

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OTOBÜS HAVA KANALLARI
TASARIMI VE HAVA AKIŞ ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elshad VALIYEV

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : MAKİNE TASARIM VE İMALAT
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Vahdet UÇAR

Temmuz 2021

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OTOBÜS HAVA KANALLARI
TASARIMI VE HAVA AKIŞ ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elshad VALİYEV

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : MAKİNE TASARIM VE İMALAT

Bu teztarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Üye

Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Elshad VALIYEV

Tarih

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren hocam Sayın Prof. Dr. Vahdet UÇAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tüm iş hayatım boyunca bana desteklerini esirgemeyen başta Coşkun KOÇAK ve Serbülent ERDEN olmak üzere tüm EMS Endüstri Mamulleri San. Tic. Ltd. Şti. firması çalışma arkadaşlarıma, maddi ve manevi olarak her zaman yanımda olan abi gibi bana yakın olan, dostum Fariz HASANOV'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Son olarak, beni yetiştirip bu aşamaya gelmeme sebep olan anneme ve babama, her türlü desteğiyle yanımda olan eşime ve kızıma her zaman yanımda oldukları için canı gönülden teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
GRAFİKLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR TARAMASI.....	2
BÖLÜM 3.	
GENEL BİLGİLER	8
3.1. Termal Konforun Önemi	8
3.2. Otobüsler İçin Klima (AC) Sistemleri	9
3.2.1. Klima tasarım şartları	12
3.3. Otobüs Gövde Yapısı.....	12
3.4. Hava Kanalı	14
3.4.1. Yakıt tipli otobüslerde hava kanalı	14
3.4.2. Elektrikli otobüslerde hava kanalı.....	16
BÖLÜM 4.	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	18

4.1. Prototip Çalışmaları.....	18
4.2. Analiz Çalışmaları	18
4.2.1. Sıcaklık dağılımı	18
4.2.2. Hız dağılımı.....	26
4.2.3. Basınç dağılımı.....	34
4.2.4. Akış alanı ve kütle.....	38
4.2.5. Maliyet analizi.....	40
4.3. Prototipin Oluşturulması.....	41
BÖLÜM 5.	
TEST UYGULAMALARI	44
5.1. Hava Çıkış Hızı Ölçümü.....	44
5.2. Yolcu Bölmesi Altındaki Sıcaklık Dağılımı	46
5.3. Debi Ölçümü.....	46
BÖLÜM 6.	
TARTIŞMA VE SONUÇ	48
KAYNAKÇA.....	50
ÖZGEÇMİŞ	51

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABS	: Akrlonitril Bütadien Stiren
AC	: Klima
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
CFD	: Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
CNC	: Sayısal Kontrollü Bilgisayar
comp	: Kompresör
cond	: Kondansatör (Yoğuşturucu)
È	: Birim Zamandaki Toplam Enerji
evap	: Evaporatör (Buharlaştırıcı)
FE	: Sonlu Eleman
gen	: Nesil
h	: Entalpi
h	: Saat
ICBAC	: Şehirlerarası Klima Otobüs Sistemi
k	: Malzemenin Isıl İletkenliği
K	: Kelvin
kg	: Kilogram
m	: Metre
m	: Kütleli Debi
mm	: Milimetre
m ²	: Metre kare
m ³	: Metreküp
P	: Basınç
Pa	: Paskal
Q	: Birim Zamandaki Isı Geçişi

ref	: Soğutucu
s	: Saniye
$\dot{S}$	: Entropi
T	: Sıcaklık
TL	: Türk Lirası
$\dot{W}$	: Birim Zamandaki İş
3D	: Üç Boyutlu
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat Derece
ε	: Türbülans Kinetik Enerji Yayılma Hızı
η	: İzantropik Verimlilik
ψ	: Çeşitli Sabit Akışlı Cihazların Ekserji Verimliliği
Ω	: Koordinat Sistemindeki Çevresel Hız
\$	: Dolar

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. ICBAC sistemin şematik görünümü	6
Şekil 3.1. Otobüs klima sistemi.....	9
Şekil 3.2. Otobüs tavan tipi klima.....	10
Şekil 3.3. AC sisteminin şematik diyagramı.....	11
Şekil 3.4. Konvansiyonel otobüs kliması şematik diyagramı	12
Şekil 3.5. Otobüs gövde yapısı.....	13
Şekil 3.6. Yakıt tipli otobüs hava kanalı	15
Şekil 3.7. Yakıt tipli otobüs hava kanalının hava veya menfez girişi	15
Şekil 3.8. Menfezlerin otobüs içindeki görünümü	16
Şekil 3.9. Elektrikli otobüslerde hava kanalı	16
Şekil 3.10. Elektrikli otobüslerde hava kanalı hava girişi.....	17
Şekil 4.1. Yakıt tipli otobüslerde hava kanalı arka görünüşü sıcaklık dağılımı.....	19
Şekil 4.2. Yakıt tipli otobüslerde hava kanalının yan görünüşü sıcaklık dağılımı..	22
Şekil 4.3. Elektrikli otobüslerde hava kanalı arka görünüş sıcaklık dağılımı	23
Şekil 4.4. Elektrikli otobüslerde hava kanalının yan görünüşü sıcaklık dağılımı...	26
Şekil 4.5. Yakıt tipli otobüs hava kanalının arka görünüş hız dağılımı	27
Şekil 4.6. Yakıt Tipli otobüslerde hava kanalının yan görünüşü hız dağılımı.....	30
Şekil 4.7. Yakıt otobüslerde hava kanalının arka görünüşü hız dağılımı	31
Şekil 4.8. Elektrikli otobüslerde hava kanalının yan görünüşü hız dağılımı	34
Şekil 4.9. Hava kanallarının akış alan karşılaştırılması	39
Şekil 4.10. Hava kanallarının kütle karşılaştırılması	40
Şekil 4.11. Hava kanalı montaj parçaları	42
Şekil 4.12. Hava kanalı montajı	43
Şekil 4.13. Hava kanalının otobüs tavana montajı.....	43
Şekil 5.1. KIMO VT200 Anemometre.....	19
Şekil 5.2. 24 °C sıcaklıkta yolcu bölmesi üzerindeki hava çıkış hızı.....	45

Şekil 5.3. 17 °C Sıcaklıkta şoför hava çıkış hızı ve sıcaklık	45
Şekil 5.4. 24 °C sıcaklıkta yolcu üzerindeki hava sıcaklık dağılımı	46
Şekil 5.5. Debi ölçümü.....	47



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 4.1. Yakıt tipli otobüslerde hava kanalı girişteki ortalama sıcaklık grafiği.	20
Grafik 4.2. Yakıt tipli otobüs hava kanalının otobüsün arka tarafındaki hava çıkış sıcaklığı.....	20
Grafik 4.3. Yakıt tipli otobüs hava kanalının otobüsün orta tarafındaki hava çıkış sıcaklığı.....	21
Grafik 4.4. Yakıt tipli otobüs hava kanalının otobüsün ön tarafındaki hava çıkış sıcaklığı.....	21
Grafik 4.5. Elektrikli otobüslerde hava kanalı girişteki ortalama sıcaklık grafiği..	24
Grafik 4.6. Elektrikli otobüslerde hava kanalının otobüsün arka tarafındaki hava çıkış sıcaklığı	24
Grafik 4.7. Elektrikli otobüslerde hava kanalının otobüsün orta tarafındaki hava çıkış sıcaklığı	25
Grafik 4.8. Elektrikli otobüslerde hava kanalının otobüsün ön tarafındaki hava çıkış sıcaklığı.....	25
Grafik 4.9. Yakıt tipli otobüsün hava kanalının girişindeki hız dağılımı.....	28
Grafik 4.10. Yakıt tipli otobüsün hava kanalının otobüs ön tarafındaki çıkış hızı .	28
Grafik 4.11. Yakıt tipli otobüsün hava kanalının otobüs orta tarafındaki çıkış hızı	29
Grafik 4.12. Elektrikli otobüsün hava kanalının otobüs arka tarafındaki çıkış hızı.	32
Grafik 4.13. Elektrikli otobüsün hava kanalının otobüs orta tarafındaki çıkış hızı .	32
Grafik 4.14. Elektrikli otobüsün hava kanalının otobüs ön tarafındaki çıkış hızı ..	33
Grafik 4.15. Yakıt tipli otobüsün hava kanalında girişte oluşan basınç dağılımı	35
Grafik 4.16. Yakıt tipli otobüsün hava kanalının otobüs arkasındaki çıkışında oluşan basınç dağılımı	35
Grafik 4.17. Yakıt otobüsün hava kanalının otobüs ortasındaki çıkışında oluşan basınç dağılımı.....	36
Grafik 4.18. Yakıt tipli otobüsün hava kanalının otobüs ön çıkışında oluşan basınç dağılımı	36

Grafik 4.19. Elektrikli otobüsün hava kanalında girişte oluşan basınç dağılımı	37
Grafik 4.20. Elektrikli otobüsün hava kanalının otobüs arkasındaki çıkışında oluşan basınç dağılımı	37
Grafik 4.21. Elektrikli otobüsün hava kanalının otobüs ortasındaki çıkışında oluşan basınç dağılımı	38
Grafik 4.22. Elektrikli otobüsün hava kanalının otobüs ön çıkışında oluşan basınç dağılımı	38



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. ICBAC Sistem ekipmanı için enerji, entropi, ekserji ve kütle dengeleri ve ekserji verimleri.....	7
Tablo 4.1. Yakıt tipli otobüs hava kanalının maliyet analizi	41
Tablo 5.1. 17 °C Sıcaklıkta Hava Çıkış Hızı.....	45
Tablo 5.2. 17 °C sıcaklıkta hava sıcaklık dağılımı	46
Tablo 5.3. 18m uzunluğunda körüklü otobüsü için hava sıcaklık, hız ve debi ölçüm değerleri.....	47

ÖZET

Anahtar kelimeler: Elektrikli Otobüs, HVAC Hava Kanalı, CFD

İçten yanmalı motorla çalışan araçlar, çevre kirliliğine neden olan zararlı emisyonlar açığa çıkarmaktadır. Ayrıca bu araçlar için gerekli olan sınırlı fosil yakıt kaynaklarının tüketimi de enerji krizine sebep olmaktadır. Bu problemler, içten yanmalı motorla çalışan taşıt yerine, elektrikle çalışan çevre dostu araçların geliştirilmesi için Ar-Ge çalışmalarını başlatmıştır.

Günümüzde bu araçlar için Ar-Ge çalışmaları hem elektrikle çalışan motor hem de aracın ısıtma, havalandırma, iklimlendirme ve soğutma (HVAC&R) sistemlerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için aralıksız devam etmektedir.

Bu çalışmada, uzunluğu 12 m olan, ayakta ve oturarak yolcu kapasitesi sırasıyla 25 ve 62 olan iki farklı otobüs için ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) hava kanalı, CATIA V5R20 CAD yazılımı ile tasarlanmış ve SOLIDWORKS CAD yazılımına eklenmiş bulunan hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) modülü ile akış analizleri de yapılmıştır. CFD çalışmalarında hem elektrikli hem de içten yanmalı motorla çalışan otobüsün hava kanalları incelenmiştir. Bu şekilde yolcu kabininde sıcaklık dağılımı, hız dağılımı ve basınç dağılımı için bilgisayar destekli benzeşim çalışmaları yapılmıştır. Yapılan analizlerle ortam sıcaklığı, 30 °C'den 16 °C'ye kadar düşürülmeye çalışılmıştır.

Bilgisayar destekli tasarım ve analiz çalışmaları yapılan kanalların maliyet analizleri de yapılarak prototip üretimleri de yapılmıştır. Geliştirilen prototip kanalların performans deneyleri, içten yanmalı motorla çalışan otobüs içinde yapılmıştır. Kanal menfezinden havanın çıkış hızı ve yolcu kabini içinde sıcaklıkları ölçmek için KIMO VT200 marka anemometre kullanılmıştır. Test sürecinde otobüs klima sıcaklığı 24°C değerinde sabit tutularak otobüsün sol tarafı boyunca her yolcu bölümü üzerindeki menfezde sıcaklık, hız ve debi ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümlerle, yolcu kabininde düzgün sıcaklık dağılımının sağlandığı ve sıcaklığın 17°C'ye kadar düşürüldüğü belirlenmiştir.

DUCTS DESIGN OF BUS AIR AND AIRFLOW ANALYSIS

SUMMARY

Keywords: Electric Bus, HVAC Air Channel, CFD

Vehicles operating with internal combustion engines emit harmful emissions that cause environmental pollution. In addition, the consumption of limited fossil fuel resources required for these vehicles also causes an energy crisis. These problems have initiated R&D studies to develop environmentally friendly electric vehicles instead of vehicles powered by internal combustion engines.

Today, R&D studies for these vehicles continue uninterruptedly for the development and improvement of both the electric powered engine and the heating, ventilation, air conditioning and cooling (HVAC & R) systems of the vehicle.

In this study, the heating, ventilation and air conditioning (HVAC) air ducts for two different buses with 12 m length, standing and seated passenger capacity of 25 and 62 respectively, computational fluid dynamics (CFD) designed with CATIA V5R20 CAD software and added to SOLIDWORKS CAD software.), flow analyzes were also made with the module In the CFD studies, the air ducts of the bus powered by both electric and internal combustion engines were examined. In this way, computer aided simulation studies have been carried out for temperature distribution, speed distribution and pressure distribution in the passenger cabin. With the analysis made, it has been tried to reduce the ambient temperature from 30 °C to 16 °C.

Prototypes were also produced by cost analysis of the channels for which computer aided design and analysis studies were carried out. Performance tests of the developed prototype canals were carried out in a bus powered by an internal combustion engine. A KIMO VT200 brand anemometer was used to measure the velocity of the air from the duct vent and the temperatures inside the passenger cabin. During the test process, the bus air conditioning temperature was kept constant at 24 °C, and temperature, speed and flow measurements were made at the vent on each passenger compartment along the left side of the bus. With the measurements made, it has been determined that uniform temperature distribution is ensured in the passenger cabin and the temperature is reduced to 17 °C.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Şehir içi ve şehirlerarası toplu taşımalarda otobüsler çok önemli bir yere sahiptir. Toplumun daha konforlu ve rahat seyahat etmeleri için otobüslere birçok özellikler eklenmiştir. Toplum için konforlu yolculuğun en başında klima sistemleri gelmektedir. Bu konu ister otomobil isterse de otobüsler için geçerlidir. Toplum için klima önemliyken, otobüs üreten firmalar için ise önemli olan klimanın yanı sıra klimadan gelen havanın yolculara daha konforlu ve eşit miktarda ulaşmasını sağlayan hava kanalı tasarımıdır.

Otobüs üreticileri genellikle benzer tip klima kullandıkları için klimadan gelen havanın otobüs içine verimli bir şekilde ulaşmasını sağlayan hava kanalını iyileştirmek için çalışmalar yapmaktadırlar.

Otobüs yakın veya orta uzaklıktaki mesafelere seyahat için insanların sıklıkla tercih ettikleri araçlardan biridir. Aynı zamanda insanların toplu halde de yolculuk yaptığı otobüs kabinlerinin iklimlendirilmesi konfor, hijyen ve güvenlik açısından oldukça önem teşkil etmektedir. Dolayısıyla, her yaşam alanında olduğu gibi otobüslerin iklimlendirilmesindeki amaç, ortamın ısıtılması, soğutulması, neminin uygun değerlerde tutulması ve temiz bir iç ortamın teminini sağlamaktır. Isıl açıdan konforlu bir ortamın temini için kabinlerinin iklimlendirilmeleri son derece önemlidir (Atmaca, 2015, s. 1).

BÖLÜM 2. LİTERATÜR TARAMASI

Özkan 2015, çalışmasında Mercedes-Benz Conecto otobüsü için kullanılan standart hava kanalı müşteri özel isteğiyle yeniden tasarlanmıştır. Yeni tasarlanmış hava kanalında klimadan gelen havanın kanal içinde bulunan elemanlara çarpmadan araç içine hava konfor şartlarına uygun olarak dahil olması ve standart hava kanalına göre daha iyi havalandırma sağlaması öngörülmüştür. Bu kapsamda yapılan hava kanalı standart hava kanalına göre daha ucuz ve daha hafiftir. Aynı zamanda hem işçilik süreci hem de montaj konusunda kolaylık sağlayarak tasarlanmış olup kanal boyu hız değişimi, sıcaklık dağılımı zamana göre incelenmiştir. Hava kanalı analiz kısmında akışkanlar dinamiği (HAD) programı olan STAR CCM++ kullanılmıştır (Özkan, 2015, s. 2).

Mezarcıöz 2015 çalışmasında yapılan tasarımda 12 metre uzunluğunda ve 50 yolcu kapasitesine sahip otobüsün klimasından gelen havanın otobüs içine daha düzgün bir dağılım sağlaması için çalışmalar ve hesaplamalar yapılmıştır. Hava kanalı Akışkanlar dinamiği (HAD) yardımıyla tasarlanmıştır. Modelin tasarımda en uygun türbülansın belirlenmesi için 5 farklı türbülans modeli olan k- ϵ Standard, k- ϵ Realizable, k- ϵ RNG, k- Ω Standard ve Spallart-Almaras karşılaştırılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tasarım başında otobüsün soğutma yükü hesaplanmıştır. Bu hesaplamalardan sonra uygun bir klima seçilmiş, araca montajı yapılmış ve araç altı sıcaklık dağılımı, klima menfezi çıkış hızları, otobüs kabini içi sıcaklık dağılımı ve iç gürültü için yol testleri yapılmış olup yeni mevcut tasarım ve yeni tasarım karşılaştırmaları yapılmıştır. Çalışma sonucu olarak sıcaklık dağılımı, araç içi gürültü ve yolcu konforu açısından iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir (Mezarcıöz, 2015, s. 2).

Yapılan çalışmada termo ekonomik bir yaklaşım kullanarak ana motor tahrikli tavan üstü otobüs klima sisteminin tasarım optimizasyon çalışmasını sunmaktadır.

Performansa önemli etkisi olan otobüs klima sisteminin (Kompresör, Yoğuşturucu ve Buharlaştırıcı) geometrik ve operasyonel parametrelerinin etkisi araştırılarak tasarım optimizasyonu yapılır. Sistemin toplam ekserji imhası (termodinamik kriter olarak) ve sistemin toplam ürün maliyeti (ekonomik kriter olarak) dahil olmak üzere iki amaç işlevi dikkate alınmıştır. Bu hedefler çelişkili olduğundan, hiçbir tasarım aynı anda ikisini birden karşılamayacaktır, tasarım değişkenleri için en uygun tasarım değerlerini bulmak için çok amaçlı bir optimizasyon prosedürü kullanılır (Srinivasa Yenneti, 2014, s. 1).

Çalışmada bir otobüs klima sisteminin tasarım ve konfor gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığının deneysel olarak nasıl doğrulanacağını incelemektedir. Prototip bir otobüste deneysel bir çalışma yapılmış ve Türkiye’de Adana Ceyhan otoyolunda giderken test edilmiştir. Prototip otobüs 12,8m uzunluğunda ve 61 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. İç ve dış sıcaklıklar, buharlaştırıcı giriş- çıkış sıcaklıkları ve bağıl nem değerleri ölçülmüştür. Termal duyu değerleri ASHRAE tarafından verilen ampirik korelasyonlar kullanılarak hesaplanmış. Ayrıca deneysel verilere göre otobüsün anlık soğutma yükü elde edilmiş ve sonuçlar ASHRAE tarafından sağlanan radyan zaman serisi yöntemi kullanılarak otobüsün hesaplanan soğutma yükü ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, seçilen klima sistemi tasarım ve konfor gereksinimlerine uygundur (Ünal, 2016, s. 1089-1101).

Korukçu’nun çalışmasına göre uygun iklim şartları altında, çeşitli klima ve ısıtıcı modları için ampirik araştırmalar yapılmıştır. Çalışmada, ortam katı model ve insan dış sıcaklıkları yüzey sıcaklığının yayılmasına dayanan bir görüntüleme yöntemi olan termografik inceleme ile ölçümler yapılmıştır. Ortamın anlık sıcaklık değişimleri için termal kameralar kullanılıp, alınan değerler doğrultusunda anlık değişimler tespit edilip incelenmiştir. Bu yöntemlerden farklı olarak da ortam içerisindeki CO₂, ortamın sıcaklığı ve nem oranlarına etkileri değerler doğrultusunda incelenerek tek yönlü ve birden fazla bağımlı değişken olan ANOVA ve MANOVA analizleri yapıp değerlendirilmiştir. Bu yöntemler ile araçlarda ısıl denge oranları, kanallardaki hava hızlarının ortama etkileri, araç içerisindeki yolcuların konforları gibi iç etkileyici

faktörlerin etkisini gerek fiziksel gerek matematiksel olarak geliştirilebilirliğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir (KORUKÇU, 2011, s. 60-67).

İncelemeler doğrultusunda, otomobilin toplam yolcu kapasitesi sürücü dahil toplamda 49 kişi esas alınmıştır. Aracın iç ortam sıcaklığı 37C (310K) den kademeli olarak 20C (293K)'e eşit oranlarda indirgenmesi için gerek duyulan sürenin doğruluğu ve bu zaman diliminde sıcaklık, basınç ve hız oranları dinamik, termal ve akış analizler bütünü olan ANSYS kullanılarak analiz edilip incelenmiştir. Bu doğrultuda otobüsün toplam kapasitesi baz alınıp ortam sıcaklığının dış (genel) sıcaklığa uyumu sağlanmıştır. Aynı zamanda araç içersin de ekstra sıcaklık etkisi bulunan motor vb. etkiler, kullanılan tasarımda dikkate alınmıştır. İncelemeler tamamlandığında zamana göre değişimler değerlendirilip, 5 dk. gibi bir zaman aralığında hız, basınç ve sıcaklık değişimleri grafikler doğrultusunda edinilen sonuçlara göre ortam içerisindeki hareketi ve değişimi 20 C değerine, toplamda periyodik olarak 15 dakika sürede ulaştığı tespit edilmiştir (ASGHAR, 2016, s. 63).

Sevilgen 2010 çalışmasında, otomobil kabini içinde üç boyutlu analiz hız ve sıcaklık dağılımları için yapılmış olup, bu analiz için Hesaplama Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemi tercih edilmiştir. Bu amaçla gerçek ölçülere sahip ve kabin içi, cam ve dış yüzeyler referans alınarak üç boyutlu bir otomobil modeli tasarlanmıştır. Kabin içindeki sayısal analizi ısı konfor açısından da yorumlamak için kabin içine gerçek insan ölçülerine uygun ve 17 kısımdan oluşan bir sanal insan modeli kabin içine yerleştirilmiştir. Otomobil kabininde, standart ısıtma ve soğutma süreci için sürekli ve geçici rejimde yapılan üç sayısal analizler sonucunda, hava akışı, insan vücuduna ait lokal ve genel ısı karakteristikler ve kabin yüzeyleri için sıcaklık dağılımları elde edilmiştir. Sayısal simülasyonlarda, ısı konfor değerlendirmesi yapabilmek için uygun sınır şartının belirlenmesine amacıyla farklı sınır şartları kullanılmıştır (SEVİLGİN, 2010, s. 2).

Çardak'ın çalışmasında 56 yolcu kapasitesine sahip şehirlerarası bir tur otobüsünün klima (ICBAC) sisteminin enerji ve ekserji analizi, farklı soğutucu akışkanlar ve hava

karışım oranları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bölge olarak Adana ili seçilmiştir (ÇARDAK, 2017, s. 1).

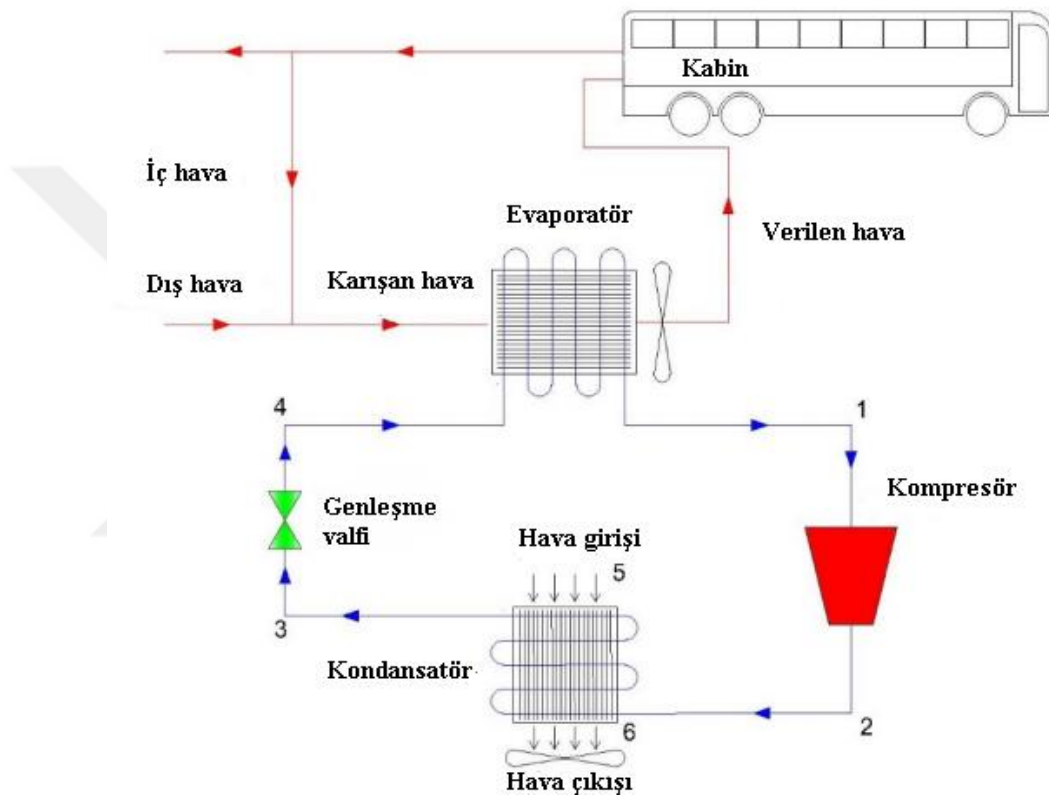
Bu araştırmada tasarımı Hexagon Studio'ya ait olan şehirlerarası bir otobüsün ön cam buğu çözme performansının artırılması ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Hava koşullarının kötüleşmesi sonucunda otobüsün ön camında oluşan buğun en kısa zamanda çözülmesini sağlayan bir hava kanalı çalışması yapılmıştır. Yeni tasarlanmış hava kanalı en iyi sonucu veren baz hava kanalı ile karşılaştırılmış olup, sonuç olarak tasarımın önemli gelişmeler sağladığı tespit edilmiştir (Belkıs Erzincanlı Süssler, 2016, s. 1).

Pala 2020 araştırmasında, araç içerisinde bulunan yolcular için denge niteliğinde bulunan ısı değişimi deneysel olarak ele alınmıştır. Araç belli zaman diliminde bir test aşamasında 40 derece ısı işleme maruz bırakılmış ve klima (AC) ünitesi test başlangıcında açık konumuna alınmıştır. Kabin içerisindeki yolcuları etkileyecek tüm faktörler ele alınıp, nem oranları, sıcaklık değişimi ve hava etkileri belirli zaman ve şartlarda ölçülmüştür. Isıl işlem durumundaki değişimlerde Geçici Enerji Dengesi Modeli kullanılmıştır. Bu denge konumunda yolcular arasında belirli konumlarda gerçekleşen ısı değişimleri göz önüne alınıp teorik ve matematiksel bir model ile hesaplanmış ve incelenmiştir. Ayrıca tüm bu değişimler insan üzerindeki etkileri, konfor düzeyindeki koşulları incelenmiş, oluşabilecek tüm aksi durumlar göz önünde bulundurulmuştur. Tüm bu veriler değerlendirilerek aracın AC sistemindeki performansı incelenerek araç içi konfor sıcaklığının termal hesaplamalarının sonuçlarını ortaya çıkarmaktır (Pala, 2020, s. 547-555).

Ekinci 2019 çalışmasında soğutma yükünün analizi için Saatlik analiz programı (HAP) kullanılmış ve en düşük toplam ekserji değerine R600 soğutucu akışkanın sahip olduğu belirlenmiştir (Fırat Ekinci, 2019).

ICBAC sisteminin şematik bir görünümü aşağıdaki Şekil 2.1.'de gösterilmektedir. Görüldüğü gibi, havalandırma ihtiyacını karşılamak için önce dışarıdaki taze hava yeniden sirküle edilen hava ile karıştırılır. Karışan hava daha sonra bir soğutma

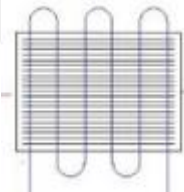
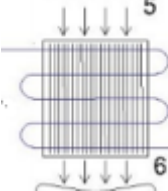
serpantini (buharlaştırıcı) içinden akar ve buharlaştırıcı fanı tarafından kabine verilir. AC, buhar sıkıştırılmalı soğutma döngüsü ile sağlanır. Standart bir ICBAC sistemi bileşenleri kompresör, buharlaştırıcı, genleşme valfi ve kondansatördür. Standart sistemler genellikle otobüs dizel motorundan tahrik edilen kayışla çalıştırılan açık şaftlı bir kompresör kullanır. AC sistemine yeterli miktarda hava sağlamak için kompresörü kontrol eden elektrikle çalışan bir kavrama da kullanılır.



Şekil 2.1. ICBAC sistemin şematik görünümü (Ediz Çardak 2017)

Tablo 2.1.'de ICBAC sistem bileşenleri için enerji, entropi, ekserji ve kütle dengeleri ve ekserji verimlilikleri formüllerle beraber detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 2.1. ICBAC Sistem ekipmanı için enerji, entropi, ekserji ve kütle dengeleri ve ekserji verimleri
(ÇARDAK, 2017, s. 27-28)

Bileşen	Açıklama	Formül
 Kompresör	Kütle Dengesi	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_{ref}$
	Enerji dengesi	$\dot{W}_{comp} = \dot{m}_{ref} \cdot (h_2 - h_1)$
	Entropi Dengesi	$\dot{S}_{gen,comp} = \dot{m}_{ref} \cdot (s_2 - s_1)$
	Ekserji Dengesi	$\dot{E}x_{dest,comp} = \dot{m}_{ref} \cdot (ex_2 - ex_1) + \dot{W}_{comp}$
	Ekserji verimliliği	$\psi_{comp} = \frac{\dot{E}x_2 - \dot{E}x_1}{\dot{W}_{comp}}$
 Yoğusturucu	Kütle Dengesi	$\dot{m}_2 = \dot{m}_3 = \dot{m}_{ref}; \dot{m}_5 = \dot{m}_6 = \dot{m}_{air}$
	Enerji dengesi	$\dot{Q}_{cond} = \dot{m}_{ref} \cdot (h_2 - h_3) = \dot{m}_{air} \cdot c_{p,air} \cdot (T_6 - T_5)$
	Entropi Dengesi	$\dot{S}_{gen,comp} = \dot{m}_{ref} \cdot (s_3 - s_2) + \dot{m}_{air} \cdot (C_{p,air} \cdot \ln \frac{T_6}{T_5} - R \cdot \ln \frac{P_6}{P_5})$
	Ekserji Dengesi	$\dot{E}x_{dest,cond} = \dot{m}_{ref} \cdot (ex_2 - ex_3) + \dot{m}_{air} \cdot (ex_2 - ex_3)$
	Ekserji verimliliği	$\psi_{cond} = \frac{\dot{m}_{air} \cdot (ex_6 - ex_5)}{\dot{m}_{ref} \cdot (ex_2 - ex_3)}$
 Genleşme Valfi	Kütle Dengesi	$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_{ref}$
	Enerji dengesi	$h_3 = h_4$
	Entropi Dengesi	$\dot{S}_{gen,exp,val} = \dot{m}_{ref} \cdot (s_4 - s_3)$
	Ekserji Dengesi	$\dot{E}x_{dest,exp,val} = \dot{m}_{ref} \cdot (ex_3 - ex_4)$
	Ekserji verimliliği	$\psi_{exp,val} = \frac{\dot{m}_{ref} \cdot (ex_4)}{\dot{m}_{ref} \cdot (ex_3)}$
 Buharlaştırıcı	Kütle Dengesi	$\dot{m}_1 = \dot{m}_4 = \dot{m}_{ref}; \dot{m}_m = \dot{m}_s = \dot{m}_{air}$
	Enerji dengesi	$\dot{Q}_{evap} = \dot{m}_{ref} \cdot (h_1 - h_4) = \dot{m}_s \cdot (h_m - h_s) - \dot{m}_w \cdot h_w$
	Entropi Dengesi	$\dot{S}_{gen,evap} = \dot{m}_{ref} \cdot (s_1 - s_4) + \dot{m}_{air} \cdot (C_{p,air} \cdot \ln \frac{T_s}{T_m} - R \cdot \ln \frac{P_s}{P_m})$
	Ekserji Dengesi	$\dot{E}x_{dest,evap} = \dot{m}_{ref} \cdot (ex_4 - ex_1) + \dot{m}_{air} \cdot (ex_m - ex_s)$
	Ekserji verimliliği	$\psi_{evap} = \frac{\dot{m}_{ref} \cdot ex_1 + \dot{m}_{air} \cdot ex_s}{\dot{m}_{ref} \cdot ex_4 + \dot{m}_{air} \cdot ex_m}$
Soğutma Ünitesi	Genel Ekserji Verimliliği	$\psi_{comp} = \frac{\dot{E}x_{in,evap} - \dot{E}x_{out,evap}}{\dot{W}_{comp}}$
	Toplam Ekserji Yıkımı	$\dot{E}x_{dest,atl} = \dot{E}x_{dest,comp} + \dot{E}x_{dest,cond} + \dot{E}x_{dest,exp,val} + \dot{E}x_{dest,evap}$

BÖLÜM 3. GENEL BİLGİLER

3.1. Termal Konforun Önemi

Termal konfor için koşulları tanımlarken ele alınması gereken altı ana faktör vardır. Termal konforun öneminde bazı durumlarda başka ikincil faktörler de konforu etkiler. Altı ana faktör aşağıda listelenmiştir.

- Metabolizma hızı
- Kıyafet izolasyonu
- Hava sıcaklığı
- Radyan sıcaklık
- Hava hızı
- Nem (Standard, 2010, s. 4)

Binek otomobillerdeki termal ortam, binalardakilerden farklıdır ve aşağıdaki nedenlerden dolayı genellikle yüksek oranda tek tip değildir ve asimetriktir:

- İç hacim kişi sayısına göre küçüktür,
- Mikro klima parametrelerinin değişimi hızlı olabilir (araç güneş yönünü değiştiriyor vb.),
- Kabin içi şekli karmaşıktır,
- Cam alanı kabin yüzeyine göre geniştir,
- Yolcular, iç hava sıcaklıklarından çok daha yüksek veya daha düşük olabilecek sıcaklığa sahip yüzeylerin yakınında oturur
- Yolcuların kabin içinde pozisyon değiştirmesi mümkün değildir ve vücut duruş değişiklikleri sınırlıdır,
- Klima genellikle arabada kimse olmadığında veya motor çalışmadığında devreye girmez ve aşırı mikro iklim koşullarının ortaya çıkmasına neden olur (RUZIC, 2014)

Bir binek otomobildeki termal ortam ve hava kalitesi sürücü ve yolcuların sağlığını, performansını ve konforunu etkileyebileceğinden özellikle araçlarda termal konfor daha önemlidir.

3.2. Otobüsler İçin Klima (AC) Sistemleri

Otobüslerde gerekli ısıtma sistemleri motor kabin bölgelerinde yer alan ve aracın bu enerjiyi sağlaması için ihtiyaç duyduğu tüm fonksiyonel işlevler gerek motor soğutma suyu gerek motorin destekli bir sistem tarafından sağlanmakta iken, kabin içerisinde bulunan sistemler tavan bölümünde ince daralan kanallar yardımı ile nem orantılı sistemler vasıtasıyla desteklenmektedir. Klima tipi soğutucular araç tavan kısmında yer almış olup kabin içerisindekiler ise elektrik destekli dönme eksenli bir santrifüj motor olarak adlandırılan ve hava kanallarına doğrudan bağlantılı bir sistem yardımıyla desteklenmektedirler. Kompresörler ise yedek destekli ve enerjisini motordan alan sistemler olup ikinci plan devre elemanları olarak sisteme dahil edilirler. Tüm araştırmalar ve veri toplama sonuçlarına dayanarak araçlarda yapılan enerji analizleri ve verim istatistikleri doğrultusunda araç enerji kullanım grafikleri incelendiğinde araçta en çok enerji tüketimi yapan motordan destekli kompresör soğutma sistemlerdir. Araç çalışır vaziyette ve yol alma esnasında motordan tahrikli sistemler devreye alındığında sürücü araç gücündeki değişimi fark eder. Buna araç ilk motor hareketi verildiğinde devreye alınması daha fark edilebilir duruma gelir (Atmaca, 2015, s. 197-198).

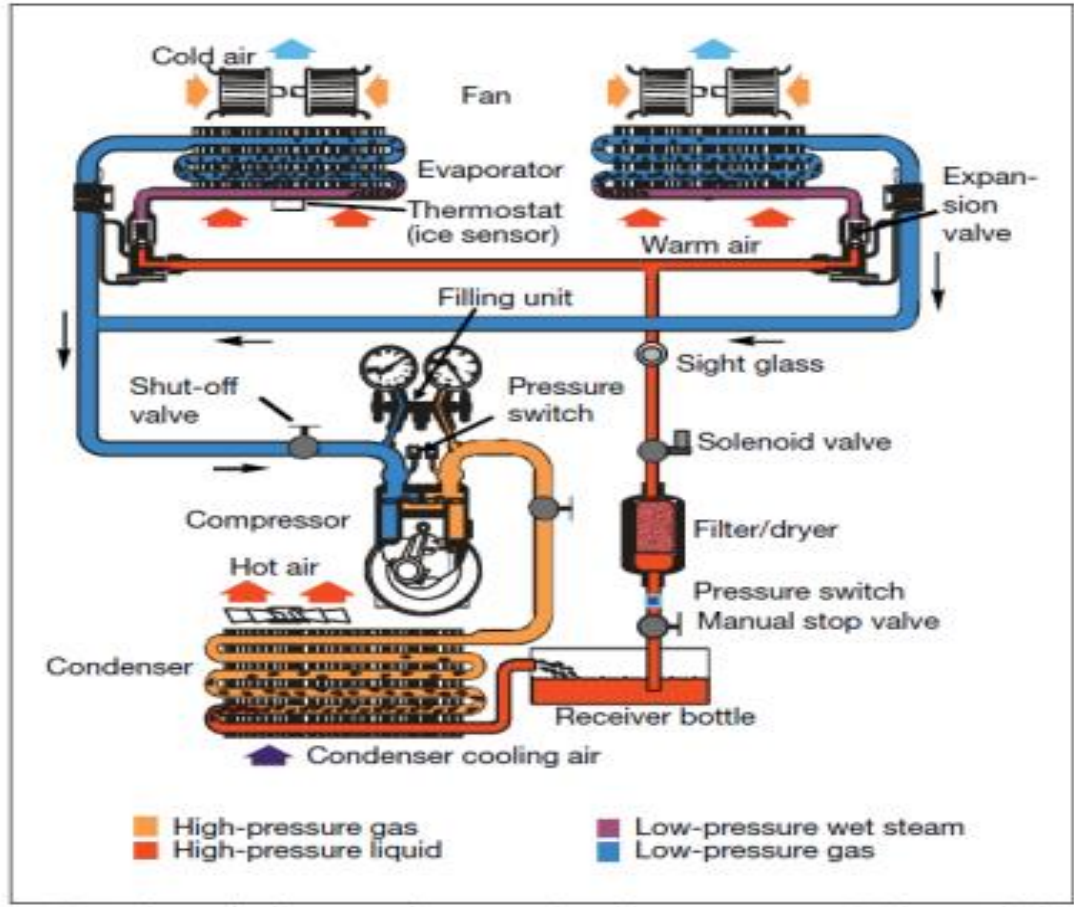


Şekil 3.1. Otobüs klima sistemi (Valeo, 2021) (Erişim tarihi 03.04.2021)



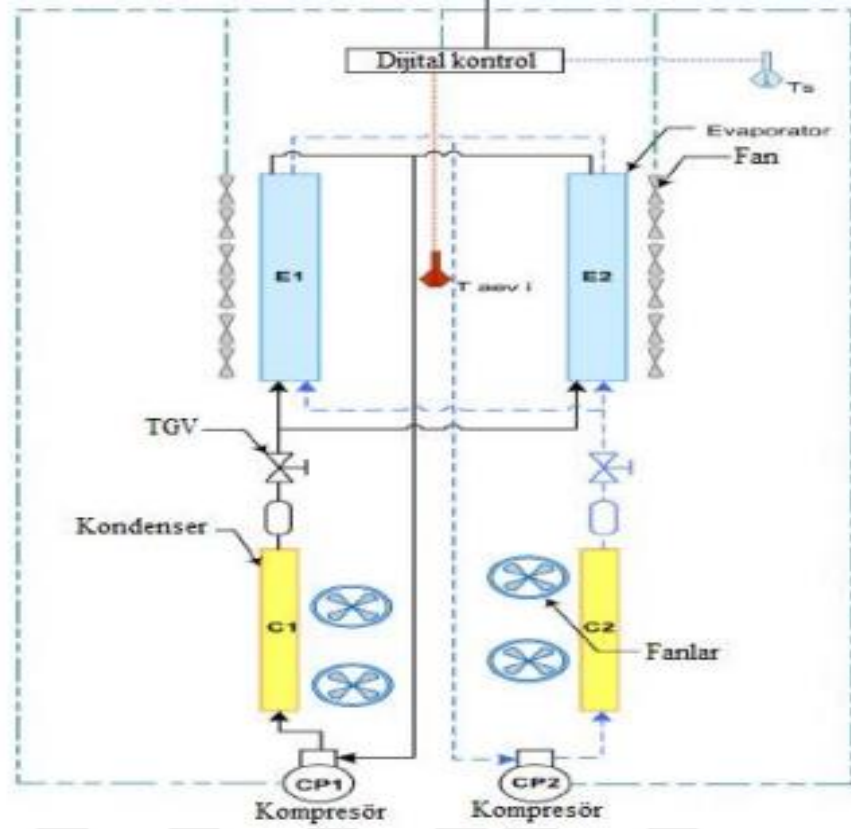
Şekil 3.2. Otobüs tavan tipi klima (Sütrak, 2021) (Erişim tarihi 03.04.2021)

Otobüslerde yolcuların konfor gereksinimlerini karşılamak için Klima (A / C) sistemi kullanılmaktadır. Otobüslerde iklimlendirme için farklı çözümler bulunmasına rağmen, sistemin genel çalışma prensibi aynıdır. Bir otobüs A / C sisteminin genel çalışma prensibi şu şekilde özetlenebilir; Şekil 3.3.'de, yolcu bölmesinin her iki sırasına da şartlandırılmış hava sağlamak için iki soğutma bobini, bir kompresör, bir alıcı, kurutucu, kondansatör ve 2 genleşme valfinden oluşan geleneksel bir otobüs AC sisteminin şematik diyagramını göstermektedir. Doymuş soğutucu akışkan buharı, otobüsün iç kısmına enerjik olarak bağlanmış bir ısı eşanjörüne (buharlaştırıcı) enjekte edilir. Soğutucunun, basıncı bir genleşme valfi tarafından düzenlenen ve aracın iç sıcaklığından daha düşük olan bir kaynama veya buharlaşma sıcaklığı vardır. Bu, soğutucunun sıvı kısmının buharlaşmasına neden olur. Soğutucu akışkan, endotermik buharlaşma süreci ile enerjiyi araç içinden emer. Bir kompresör, buharlaşan soğutucuyu çeker ve daha yüksek bir basınçta, içinden ortam havasının aktığı kondansatöre iletir. Sırayla, kondansatörde bir faz geçişi gerçekleşir: gazdan sıvı hale. Sıvılaşma, içeriden gelen ve kompresördeki sıkıştırma ile verilen enerjinin çevreye salındığı ekzotermik bir süreçtir (M. Khamis Mansour, 2008, s. 1455-1468).



Şekil 3.3. AC sisteminin şematik diyagramı (Boltz,2011)

Yolcu bölmesinin her iki sırasına da koşullandırılmış hava sağlamak için iki soğutma bobini, bir kompresör, bir alıcı kurutucu, iki kondansatör ve bir termostatik genleşme valfinden oluşan geleneksel bir otobüs AC sisteminin şematik diyagramını göstermektedir. İki kondansatörün, yoğuşma işleminin iki aşamada gerçekleşmesine izin vermek için seri olarak bağlandığı, buharlaştırıcıların her iki yolcu sırasına da eşit soğutma oranlarına izin verecek şekilde paralel bağlandığı unutulmamalıdır. Şekil 3.4.'de konvansiyonel otobüs klima şematik diyagramı verilmiştir (M. Khamis Mansour, 2008, s. 1459).



Şekil 3.4. Konvansiyonel otobüs kliması şematik diyagramı

3.2.1. Klima tasarım şartları

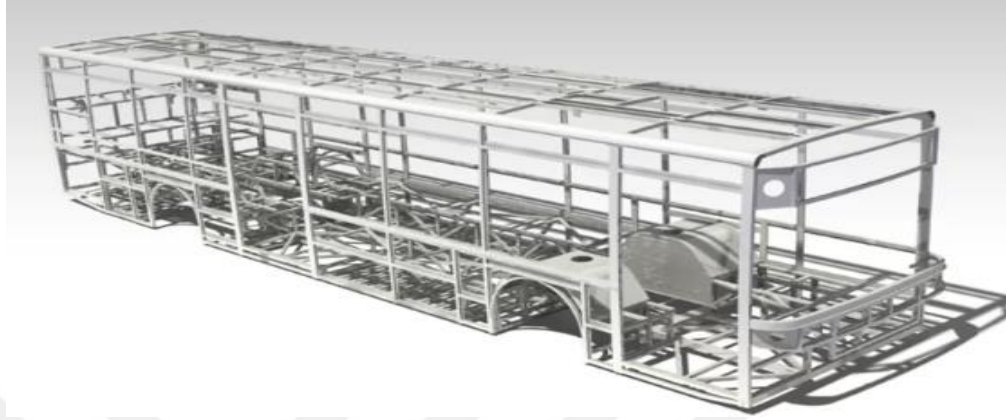
Tasarım sürecinde dikkat edilmesi gereken genel şartlar bunlardır:

- Dış ortam sıcaklığı ve içerdiği kirleticileri gösteren tasarım şartları
- Klima sisteminin motor üzerindeki etkisi
- Araç gövde yapısı, esnek ve sağlam olması
- Güneş ışınlarının ve gürültünün etkisi
- Bunlara ek olarak gerekli olan elektrik gücü ve soğutma kapasitesi
- Yolcuların konforu için araç içinde hava kaçaklarının olmaması ve ısı yalıtımı (ASGHAR, 2016, s. 8)

3.3. Otobüs Gövde Yapısı

Otobüs gövdesi üç bölüme ayrılabilir; şasi ve motor, yapısal gövde, iç ve dış parçalar. Şasi ve motor oldukça önemlidir. Yurtiçi ve yurtdışı kuruluşlar tarafından standart sınavı geçmeleri gerekmektedir. Şasi iki ana tipten oluşur; tek parça ve üç eklem

kombinasyon parçası. Tek parçalı şasi, tek katlı orta otobüs boyutu için kullanılırken, üç kombinasyon parçası uzun otobüs boyutu veya iki katlı otobüs için kullanılır. (S. Butdee, 2008, s. 458)



Şekil 3.5. Otobüs gövde yapısı (Sukorun, 2021) (Erişim tarihi 02.03.2021)

Yaptıkları çalışmanın amacı BUSCAD olarak adlandırılan otobüs endüstrisine yazılım entegre etmektir. BUSCAD programı, otobüs endüstrisindeki farklı otobüs türleriyle ilgili tüm sorunları gidermektir. Otobüsler, minibüs, şehir içi otobüs, şehirlerarası otobüs, okul veya servis otobüsü vb. türlere ayrılabilir (Prasannapriya. Chinta, 2014, s. 40).

Isı girdisi ve kaybı, tasarım (kabuk) ve camdan büyük ölçüde etkilenir. Otobüsler, motorlu araçlardan sadece boyut ve kullanım açısından değil, aynı zamanda tasarımlarında da farklılık gösterir (BOLTZ, 2011, s. 37).

Çalışmalarında yeni tip otobüs gövdesi bilgisayar destekli tasarım (CAD) paketi UG ve sonlu eleman (FE) çözücü ANSYS kullanılarak modellenmiş ve analiz edilmiştir. Bel kirişleri arasında yapısal destek elemanları olan ve olmayan olarak iki farklı model karşılaştırılmıştır. Araştırmanın sonucu olarak otobüs gövde ağırlığının azaltılması dikkate alınarak bir yapısal tasarım optimizasyonu aracı sağlar (F Lan, 2004, s. 1068).

3.4. Hava Kanalı

Hava kanalı, klimadan otobüs içine gelen havanı veya motordan otobüs içine aktarılan sıcak havanı daha verimli bir şekilde, otobüs içinde bulunan koltuklar üzerine eşit bir miktarda ulaşmasını sağlayan ve kötü hava koşullarında camlarda oluşan buğu önleyen bir üründür. Yapılmış olan tasarımda hava kanalı sadece hava aktarımı için kullanılmış olup, farklı ulaşım araçlarında hava aktarımının yanı sıra haberleşme, yardım, aydınlatma veya hoparlör takılarak müzik dinleme gibi özellikler de eklenmiştir. Örneğin, şehirlerarası otobüslerde, trenlerde, uçaklarda benzer özellikler bulunmaktadır. Hava kanalı parçaları çoğunlukla alüminyum malzemelerden üretilmektedir. Bu nedenle, Alüminyum malzemelerin tercih sebebidir. (Makina, 2020)

Hafif ve dayanıklı oluşu

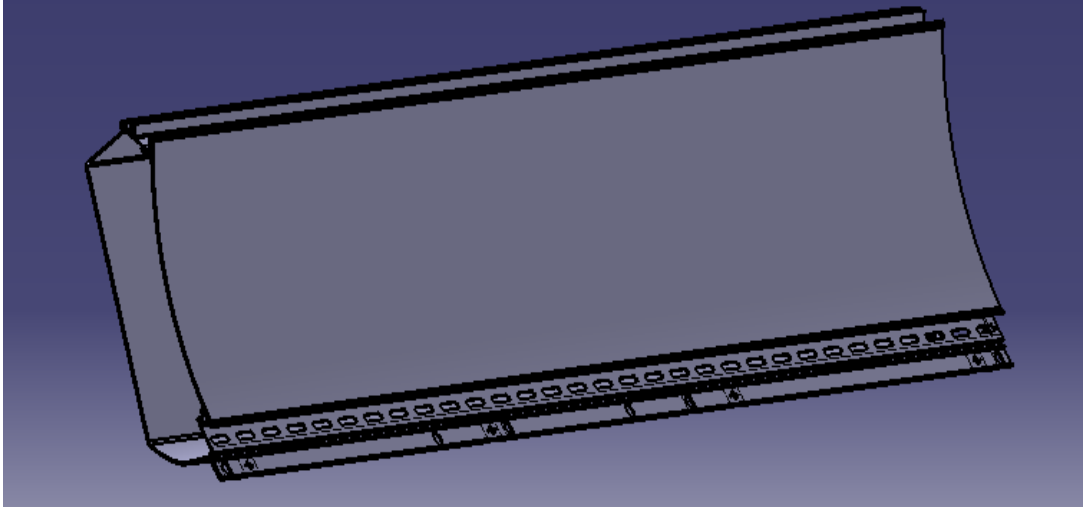
- Kolay işlenebilme ve şekil alma özelliği
- Çeşitli yüzey kaplama seçeneği
- Profillerin her türlü formu alabilmesi

Hava kanallarının araç içindeki fonksiyonları:

- Havanın araç içine eşit dağılımının sağlanması
- Üfleme özelliği ile camlarda oluşan buğulanmaları önlemesi
- Hava kanalı tasarımı ile araç içine ferah bir mekân sunması
- Parçalı montaj özelliği ile araç içindeki sistemlere kolay müdahale etme

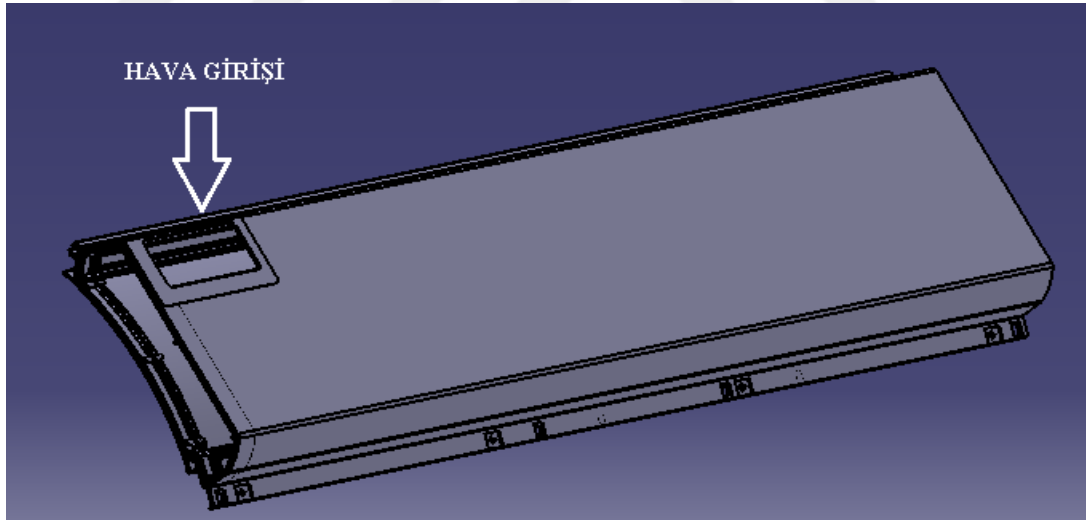
3.4.1. Yakıt tipli otobüslerde hava kanalı

Şekil 3.6.'da Yakıt tipli otobüslerde kullanılan hava kanalı gösterilmiştir. Hava kanalı ön ABS, arka ABS, alüminyum profiller, plastik ayaklar ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır.



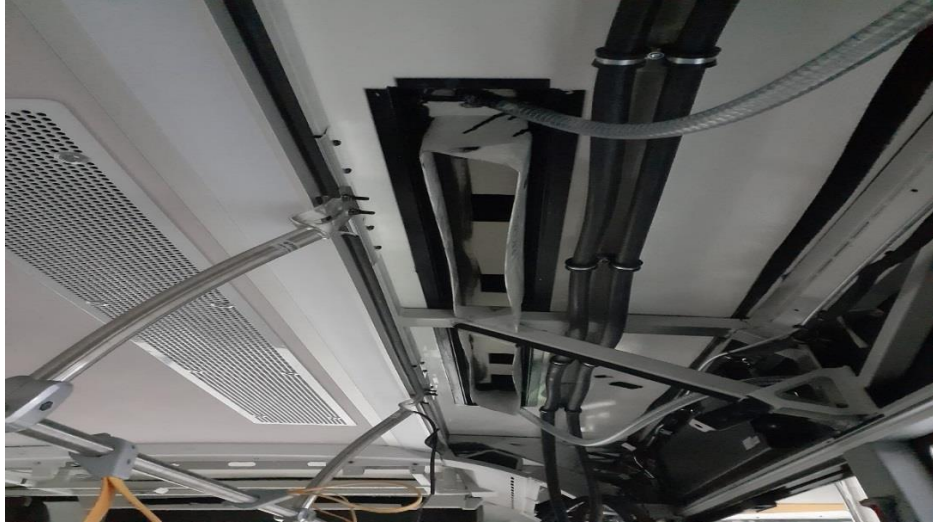
Şekil 3.6. Yakıt tipli otobüs hava kanalı

Hava kanalının alt kısmında bulunan alüminyum parça üzerindeki slot boşluklardan hava otobüs içine dahil olmaktadır. Hava kanalının arka tarafında bulunan boşluklar klimadan gelen havanın menfezler yardımıyla hava kanalı içine dahil olmasını sağlıyor Hava kanalı menfez girişi Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Yakıt tipli otobüs hava kanalının hava veya menfez girişi

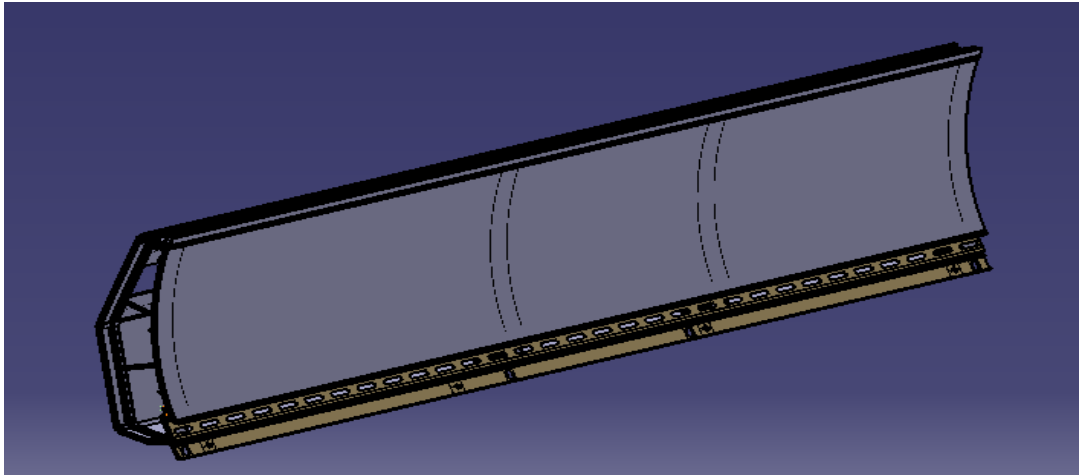
Menfezlerin otobüs içinde görünümü Şekil 3.8.'de gösterilmiş olup, otobüsün sol tarafında 2 adet bulunmaktadır.



Şekil 3.8. Menfezlerin otobüs içindeki görünümü (Piyasada kullanılan otobüs tavanındaki menfez görünümü)

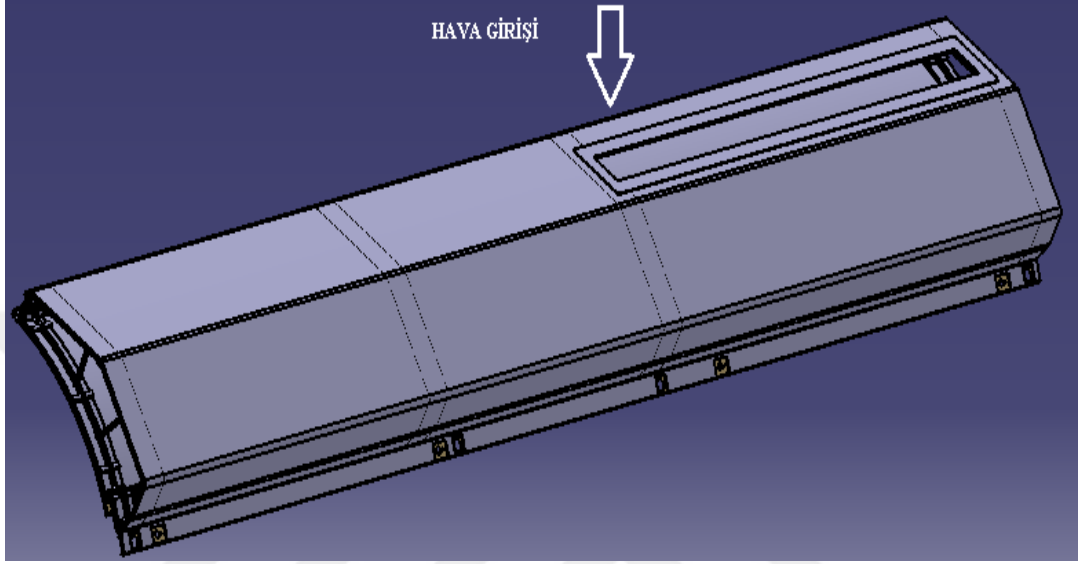
3.4.2. Elektrikli otobüslerde hava kanalı

Elektrikli otobüsler için tasarlanmış olan hava kanalı yakıt tipli hava kanallarına benzer olup, aynı malzemelerden oluşmaktadır. Hava kanalının arka tarafındaki ABS yanmaz olarak üretilmiş ve yakıt tipli hava kanalına göre farklı görünüme sahiptir. ABS parçaların yanmaz olup olmaması müşteri isteğine göre değişiklik gösterir. Arka ABS parça farklı görünüme sahip olduğu için hava kanalı içinde bulunan plastik parçalar da bu ABS'e göre tasarlanmıştır. Elektrikli otobüslerde kullanılan hava kanalı Şekil 10.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Elektrikli otobüslerde hava kanalı

Yakıt tipli otobüs hava kanallarda yapılmış olan bu tür değişiklik sayesinde hava daha dar alandan dahil olarak geniş alana doğru hız kazanarak daha iyi bir hava dağılımı sağlamaktadır. Şekil 3.10.' da ise, arka ABS'te yapılan değişiklik menfez konumunun ve araca montaj şeklinin değişikliğine sebep olmuştur.



Şekil 3.10. Elektrikli otobüslerde hava kanalı hava girişi

BÖLÜM 4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Prototip Çalışmaları

Bu çalışmanın amacı otobüs içi konforun optimize edilmesi için iki farklı hava kanalı tasarımının incelenmesidir. Her iki hava kanalının tasarımında CATIA V5R20 programında kullanılmıştır. Çalışmanın tasarımı Part desing, Assembly desing, Generative Shape Desing bölümleri aracılığıyla yapılmıştır.

Tasarım kriterleri:

- Sıcaklık dağılımı
- Hız dağılımı
- Basınç dağılımı

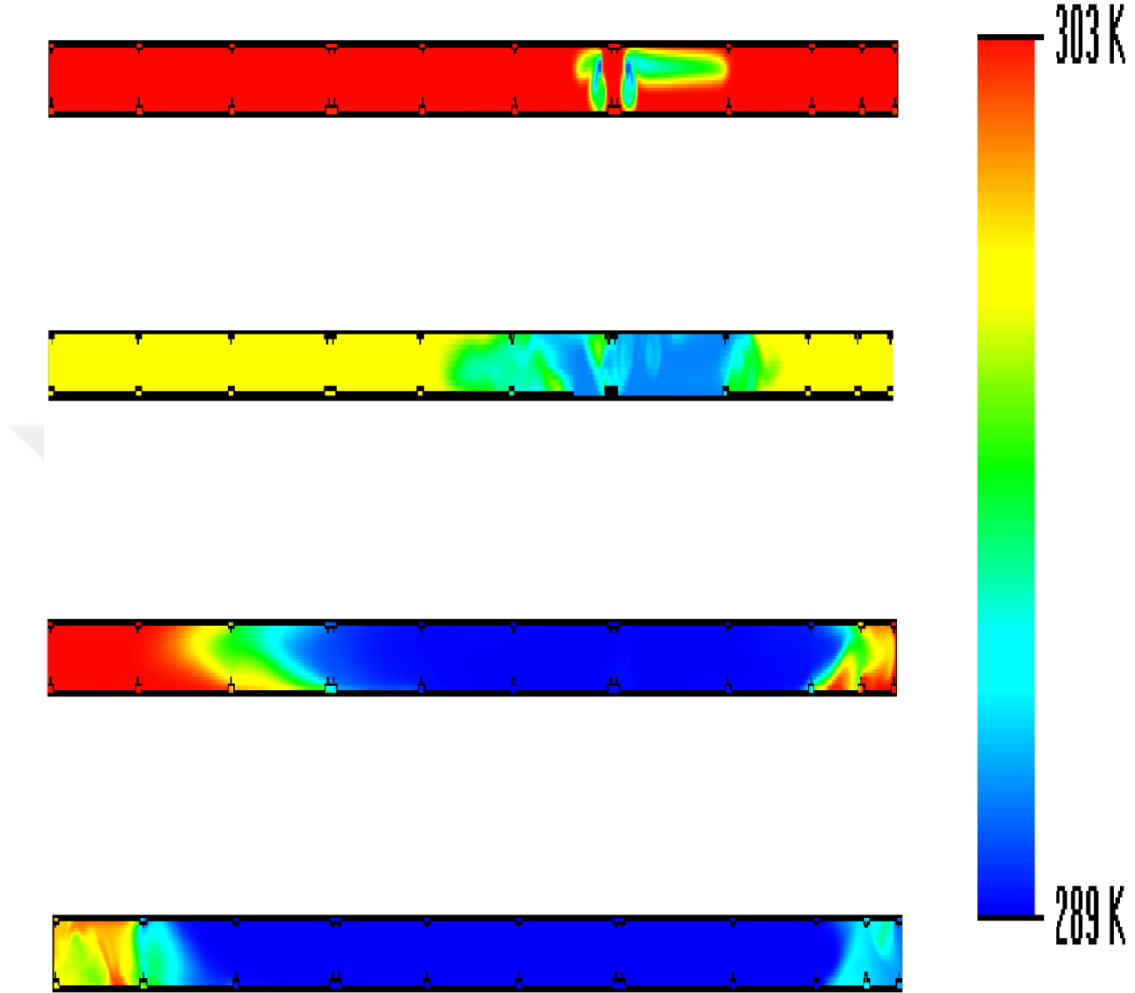
4.2. Analiz Çalışmaları

Prototip çalışmaları yapıldıktan sonra teorik analiz için SOLIDWORKS 3D programının Flow Simülasyon bölümü kullanılarak analiz ve simülasyonlar yapılmıştır. Analiz kısmında Otobüsün sol taraf hava kanalı ele alınarak çalışılmıştır. Otobüsün sol tarafında 3 adet hava kanalı bulunmaktadır. Analizde 3 adet hava kanalı tek parça olarak incelenmiştir.

4.2.1. Sıcaklık dağılımı

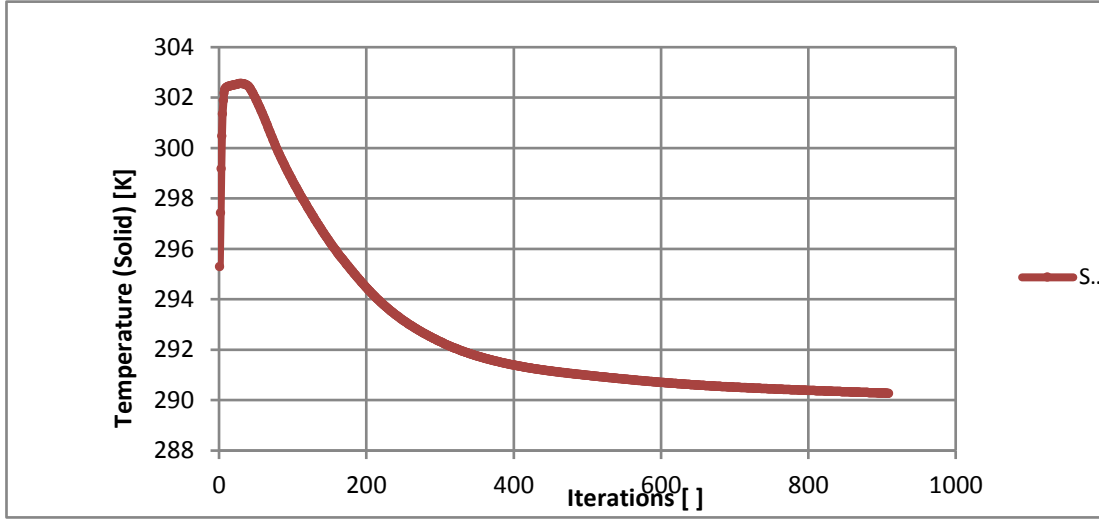
Şekil 4.1.'de yakıt tipli otobüslerde kullanılan hava kanalının sıcaklık dağılımı verilmiştir. Sıcaklık dağılımının analizi arka görünüş ve yan görünüş olarak 2 tür yapılmıştır. Analizden görüldüğü gibi hava 303 K sıcaklıktan 289 K sıcaklığa düşürülmeye çalışıldığı gözlemlenmektedir. Renk skalasında belirtildiği gibi kırmızıdan maviye gittikçe ortam soğumaya başlıyor. Görseller iterasyonun başından

başlayarak son iterasyona kadar olan değişimleri ifade etmektedir. Analiz sonunda hava kanalının başlangıç ve son kısmının tam soğumadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Yakıt tipli otobüslerde hava kanalı arka görünüşü sıcaklık dağılımı

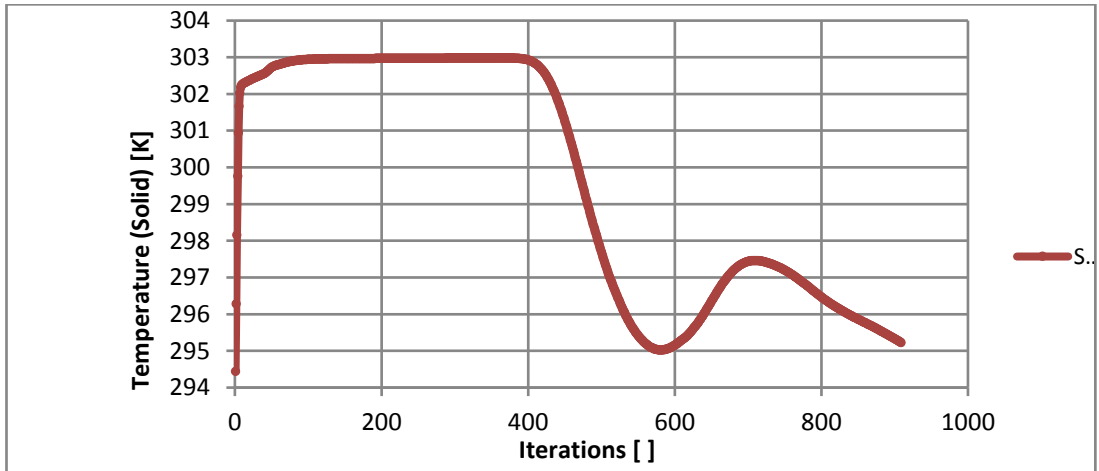
Hava kanalı arka boşluktan giren havanın ortalama sıcaklık grafiği gözlemlenmektedir. Grafik 4.1.'de iterasyon başlangıcında ortalama 295 K'den 303K'e kadar hızlı yükselmiş ve zamanla ortalama 291K'ne kadar düştüğü görülmüştür.



Grafik 4.1. Yakıt tipli otobüslerde hava kanalı girişteki ortalama sıcaklık grafiği

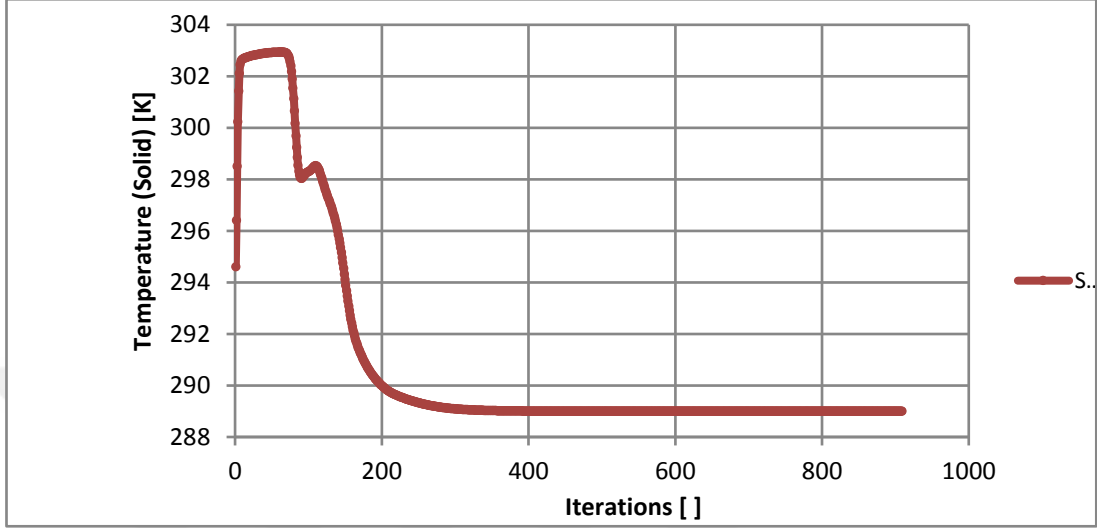
Otobüsün arka tarafındaki sıcaklık dağılımı düzenli bir sıcaklığa sahip olmayıp sürekli değişmektedir.

Grafik 4.2.'de görüldüğü gibi otobüs arkasındaki sıcaklık 303 K'den bir süre sonra 295 K'e kadar düşmüş, sonrasında kısa bir süre içinde ortalama 297 K'e yükselmiş ve tekrar 295 K'e kadar düşerek farklılık göstermiştir.



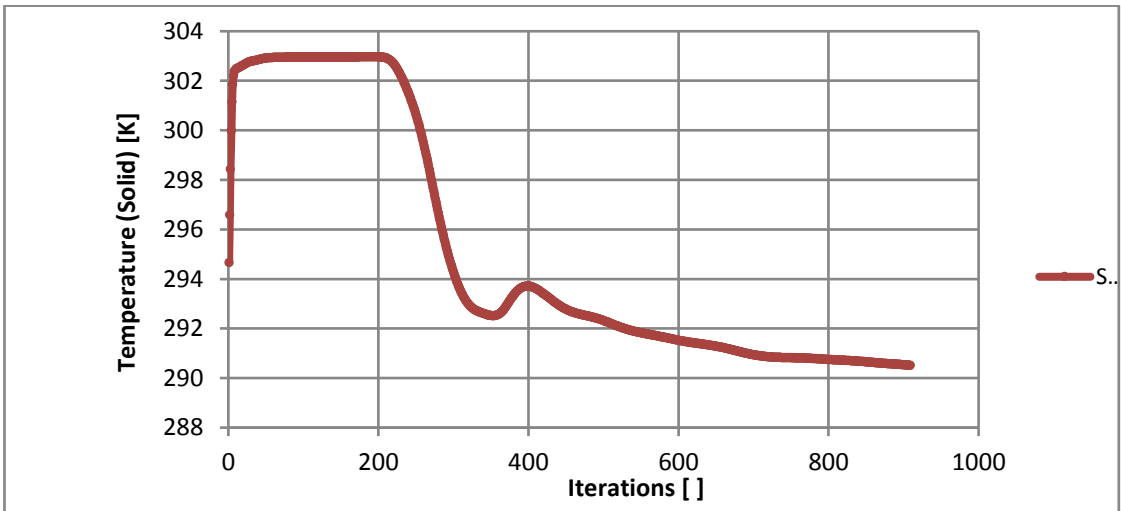
Grafik 4.2. Yakıt tipli otobüs hava kanalının otobüsün arka tarafındaki hava çıkış sıcaklığı

Hava kanalının orta kısmındaki hava çıkışındaki sıcaklık, arka çıkışa göre daha düzenli olup, 303 K sıcaklıktan kısa bir süre sonra 289 K'e kadar düşmüş ve sabitlenmiş ve Grafik 4.3.'de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Grafik 4.3. Yakıt tipli otobüs hava kanalının otobüsün orta tarafındaki hava çıkış sıcaklığı

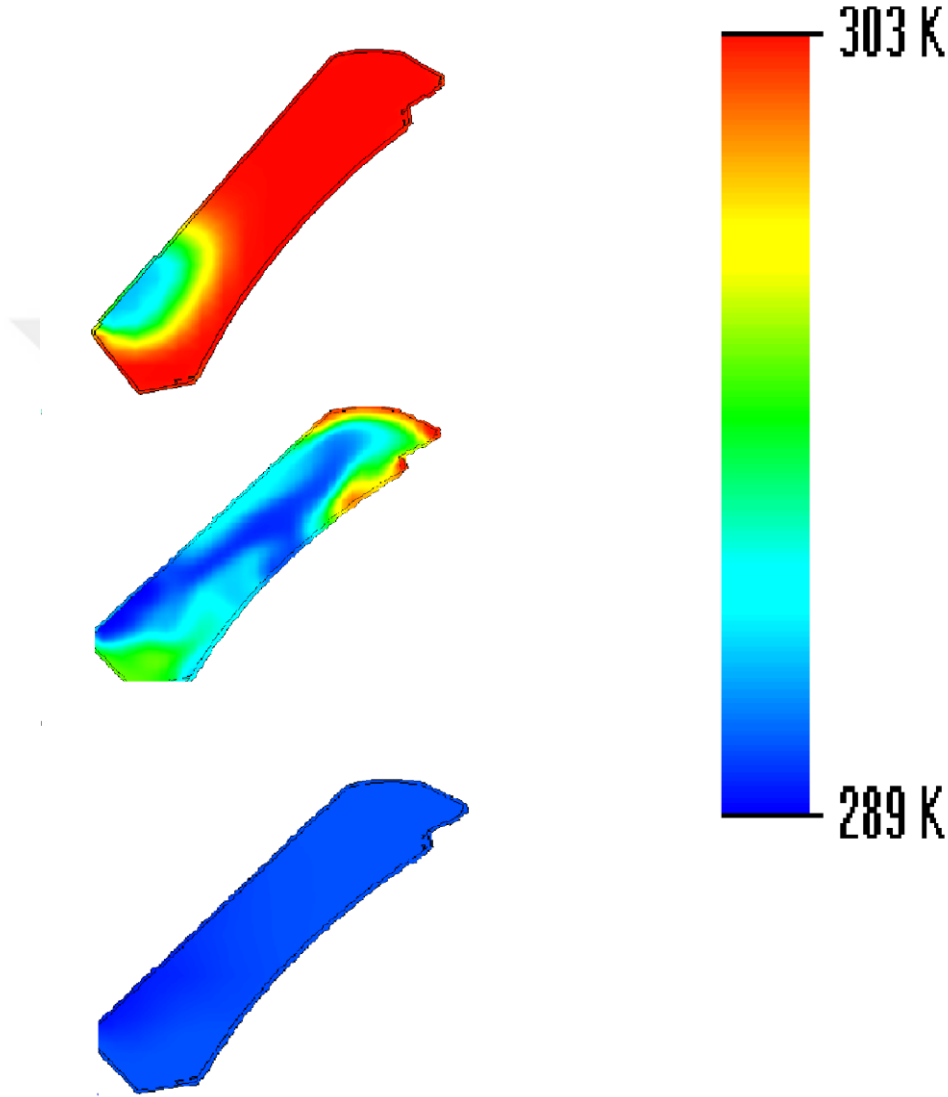
Şoför tarafta yani otobüsün ön tarafında bulunan hava kanalı çıkışındaki sıcaklık Grafik 4.4.'te gözlemlenmektedir. Sıcaklık değerleri 303 K'den düşmeye başlamış ve iterasyon sonunda ortalama 291 K'e ulaşmıştır.



Grafik 4.4. Yakıt tipli otobüs hava kanalının otobüsün ön tarafındaki hava çıkış sıcaklığı

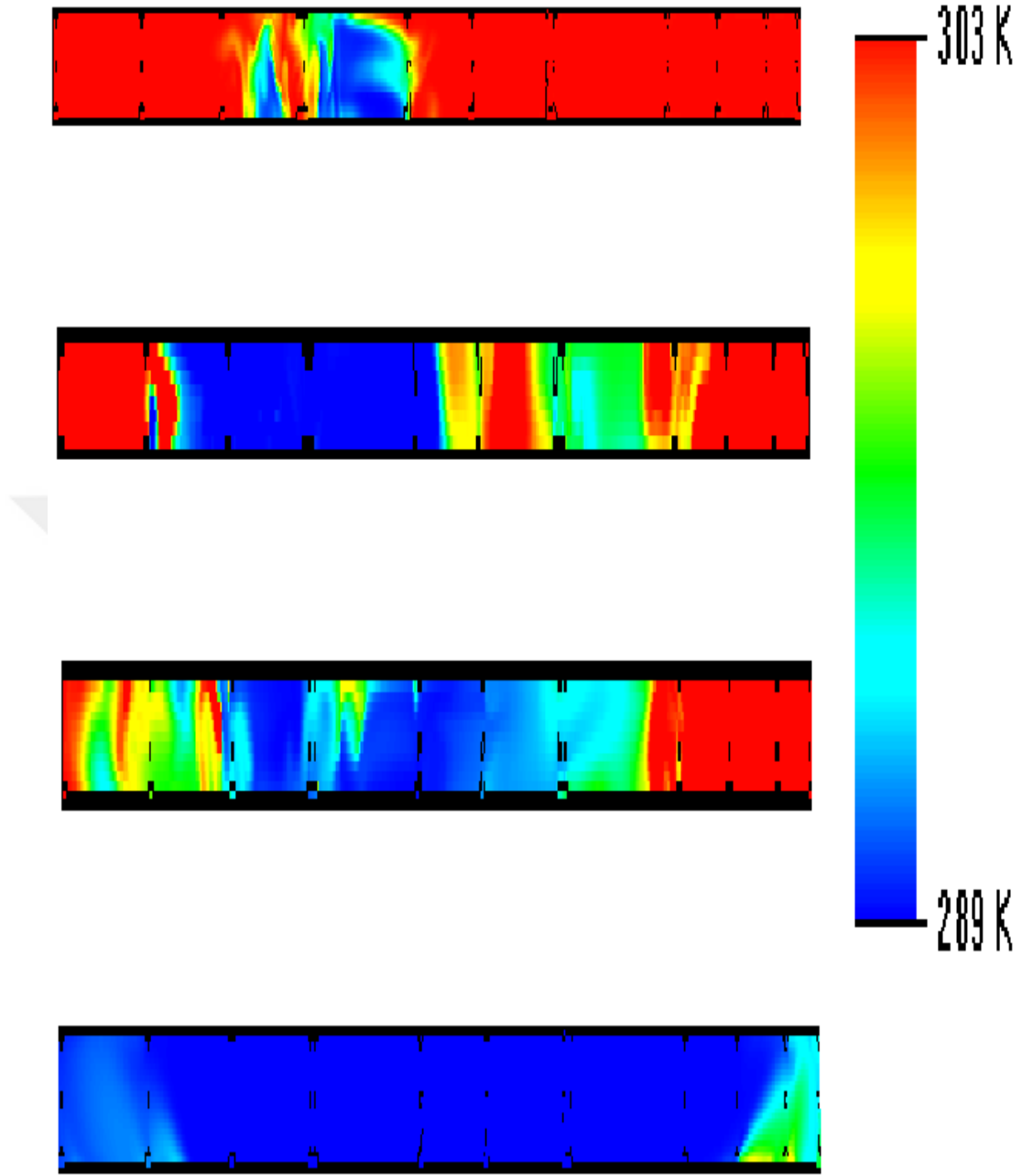
Şekil 4.2.'de Yakıt tipli otobüslerde kullanılan hava kanalının sıcaklık dağılımının yan görünüşü gözlenmektedir. İlk resimde açık bir şekilde soğuk havanın kanal içine

dağılımı görülmektedir. İkinci resimde soğuk hava, kanal içine dağılımı artmış ve son resimde ise hava kanalı tamamen mavi renk olmuş yani hava kanalı komple soğumuştur. Görseller iterasyonun başında, ortasında ve sonunda olmak üzere alınmıştır. Hava kanalı yan görünüş kesiti hava giriş kısmında alınmıştır.



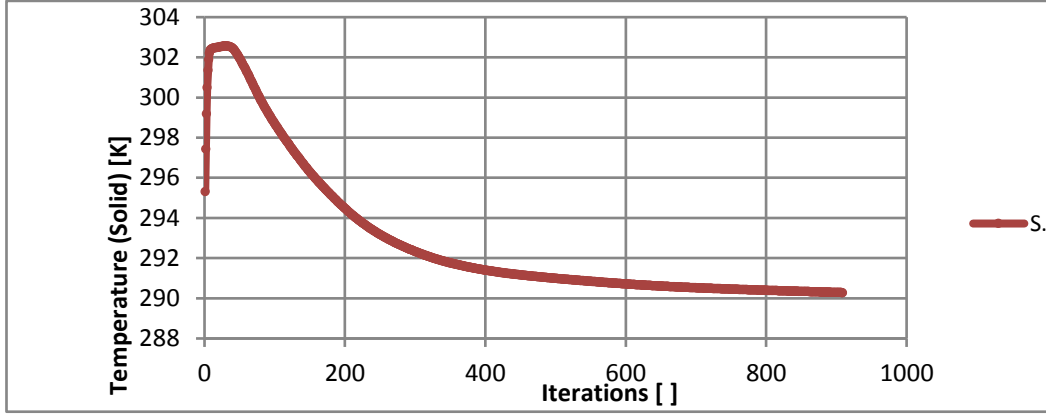
Şekil 4.2. Yakıt tipli otobüslerde hava kanalının yan görünüşü sıcaklık dağılımı

Elektrikli otobüslerde de sıcaklık dağılımı yakıt tipli otobüs hava kanallarına benzerdir. Ancak sıcaklık dağılımı yakıt tipli otobüs hava kanallarında göre daha iyi sonuç göstermektedir. İterasyon başlangıcında mavi renk ile görünen kısım hava girişini göstermektedir. Şekil 4.3.' de elektrikli otobüs hava kanallarının arka görünüş sıcaklık dağılımı gözlemlenmektedir.



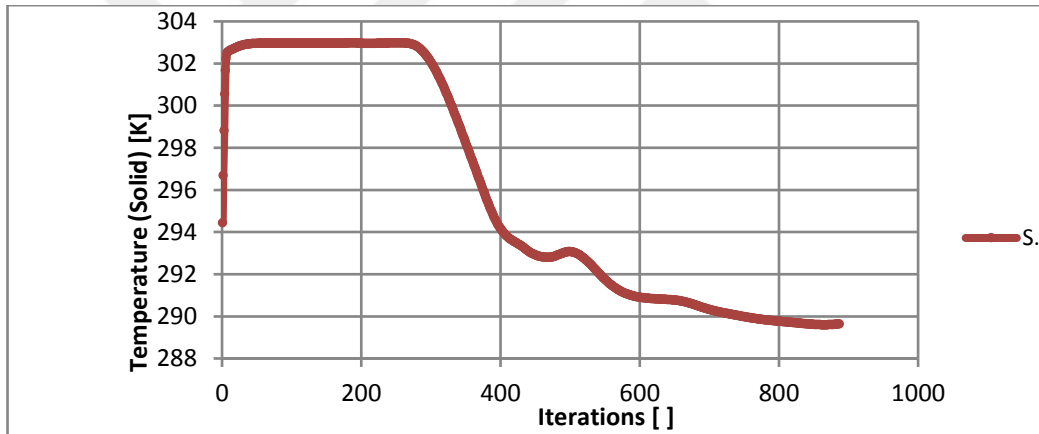
Şekil 4.3. Elektrikli otobüslerde hava kanalı arka görünüş sıcaklık dağılımı

Elektrikli otobüs hava kanalı arkasında bulunan menfezden giren hava sıcaklığı yakıt tipliye göre aynı değerlere sahip olup grafikler benzerdir. Grafik 4.5.'de sıcaklık değerleri 303 K'den 291 K'e düştüğü gözlemlenmektedir.



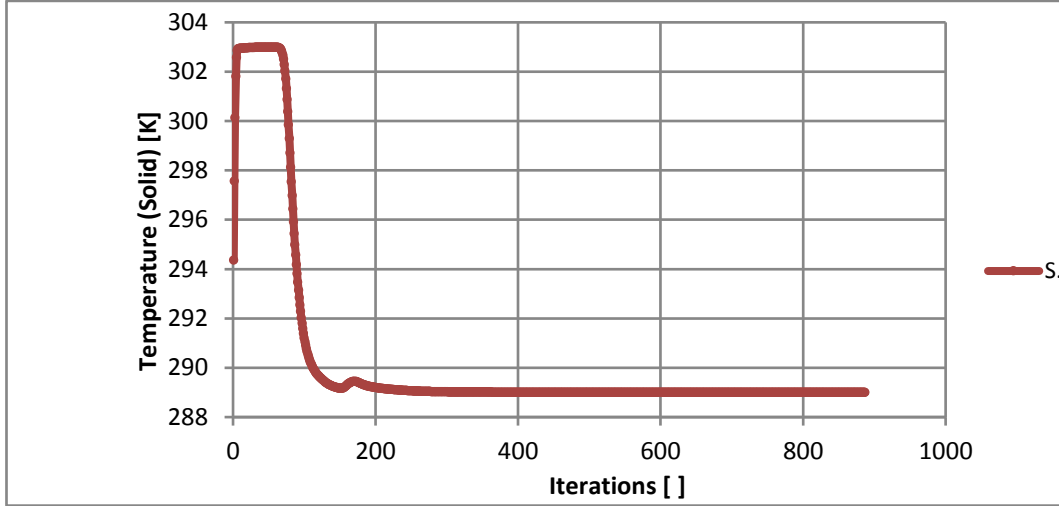
Grafik 4. 5. Elektrikli otobüslerde hava kanalı girişteki ortalama sıcaklık grafiği

Elektrikli otobüs hava kanalının otobüsün arka tarafındaki çıkıştaki sıcaklık grafiği görüntülenmektedir. Grafik 4.6.'da çıkıştaki sıcaklık dağılımı yakıt tipli hava kanalına göre daha iyi bir sonuç vererek sıcaklık ortalama 289 K'e kadar düşmüştür.



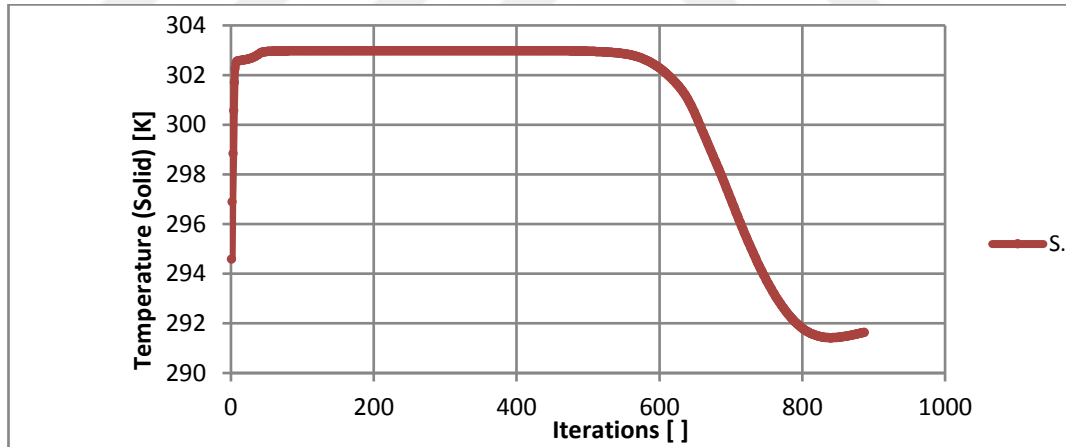
Grafik 4.6. Elektrikli otobüslerde hava kanalının otobüsün arka tarafındaki hava çıkış sıcaklığı

Hava kanalı ortasındaki hava çıkış sıcaklığı yakıt tipli hava kanalına göre daha kısa bir sürede istenilen sıcaklığa ulaşmış olup, 289 K olarak Grafik 4.7.'de gözlemlenmektedir.



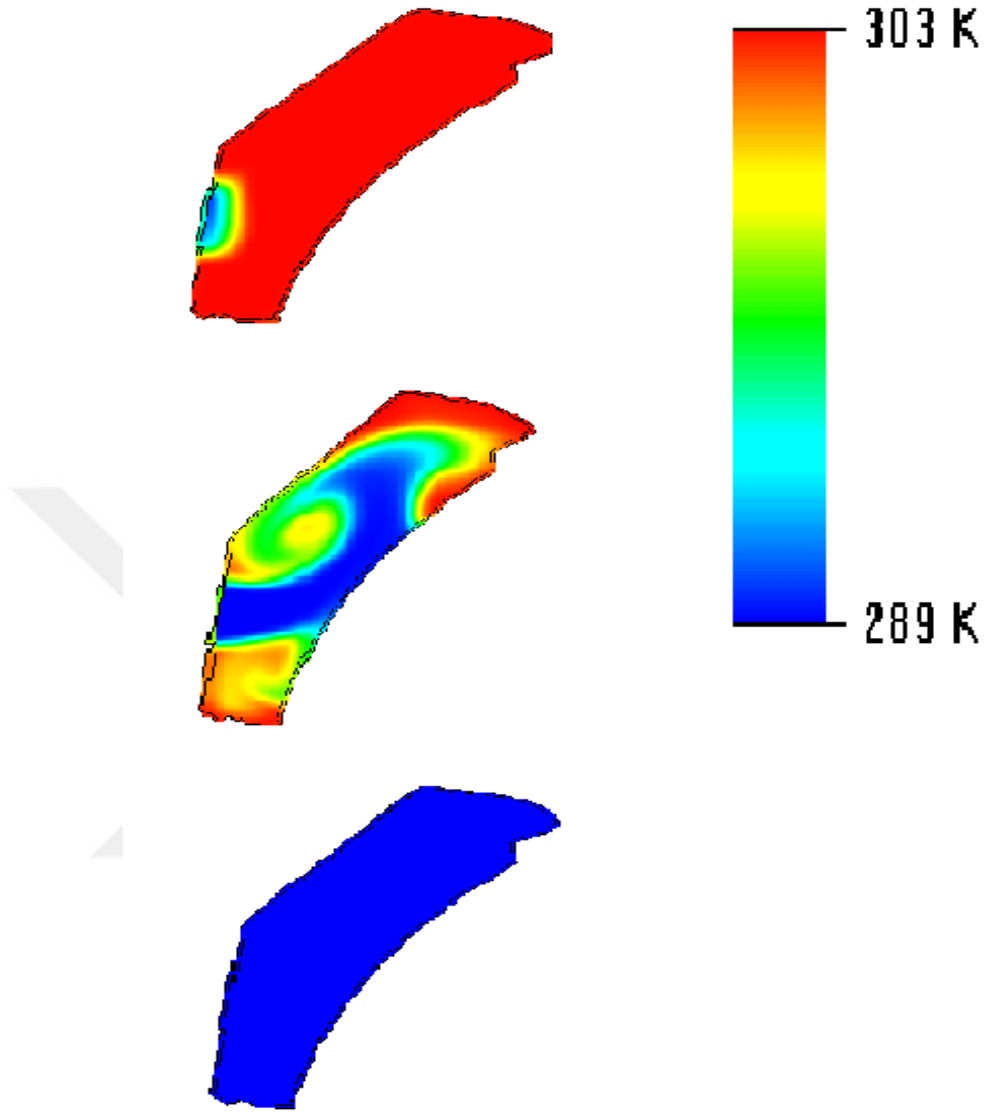
Grafik 4.7. Elektrikli otobüslerde hava kanalının otobüsün orta tarafındaki hava çıkış sıcaklığı

Hava kanalının şoför tarafındaki hava çıkışındaki hava sıcaklığı yakıt tipli otobüs hava kanalına göre daha geç bir sürede düşüş sağlamıştır. Sıcaklık 303 K'den 292 K'e düşmüştür. Şoför tarafı bölgesinde yakıt tipli otobüs hava kanalı sıcaklık dağılımı daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiş ve grafiksel olarak Grafik 4.8.'de gösterilmiştir.



Grafik 4.8. Elektrikli otobüslerde hava kanalının otobüsün ön tarafındaki hava çıkış sıcaklığı

Şekil 4.4.'de elektrikli otobüsün hava kanalının yan kesit görünüşü gözlemlenmektedir. Görsellerden görüldüğü gibi ilk resimde soğuk havanın kanal içine girişi, ikinci görselde ise soğuk havanın hava kanalının ön kısmında bulunan ABS'e çarparak yayıldığını ve son olarak üçüncü resimde ise hava kanalının tam mavi olduğunu yani, soğuduğu görülmektedir.

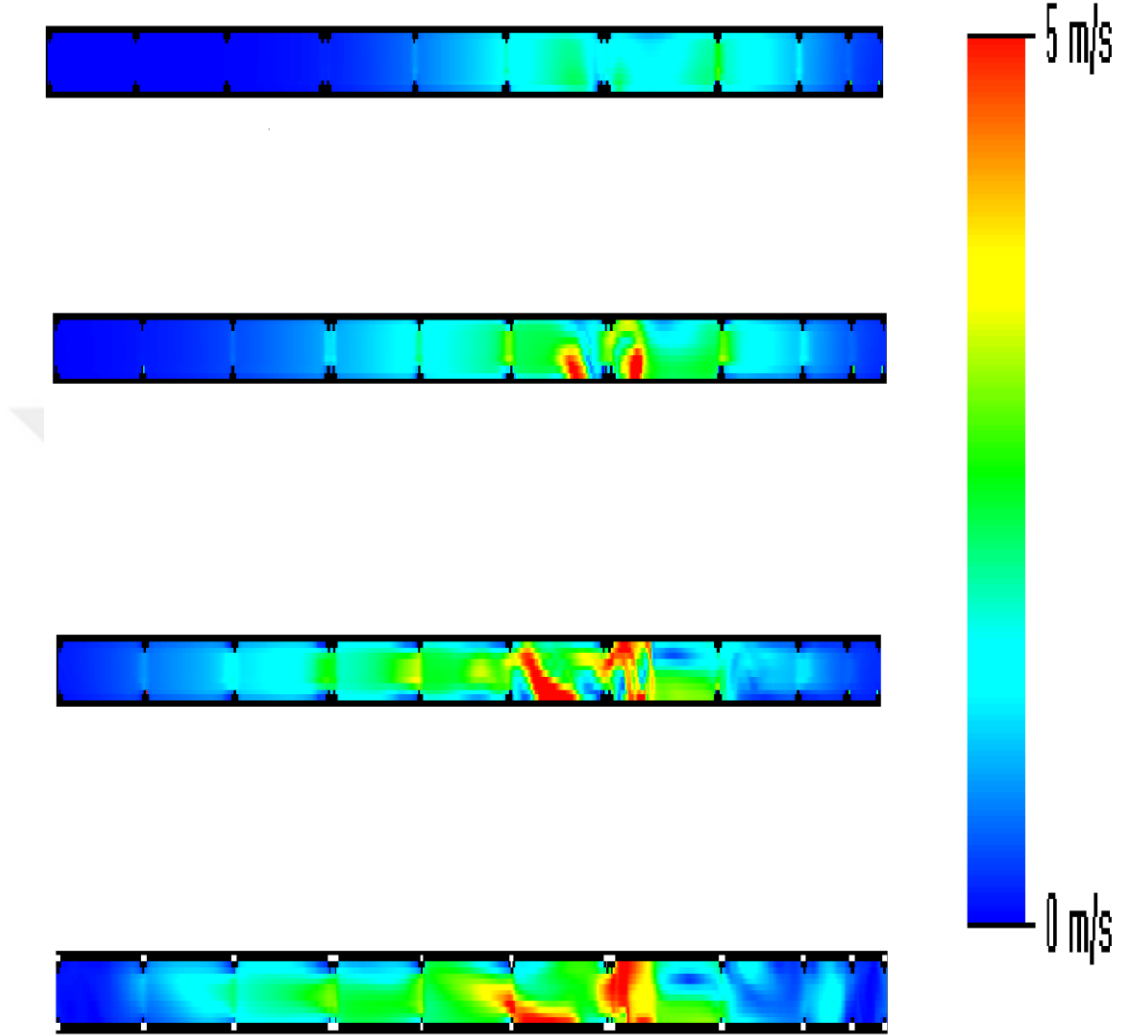


Şekil 4.4. Elektrikli otobüslerde hava kanalının yan görünüşü sıcaklık dağılımı

4.2.2. Hız dağılımı

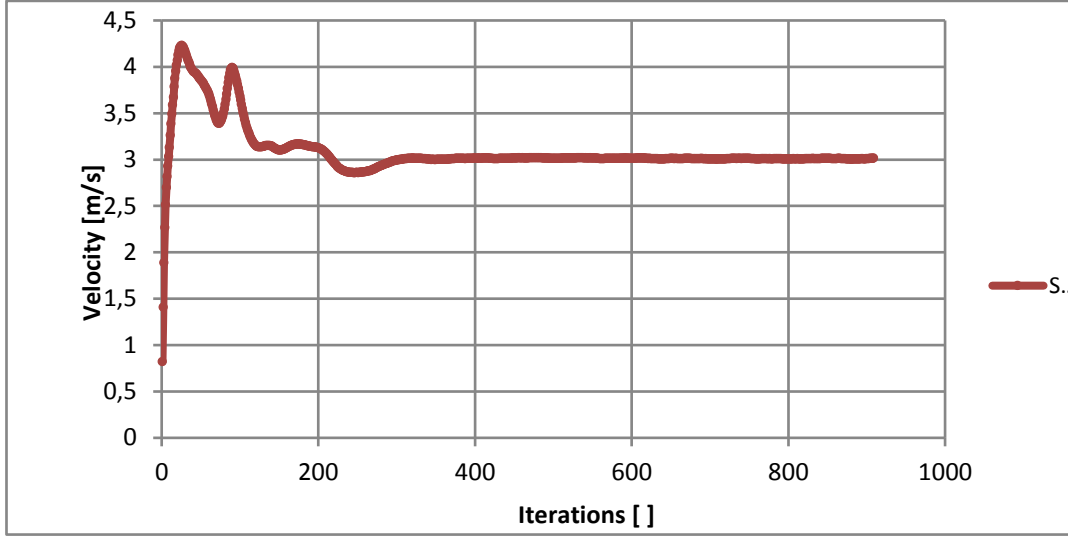
Hava kanallarındaki hız dağılımı sıcaklık dağılımı gibi ön ve yan olmak üzere iki farklı görünüş ele alınmıştır. Yakıt tipli otobüs hava kanallarında hız dağılımı Şekil 4.5.'de gösterilmiştir. Grafikten görüldüğü gibi giriş noktasında yüksek hızlar, otobüsün ön ve arka kısımlarda düşük hızların olduğu gözlemlenmektedir.

Analizde kırmızı ile görünen bölgeler hızın en yüksek olduğu kısımlardır.



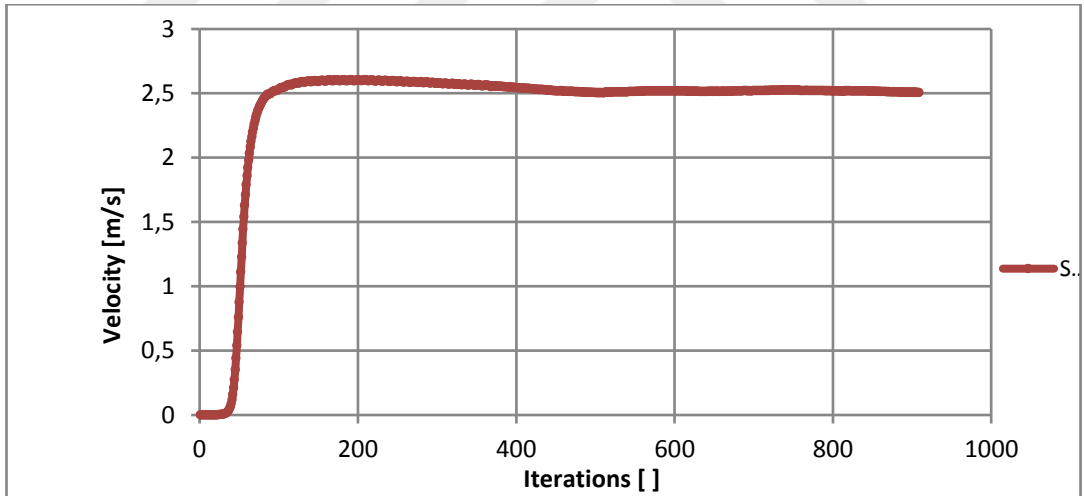
Şekil 4.5. Yakıt tipli otobüs hava kanalının arka görünüş hız dağılımı

Hız dağılımlarına grafiksel olarak baktığımızda iterasyon başlangıcında hız değişimleri gözlenmekte olup, kısa bir süre sonra hız sabit olarak ortalama 3 m/s hıza düştüğü Grafik 4.9.'da görülmüştür. İterasyon başlangıcında hız değişiminin sebebi, menfezden hava kanalı içine hızla giren havanın kanal içinde bulunan plastik parçalara ve kanalın ön ABS parçasına çarparak türbülans oluşturmastır.



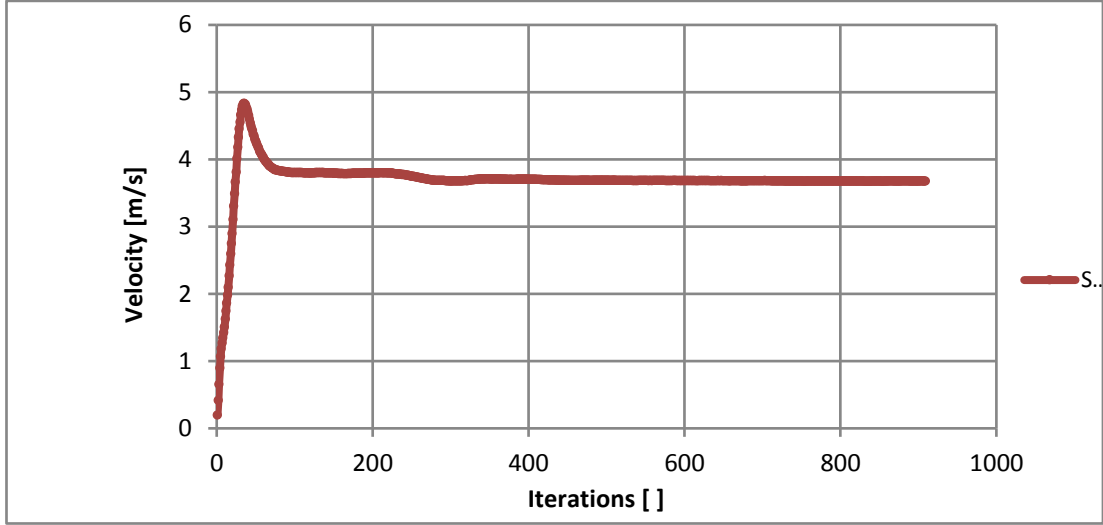
Grafik 4.9. Yakıt tipli otobüsün hava kanalının girişindeki hız dağılımı

Yakıt tipli otobüs hava kanalının otobüs ön tarafındaki hava çıkışındaki hız dağılımı Grafik 4.10.'da gözlemlenmektedir. Çıkıştaki hava dağılımı hızı kısa bir süre içinde kendini dengelemiş olup, 2,5 m/s olarak sonuçlanmıştır.



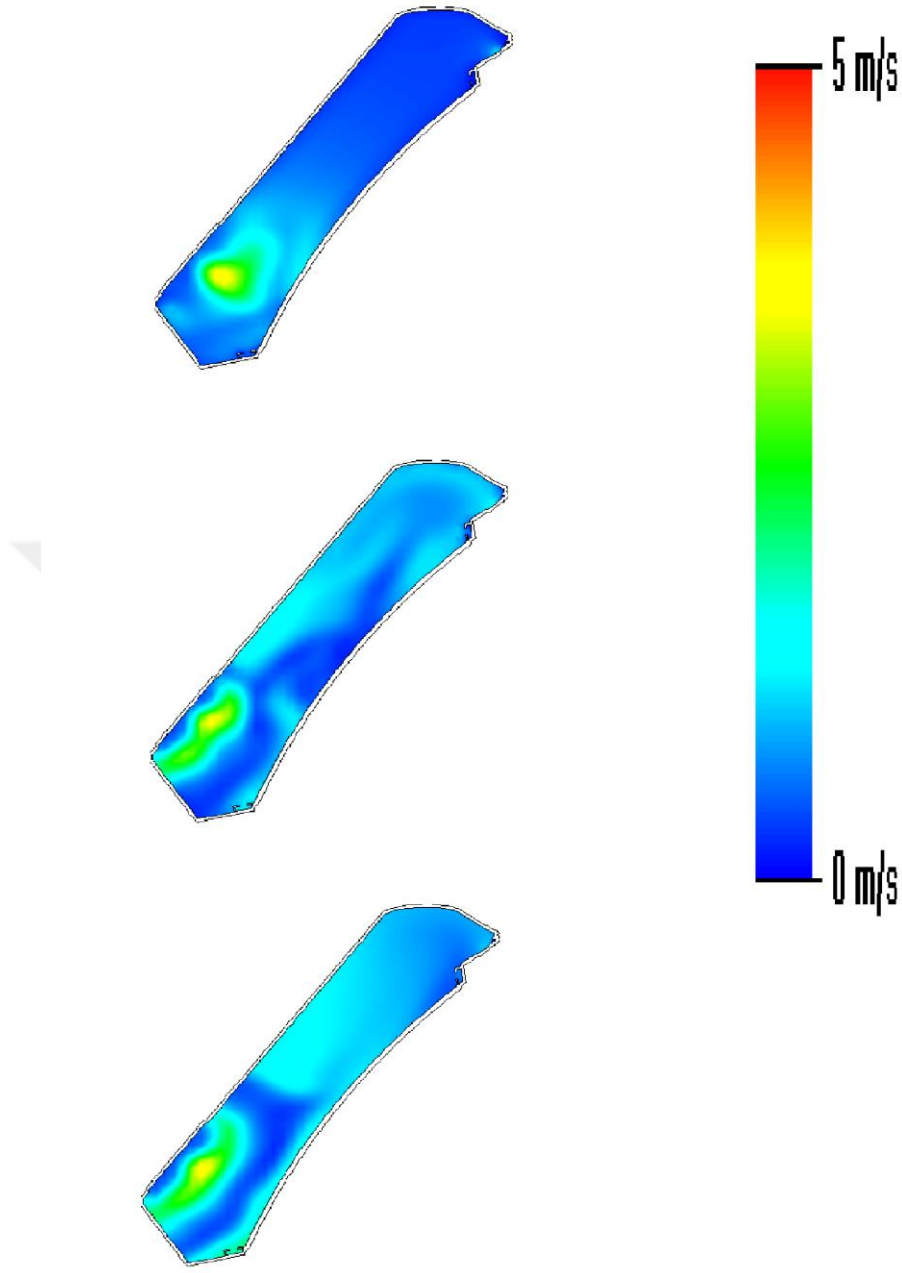
Grafik 4.10. Yakıt tipli otobüsün hava kanalının otobüs ön tarafındaki çıkış hızı

Hava kanalı ortasında bulunan çıkıştaki hızı ise ortalama 3,8 m/s olarak sonuç vermiş ve Grafik 4.11.'de gösterilmiştir. Ortadaki hava hızının yüksek olma sebebi ise menfezlerin hava kanalının orta kısmına daha yakın olmasıdır. İterasyon başlangıcında hava kanalına dahil olan havanın kanal içindeki parçalara çarpması sonucu hız değişimlerinin olduğu gözlenmektedir.



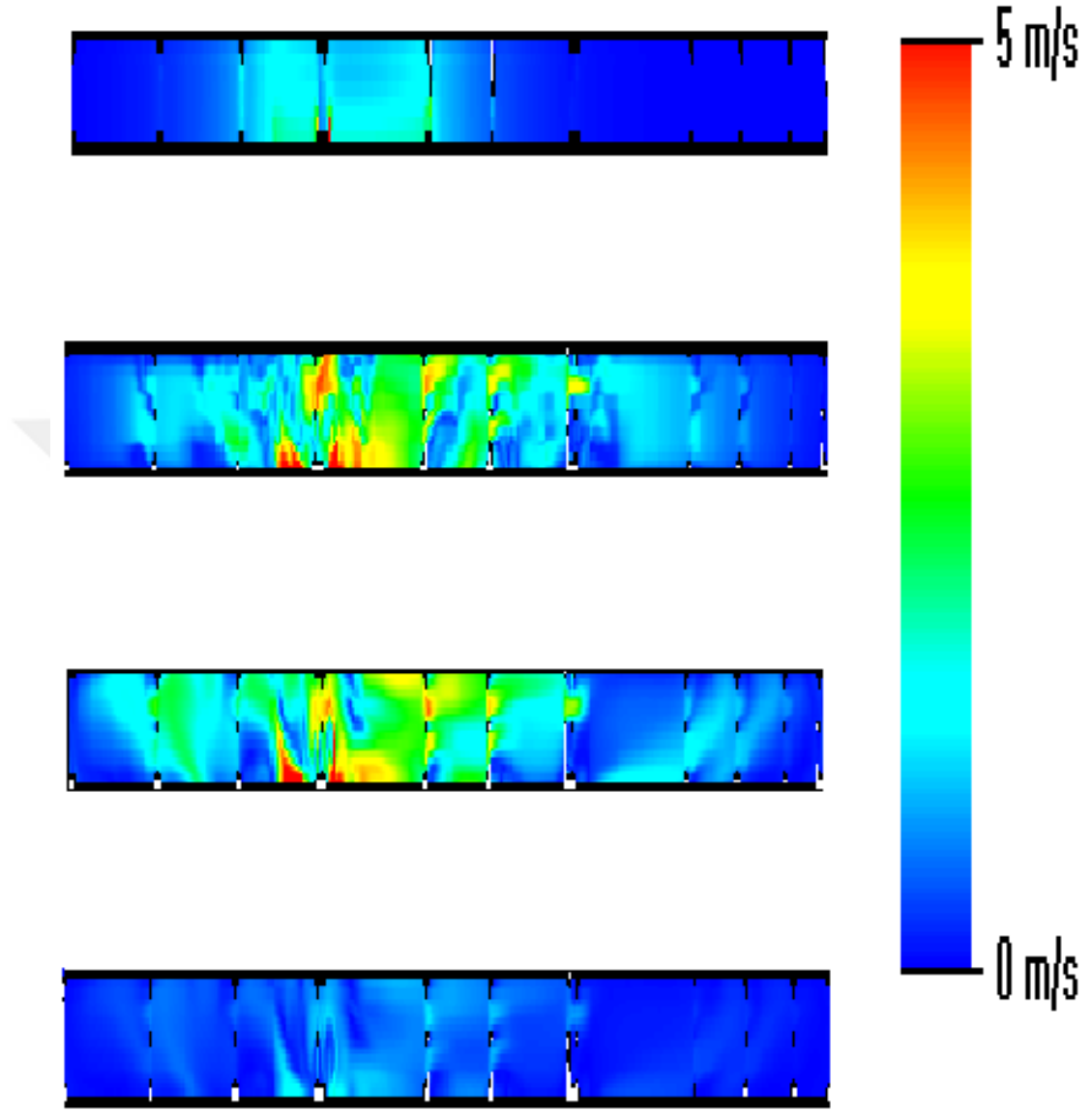
Grafik 4. 11. Yakıt tipli otobüsün hava kanalının otobüs orta tarafındaki çıkış hızı

Şekil 4.6.'da hava kanalındaki hız dağılımının yan görünüş olarak alıntısı gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi iterasyon başlangıcında yeşil renk ile belirlenen kısımdan hava girişi sağlanıyor ve zamanla hava kanalının her tarafında yayılıyor.



Şekil 4.6. Yakıt Tipli otobüslerde hava kanalının yan görünüşü hız dağılımı

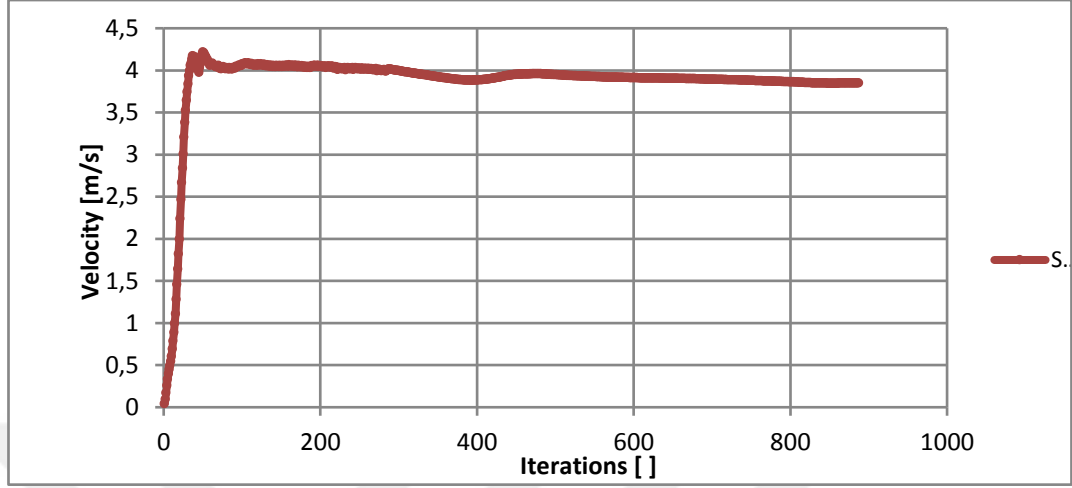
Elektrikli otobüslerde kullanılan hava kanalının hız dağılımı görsel olarak Şekil 4.7.'de verilmiştir. Analiz 0-5 m/s aralığında yapılmış olup bu aralıklarda oluşan hız değişimleri analiz sonucu homojen duruma gelmektedir.



Şekil 4.7. Yakıt otobüslerde hava kanalının arka görünüşü hız dağılımı

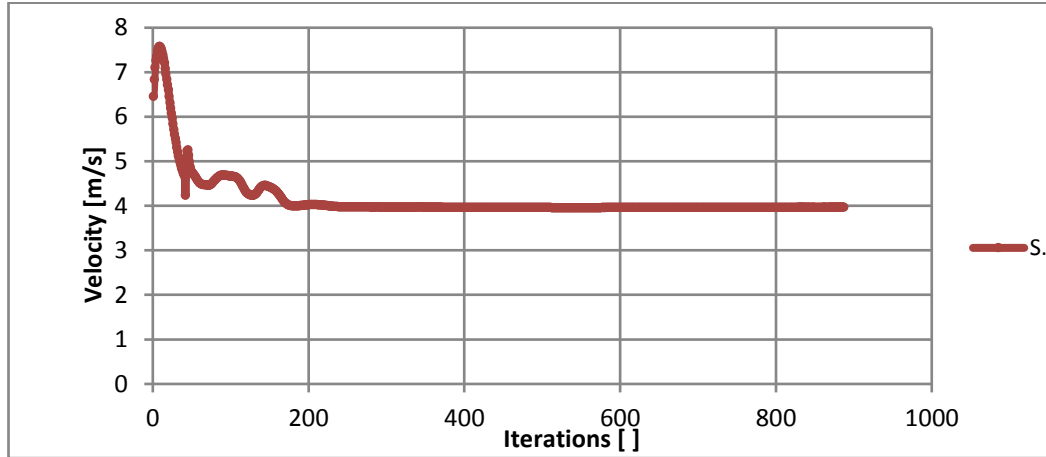
Hava kanalının arkasında bulunan menfezden kanalı içine giren havanın ortalama hız dağılımı grafiği ortalama olarak yakıt tipli otobüs hava kanallarında benzerdir. Hava kanalından hava çıkışı otobüsün ön, orta ve arka olmak üzere üç farklı yerden analiz

edilmiştir. Grafik 4.12.'de otobüs arka tarafındaki slot boşlukta analiz sonucu ortalama 4 m/s olduğu gözlemlenmektedir.



Grafik 4.12. Elektrikli otobüsün hava kanalının otobüs arka tarafındaki çıkış hızı

Hava kanalının orta çıkışındaki hava hızı iterasyon başlangıcında 7,5 m/s görülmüşken kısa bir süre sonra 4 m/s hızda sabitlendiği Grafik 4.13.'de görüntülenmiştir. İterasyon başlangıcındaki hızın yüksek olma sebebi menfez alanında kesit dar olması ve giren havanın kanal içinde bulunan plastik parçalara çarpmasıdır.



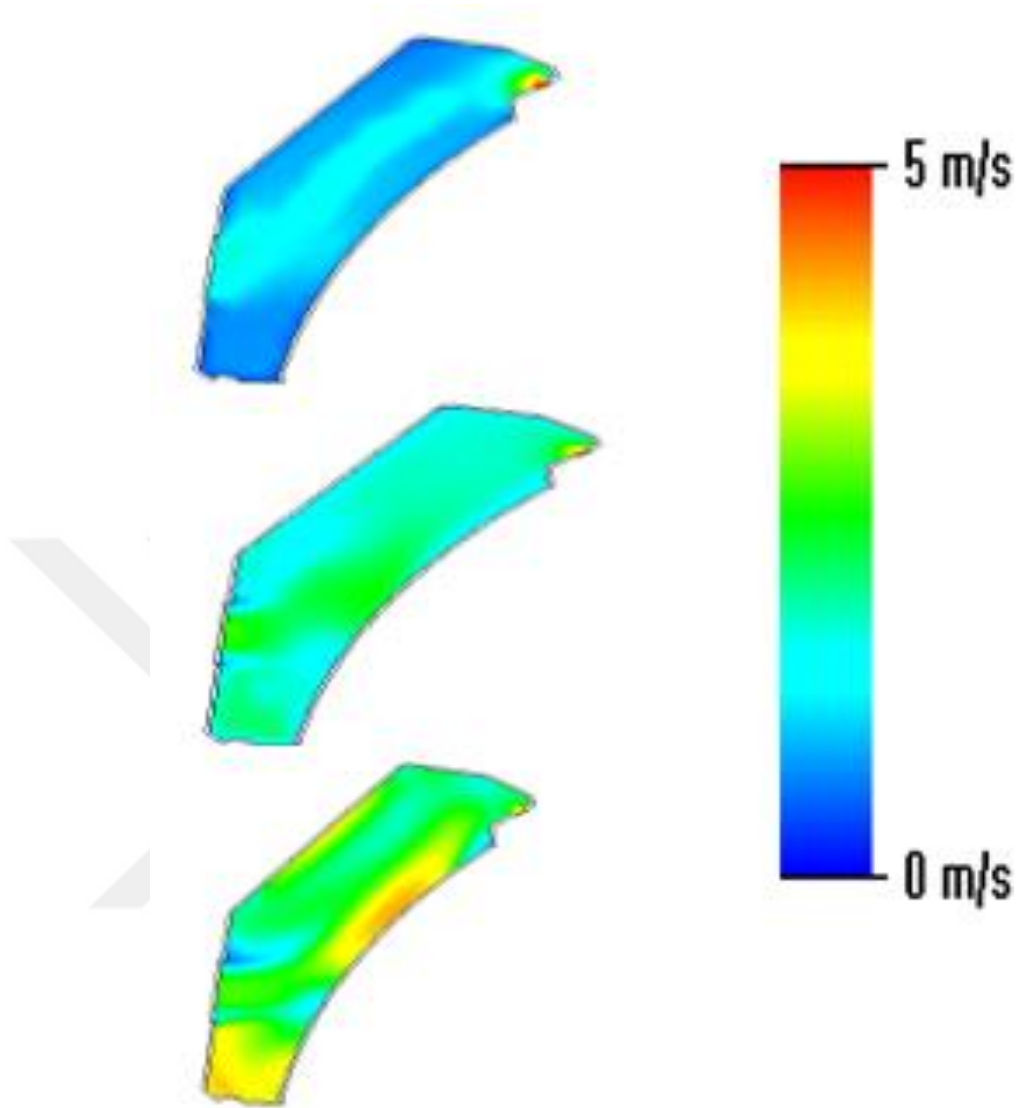
Grafik 4. 13. Elektrikli otobüsün hava kanalının otobüs orta tarafındaki çıkış hızı

Otobüsün ön tarafında bulunan hava çıkış hızı ortalama 2,7 m/s olarak grafiksel olarak Grafik 4.14.'de gözlemlenmektedir. Yakıt tipli otobüs hava kanallarında ise bu değer 2,5 m/s olarak sonuçlanmış olup, hız grafiklerinin birbirine benzer olduğu tespit edilmiştir.



Grafik 4.14. Elektrikli otobüsün hava kanalının otobüs ön tarafındaki çıkış hızı

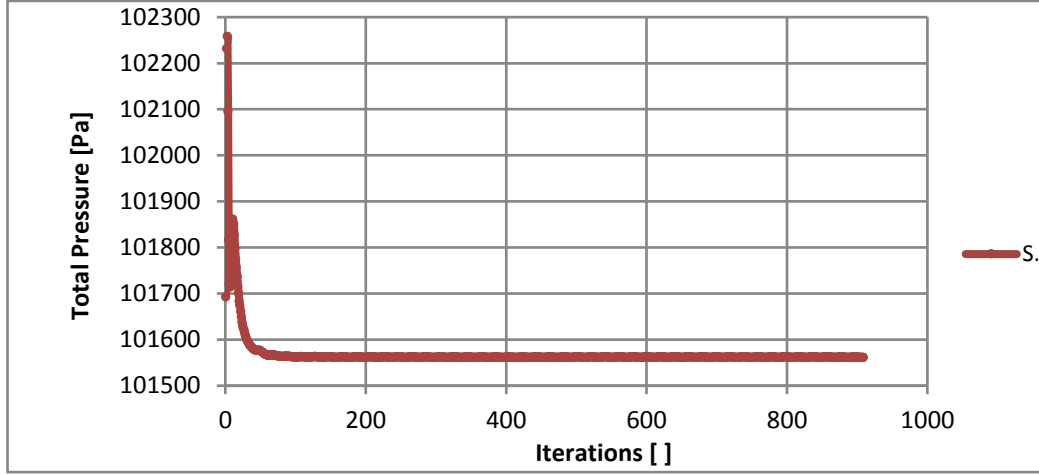
Şekil 4.8.'de hava giriş ve çıkış alanları daha iyi bir şekilde görüntülenmektedir. Kesit resimleri menfezlerin hava kanalı içine girdiği bölgeden alınmıştır. İterasyon başlangıcında hava çıkış bölgesindeki hız kırmızı renkle gösterilmiş olup hızın yüksek olduğu bölgeyi ifade ediyor. İterasyon sonlarında hız ortalama 4 m/s hıza düşmüştür. Her iki hava kanalını karşılaştırsak elektrikli otobüs hava kanalları yakıt tipli otobüs hava kanallarına göre dar kesit alanına sahip olması ve ön ABS'in daha eğimli olmasına göre iyi sonuçlar vermektedir.



Şekil 4.8. Elektrikli otobüslerde hava kanalının yan görünüşü hız dağılımı

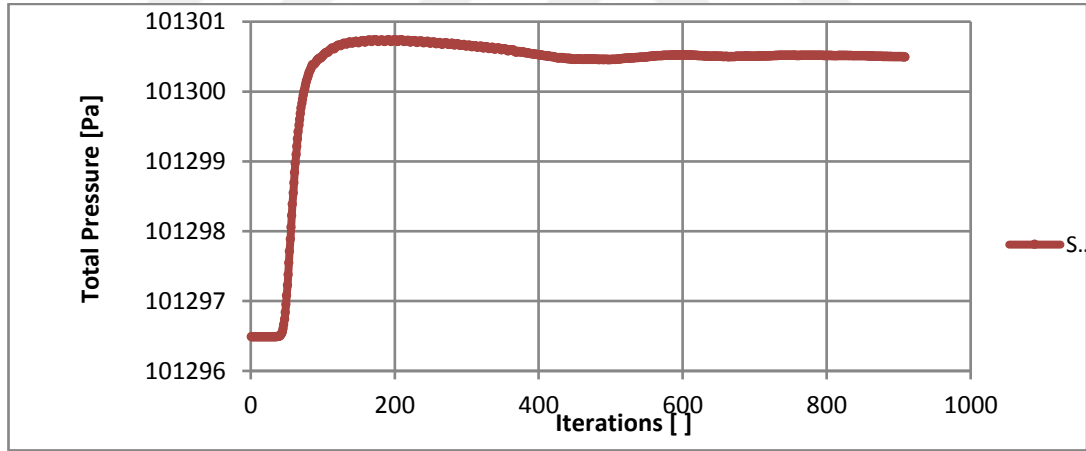
4.2.3. Basınç dağılımı

Yakıt tipli otobüs hava kanalının basınç dağılımı grafiksel olarak incelendiği zaman hava menfezden kanal içine dahil olma basıncı gözlemlenmektedir. Havanın kanal içine girdiği an oluşan yüksek basınç zamanla 101550 Pa basınca düştüğü Grafik 4.15.'de görüntülenmektedir.



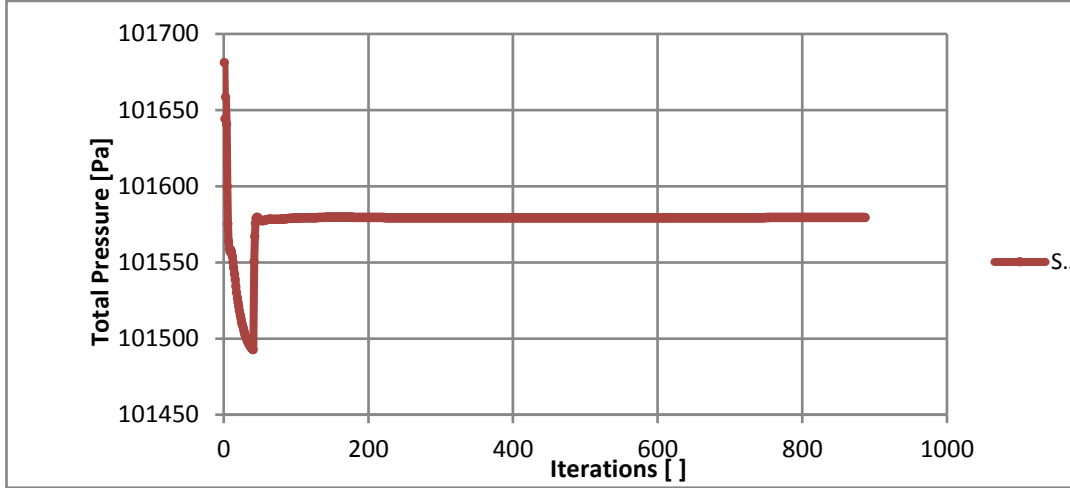
Grafik 4.15. Yakıt tipli otobüsün hava kanalında girişte oluşan basınç dağılımı

Aynı zamanda hava kanalından çıkan havanın otobüs arka, orta ve ön olarak basınç dağılımları grafiksel olarak, incelenmiştir. Grafik 4.16.'dan görüldüğü gibi hava kanalının otobüs arkası tarafındaki çıkışındaki değeri ortalama 101300,5 Pa olarak sonuçlanmıştır.



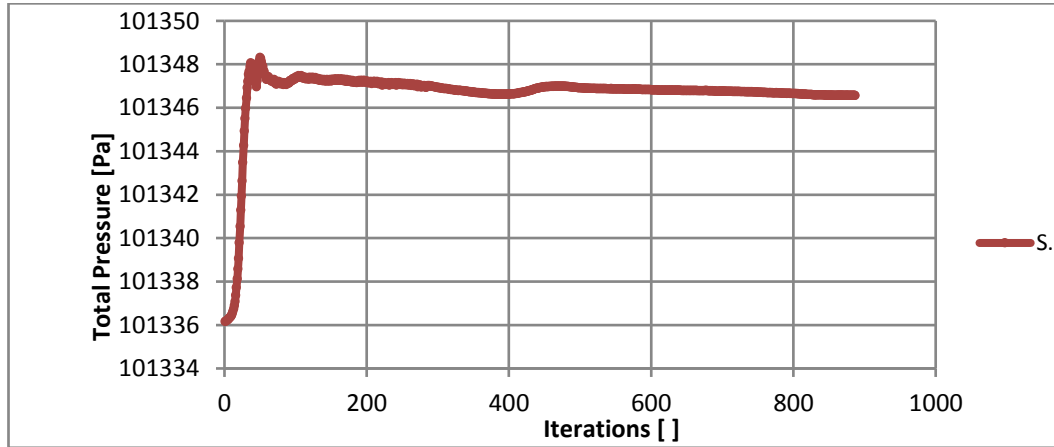
Grafik 4.16. Yakıt tipli otobüsün hava kanalının otobüs arkasındaki çıkışında oluşan basınç dağılımı

Grafik 4.17. ve Grafik 4.18.'de otobüsün orta ve ön tarafındaki hava kanal çıkışlarında oluşan hava basınçları gözlemlenmektedir. Çıkıştaki hava basınçları sırasıyla ortalama 101302 Pa ve 101305 Pa olarak sonuçlanmıştır.



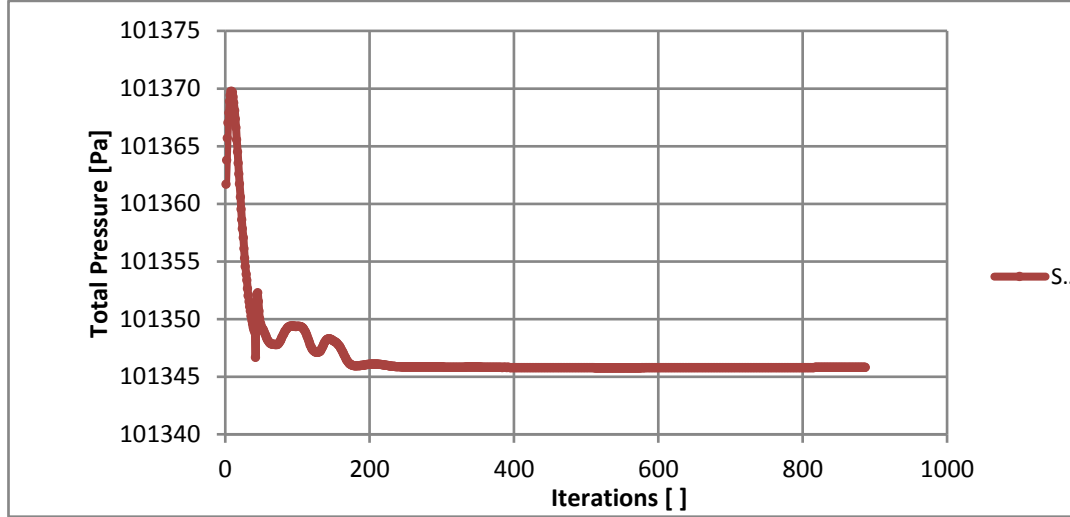
Grafik 4.19. Elektrikli otobüsün hava kanalında girişte oluşan basınç dağılımı

Elektrikli otobüs hava kanallarında otobüs arkasındaki slot boşluktan çıkan havanın basınç dağılımı Grafik 4.20.'de incelenmektedir. Menfezden kanalı içine dahil olan hava kanal boyunca otobüs ön ve arka taraflarına doğru hareket ederken slot boşluklarından otobüs içine hava akışı sağlandığı için basınç değerlerinde düşüş gözlenmektedir. Otobüs arkasındaki hava çıkış basıncı ortalama 101347 Pa olarak sonuçlanmıştır.



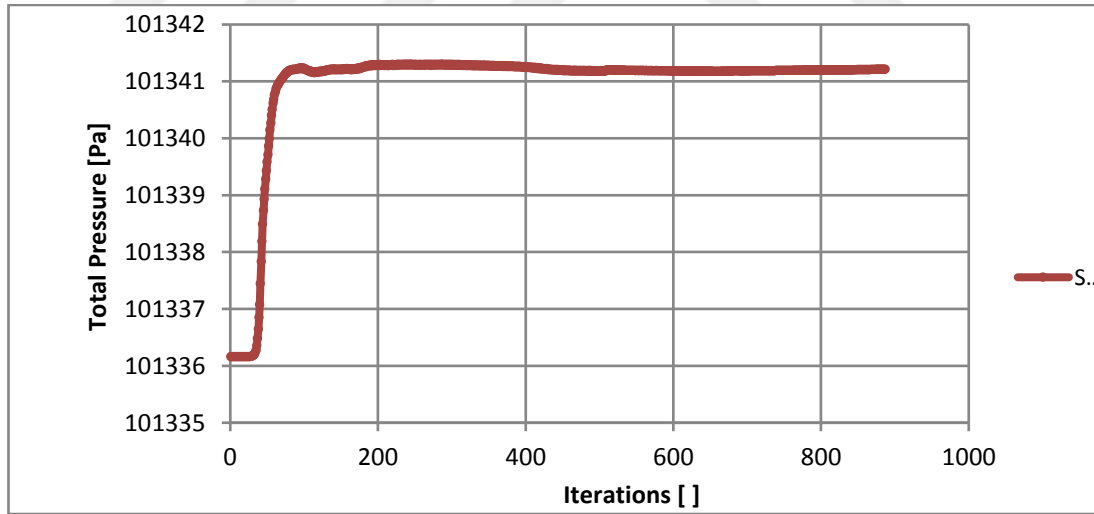
Grafik 4.20. Elektrikli otobüsün hava kanalının otobüs arkasındaki çıkışta oluşan basınç dağılımı

Yakıt tipli otobüs hava kanalına benzer olarak elektrikli otobüs hava kanallarında da menfez girişi yaklaşık olarak otobüs ortasında bulunduğundan iterasyon başlangıcında orta kısımdaki çıkışta yüksek basınç oluşmuş ve hava kanal içine yayıldıktan sonra basınç 101346 Pa değerine kadar düşerek sabit kaldığı Grafik 4.21.'de görüntülenmektedir.



Grafik 4.21. Elektrikli otobüsün hava kanalının otobüs ortasındaki çıkışında oluşan basınç dağılımı

Grafik 4.22.'de görüldüğü gibi kanal ortasından dahil olan havanın otobüsün ön tarafına belirli bir zamanla ulaştığı için başlangıçta düşük basınç oluşmuş ve hava kanal boyunca tam yayıldığı zaman ise ortalama basınç değeri 101341 Pa olarak sabit kaldığı gözlemlenmiştir.

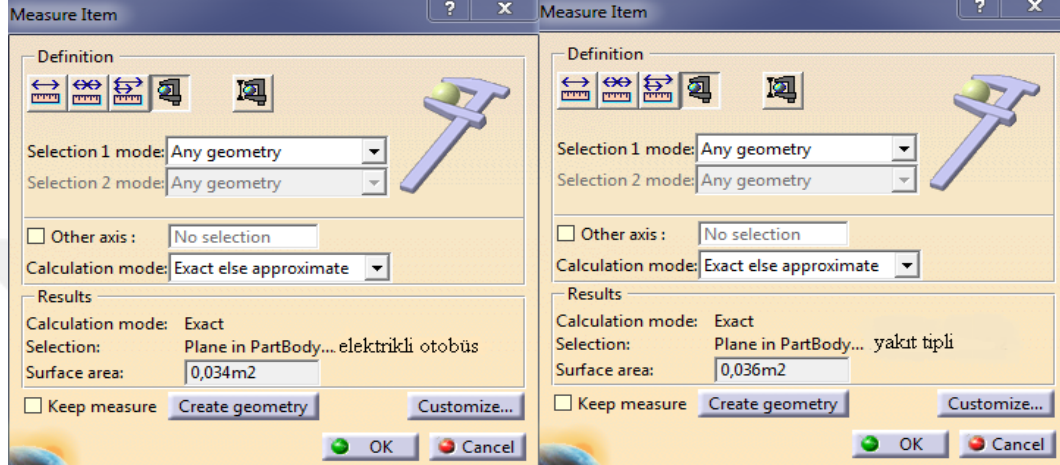


Grafik 4.22. Elektrikli otobüsün hava kanalının otobüs ön çıkışında oluşan basınç dağılımı

4.2.4. Akış alanı ve kütle

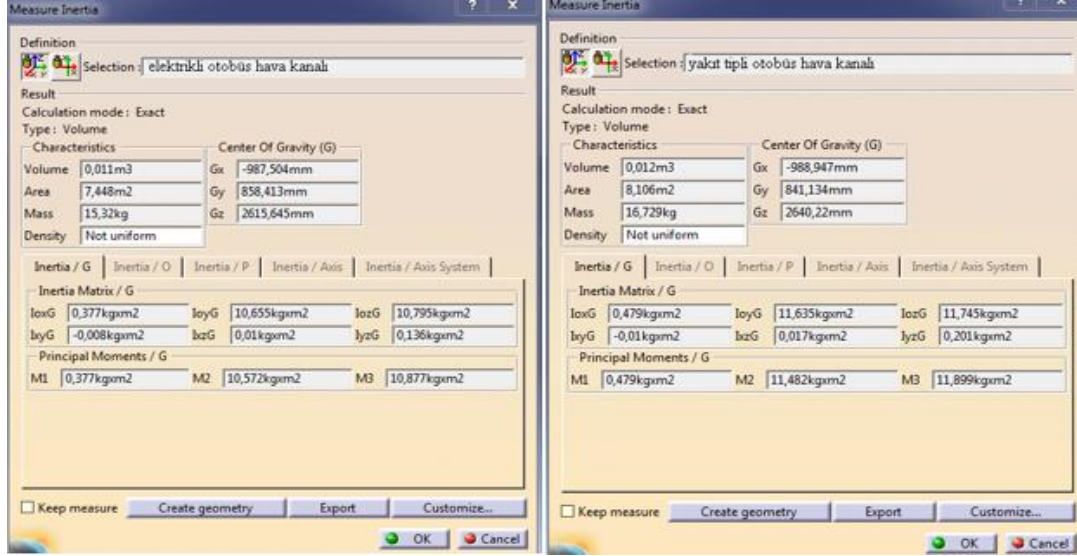
Hava kanallarının CATIA V5R20 programında tasarımı yapıldıktan sonra detay parçalara malzeme tanımları yapılmıştır. Akış alan hesabı program üzerinden Measure Item komutu kullanılarak karşılaştırılmıştır. Program alıntısından aşağıda görüldüğü

gibi elektrikli otobüs hava kanallarının akış alanı yakıt tipli otobüs hava kanallarına göre daha dar alana sahip olup, havanın kanal boyunca daha verimli dağılımını sağlamaktadır. Elektrikli otobüs hava kanallarının hava akış alanı $0,034m^2$ ölçülmüşken, yakıt tipli otobüs hava kanallarının hava akış alanı $0,036m^2$ olarak ölçülmüştür Şekil 4.9.'da gösterilmiştir..



Şekil 4.9. Hava kanallarının akış alan karşılaştırılması

Hava kanallarının kütle hesabı program üzerinden Measure İntertia komutu kullanarak belirlenmiştir. Karşılaştırma sonucu elektrikli otobüs hava kanallarının yakıt tipli otobüs hava kanallarında göre daha hafif olduğu tespit edilmiştir. Analizde otobüsün sol tarafı baz alınmış olup kütle hesabı yapılan hava kanalından her otobüs için üç adet kullanılmaktadır. Her iki otobüs için bu hesabı yaparsak, kütle hesaplarını üç ile çarpmamız gerekecek. Şekil 4.10.'da görüldüğü gibi programdan alınan bilgiye göre elektrikli otobüs hava kanallarının kütlesi ortalama 46 kg iken, yakıt tipli otobüs hava kanallarının kütlesi ortalama 52 kg'dır. Yani, elektrikli otobüs hava kanallarının kütlesi diğerine göre 6 kg daha hafiftir.



Şekil 4.10. Hava kanallarının kütle karşılaştırılması

4.2.5. Maliyet analizi

Yakıt tıplı otobüs hava kanalının maliyet analizi Tablo 4.1.'de verilmiştir. Belirtilmiş analiz bir hava kanalı için geçerli olup, otobüsün sol tarafında bu hava kanalından üç adet kullanılmaktadır. Otobüsün sol tarafı için hava kanalı maliyeti 4138,95 TL hesaplanmıştır.

Elektrikli otobüs hava kanallarının maliyet analizi de benzer tabloya sahip olup, hava kanalında kullanılan ABS parçalarda yanmazlık özelliği bulunduğundan dolayı fiyat diğer hava kanalına göre daha yüksektir.

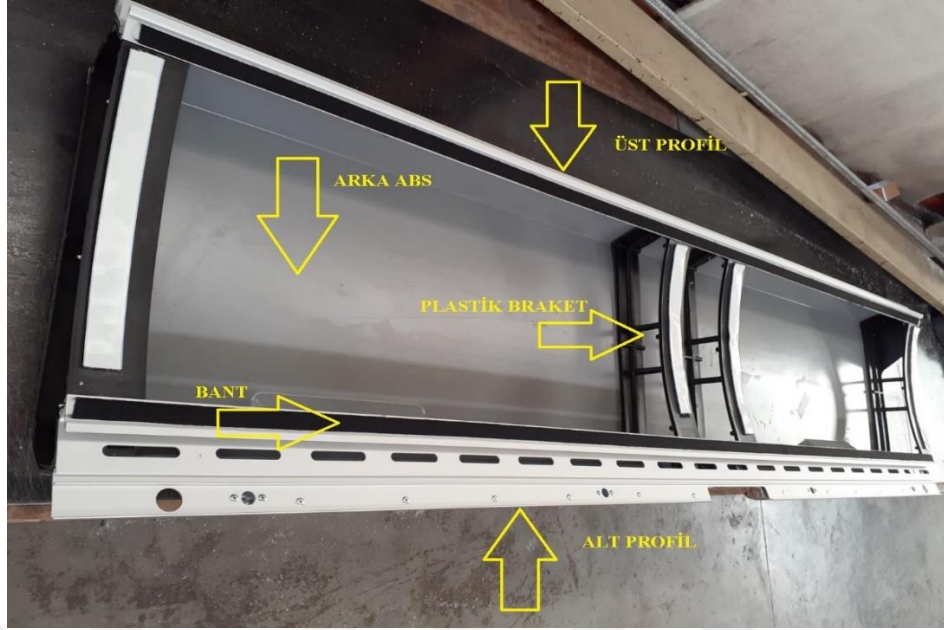
Elektrikli otobüs hava kanallarının ortalama maliyeti ise 5696,55 TL olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Yakıt tipli otobüs hava kanalının maliyet analizi

TEDARİKÇİ FIRMA			PARÇA NO		PARÇA ADI		SİPARİŞ ADETİ	RAPOR TARİHİ	5 KUR
ANONİM			YAKIT TIPLI OTOBÜS HK		ALM PROF.			4/22/2021	88.20
1-HAMMADDE MALİYETİ									668,074
SIRA NO	DETAY KOD	MALZEME	LME S/Ton	PREMIUM S/Ton	MIKTAR Kg-M-Ad-Li	% FİRE	TOPLAM	B.FİYAT Kg	TUTAR
1		ALUMINYUM PROF ÜST			2.90		2.90	32.85 TL	95.27 TL
2		ALUMINYUM PROF ALT					2.90	32.85 TL	95.27 TL
3		PİM					4.00	5.37 TL	21.48 TL
4		PLASTİK AYAK					4.00	13.40 TL	53.60 TL
5		BİNDER BANT					3.20	9.47 TL	30.30 TL
6		CTVATA					16.00	1.35 TL	21.60 TL
7		SOMUN					16.00	0.48 TL	7.68 TL
8		PUL					16.00	0.10 TL	1.60 TL
9		ÖN ABS					1.00	161.58 TL	161.58 TL
10		ARKA ABS					1.00	128.00 TL	128.00 TL
11		ARKA TAKVİYE SACI					1.00	20.00 TL	20.00 TL
12		PERÇİN					97.00	0.10 TL	9.70 TL
13		YAN KAPAMA SAC					1.00	20.00 TL	20.00 TL
14		FİTİL					1.00	2.00 TL	2.00 TL
2-İŞÇİLİK MALİYETİ									378.00
DETAY KODU	OP. NO	OPERASYON TANIMI			OPR.ZMN (Dk) (AD)		B.FİYAT (TL/AD)		TUTAR
0001	1	MAKİNE İŞÇİLİK			30.00		10.00 TL		300.00 TL
0002	2	MONTAJ İŞÇİLİK			26.00		3.00 TL		78.00 TL
3-AMBALAJ EKİPMANI MALİYETİ									20.00
SIRA NO		AMBALAJ EKİPMANI			BİRİM FİYAT	MIKTAR	BİRİM	AMBALAJ ADETİ	TUTAR
1		KORUYUCU FILM			10.00 TL	2.00	AD	1.00	20.00 TL
6-DİĞER MALİYETLER									107.13
SIRA NO		GİDER TANIMI		TL/ADET	GELE GİDER MALİYETİ	SÜRE	GÜN/FAİZ	TOPLAM FAİZ ORANI	TUTAR
1		Genel Giderler							107.13
2		Finansman Giderleri							0.00
3		FİRE							0.00
MALİYET TANIMLARI & ESKALASYON					TUTAR	% ORAN	AÇIKLAMA		
1-HAMMADDE MALİYETİ									
2-İŞÇİLİK MALİYETİ									
3-FASON İŞLEM MALİYETİ									
6-DİĞER MALİYETLER									
ARA TOPLAM			KAR %10		Fire Maliyeti	NAKLİYE BEDELİ	TOPLAM MALİYET		
1,379.65 TL			151.76 TL		20.00 TL		1,379.65 TL		
HAZIRLAYAN			ONAYLAYAN		SONUÇ				
ELSHAD VALİYEV									

4.3. Prototipin Oluşturulması

Elektrikli otobüs ve yakıt tipli otobüs hava kanalları aynı malzemelerden oluştuğu ve üretim montaj şekli çok benzer olduğu için prototipin oluşturulması tek tip hava kanalı üzerinden yapılmaktadır. Her iki hava kanalı alt alüminyum, üst alüminyum, arka ABS, ön ABS, plastik braketler ve montaj malzemelerinden oluşmaktadır. Şekil 4.11.'de hava kanalı montaj parçaları gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Hava kanalı montaj parçaları

Alt alüminyum profili CNC tezgahlarda işlenmekte olup, profil üzerinde bulunan slot boşluklar hava çıkışlarını, ancak bu boşlukların altında bulunan delikler ise otobüs içine montajını sağlamaktadır. Üst alüminyum profil kesitinde bulunan boşluk yardımıyla otobüs tavanına geçme olarak montajı yapılmaktadır. Hava kanalı içinde bulunan plastik braketler, belirli aralıklarla koyularak hava kanalına sağlamlık ve form vermek için kullanılmaktadır. Plastik braketler alüminyum profillere cıvata ve somun bağlantı elemanları ile sabitlenmektedir.

Alüminyum profiller üzerinde bulunan tek tarafı yapışkan olan bantların görevi ise ABS parça ile alüminyum profilin birbirine temas ederek ortaya çıkan sesi önlemektir. Plastik braketler üzerinde bulunan beyaz cırt bantlar yapışkanlı olup, ön ABS'in yapışmasını, kaymamasını sağlamaktadır. Ön ABS'in iç tarafında bazı uygulamalar yapıldıktan son ABS profil kesitinde bulunan boşluklara geçerek ve ayaklar üzerinde bulunan beyaz bantlara yapışarak montajı yapılmaktadır. Ayaklara yapıştırılan bantların ikinci bir görevi de oluşan sesi önlemektir. Aynı zamanda arka ABS montajında da ayaklarla ABS arasında bant uygulaması yapılmaktadır. Şekil 4.12.'de hava kanalının montaj olunmuş şekli bulunmaktadır.



Şekil 4.12. Hava kanalı montajı

Otobüs üzerinde montaj kolaylığından dolayı ve servis yapılabilirlik açısından hava kanalları birkaç boyda üretilerek otobüse montajı yapılmaktadır. Hava kanallarının otobüs içinde montajı yapılırken, iki hava kanalı arasında oluşan boşluktan hava kaçağını önlemek amacıyla hava kanalının başında ve sonunda bulunan plastik braketlerde bulunan boşluklara fitil takılmaktadır. Hava kanalının tavan montajı Şekil 4.13.'da gözlemlenmektedir.



Şekil 4.13. Hava kanalının otobüs tavana montajı

BÖLÜM 5. TEST UYGULAMALARI

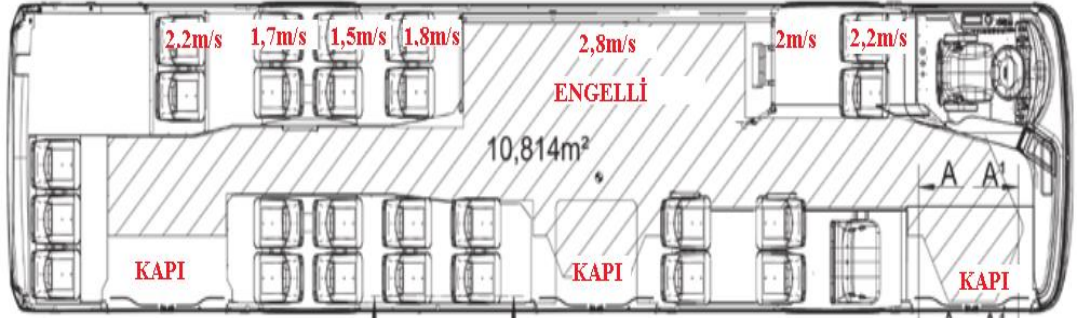
5.1. Hava Çıkış Hızı Ölçümü

Test uygulamaları sadece yakıt tipli otobüs hava kanalları için yapılmış olup, hız ve sıcaklık ölçüm cihazı olan KIMO VT200 Anemometre cihazı kullanılmıştır. Ölçüm cihazı Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. KIMO VT200 Anemometre <https://www.netzerotools.com/kimo-vt200-l-thermo-anemometer> (Erişim tarihi 01.03.2021)

Öncelik olarak otobüs çalıştırıldıktan sonra klima 24 °C olarak ayarlanarak ölçümler yapılmıştır. Başlangıçta otobüsün sol tarafında bulunan yolcu oturakları üzerinde bulunan hava kanalı slot boşluklarından yolcular üzerine gelen havanın hızı ölçülmüş ve değerler Şekil 5.2.'de belirtilmiştir.



Şekil 5.2. 24 °C sıcaklıkta yolcu bölgesi üzerindeki hava çıkış hızı

SOLIDWORKS programı ile yapılan analiz sonuçlarına göre ortam sıcaklığı 289 K olduğundan, klima sıcaklık değeri 17 °C 'ye düşürülerek yeniden ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler şoför bölgesi, otobüsün ön, orta ve arka olmak üzere dört farklı bölmeler üzerinde ölçülmüş, Tablo 5.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. 17 °C Sıcaklıkta Hava Çıkış Hızı

OTOBÜS KONUMU	HIZ	BİRİM
KONSOL	3.1	m/s
ŞOFÖR KABİNİ	1.7	m/s
ÖN	3.5	m/s
ORTA	2.4	m/s
ARKA	2.3	m/s

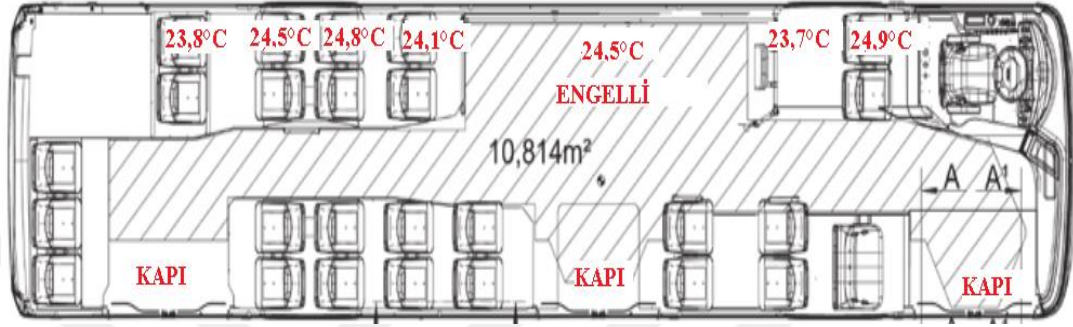
Şoför bölgesinin üst ve direksiyon yanındaki hava çıkışlarında yapılan ölçümler Şekil 5.3.'de verilmiştir.



Şekil 5.3. 17 °C Sıcaklıkta şoför hava çıkış hızı ve sıcaklık

5.2. Yolcu Bölmesi Altındaki Sıcaklık Dağılımı

Hız ölçümünde olduğu gibi sıcaklık ölçümünde de klima 24°C ve 17°C olarak iki farklı sıcaklıklarda çalıştırılmıştır. Her yolcu üzerine gelen hava sıcaklığı 24°C sıcaklık için ölçümler yapılmış ve ölçüm değerleri Şekil 5.4.'de gözlemlenmektedir.



Şekil 5.4. 24 °C sıcaklıkta yolcu üzerindeki hava sıcaklık dağılımı

Tablo 5.2.'de gösterildiği gibi klima sıcaklık değeri 17°C'ye düşürülmüş ve ölçümler tekrardan yapılmıştır. Yapılan sıcaklık ölçümleri şoför bölmesi, otobüsün ön, orta ve arka bölmesi olarak farklı bölgelerdeki sıcaklık değerleri kaydedilmiştir.

Tablo 5.2. 17 °C sıcaklıkta hava sıcaklık dağılımı

KOLTUK SIRASI	SICAKLIK	BİRİM
KONSOL	18.2	°C
ŞOFÖR KABİNİ	17.8	°C
ÖN	17.4	°C
ORTA	17.1	°C
ARKA	17.8	°C

Analiz sonuçları ile karşılaştırmak gerekirse, ölçüm değerlerinin analiz sonuçlarına yakın değerler olduğu görülmüştür.

5.3. Debi Ölçümü

Debi ölçümleri, aynı tip hava kanalına sahip 18m uzunluğunda körüklü otobüs üzerinde yapılmıştır. Debi ölçümünün yanı sıra sıcaklık ve hız değerlerine de bakılmış olup, Tablo 5.3.'de verilmiştir. Otobüs kliması 17°C olarak ayarlanmış, ölçümler bu

sıcaklığa değerine göre yapılmıştır. Otobüsün ön kısmında 3 değer ve körük sonrası kısmında ise 2 değer kaydedilmiştir.

Tablo 5.3. 18m uzunluğunda körüklü otobüsü için hava sıcaklık, hız ve debi ölçüm değerleri

SIRA	SICAKLIK	BİRİM	HIZ	BİRİM	DEBİ	BİRİM
OTOBÜS 1	19	°C	2.2	m/s	79	m ³ /h
OTOBÜS 2	19.6	°C	2.6	m/s	92	m ³ /h
OTOBÜS 3	17.6	°C	3.9	m/s	141	m ³ /h
KÖRÜK 1	16.9	°C	4.9	m/s	175	m ³ /h
KÖRÜK 2	16.1	°C	4.1	m/s	148	m ³ /h

Otobüs içi hava sıcaklık, hız ve debi ölçüm değerleri aynı ölçüm cihazı olan anemometre ile yapılmış olup Şekil 5.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Debi ölçümü

BÖLÜM 6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada yakıt tipli otobüs hava kanalı ve elektrikli otobüs hava kanalları için akış analizleri yapılmış olup, prototipleri oluşturulmuştur. Elektrikli otobüs hava kanalının kesit alanı veya akış alanı diğerine göre dar olduğundan analiz sonuçlarında farklılık göstermektedir. Analiz sonuçlarından da görüldüğü gibi otobüsün ön ve arka bölgelerinde hava çıkışları orta bölgeye göre biraz düşük kalmaktadır. Her iki hava kanalını karşılaştırmak gerekirse, elektrikli otobüs hava kanalının kesit alanı CATIA program sonuçlarına göre kesit alanı $0,034 m^2$ iken, yakıt tipli hava kanalının kesit alanı $0,036 m^2$ olarak ölçülmüştür olup, havanın otobüsün ön ve arka bölgelerine yakıt tipli hava kanalına göre daha iyi ulaşmasını sağlamaktadır. Kütle karşılaştırması yapacak olursak, yakıt tipli otobüs hava kanallarının kütlesi 52 kg iken, elektrikli otobüs hava kanalları kütlesi 46 kg ölçülmüştür. Elektrikli otobüs hava kanalları diğerine göre 6 kg daha hafiftir. Kütle sol taraf hava kanalları için geçerlidir. Maliyet açısından elektrikli otobüs hava kanalları diğerine göre 1556 TL daha pahalıdır ve bunun sebebi ise müşteri isteğine göre hava kanalları ABS parçalarında yanmazlık özelliğinin olmasıdır. Eğer elektrik otobüs hava kanallarının ABS parçalarını yakıt tipli otobüs gibi standart düşünürsek, maliyetleri birbirine yakın sonuçlanmaktadır. Hava kanallarının ön kısmı eğimli olduğundan ön ABS parçalar hava kanalı içinde ki plastik parçalarda bulunan bantlardan zamanla kopuyordu. İyileştirme olarak yapıştırmadan önce ön ABS'in yapışkanla temas eden yüzeyine sıvı bir madde uygulaması yapılarak montaja devam edilmektedir.

KAYNAKÇA

- Asghar, H. B. (2016). Otobüs Klima Sistemlerinin Yeni Model Dizaynları Ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Sayısal Analizleri. Isparta: SDÜ FBE.
- Atmaca, İ. (2015). Şehirlerarası Otobüslerde Havalandırma ve İç Hava Kalitesi. MMO, 1.
- Belkıs Erzincanlı Süssler, H. A. (2016). Buğu Çözme Performansını Arttıran Hava Kanalı Tasarım İterasyonları. 8. Otomotiv Teknolojileri Kongresi (s. 1). Bursa: OTEKON'16.
- Boltz, N. S. (2011). Air Conditioning Systems for .
- Çardak, E. (2017). Energy And Exergy Analysis Of An Inter-City Bus Air-Conditioning System Working With Different Refrigerants . Adana: Çukurova Üniversitesi FBE.
- F Lan, J. C. (2004). Comparative Analysis For Bus Side Structures And Light Weight Optimization. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part D Journal of Automobile Engineering, 1068.
- Fırat Ekinci, A. E. (2019). Thermodynamic Analysis of an Intercity Bus Air-Conditioning System Working with HCFC, HFC, CFC and HC Refrigerants. International Journal of Automotive Engineering and Technologies, 32-33.
- Korukçu, M. Ö. (2011). Otomobil Kabini İçerisindeki Hava Hızının Isıl Konfora Etkisinin İncelenmesi. SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 15. Cilt, 1. Sayı, 60-67.
- M. Khamis Mansour, M. N. (2008). Development of novel control strategy for multiple circuit, roof top bus air conditioning system in hot humid countries. Elsevier Energy Conversion and Management 49, 1455-1468.
- Makina, T. (2020). Hava Kanalları. <http://www.teknikmakina.com/hava-kanallari>.
- Mezarcıöz, S. (2015). Ayrı Bir Hava Kanalı Uygulaması İle Bir Yolcu Otobüsünün Klima Sisteminin İyileştirilmesi. Çukurova Üniversitesi FBE PHD.
- Özkan, A. (2015). Şehir içi Otobüslerde Tekstil Hava Kanalı Tasarımı. İstanbul: İTÜ FBE.
- Pala, U. (2020). Investigation Of Thermal Comfort For Bus Passengers During A Cooling Test Inside A Climatic Chamber. Politeknik Dergisi, 23(2): 547-555, 547-555.
- Prasannapriya. Chinta, D. R. (2014). A New Design and Analysis of Bus Body Structure. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, 40.
- Ruzic, D. (2014). Improvement Of Thermal Comfort In A Passenger Car By Localized Air Distribution. Atca Technica Corviniensis- Bulletin of Engineering Tome IV, 63-64.

- S. Butdee, F. V. (2008). Triz method for light weight bus body structure design. Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering, 458.
- Sevilgen, G. (2010). Otomobil Kabininde Hız ve Sıcaklık Dağılımının Üç Boyutlu Sayısal Analizi. Bursa: Uludağ Üniversitesi FBE.
- Srinivasa Yenneti, G. N. (2014). Optimization Of A Main Engine Driven Roof Top Bus Air-Conditioning System. International Refrigeration and Air Conditioning Conference (s. 1). Ingersoll Rand, India: Purdue University.
- Standard, A. (2010). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Sukorun. (2021). <https://www.sukorun.com/product-category/bus-spare-parts/bus-body-parts>. Erişim Tarihi: 02.03.2021
- Sütrak. (2021). <http://sutrak.com.tr/tr/urun/ac-353-p-28-kw-48-kw>. Erişim Tarihi: 03.04.2021
- Ünal, Ş. (2016). An Experimental Study On A Bus Air Conditioner To Determine Its Conformity To Design And Comfort Conditions . Journal of Thermal Engineering, Vol. 3, No. 1, pp. 1089-1101, 1089-1101.
- Valeo. (2021). https://www.valeo-thermalbus.com/tr_tr/Anasayfa. Erişim Tarihi: 03.04.2021
- Otokar Savunma Sanayi firması ile kişisel görüşme 04.03.2021
- Temsa firması ile kişisel görüşme 05.13.2021
- www.netzerotools.com/kimo-vt200-l-thermo-anemometer. Erişim tarihi: 01.03.2021

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Elshad VALIYEV

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Tasarım ve İmalat	Devam ediyor
Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği	2018
Lise	Gubadlı Lisesi / Sumgait şehri/ Azerbaycan	2014

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2018-Halen	EMS Endüstri Mamulleri Sanayi	Kalite Yöneticisi

YABANCI DİL

İngilizce, Azerice

ESERLER (makale, bildiri, proje vb.)

- Elektrikli Otobüsler İçin HVAC Hava Kanalları Tasarımı ve CFD Yöntemi ile Akış Analizi

HOBİLER

Spor yapmak, müzik dinlemek, seyahat etmek.