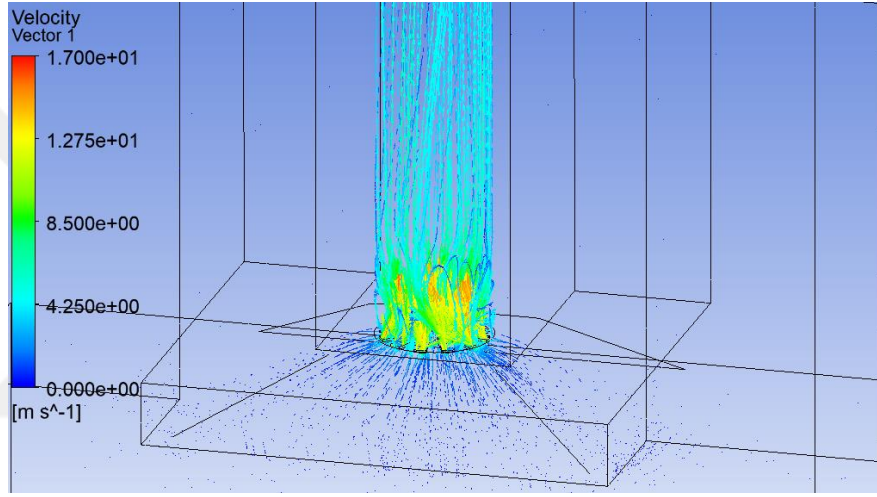


c)

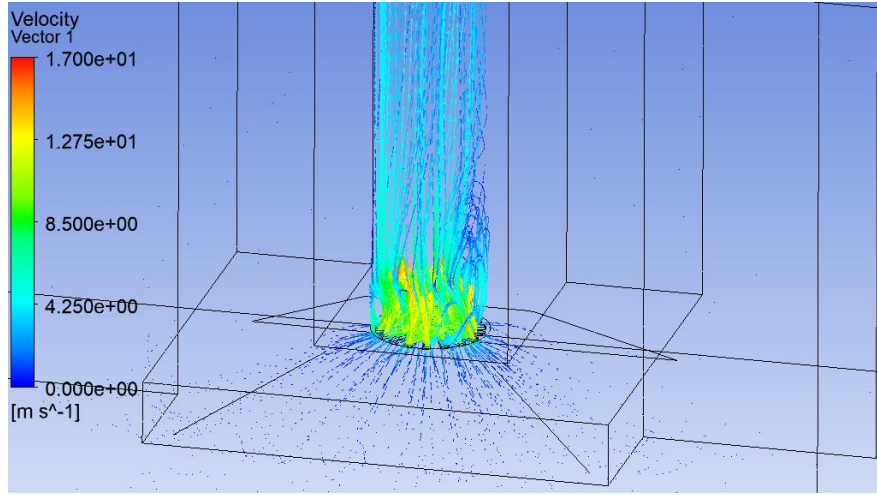
Şekil 4.2. Mevcut HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan hava akış vektör görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.



d)



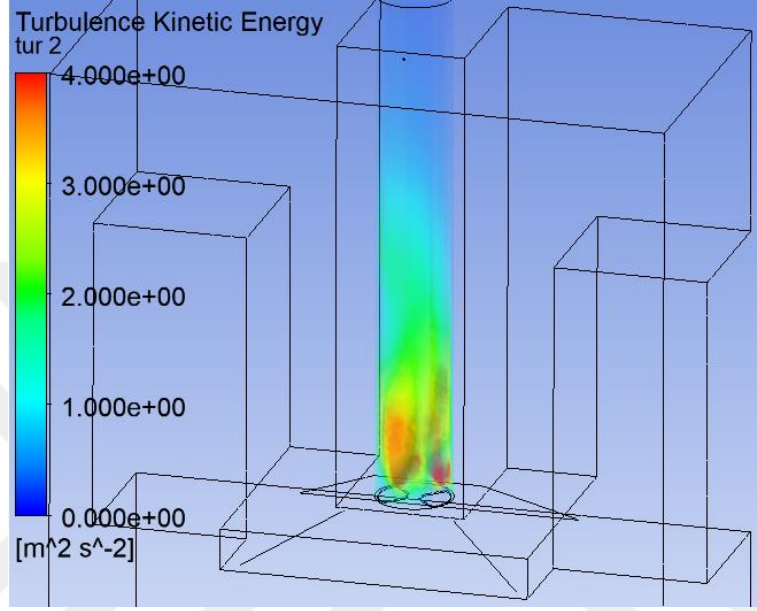
e)



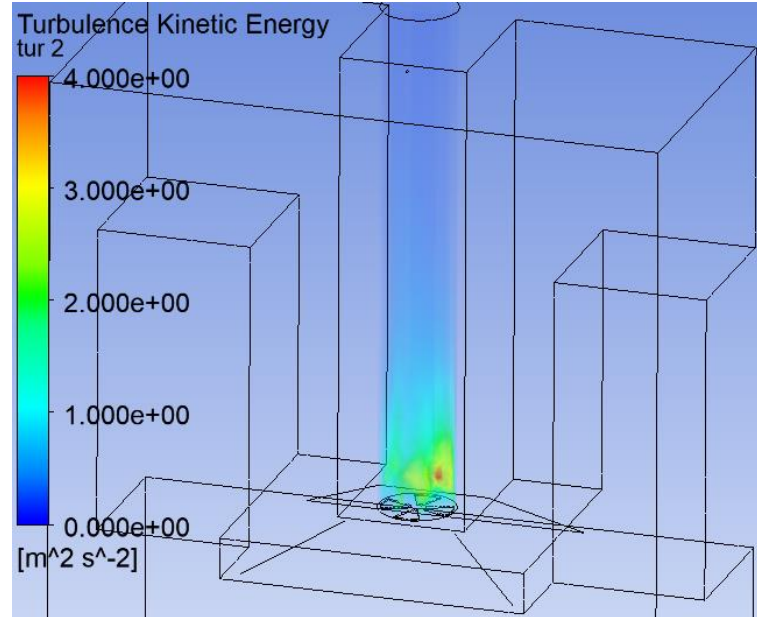
f)

Şekil 4.2. (devam) Mevcut HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan hava akış vektör görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.

HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşturulan modeller ile yapılan analizlere ait hava akışında oluşan türbülans yoğunlukları Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde oluşan türbülanslara ait kinetik enerji ortalamaları analizlerde hesaplanmış ve Çizelge 4.1’de verilmiştir. Şekil 4.3 incelendiğinde maksimum türbülans kinetik enerji değerleri görülmektedir. HAKV bölme sayısı arttıkça analiz sonucu oluşan ortalama türbülans kinetik enerji değerleri azalmıştır.

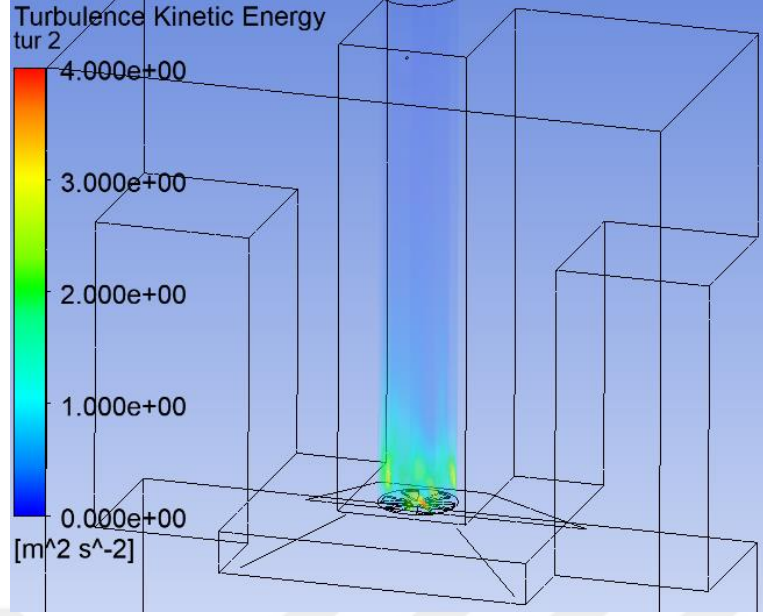


a)

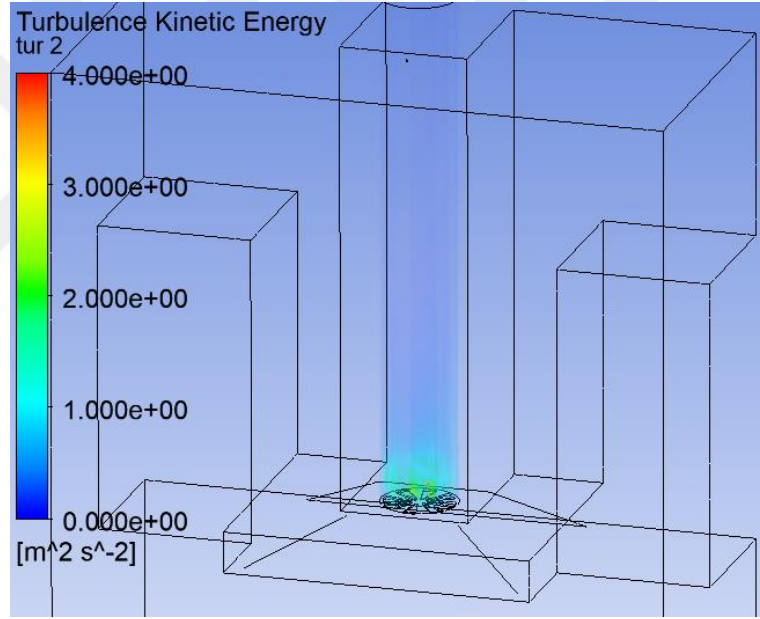


b)

Şekil 4.3. Mevcut HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan Türbülans Kinetik Enerji görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.

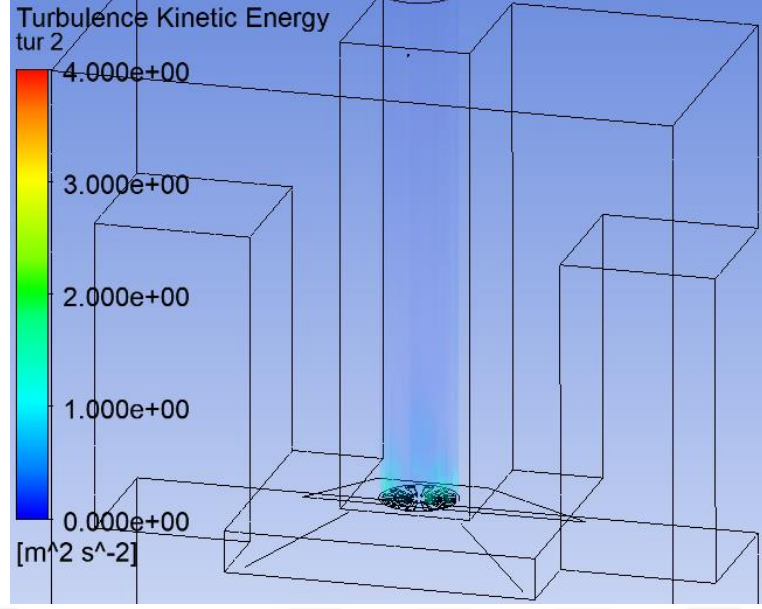


c)

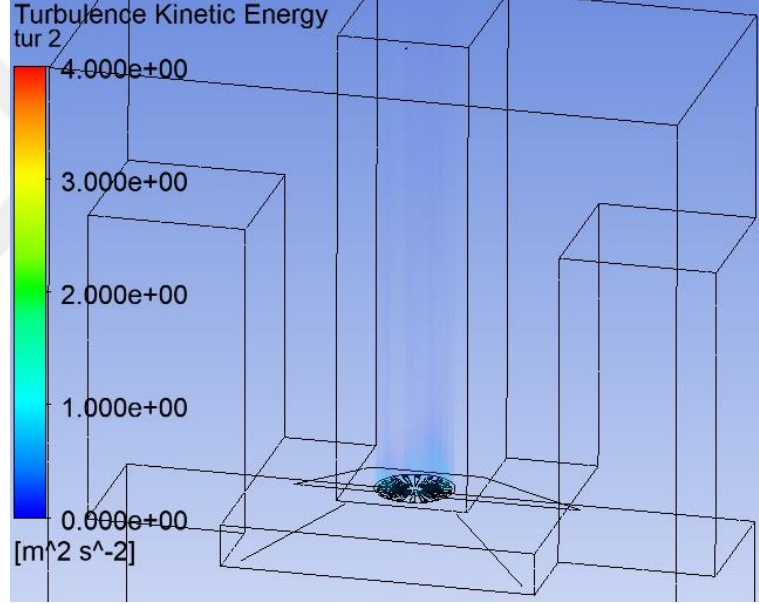


d)

Şekil 4.3. (devam) Mevcut HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan Türbülans Kinetik Enerji görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.



e)

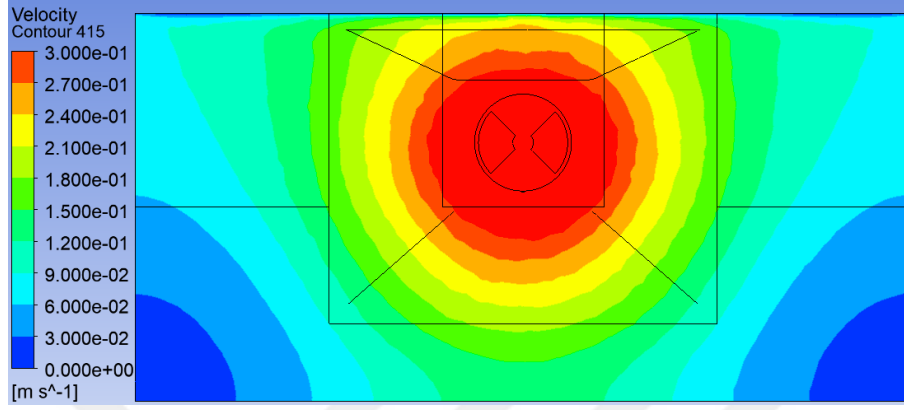


f)

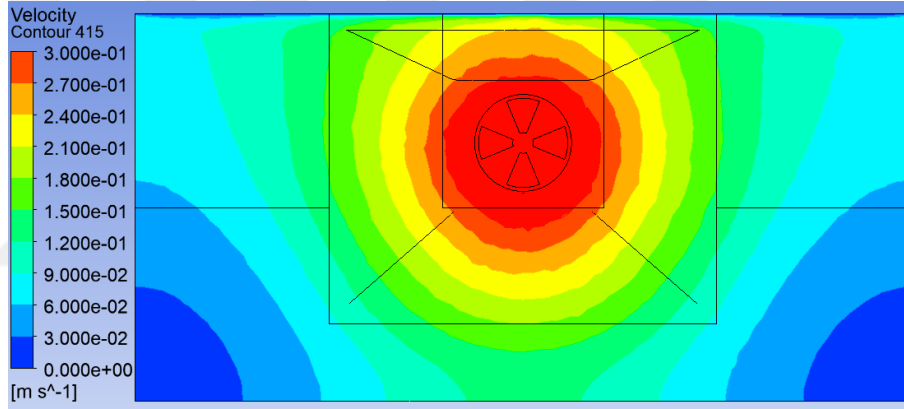
Şekil 4.3. (devam) Mevcut HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan Türbülans Kinetik Enerji görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.

Hesaplanan türbülans kinetik enerji ortalaması sonuçları HAKV tasarımında oluşturulan bölme sayısı artışı ile birlikte azalmıştır. Bu azalmalar görsel olarak Şekil 4.3'de görülmektedir. Ayrıca analiz sonucu davlumbazlardan emilen hava debileri de Çizelge 4.1'de verilmiştir. Analiz sonucu oluşan hava akış debileri incelendiğinde, 2 bölmeli 90° tasarıma sahip davlumbazdan 4 bölmeli 45° derece davlumbaza geçişte debinin 7,33 m³/h

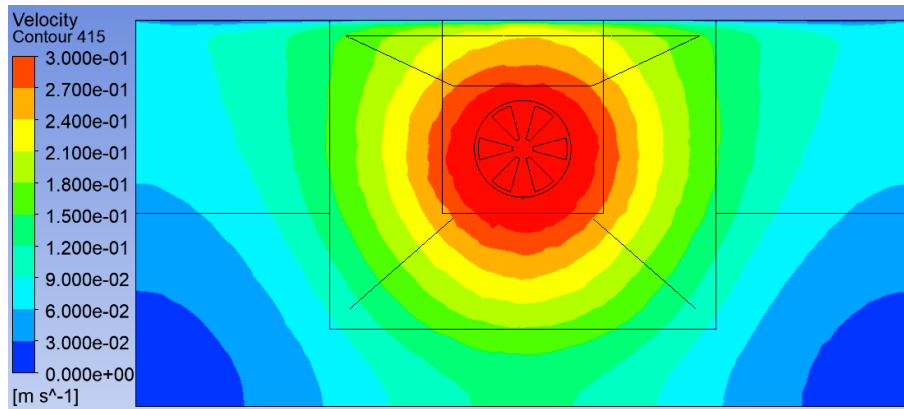
arttığı görülmektedir. Burada valf açıklığının 212 mm^2 azalmasına rağmen performans artışının olduğu görülmektedir. Yapılan valf tasarım optimizasyonu sayesinde, valften sonra oluşan türbülans yoğunluğu azaltılmış ve hava akışında oluşan iyileşme performansa pozitif yönde etki etmiştir.



a)

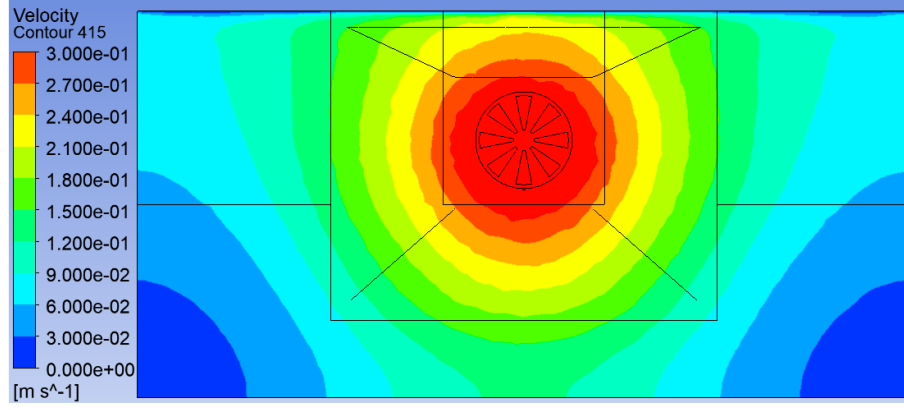


b)

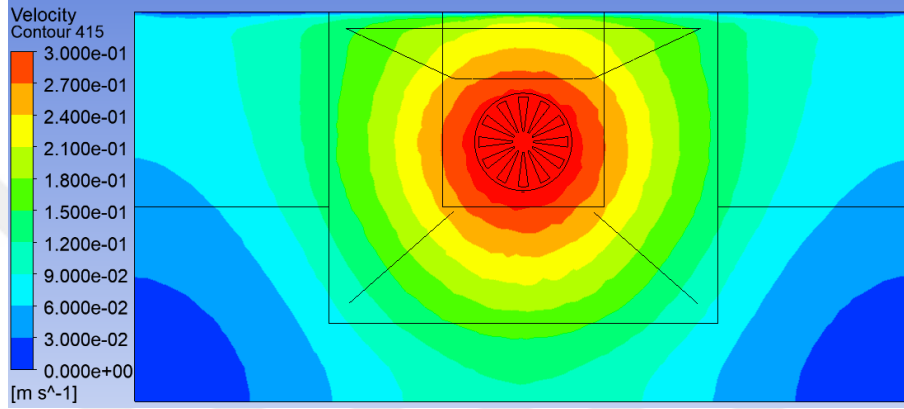


c)

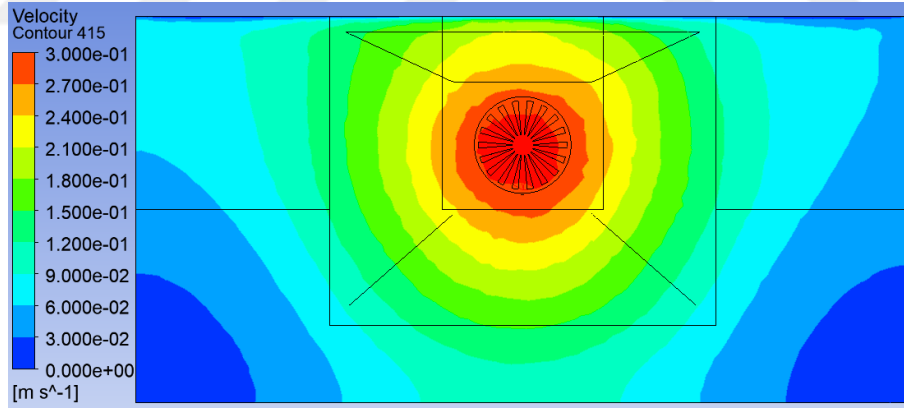
Şekil 4.4. Mevcut HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan yakalama hızı görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.



d)



e)



f)

Şekil 4.4. (devam) Mevcut HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan yakalama hızı görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.

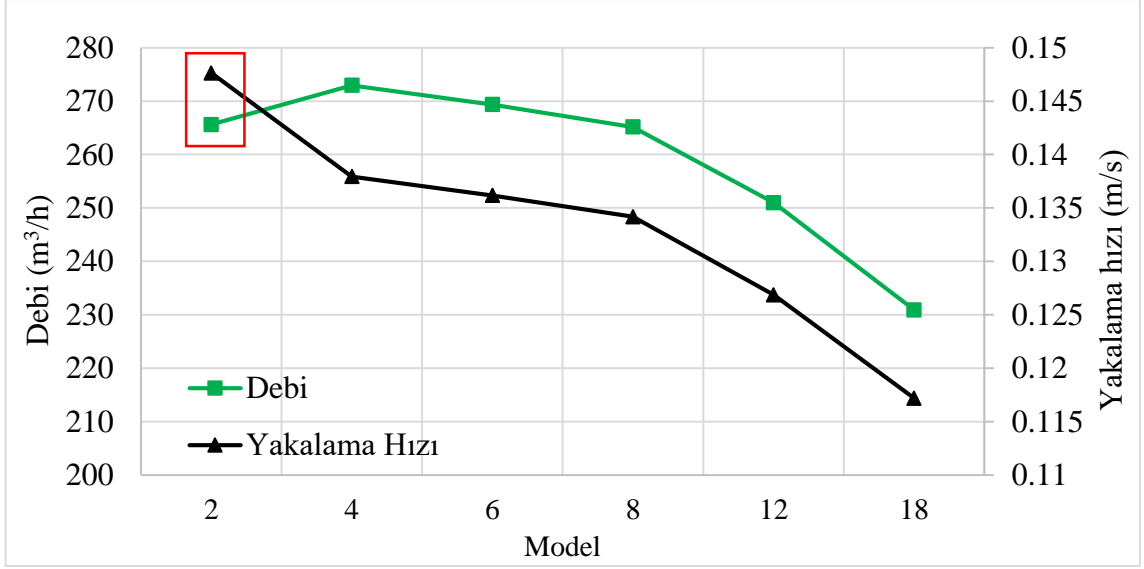
Çalışmalar sonucu davlumbazdan 100 mm uzaklıkta oluşturulan düzlem yüzeyinde oluşan hava akış hızları Şekil 'de gösterilmiştir. Analizde, düzlemler üzerinde oluşan ortalama hızlar hesaplanmış ve Çizelge 4.1'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde 2 bölmeli model hariç, debi ile birlikte düzlemde oluşan hava akış hızlarının arttığı görülmektedir. Valf bölme sayısı 2'den 4'e çıktığında debi artmış ve türbülans yoğunluğu

azalmış olsa bile ortalama yakalama hızı artmamıştır, aksine azalmıştır. 6 bölmeye ait HAKV modeli ve sonrasında hava akış alanında oluşan daralma ile birlikte debide ve ortalama yakalama hızında azalma olduğu görülmüştür. 2 bölmeye sahip HAKV hava akış alanı 6864 mm² olurken valften geçen hava debisi 265,61 m³/h olmuştur. Analizlerde yaklaşık olarak aynı debiyi veren 8 bölmeli 6228 mm² hava akış alanına sahip HAKV'inden saatte 265,16 m³/h hava akışı gerçekleşmiştir. Buradaki 636 mm² hava geçiş alanındaki azalmaya rağmen debi yaklaşık olarak aynı değerde kalmıştır. Bu hava geçiş alanındaki azalmaya rağmen debideki yaklaşık değer, akıştaki türbülans oluşumlarının engellenmesi ile açıklanabilmektedir.

Çizelge 4.1. Mevcut HAKV optizasyonu sayısal analiz sonuçları.

Deney numarası	Model	Basınç (Pa)	Akış Alanı (mm ²)	Debi (m ³ /h)	TKE (j/kg)	Ortalama Hız (m/s)
1	2	100	6864	265,61	0,034559	0,147635
2	4	100	6652	272,94	0,024055	0,137943
3	6	100	6440	269,35	0,020852	0,136173
4	8	100	6228	265,16	0,017348	0,134183
5	12	100	5804	250,99	0,017088	0,126878
6	18	100	5168	230,93	0,013958	0,117198

Şekil 4.5'de verilen karşılaştırma grafiği incelendiğinde, HAKV bölme sayısındaki artış ile birlikte yakalama hızının azaldığı görülmektedir. Debinin ise 2 bölmeli valften 4 bölmeli valfe geçtiğinde arttığı ve sonrasında azalma gösterdiği görülmektedir. Burada yakalama hızı bakımından en iyi performansı 2 bölmeye sahip HAKV gerçekleştirmiştir.



Şekil 4.5. Mevcut HAKV tasarım optimizasyonu sonucu debi ve yakalama hızı.

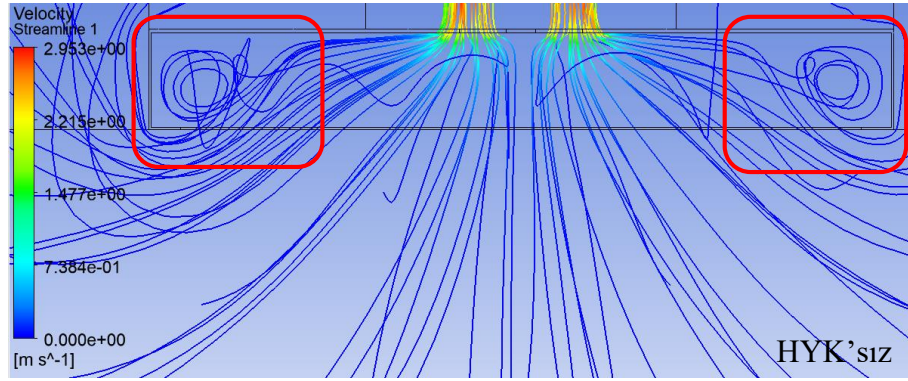
4.3. DAVLUMBAZ TASARIM OPTİMİZASYONU SONUÇLARI

Bu bölümde, davlumbaz tasarım optimizasyon çalışması kapsamında oluşturulan 2 farklı model (Şekil 3.27) sayısal analiz ve deneysel test sonuçlarına göre karşılaştırılmıştır. Oluşturulan 2 farklı model daha önce “3.1.1.1 Hacimsel Debi ve Performans Ölçümü” bölümünde ifade edildiği gibi deneysel performans testlerine tabi tutulmuştur. Ayrıca oluşturulan 2 farklı model ile daha önce “3.2 SAYISAL YÖNTEM” bölümünde ifade edildiği gibi sayısal simülasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar daha önce “3.3.2 Davlumbaz Tasarım Optimizasyonu” bölümünde ifade edildiği şekli ile gerçekleştirilmiş ve sonuçlar her 2 model için karşılaştırılmıştır.

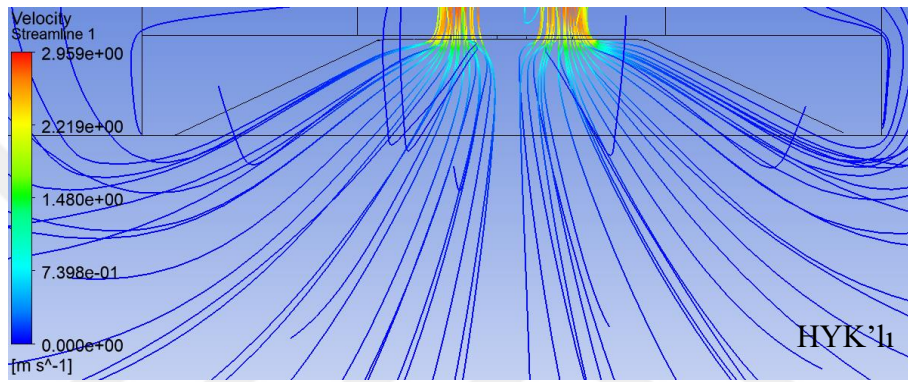
4.3.1. Sayısal Simülasyon Analizi Sonuçları

Sayısal analizler, her 2 geometri ve 8 farklı debi için tekrarlanmıştır. Analizlerde, davlumbaz emiş alanında oluşan hava akışı, yakalama hızı ve debi için gerekli olan sistem basıncı açısından incelenmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında hava yönlendirici kılavuza (HYK) sahip olmayan davlumbaz giriş alanında düşük basınç bölgeleri olduğu ve bu bölgelerde türbülanslı akış olduğu görülmüştür. Davlumbaza eklenen hava yönlendirici kılavuz ile yapılan analiz sonuçları incelendiğinde, akışta istenmeyen türbülanslı akış bölgelerinin ortadan kalkmıştır. Yapılan analizlere ait hava akışı ve hava akışında oluşan türbülanslar, streamline yardımı ile Şekil’de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, türbülanslı akışların davlumbaz kaputu kenarlarında olduğu ve bu

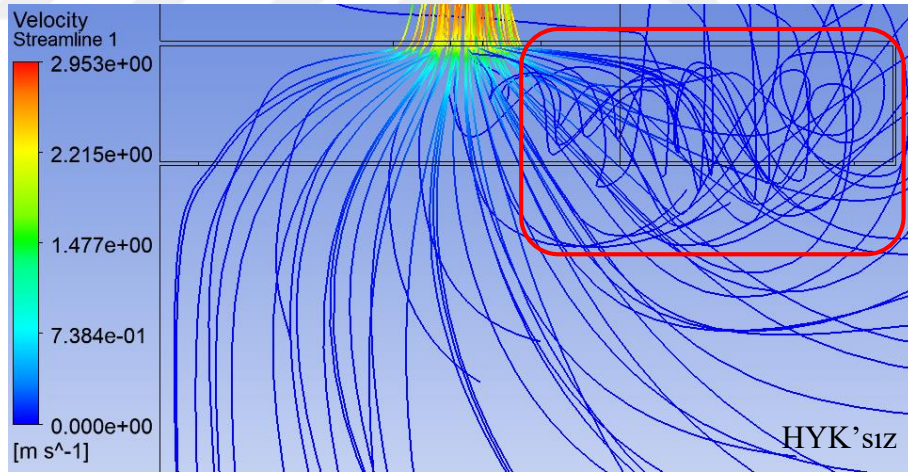
oluşan türbülanslı akışın, hava akışını bozduğu görülmektedir.



a)

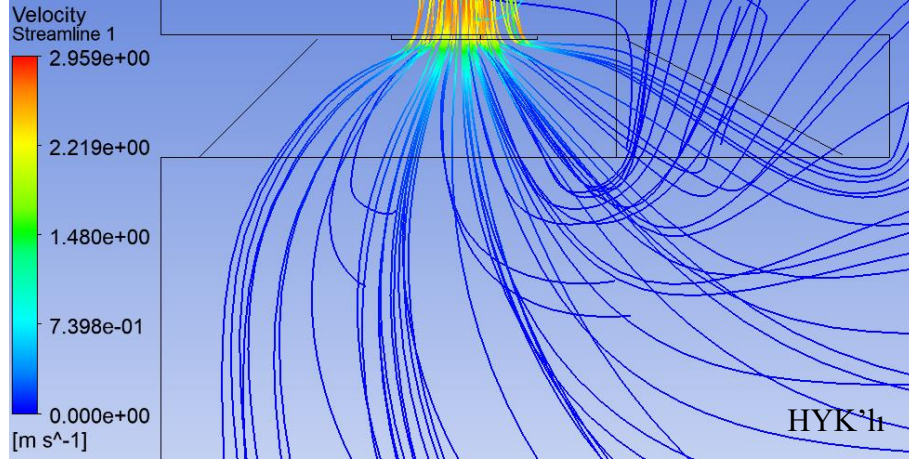


b)



c)

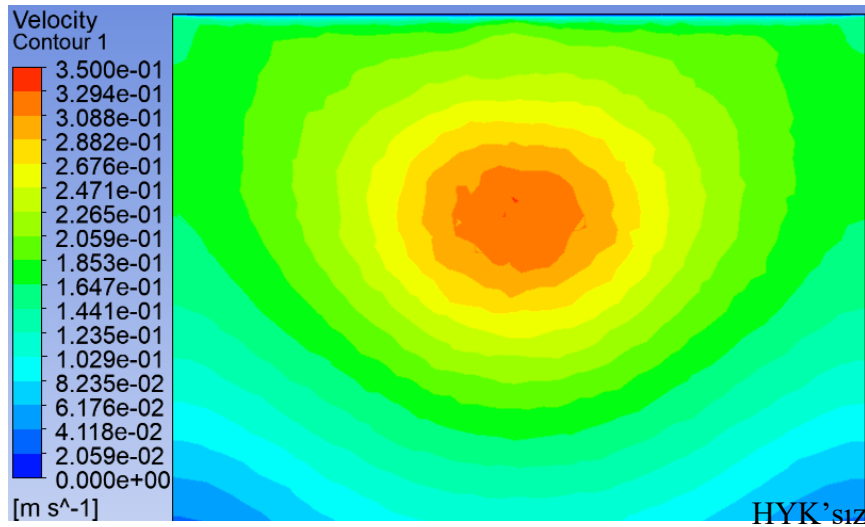
Şekil 4.6. Ön ve yan görünümde davlumbaz hava akışı, a) HYK'sız ön görünüm, b) HYK'lı ön görünüm, c) HYK'sız yan görünüm, d) HYK'lı yan görünüm.



d)

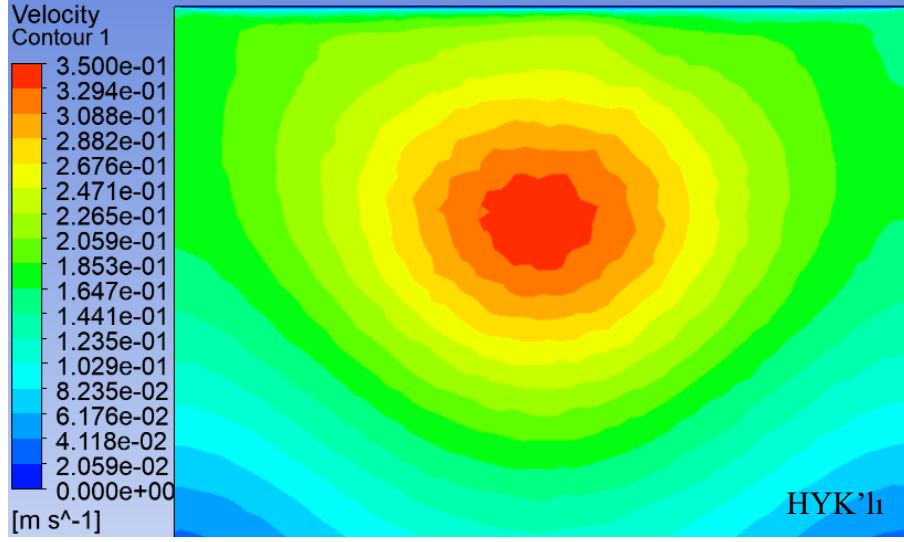
Şekil 4.6. (devam) Ön ve yan görünümünden davlumbaz hava akışı, a) HYK'sız ön görünüm, b) HYK'lı ön görünüm, c) HYK'sız yan görünüm, d) HYK'lı yan görünüm.

Şekil, 250 m³/h debide, Düzlem 1 üzerinde oluşan yakalama hızı dağılımını göstermektedir. Şekil incelendiğinde, davlumbaza eklenen hava yönlendirici kılavuz sayesinde yakalama hızında oluşan artış görülmektedir. Şekil, 250 m³/h debide düzlem 0'da oluşan 0,35 m/s ve üzeri hızların dağılımını göstermektedir. Düzlem 0'da oluşan 0,35 m/s ve üzeri hızların, HYK'sız modelde 0,1022 m² ve HYK'lu modelde 0,1213 m² alana yayıldığı görülmektedir. Şekil incelendiğinde, HYK'lu modelde yakalama hızlarının daha homojen dağıldığı görülmektedir. Davlumbaza eklenen HYK sayesinde, davlumbaz emiş alanında 0,35 m/s ve üzeri oluşan hıza sahip alan %16 arttırılmıştır.



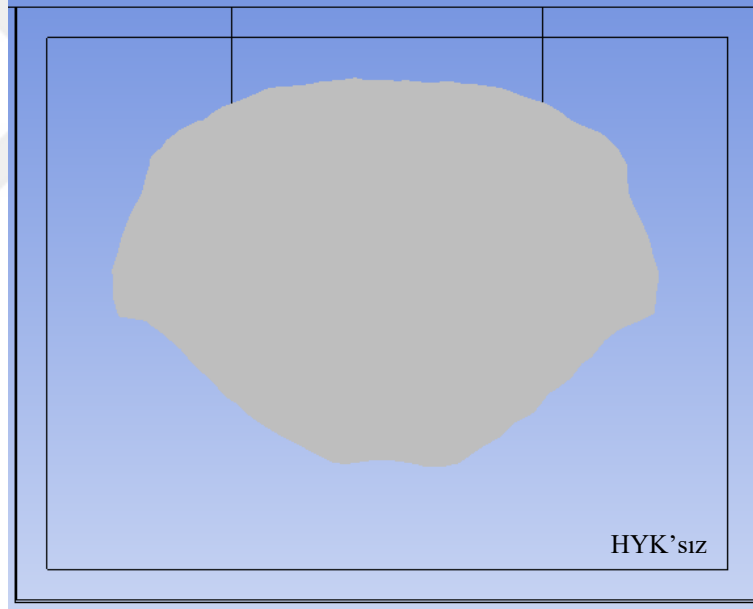
a)

Şekil 4.7. Düzlem 1'de oluşan yakalama hızı dağılımı, a) HYK'sız model, b) HYK'lı model.



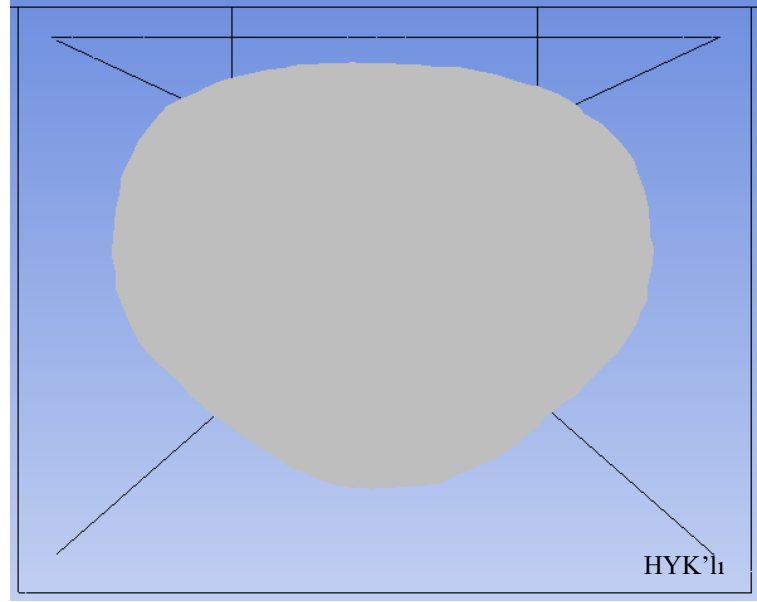
b)

Şekil 4.7. (devam) Düzlem 1’de oluşan yakalama hızı dağılımı, a) HYK’sız model, b) HYK’lı model.



a)

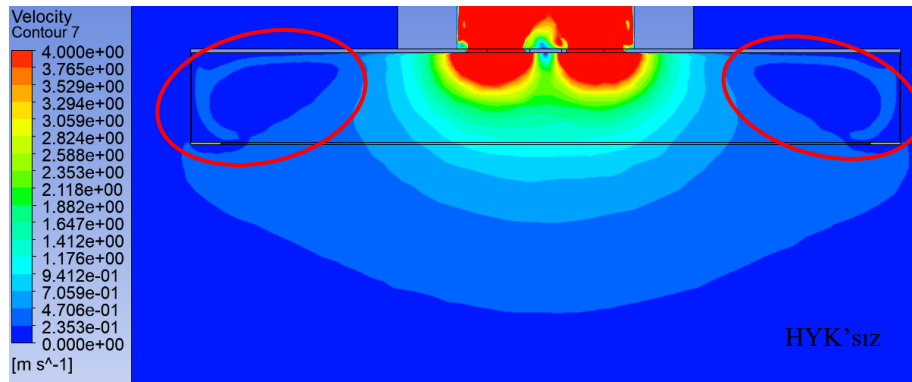
Şekil 4.8. Düzlem 0’da oluşan 0,35 m/s ve üzeri yakalama hızı dağılımı, a) HYK’sız, b) HYK’lı.



b)

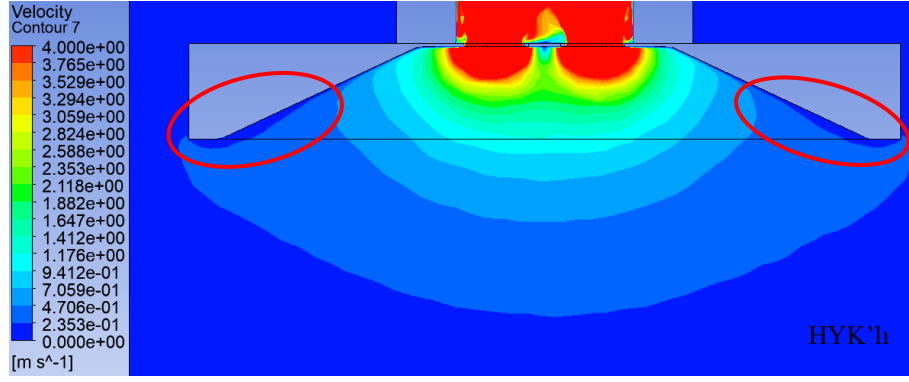
Şekil 4.8. (devam) Düzlem 0'da oluşan 0,35 m/s ve üzeri yakalama hızı dağılımı, a) HYK'sız, b) HYK'lı.

Analiz geometrisi ortasında oluşturulan, ön ve yan düzlemler üzerinde oluşan yakalama hızı dağılımları Şekil'da gösterilmiştir. HYK'sız modelde oluşan yakalama hızı dağılımı incelendiğinde, türbülanslı bölge net olarak görülmektedir. HYK'lı modelde oluşan yakalama hızı dağılımları incelendiğinde, daha homojen bir yakalama hızı dağılımı gerçekleşmiştir. Literatüre [50, 66] benzer olarak, davlumbaza eklenen hava yönlendirici kılavuz kenarlarında dar vortex bölgeleri oluşmuştur. Bu bölgede oluşan vortex, hava yönlendirici kılavuz açısından kaynaklı sürtünme kuvveti sonucu meydana gelmiştir.

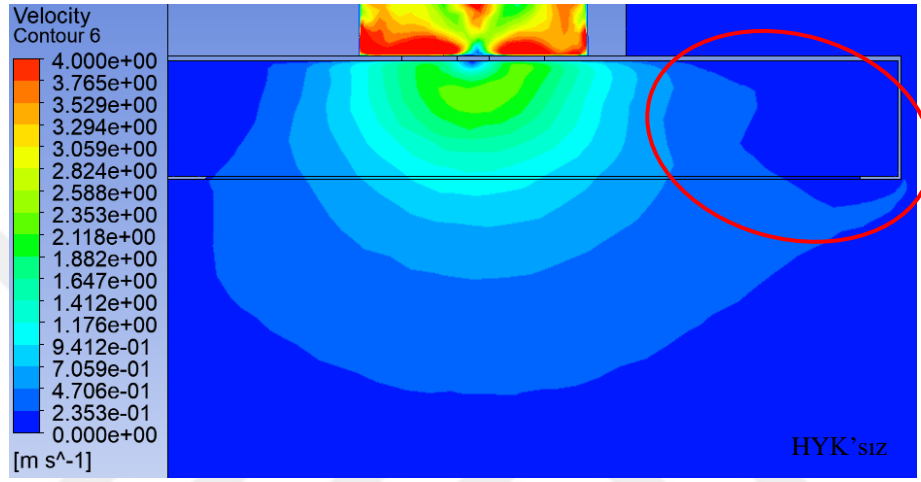


a)

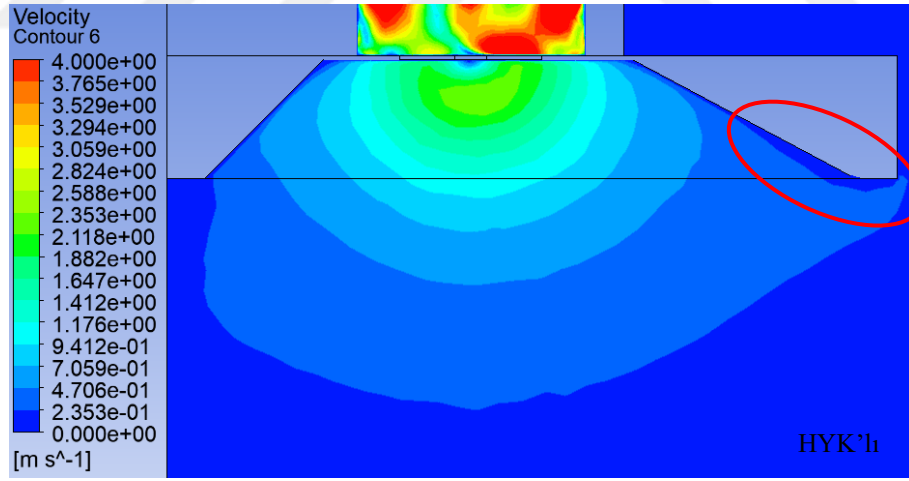
Şekil 4.9. Ön ve yan görünümünden davlumbaz yakalama hızı dağılımı, a) HYK'sız ön görünüm, b) HYK'lı ön görünüm, c) HYK'sız yan görünüm, d) HYK'lı yan görünüm.



b)

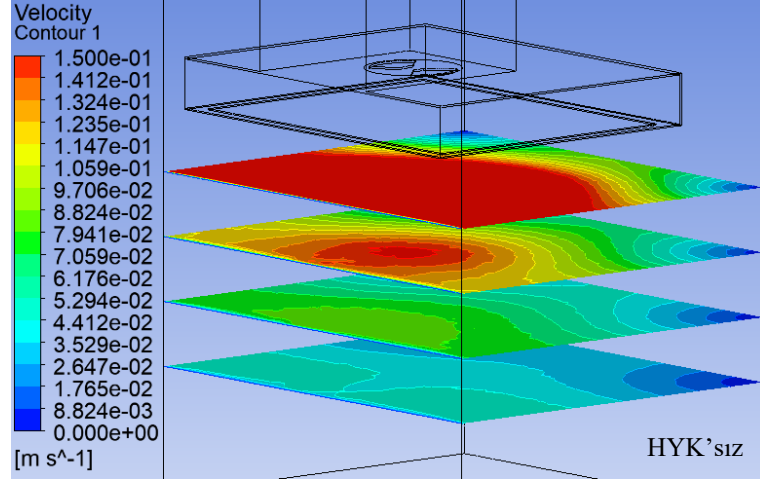


c)

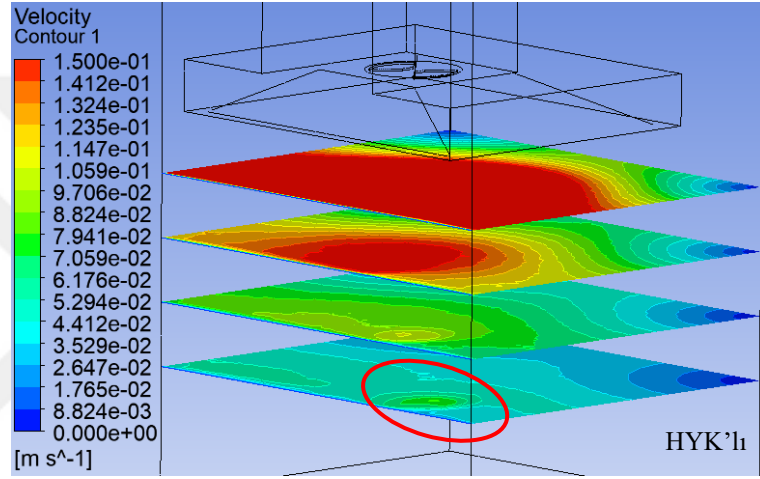


d)

Şekil 4.9. (devam) Ön ve yan görünümde davlumbaz yakalama hızı dağılımı, a) HYK'sız ön görünüm, b) HYK'lı ön görünüm, c) HYK'sız yan görünüm, d) HYK'lı yan görünüm.



a)



b)

Şekil 4.10. Davlumbaz yakalama alanında oluşan yakalama hızı dağılımı, a) HYK'sız model, b) HYK'lı model.

Yapılan analizler sonucu davlumbaz yakalama alanında oluşan hava akışını görebilmek için davlumbaz alt kısmına 4 adet düzlem tanımlanmıştır. Şekil 4.10, düzlemlerde oluşan yakalama hızı dağılımını göstermektedir. Şekil 4.10 incelendiğinde, davlumbazdan 400 mm aşağıda olan düzlemde hava akışının ayrımı daha net görünmektedir. Analiz sonucu tüm düzlemlerde, hava yönlendirici kılavuz eklenmiş olan modelde yakalama hızlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Analizler sonucu, yakalama hızları incelendiğinde literatüre benzer olarak, merkezden uzaklaştıkça yakalama hızlarının azaldığı görülmüştür [63]. Literatür araştırmaları sonucu, davlumbaz performansında emiş alanında oluşan partikül yakalama hızının etkili olduğu görülmüştür. Yapılan tasarım optimizasyonu sonucu, davlumbaza eklenen hava yönlendirici kılavuz sayesinde davlumbaz hava emiş alanında yakalama hızının arttığı görülmektedir.

4.3.2. Deneysel Test Sonuçları

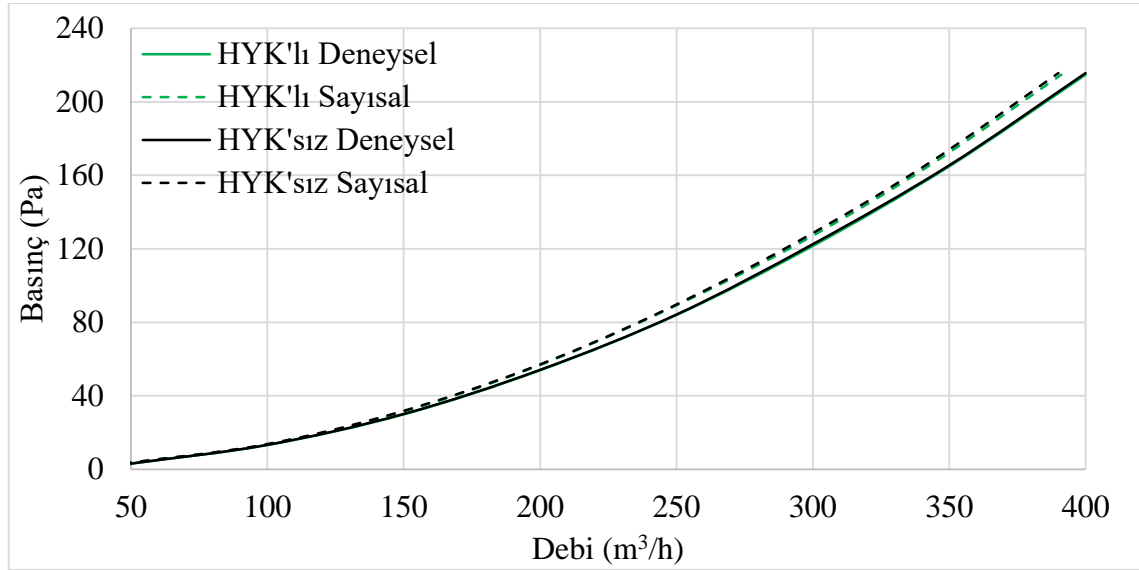
Davlumbaza eklenen hava yönlendirici kılavuz sayesinde, davlumbaz performansının arttığı sayısal analizlerde görülmüştür. Yapılan sayısal analizlerin doğrulanması için, deneysel testler gerçekleştirilmiştir. Deneyler için hazırlanan davlumbazlar (Şekil 3.28) sırası ile debi ve performans ölçüm test cihazına bağlanmıştır. Debi ve performansı ölçümleri daha önce “3.1.3.1 Hacimsel Debi ve Performans Testi” bölümünde ifade edildiği gibi yapılmıştır. Deneylerde, sistemin stabil olması beklenmiş ve ölçümler yapılmıştır. Her bir deney 3'er defa tekrarlanmış ve ortalama değerler hesaplanmıştır. Çizelge 4.2 yapılan deneysel testler sonucu oluşan deney sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 4.2. Deneysel analiz sonuçları.

Deney numarası	Model	Valf pozisyonu	Debi (m ³ /h)	Basınç (Pa)	Yakalama hızı (m/s)
1	HYK'sız		50	3,1	0,13
2	HYK'sız		100	13,3	0,28
3	HYK'sız		150	30,1	0,41
4	HYK'sız		200	54,1	0,54
5	HYK'sız		250	84,2	0,70
6	HYK'sız		300	122,5	0,83
7	HYK'sız		350	165,4	0,93
8	HYK'sız		400	215,6	1,09
9	HYK'lı	Tam açık	50	3,1	0,13
10	HYK'lı		100	13,2	0,30
11	HYK'lı		150	29,9	0,44
12	HYK'lı		200	53,9	0,58
13	HYK'lı		250	84,0	0,75
14	HYK'lı		300	121,6	0,89
15	HYK'lı		350	164,9	0,98
16	HYK'lı		400	214,8	1,15

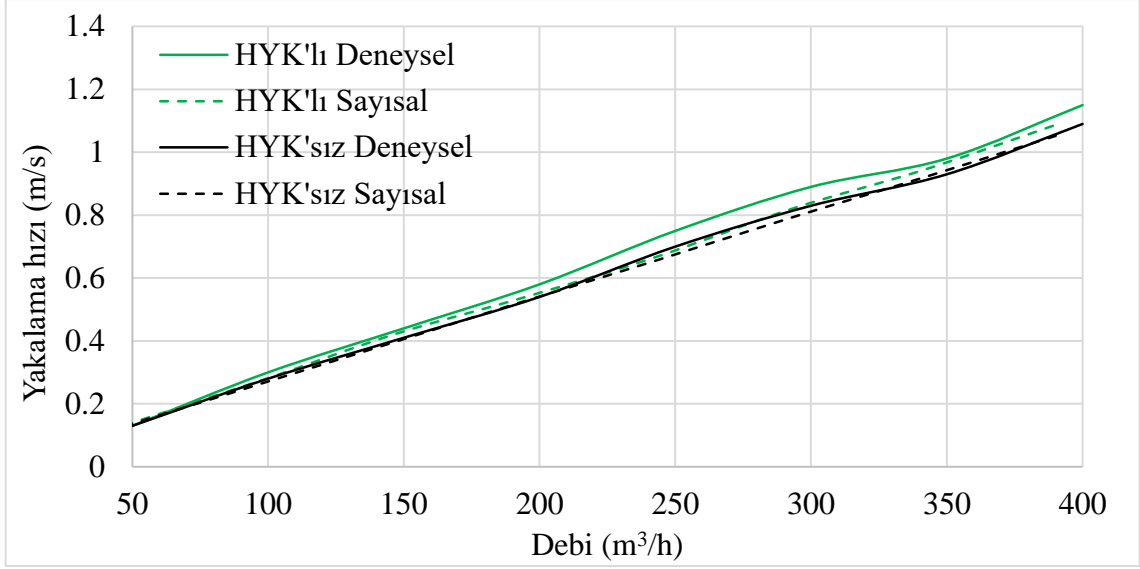
Deneyler sonucu, davlumbaza eklenen hava yönlendirici kılavuz sayesinde, 50 m³/h debi harici tüm debi koşullarında, davlumbaz yakalama hızında yaklaşık %6 artış sağlanmıştır. Deneylerde, yakalama hızı ile debi arasında güçlü bir korelasyon gözlemlenmiştir.

Debinin artırılması, yapılan diğer çalışmalara [57, 59] benzer olarak yakalama hızında doğrusal bir artışa yol açmıştır. Ayrıca hava yönlendirici kılavuz sayesinde, aynı debide, yakalama hızında artış sağlanırken gerekli olan sistem basıncında da tasarruf sağlanmıştır.



Şekil 4.11. Deneysel sonuçları oluşan debi-basınç grafiği.

Şekil 4.11, deneyler sonucu her iki model için farklı debilerde gerekli olan sistem basınçlarını göstermektedir. Grafik incelendiğinde, aynı debi değeri için HYK'sız modelin daha fazla basınca ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Bu gereksinim hem sayısal hem de deneysel sonuçlar ile doğrulanmıştır. Debi için gerekli olan sistem basıncı, deneysel ve sayısal analiz sonuçları (Şekil 4.11) karşılaştırıldığında, maksimum sapma %6 olmuştur. Benzer olarak, Xing ve ark. [94], CO₂ taşınması ve difüzyonu ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, sayısal ve deneysel sonuçlar arasında % 8'lik maksimum tutarsızlık elde edilmiş ve kabul görmüştür.



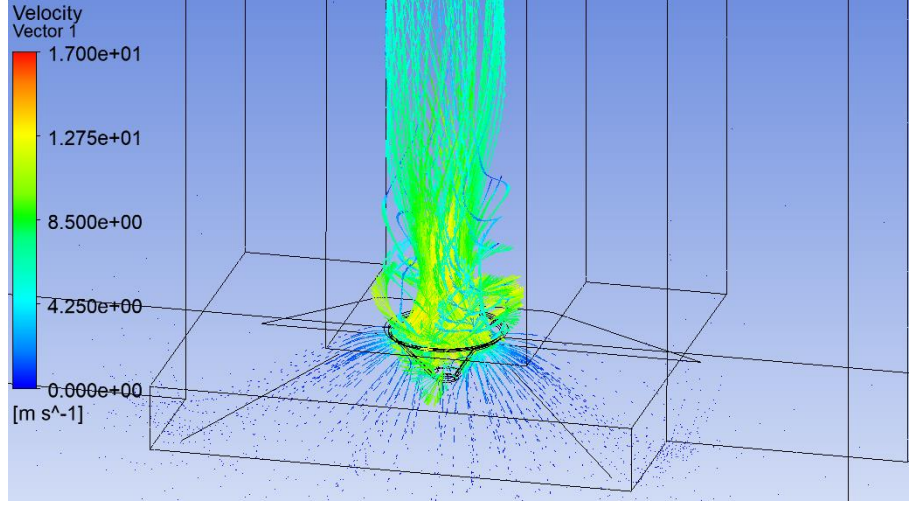
Şekil 4.12. Deneysel sonuçları gösteren debi-yakalama hızı grafiği.

Şekil 4.12, deneyler sonucu her iki model için farklı debilerde hesaplanmış yakalama hızı sonuçlarını göstermektedir. Yapılan analizler sonucu davlumbaza eklenen hava yönlendirici kılavuz sayesinde, hava akış alanındaki istenmeyen ve akışı bozucu türbülans bölgelerinin oluşumu engellenerek davlumbaz yakalama performansında artış sağlanmıştır. Bu artış hem deneysel sonuçlarda hem de sayısal sonuçlarda rahatlıkla görülmektedir.

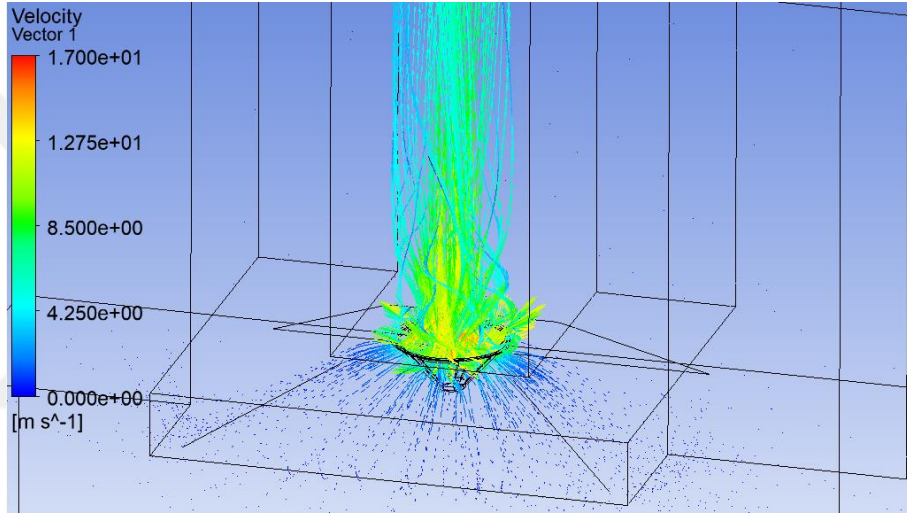
4.4. YENİLİKÇİ HAKV TASARIM OPTİMİZASYONU SONUÇLARI

4.4.1. Yenilikçi HAKV Tasarım Optimizasyonu

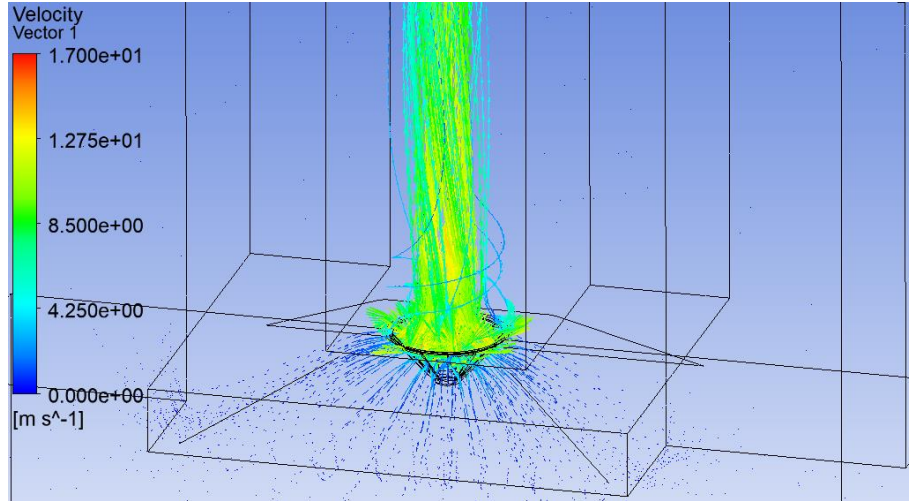
Bu bölümde, daha önceki bölümde doğrulaması yapılmış sayısal analiz parametreleri kullanılarak mevcut HAKV tasarımının optimizasyon çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda daha önce Şekil 2.17'de gösterildiği gibi mevcut HAKV'ne ait 6 farklı HAKV tasarımı oluşturulmuş ve sayısal simülasyon analizleri daha önce "3.3.3.1 Yenilikçi HAKV Tasarım Optimizasyonu" bölümünde ifade edildiği şekli ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan sayısal simülasyonlar sonucu modeller, debi, türbülans kinetik enerji ve yakalama hızı açısından karşılaştırılmıştır. Yapılan analizlere ait simülasyonlarda, HAKV sonrasında oluşan hava akışına ait vektör görünümü Şekil'de gösterilmiştir.



a)

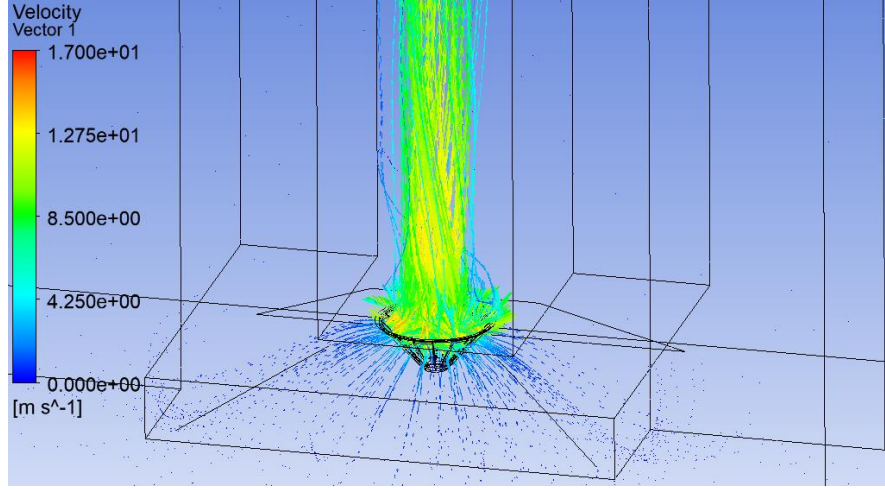


b)

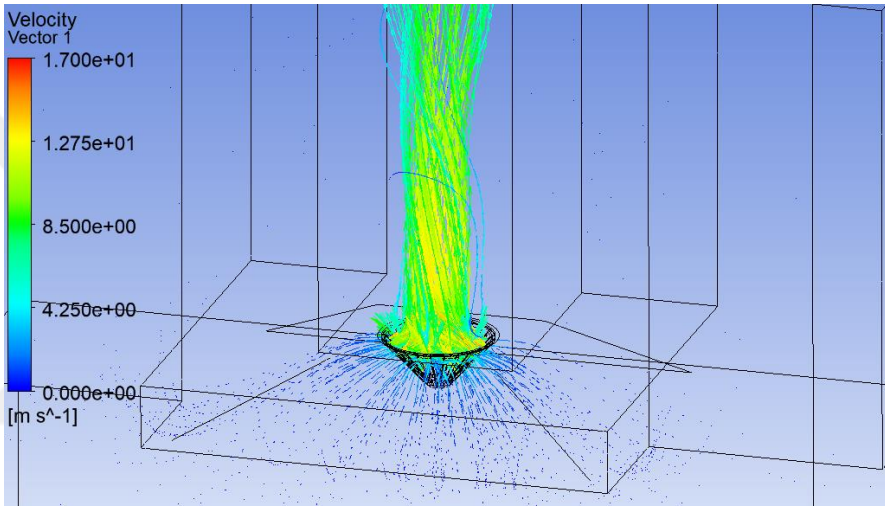


c)

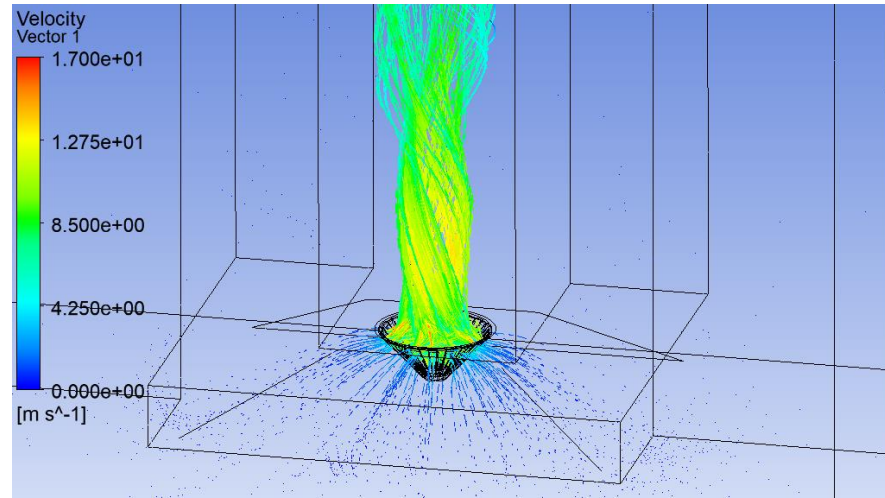
Şekil 4.13. Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan hava akış vektör görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.



d)



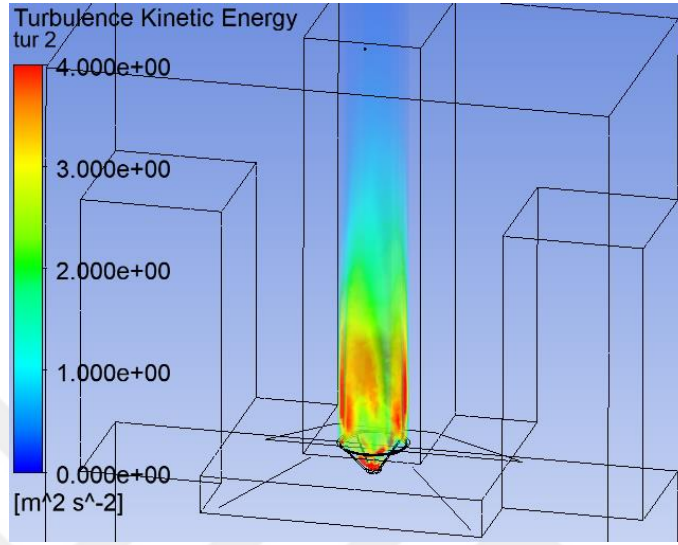
e)



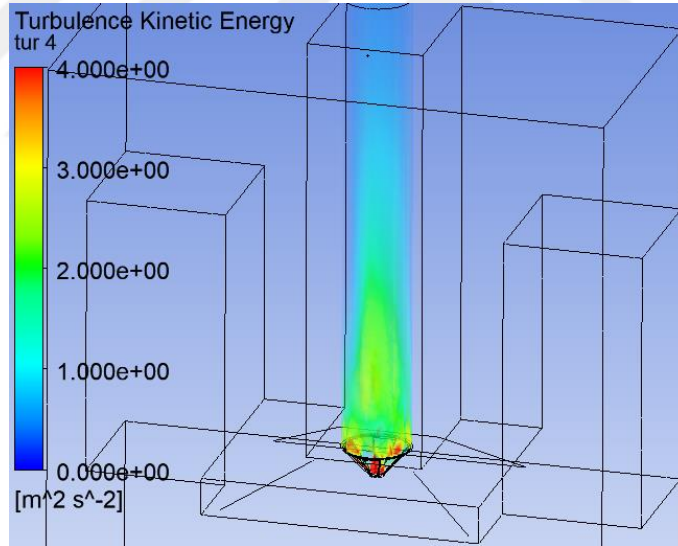
f)

Şekil 4.13. (devam) Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan hava akış vektör görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) analizleri sayesinde hava akışında oluşan akış bozucu durumlar görsel hale getirilmiştir. Şekil incelendiğinde HAKV sonrasında hava akışında girdap oluştuğu ve 8 bölmeli HAKV'ine ait görsellerde girdap oluşmadığı hava akışının diğerlerine göre daha laminer olarak gerçekleştiği görülmektedir.

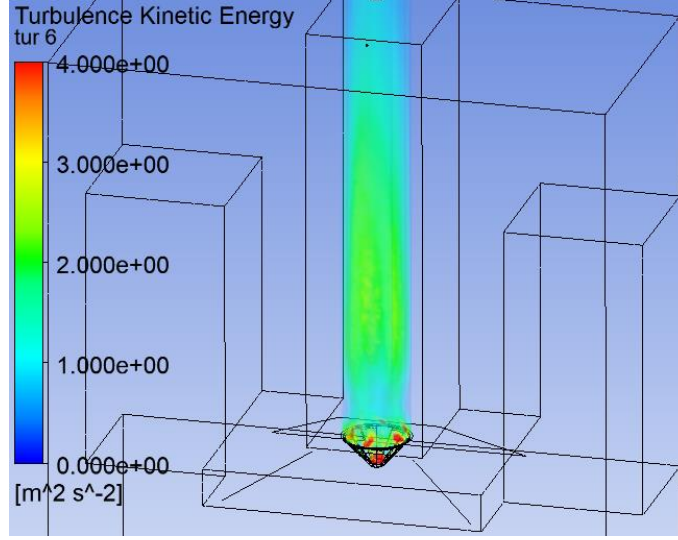


a)

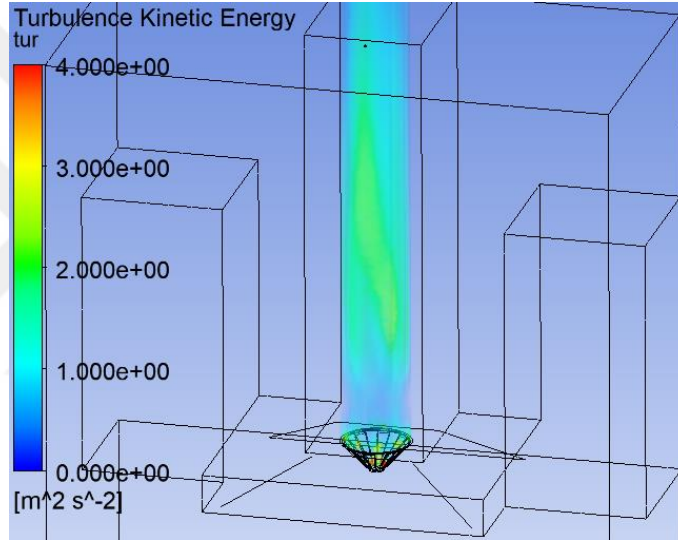


b)

Şekil 4.14. Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan Türbülans Kinetik Enerji görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.

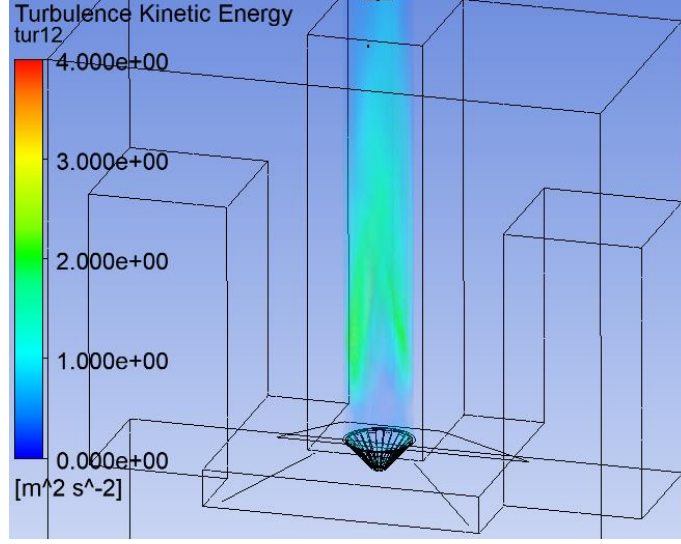


c)

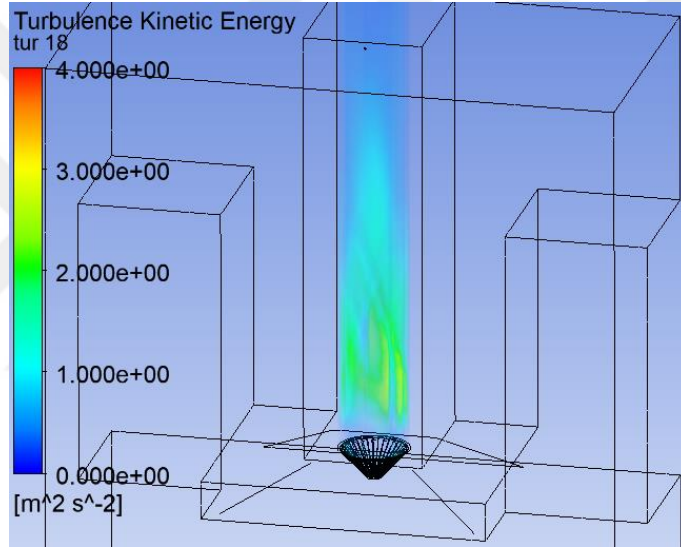


d)

Şekil 4.14. (devam) Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan Türbülans Kinetik Enerji görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.



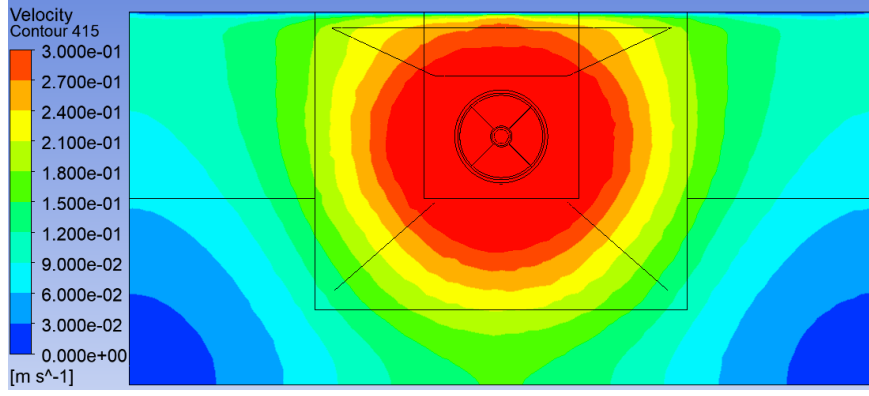
e)



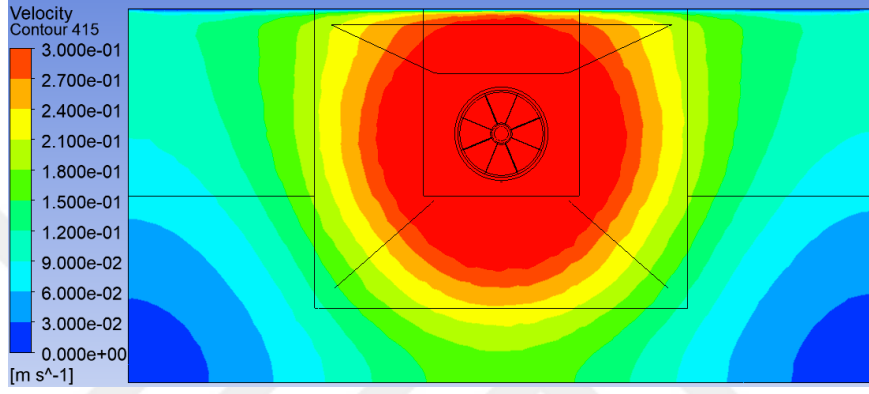
f)

Şekil 4.14. (devam) Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan Türbülans Kinetik Enerji görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.

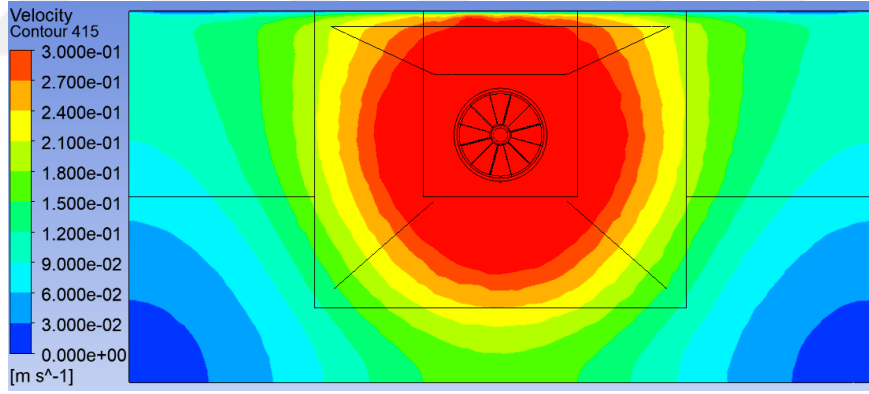
Şekil 4.14 analizler sonucu hava akış alanında oluşan türbülans yoğunluğunu göstermektedir. Oluşan türbülans yoğunlukları incelendiğinde 2, 4 ve 6 bölmeli HAKV çıkışında yoğun türbülans bölgeleri oluşmuştur. HAKV hemen sonrasında oluşan türbülans yoğunlukları, HAKV tasarımından kaynaklı oluşan düşük basınç bölgelerinden dolayı meydana gelmektedir. Bölme sayısı arttıkça HAKV hemen sonrasında oluşan türbülans yoğunluklarının azaldığı ve 18 bölmeli modelde HAKV hemen sonrasında neredeyse hiç oluşmadığı görülmektedir.



a)

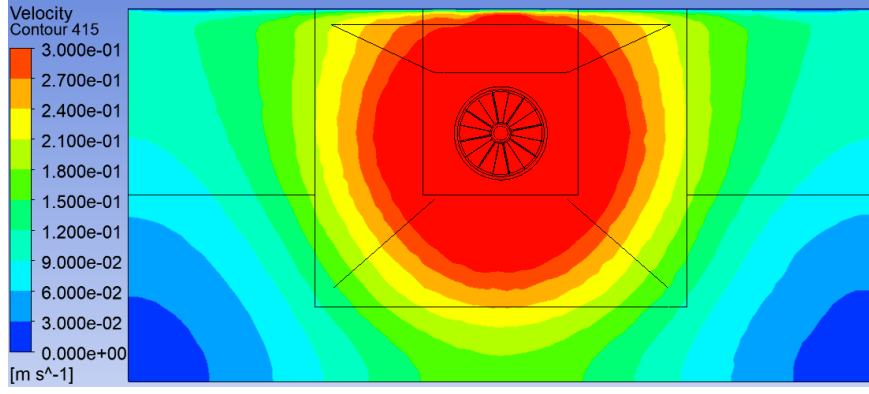


b)

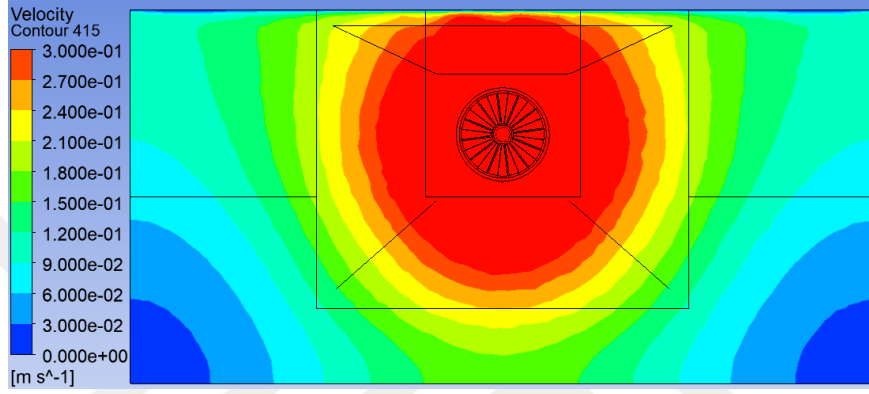


c)

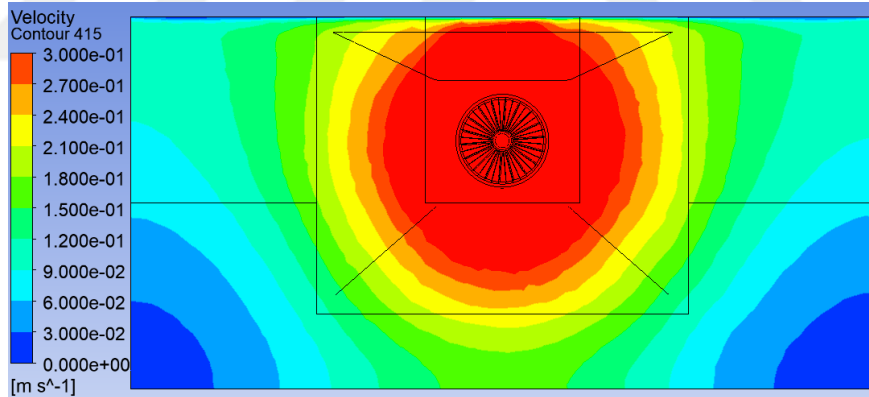
Şekil 4.15. Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan yakalama hızı görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.



d)



e)



f)

Şekil 4.15. (devam) Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu oluşan yakalama hızı görüntüleri, a) 2 slotlu, b) 4 slotlu, c) 6 slotlu, d) 8 slotlu, e) 12 slotlu, f) 18 slotlu.

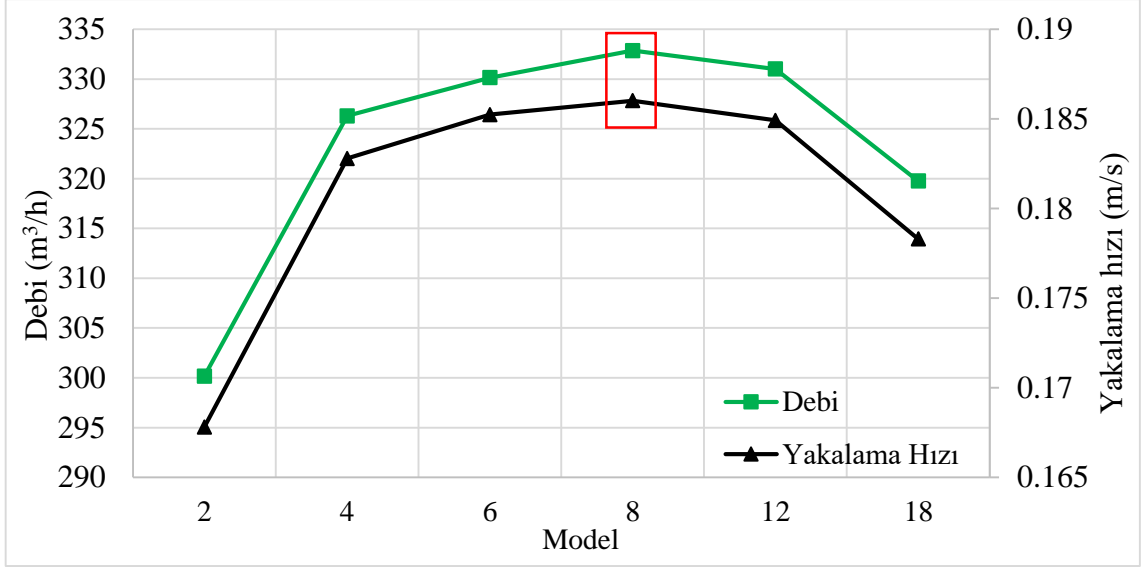
Şekil analiz geometrisinde oluşturulan Düzlem 1 üzerinde meydana gelen yakalama hızlarını göstermektedir. Görsellerde düzlem üzerinde oluşan 0,3 m/s yakalama hızı maksimum olarak tanımlanmış ve görseller buna göre oluşturulmuştur. Yapılan analiz sonucu yakalama hızlarında görsel olarak net bir fark oluşmasa da, Çizelge 4.3 incelendiğinde, hava geçiş alanını daralmasına rağmen Düzlem 1 üzerinde oluşan ortalama yakalama hızının 8 bölmeli HAKV modeline kadar arttığı sonrasında ise

azaldığı görülmektedir. Benzer şekilde debi değerinin de 8 bölmeli modele kadar arttığı ve sonrasında azaldığı görülmektedir. Bu oluşan iyileşme türbülans oluşumu ile desteklenmektedir. Analiz geometrisinde oluşan ortalama türbülans değerleri incelendiğinde 8 bölmeli HAKV modeline kadar azaldığı sonrasında ise tekrar arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.3. Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sayısal analiz sonuçları.

Deney numarası	Model	Basınç (Pa)	Akış Alanı (mm ²)	Debi (m ³ /h)	TKE (j/kg)	Yakalama Hızı (m/s)
1	2	100	9475	300,16	0.061995	0,167804
2	4	100	9311	326,93	0.038411	0,182795
3	6	100	9139	330,15	0.029238	0,185244
4	8	100	8965	332,86	0.025670	0,186021
5	12	100	8615	331,01	0.029453	0,184920
6	18	100	8087	319,77	0.039257	0,178306

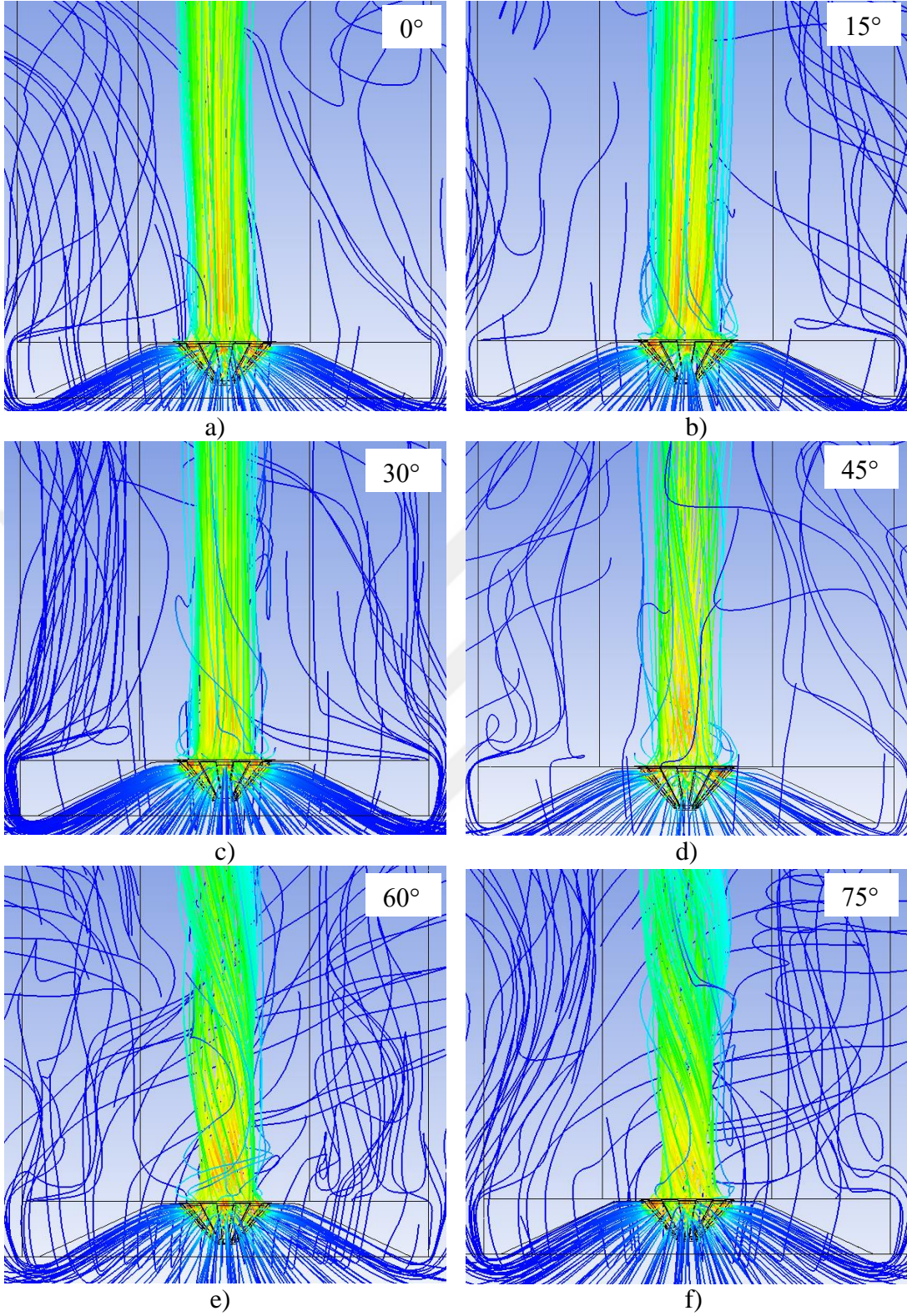
Yapılan tasarım optimizasyon çalışması sonucu, 2 bölmeli modele göre debi değerinde yaklaşık %11, türbülans kinetik enerji değerinde %58 ve yakalama hızı değerinde %11 iyileşme sağlanmıştır. Yenilikçi HAKV analizleri sonucu oluşan debi ve yakalama hızı değerleri grafik olarak Şekil 4.16'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde, analizler sonucu 8 bölmeli HAKV modeline kadar debi ve yakalama hızında artışın olduğu ve sonrasında azalma olduğu görülmektedir. Literatüre benzer olarak [57, 59] debi artışı ile yakalama hızında da artış gerçekleşmiştir.



Şekil 4.16. Yenilikçi HAKV tasarım optimizasyonu sonucu debi ve yakalama hızı.

4.4.2. Yenilikçi HAKV Eğim Açısı Optimizasyonu

Bu bölümde, daha önceki bölümde tasarım optimizasyon çalışmaları sonucu ortaya çıkan 8 bölmeli HAKV tasarımının optimizasyon çalışmasına devam edilmiştir. Bu kapsamda daha önce Şekil 2.18’de gösterildiği gibi mevcut HAKV’ne ait 6 farklı HAKV eğim açısı tasarımı oluşturulmuş ve sayısal simülasyon analizleri daha önce “3.3.3.2 Yenilikçi HAKV Eğim Açısı Optimizasyonu” bölümünde ifade edildiği şekli ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan sayısal simülasyonlar sonucu modeller debi, türbülans kinetik enerji ve yakalama hızı açısından karşılaştırılmıştır. Yapılan analizlere ait simülasyonlarda, HAKV sonrasında oluşan hava akışına ait streamline görüntüleri Şekil 4.17’de gösterilmiştir. Şekil 4.17 incelendiğinde, HAKV sonrası hava akışında oluşan girdaplar ve eğim açısı 60° ve 75° olan modellerde HAKV sonrasında oluşan hava akışındaki girdap net olarak görülmektedir. Deney sonuçları incelendiğinde bu durumun performansı da olumsuz etkilediği görülmektedir. Yapılan eğim açısı optimizasyon çalışması sonucu oluşan streamline görüntülerinde de en optimum akış 30° modelde gerçekleştiği görülmektedir. Bu çıkarım deney sonucu oluşan değerlerle de desteklenmektedir. Valfin emiş bölgesinden yapılan eğim açısı optimizasyon çalışması ile hava akış alanında oluşan vortex bölgeleri literatüre [64] benzer olarak azaltılmıştır.



Şekil 4.17. Yenilikçi HAKV eğim açısı optimizasyonu sonucu streamline görünümü, a) 0°, b) 15°, c) 30°, d) 45°, e) 60°, f) 75°.

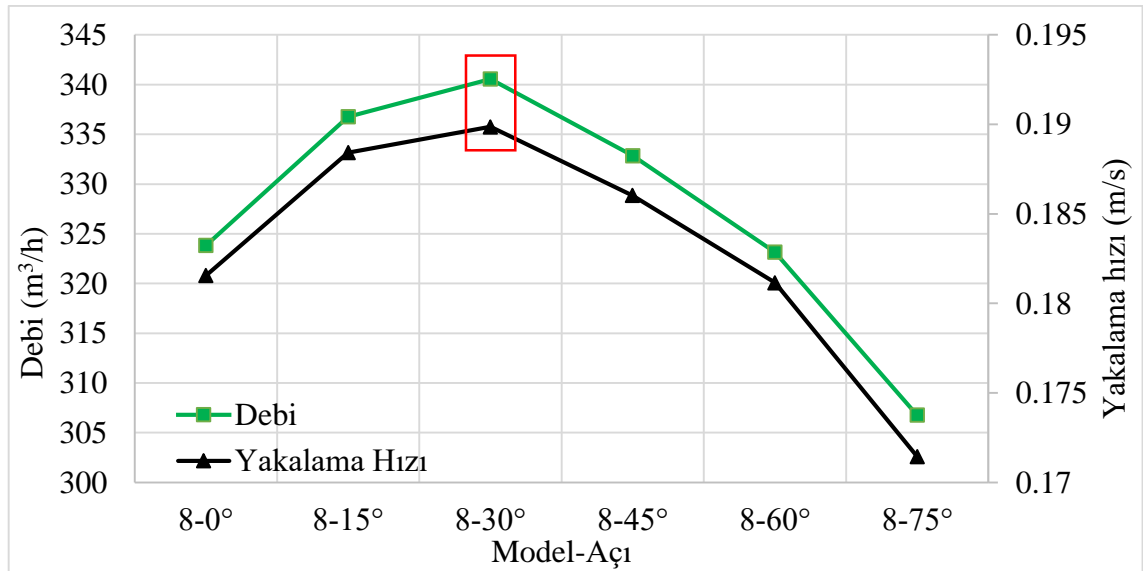
Çizelge 4.4 yenilikçi HAKV eğim açısı optimizasyon analizi sonu oluşan debi, türbülans kinetik enerji ve Düzlem 1'deki ortalama yakalama hızı değerlerini göstermektedir. Aynı

basınç değerinde yapılan çalışma ile birlikte model bazında hava geçiş alanı azalmasına rağmen 30° eğim açısına kadar HAKV performansında artış gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile literatüre benzer olarak emiş alanı açısının önemi vurgulanmıştır. Eğim açısı 30° üzerine çıktıkça HAKV performansı da azalmıştır.

Çizelge 4.4. Yenilikçi HAKV eğim açısı optimizasyonu sayısal analiz sonuçları.

Deney Numarası	Model	Açı (°)	Hava Akış Alanı (mm ²)	Basınç (Pa)	Debi (m ³ /h)	TKE (j/kg)	Yakalama Hızı (m/s)
1	8	0	9074	-100	323,83	0,027949	0,181559
2	8	15	9072	-100	336,77	0,024636	0,188423
3	8	30	9051	-100	340,56	0,024937	0,189866
4	8	45	8965	-100	332,86	0,025670	0,186021
5	8	60	8890	-100	323,16	0,030644	0,181159
6	8	75	8604	-100	306,78	0,028302	0,171445

Deneyler sonucu oluşan debi değerleri ve yakalama hızı değerleri Şekil 4.18’de grafik olarak verilmiştir. Grafik incelendiğinde, debi ve yakalama hızı açısından en iyi performansı 30° açığa sahip modelin sergilediği görülmektedir.



Şekil 4.18. Yenilikçi HAKV eğim açısı optimizasyonu sonucu debi ve yakalama hızı.

Yapılan eğim açısı optimizasyon çalışması sonucu, açısız modele göre debi değerinde yaklaşık %5,1 ve yakalama hızı değerinde %4,5 iyileşme sağlanmıştır. Daha önceki testlere benzer olarak, debi değerindeki artışın yakalama hızına oranı aynı değerde

olmamıştır.

4.5. MEVCUT ve YENİLİKÇİ HAKV PERFORMANS TESTİ SONUÇLARI

Bu bölümde, daha önce yapılmış olan mevcut model ve yenilikçi model HAKV optimizasyon çalışmaları sonucu, optimum performansı sergileyen 2 model debi, yakalama hızı ve türbülans oluşumu açısından karşılaştırılmıştır.

4.5.1. Sayısal Analiz Sonuçları

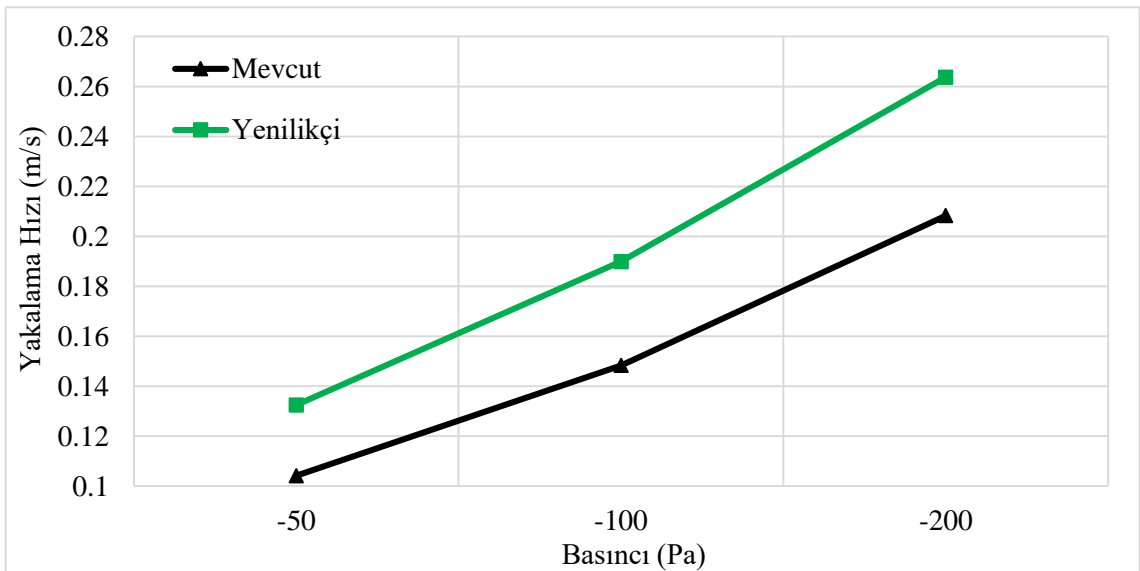
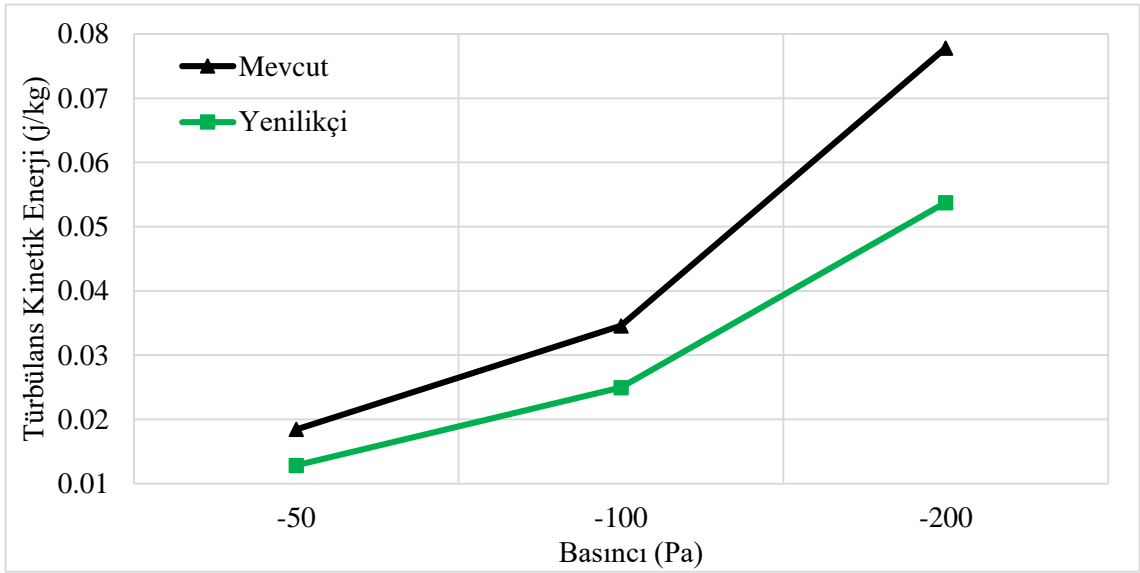
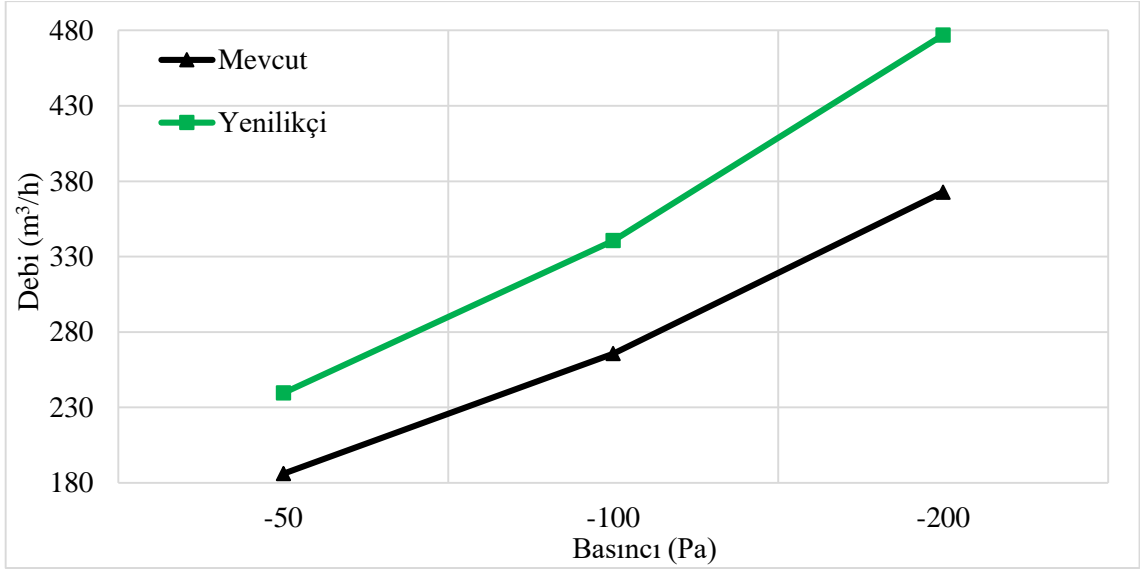
Analizlerde, davlumbaz çıkışında oluşan debi, davlumbaz hava akış alanında oluşan yakalama hızları ve analiz geometrisinde türbülans oluşumları incelenmiştir. Analiz sonuçlarının karşılaştırılması için davlumbaz hava akış alanında oluşturulan düzlem ve çizgiler Şekil 3.21’de gösterilmiştir. Aynı sınır koşullarında hava akış analizleri, mevcut model ile yenilikçi modelin karşılaştırılması için gerçekleştirilmiştir.

Aynı sınır koşullarında 2 farklı model ile gerçekleştirilen analizler sonucu, davlumbaz çıkışında oluşan debiler, davlumbaz akış alanında oluşturulan Düzlem 1’de meydana gelen ortalama yakalama hızları ve analiz geometrisinde oluşan türbülans kinetik enerji değerleri hesaplanmıştır. Analizler sonucu oluşan bulgular Çizelge 4.5’te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Sayısal analiz sonuçları.

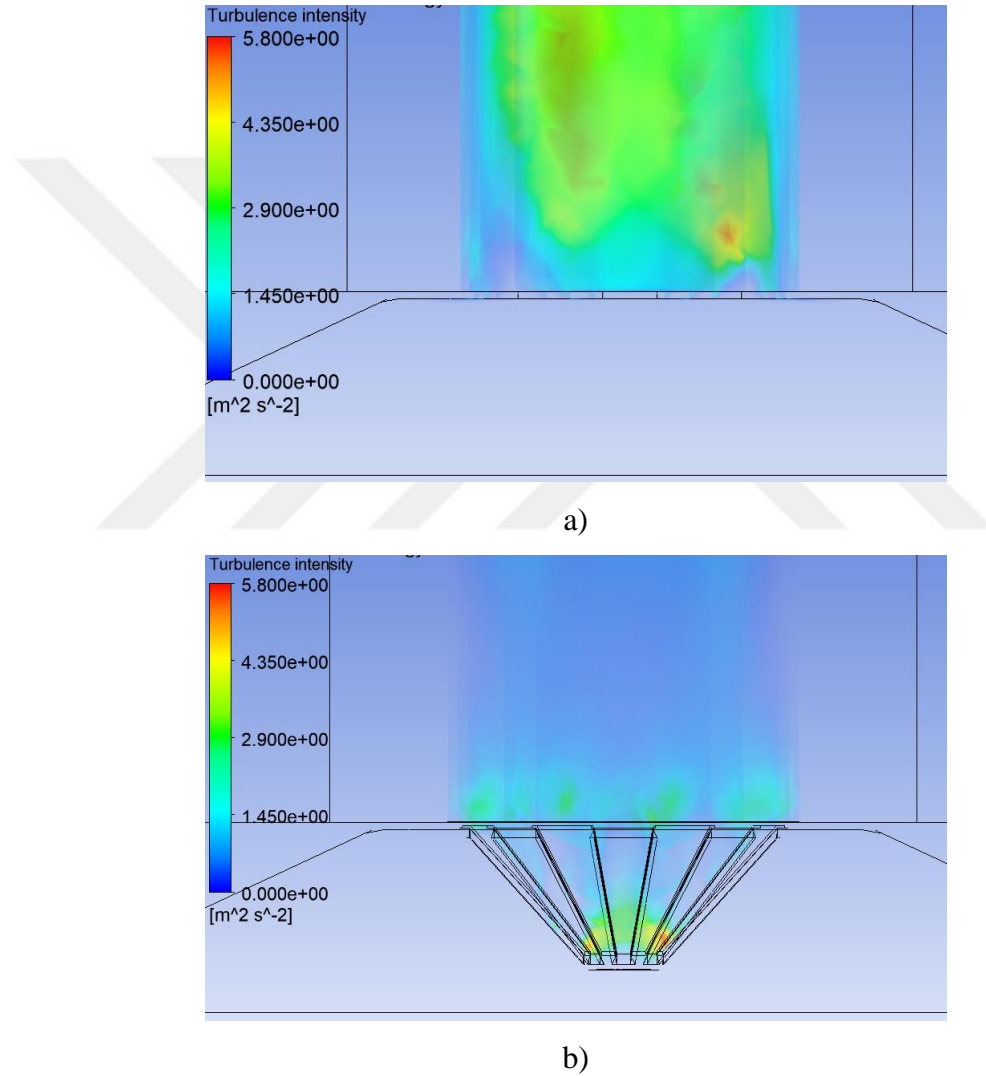
Model			
Mevcut		Yenilikçi	
Basıncı (Pa)	Debi (m ³ /h)		İyileşme (%)
-50	186,04	239,53	28,75
-100	265,60	340,56	28,22
-200	372,75	477,01	27,97
Basıncı (Pa)	TKE (j/kg)		İyileşme (%)
-50	0,018445	0,012842	30,38
-100	0,034559	0,024937	27,80
-200	0,077823	0,053752	30,93
Basıncı (Pa)	Yakalama Hızı (m/s)		İyileşme (%)
-50	0,104189	0,132468	27,14
-100	0,148318	0,189866	28,01
-200	0,208257	0,263687	26,62

Yapılan çalışma sonucu gerçekleştirilen yenilikçi HAKV sayesinde, mevcut modele göre debi değerinde ortalama %28, türbülans oluşumunda yaklaşık %30 ve yakalama hızı değerinde ise yaklaşık %27 iyileşme sağlanmıştır. Analizler sonucu incelendiğinde, debi artışının davlumbaz akış alanındaki yakalama hızını artırdığı görülmektedir. Debi artışı ile oluşan yakalama hızındaki artış literatür ile benzerdir [52, 57].



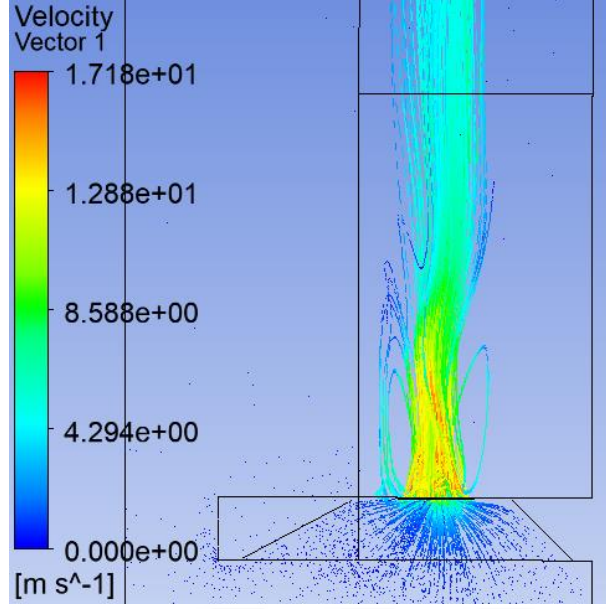
Şekil 4.19. Sayısal analiz sonuçları.

Şekil 4.19 3 farklı sistem basıncı değerinde, analizler sonucu oluşan debi, türbülans oluşumu ve yakalama hızlarını grafik olarak göstermektedir. Grafikler incelendiğinde, yenilikçi HAKV modeli ile performansın arttığı net olarak görülmektedir. Analizler sonucu, en yüksek hava debisi, en yüksek yakalama hızı ve en düşük türbülans yoğunluğu yenilikçi modelde gerçekleşmiştir. Yapılan optimizasyon çalışmaları sonucu mevcut HAKV'ne ve yenilikçi HAKV'ne sahip geometrilere oluşan türbülans yoğunluğu sonuçları Şekil 4.20'de gösterilmiştir. Türbülans oluşumları incelendiğinde, türbülansların HAKV sonrasında yoğunlaştığı görülmektedir.

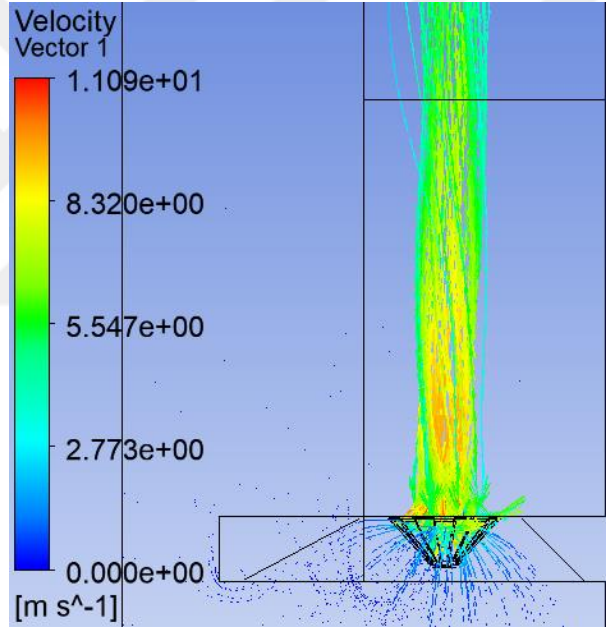


Şekil 4.20. Türbülans Kinetik Enerji sonuçları, a) Mevcut, b) Yenilikçi.

Analizlerde türbülans kinetik enerji oluşumu, yenilikçi HAKV tasarım çalışması sayesinde %30 oranında azaltılmıştır. Analizler sonucu oluşan hava akış streamline görünümü Şekil 4.21'de verilmiştir. Şekil 4.21 incelendiğinde, mevcut HAKV sonrasında oluşan türbülanslı akış görülmektedir.



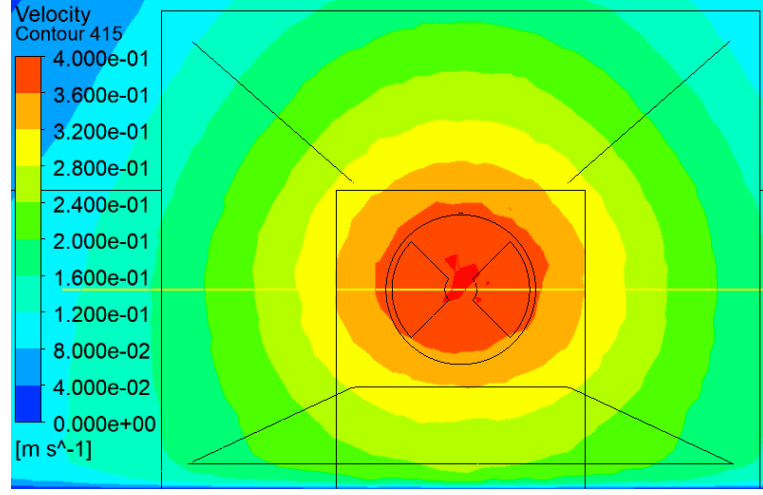
a)



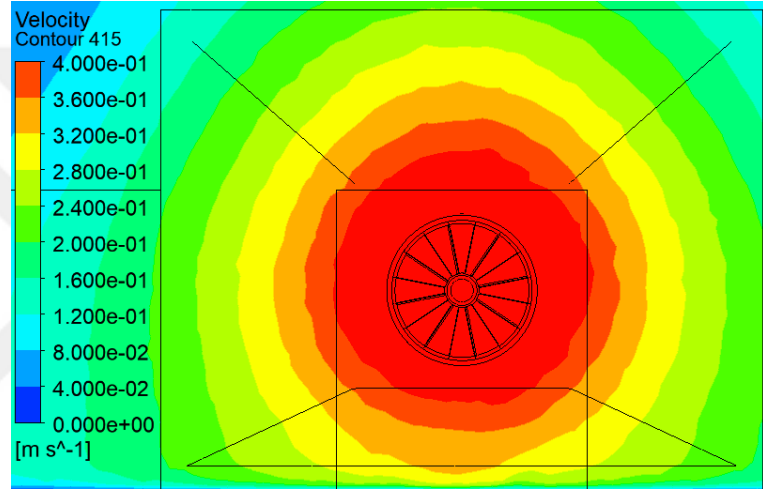
b)

Şekil 4.21. Vektörel hız görünümü, a) Mevcut, b) Yenilikçi.

Davlumbaz hava emiş alanında oluşturulan Düzlem 1’de, analizler sonucu oluşan ortalama yakalama hızı dağılımı Şekil 4.22’de gösterilmiştir. Görsel yakalama hızları oluşturulurken her iki model için 0,4 m/s yakalama hızı maksimum olarak tanımlanmıştır. Yakalama hızı dağılımı incelendiğinde, yenilikçi HAKV sonucu oluşan yakalama hızlarının daha fazla alanda etkili olduğu ve davlumbaz kenar bölgelerinde de etkili olduğu görülmektedir.



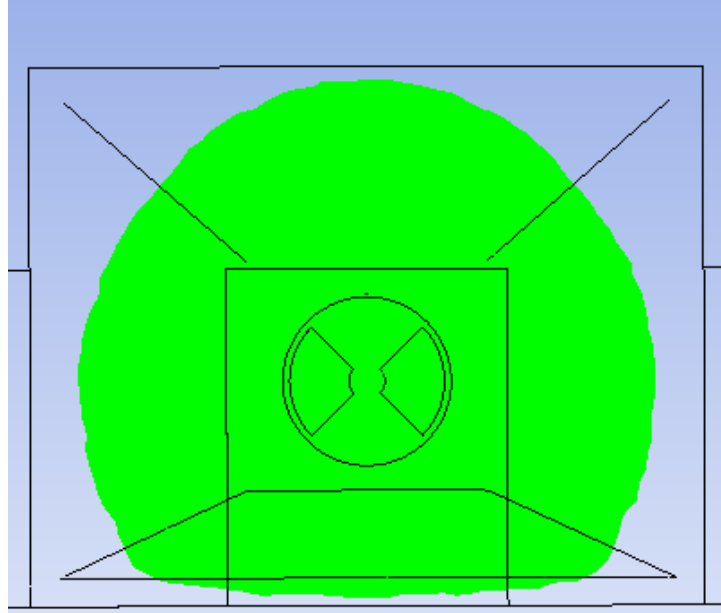
a)



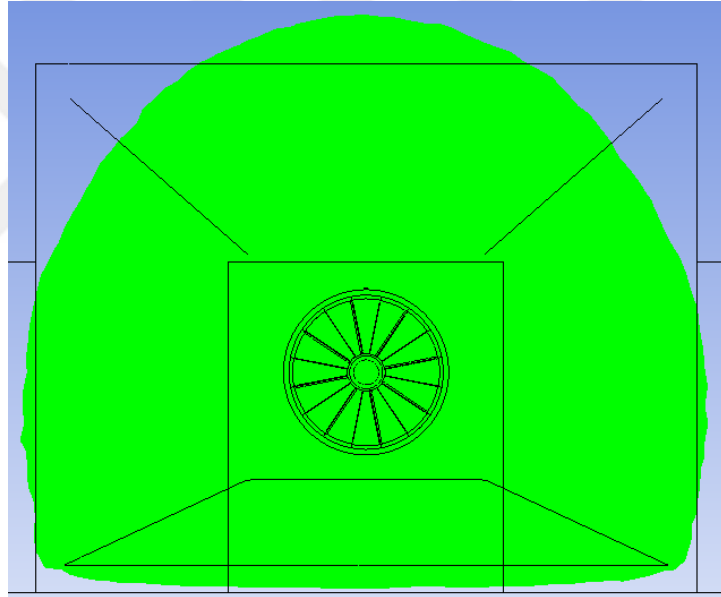
b)

Şekil 4.22. Ortalama yakalama hızı dağılımı, a) Mevcut, b) Yenilikçi.

Analiz çalışmaları sonucu Düzlem 1’de oluşan yakalama hızları incelenmiş ve 0,2 m/s üzeri oluşan yakalama hızlarının etkili olduğu alanlar Şekil 4.23’de gösterilmiştir. Düzlem 1’de oluşan 0,2 m/s ve üzeri yakalama hızlarının, mevcut modelde 0,1935 m² ve yenilikçi modelde 0,2691 m² alana yayıldığı görülmüştür. Yenilikçi HAKV tasarımı sayesinde, 0,2 m/s ve üzeri yakalama hızına sahip bölgeler daire kenarlarına kadar yayılmıştır. Bu sayede 0,2 m/s ve üzeri yakalama hızına sahip alan %28 artırılmıştır.



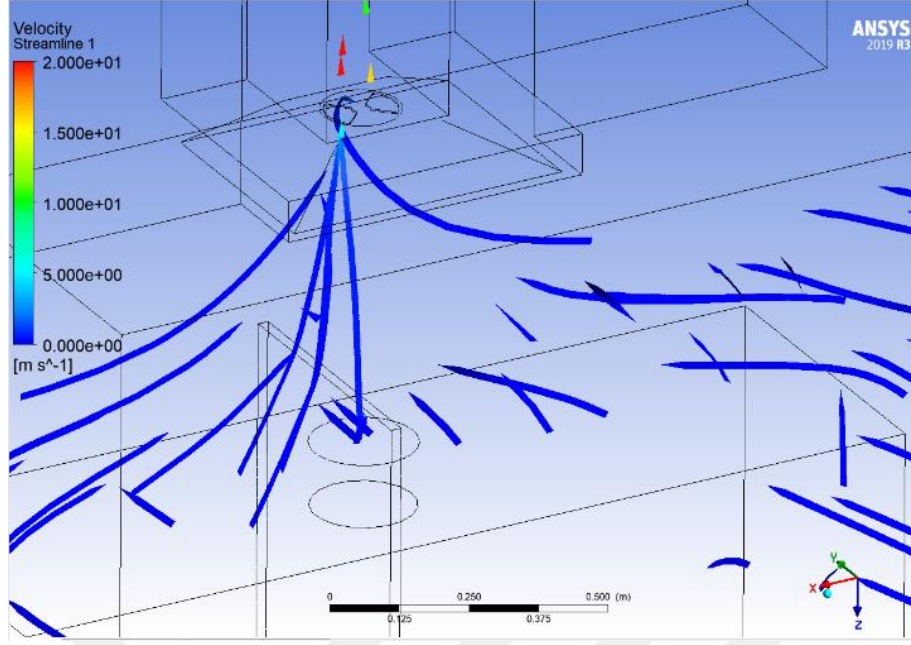
a)



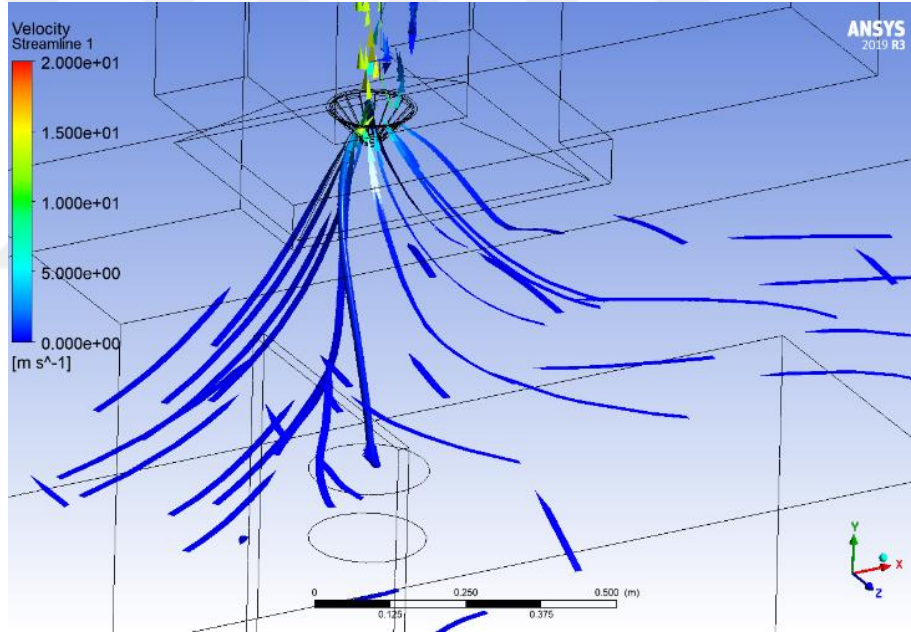
b)

Şekil 4.23. Düzlem 1’de oluşan 0.2 m/s yakalama hızı dağılımı, a) Mevcut, b) Yenilikçi.

Şekil 4.24 davlumbaz emiş bölgesinde oluşan hava akışını göstermektedir. Davlumbaz emiş bölgesinde oluşan yakalama hızları incelendiğinde yenilikçi modelin daha fazla alanda etkili olduğu görülmektedir. Literatürde davlumbaz emiş alanında oluşturulacak girdap akımının yakalama performansını arttıracığı belirtilmiştir [68-70]. Yapılan yenilikçi model tasarım optimizasyon çalışmaları sonucu davlumbaz emiş bölgesinde literatüre benzer olarak girdap şeklinde hava akışı oluşumu sergilenmiştir. Bu sayede yakalama hızında meydana gelen etki alanı arttırılmıştır.



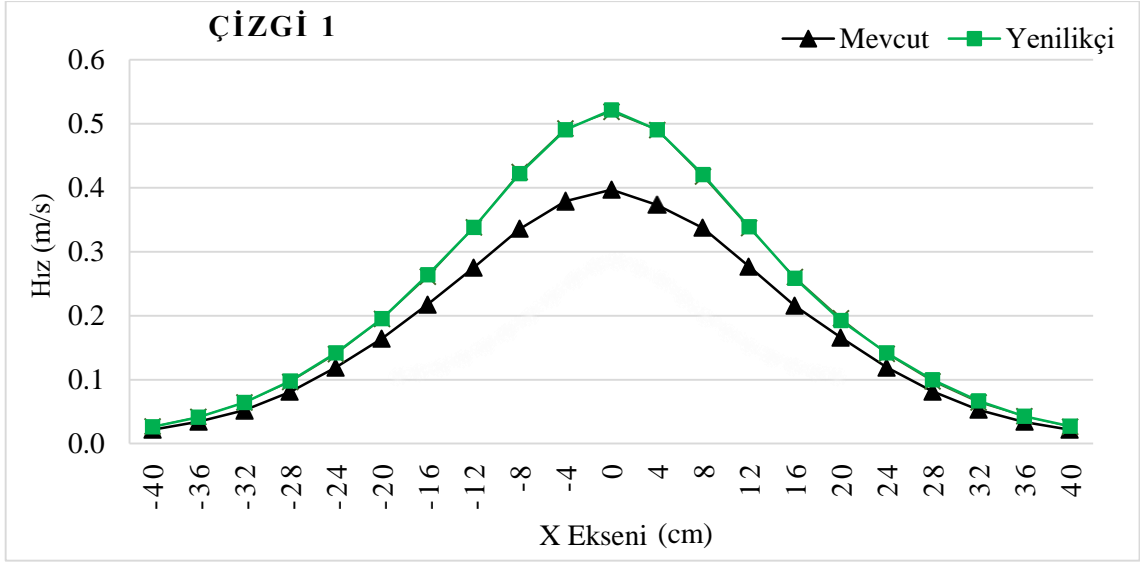
a)



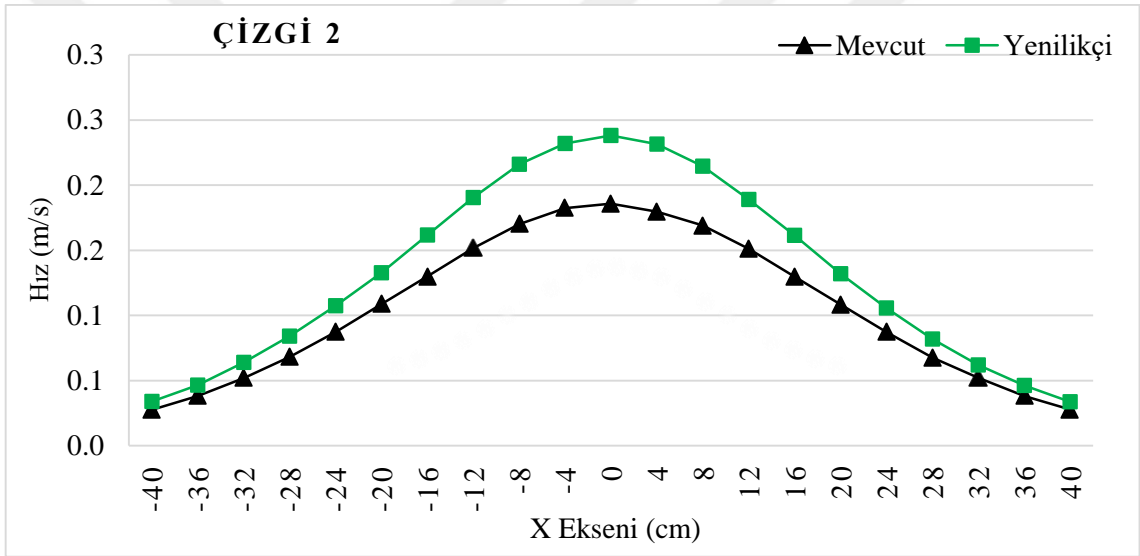
b)

Şekil 4.24. Davlumbaz emiş bölgesinde oluşan hava akışı, a) Mevcut, b) Yenilikçi.

Analizlerde, davlumbaz hava emiş alanına Şekil 3.21’de belirtildiği gibi 100 mm aralıklarla çizgiler eklenmiştir. Bu çizgiler üzerinde oluşan yakalama hızları incelenmiştir. İncelemeler sonucu oluşan grafikler Şekil ’de gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde, tüm noktalarda yenilikçi modelin en iyi yakalama hızına sahip olduğu görülmüştür. Grafikler incelendiğinde literatüre benzer olarak, merkezden uzaklaştıkça yakalama hızlarının azaldığı görülmüştür [63].

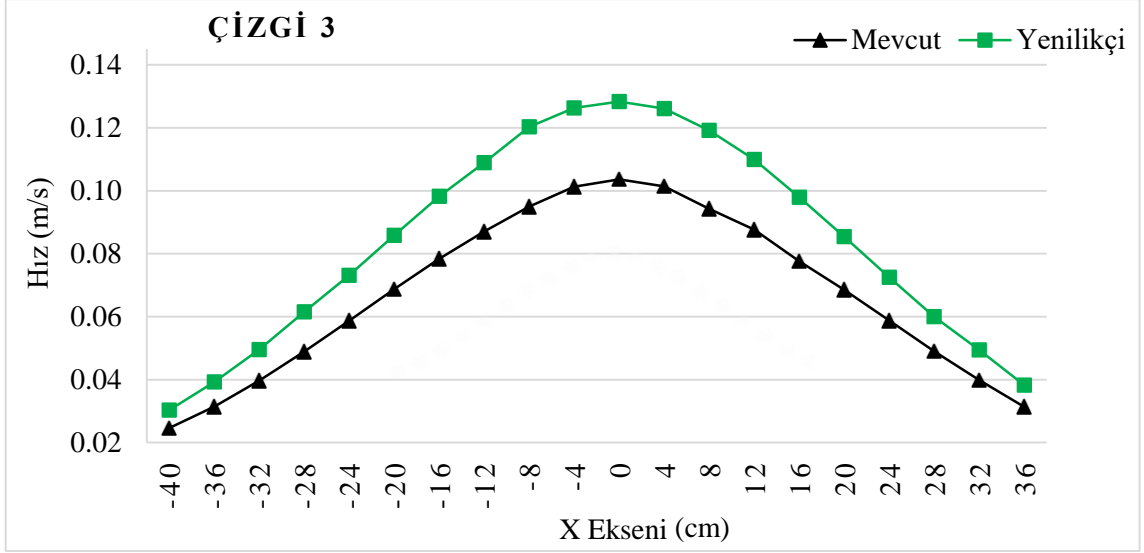


a)

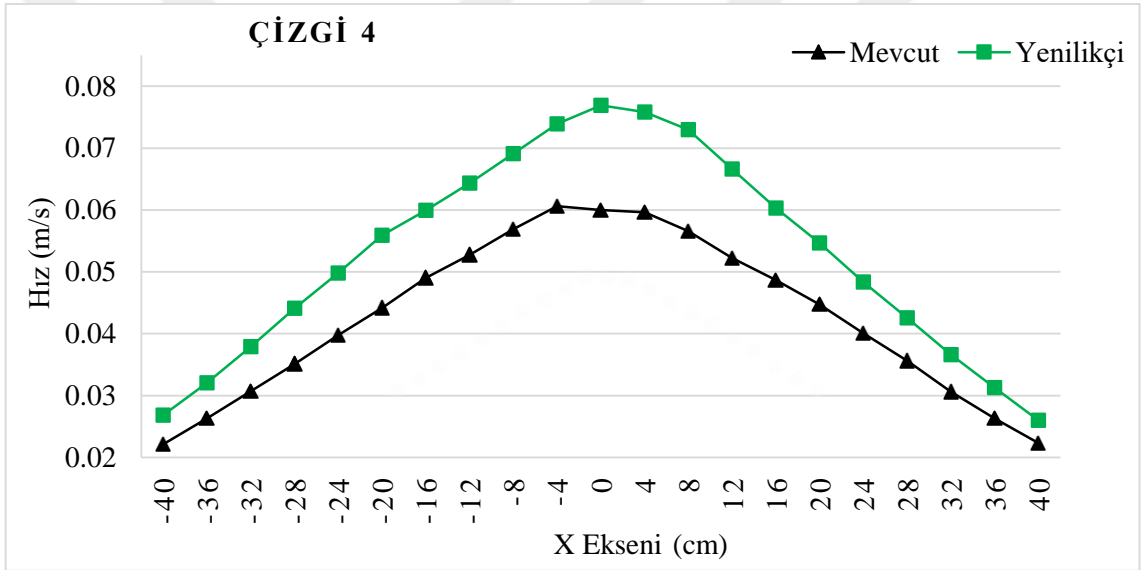


b)

Şekil 4.25. Analiz sonucu oluşan yakalama hızları, a) Çizgi 1, b) Çizgi 2, c) Çizgi 3, d) Çizgi 4.



c)



d)

Şekil 4.25. (devam) Analiz sonucu oluşan yakalama hızları, a) Çizgi 1, b) Çizgi 2, c) Çizgi 3, d) Çizgi 4.

Sayısal analizler sonrası karşılaştırılan her iki modele ait deneysel testler bir sonraki bölümde verilmiştir.

4.5.2. Deneysel Test Sonuçları

Farklı parametreler ile gerçekleştirilen HAD analizleri sonucu optimum performansı sergileyen mevcut ve yenilikçi HAKV'ne ait prototipler (Şekil 3.30) sırası ile debi ve performans ölçüm test cihazına bağlanmıştır. Debi ve performansı ölçümleri daha önce "3.1.3.1 Hacimsel Debi ve Performans Testi" bölümünde ifade edildiği gibi

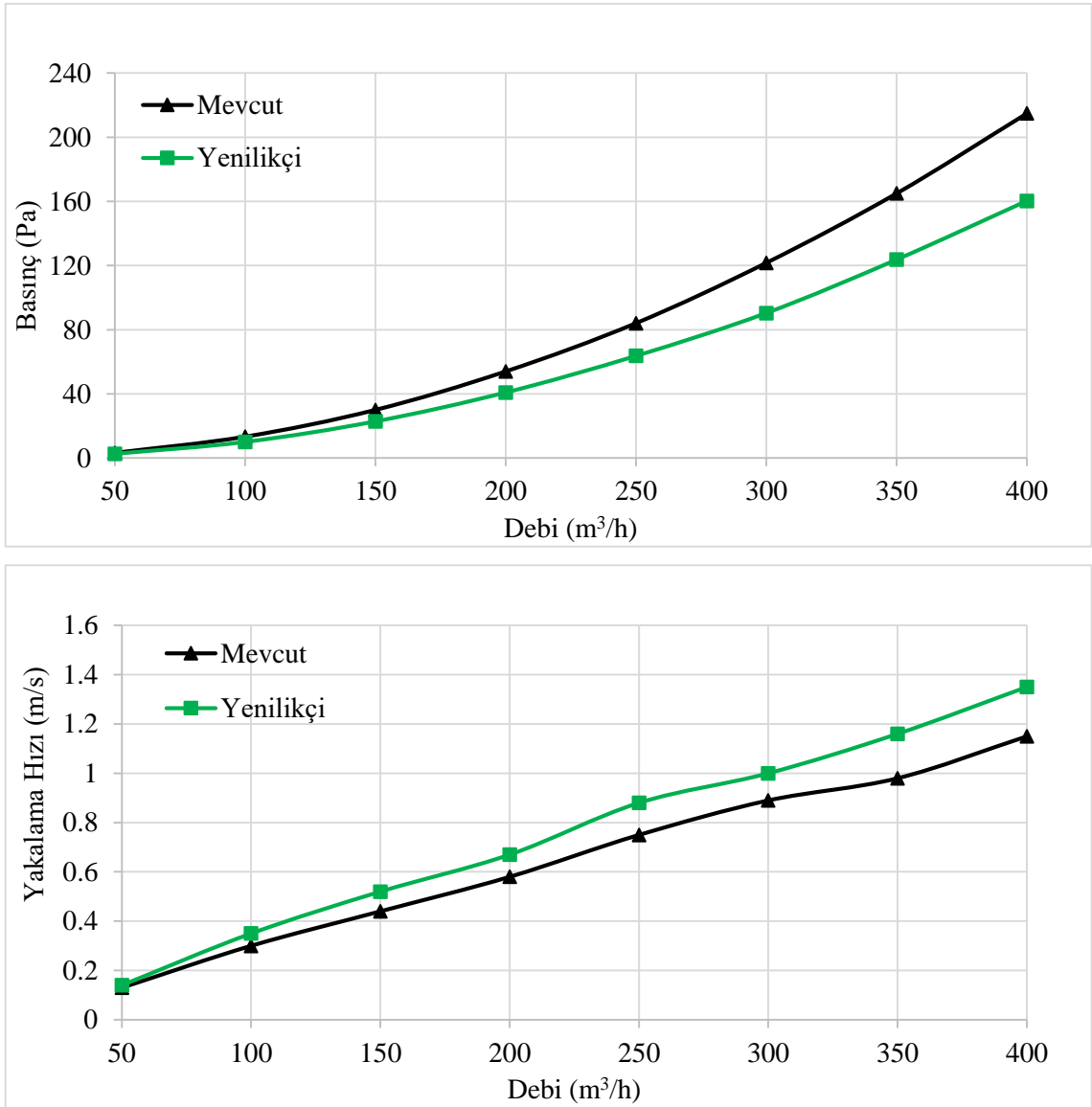
gerçekleştirilmiştir. Deneyselerde, sistemin stabil olması beklenmiş ve ölçümler yapılmıştır. Her bir deney 3'er defa tekrarlanmış ve ortalama değerler hesaplanmıştır. Deneyseler için hazırlanan her iki ürün, aynı ortam koşulunda davlumbaz girişinde oluşan yakalama hızları ve ortam koşulunu sağlamak için gerekli olan sistem basıncı açısından karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.6 yapılan deneysel testler sonucu oluşan deney sonuçlarını göstermektedir. Deney sonuçları incelendiğinde, yenilikçi model sayesinde debi için gerekli olan sistem basıncı ihtiyacı 8 farklı debi koşulunda da azalmıştır. 50 m³/h debi değerinde gerekli olan sistem basıncında %16 iyileşme ve diğer debi değerlerinde, yenilikçi model sayesinde yaklaşık %24 iyileşme sağlanmıştır.

Çizelge 4.6. Deneysel test sonuçları.

Model			
Mevcut		Yenilikçi	
Debi (m ³ /h)	Basınç (Pa)	İyileşme (%)	
50	-3,1	-2,6	16,13
100	-13,2	-10,0	24,24
150	-29,9	-22,8	23,75
200	-53,9	-40,8	24,30
250	-84,1	-63,6	24,29
300	-121,6	-90,3	25,74
350	-164,9	-123,6	25,05
400	-214,8	-160,2	25,42
Debi (m ³ /h)	Yakalama Hızı (m/s)	İyileşme (%)	
50	0,13	0,14	7,69
100	0,30	0,35	16,67
150	0,44	0,52	18,18
200	0,58	0,67	15,52
250	0,75	0,88	17,33
300	0,89	1,01	12,36
350	0,98	1,16	18,37
400	1,15	1,35	17,39

Deneysel test sonucu oluşan yakalama hızları incelendiğinde, aynı sınır şartlarında

yakalama hızında debi değerine bağlı olarak %7 ile %18 oranında iyileşme sağlandığı görülmüştür. Deneysel testler sonucu oluşan, debiye bağlı basınç ve yakalama hızı grafikleri Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde, oluşturulan yenilikçi HAKV sayesinde debi için gerekli olan sistem basıncında azalma meydana gelmiştir. Bu iyileşme yüksek debilerde daha net görülmektedir. Aynı şekilde, yenilikçi model sayesinde yakalama hızlarında da iyileşme olmuştur. Düşük debi değerinde, yakalama hız değerleri çok küçük olduğu için ve ölçüm cihazı hassasiyeti %1 olduğundan dolayı iyileşme net olarak görülmemektedir.



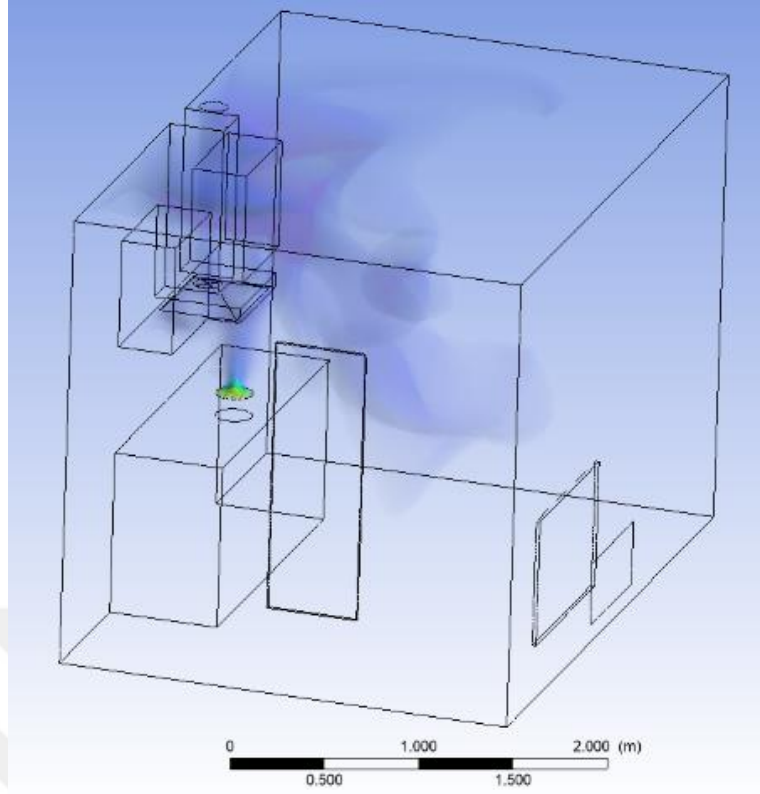
Şekil 4.26. Deneysel test Sonuçları.

4.6. KOKU PERFORMANS TESTİ SONUÇLARI

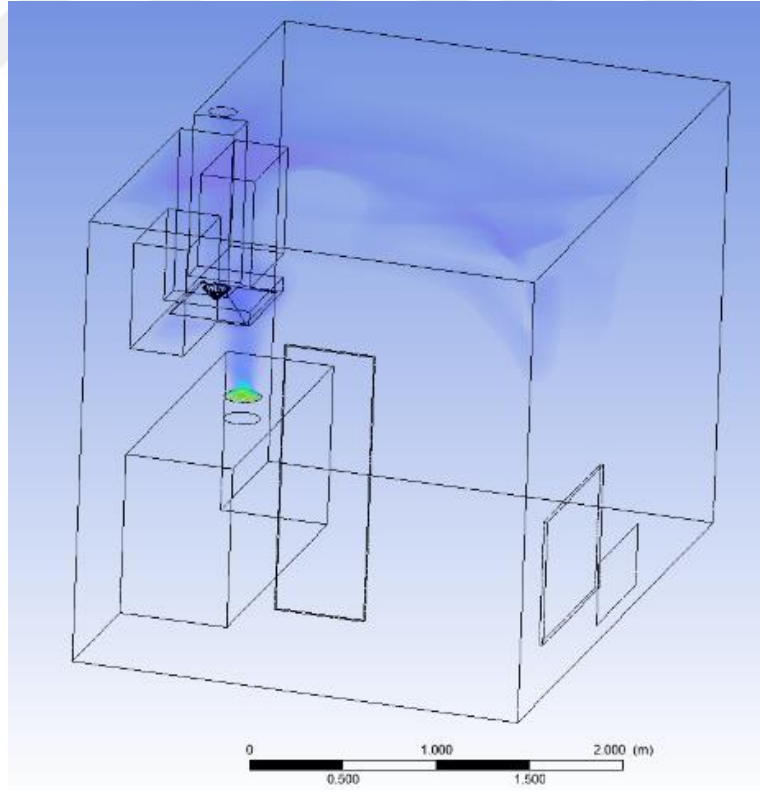
Çalışma kapsamında, merkezi sistem davlumbazlarının Avrupa normuna uygun koku yakalama performansı testlerinin yapılması ve ANSYS FLUENT yazılımı ile simüle edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, daha önce yapılmış olan HAKV tasarım optimizasyon çalışmaları ve davlumbaz tasarım optimizasyon çalışmaları sonucu ortaya çıkan optimum performansı sergileyen mevcut ve yenilikçi HAKV ile 2 farklı modele ait Avrupa Normuna uygun sayısal ve deneysel koku yakalama performans testleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucu her iki modelde oluşan koku yakalama performans sonuçları karşılaştırılmıştır.

4.6.1. Sayısal Analiz Sonuçları

Bu bölümde, daha önce Şekil 3.29'de gösterildiği gibi mevcut ve yenilikçi HAKV'ne ait 2 farklı model tasarımı oluşturulmuş ve sayısal simülasyon analizleri daha önce "3.3.5 Koku Yakalama Performans Testleri" bölümünde ifade edildiği şekli ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan sayısal simülasyonlar sonucu modeller koku yakalama performansı açısından karşılaştırılmıştır. İlk olarak oda içerisindeki metil etil keton (MEK) dağılımının görsel hale getirilmesi için oda içerisindeki ilk 10 s sonrası oda içerisindeki MEK dağılımı incelenmiştir. Şekil 4.27, 100 m³/h debide 10 s sonra mutfaktaki MEK dağılımını göstermektedir. MEK dağılımı incelendiğinde, aynı ortam koşulunda tencereden salınan MEK karışımının mevcut modelde daha az yakalandığı için oda içerisinde daha fazla salındığı ve her iki model karşılaştırıldığında yenilikçi modelin daha üstün performans sergilediği görülmektedir.



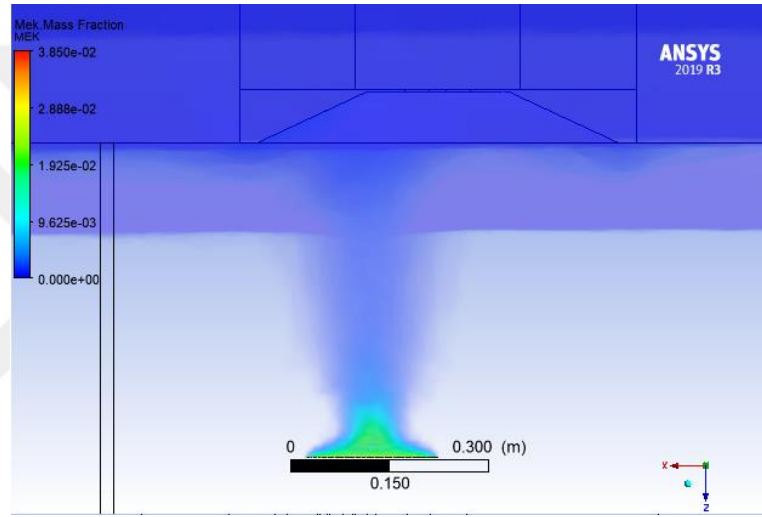
a)



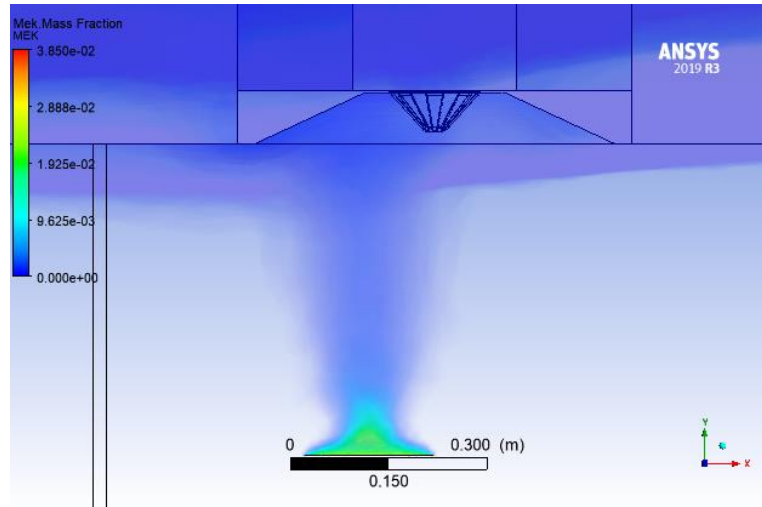
b)

Şekil 4.27. 100 m³/h debi ve 10 s sonra mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut, b) Yenilikçi.

Avrupa normuna [87] uygun olarak mutfak içerisindeki MEK dağılımını incelemek için; analizler 10 dk'lık süreyi simüle edecek şekilde, zamana bağlı olarak tamamlanmıştır. Şekil mutfağın önden ve yandan görünüşünde her iki model HAKV için $100 \text{ m}^3/\text{h}$ debide MEK dağılımını göstermektedir. Tencereden salınan MEK, $100 \text{ m}^3/\text{h}$ debide davlumbaz tarafından yeteri kadar yakalanamadığı için mutfak içerisine yayılmıştır. $100 \text{ m}^3/\text{h}$ debide yapılan analizlerde, mutfak içerisinde MEK dağılımı yakalama performansı hesaplandığında, mevcut modelde tencereden salınan MEK'in sadece %57'sinin ve yenilikçi modelde ise %62'sinin yakalandığı hesaplanmıştır. Çalışmada hesaplanan değerler, motorlu lokal havalandırma davlumbazları ile ilgili yapılan diğer çalışmalar [57, 95] ile benzerlik göstermiştir.

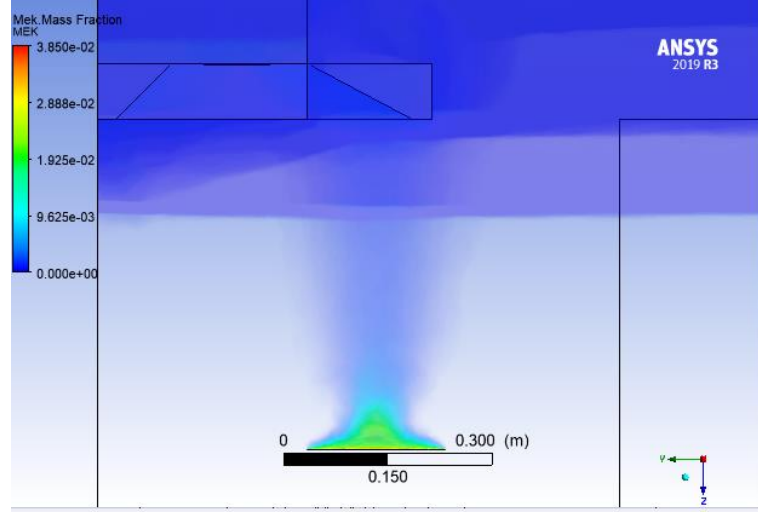


a)

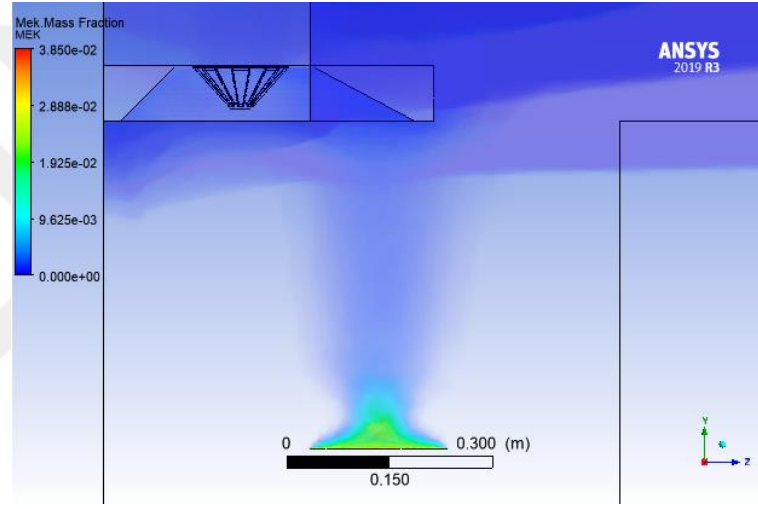


b)

Şekil 4.28. $100 \text{ m}^3/\text{h}$ debi mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut ön görünüm, b) Yenilikçi ön görünüm, c) Mevcut yan görünüm, d) Yenilikçi yan görünüm.



c)

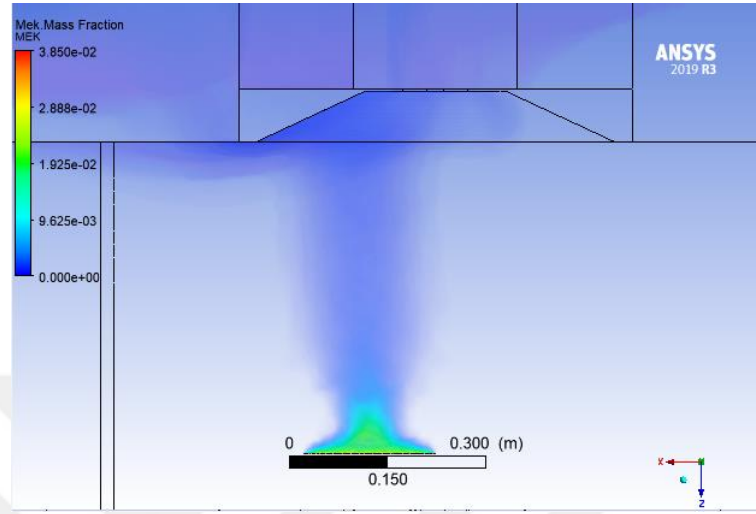


d)

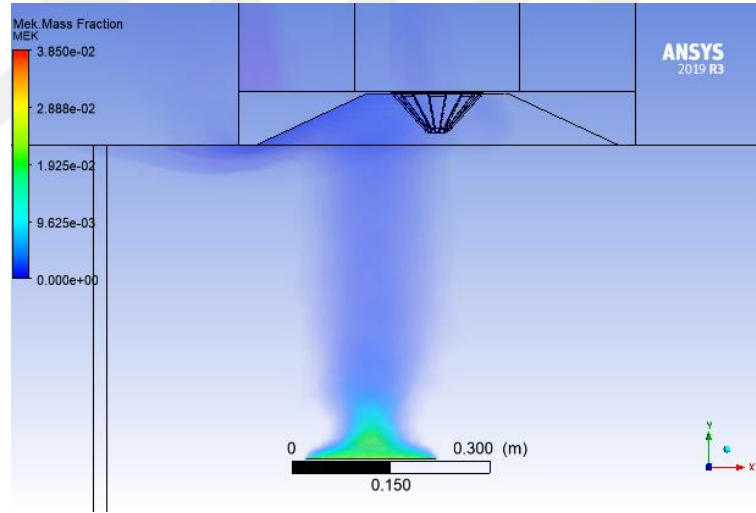
Şekil 4.28. (devam) 100 m³/h debi mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut ön görünüm, b) Yenilikçi ön görünüm, c) Mevcut yan görünüm, d) Yenilikçi yan görünüm.

MEK'in mutfak içerisine dağılımı, debinin artmasıyla kademeli olarak azalmıştır. Debinin artması ile birlikte davlumbaz yakalama performansı artmıştır, bu sayede tencereden salınan MEK'in davlumbaza doğru yöneldiği görülmüştür. Şekil, mutfağın önden ve yandan görünüşünde her iki model HAKV için 200 m³/h debide MEK dağılımını göstermektedir. Tencereden salınan MEK'in bir kısmı davlumbaz tarafından yakalanamadığı için davlumbazın ön ve sol kenar bölgesinden kaçarak mutfak içerisine dağıldığı net bir şekilde görülmektedir. Aynı debi koşulunda olmasına rağmen davlumbazın yakalayamadığı MEK kaçıışı mevcut modelde daha fazla olduğu ve mutfak içerisine daha fazla dağıldığı görülmüştür. Şekil , mutfağın önden ve yandan görünüşünde her iki model HAKV için 300 m³/h debide MEK dağılımını göstermektedir. Deney

tenceresinden salınan MEK'in mevcut modelde davlumbazın sol ve ön kenarından kaçarak mutfığa yayılmıştır. Yenilikçi modelde ise davlumbazdan kaçan MEK görünemeyecek kadar azdır. Buda geliştirilen yenilikçi valf ile yakalama performansındaki artışın bir göstergesidir.

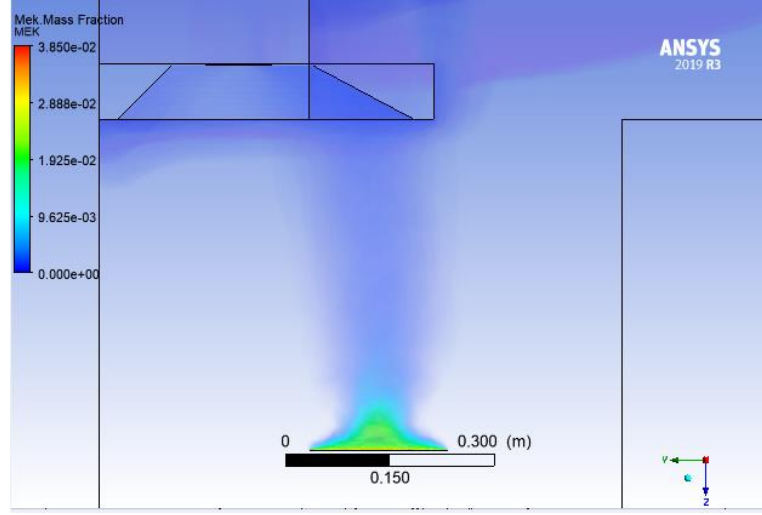


a)

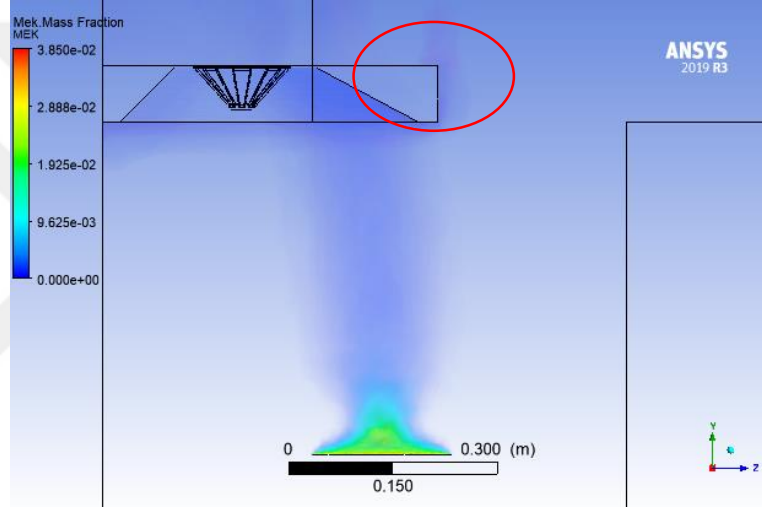


b)

Şekil 4.29. 200 m³/h debi mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut ön görünüm, b) Yenilikçi ön görünüm, c) Mevcut yan görünüm, d) Yenilikçi yan görünüm.

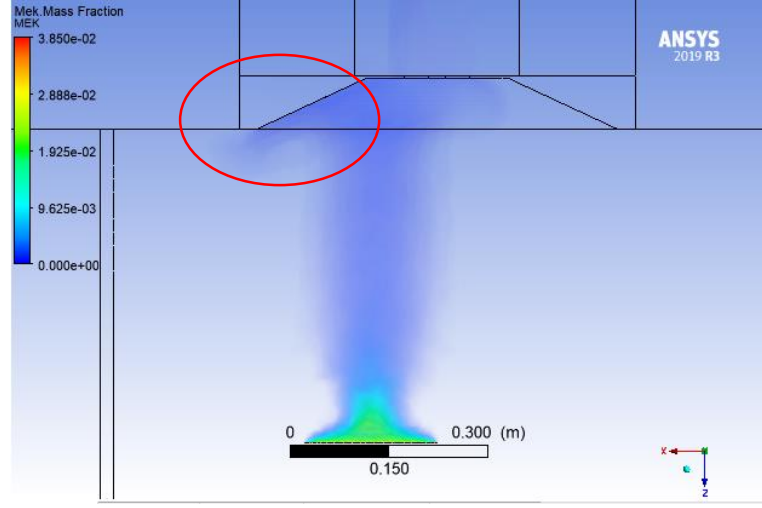


c)

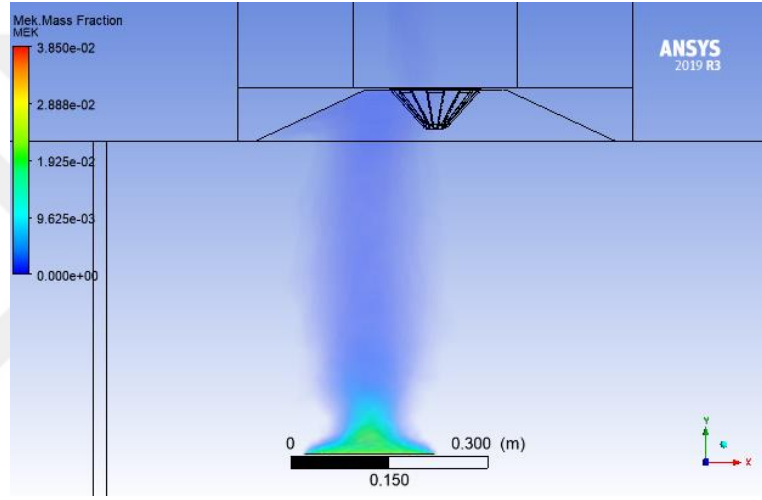


d)

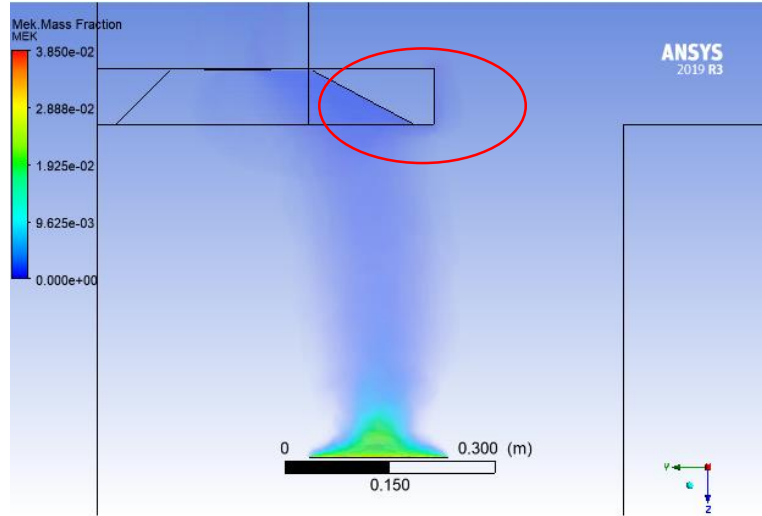
Şekil 4.29. (devam) 200 m³/h debi mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut ön görünüm, b) Yenilikçi ön görünüm, c) Mevcut yan görünüm, d) Yenilikçi yan görünüm.



a)

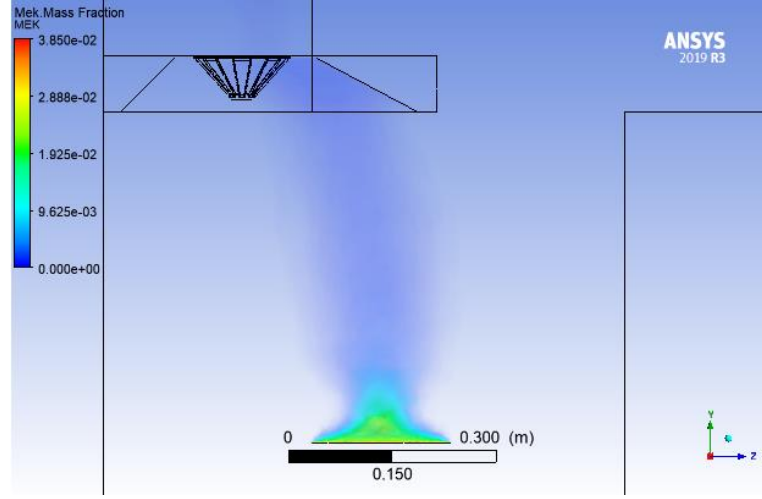


b)



c)

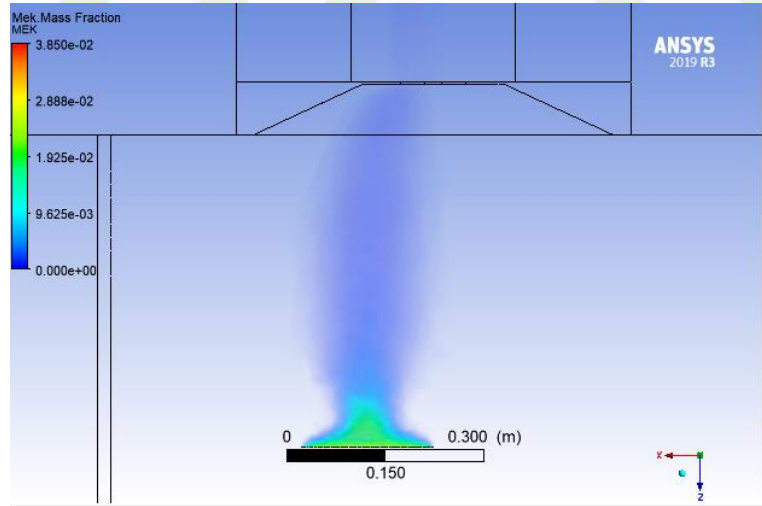
Şekil 4.30. 300 m³/h debi mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut ön görünüm, b) Yenilikçi ön görünüm, c) Mevcut yan görünüm, d) Yenilikçi yan görünüm.



d)

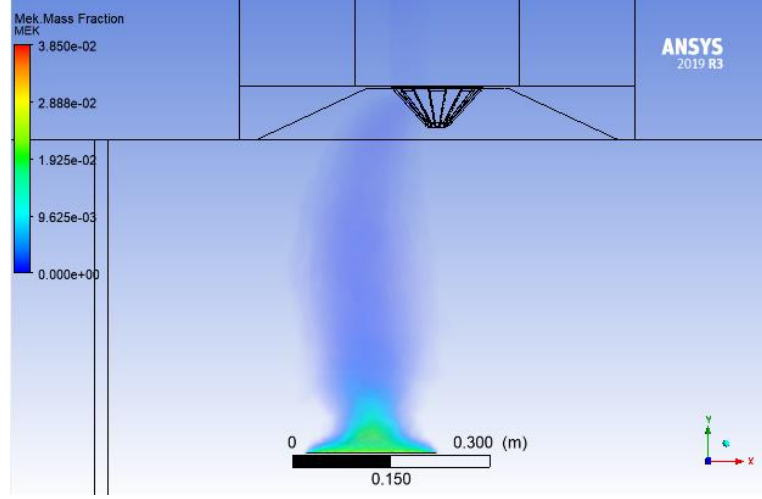
Şekil 4.30. (devam) 300 m³/h debi mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut ön görünüm, b) Yenilikçi ön görünüm, c) Mevcut yan görünüm, d) Yenilikçi yan görünüm.

Şekil, mutfağın önden ve yandan görünüşünde her iki model HAKV için 400 m³/h debide MEK dağılımını göstermektedir. 400 m³/h debide her iki modelde de MEK dağılımının davlumbaz tarafından yakalandığı görülmüştür.

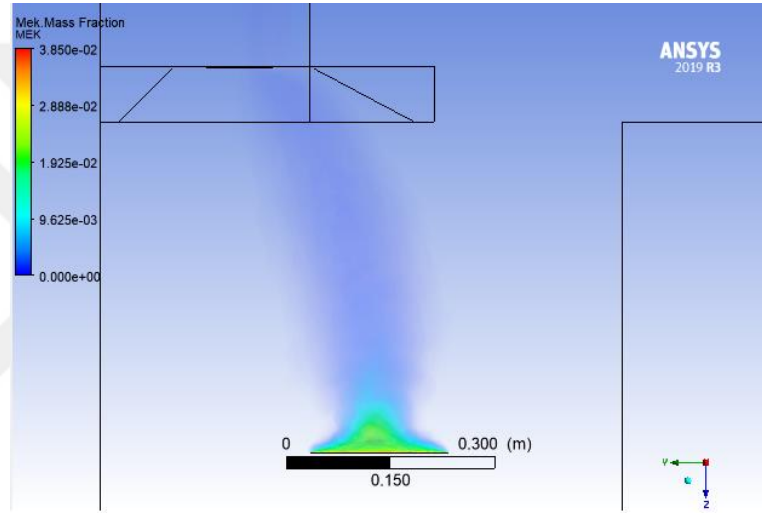


a)

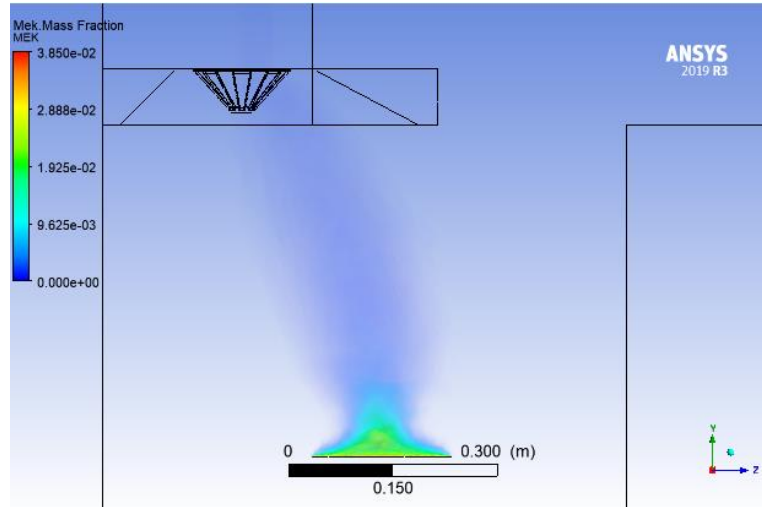
Şekil 4.31. 400 m³/h debi mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut ön görünüm, b) Yenilikçi ön görünüm, c) Mevcut yan görünüm, d) Yenilikçi yan görünüm.



b)



c)

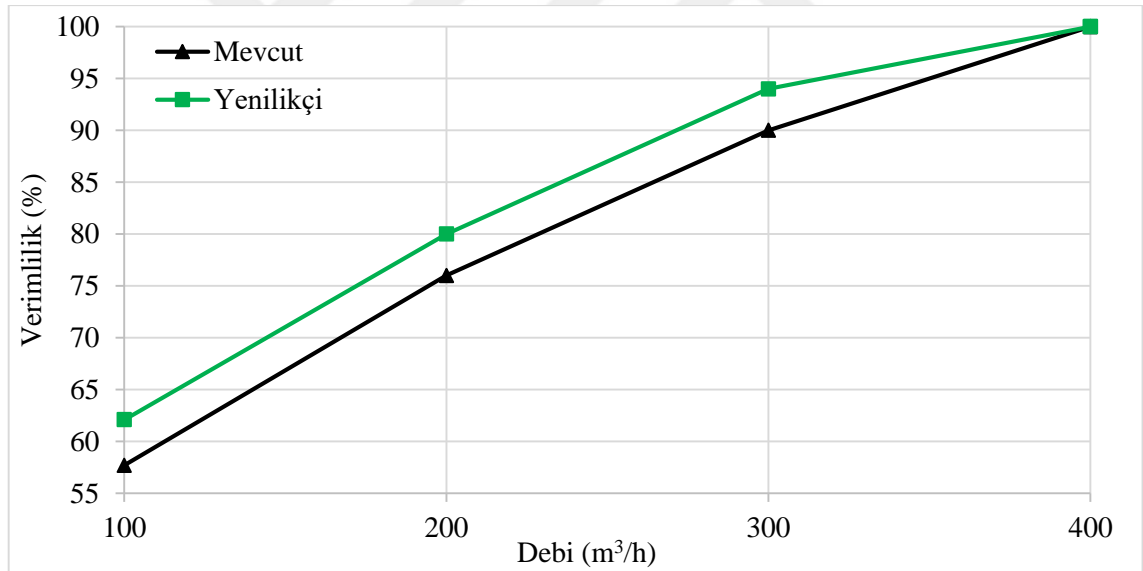


d)

Şekil 4.31. (devam) 400 m³/h debi mutfakta oluşan MEK dağılımı, a) Mevcut ön görünüm, b) Yenilikçi ön görünüm, c) Mevcut yan görünüm, d) Yenilikçi yan görünüm.

Sayısal analizler, her 2 HAKV modeli için 4 farklı debide tekrarlanmıştır. Yapılan analizler sonucu mutfak içerisindeki MEK dağılımı incelenmiştir. Davlumbazın farklı debi değerlerinde, deney tenceresinden salınan MEK’i çıkarma kabiliyetini ölçmek için, yakalama verimliliği Denklem (3.7)’ye göre hesaplanmıştır. Yapılan analizler ve hesaplamalar sonucu oluşan koku yakalama verimlilik değerleri grafik olarak Şekil 4.32’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde, analizlerde yakalama verimliliği ile debi arasında güçlü bir korelasyon olduğu görülmektedir. Her iki modelde de debinin 100 m³/h - 300 m³/h arasında artırılması, yapılan diğer çalışmalara [57, 59] benzer olarak yakalama verimliliğinde doğrusal bir artışa yol açmıştır. Debinin 100 m³/h'dan 300 m³/h'e yükseltilmesi, yakalama verimliliğini yaklaşık %30 oranında artırmıştır. Yapılan sayısal analizler sonucu grafikte de görüleceği üzere geliştirilen yenilikçi HAKV tasarımının koku yakalama performansını iyileştirmiştir.

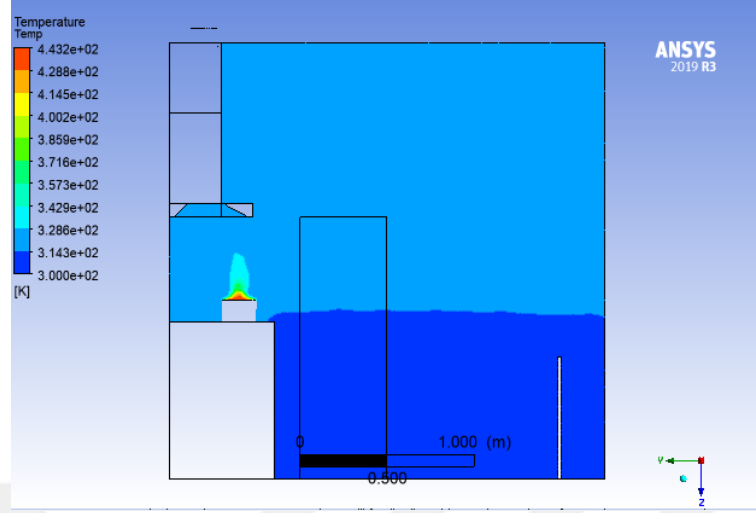
Sayısal analizler yapılırken, koku performans analizleri sonucu deney tenceresinden mutfak içerisine yayılan sıcak havanın mutfak içerisindeki dağılımına da bakılmıştır.



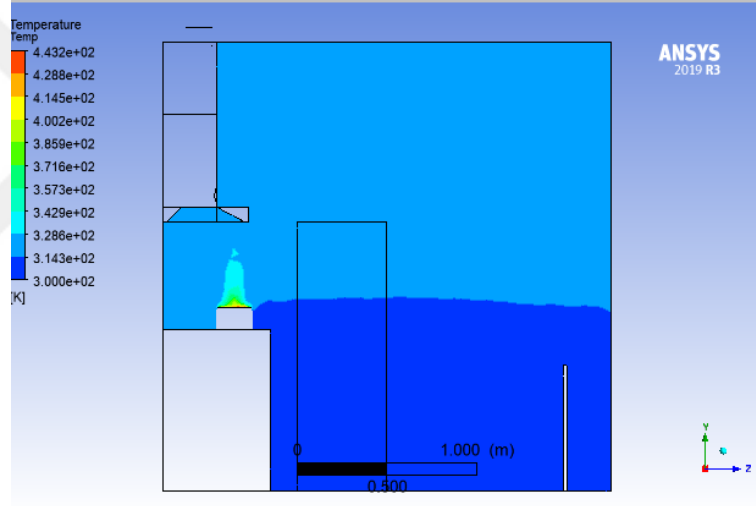
Şekil 4.32. Sayısal analizler sonucu oluşan yakalama verimliliği sonuçları.

Şekil 4.33 her iki model için farklı debi koşulunda mutfak içerisinde oluşan sıcaklık dağılımını göstermektedir. Mutfak içerisindeki sıcak hava dağılımları incelendiğinde, deney tenceresinden salınan sıcak havanın mutfak tavanına doğru hareket ettiği ve ortam sıcaklığını artırdığı görülmüştür. Mutfak içerisine dağılan sıcaklık debi arttıkça azalmıştır. Debi artışı ile sıcaklığın azalması koku yakalama performansına benzerdir. Fakat koku yakalama performansında 400 m³/h debide %100 yakalama verimliliği sağlanmasına rağmen aynı debi koşulundan mutfak içerisine sıcaklığın yayıldığı

görülmektedir. Yine mevcut ve yenilikçi model HAKV'leri sıcaklık dağılımı bakımından karşılaştırıldığında, yenilikçi model daha üstün performans sergilemiştir.

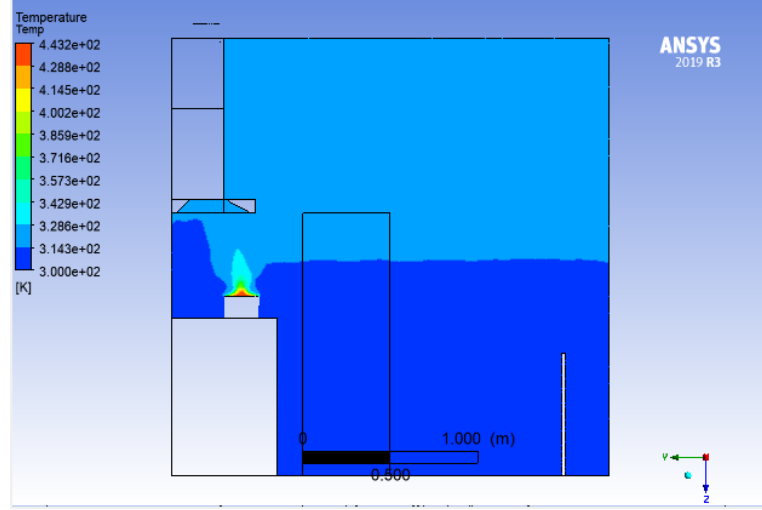


a)

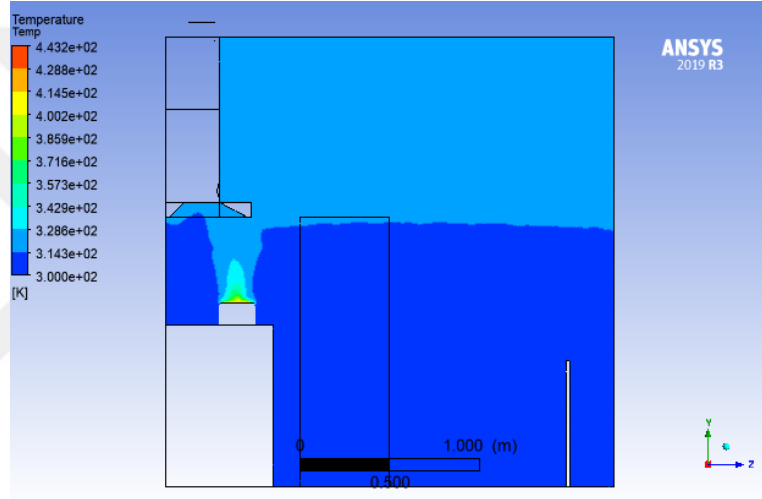


b)

Şekil 4.33. Mutfak içerisinde oluşan sıcaklık dağılımı, a) Mevcut 100 m³/h, b) Yenilikçi 100 m³/h, c) Mevcut 200 m³/h, d) Yenilikçi 200 m³/h, e) Mevcut 300 m³/h, f) Yenilikçi 300 m³/h, g) Mevcut 400 m³/h, h) Yenilikçi 400 m³/h.

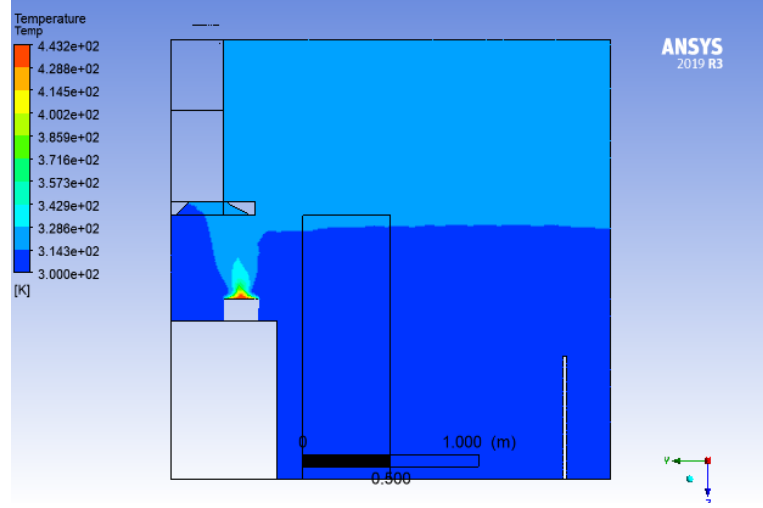


c)

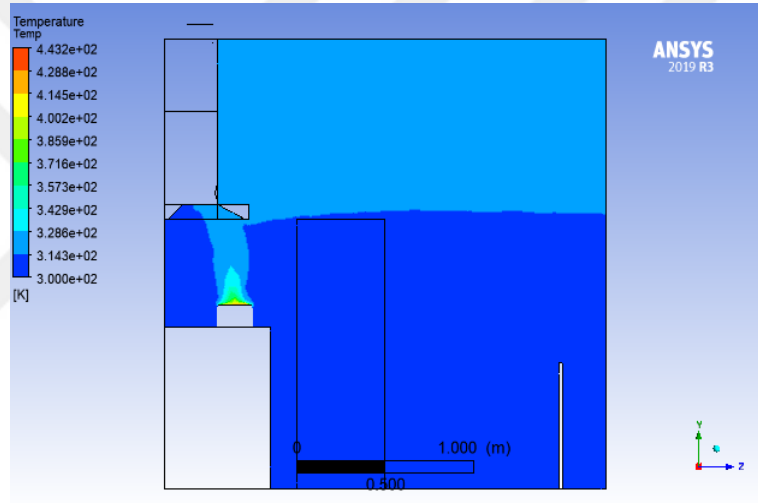


d)

Şekil 4.33. (devam) Mutfak içerisinde oluşan sıcaklık dağılımı, a) Mevcut $100 \text{ m}^3/\text{h}$, b) Yenilikçi $100 \text{ m}^3/\text{h}$, c) Mevcut $200 \text{ m}^3/\text{h}$, d) Yenilikçi $200 \text{ m}^3/\text{h}$, e) Mevcut $300 \text{ m}^3/\text{h}$, f) Yenilikçi $300 \text{ m}^3/\text{h}$, g) Mevcut $400 \text{ m}^3/\text{h}$, h) Yenilikçi $400 \text{ m}^3/\text{h}$.

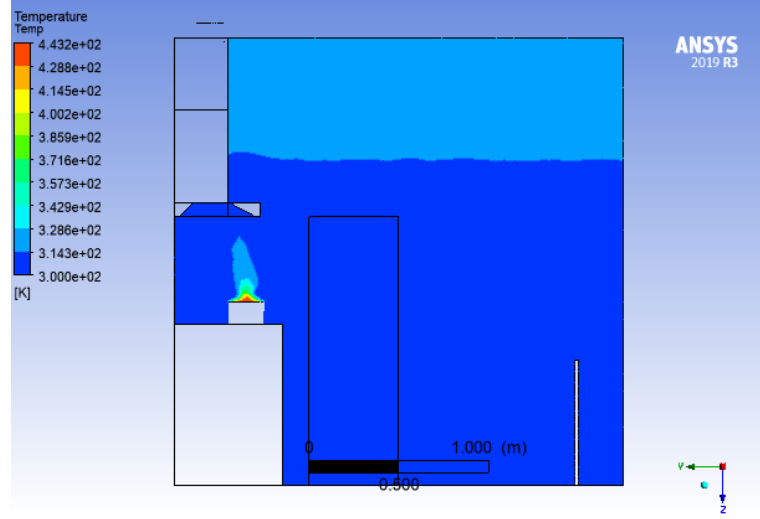


e)

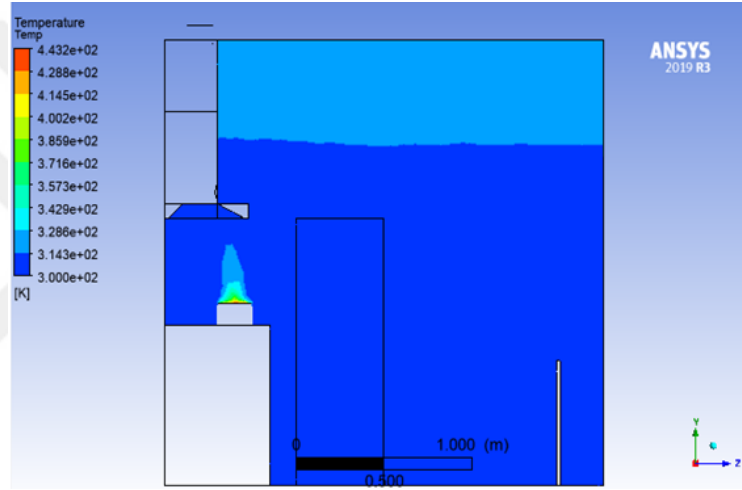


f)

Şekil 4.33. (devam) Mutfak içerisinde oluşan sıcaklık dağılımı, a) Mevcut $100 \text{ m}^3/\text{h}$, b) Yenilikçi $100 \text{ m}^3/\text{h}$, c) Mevcut $200 \text{ m}^3/\text{h}$, d) Yenilikçi $200 \text{ m}^3/\text{h}$, e) Mevcut $300 \text{ m}^3/\text{h}$, f) Yenilikçi $300 \text{ m}^3/\text{h}$, g) Mevcut $400 \text{ m}^3/\text{h}$, h) Yenilikçi $400 \text{ m}^3/\text{h}$.



g)



h)

Şekil 4.33. (devam) Mutfak içerisinde oluşan sıcaklık dağılımı, a) Mevcut 100 m³/h, b) Yenilikçi 100 m³/h, c) Mevcut 200 m³/h, d) Yenilikçi 200 m³/h, e) Mevcut 300 m³/h, f) Yenilikçi 300 m³/h, g) Mevcut 400 m³/h, h) Yenilikçi 400 m³/h.

4.6.2. Deneysel Test Sonuçları

Bu bölümde, deneysel koku performans testleri daha önce “3.3.5 Koku Yakalama Performans Testleri” bölümünde ifade edildiği şekli ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler için oluşturulan prototip ürünlerin farklı debi değerlerinde, deney tenceresinden salınan MEK’i çıkarma kabiliyetleri, yakalama verimliliği Denklem (3.1)’e göre hesaplanmıştır. Yapılan deneysel testler sonucu hesaplanan koku yakalama verimlilik değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Deneysel test sonucu, 100 m³/h debide mevcut model ile %52,7 ve yenilikçi model ile %57,1 yakalama verimliliği meydana gelmiştir. 100 m³/h debide

deney tenceresinden mutfak içerisine salınan MEK'in mevcut modelde %47,3 ve yenilikçi modelde ise %42,9 unun yakalanamayarak mutfak içerisine nüfus ettiği görülmektedir. Düşük yakalama verimliliği durumlarında, literatürde [32, 33] de görüleceği üzere mutfak sakinleri için sağlık problemine yol açabileceği düşünülmektedir. Deneysel testlere diğer debi koşullarında devam edilmiş ve 200 m³/h debide mevcut model ile %74,7 ve yenilikçi model ile %77,8 yakalama verimliliği hesaplanmıştır. Debi artışı ile birlikte koku verimliliği performansı artmıştır. 300 m³/h debide mevcut model ile %82,9 ve yenilikçi model ile %86,6 yakalama verimliliği oluşmuştur. 400 m³/h debide mevcut model ile %93,9 ve yenilikçi model ile %96,5 yakalama verimliliği hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. Deneysel sonuçları oluşturan koku performans sonuçları.

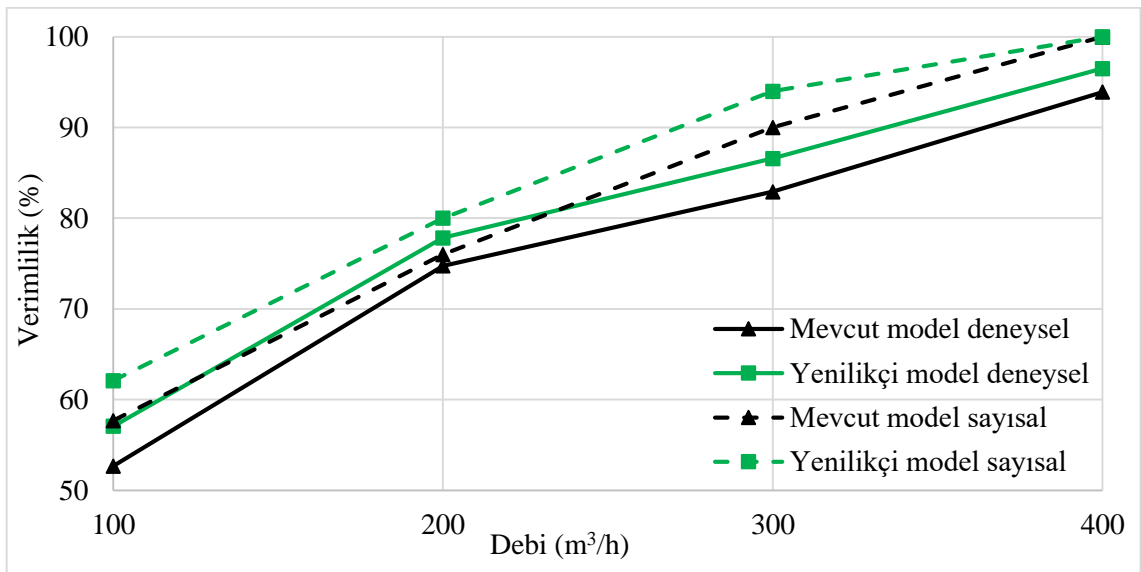
Deney numarası	Model	Valf Pozisyonu	Basınç (Pa)	Debi (m ³ /h)	C ₁ (ppm)	C ₂ (ppm)	Verimlilik (%)
1	Mevcut		13,2	100	59,4	28,4	52,7
2	Mevcut		53,9	200	59,4	15,2	74,7
3	Mevcut		121,6	300	59,4	10,3	82,9
4	Mevcut	Tam açık	214,8	400	59,4	3,7	93,9
5	Yeni		10,0	100	59,4	25,8	57,1
6	Yeni		40,8	200	59,4	13,3	77,8
7	Yeni		90,3	300	59,4	8,1	86,6
8	Yeni		160,2	400	59,4	2,1	96,5

Deneysel testler sonucu, mevcut ve yenilikçi modele ait koku verimlilik değerleri karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.8'de verilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonucu yenilikçi model sayesinde 4 farklı debide yakalama verimliliğinde meydana gelen iyileşme oranları da Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Koku performans sonuçlarının karşılaştırılması.

Debi (m ³ /h)	Model		İyileşme(%)
	Mevcut	Yenilikçi	
100	52,7	57,1	8,35
200	74,7	77,8	4,15
300	82,9	86,6	4,46
400	93,9	96,5	2,77

Deneysel sonucu, geliştirilen yenilikçi HAKV sayesinde, 100 m³/h debide koku performansında yaklaşık %8 iyileşme sağlanmıştır. 200 m³/h debide koku performansında yaklaşık %4, 300 m³/h debide koku performansında yaklaşık %4 ve 400 m³/h debide koku performansında yaklaşık %3 iyileşme sağlanmıştır. Ayrıca yenilikçi valf sayesinde, aynı debide koku performansında artış sağlanırken gerekli olan sistem basıncında da tasarruf sağlanmıştır. Aynı debi için gerekli olan sistem basıncı açısından değerlendirildiğinde, tüm debi koşulunda sistem basıncında yaklaşık %24 iyileşme sağlanmıştır. Debi için gerekli olan sistem basıncındaki iyileşme ayrıntılı olarak Çizelge 4.6'da verilmiştir. Yapılan bu çalışmadaki tespit edilen sonuçlar ileriki çalışmalara yol gösterici olacaktır.



Şekil 4.34. Farklı debiler için koku verimliliği karşılaştırması.

Şekil 4.34, farklı debide her iki HAKV modeli için hesaplanmış deneysel ve sayısal test

sonuçlarını göstermektedir. Deneysel ve sayısal analiz sonuçları karşılaştırıldığında, maksimum sapma %9 olmuştur. Benzer olarak, Xing ve ark. [94], CO₂ taşınması ve difüzyonu ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, sayısal ve deneysel sonuçlar arasında % 8'lik maksimum tutarsızlık elde edilmiştir. Deneysel çalışmada koku performansının düşük çıkması ve sayısal analizlerde koku performansının %100 değerine ulaşması, sayısal analizlerde mutfak içerisindeki aşçı hareketlerinin göz ardı edilmesinden kaynaklıdır. Deneysel testlerde, aşçı hareketlerini simüle eden hava dağıtıcı panel (Şekil 3.19) kullanılmıştır. Aşçı hareketlerinin göz ardı edilmesinden dolayı, sayısal ve deneysel testler arasındaki fark literatürdeki çalışmayı [56] doğrular niteliktedir.

4.7. ENERJİ TÜKETİMİ TESTİ SONUÇLARI

Önceki bölümlerde, tasarlanan yenilikçi HAKV sayesinde debi için gerekli olan sistem basıncındaki iyileşmeden bahsedilmişti. Bu bölümde, yenilikçi valf sayesinde oluşan sistem basınç ihtiyacındaki iyileşmenin enerji tüketimine etkisi değerlendirilmiştir. Enerji tüketim testleri daha önce “3.3.6 Enerji Tüketim Performans Testleri” bölümünde ifade edildiği şekli ile gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.9, farklı debi koşulunda her iki model için ölçülmüş enerji tüketim değerini ve aynı debi koşulunda yenilikçi valf sayesinde enerji tüketiminde oluşan iyileşme değerlerini göstermektedir. Mevcut HAKV ile geliştirilmiş konik yapıya sahip yenilikçi HAKV enerji tüketim değerleri karşılaştırıldığında, 100 m³/h debide yaklaşık %10, 200 m³/h debide yaklaşık %17, 300 m³/h debide yaklaşık %22 ve 400 m³/h debide yaklaşık %28 enerji tasarrufu sağlanmıştır.

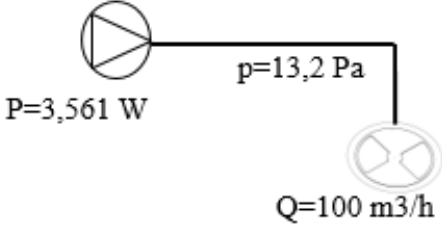
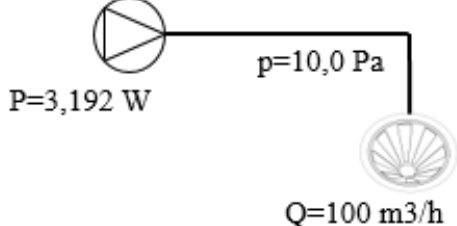
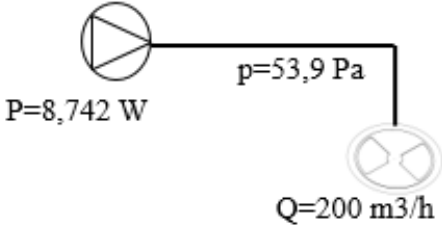
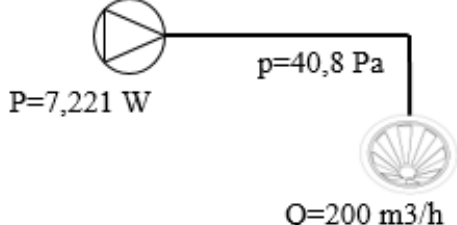
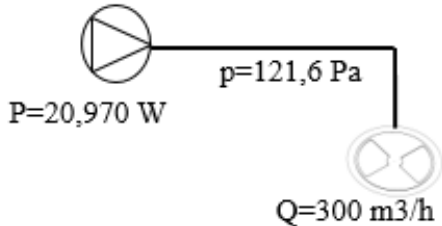
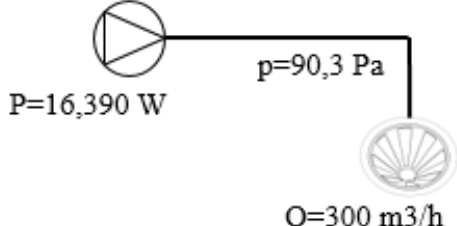
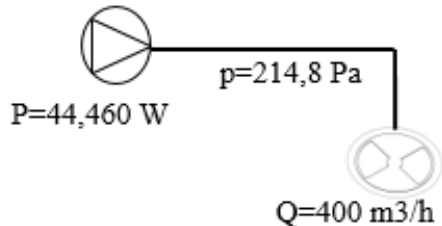
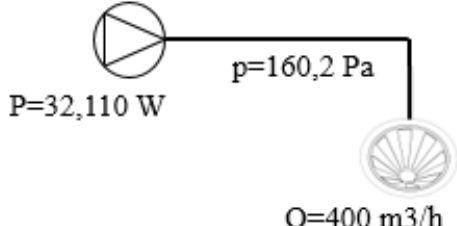
Çizelge 4.9. Enerji tüketim sonuçlarının karşılaştırılması.

Debi (m ³ /h)	Model		
	Mevcut	Yenilikçi	İyileşme(%)
100	3,561	3,192	10,36
200	8,742	7,221	17,40
300	20,970	16,390	21,84
400	44,460	32,110	27,78

Şekil 4.35, 4 farklı debi koşulunda her iki model için ölçülmüş merkezi sistem fanının

enerji tüketimini göstermektedir. Enerji tüketim değerleri incelendiğinde Her iki modelde de enerji tüketim değerleri debideki artış ile birlikte artmıştır. Mevcut modelde debi artışı ile birlikte enerji tüketimindeki artış sırası ile %145, %140 ve %112 artmıştır. Yenilikçi modelde debi artışı ile birlikte enerji tüketimindeki artış sırası ile %126, %127 ve %96 olmuştur. Geliştirilen yenilikçi model HAKV sayesinde debi artışı ile birlikte gerçekleşen enerji tüketimindeki artış daha az olmuştur.



Mevcut model	Yenilikçi model
 <p>$P=3,561 \text{ W}$ $p=13,2 \text{ Pa}$ $Q=100 \text{ m}^3/\text{h}$ Yakalama verimliliği %52,7</p>	 <p>$P=3,192 \text{ W}$ $p=10,0 \text{ Pa}$ $Q=100 \text{ m}^3/\text{h}$ Yakalama verimliliği %57,1</p>
 <p>$P=8,742 \text{ W}$ $p=53,9 \text{ Pa}$ $Q=200 \text{ m}^3/\text{h}$ Yakalama verimliliği %74,7</p>	 <p>$P=7,221 \text{ W}$ $p=40,8 \text{ Pa}$ $Q=200 \text{ m}^3/\text{h}$ Yakalama verimliliği %77,8</p>
 <p>$P=20,970 \text{ W}$ $p=121,6 \text{ Pa}$ $Q=300 \text{ m}^3/\text{h}$ Yakalama verimliliği %82,9</p>	 <p>$P=16,390 \text{ W}$ $p=90,3 \text{ Pa}$ $Q=300 \text{ m}^3/\text{h}$ Yakalama verimliliği %86,6</p>
 <p>$P=44,460 \text{ W}$ $p=214,8 \text{ Pa}$ $Q=400 \text{ m}^3/\text{h}$ Yakalama verimliliği %93,9</p>	 <p>$P=32,110 \text{ W}$ $p=160,2 \text{ Pa}$ $Q=400 \text{ m}^3/\text{h}$ Yakalama verimliliği %96,5</p>

Şekil 4.35. Deneyler sırasında oluşan enerji tüketimi.

Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırma sonucu, farklı debi koşulunda meydana gelen iyileşmeler % değer olarak Çizelge 4.10'de verilmiştir. Yenilikçi HAKV sayesinde, tüm debi koşulu için gerekli sistem basıncında yaklaşık %25 tasarruf sağlamıştır. Enerji tüketimi değerlerinde %10 ile %27 arasında tasarruf sağlamıştır. Davlumbaz emme alanında oluşan yakalama hızında %12 ile %17 arasında iyileşme sağlanmıştır. Tam

ölçekli mutfakta yapılan koku yakalama verimliliğinde %3 ile %8 arasında iyileşme sağlanmıştır.

Çizelge 4.10. Performans iyileşmeleri.

Debi (m ³ /h)	Enerji tüketimi(%)	Sistem için gerekli olan basınç(%)	Yakalama hızı(%)	Koku yakalama verimliliği(%)
100	10,36	24,24	16,67	8,35
200	17,40	24,30	15,52	4,15
300	21,84	25,74	12,36	4,46
400	27,78	25,42	17,39	2,77

Enerji tüketimindeki iyileşme debi artışı ile birlikte artmış ve yüksek debi koşullarında enerjiden daha fazla tasarruf sağlanmıştır. Debi için gerekli olan sistem basıncı tüm debi koşullarında yaklaşık aynı değerde gerçekleşmiştir. Koku yakalama verimliliği debi artışı ile birlikte azalmış %8 seviyelerinden %3 seviyelerine indirgenmiştir. Bunun sebebi yüksek debilerde koku yakalama verimliliğinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

5. BULGULAR VE ÖNERİLER

Kapalı ortamlarda ve konut mutfaklarında havalandırma oranı arttıkça, nihai durumdaki kirletici yoğunluğu azalacaktır. Ancak kapalı ortamlardaki gereksiz fazla havalandırmadan dolayı kapalı ortamda bulunan sıcak havanın dışarı atıldığı ve havalandırma için gerekli olan enerji ihtiyacının artacağı düşünülürse, bu işlem bir enerji kaybı anlamına gelmektedir. Bu nedenle, havalandırma için kararlı durum konsantrasyonu kabul edilebilir bir 'konfor' ve 'güven' durumu oluşturulması gerekmektedir. Böyle bir durumda, daha az havalandırma ve dolayısıyla daha az enerji ihtiyacı da karşılanmış olacaktır.

Bu çalışmada, insan sağlığı açısından kapalı ortam hava kalitesinin en önemli parametrelerinden biri olan ortamdaki kirletici yoğunluğunun ve dağılımının iyileştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında ilk olarak hava akış kontrol valfleri (HAKV) ile ilgili alınmış patentler ve ürünler incelenmiştir. Hava akış kontrol valflerinin performansına etki eden tasarım parametreleri belirlenmiştir. Tasarım parametreleri olarak; valfin konik yapısı, valf açıklık sayısı ve valf hava akış slot açıları bakımından optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Diğer taraftan, davlumbaz tasarımı ile ilgili olarak; davlumbaza eklenen hava yönlendirici kılavuzun davlumbaz performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca, Avrupa standardına uygun koku yakalama performansı gerçek ortam deneyleri sayısal analizler ile simüle edilmiştir. Son olarak, çalışmalar sonucu geliştirilen yenilikçi hava akış kontrol valfi ile enerji tüketimi deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Sayısal analizlerin doğruluğunu kontrol etmek için, sayısal ve deneysel analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapılan doğrulama deneylerinde aynı ortam koşulunda debi sonuçlarında maksimum %5,6 sapma olmuştur. Hem deneysel hem de sayısal analiz sonuçları uyumlu olduğundan oluşturulan sayısal yöntem güvenle kullanılmıştır. Kullanılan sayısal yöntem sayesinde, analizler yapılarak yenilikçi bir HAKV geliştirilmiştir. Ayrıca sayısal analizler sayesinde birçok prototipleme işlemi ve deneysel testler yapılmayarak hem zamandan hem de enerjiden tasarruf edilmiştir.

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) analizleri sayesinde, mevcut tasarımın hava debisi, yakalama hızı ve türbülans oluşumu üzerinde sergilediği etkiler

görselleştirilmiştir. Sayısal analizlerde türbülans oluşumunun hava akışı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. HAKV tasarım optimizasyonu kapsamında, aynı debi koşulunda yapılan farklı tasarımlar sonucu hava akış alanında azalmaya rağmen debide artış gözlemlenmiştir. Yapılan yenilikçi HAKV tasarımı aynı ortam koşulunda, debi, yakalama hızı ve türbülans oluşumu açısından olumlu sonuçlar vermiştir. Geliştirilen yenilikçi HAKV sayesinde, merkezi sistem basınç ihtiyacı arttırılmadan yakalama hızı artmıştır. Yapılan çalışmada görüldüğü üzere, HAKV tasarım süreçlerinin gelişimsel modellerle desteklenmesi, çok önemli performans artışı sağlamıştır. ANSYS Fluent yazılımı ile yapılan simülasyon ve hesaplama süreci, tasarımın en temel yönlerinden biri olan prototipleme işlemine eş değer bir etki sağlamıştır. Yapılan çalışma kapsamında, bir çok fiziksel prototip oluşturmak yerine 1 adet prototip oluşturulmuştur. Bu sayede hem zamandan hem de enerjiden tasarruf sağlanmıştır.

Ansys Fluent yazılımı kullanılarak, Avrupa normuna uygun tam ölçekli bir mutfakta metil etil keton (MEK) yakalama dinamiklerinin sayısal sonuçları incelenmiş ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Davlumbaz debisinin ve HAKV tasarımının yakalama verimliliği, MEK dağılımı ve enerji tüketimi üzerindeki etkisi ayrıntılı olarak araştırılmıştır. Bu sayede, ticari işletmeler koku analizlerinde sayısal yöntemi kullanılarak birçok prototipleme ve deneysel testlerden kurtulabilir.

Çalışma kapsamında geliştirilen yenilikçi HAKV ile mevcut HAKV karşılaştırıldığında, koku yakalama performansında artış sağlanmış ve bu sayede mutfaktaki MEK dağılımını ve sıcaklık dağılımını azaltmıştır. Sistemdeki debi artışı açısından değerlendirildiğinde, debi artışı ile birlikte merkezi sistem motorunun enerji tüketimi artmıştır. Fakat enerji tüketimindeki artış HAKV tasarımına göre farklılık göstermiş ve geliştirilen yenilikçi HAKV’inde bu artış daha az olmuştur.

Yapılan çalışmalar sonucunda davlumbazlarda kullanılabilecek yenilikçi bir HAKV geliştirilmiş ve yapılan tasarım için Avrupa patent ofisine (EPO) patent başvurusunda bulunulmuştur.

Bu çalışma, merkezi havalandırma sistemleri için iyileştirilmiş iç mekân hava kalitesi ve düşük enerji tüketimi ile yüksek verimli havalandırma sistemleri geliştirmek için değerli bilgiler sunmaktadır.

İlerdeki yapılacak çalışmalar için öneriler;

1. Aşçı hareketleri simüle edilerek, mutfak içerisinde bulunan partikül ve zararlı

gazların yakalanması üzerindeki etkileri araştırılabilir.

2. Mutfak içerisinde oluşan farklı ortam koşullarının, aşçı üzerinde oluşturacağı tahribat ve etkileri incelenebilir.
3. Değişken hacimli HAKV'lerinin farklı açıklık durumlarındaki performansları üzerine incelemeler yapılabilir.
4. Merkezi havalandırma sistemlerine sahip binaların mutfak havalandırmaları için ocakta montajlanmış HAKV tasarlanarak, koku performansı üzerine araştırmalar yapılabilir.
5. HAKV üretiminde kullanılan hammaddenin ürün performansı üzerindeki etkileri araştırılabilir.



6. KAYNAKLAR

- [1] A. H. Maslow, *Motivation and Personality*: Prabhat Prakashan, 1981.
- [2] N. E. Klepeis, W. C. Nelson, W. R. Ott, J. P. Robinson, A. M. Tsang, P. Switzer, J. V. Behar, S. C. Hern, W. H. Engelman, "The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants," *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, c. 11, ss. 231-252, 2001.
- [3] W. J. Fisk, "Health and productivity gains from better indoor environments and their relationship with building energy efficiency," *Annual Review of Energy and the Environment*, c. 25, ss. 537-566, 2000.
- [4] J. Singh, "Impact of indoor air pollution on health, comfort and productivity of the occupants," *Aerobiologia*, c. 12, ss. 121-127, 1996.
- [5] W. C. Hinds, *Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles*: John Wiley & Sons, 1999.
- [6] K. L. Abdullahi, J. M. Delgado-Saborit, R. M. Harrison, "Emissions and indoor concentrations of particulate matter and its specific chemical components from cooking: A review," *Atmospheric Environment*, c. 71, ss. 260-294, 2013.
- [7] J. O. Anderson, J. G. Thundiyil, A. Stolbach, "Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health," *Journal of Medical Toxicology*, c. 8, ss. 166-175, 2012.
- [8] F. Dominici, R. D. Peng, M. L. Bell, L. Pham, A. McDermott, S. L. Zeger, M. Jonathan, M. D. Samet, "Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases," *Jama*, c. 295, ss. 1127-1134, 2006.
- [9] C. A. Pope Iii, R. T. Burnett, M. J. Thun, E. E. Calle, D. Krewski, K. Ito, G. D. Thurston, "Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution," *Jama*, c. 287, ss. 1132-1141, 2002.
- [10] A. Peters, D. W. Dockery, J. E. Muller, M. A. Mittleman, "Increased particulate air pollution and the triggering of myocardial infarction," *Circulation*, c. 103, ss. 2810-2815, 2001.
- [11] J. M. Tielsch, J. Katz, R. D. Thulasiraj, C. L. Coles, S. Sheeladevi, E. L. Yanik, L. Rahmathullah, "Exposure to indoor biomass fuel and tobacco smoke and risk of adverse reproductive outcomes, mortality, respiratory morbidity and growth among newborn infants in south India," *International Journal of Epidemiology*, c. 38, ss. 1351-1363, 2009.
- [12] M. Dherani, D. Pope, M. Mascarenhas, K. R. Smith, M. Weber, N. Bruce, "Indoor air pollution from unprocessed solid fuel use and pneumonia risk in children aged under five years: a systematic review and meta-analysis," *Bulletin of the World Health Organization*, c. 86, ss. 390-398C, 2008.
- [13] E. Diaz, T. Smith-Sivertsen, D. Pope, R. T. Lie, A. Diaz, J. McCracken, B. Arana, K. R. Smith, N. Bruce, "Eye discomfort, headache and back pain among Mayan Guatemalan women taking part in a randomised stove intervention trial," *Journal of Epidemiology & Community Health*, c. 61, ss. 74-79, 2007.
- [14] S. Pohekar, D. Kumar, M. Ramachandran, "Dissemination of cooking energy alternatives in India—a review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, c. 9, ss. 379-393, 2005.
- [15] B. M. Adamu, E. Yerima, M. M. Bello, A. N. Umaru, "Energy utilization in

- residential kitchens in Bauchi, Nigeria," *Economic and Environmental Studies*, c. 17, ss. 149-163, 2017.
- [16] J. Heinrich, "Influence of indoor factors in dwellings on the development of childhood asthma," *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, c. 214, ss. 1-25, 2011.
- [17] B. Lundbäck, "Epidemiology of rhinitis and asthma," *Clinical and Experimental Allergy: Journal of the British Society for Allergy and Clinical Immunology*, c. 28, ss. 3-10, 1998.
- [18] P. Jacobs, E. Cornelissen, W. Borsboom, "Energy efficient measures to reduce PM_{2.5} emissions due to cooking," *Indoor Air Conference*, 2016.
- [19] H. B. Awbi, *Ventilation of Buildings*: Routledge, 2003.
- [20] D. W. Etheridge, M. Sandberg, *Building Ventilation: Theory and Measurement* c. 50: John Wiley & Sons Chichester, UK, 1996.
- [21] C. Dimitroulopoulou, "Ventilation in European dwellings: A review," *Building and Environment*, c. 47, ss. 109-125, 2012.
- [22] R. American, Society of Heating, A. C. Engineers, *Standard 62.1 User's Manual: Based on ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*: ASHRAE, 2016.
- [23] M. Ohba, I. Lun, "Overview of natural cross-ventilation studies and the latest simulation design tools used in building ventilation-related research," *Advances in Building Energy Research*, c. 4, ss. 127-166, 2010.
- [24] H. Yoshino, S. Murakami, S. Akabayashi, T. Kurabuchi, S. Kato, S. Tanabe K. Ikeda, H. Osawa, T. Sawachi, A. Hukushima, M. Adachi, "Survey on minimum ventilation rate of residential buildings in fifteen countries," *AIVC, Prague*, 2004.
- [25] T. Çeviksever, "Merkezi Havalandırma Sistemi için Akış Kontrol Valfi Tasarımı," Yüksek Lisans, Mekatronik Mühendisliği, Tokat Gaziosmanpaşa, 2020.
- [26] G. Bekö, T. Lund, F. Nors, J. Toftum, G. Clausen, "Ventilation rates in the bedrooms of 500 Danish children," *Building and Environment*, c. 45, ss. 2289-2295, 2010.
- [27] O. Özsoy, *Değişen Dünyada Meslek Seçimi, Geleceğin Meslekleri: İstanbul, Hayat Yayınları*, 2002.
- [28] M. Demir, "İşgörenlerin çalışma yaşamı kalitesi algılamalarının işte kalma niyeti ve işe devamsızlık ile ilişkisi," *Ege Akademik Bakış Dergisi*, c. 11, ss. 453-464, 2011.
- [29] P. Cicconi, D. Landi, M. Germani, A. C. Russo, "A support approach for the conceptual design of energy-efficient cooker hoods," *Applied Energy*, c. 206, ss. 222-239, 2017.
- [30] B. Cansevdi, *Teknik Yayın 1. Doğu HVAC: İstanbul, Türkiye*, 2007.
- [31] J. Abanto, M. Reggio, "Numerical investigation of the flow in a kitchen hood system," *Building and Environment*, c. 41, ss. 288-296, 2006.
- [32] Z. Wang, X. Wang, D. Guo, "Policy implications of the purchasing intentions towards energy-efficient appliances among China's urban residents: Do subsidies work" *Energy Policy*, c. 102, ss. 430-439, 2017.
- [33] Y. C. Ko, C. H. Lee, M. J. Chen, C. C. Huang, W. Y. Chang, H. J. Lin, H. Z. Wang, P. Y. Chang, "Risk factors for primary lung cancer among non-smoking women in Taiwan," *International Journal of Epidemiology*, c. 26, ss. 24-31, 1997.
- [34] C. M. Chiang, C. M. Lai, P. C. Chou, Y. Y. Li, "The influence of an architectural design alternative (transoms) on indoor air environment in conventional kitchens in Taiwan," *Building and Environment*, c. 35, ss. 579-585, 2000.

- [35] K. Kang, H. Kim, D. D. Kim, Y. G. Lee, T. Kim, "Characteristics of cooking-generated PM10 and PM2.5 in residential buildings with different cooking and ventilation types," *Science of the Total Environment*, c. 668, ss. 56-66, 2019.
- [36] D. Wolbrink, J. Sarnosky, "Residential kitchen ventilation-a guide for the specifying engineer," *ASHRAE Transactions*, c. 98, ss. 1187-1198, 1992.
- [37] Y. Li, A. Delsante, "Derivation of capture efficiency of kitchen range hoods in a confined space," *Building and Environment*, c. 31, ss. 461-468, 1996.
- [38] R. Kosonen, "The effect of supply air systems on the efficiency of a ventilated ceiling," *Building and Environment*, c. 42, ss. 1613-1623, 2007.
- [39] R. Swierczyna, P. Sobiski, D. Fisher, "Effects of appliance diversity and position on commercial kitchen hood performance," *ASHRAE Transactions*, c. 112, p. 591, 2006.
- [40] P. Sobiski, R. Swierczyna, D. Fisher, "Effects of Range Top Diversity, Range Accessories, and Hood Dimensions on Commercial Kitchen Hood Performance," *ASHRAE Transactions*, c. 112, 2006.
- [41] R. F. Huang, G. Z. Dai, J. K. Chen, "Effects of mannequin and walk-by motion on flow and spillage characteristics of wall-mounted and jet-isolated range hoods," *Annals of Occupational Hygiene*, c. 54, ss. 625-639, 2010.
- [42] B. C. Singer, W. W. Delp, M. G. Apte, "Experimental evaluation of installed cooking exhaust fan performance," Lawrence Berkeley National Lab.(LBNL), Berkeley, CA (United States)2010.
- [43] S. Takano, T. Yamanaka, H. Kotani, K. Sagara, Y. Momoi, C. Iwasaki, "Capture efficiency of exhaust hood for commercial kitchen using low radiation cooking equipment with concentrated exhaust," in *The 9th International Conference on Industrial Ventilation*, 2009, ss. 18-21.
- [44] D. Rim, L. Wallace, A. Persily, "Reduction of exposure to ultrafine particles by kitchen exhaust fans of varying flow rates," *Proceedings of Indoor Air*, 2011.
- [45] W. W. Delp, B. C. Singer, "Performance assessment of US residential cooking exhaust hoods," *Environmental Science & Technology*, c. 46, ss. 6167-6173, 2012.
- [46] B. C. Singer, W. W. Delp, P. Price, M. Apte, "Performance of installed cooking exhaust devices," *Indoor Air*, c. 22, ss. 224-234, 2012.
- [47] Y. K. Oh, Y. S. Kim, H. S. Yoon, "A study on improvement capture velocity for increasing inhalation efficiency of hood in local ventilation system," in *Advanced Materials Research*, 2008, ss. 1039-1042.
- [48] K. Lim, C. Lee, "A numerical study on the characteristics of flow field, temperature and concentration distribution according to changing the shape of separation plate of kitchen hood system," *Energy and Buildings*, c. 40, ss. 175-184, 2008.
- [49] Y. Özbakış, F. Erzincanlı, E. Nas, T. Çeviksever, "The effect of the barrier mounted on the kitchen hood suitable for central ventilation systems on the odour extraction performance," *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 7, ss. 1015-1025, 2020.
- [50] M. Pinelli, A. Suman, "A numerical method for the efficient design of free opening hoods in industrial and domestic applications," *Energy*, c. 74, ss. 484-493, 2014.
- [51] Y. Huang, Y. Wang, X. Ren, Y. Yang, J. Gao, Y. Zou, "Ventilation guidelines for controlling smoke, dust, droplets and waste heat: Four representative case studies in Chinese industrial buildings," *Energy and Buildings*, c. 128, ss. 834-844, 2016.
- [52] W. C. Wu, J. Y. Liou, "Numerical simulation of harmful gas distribution in a range

- hood with an improved flow channel," *Microelectronics Reliability*, c. 99, ss. 245-261, 2019.
- [53] S. Kecel, "Preventing odor diffusion: an innovative hood design," *Gazi University Journal of Science*, c. 30, ss. 1-13, 2017.
- [54] X. Liu, X. Wang, G. Xi, "Orthogonal design on range hood with air curtain and its effects on kitchen environment," *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, c. 11, ss. 186-199, 2014.
- [55] B. Zhou, P. Wei, M. Tan, Y. Xu, L. Ding, X. Mao, Y. Zhao, R. Kosonen, "Capture efficiency and thermal comfort in Chinese residential kitchen with push-pull ventilation system in winter-a field study," *Building and Environment*, c. 149, ss. 182-195, 2019.
- [56] R. Huang, S. Lin, S. Y. Jan, R. Hsieh, Y. K. Chen, C. W. Chen, W. Y. Yeh, C. P. Chang, T. S. Shih, C. C. Chen, "Aerodynamic characteristics and design guidelines of push-pull ventilation systems," *Annals of Occupational Hygiene*, c. 49, ss. 1-15, 2005.
- [57] A. E. B. Le Hocine, S. Poncet, H. Fellouah, "CFD modeling of the CO₂ capture by range hood in a full-scale kitchen," *Building and Environment*, c. 183, ss. 1-14, 2020.
- [58] A. E. B. Le Hocine, S. Poncet, H. Fellouah, "Numerical simulation of the capture efficiency of a domestic range hood for different burner scenarios," 2020.
- [59] K. W. Yi, Y. I. Kim, G.-N. Bae, "Effect of air flow rates on concurrent supply and exhaust kitchen ventilation system," *Indoor and Built Environment*, c. 25, ss. 180-190, 2016.
- [60] S. Rahnama, A. Afshari, N. C. Bergsøe, S. Sadrizadeh, "Experimental study of the pressure reset control strategy for energy-efficient fan operation: Part 1: Variable air volume ventilation system with dampers," *Energy and Buildings*, c. 139, ss. 72-77, 2017.
- [61] S. Rahnama, A. Afshari, N. C. Bergsøe, S. Sadrizadeh, G. Hultmark, "Experimental study of the pressure reset control strategy for energy-efficient fan operation-Part 2: Variable air volume ventilation system with decentralized fans," *Energy and Buildings*, c. 172, ss. 249-256, 2018.
- [62] C. E. Kiper, "Design, Construction and Performance Evaluation of a Constant Air Volume Device for HVAC Systems," Master of Science, Mechanical Engineering, Middle East Technical University, 2018.
- [63] W. Chen, J. Liu, C. M. Mak, P. Wang, L. Zhao, H. M. Wong, "Near fields of annular slotted hoods measured via 2D-PIV," *Building and Environment*, c. 144, ss. 1-8, 2018.
- [64] K. Logachev, A. Ziganshin, O. Averkova, A. Logachev, "A survey of separated airflow patterns at inlet of circular exhaust hoods," *Energy and Buildings*, c. 173, ss. 58-70, 2018.
- [65] K. Logachev, A. Ziganshin, O. Averkova, "On the resistance of a round exhaust hood, shaped by outlines of the vortex zones occurring at its inlet," *Building and Environment*, c. 151, ss. 338-347, 2019.
- [66] K. Logachev, A. Ziganshin, O. Averkova, "Simulations of dust dynamics around a cone hood in updraft conditions," *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, c. 15, ss. 715-731, 2018.
- [67] Y. Goryunov, V. Zhigarev, D. Dekterev, "Calculation and Experimental Investigation of Swirling Flow in the Gas Removal System," *Krasnoyarsk, Siberian Federal University*, c. 4, ss. 15-25, 2016.
- [68] Z. Cao, Y. Wang, M. Duan, H. Zhu, "Study of the vortex principle for improving

- the efficiency of an exhaust ventilation system," *Energy and Buildings*, c. 142, ss. 39-48, 2017.
- [69] S. M. Lee, J. W. Lee, "Performance of the vortex ventilator system based on capture velocity and capture efficiency," *HVAC&R Research*, c. 12, ss. 889-901, 2006.
- [70] Y. Lim, S. Lee, J. Lee, "Characteristics of ventilating flow generated by a rotating swirler in a vortex vent," *Journal of Fluids and Structures*, c. 27, ss. 427-437, 2011.
- [71] W. I. A. Quality, "Organic Pollutants, EURO Reports Studies 111," *Copenhagen: World Health Organization*, 1989.
- [72] K. Gillingham, R. G. Newell, K. Palmer, "Energy efficiency economics and policy," *Annual Review Resource Economics*, c. 1, ss. 597-620, 2009.
- [73] P. Cicconi, M. Germani, D. Landi, A. C. Russo, "A design methodology to predict the product energy efficiency through a configuration tool," *Advances on Mechanics, Design Engineering and Manufacturing*, c. 8, ss. 1095-1105, 2017.
- [74] S. J. Fitzgerald, J. C. Farrar, R. F. Keimer, D. L. Huie, A. N. Williams, M. S. Ikemeier, B. T. Fitzgerald, "Damper to control fluid flow and associated methods," United States Patent US2009266903A1, 2014.
- [75] F. M. Cohen, "Artificial heart valve," United States Patent US4599081A, 1986.
- [76] E. Nishizu, M. Okubo, E. Wada, "Automatic controlling device for maintaining a constant rate of air flow in air-conditioning equipment," United States Patent US3958605A, 1976.
- [77] W. Finkelstein, G. Baumeister, J. Haaz, "Regulator valve," United States Patent US4175583A, 1979.
- [78] P. M. Linn D. P. Linn, "Air flow reducer disk," United States Design Patent USD524435S, 2006.
- [79] C. W. Hammock Jr, "Radial air flow controller," United States Design Patent USD559969S, 2008.
- [80] G. Rarick, "Butterfly valve," United States Patent US2010031921A1, 2011.
- [81] K.-H. Bauer, "Air outlet device," European Patent EP0422316A1, 1989.
- [82] R. A. Bluestone, "Wireless controlled damper," United States Patent US2013068846A1, 2013.
- [83] J.-C. Chen, C. Y. Liu, "Flow controller," United States Patent US2015102250A1, 2015.
- [84] P. S. Goel, N. Singh, "Creativity and innovation in durable product development," *Computers & Industrial Engineering*, c. 35, ss. 5-8, 1998.
- [85] S. W. Hsiao, J. R. Chou, "A creativity-based design process for innovative product design," *International Journal of Industrial Ergonomics*, c. 34, ss. 421-443, 2004.
- [86] M. H. Aksel, *Fluid Mechanics*, c. 1, 3rd ed. Ankara: METU, 2011.
- [87] "Cooking Fume Extractors – Methods for Measuring Performance," ed. IEC International: Standart, 2019.
- [88] L. Lv, J. Gao, L. Zeng, C. Cao, J. Zhang, L. He, "Performance assessment of air curtain range hood using contaminant removal efficiency: An experimental and numerical study," *Building and Environment*, c. 188, ss. 2-13, 2021.
- [89] "Standard Test Method for Measuring Capture Efficiency of Domestic Range Hoods," in *ASTM E3087-18*, ed. ASTM International: Standard, 2018.
- [90] K. Revzan, "Effectiveness of local ventilation in removing simulated pollution from point sources," *Environment International*, c. 12, ss. 449-459, 1986.
- [91] B. Geerinckx, P. Wouters, L. Vandaele, "Efficiency measurement of kitchen hoods," *Air Infiltration Review*, c. 13, ss. 15-17, 1991.

- [92] U. Madsen, N. Breum, P. V. Nielsen, "Local exhaust ventilation a numerical and experimental study of capture efficiency," *Building and Environment*, c. 29, ss. 319-323, 1994.
- [93] Y. Li, A. Delsante, J. Symons, "Residential Kitchen Range Hoods–Buoyancy-Capture Principle and Capture Efficiency Revisited," *Indoor Air*, c. 7, ss. 151-157, 1997.
- [94] J. Xing, Z. Liu, P. Huang, C. Feng, Y. Zhou, D. Zhang, F. Wang, "Experimental and numerical study of the dispersion of carbon dioxide plume," *Journal of Hazardous Materials*, c. 256, ss. 40-48, 2013.
- [95] A. E. B. Le Hocine, S. Poncet, H. Fellouah, "Numerical simulation of the capture efficiency of a domestic range hood for different burner scenarios," *Presented at the Proceedings of the Canadian Society for Mechanical Engineering International Congress*, Charlottetown, Canada, 2020.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yusuf ÖZBAKIŞ

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Doktora	Makine Müh.	Düzce Üniversitesi	2022
Y. Lisans	Makine Müh.	Karabük Üniversitesi	2012
Lisans	Makine Müh.	Karabük Üniversitesi	2016
Lisans	Otomotiv Öğr.	Marmara Üniversitesi	2007

YAYINLAR

- Ozbakis, Y., & Erzincanli, F. (2021). Air Flow Control Valve Development with Reinforced Operating Parameters. Surface Review and Letters, 28(12), 2150124.
- Ozbakis, Y., & Nas, E. (2021). Design And Production Optimization Of Pp 20% Talc Additive Filter With Plastic Injection Molding Machine. Surface Review and Letters, 28(12), 2150113.
- Ozbakis, Y., Erzincanli, F., & Sahin, A. (2020). The Effect of Fasteners Used in Plastic Based Composite Materials on Material Life. International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences, 32(3), 279-286.
- Ozbakis, Y., & Nas, E. (2020) Experimental-Statistical Analysis of the Effect of Component Properties Used in Hoods on Energy Consumption and Operating Performance. Duzce University Journal of Science and Technology, 8(3), 2092-2109.
- Ozbakis, Y., Erzincanli, F., Nas, E., & Çeviksever, T. (2020) The Effect of the Barrier Mounted on the Kitchen Hood Suitable for Central Ventilation Systems on the Odour Extraction Performance. Bilecik Seyh Edebali University Journal of Science, 7(2), 1015-1025.

6. Ozbakis, Y. (2019). The Effect of Increased Intake air Pressure of A Naturally Aspirated Diesel Engine on Performance and Emissions. Sigma: Journal of Engineering & Natural Sciences.
7. A Study on Increasing the Efficiency of Central Ventilation System Kitchen Hoods. Journal of the Institute of Science and Technology, (yayın aşamasında).
8. CFD modeling of contaminant capture with an air flow control valve in a full-scale kitchen: an experimental and numerical study. Scientia Iranica, (hakem değerlendirmesi aşamasında)

PATENTLER

1. EP21188932.4 Improved Diffuser for Ventilation Systems