

established in
2016

MAS JOURNAL of Applied Sciences

ISSN 2757-5675

DOI: <http://dx.doi.org/10.52520/masjaps.87>

Araştırma Makalesi

Elektrikli Otobüsler İçin Hvac Hava Kanalları Tasarımı Ve Cfd Yöntemi İle Akış Analizi

Elshad VALIYEV^{1*}, Vahdet UÇAR²¹Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Esentepe Kampüsü, Sakarya²Sakarya Üniversitesi, Müh. Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Esentepe Kampüsü, Sakarya

*Sorumlu yazar: elshad.valiyev@ogr.sakarya.edu.tr

Geliş Tarihi: 26.02.2021

Kabul Tarihi: 28.03.2021

Özet

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 kabini içinde 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 bölmesi üzerindeki menfezde sıcaklık, hız ve debi ölçüleri yapılmıştır. Yapılan ölçümlerle, yolcu kabini içinde düzgün sıcaklık dağılımının sağlandığı ve sıcaklığın 17°C'ye kadar düşürüldüğü belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Otobüs, HVAC Hava Kanalı, CFD

Design Of Hvac Duct For Electric Bus And Flow Analysis With Cfd Method

Abstract

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 uninterrupted 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 oC 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.

Keywords: Electric Bus, HVAC Air Duct, CFD

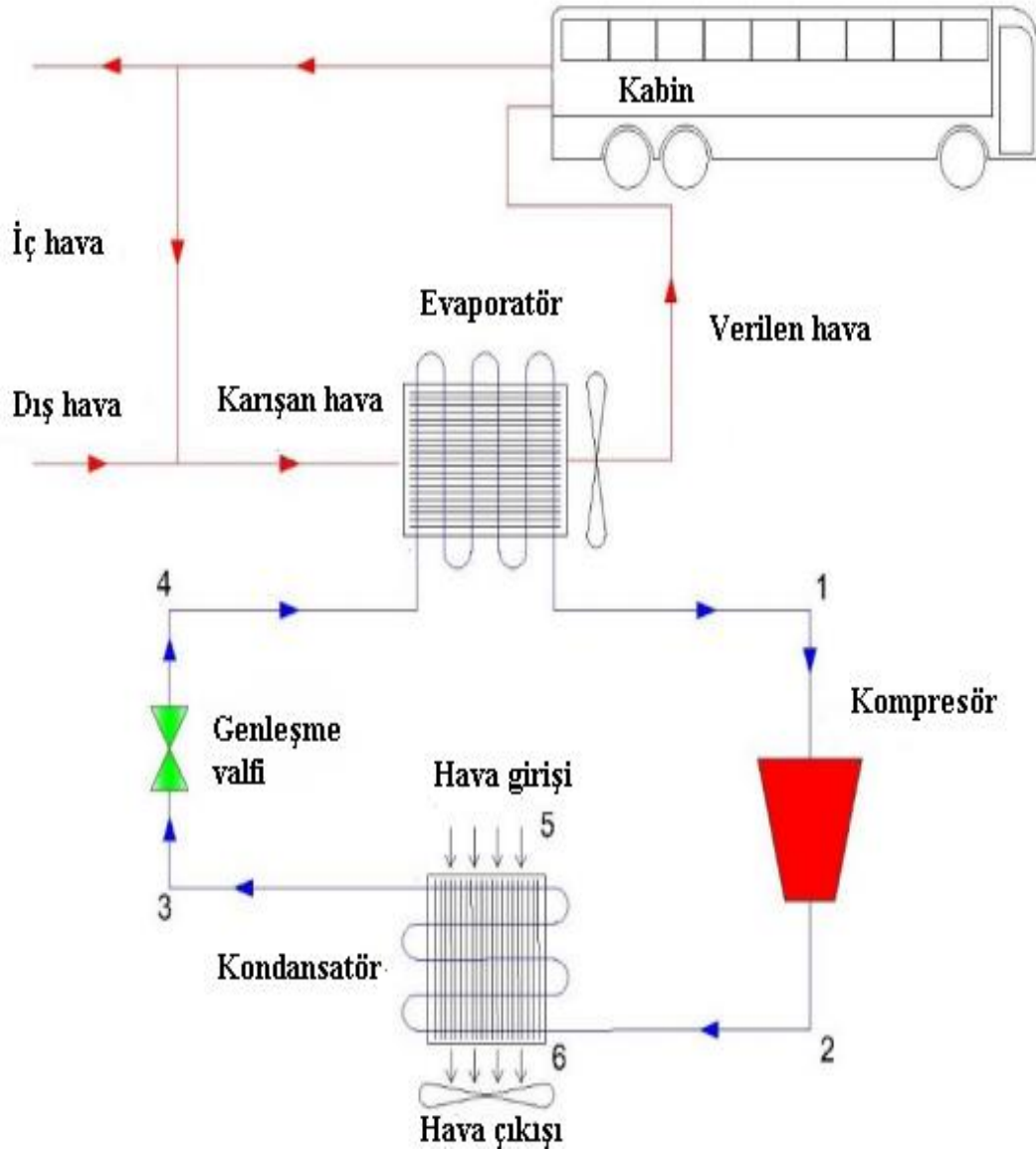
GİRİŞ

Yıllar boyunca sabit sıcaklık artışıyla birlikte, iklimlendirme (AC) sistemlerinin önemi gün geçtikçe hayatımızın daha önemli bir parçası haline geliyor. AC sistemler ulaşım da büyük önem taşımaktadır. Araçların enerji verimliliği kadar yolcuların konforu da önemlidir. İdeal bir otomobil klima (AAC) sistemi, termal konforumuzu ve hava kalitemizi etkileyebilecek sıcaklık ve nemi azaltır. Sistem aynı zamanda dehidratasyon seviyesini ve dolayısıyla aşırı terlemeyi de azaltır (Jong, 2008). Klimanın sisteminin önemi, özellikle sıcak sıcaklıklar yaşandığında daha net hale gelir. Öte yandan, AAC sistemleri ve bileşenlerinin çoğu, faydalarından bağımsız olarak, büyük miktarda enerji tüketir. Türkiye ve dünyada otobüs ve toplam araç sayısı hızla artıyor. Artan araç sayısı ile birlikte, toplu taşımada enerji verimliliği daha da önemli hale geliyor. Otobüslerin toplu taşımacılığın en önemli figürlerinden biri olduğunu ve çok sayıda yolcu taşımak üzere tasarlandığını belirtmekte fayda var. Otomotiv hava koşullandırma (AAC) sistemleri, otobüsler dahil araçlarda ikinci en büyük enerji tüketicisidir. Şehirlerarası bir otobüsün yakıt tüketimini azaltmak için, şehirlerarası

otobüs AC sisteminin enerji verimliliğini artırmak dikkate alınmalıdır (Weilenmann, 2010). Şehir içi ve şehirlerarası yolculuklarda en çok tercih edilen ulaşım araçlarından birisi otobüslerdir. Yolcu konforu için otobüs içi iklimlendirmenin önemi büyük olduğunda otobüs ve klima üreticileri bu konu üzerinde sürekli çalışmalar yapmaktadırlar. Genel olarak otobüslerde benzer tip tavan klima kullanıldığından, otobüs üreticileri klimadan gelen havanın otobüs içine daha konforlu ve daha düzenli bir şekilde ulaşımını sağlayan hava kanalları üzerinde çalışmalar yapmaktadırlar (Valiyev, 2021).

MATERYAL ve YÖNTEM

Şehir içi otobüs klima sisteminin şematik görünümü Şekil 1’de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi otobüs içindeki havalandırma ihtiyacını karşılamak için taze hava sirküle eden hava ile karışıyor ve karışan hava buharlaştırıcı fan yardımıyla kabine veriliyor. Bu işlem, buhar sıkıştırırmalı soğutma döngüsü ile sağlanır. Standart bir otobüs klima sistemi kompresör, buharlaştırıcı, genişleme valfi ve yoğuşturucudan oluşmaktadır (Ediz-Çardak).


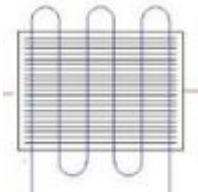

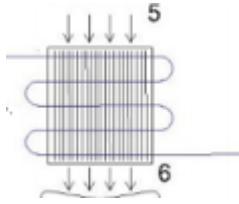


Şekil 1. ICBAC Sisteminin Şematik Görünümü

Dış havanın kütle akış hızı, \dot{m}_o ve iç ortam havasının kütle akış hızı, \dot{m}_i , sabit bir basınçta ve belirli bir oranda karıştırılır. Hava karışım oranının değeri, MR şu şekilde tanımlanır: $MR = \frac{\dot{m}_o}{\dot{m}_i}$

ICBAC sisteminin her bir bileşeni için elde edilen kütle, enerji, entropi, ekserji dengesi ve ekserji verimliliği denklemleri Tablo 1'de verilmiştir (Bilgili, 2019).

Tablo 1. Ekserji dengesi ve ekserji verimliliği

Bileşen	Açıklama	Formül
<p>Kompresör</p> 	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	$\psi_{comp} = \frac{\dot{E}x_2 - \dot{E}x_1}{\dot{W}_{comp}}$
<p>Yoğuşturucu</p> 	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	$\psi_{cond} = \frac{\dot{m}_{air} \cdot (ex_6 - ex_5)}{\dot{m}_{ref} \cdot (ex_2 - ex_3)}$
<p>Genleşme Valfi</p> 	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	$\psi_{exp.val} = \frac{\dot{m}_{ref} \cdot (ex_4)}{\dot{m}_{ref} \cdot (ex_3)}$
<p>Buharlaştırıcı</p> 	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	$\dot{E}x_{dest.ttl} = \dot{E}x_{dest.comp} + \dot{E}x_{dest.cond} + \dot{E}x_{dest.exp.val} + \dot{E}x_{dest.evap}$

Klima Tasarım Şartları

Tasarım sürecinde, klima sisteminin motor üzerinde etkisi, araç gövde yapısına uygun olması, güneş ışınlarından etkilenmesi, gürültü, soğutma kapasitesi ve başka hususlar

dikkate alınmalıdır. (Asghar, 2006). Enerji tasarrufu da araçlar için önemli bir unsurdur. Sistem verimliliğini arttırmakla elektrik gücünü ve yakıt kullanımını arttırmak mümkündür (J, 1997).

Hava Kanalı

Hava kanalları, otobüsün iç kısmında olup yolcu bölmeleri üzerinde sağ ve sol üst köşelerde bulunarak klima sisteminden gelen havanın yolculara düzenli bir şekilde ulaşmasının sağlayan bir montaj ürünüdür. Minibüs, otobüs ve buna benzer farklı tip ulaşım araçlarında çeşitli türleri bulunmaktadır. Yolcu konforundan ziyade otobüs içine güzel bir görsellik katmaktadır. Hava kanalı parçaları genellikle alüminyum malzemelerden üretilmektedir. Alüminyum parçaların tercih sebepleri:

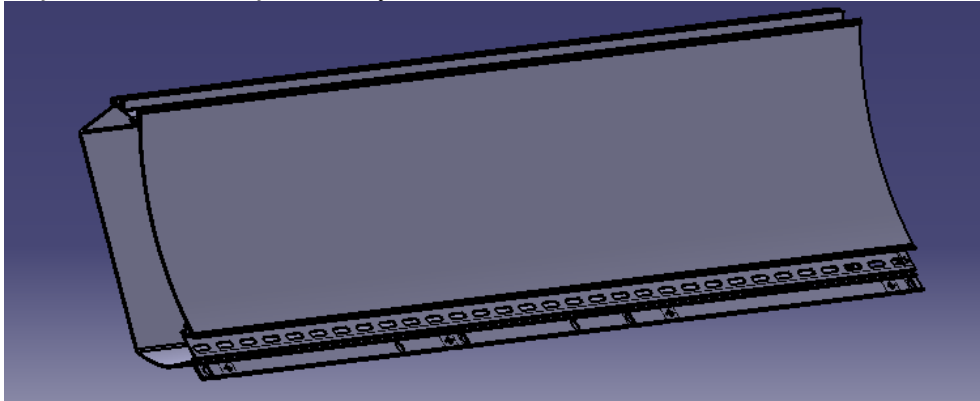
- Diğer malzemeler göre kolay işlenebilme ve şekil alma özelliği
- Yüze kaplama çeşitliliğinin fazla olması
- İstenilen tasarıma göre kolay kalıp yapılması ve form verilmesi (Makina, 2021)

Binek otomobillerdeki termal ortam ve otobüs içi hava kalitesi şoför ve yolcu

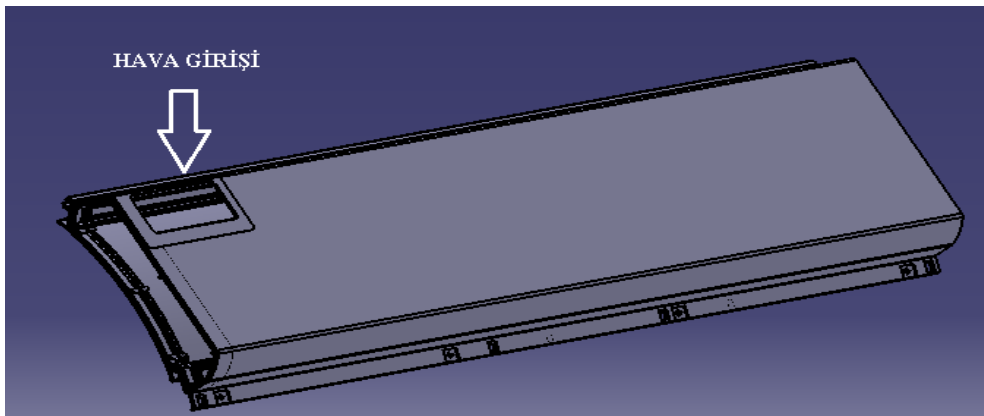
sağlığını, performansını ve konforunu etkileyeceğinden termal konfor, araçlar için çok önemlidir (Ruzic, 2011). Hava kanalları, yolcu konforu otobüs içinde iklimlendirme sağlamakla kalmaz aynı zaman da kötü hava koşullarında otobüs camlarında oluşan buğuların çözülmesinde çok önemlidir (Belkis, 2016).

İçten Yanmalı Motorla Çalışan Otobüs Hava Kanalları

İçten yanmalı motorla çalışan otobüs hava kanalları alüminyum profiller, ön ve arka ABS parçalar, iç plastik braket ayaklar ve montaj bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Havalandırma sistemi, klimadan gelen havanın menfezler yardımı ile hava kanalı içine dahil olarak alüminyum profil üzerinde bulunan boşluklardan otobüs içine aktarılması ile çalışmaktadır.



Şekil 1. İçten yanmalı motorla çalışan otobüs hava kanalı

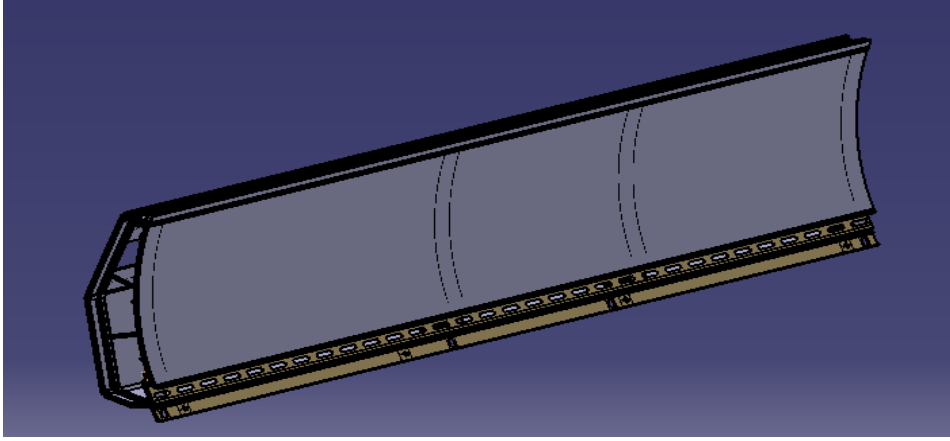


Şekil 2. İçten yanmalı motorla çalışan otobüs hava kanalının hava veya menfez girişi

Elektrikli Otobüs Hava Kanalları

Elektrikli otobüs hava kanalları içten yanmalı motorla çalışan hava kanallarına benzer ancak iyileştirme için yapılan çalışmada kanal kesit alanı

değiştirilmiştir. Ürün ağacı olarak içten yanmalı motorla çalışan hava kanalı ile aynı parçalara sahip ama müşteri isteğine göre yanmaz ABS kullanılmış olup çalışma sistemi aynıdır.



Şekil 3. Elektrikli Otobüslerde Hava Kanalı

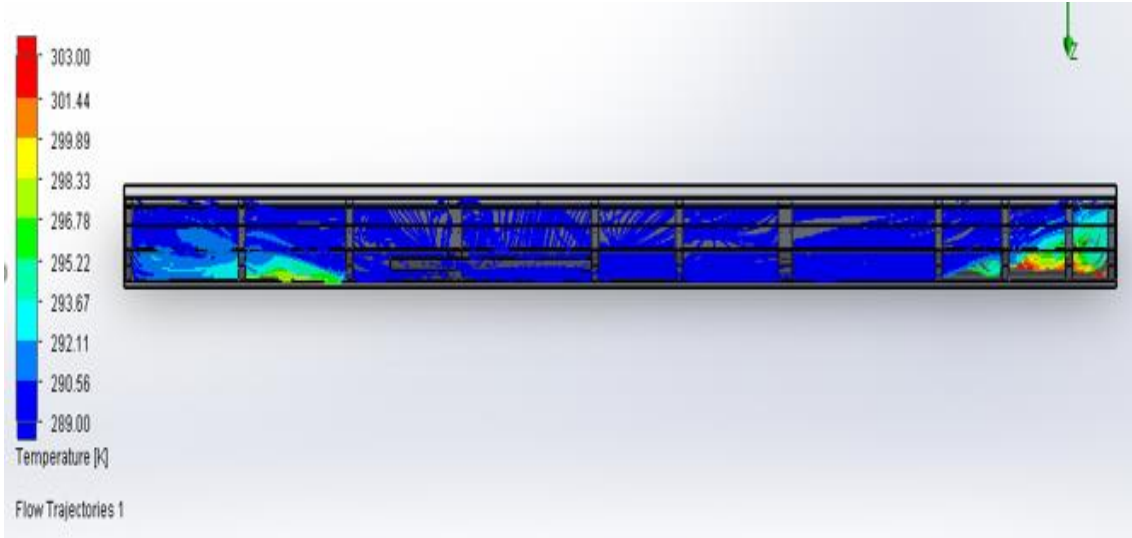
Analiz Ve Test Uygulamaları

Bu çalışmada elektrikli otobüs hava kanalları ve içten yanmalı motor ile çalışan hava kanalları için CFD analizleri, maliyet analizleri yapılmış, her iki hava kanallarından alınan veriler karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda her iki hava kanalı için ağırlık ve kanal kesit alanı karşılaştırmaları yapılmıştır. Test uygulamaları içten yanmalı motorla çalışan otobüsler üzerinde yapılmıştır.

CFD Yöntemi ile Elektrikli Otobüs Hava Kanalları İçin Akış Analiz

Analiz çalışmaları sınır şartları hız dağılımı, sıcaklık dağılımı ve basınç dağılımı olarak belirlenmiş ve analizler SOLIDWORKS CAD yazılımında Flow Simülasyon bölümü yardımıyla yapılmıştır. Menfezden kanal içine dahil olan havanın girişteki değerleri ve hava

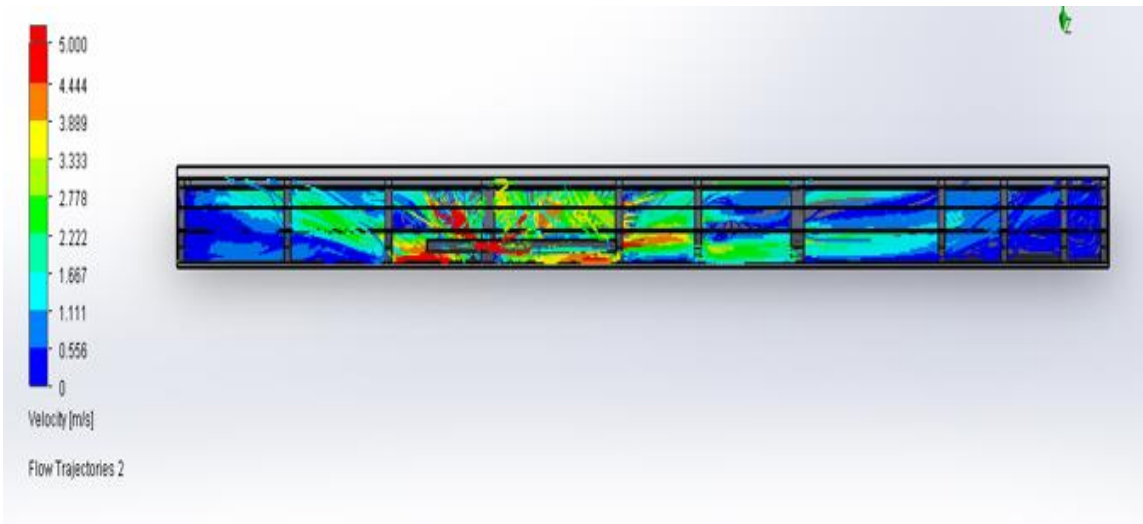
kanalından otobüs içine dahil olan havanın sınır şartlarına göre analizleri yapılmış olup sonuçlar görsel ve grafiksel olarak kaydedilmiştir. Şekil 4'te elektrikli otobüs hava kanalının sıcaklık dağılımı verilmiştir. Ortam sıcaklığının 289 K sıcaklığa kadar düşürülmesi üzere analiz çalışmaları yapılmıştır. Analiz sonucunda otobüsün ön ve arka kısımlarında sıcaklık dağılımlarının homojen olmadığı görülmüş ve grafiksel olarak bu sonuçlara bakılmıştır. Hava kanalından otobüsün içine aktarılan havanın ortalama sıcaklık değerleri otobüsün ön, orta ve arka tarafı olmak üzere üç farklı bölgeden ölçülmüş ve grafiksel olarak kaydedilmiştir. Bu sıcaklık değerleri sırasıyla 292 K, 289 K ve 290 K olarak ölçülmüştür.



Şekil 4. Elektrikli otobüs hava kanalı sıcaklık dağılımı

Şekil 5’te elektrikli otobüs hava kanalının hız dağılımları gösterilmiş olup sıcaklık dağılımı gibi üç farklı bölgeden grafiksel olarak ölçümler yapılmıştır. Analiz sonuçlarından da görüldüğü gibi kanal içinde homojen olmayan bir hız dağılımı mevcuttur. Menfezden hava kanalı içine dahil olan havanın kanalın ön kısmında bulunan ABS’e ve kanal içindeki braket

plastiklere çarparak yön değiştirdiği, bazı kısımlarda hızın çok yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Otobüsün ön, orta ve arka olmak üzere kanal çıkışındaki ortalama hızları grafiksel olarak ölçülmüştür. Ortalama hız dağılımları sırasıyla 2,6 m/s, 3,8 m/s ve 3 m/s olarak ölçülmüş ve grafiksel olarak kaydedilmiştir.



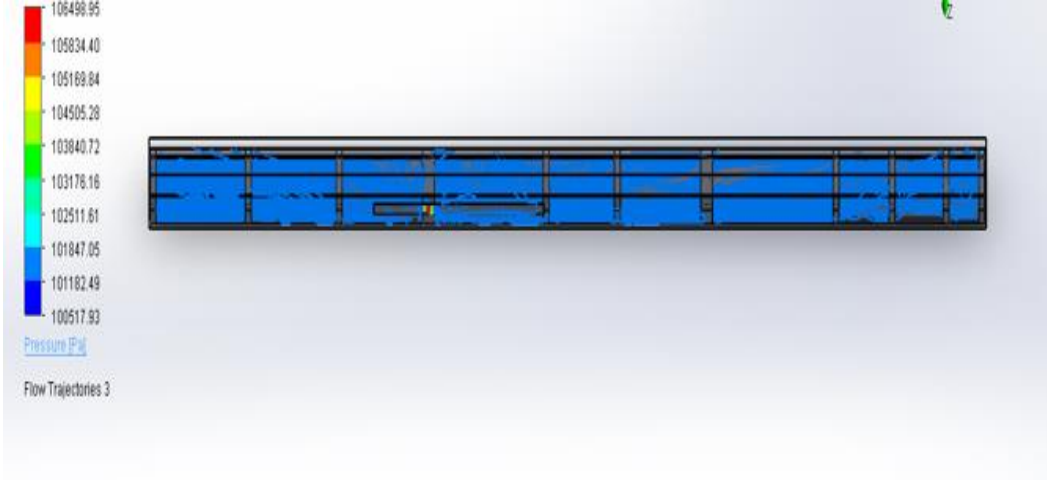
Şekil 5. Elektrikli otobüs hava kanalı hız dağılımı

Şekil 6’da elektrikli otobüs hava kanalları için basınç analizi

görüntülenmektedir. Analiz sonucundan görüldüğü gibi basınç dağılımı homojen

bir yapıya sahiptir. Basınç dağılımı otobüsün ön ve arka bölgesindeki çıkışlar olmak üzere grafiksel olarak ölçülmüştür. Basınç değerleri otobüsün

ön ve arka bölgesi olarak sırasıyla 101305 Pa ve 101302 Pa olarak ölçülmüştür.



Şekil 5. Elektrikli otobüs hava kanalı basınç dağılımı

Elektrikli otobüsler için yapılan analizler içten yanmalı motorla çalışan otobüsler için de yapılmıştır.

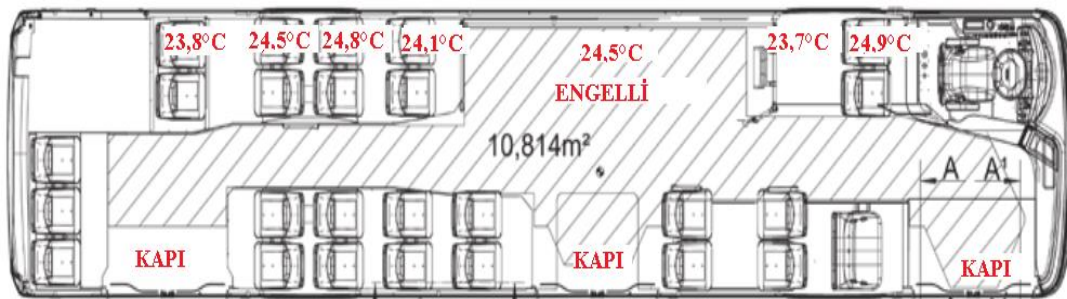
Test Uygulamaları

Elektrikli otobüs hava kanalları Ar-Ge sürecinde olduğundan test uygulamaları içten yanmalı motorla çalışan otobüs hava kanalları üzerinde yapılmıştır. Test uygulamaları için KIMO VT200 marka anemometre kullanılmıştır. Bu ölçüm cihazı ile her

yolcu bölmesi üzerinde bulunan hava kanalı boşluklarında sıcaklık ve hız ölçümleri yapılmıştır.

Sıcaklık Ölçümleri

İçten yanmalı motorla çalışan otobüs kliması 24 °C ve 17 °C sıcaklığa ayarlanarak iki farklı ölçüm yapılmıştır. 24 °C sıcaklıkta yapılan ölçümde her yolcu bölmesi üzerinde bulunan hava kanalı boşluğundan çıkan havanın sıcaklık değerlerine bakıldı (Şekil 6).



Şekil 6. 24 °C Sıcaklıkta Yolcu Üzerindeki Hava sıcaklık Dağılımı

24 °C sıcaklık ölçümleri yapıldıktan sonra analiz sonuçlarına uygun olarak klima sıcaklık değeri 17 °C sıcaklık olarak ayarlandı ve otobüsün ön, orta ve

arka kısımlar olarak sıcaklık değerleri ölçülmüştür (tablo 1). İlave olarak şoför bölmesinin sıcaklık değerlerine bakıldı (Şekil 7).

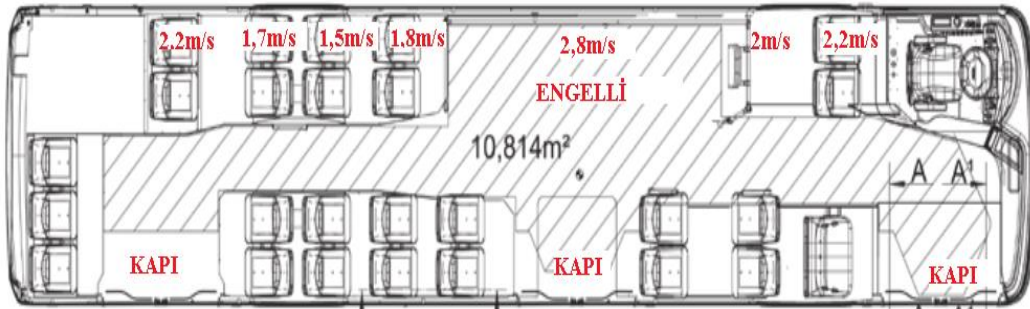
Tablo 2. 17° C Sıcaklıkta Hava Sıcaklık Dağılımı

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

Hız Ölçümleri

İçten yanmalı motorla çalışan otobüs hava kanallarında sıcaklık dağılımında olduğu gibi, 24 °C ve 17 °C sıcaklıklarda hız ölçümleri yapıldı. 24 °C

sıcaklık için yapılan ölçümler şekil 7’de gözlemlenmektedir. Ölçümler her yolcu üzerinde bulunan hava çıkış bölgelerinden alınmıştır.



Şekil 8. 24 °C Sıcaklıkta Yolcu Bölmesi Üzerindeki Hava Çıkış Hızı

17 °C sıcaklık için yapılan ölçümler otobüsün ön, orta, arka ve şoför bölümü

olarak farklı bölgelerden yapılmış olup Tablo 2’de gözlemlenmektedir.

Tablo 3. 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

Karşılaştırmalı analiz

Hem içten yanmalı motorla çalışan otobüsler için hem de elektrikli otobüsler için ağırlık, maliyet ve kesit alan karşılaştırma analizleri yapılmıştır. Kesit alanı ve ağırlık karşılaştırmaları CATIA V5R20 yazılım programı yardımıyla yapılmış olup, kesit alanı için Measure İntertia komutu, ağırlık hesabı için Measure Item komutu kullanılmıştır. Analizler otobüsün sol taraf hava kanalları için geçerlidir.

Elektrikli otobüs hava kanalları kesit alanı $0,034 m^2$, içten yanmalı motor ile çalışan otobüs hava kanalları için $0,036 m^2$ olarak ölçülmüştür. Elektrikli otobüs hava kanallarında kesit alanı farkından dolayı diğer hava kanalına göre daha iyi bir akış dağılımı sağladığı tespit edilmiştir.

İçten yanmalı motorla çalışan otobüslerde hava kanalı ağırlığı 52 kg iken, elektrikli otobüs hava kanalları ağırlığı ise 46 kg olarak ölçülmüştür.

Elektrikli otobüs ve içten yanmalı motorla çalışan otobüsler birbirine çok benzer olduğundan hava kanalı uzunlukları ve yolcu taşıma kapasitesi aynıdır. Elektrikli otobüs hava kanallarında müşteri özel isteğiyle yanmaz ABS kullanıldığından, hava kanalı maliyeti diğerine göre ortalama 1500 TL daha pahalıdır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada içten yanmalı motorla çalışan otobüs hava kanalları ve elektrikli otobüs hava kanalları için CFD analizleri yapılmış olup, prototipleri üretilmiştir. Her iki hava kanalı için hava akış analizi, hız dağılımı ve basınç dağılımı gibi analizler yapılmış, sonuçlar görsel ve grafiksel olarak kaydedilmiştir. Aynı zaman ağırlık, kesit alanı gibi karşılaştırmalar yapılmıştır. Elektrikli

otobüs hava kanalı kesit alanı içten yanmalı motorla çalışan hava kanalına göre kesit alanı farklılığından veya bu alanın daha dar olduğundan hava akışı, hız dağılımları ve basınç dağılımları daha iyi bir sonuç vermektedir. Elektrikli otobüs hava kanallarının kesit alanı $0,002 m^2$ dar olduğu ve ağırlığının diğer hava kanalına göre 6 kg daha hafif olduğu gözlemlenmiştir. Maliyet açısından elektrikli otobüs hava kanallarında yanmaz özellikli ABS malzeme kullanıldığından maliyeti içten yanmalı motorla çalışan otobüs hava kanallarına göre daha pahalıdır. Eğer elektrikli otobüslerde de standart ABS kullanılmış olsaydı maliyetler birbirine yakın sonuçlanırdı. Bu tasarımda ön ABS parçanın hava kanalı içinde bulunan plastik braketlere yapıştırma işleminde de farklı bir madde kullanarak iyileştirme yapılmıştır. Yapılan işlem sonucu olumlu olduğundan bu uygulama her iki hava kanalı için de uygulandı. Her iki hava kanalının montaj işçiliği ve araç içine montajı süre olarak aynı sürede yapılmaktadır.

AÇIKLAMA

Bu çalışma, ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- Asghar, H.B. 2006. Otobüs Klima Sistemlerinin Yeni Model Dizaynları Ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Sayısal Analizleri.
- Belkıs Erzincanlı Süsler, H.A. 2016. Buğu Çözme Performansını Arttıran Hava Kanalı Tasarım İterasyonları. Bursa: 8. Otomotiv Teknolojileri Kongresi OTEKON'16.
- J., H. 1997. Truck and Commerical Vehicle International . Washington.
- Jong, T. 2008. Enthalpy estimation for thermal comfort and energy saving in air conditioning system. Energy

- Conversion and Management. j.enconman vol 49. no 6,, 1620-1628.
- Makina, T. 2021. Hava Kanalları. <http://www.teknikmakina.com/hava-kanallari>.
- Mehmet Bilgili, E. Ç. 2019. Thermodynamic Analysis of an Intercity Bus Air-Conditioning . International Journal of Automotive Engineering and Technologies, 34.
- Ruzic, D. 2011. Improvement Of Thermal Comfort In A Passenger Car By Localized Air Distribution. ATCA TECHNICA CORVINIENSIS- Bulletin of EGINEERING Tome IV.
- Valiyev, E. 2021. Otobüs hava kanalı tasarımı ve hava akış analizi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi FBE.Weilenmann, M. A. (2010). CFD simulations have been performed on a symmetrical flow domain . Environmental Science and Technology vol.44 no. 13.