

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAMYON ŞOFÖR KABİNİ İÇİN KONFOR ŞARTLARINA UYGUN
HAVA SİRKÜLASYONUNUN İNCELENMESİ

Tuğba YURTSEVEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Isı-Proses Programı

Danışman
Prof. Dr. Galip TEMİR

Temmuz, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAMYON ŞOFÖR KABİNİ İÇİN KONFOR ŞARTLARINA UYGUN
HAVA SİRKÜLASYONUNUN İNCELENMESİ**

Tuğba YURTSEVEN tarafından hazırlanan tez çalışması 16.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isı - Proses Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Galip TEMİR

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Galip TEMİR , Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Zeynep Durriye BİLGE , Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hasan Alpaz HEPPERKAN , Üye

İstanbul Aydın Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Galip TEMİR sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Kamyon Şoför Kabini için Konfor Şartlarına Uygun Hava Sirkülasyonunun İncelenmesi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim

Tuğba YURTSEVEN

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sürecinde bilgi ve desteği ile her zaman destek olan değerli tez danışmanım Galip TEMİR'e sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışma sürecim boyunca desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Baran ÇELİKTEN, Serhan TATAR ve Süha EKMEKÇİ'ye teşekkür eder, sevgilerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca beni yüreklendiren ve destekleyen ailem Ayla YURTSEVEN, İsmet YURTSEVEN, Esra YURTSEVEN, Neyyire YARGIÇ ve Hakan YARGIÇ'a teşekkürlerimi ve minnetlerimi sunarım.

Tuğba YURTSEVEN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
1 Giriş	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı.....	4
1.3 Hipotez	4
2 İklimlendirme Sistemi	5
2.1 İklimlendirme Sistemini Oluşturan Parçalar.....	5
2.2 İklimlendirme Sisteminin Çalışma Prensipleri	7
3 Kamyon Kabininde İklimlendirme Sistemi Uygulaması	9
3.1 Kamyon Kabininde Isı Kazancı Hesabı.....	9
3.1.1 Yaz Kliması Hesabı.....	11
3.1.1.1 Ön ve Yan Camlarda Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı.....	11
3.1.1.2 Kabin Tavan Yüzeyinde Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı..	14
3.1.1.3 Kabin Arka Yüzeyinde Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı.....	16
3.1.1.4 Kabin Taban Yüzeyinde Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı..	16
3.1.1.5 Kabin Yan Yüzeylerinde Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı.	17
3.1.1.6 Kapılarda Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı	18
3.1.1.7 Sürücü ve Yolculardan Dolayı Meydana Gelen Isı Kazancı	

Hesabı	19
3.1.2 Kış Kliması Hesabı	21
3.1.2.1 Ön ve Yan Camlarda Meydana Gelen Isı Kaybı Hesabı	21
3.1.2.2 Kabin Tavan Yüzeyinde Meydana Gelen Isı Kaybı Hesabı	22
3.1.2.3 Kabin Arka Yüzeyinde Meydana Gelen Isı Kaybı Hesabı	22
3.1.2.4 Kabin Taban Yüzeyinde Meydana Gelen Isı Kaybı Hesabı	23
3.1.2.5 Kabin Yan Yüzeylerinde Meydana Gelen Isı Kaybı Hesabı.....	23
3.1.2.6 Kapılarda Meydana Gelen Isı Kaybı Hesabı.....	24
3.1.2.7 Sürücü ve Yolculardan Dolayı Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı.....	24
3.2 Yaz Kliması ve Kış Kliması Hesaplamalarının Değerlendirilmesi	25
3.3 Kamyon Kabini İklimlendirmesi için Gerekli Hava Debisi Hesabı	26
4 Kamyon Kabininde Yapılan Sayısal Çalışmalar	27
4.1 Sayısal Çalışmalar	27
4.1.1 Kamyon Kabininin CAD Modelinin Oluşturulması	27
4.1.2 Kamyon Kabininin HAD Modelinin Oluşturulması	29
4.1.2.1 Ağ Yapısı	29
4.1.2.2 Sınır Koşulları.....	31
4.1.2.3 Analiz Sonuçları.....	31
5 Sonuç	35
Kaynakça	36

SİMGE LİSTESİ

A_R/A	Pencerenin radyasyon geçirme oranı (W/m ²)
A	Yüzey alanı (m ²)
d	Duvar kalınlığı (m)
h	Isı taşınım katsayısı (W/m ² K)
k	Isı iletkenliği hesap değeri (W/mK)
qg	Düzeltilme ve gölgeleme faktörü
Q_K	Camlardan kondüksiyon ve konveksiyonla olan ısı
Q_R	Camlardan güneş radyasyonu ile gelen ısı
T_d	Dış ortam sıcaklığı (°C)
T_i	İç ortam sıcaklığı (°C)
U	Yüzeyin toplam ısı transfer katsayısı (W/m ² K)
ΔT	Eşdeğer sıcaklık farkı (°C)

KISALTMA LİSTESİ

CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
HAD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Üfleç boyutlarının optimizasyonu [1]	2
Şekil 1.2	Kamyon kabini, ısı eşanjörleri, fan ve motor ile kamyon kabini, ön tekerler ve motorun meshlenmiş görünümü [5]	3
Şekil 2.1	Kabin içinde ısı kazancı olan bölgelerin gösterimi.....	8
Şekil 2.2	Soğutma çevriminin şematik gösterimi.....	8
Şekil 3.1	Kabin içinde ısı kazancı olan bölgelerin gösterimi.....	10
Şekil 3.2	Ön ve yan camların yüzey alanları.....	12
Şekil 4.1	Kamyon hava kanalının üç boyutlu modellemesi	27
Şekil 4.2	Kamyon ön konsolunun üç boyutlu modellemesi.....	28
Şekil 4.3	Kamyon sürücü ve yolcu koltuklarının üç boyutlu modellemesi.....	28
Şekil 4.4	Kamyon kabinin üç boyutlu modellemesinin önden görünüşü ve arkadan görünüşü	28
Şekil 4.5	Hava kanalı ve menfezlerin ağ örülmüş hali	29
Şekil 4.6	Kamyon kabinin ağ örülmüş halinin önden görünüşü.....	30
Şekil 4.7	Kamyon kabinin ağ örülmüş halinin arkadan görünüşü.....	30
Şekil 4.8	Kamyon kabininde hava giriş ve çıkış bölgeleri	31
Şekil 4.9	Hava kanalı ve menfezlerdeki hava hızı dağılımı	32
Şekil 4.10	Menfezlerdeki duvar Y+ gösterimi	32
Şekil 4.11	Menfezlerdeki duvar Y+ gösterimi	33
Şekil 4.12	Kamyon kabini içerisinde yolcu ve sürücü bölgelerindeki hava hızı dağılımı.....	33
Şekil 4.13	Kamyon kabini içerisinde hava hız dağılımı	34

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	Antalya ili için dış hava tasarım şartları.....	11
Tablo 3.2	Pencerelerde düzeltme ve gölgeleme faktörleri.....	12
Tablo 3.3	Güneş radyasyonu ile çeşitli yöndeki düşey pencerelere gelen ısı akısı (W/m ²).....	13
Tablo 3.4	İç ve dış hava arasındaki ısı taşınım katsayıları.....	15
Tablo 3.5	İç yüzeyden dış yüzeye doğru arka yüzey kabin malzeme özellikleri.....	15
Tablo 3.6	İç yüzeyden dış yüzeye doğru arka yüzey kabin malzeme özellikleri.....	16
Tablo 3.7	İç yüzeyden dış yüzeye doğru kabin taban yüzeyinin malzeme özellikleri.....	17
Tablo 3.8	İç yüzeyden dış yüzeye doğru yan yüzeylerin kabin malzeme özellikleri.....	18
Tablo 3.9	İç yüzeyden dış yüzeye doğru kamyon kapılarının malzeme özellikleri.....	18
Tablo 3.10	İnsanlardan olan ısı kazancı (W/kişi)	20
Tablo 3.11	Erzurum ili için dış hava tasarım şartları.....	21
Tablo 3.12	Yaz ve kış iklimi hesaplamalarına göre hesaplanan ısı kazanç ve kayıpları.....	25

Kamyon Şoför Kabini için Konfor Şartlarına Uygun Hava Sirkülasyonunun İncelenmesi

Tuğba YURTSEVEN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Galip TEMİR

Trafik günümüzün en önemli problemlerinden biridir. Araç kullanıcıları zamanlarının büyük bir bölümünü trafikte geçirmektedir. Araç içerisindeki konfor şartlarının sağlanması sürücü ve yolcuların kendilerini daha rahat hissetmesini sağlamaktadır. Buna ek olarak fazla sıcak ya da havalandırması iyi yapılmamış, CO₂ miktarı yüksek bir araç kabini sürücülerin kendilerini yorgun hissetmesine, dikkat dağınıklığı ya da kısa süreli uyuklamalar gibi problemlere neden olmaktadır. Araç kabinindeki klima hava menfezlerinden gereğinden hızlı gelen hava da sürücü ve yolcularda baş ağrısı gibi rahatsızlık verici etkiler göstermektedir. Bu durumlar sürüş güvenliği konusunda olumsuz etkilere de neden olmaktadır. Araçlardaki HVAC sistemleri araç kabinin iklimlendirilmesini sağlamaktadır ancak bu sistemlerin konfor şartına uygun iklimlendirme yapması geliştirme yapılması gereken bir alandır.

Bu tez çalışmasında kamyon kabininde konfor şartlarına uygun olan hava dağılımı ve hava hızı hesaplaması hem uygulamalı hem de sayısal hesaplama ile yapılmıştır. Kamyon kabininde ısı kazanç ve kayıplarının hesaplandığı yaz ve kış iklimi

hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda yaz kliması uygulamasında daha fazla ısı kazancı olduğu ve kabin içinin daha fazla soğutma yüküne ihtiyaç olduğu hesaplanmıştır. Bu durum sonucunda kabin içini konfor şartlarına uygun şekilde soğutabilmek için gerekli olan hava debisi ve menfezlerden çıkan hava hızları hesaplanmıştır.

CATIA V5 programı ile konfor şartlarına uygun olarak soğutulacak kamyon kabin ve hava kanallarının üç boyutlu katı modeli oluşturulup bu model kullanılarak hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile STAR CCM+ programı çözüm işlemi yapılmıştır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile çözüm sırasında, yaz kliması uygulamalı hesaplamasından çıkan toplam hava debisi giriş debisi olarak kullanılmış olup kabin içinde oluşan hava hızları ve hızların dağılımları incelenmiştir.

Çıkan sonuca göre hava hızları istenilen değerlerde çıkmış yolcuyu rahatsız edecek sınırlara ulaşmamıştır.

Anahtar Kelimeler : Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), kamyon kabini, hava hızı dağılımı

The Investigation of Proper Air Circulation for a Truck Cabin According to Comfort Conditions

Tuğba YURTSEVEN

Department of Mechanical Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Prof. Dr. Galip TEMİR

Traffic is one of the most important problems today. Drivers spend most of their time in the traffic. Providing comfort conditions in the vehicle makes drivers and passengers feel more comfortable. Furthermore, hot and poorly ventilated vehicle cabins with high CO₂ content causes drivers to feel tired, be distracted or experience short-term sleepiness. If air flow from the air conditioning vents in the vehicle cabin is higher than necessary, this can also cause discomfort, such as headache for the driver and passengers. These situations also have negative effects on driving safety. HVAC systems provide the air conditioning of the vehicle cabin, but it is a subject that needs to be improved to make the proper acclimatization for passenger comfort.

In this thesis, air distribution and air velocity necessary for the comfort conditions in a truck cabin were determined both by numerical and finite element calculations. Heat gain and loss calculations were carried out in the truck cabin for summer and winter air conditioning. These calculations showed that, the summer air conditioning application had more heat gain and the truck cabin interior zone

required more cooling. As a result, the required air flow rate and the air velocity through the vents were calculated according to the comfort conditions.

A three dimensional solid model of the truck cabin to be cooled in accordance with the comfort conditions and the air ducts were created using the CATIA V5 program. The solution was found using this model and STAR CMM+. During the application of computational fluid dynamics, the total air flow rate found from the summer air conditioning results were used as the input to investigate the flow rate, air velocity and air velocity distribution in the truck cabin.

According to the results, the calculated air velocities were in the expected range and did not reach the limits that would disturb the passengers.

Keywords : Computational Fluid Dynamics (CFD), Truck cab, Air Velocity Distribution

Ticari araç kullanıcıları günün büyük bölümünü araç içinde geçirmektedir. Özellikle büyük şehirlerde trafikteki araç sayısının artması ile birlikte oluşan yoğun trafik ile sürücülerin trafikte geçirdiği süre daha da uzamaktadır. Sürücünün bu süre boyunca araç içinde hissettiği konfor sürüş güvenliği açısından çok önemlidir. Araç içerisinde konfor şartlarının bozulduğu bir durumda sürücülerde dikkat dağınıklığı ya da kısa süreli uyuklama durumları meydana gelebilmektedir. Bu durumların yaşanmasını önlemek amacıyla kabin içindeki konfor şartlarının uygun olması daha önemli bir durum haline gelmiştir. Araç içinde iklimlendirme için gerekli olan ısı kazanç ve kayıplarının hesaplanarak yeterli hava debisinin sisteme verilmesi ve araç kabini içinde hava akış hızlarının düzenlenmesi ile birlikte konfor şartının önemli bir aşaması tamamlanmış olmaktadır.

1.1 Literatür Özeti

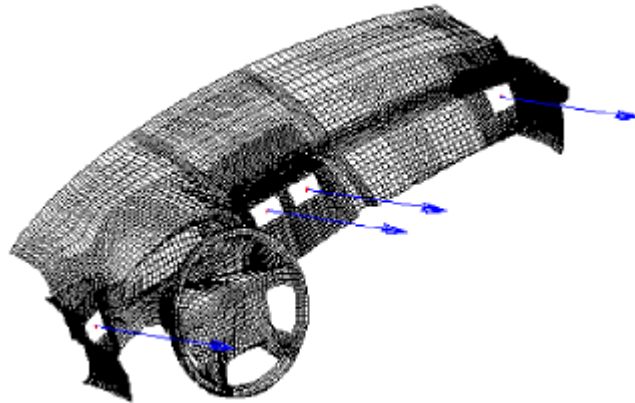
Rameshkumar ve diğerleri yaptıkları bu çalışmada yolcu kabininde farklı sayıda yolcu bulundurarak (1, 2, 3 ve 4) kabin içindeki sıcaklık ve hava hızı dağılımını incelemeyi amaçlamışlardır. Otomobil kabinin hava hızı ve ısı transferinin sayısal analizinde FLUENT yazılımı kullanılmıştır. Çözümleme standard k- ϵ modeli yerine realizable k- ϵ modeli kullanılarak yapılmıştır. Araç kabinin üç boyutlu modeli ANSYS yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Meshleme için ICEM CFD yazılımı kullanılmıştır. Yüzey meshlemesinde üçgen, hacimsel meshlemede tetrahedral elemanlar ile yaklaşık 1500000 hacimsel hücreden oluşan bir model yaratılmıştır. Hesaplamalı akışkan analizini kullanarak buldukları sıcaklık ve hava hızı dağılım değerleri test sonuçları ile çok yakın değerler verdiğini sonuç olarak yayınlamışlardır. Bu analiz methodunun farklı araç modellerinde de kullanılmasını önermişlerdir [1].

Zhang, Meng ve diğerleri yaptıkları bu çalışmada kamyon kabinindeki konfor şartları hesaplayabilmek için hem sabit hem de değişken durumda sıcaklık dağılımı

ve hava akış hızını Star CCM+ programı ile hesaplamışlardır. İlk önce hava kanalı ayrıca analiz edilerek hava kanalının çıkış debisi hesaplanmış daha sonra kabin ile birlikte yapılan analiz sonucu her bir üfleçten çıkan debi hesaplanmıştır [2].

Chen ve diğerleri bu çalışma ile öngörüsöl olarak termal konfor modeline uygun tasarlanan araç kompartımanının gerçek sıcaklık ortamında (rüzgar tüneline) doğrulanması amaçlanmıştır. Kurulan modelde klima çıkışlarının bulunduğu bölgeler ve boyutları, ön camdaki açısı, gövdedeki havalandırma bölgeleri gibi HVAC sistemini etkileyen tüm etkenler girilmiştir. Sınır koşulları rüzgar tüneli ile eşleşecek şekilde FLUENT'te çözdürölmüştür. Yolcu sıcaklık hava akış hızı hesaplanmıştır. Ayrıca yeni oluşturan VTCE (Sanal termal konfor mühendisliğı) programı ile yolcuların hissettiğı konfor durumu hesaplanmıştır. VCTE sonuçlarındaki hissedilen değler ile test sonuçları arasında çok az sapmalar oluşmuştur. Sadece yolcunun göğüs bölgesinde hissedilen konfor değlerinin doğruluğı üzerinde biraz daha çalışılması gerektiğı üzerinde durulmuştur [3].

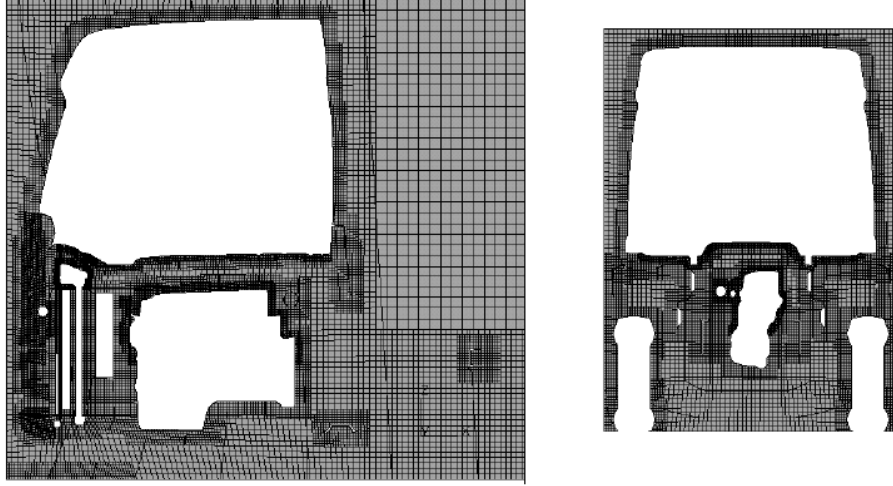
Currle ve Maué yaptıkları çalışmada sayısal analiz ile hem üfleç boyutlarının hem de hava debilerinin değışiminin termal konfora etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada klima sistemindeki hava kanalı ve üfleç geometrilerinde tasarım değışikliğı yapılmamıştır [4].



Şekil 1.1 Üfleç boyutlarının optimizasyonu [1]

Siqueira ve diğerleri kabin tabanındaki ısı akısı dağılımının termal konfora olan etkisini incelemişlerdir. Motor parçalarının (türbin) fazla ısınması ile kabin tabanına etki eden ısı yolcunun termal konforunu etkilemektedir. Bu çalışma

sayısal analiz yöntemi ile çözülmüştür, sınır koşullar test verilerinden elde edilmiştir. Test sırasında motor yüzey sıcaklığı ve kabin tabanındaki sıcaklık araç maksimum torkta iken ölçülmüştür. Sayısal analiz ile kabin içindeki sıcaklık dağılımı ölçülmüştür.



Şekil 1.2 Kamyon kabini, ısı eşanjörleri, fan ve motor ile kamyon kabini, ön tekerler ve motorun meshlenmiş görünümü [5]

Proc ve diğerleri çekici kamyonların yataklı kabinlerinde ısı yükünün azaltılması için çalışmışlardır. Testlerinde ikisi dış ortamda, bir tanesi kontrol amaçlı üç adet kamyon kullanmışlardır. Hesaplamalı akışkanla dinamiği ile çözdürülen modeli değerlendirmek için test testten elde edilen datalar kullanıldı. Çalışmalarında kullandıkları modulün doğru sonuç vermesi ile soğutma yükünü azaltmada kullanabileceklerdir [6].

Shah ve diğerleri kamyonlarda kabin içi ısı yükünü tayin ederek, ısıtma ve soğutma sistemi optimizasyonunun yapılması bu sayede yakıt ekonomisi sağlamak amacıyla çalışmalar yürütmüşlerdir. Volvo ve Mack marka iki ayrı kamyon için yürütülen çalışmalar için yaz ve kış koşullarında hazırlanan vakalar hazırlanıp sayısal modeller oluşturulmuş. Hazırladıkları ısıtma ve soğutma vakaları FLUENT ve RadTerm programlarında sayısal olarak çözülmüş ve çeşitli iterasyonlar yapılarak yalıtım maddesi kalınlıklarında çeşitli değişiklikler yapmışlardır. Yaklaşık %10-20 oranında yalıtım maddesi eklenmesiyle ısı yükte %7-10 bir azalma ve buna paralel olarak yakıt ekonomisi sağlandığını sonuç olarak yayınlamışlardır [7].

Daithankar ve diğerkleri çalışmalarında ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemindeki hava kanalı tasarımını güncelleyerek ve PMV ve PPD parametrik optimizasyonlarla yolcuların termal konforunu sağlayabilmeyi amaçlamışlardır. Bu çalışmada otobüste çeşitli şekillerde oturan 25 yolcu modelleri ile simule etmişlerdir. Motordan, yoldan, egzoz gazından, yolculardan, araç içindeki ışıklardan ve güneş enerjisinden gelen ısıl yükler hesaplamaya dahil edilmiştir. Çalışma sonucunda PMV ve PPD parametrelerinde hesaplamalı akışkanlar dinamiğı ile deneysel veriler birbiri ile uyumlu olarak bulunmuşutr. İstenilen konfor şartını yakalayamayan bölgeler (hava kanalı geometrik şekli, yolcu ve sürücü kısmında üflelerin konumu) için hava kanalı tasarım optimizasyonun yapılmasına karar verilmiştir [8].

1.2 Tezin Amacı

Araç iklimlendirme sisteminde hava kanallarından gelen havanın kamyon kabini içine dağılımı sırasında hava hızının konfor şartlarına uygun olarak iyileştirilmesi ile sürücü ve yolcu konforunun iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Bu tez çalışmasında kamyon kabinindeki klima hava kanallarından gelen havanın ve kabin içeriindeki dağılımı HAD analizi yapılarak akış sırasındaki havanın davranışı incelenecektir. Ayrıca yaz ve kış çalışma koşullarında ısıl hesaplamalar yapılp Star CCM+ HAD analizinde bulunan hava debisi karşılaştırılarak örnek kamyon kabini için sonuçlar irdelenecektir.

2 İklimlendirme Sistemi

İlk modern klima sistemi Willis Haviland Carrier adlı elektrik mühendisi tarafından 1902 yılında geliştirilmiştir. Bir basım fabrikasındaki sıcaklık ve nemi kontrol altında tutmak amacıyla geliştirilen bu sistem oldukça başarılı sonuçlar vermiştir.

Willis Carrier tarafından icat edilen klimaların otomobillerde kullanılması ilk olarak 1933 yılında gerçekleşmiştir. New York merkezli bir firma limuzin ve lüks araçlara sonradan klima montajını gerçekleştiriyordu. Ancak Packard markası 1939 yılında ilk kez otomobillerde fabrika çıkışı bir opsiyonel donanım olarak klima sistemini sunmaya başlamıştır.

2.1 İklimlendirme Sistemini Oluşturan Parçalar

- Kompresör (Yüksek basınç hattı)

Kompresörler temel olarak gaz formundaki maddelerin basıncını arttırmak için kullanılır. Genellikle krank milinden hareketini alan bu parça klima sisteminde sirkülasyonunun olmasını sağlar ve sistemin güç kaynağıdır. Sadece gaz formunu basınçlandırabildiği için soğutma sıvısı R134a kompresöre girerken gaz halinde olmak zorundadır. R134 gazının yüksek basınç altında sıvı hale gelebilmesinde kompresörün büyük katkısı vardır.

- Klima radyatörü – Kondensatör (Yüksek basınç hattı)

Kompresörden gelen ve basıncın etkisi ile sıcaklığı artan havanın soğutulması gereklidir. Aksi takdirde yüksek basınçlı R134 gazı sıvı hale geçemez. Kondensatör genellikle motor soğutma radyatörünün önünde bulunur ve fan yardımı ile soğutulur. İçerisine giren R134 burada düşük sıcaklık ve yüksek basınç sayesinde gaz halinden sıvı haline geçer.

- Kurutucu filtre (Yüksek basınç hattı)

Tamamen kapalı sistemdeki nemi arındırmak için kullanılır. Gaz halden sıvı hale ve sıvı halden gaz hale geçiş sırasında basınç ve sıcaklığın etkileri ile R134a içerisinde nem oluşumları gerçekleşebilir. Klima radyatöründen çıkan yüksek basınçlı ve

sıcaklığı düşürülmüş R134a gazı artık sıvı formundadır ve soğutma sırasında içerisinde nemden kaynaklanan buz kristalleri oluşmaması için bu nemden arındırılması gereklidir. Nemden dolayı oluşabilecek buz kristalleri sistemde bulunan mekanik aksamı zarar verme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle de kurutucu sistemin sağlığı açısından önemli bir filtreleme görevine sahiptir.

- Genleşme valfi – Basınç valfi (Düşük basınç hattı)

Genleşme valfi sistemde kompresörün yaptığı basınç yükseltme işleminin tam tersini yapar. Kurutucudan yüksek basınçla ve sıvı halde gelen R134a'nın basıncını düşürür. Basıncı düşürülen R134a soğutma sıvısı evaporatöre girmeden hemen önce tekrar gaz hale dönmeye meyilli hale gelmiş olur.

- Evaporatör (Düşük basınç hattı)

Kondensatöre benzer ince kanallı dolambaçlı bir yapısı vardır ve bir çeşit radyatördür. Hava akımı sayesinde de soğuktur ve kondensatör gibi R134a soğutucusunun madde halini değiştirir. Ancak klima radyatöründe gaz halden sıvı hale olan geçiş evaporatörde sıvıdan gaza geçiş şeklinde tam ters şekilde gerçekleşir. Hem düşük basıncın etkisi hem de soğuk kanallardan geçen R134a sıvısı burada gaza dönüşür ve kompresörün ihtiyaç duyduğu gaz hali elde edilir.

Evaporatörün önünde bulunan üfleçler kabin içerisindeki sıcak havayı dışarı atar. Ayrıca dış havayı sıcaklığı yaklaşık 0°C derece olan evaporatörün üstünden geçirir ve kabin içerisine bu sayede soğuk hava gönderilir. Sonuç olarak kabindeki sıcak hava ile soğuk hava yer değiştirmiş olur. Ayrıca sıcaklığı düşen kabinin nemi de bu soğuma sayesinde azalmış olur.

- Soğutucu Gaz (R134a) – Klima gazı

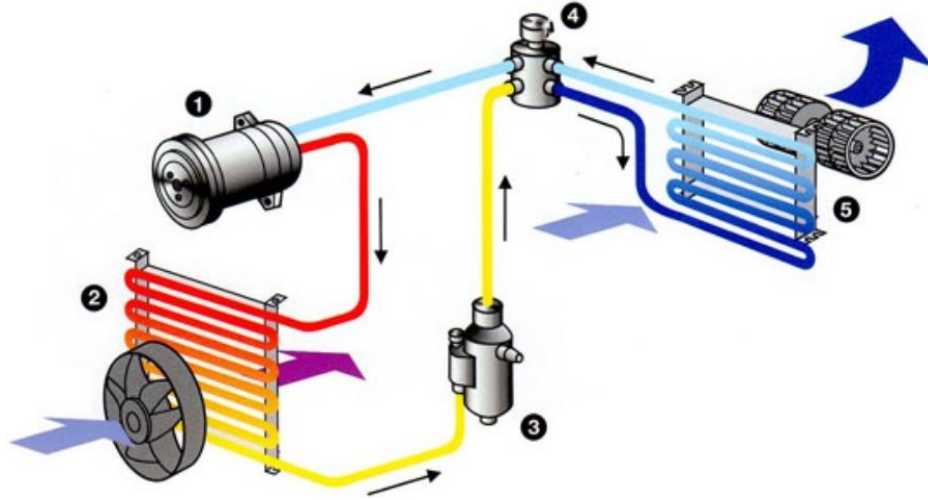
Ozon tabakasına zarar veren R12 gazı yerine 1990'lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Renksizdir. Yüksek basınç altında sıvı hal alabilen ve düşük sıcaklıklarda buharlaşabilen özel bir gazdır ve klima sisteminin çalışma prensibi tamamen R134a gazının özelliklerine göre tasarlanmıştır.

2.2 İklimlendirme Sisteminin Çalışma Prensibi

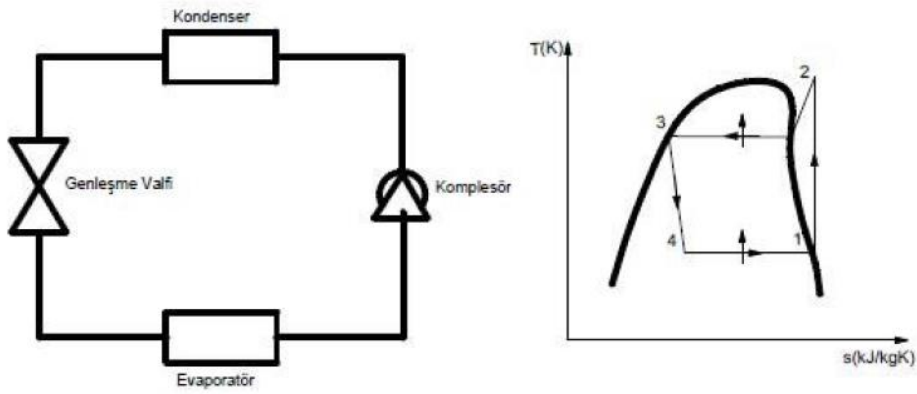
- Klima sistemi kumandalardan açılınca kompresör çalışır. (1) – Yüksek basınç hattı
- Kompresör soğutucu gazın basıncını yükselterek klima radyatörüne gönderir. (2) – Yüksek basınç hattı
- Basıncı ve dolayısı ile sıcaklığı artan bu gazın sıvı hale gelmesi için soğutulması gereklidir. (2) – Yüksek basınç hattı
- Soğuyan ve basıncı da yükselen gaz klima radyatöründe sıvı hale dönüşür (2) – Yüksek basınç hattı
- Kurutucuya giren yüksek basınçlı sıvı formdaki R134a'nın içerisindeki nem evaporatörde kristalize olmaması için filtre edilir (3) – Yüksek basınç hattı
- Neminden arınan yüksek basınçlı soğutma sıvısının basıncı genleşme valfinde düşürülür (4) – Düşük basınç hattı
- Basıncı düşürülen soğutma sıvısı Evaporatöre girer (5) – Düşük basınç hattı
- Evaporatörde daha da soğuyan ve basıncı düşmüş olan sıvı R134a gaz formuna dönüşür ve tekrar kompresöre girer. (5)
- Sirkülasyon bu şekilde başa dönmüş olur ve sürekli tekrarlanır
- Klima kumandalarından daha önce aktive edilmiş olan fanlar kabindeki sıcak havayı dışarı atar (5)

Fanlar ayrıca havayı 0°C derece olan evaporatörün üstünden geçirir ve kabin içerisine soğuk hava gönderir (5)

Bu sayede kabin içerisindeki sıcak hava soğutulmuş hava ile yer değiştirir.



Şekil 2.1 Kabin içinde ısı kazancı olan bölgelerin gösterimi



Şekil 2.2 Soğutma çevriminin şematik gösterimi

Çevrim süreci aşağıdaki şekilde gerçekleşmektedir;

- 1-2 noktası arasında kompresörde izentropik sıkıştırma
- 2-3 noktası arasında kondenserde sabit basınçta ısı transferi
- 3-4 noktası arasında genleşme vanasında sabit entalpide genişleme
- 4-1 noktası arasında evaporatörde sabit basınçta ısı transferi

Kamyon Kabininde İklimlendirme Sistemi Uygulaması

3.1 Kamyon Kabininde Isı Kazancı Hesabı

Klima cihazlarının seçimi için gerekli olan yükün hesabında, kamyon kabini içindeki ısı kaynaklarınca üretilen ısıнын yanı sıra, bir tasarım gününde dışarıdan mahal içine giren ısıнын da göz önüne alınması gerekir. Bir tasarım günü, dış ortamın kuru ve yaş termometre sıcaklıklarının birlikte en yüksek değere ulaştığı, güneşten gelen ışıınımı az ya da çok azaltacak sis bulunmayan ve iç yüklerin hepsinin normal olduğu gün olarak tanımlayabiliriz. Kamyon kabininde pik yük hesabı için hem yaz kliması hem de kış kliması hesabı yapılacaktır. Hesaplanan pik yüke göre klima için gerekli olan hava debisi blirlenecektir.

Kamyon kabini içindeki toplam ani ısı kazançları aşağıdaki gibidir;

1. Camlardan gelen ısı kazancı

– Camlardan kondüksiyon ve konveksiyonla gerçekleşen ısı kazancı

– Camlardan güneş radyasyonuyla geçen ısı kazancı

2. Kabin tavan yüzeyinden gelen ısı kazancı

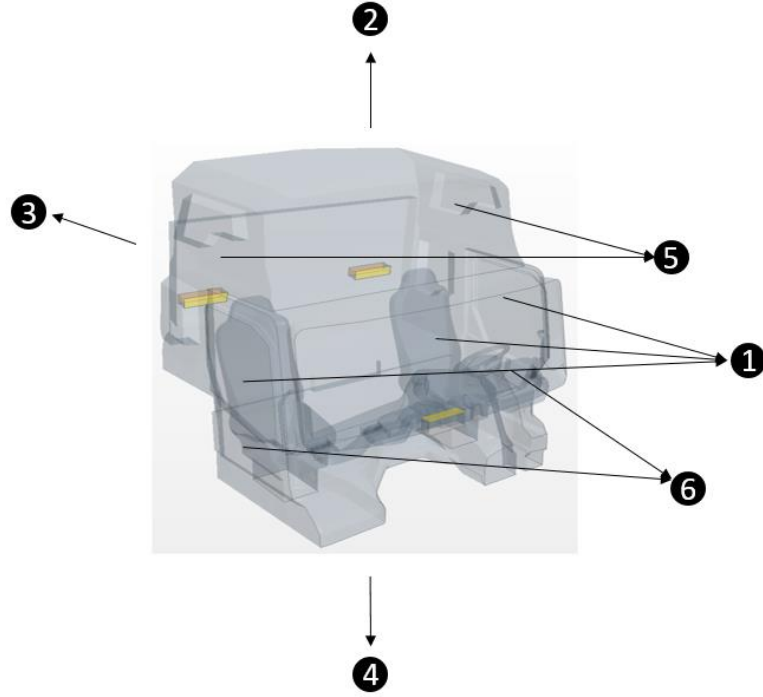
3. Kabin arka yüzeyinden gelen ısı kazancı

4. Kabin taban yüzeyinden gelen ısı kazancı

5. Kabin yan yüzeylerinden gelen ısı kazancı

6. Kapılardan gelen ısı kazancı

7. İnsanlardan gelen ısı kazancı



Şekil 3.1 Kabin içinde ısı kazancı olan bölgelerin gösterimi

Kabuller;

- Kamyondaki motorun ısı kalkanı ile çok iyi bir şekilde yalıtıldığı kabul edilmiştir. Bu nedenle motordan kabin içine gelecek ısı kazancı ve kaybı ihmal edilmiştir.
- Kabin içinde sürücü ile birlikte iki yolcu ile birlikte toplamda üç kişinin bulunduğu kabul edilmiştir.
- İnsanlardan gelen duyulur ve gizli ısı hesaplamalarında araç içindeki insanlardan gelen ısı kazancı hesabı olmadığı için ofis mahal olarak kabul edilmiştir.
- Ortam sıcaklığı kış mevsiminde 22-23°C, yaz mevsiminde ise dış ortam sıcaklığından 10°C düşük olduğunda konfor şartlarına uygun olmaktadır. Mahal içinde bulunan insanların ani sıcaklık değişiminden etkilenmesini engellemektedir. Bu nedenle kabin içi ortam sıcaklığı yaz mevsiminde 28°C ve kış 22°C olarak kabul edilmiştir.
- Rüzgarlı bir bölgede kamyonun 65 mph hızıyla gittiği kabul edilmiştir.

3.1.1 Yaz Kliması Hesabı

Yaz kliması hesabı için Antalya ili seçilmiştir. Antalya ili için dış hava tasarım şartları aşağıdaki tablodaki gibidir;

Tablo 3.1 Antalya ili için dış hava tasarım şartları

Şehir	Enlem	Boylam	Rakım, m	YAZ				KİŞ		Rüzgar Hızı (km/h) ve Yönü	
				Tasarım Şartları			Günlük ΔT , K	Tasarım KTS, °C	Rüzgar Durumu	Yaz	Kış
				KTS, °C	YTS, °C	W, gr/kg					
Antalya	36°53'K	30°42'D	43	39	28	19,6	11,4	+3	R	KB14	KB16

3.1.1.1 Ön ve Yan Camlarda Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı

- Camlardan güneş radyasyonu ile gelen ısı kazancı aşağıdaki formülasyonla hesaplanmaktadır;

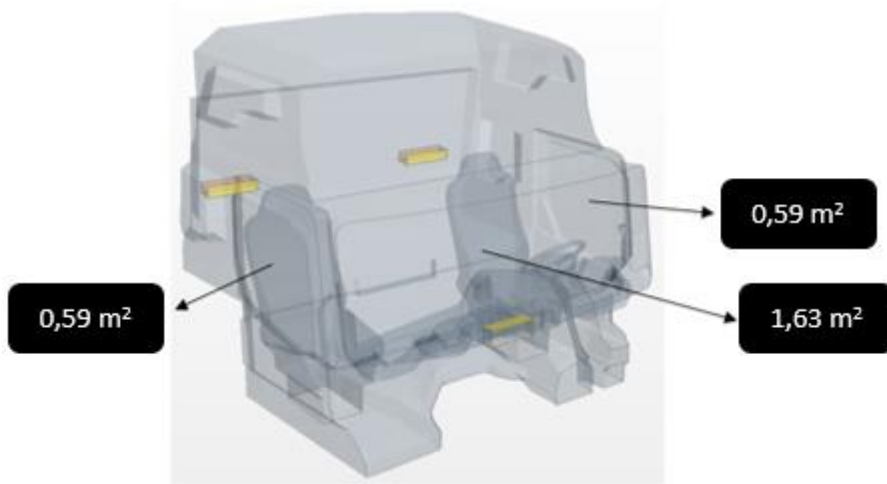
$$Q_R = A \times (A_R / A) \times q_g \quad (3.1)$$

A : Pencere alanı (m²)

A_R / A : Pencerenin radyasyon geçirme oranı (W/m²)

q_g : Düzeltme ve gölgeleme faktörü

Pencere yüzey alanları ise ön cam için 1,63 m², her bir yan cam için 0,59 m²'dir.



Şekil 3.2 Ön ve yan camların yüzey alanları

Düzeltilme ve gölgeleme faktörü cam yüzeyler için aşağıdaki tabloya göre 0,6 (gölgeleme yok, renkli cam) alınmıştır.

Tablo 3.2 Pencereelerde düzeltme ve gölgeleme faktörleri

	Gölgeleme yok	İçte jaluzi veya perde, Açık renk	İçte jaluzi veya perde, Koyu renk	Dışta jaluzi / tente
Normal cam	1,0	0,6	0,75	0,15 – 0,20
Çift cam	0,9	0,5	0,65	0,15 – 0,20
Renkli cam	0,40 – 0,60	-	-	-

Güneş radyasyonu ile çeşitli yöndeki düşey pencerelere gelen ısı akısı aşağıdaki tablodaki gibidir. Kamyon yolculuk halinde pencere yönleri sürekli olarak değişken olacağı için maksimum ısı kazancını hesaplayabilmek için batı yönü ve saat 16:00 kabulü yapılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 3.3 Güneş radyasyonu ile çeşitli yöndeki düşey pencerelere gelen ısı akısı (W/m^2) [10]

Yön	Saat 08.00	Saat 12.00	Saat 16.00
Batı	50	50	500
Doğu	500	50	50
Güney	50	200	50
Kuzey	50	50	50
Kuzey Doğu	350	50	50
Güney Doğu	350	150	50
Güney Batı	50	150	350
Kuzey Batı	50	50	350

(3.1) denkleminde göre Q_R değeri **843 W** olarak hesaplanmıştır.

- Camlardan kondüksiyon ve konveksiyonla olan ısı kazancı aşağıdaki formülasyonla hesaplanmaktadır;

$$Q_K = U \times A \times (T_d - T_i) \quad (3.2)$$

U : Pencerenin toplam ısı transfer katsayısı (W/m^2K)

A : Pencere alanı (m^2)

T_d : Dış ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)

T_i : İç sıcaklık ($^{\circ}C$)

Pencerenin toplam ısı transfer katsayısı (U) 0,8 W/m²K, iç ortam sıcaklığı 28°C'dir.

Tablo 3.1'den alınan değere göre Antalya için dış ortam sıcaklığı 39°C'dir.

$$Q_K = Q_{K \text{ ön cam}} + Q_{K \text{ yan cam 1}} + Q_{K \text{ yan cam 2}} \quad (3.3)$$

(3.4) denkleminde göre Q_K değeri **24,728 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.1.2 Kabin Tavan Yüzeyinde Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı

Kamyon kabinin tavan yüzeyinden olan ısı kazancı aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$Q = U \times A \times \Delta T \quad (3.4)$$

U : Kamyon kabini tavan yüzeyinin toplam ısı transfer katsayısı (W/m²K)

A : Tavan yüzey alanı (m²)

ΔT : Eşdeğer sıcaklık farkı (°C)

Isı geçirgenlik katsayısı, kamyon kabininin tavan yüzeyinde bulunan yalıtım ve dolgu malzemeleri için aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$1/U = 1/h_{\text{İç taraf}} + d_1/k_1 + d_2/k_2 + \dots + 1/h_{\text{Dış taraf}} \quad (3.5)$$

h : Isı taşınım katsayısı (W/m²K)

d : Duvar kalınlığı (m)

k = Isı iletkenliği hesap değeri (W/mK)

Tablo 3.4 İç ve dış hava tarafındaki ısı taşınım katsayıları [10]

Yüzey ve ısı akım yönü		Isı taşınım katsayısı (W/m ² K)
1	Duvar yüzeyleri iç tarafında	8,13
2	Dış pencere yüzeyleri iç tarafında	11,62
3	Isı akımı aşağıdan yukarıya olan döşeme yüzeyleri	8,13
4	Isı akımı yukarıdan aşağıya olan döşeme yüzeyleri	5,81
5	Dış yüzeylerde	23,24

Isı taşınım katsayısı iç taraf için duvar yüzeyleri iç tarafında seçilir. Dış yüzeylerde ise ısı akımı yukarıdan aşağıya olan döşeme yüzeyleri ısı taşınım katsayısı için seçilir.

Kamyon arka yüzeyinin olduğu katmanlar ise iç yüzeyden en dış yüzeye sırasıyla iç yüzey döşemesi, izolasyon malzemesi, sac malzemenin şekil değişimini engellemek için eklenmiş pedler ve sac malzemedir.

Tablo 3.5 İç yüzeyden dış yüzeye doğru arka yüzey kabin malzeme özellikleri

	İç yüzey döşemesi	İzolasyon malzemesi	Polyester keçe	Noiselite Foam	Sac malzeme
D (m)	0,001	0,002	0,007	0,02	0,0007
k (W/mK)	0,463	0,03	0,04	0,033	18

(3.5) denklemine göre U değeri **0,873 W/m²K** hesaplanmıştır.

Kabinin arka yüzeyinin alanı 5,2 m²'dir. Antalya ilinin KTS'nin 39°C ve istenilen iç ortam sıcaklığının 28°C olması gerektiğinden ΔT değeri 11°C'dir.

(3.4) denkleminde göre Q değeri **49,96 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.1.3 Kabin Arka Yüzeyinde Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı

Kamyon kabinin arka yüzeyinden olan ısı kazancı (3.4) denkleminde göre hesaplanır;

Isı geçirgenlik katsayısı, kamyon kabininin arka yüzeyinde bulunan yalıtım ve dolgu malzemeleri için (3.5) denkleminde göre hesaplama yapılır.

Tablo 3.4'ten ısı taşınım katsayısı iç taraf için duvar yüzeyleri iç tarafında seçilir. Dış yüzeylerde ise dış taraf ısı taşınım katsayısı için seçilir.

Kamyon arka yüzeyinin olduğu katmanlar ise iç yüzeyden en dış yüzeye sırasıyla iç yüzey döşemesi, izolasyon malzemesi, sac malzemenin şekil değişimini engellemek için eklenmiş pedler ve sac malzemedir.

Tablo 3.6 İç yüzeyden dış yüzeye doğru arka yüzey kabin malzeme özellikleri

	İç yüzey döşemesi	İzolasyon malzemesi	Polyester keçe	Noiselite Foam	Sac malzeme
D (m)	0,001	0,002	0,007	0,02	0,0007
k (W/mK)	0,463	0,03	0,04	0,033	18

(3.5) denkleminde göre U değeri **0,984 W/m²K** olarak hesaplanmıştır.

Kabinin arka yüzeyinin alanı 5 m²'dir. Antalya ilinin KTS'nin 39°C ve istenilen iç ortam sıcaklığının 28°C olması gerektiğinden ΔT değeri 11°C'dir.

(3.4) denkleminde göre Q değeri **54,14 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.1.4 Kabin Taban Yüzeyinde Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı

Kamyon kabinin taban yüzeyinden olan ısı kazancı (3.4) denkleminde göre hesaplanır.

Isı geçirgenlik katsayısı, kamyon kabininin taban yüzeyinde bulunan yalıtım ve dolgu malzemeleri için (3.5) denkleminde göre hesaplama yapılır.

Tablo 3.4'ten ısı taşınım katsayısı iç taraf için duvar yüzeyleri iç tarafında seçilir. Dış yüzeylerde ise ısı akımı aşağıdan yukarıya olan döşeme yüzeyleri ısı taşınım katsayısı için seçilir.

Kabin tabanında ise içten kısımdan dış yüzeye doğru kaplanan yüzeyler; iç yüzey döşemesi, izolasyon malzemesi, taban sacı ve kamyon motorundan gelecek ısı transferini engelleyecek ısı koruma sacı.

Tablo 3.7 İç yüzeyden dış yüzeye doğru kabin taban yüzeyinin malzeme özellikleri

	İç yüzey döşemesi				Sac malzeme
	Aşınma tabakası	Ağır tabaka	Yalıtım tabakası	Koruma tabakası	
D (m)	0,0008	0,0032	0,05	0,00004	0,0007
k (W/mK)	0,1	0,34	0,03	0,03	18

(3.5) denklemine göre U değeri **0,54 W/m²K** olarak hesaplanmıştır.

Kabinin taban yüzeyinin alanı 5,2 m²'dir. Antalya ilinin KTS'nin 39°C ve istenilen iç ortam sıcaklığının 28°C olması gerektiğinden ΔT değeri 11°C'dir.

(3.4) denklemine göre Q değeri **30,89 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.1.5 Kabin Yan Yüzeylerinde Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı

Kamyon kabinin yan yüzeylerinden olan ısı kazancı (3.4) denklemine göre hesaplanır.

Isı geçirgenlik katsayısı, kamyon kabininin yan yüzeylerinde bulunan yalıtım ve dolgu malzemeleri için (3.5) denklemine göre hesaplama yapılır.

Tablo 3.4'ten ısı taşınım katsayısı iç taraf için duvar yüzeyleri iç tarafında seçilir. Dış yüzeylerde ise dış taraf ısı taşınım katsayısı için seçilir.

Kamyon yan yüzeylerinin olduğu katmanlar ise iç yüzeyden en dış yüzeye sırasıyla iç yüzey döşemesi, izolasyon malzemesi, sac malzemenin şekil değişimini engellemek için eklenmiş pedler ve sac malzemedir.

Tablo 3.8 İç yüzeyden dış yüzeye doğru yan yüzeylerin kabin malzeme özellikleri

	İç yüzey döşemesi	İzolasyon malzemesi	Polyester keçe	Noiselite Foam	Sac malzeme
D (m)	0,001	0,002	0,007	0,02	0,0007
k (W/mK)	0,463	0,03	0,04	0,033	18

(3.5) denklemine göre U değeri **0,984 W/m²K** olarak hesaplanmıştır.

Kabinin yan yüzeylerinin toplam alanı 5,91 m²'dir. Antalya ilinin KTS'nin 39°C ve istenilen iç ortam sıcaklığının 28°C olması gerektiğinden ΔT değeri 11°C'dir.

(3.4) denklemine göre Q değeri **63,99 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.1.6 Kapılarda Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı

Kamyon kabini kapılarından gelen ısı kazancı (3.4) denklemine göre hesaplanır.

Isı geçirgenlik katsayısı, kamyon kapılarında bulunan yalıtım ve dolgu malzemeleri için (3.5) denklemine göre hesaplama yapılır.

Tablo 3.4'ten ısı taşınım katsayısı iç taraf için duvar yüzeyleri iç tarafında seçilir. Dış yüzeylerde ise dış taraf ısı taşınım katsayısı için seçilir.

Kamyon kapılarının oluştuğu katmanlar ise iç yüzeyden en dış yüzeye sırasıyla iç yüzey döşemesi, izolasyon malzemesi ve sac malzemedir.

Tablo 3.9 İç yüzeyden dış yüzeye doğru kamyon kapılarının malzeme özellikleri

	İç yüzey döşemesi	İzolasyon malzemesi	Sac malzeme
D (m)	0,002	0,08	0,0007
k (W/mK)	0,463	0,023	18

(3.5) denklemine göre U değeri **0,274 W/m²K** olarak hesaplanmıştır.

Kabinin kapılarının toplam yüzey alanı 2.77 m²'dir. Antalya ilinin KTS'nin 39°C ve istenilen iç ortam sıcaklığının 28°C olması gerektiğinden ΔT değeri 11°C'dir.

(3.4) denklemine göre Q değeri **8,35 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.1.7 Sürücü ve Yolculardan Dolayı Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı

İnsan vücudu, metabolizma yolu ile ısı üretir ve bu ısı vücut yüzeyinden taşınım, ışıınım, buharlaşma ve solunum yolu ile çevreye geçer. Miktarı çevre sıcaklığı ve kişinin etkinlik düzeyine bağlı olan bu ısı kazancı için değerler aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Kamyon kabini içerisinde sürücü ve iki yolcu olduğu, toplamda üç kişi olarak hesaplama yapılmıştır.

$$Q_{\text{insan}} = n \cdot (Q_{\text{duy}} + Q_{\text{giz}}) \quad (3.6)$$

n : Kişi sayısı

Q_{duy} : Duyulur Isı (W)

Q_{giz} : Gizli Isı (W)

Tablo 3.10 İnsanlardan olan ısı kazancı (W/kişi) [10]

Mahaller	Duyulur	Gizli	Toplam
Okullar, tiyatro, sinema	70	40	110
Ofisler, konutlar, oteller	70	60	130
Mağazalar, dükkanlar	70	60	130
Bankalar	75	70	145
Restoranlar	80	80	160
Diskotekler, barlar	95	150	245
Spor salonları	150	275	425

İnsanlardan olan ısı kazancında duyulur ve gizli ısı Tablo 3.10'dan ofis, konutlar ve oteller kabulüne göre hesaplanmıştır. (3.6) denklemine göre Q_{insan} değeri **390 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.2 Kış Kliması Hesabı

Kış kliması hesabı için Erzurum ili seçilmiştir. Erzurum ili için dış hava tasarım şartları aşağıdaki tablodaki gibidir;

Tablo 3.11 Erzurum ili için dış hava tasarım şartları

Şehir	Enlem	Boylam	Rakım, m	YAZ				KIŞ		Rüzgar Hızı (km/h) ve Yönü	
				Tasarım Şartları			Günlük ΔT , K	Tasarım KTS, °C	Rüzgar Durumu	Yaz	Kış
				KTS, °C	YTS, °C	W, gr/kg					
Erzurum	39°55'K	41°16'D	1893	30	19	9.3	14,7	-21	-	GB14	GB15

3.1.2.1 Ön ve Yan Camlarda Meydana Gelen Isı Kaybı Hesabı

Camlardan güneş radyasyonu ile gelen ısı kazancı aşağıdaki (3.1) denklemi ile hesaplanmaktadır.

Pencere yüzey alanları ise ön cam için 1,63 m², her bir yan cam için 0,59 m²'dir.

Düzeltilme ve gölgeleme faktörü cam yüzeyler için aşağıdaki tabloya göre 0,9 alınmıştır. (Tablo 3.2)

Kamyon yolculuk halinde iken pencere yönlerinin sürekli olarak değişken olacağı düşünülürse kış şartlarında minimum ısı kazancını hesaplayabilmek için güneş radyasyonu ile çeşitli yöndeki düşey pencerelere gelen ısı akısı tablosundan (Tablo 3.3) doğu yönü ve saat 16:00 kabulü yapılarak hesaplamalar yapılmıştır.

(3.1) denklemine göre Q_R değeri **843 W** olarak hesaplanmıştır.

Camlardan kondüksiyon ve konveksiyonla olan ısı kazancı (3.2) denklemi ile hesaplanmaktadır.

Pencerenin toplam ısı transfer katsayısı (U) 0,8 W/m²K, iç ortam sıcaklığı 22°C'dir.

Tablo 3.11'den alınan değere göre Erzurum ili için kış ayındaki dış ortam sıcaklığı -21°C'dir.

(3.3) denklemine göre Q_K değeri **96,66 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.2.2 Kabin Tavan Yüzeyinde Meydana Gelen Isı Kaybı Hesabı

Kamyon kabinin tavan yüzeyinden olan ısı kaybı (3.4) denklemi ile hesaplanmaktadır.

Isı geçirgenlik katsayısı, kamyon kabininin tavan yüzeyinde bulunan yalıtım ve dolgu malzemeleri için (3.5) denklemine göre hesaplama yapılır.

Tablo 3.4'ten ısı taşınım katsayısı iç taraf için duvar yüzeyleri iç tarafında seçilir. Dış yüzeylerde ise ısı akımı aşağıdan yukarıya olan döşeme yüzeyleri ısı taşınım katsayısı için seçilir.

Kamyon arka yüzeyinin olduğu katmanlar ise Tablo3.5'ten alınmıştır.

(3.5) denklemine göre U değeri **0,912 W/m²K** olarak hesaplanmıştır.

Kabinin arka yüzeyinin alanı 5.2 m²'dir. Erzurum ilinin KTS'nin -21°C ve istenilen iç ortam sıcaklığının 22°C olması gerektiğinden ΔT değeri 43°C'dir.

(3.4) denklemine göre Q değeri **204,08 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.2.3 Kabin Arka Yüzeyinde Meydana Gelen Isı Kaybı Hesabı

Kamyon kabinin arka yüzeyinden olan ısı kaybı (3.4) denklemi ile hesaplanmaktadır.

Isı geçirgenlik katsayısı, kamyon kabininin arka yüzeyinde bulunan yalıtım ve dolgu malzemeleri için (3.5) denklemine göre hesaplama yapılır.

Tablo 3.4'ten ısı taşınım katsayısı iç taraf için duvar yüzeyleri iç tarafında seçilir. Dış taraf için ise dış yüzeylerde ısı taşınım katsayısı için seçilir.

Kamyon arka yüzeyinin olduğu katmanlar ise Tablo 3.6'dan alınarak;

(3.5) denklemine göre U değeri **0,984 W/m²K** olarak hesaplanmıştır.

Kabinin arka yüzeyinin alanı 5 m²'dir. Erzurum ilinin KTS'nin -21°C ve istenilen iç ortam sıcaklığının 22°C olması gerektiğinden ΔT değeri 43°C'dir.

(3.4) denklemine göre Q değeri **211,65 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.2.4 Kabin Taban Yüzeyinde Meydana Gelen Isı Kaybı Hesabı

Kamyon kabinin taban yüzeyinden olan ısı kaybı (3.4) denklemi ile hesaplanmaktadır.

Isı geçirgenlik katsayısı, kamyon kabininin taban yüzeyinde bulunan yalıtım ve dolgu malzemeleri için (3.5) denklemine göre hesaplama yapılır

Tablo 3.4'ten ısı taşınım katsayısı iç taraf için duvar yüzeyleri iç tarafında seçilir.

Dış yüzeylerde ise ısı akımı yukarıdan aşağıya olan döşeme yüzeyleri ısı taşınım katsayısı için seçilir.

Kabin tabanında ise içten kısımdan dış yüzeye doğru kaplanan yüzeyler Tablo 3.7'den alınmıştır.

(3.5) denklemine göre U değeri **0,504 W/m²K** olarak hesaplanmıştır.

Kabinin taban yüzeyinin alanı 5,2 m²'dir. Erzurum ilinin KTS'nin -21°C ve istenilen iç ortam sıcaklığının 22°C olması gerektiğinden ΔT değeri 43°C'dir.

(3.4) denklemine göre Q değeri **112,91 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.2.5 Kabin Yan Yüzeylerinde Meydana Gelen Isı Kaybı Hesabı

Kamyon kabinin yan yüzeylerinden olan ısı kaybı (3.4) denklemi ile hesaplanmaktadır

Isı geçirgenlik katsayısı, kamyon kabininin yan yüzeylerinde bulunan yalıtım ve dolgu malzemeleri için (3.5) denklemine göre hesaplama yapılır

Tablo 3.4'ten ısı taşınım katsayısı iç taraf için duvar yüzeyleri iç tarafında seçilir.

Dış yüzeylerde ise dış taraf ısı taşınım katsayısı için seçilir.

Kamyon yan yüzeylerinin oluştuğu katmanlar ise Tablo 3.8den alınmıştır.

(3.5) denklemine göre U değeri **0,984 W/m²K** olarak hesaplanmıştır.

Kabinin yan yüzeylerinin toplam alanı 5,91 m²'dir. Erzurum ilinin KTS'nin -21°C ve istenilen iç ortam sıcaklığının 22°C olması gerektiğinden ΔT değeri 43°C'dir.

(3.4) denklemine göre Q değeri **250,18 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.2.6 Kapılarda Meydana Gelen Isı Kaybı Hesabı

Kamyon kabini kapılarından gelen ısı kaybı (3.4) denklemi ile hesaplanmaktadır.

Isı geçirgenlik katsayısı, kamyon kapılarında bulunan yalıtım ve dolgu malzemeleri için (3.5) denklemine göre hesaplama yapılır

Tablo 3.4'ten ısı taşınım katsayısı iç taraf için duvar yüzeyleri iç tarafında seçilir. Dış taraf için ise dış yüzeylerde ısı taşınım katsayısı için seçilir.

Kamyon kapılarının oluştuğu katmanlar ise Tablo 3.9'dan alınmıştır.

(3.5) denklemine göre U değeri **0,274 W/m²K** olarak hesaplanmıştır.

Kamyon kabininin kapılarının toplam yüzey alanı 2,77 m²'dir. Erzurum ilinin KTS'nin -21°C ve istenilen iç ortam sıcaklığının 22°C olması gerektiğinden ΔT değeri 43°C'dir.

(3.4) denklemine göre Q değeri **32,64 W** olarak hesaplanmıştır.

3.1.2.7 Sürücü ve Yolculardan Dolayı Meydana Gelen Isı Kazancı Hesabı

Kamyon kabinindeki insanlardan gelen ısı kazancı hesabı yaz klimasında hesaplanan değerde olduğu gibi (3.6) denklemine göre Q_{insan} değeri **390 W** olarak hesaplanmıştır.

3.2 Yaz Kliması ve Kış Kliması Hesaplamalarının Değerlendirilmesi

Yaz ve kış kliması hesaplamalarına göre hesaplanan ısı kazançları ve ısı kayıpları aşağıdaki tablodaki gibidir;

Tablo 3.12 Yaz ve kış kliması hesaplamalarına göre hesaplanan ısı kazanç ve kayıpları

	Yaz Kliması		Kış Kliması	
Ön ve Yan Camlardan Gelen Isı (W)	24,72	843	-96,66	-843
Kabin Tavanından Gelen Isı (W)	49,96		-204,08	
Kabin Arka Yüzeyinen Gelen Isı (W)	54,14		-211,65	
Kabin Taban Yüzeyinen Gelen Isı (W)	30,89		-112,91	
Kabin Yan Yüzeylerinden Gelen Isı (W)	64		-250,18	
Kapılardan Gelen Isı (W)	8,35		-32,64	
Sürücü ve Yolculardan Gelen Isı (W)	390		-390	

Yaz kliması hesaplamalarına göre kamyon kabini içine **1465 W** ısı kazancı hesaplanmıştır. Kış kliması hesaplamalarına göre ise **2141 W** ısı kaybı hesaplanmıştır. Klima hava debisi hesaplamalarında maksimum gerekliliği hesaplamak amacıyla hesaplamalara kış kliması ısı ihtiyacı ile birlikte devam edilecektir.

3.3 Kamyon Kabini İklimlendirmesi için Gerekli Hava Debisi Hesabı

Gerekli olan hava debisi aşağıdaki formülasyonla hesaplanmaktadır;

$$V_{\text{debi}} = Q_{\text{duy}} / (\rho_{\text{hava}} \times C_p \times \Delta T) \quad (3.7)$$

V_{debi} : Hava debisi (m^3/s)

Q_{duy} : Isı ihtiyacı (kW)

ρ_{hava} : Havanın özkütlesi (kg/m^3)

C_p : Havanın özısıısı ($\text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$)

ΔT : Sıcaklık farkı ($^\circ\text{C}$)

Kış kliması hesabında ρ_{hava} 1,2 kg/m^3 , havanın özısıısı 0,24 $\text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$ ve sıcaklık farkı 43°C değerine göre V_{debi} **172,89 l/s** olarak hesaplanmıştır.

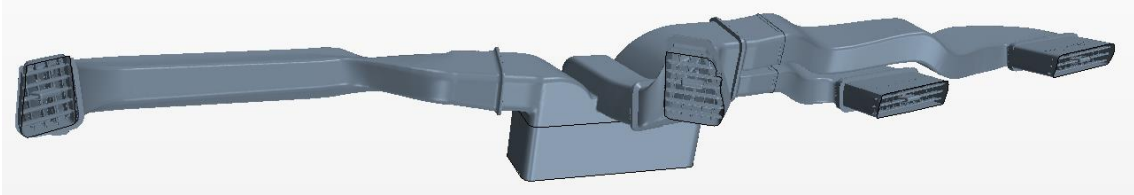
Kamyon Kabininde Yapılan Sayısal Çalışmalar

4.1 Sayısal Çalışmalar

Sayısal çalışmalar yapılırken ilk olarak kamyon kabinin iç bölgesinin üç boyutlu CAD datası oluşturulmuş, oluşturulan CAD datanın sayısal modeli kurularak çalışmaya devam edilmiştir.

4.1.1 Kamyon Kabininin CAD Modelinin Oluşturulması

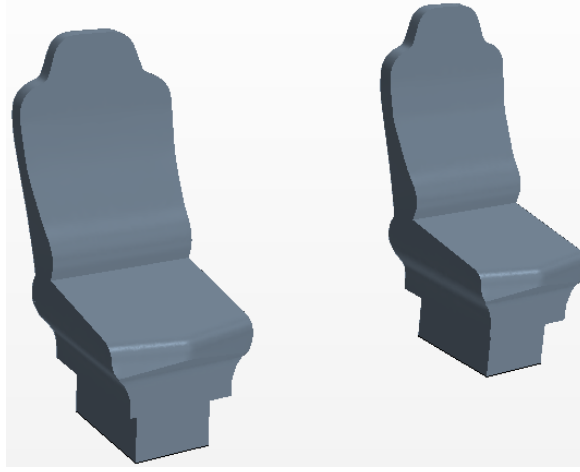
Sayısal modelin oluşturulması sırasında tek parçalı bir katı model datasına ihtiyaç vardır. CATIA V5 programı kullanılarak üç boyutlu geometrik datalar tek bir parça haline getirilerek sayısal analizde kullanılabilecek model oluşturulmuştur. Bu modelleme çalışması sırasında daha sonra yapılacak ağ örme işlemine engel olmaması, ağ örme ve analiz sonuçlarının daha doğru yaklaşımlar yaparak çıkmasını sağlamak amacıyla gereksiz geometriler ya da çok küçük bağlantı parçaları CAD modele dahil edilmemiştir.



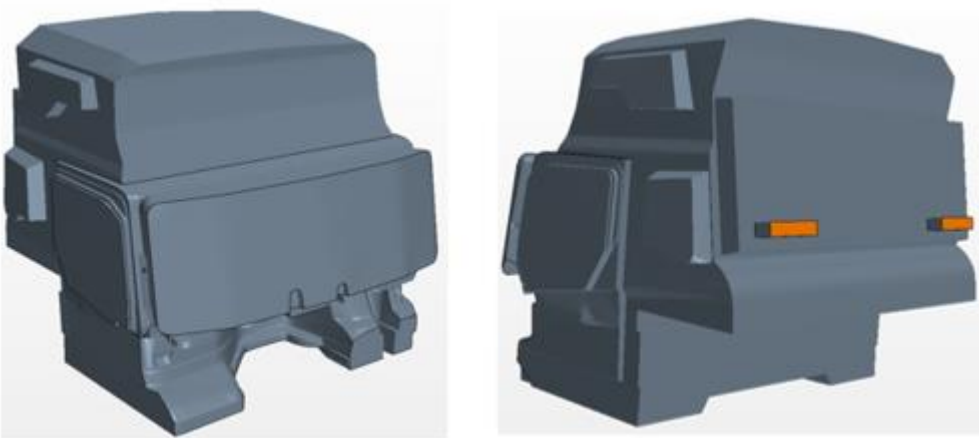
Şekil 4.1 Kamyon hava kanalının üç boyutlu modellemesi



Şekil 4.2Kamyon ön konsolunun üç boyutlu modellemesi



Şekil 4.3 Kamyon sürücü ve yolcu koltuklarının üç boyutlu modellemesi



Şekil 4.4 Kamyon kabinin üç boyutlu modellemesinin önden ve arkadan görünüşü

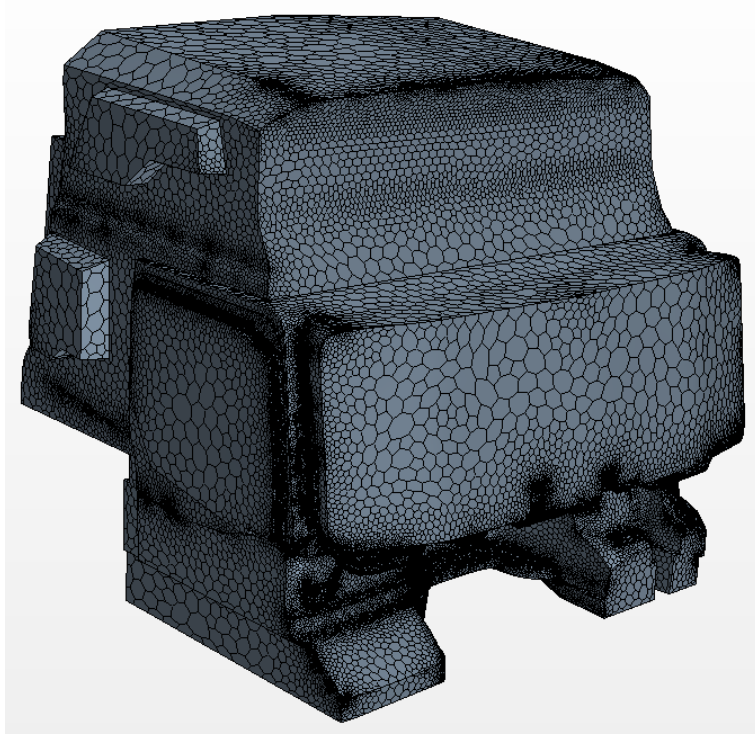
4.1.2 Kamyon Kabininin HAD Modelinin Oluşturulması

4.1.2.1 Ağ Yapısı

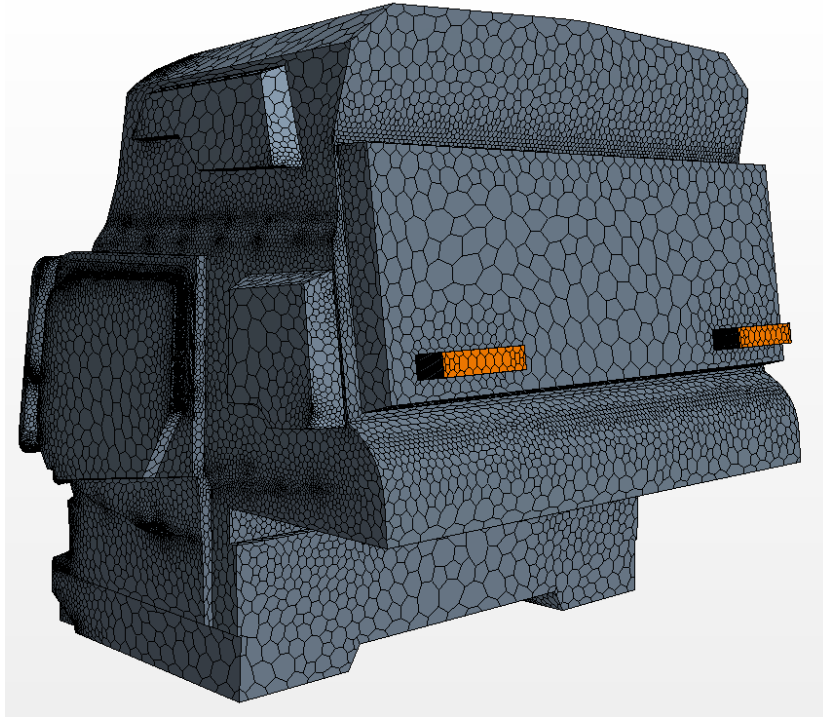
Sayısal çalışmalarda sonuçlara doğru yaklaşım yapılmasında ve hesaplama süresinin düşürölmesinde ağ yapısı çok büyük bir öneme sahiptir. Kabin iç modelinin ağ yapısının oluşturulması STAR CCM+ programında yapılmıştır. Ağ örme işleminde ilk olarak yüzey ağ örme daha sonra da hacimsel ağ örme işlemleri yapılmıştır. Ağ örme işlemi yapılırken menfezlerden çıkacak hava hızı önemli olduğu için sonucun daha doğru alınabilmesi açısından hava kanalı menfezlere daha sıkı ağ örme işlemi uygulanmıştır. Genel yüzeylerde 50mm, 100mm ve 150mm genişliğinde ağ örme işlemi yapılmıştır. En optimum sonucun 100mm’lik ağlarla alındığı sonucundan sonra genel yüzeylerde 100mm genişliğinde ağ örölürken hava kanalı ve menfezlerde 1mm genişliğinde ağ örme işlemi yapılmıştır. Toplam 12.642.293 adet ağ elemanı oluşturulmuştur. Yüzey ağ örme işlemi sırasında “Polyhedral”, hacimsel ağ örme işlemi sırasında ise “Prism layer” kullanılmıştır.



şekil 4.5 Hava kanalı ve menfezlerin ağ örölmüş hali



Şekil 4.6 Kamyon kabinin ağ örülmüş halinin önden görünüşü

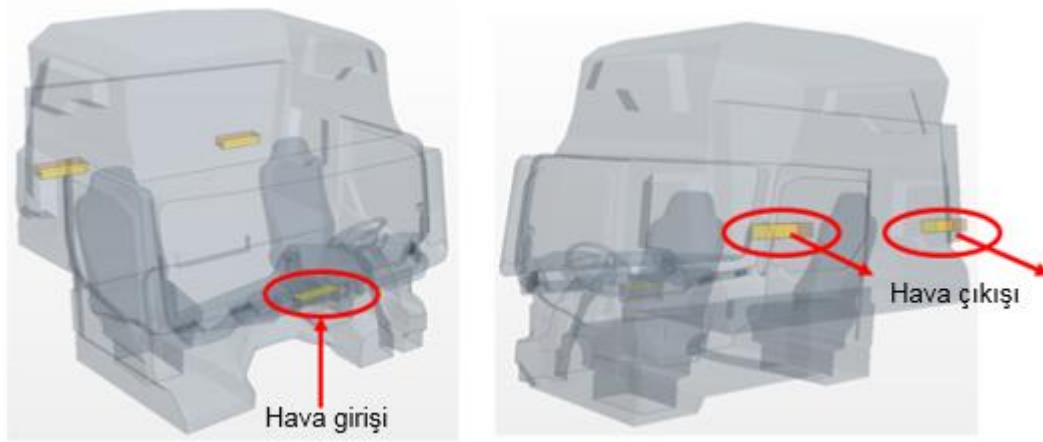


Şekil 4.7 Kamyon kabinin ağ örülmüş halinin arkadan görünüşü

4.1.2.2 Sınır Koşulları

Kabin iç modeli oluşturulurken hava kanallarına temiz hava girişi Şekil 4.8’de gösterilen kırmızı ile işaretlenmiş bölgeden olmaktadır. Üç boyutlu modelleme yapılırken basınçlı hava üflecinin olmadığı havanın direk hava kanalına girişi yaptığı varsayılarak çalışma yapılmıştır.

Kabin içinde dolaşan hava Şekil 4.8’de gösterilen kırmızı ile işaretli olan aşağıdaki bölgelerden dışarı atılmaktadır.



Şekil 4.8 Kamyon kabininde hava giriş ve çıkış bölgeleri

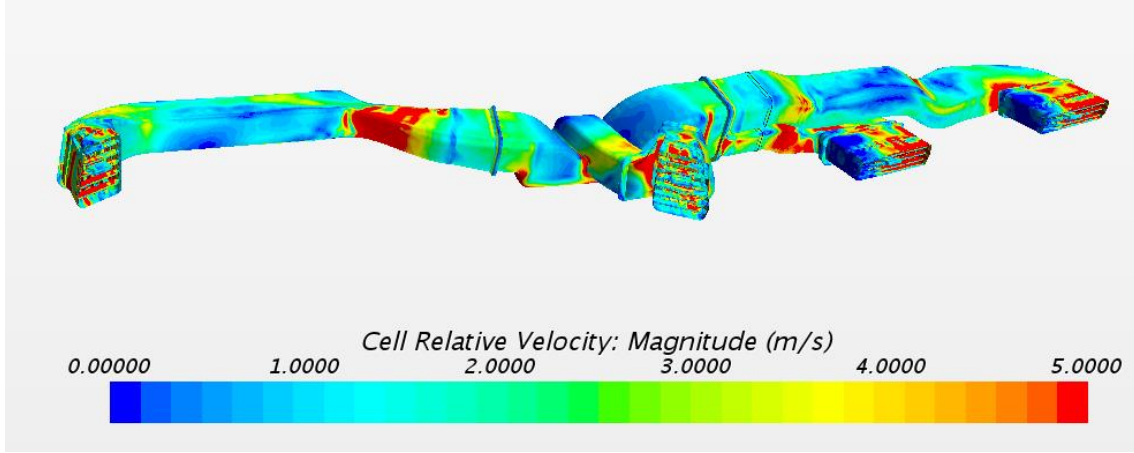
Kış kliması hesabında çıkan gerekli 172.9 l/s hava debisi hava kanalına verilmiş ve dört adet menfezden kabin içine gönderilmiştir. Her bir menfezden hava çıkış debi değerleri hesaplanmış olup hava kanalındaki akış modellenmiştir. Herbir menfezden çıkan debi kabin içine gönderilerek kabin içindeki hız değer ve dağılımları hesaplanmıştır.

Bu analizde k- ϵ türbülans modeli ve zamana bağlı olmayan çözüm uygulanmıştır.

4.1.2.3 Analiz Sonuçları

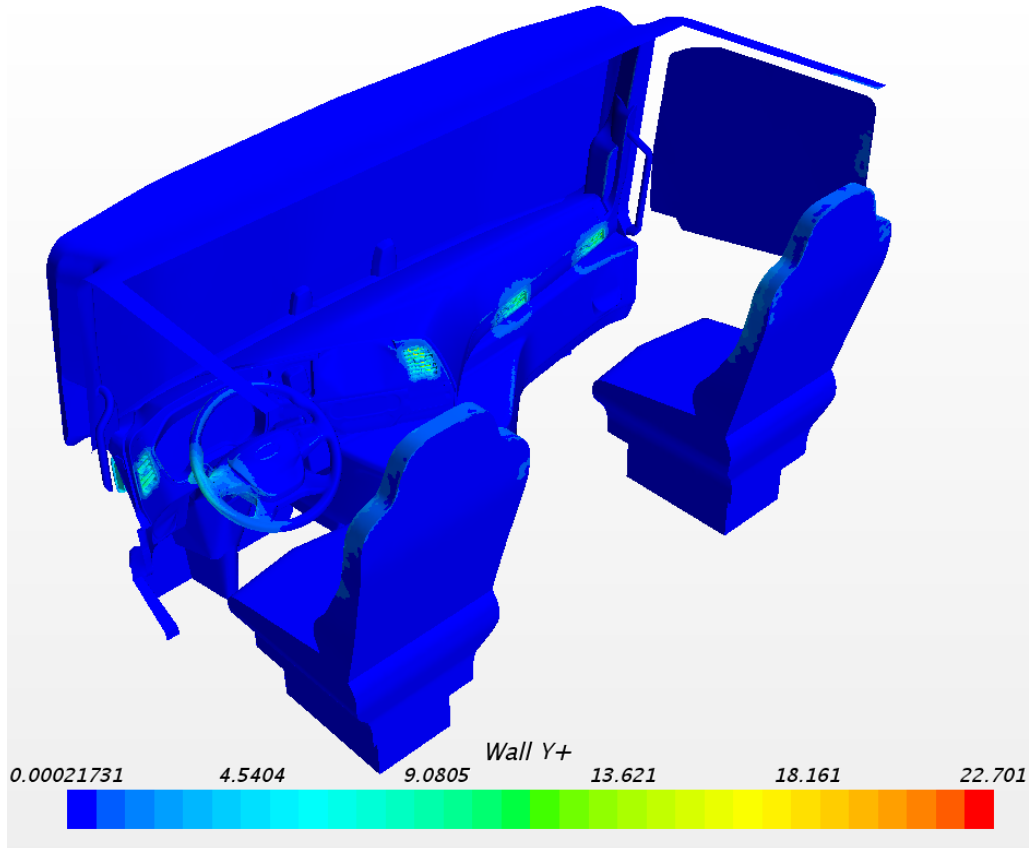
172.9 l/s hava debisi hava kanalına verilmiş ve hava kanalında herbir menfezden çıkan debiler hesaplanmıştır. Analiz sonucuna göre sürücü bölgesindeki menfezde çıkış hava debisi 43,38 l/s, sol orta menfezde hava debisi 33,18 l/s, sağ orta menfezde hava debisi 44,98 l/s ve yolcu bölgesindeki sağ menfezde hava debisi

46,89 l/s değerinde bulunmuştur. Bu sonuçlara göre şekil 4.9’da hava kanalındaki hava hızı dağılımını gösterilmiştir.

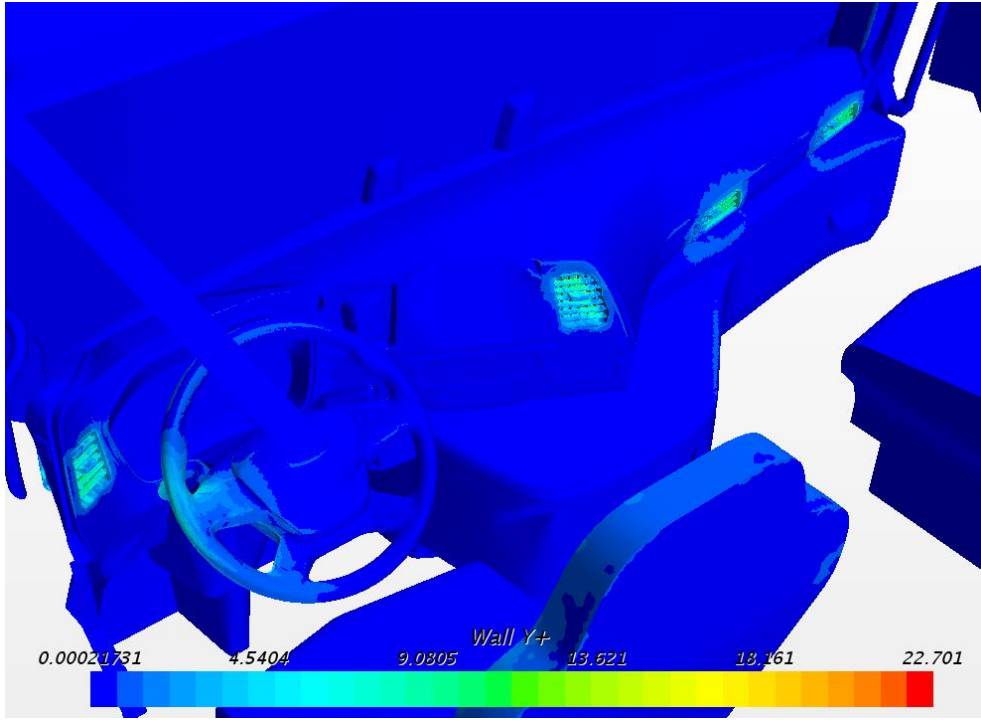


şekil 4.9 Hava kanalı ve menfezlerdeki hava hızı dağılımını

Menfezlerde y^+ değerlerinin 5-30 değerleri haricinde olması beklenmektedir. şekil 4.10 ve şekil 4.11’de gösterildiği gibi istenilen değerler aralıklarında czmlleme yapılmıştır.

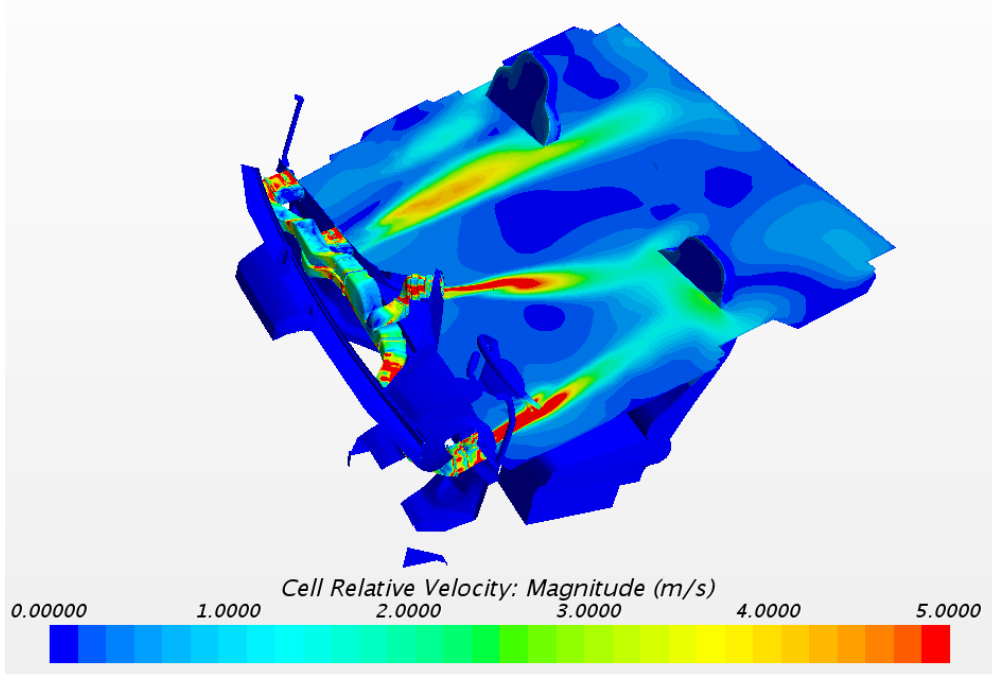


şekil 4.10 Menfezlerdeki duvar y^+ gösterimi

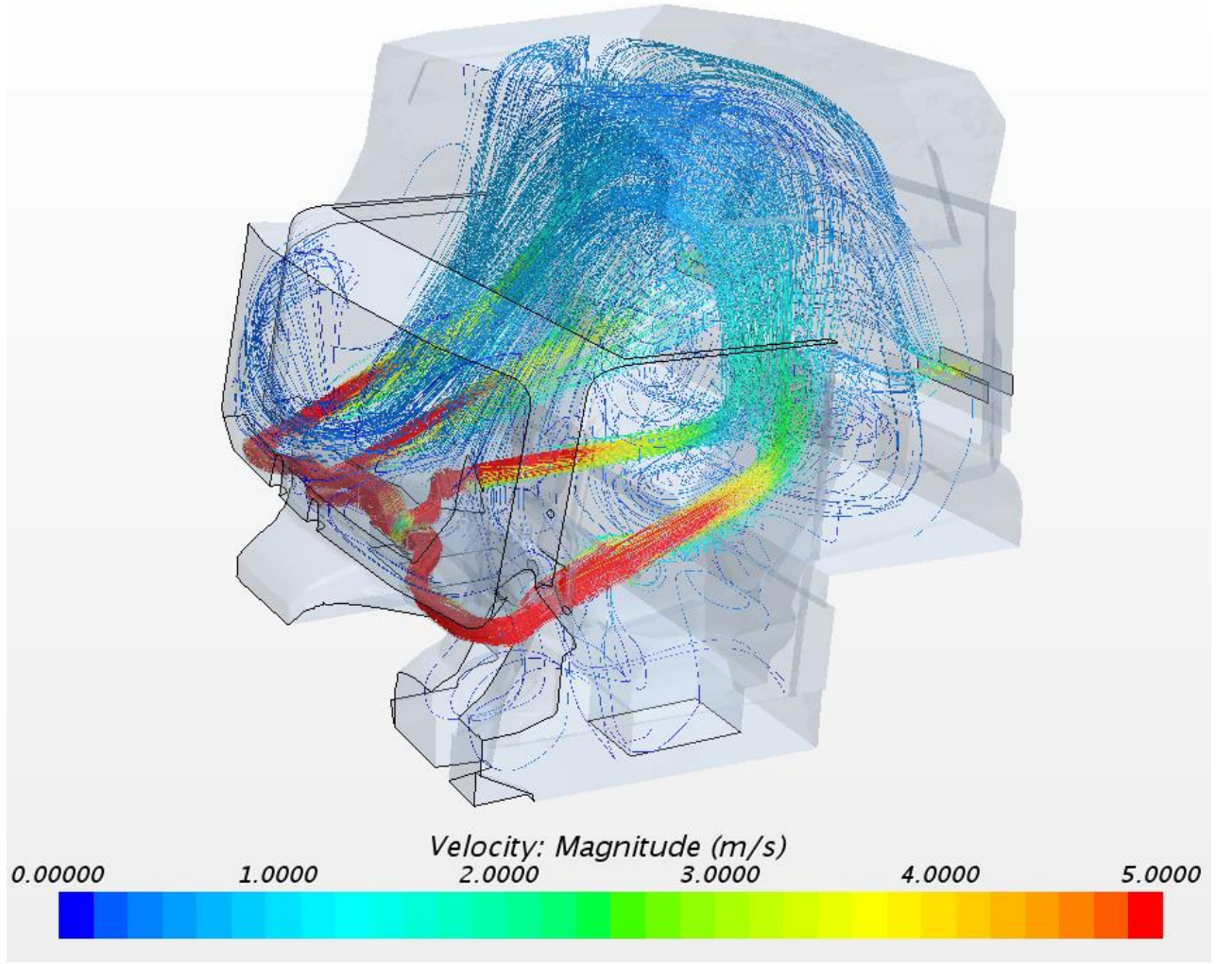


Şekil 4.11 Menfezlerdeki duvar Y+ gösterimi

Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te kamyon kabini içindeki hava hızı dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Kamyon kabini içerisinde yolcu ve sürücü bölgelerindeki hava hızı dağılımı



Şekil 4.13 Kamyon kabini içerisinde hava hız dağılımı

5

Sonuç ve Öneriler

Bu tez çalışmasında kamyon kabini konfor şartlarına uygun olan hava dağılımı ve hava hızı hesaplaması hem uygulamalı hem de sayısal hesaplama ile yapılmıştır. Kamyon kabini ısı kaybı ve kazançlarının hesaplandığı yaz ve kış iklimi hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda kış iklimi uygulamasında daha fazla ısı kaybı olduğu ve kabin için daha fazla ısıtma yüküne ihtiyaç olduğu hesaplanmıştır. Bu durum sonucunda kabini konfor şartlarına uygun şekilde iklimlendirebilmek için gerekli olan hava debisi ve menfezlerden çıkan hava hızları hesaplanmıştır.

CATIA V5 programı ile konfor şartlarına uygun olarak soğutulacak kamyon kabini ve hava kanallarının üç boyutlu katı modeli oluşturulup bu model kullanılarak STAR CCM+ programı ile hesaplamalı akışkanlar dinamiği çözüm işlemi yapılmıştır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile çözüm esnasında kış iklimi hesabında çıkan hava debisi giriş debisi kullanılarak kabin içinde oluşan hava hızları ve kabin içindeki dağılımları incelenmiştir.

Çıkan sonuca göre hava hızları istenilen değerlerde çıkmış yolcu rahatsız edecek sınırlara ulaşmamıştır.

Her tasarım değiştiğinde çalışmada yapılan benzer modelleme oluşturularak kabin içindeki hız dağılımının araştırılması yapılarak havalandırma kanal ve ekipmanlarını bu araştırmaya göre boyutlandırılması gereklidir.

Kaynakça

- [1] A. Rameshkumar, S. Jayabal ve P. Thirumal, "CFD Analysis of Air Flow and Temperature Distribution in an Air Conditioned Car" International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES), vol.2, no.4, pp. 1-6, 2013
- [2] Y. Zhang, W. Meng, T. Chen, Y.Hao ve W. Ding, "Cabin Thermal Comfort Simulation of Truck Based on CFD", SAE Technical Paper, No. 2015-01-0344, pp. 1-11, 2015.
- [3] K. Chen, S. Kaushik, T. Han, D. Ghosh ve M. Wang, "Thermal Comfort Prediction and Validation in a Realistic Vehicle Thermal Environment.", SAE technical paper, No. 2012-01-0645. 2012.
- [4] J. Currle ve J. Mau  , "Numerical Study of the Influence of Air Vent Area and Air Mass Flux on the Thermal Comfort of Car Occupants", SAE Technical Paper, No. 2000-01-0980, 2000.
- [5] C. R. Siqueira, Cesareo La Rosa, M. Jokuszies, M. R. Lima ve P. Vatauvuk, "Numerical Simulation of Cabin Truck Thermal Comfort", SAE Technical Paper, No. 2002-01-3572, 2002.
- [6] L. Chaney ve E. Sailor, "Thermal Load Reduction of Truck Tractor Sleeper Cabins", SAE Technical Paper, no. 2008-01-2618, pp.268-274, 2008.
- [7] B.Ashah, C. M. Cless, J. S. Curlee ve J. Edmondson, "Thermal Analysis and Simulations for Optimizing HVAC Load on Heavy Trucks", SAE Technical Paper, No. 2008-01-2657, 2008.
- [8] N. Daithankar, K.D. Udawant ve N. V. Karanth, "Prediction of Thermal Comfort Inside a Midibus Passenger Cabin Using CFD and Its Experimental Validation" SAE Technical Paper, No. 2015-26-0210, 2015.
- [9] TMMOB Makina M  hendisleri Odası, *Klima Tesisatı*, 2009
- [10] R. K   k  yalı ve A. Arısoy, *Klima Tesisatı (Isısan   alışmalarıNo:305)*, 2001