

**OTOMOBİLLER İÇİN YENİLİKÇİ HAVA KANALLI  
KOLTUK TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI**

**Ahmet İBİŞ**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMOBİLLER İÇİN YENİLİKÇİ HAVA KANALLI KOLTUK TASARIMI  
VE PROTOTİP İMALATI**

Ahmet İBİŞ  
0000-0002-6607-4614

Doç. Dr. Gökhan SEVİLGİN  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2020  
**Her Hakkı Saklıdır.**

## TEZ ONAYI

Ahmet İBİŞ tarafından hazırlanan "OTOMOBİLLER İÇİN YENİLİKÇİ HAVA KANALLI KOLTUK TASAIMI VE PROTOTİP İMALATI" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman :** Doç Dr. Gökhan SEVİLGEN  
0000-0002-7746-2014

**Başkan :** Doç Dr. Gökhan SEVİLGEN  
0000-0002-7746-2014  
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi  
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza  


**Üye :** Dr. Öğr. Üyesi Erol SOLMAZ  
0000-0001-9369-3552  
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi  
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza  


**Üye :** Dr. Öğr. Üyesi Halil BAYRAM  
0000-0002-4664-3883  
Amasya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza  


Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN  
Enstitü Müdürü

İmza  


**U.Ü. Fen bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmamda;**

- tez içerisindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,

**beyan ederim.**

./././....

**Ahmet İBİŞ**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### OTOMOBİLLER İÇİN YENİLİKÇİ HAVA KANALLI KOLTUK TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI

**Ahmet İBİŞ**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Gökhan SEVİLGİN

Otomotiv sektöründe teknolojinin ilerlemesi ile birlikte taşıt kullanıcılarının araçtan konfor beklentileri giderek artmaktadır. Sürücüler araçta ergonomik konforun dışında termal konfora da dikkat etmektedirler. Sıcak ve soğuk havalarda aracın, koltuk ve direksiyon gibi sürüş anında, insan vücudu ile temas halinde olan ve araç iç trim sıcaklıkları termal konforu etkilemektedir.

Tez konusu; Otomobiller için yenilikçi hava kanallı koltuk tasarımı ile otomobil içerisindeki koltuk yüzeyi sıcaklığını belirli bir aralıkta tutarak sürücü ve yolcu konforunu sağlayacak havalandırma kanallı koltuk tasarımı ve prototip imalatı gerçekleştirmektir.

Bu kapsamda, koltukta oturma yüzeyi ve sırt yaslanma yüzeylerinde yaz ve kış koşullarında oluşan konfor ihtiyacını karşılamak amacıyla özellikle sıcak havalarda temas yüzeylerinin istenilen sürede belirli bir sıcaklığa düşürülmesi için elektrik motorlu fan yerleştirilmesi planlanmıştır. Bu amaçla tasarlanan prototip koltuk üzerinde uluslararası normlar dikkate alınarak testler gerçekleştirilerek sıcaklık dağılımı kontrol edilerek tasarım sonuçlarının sıcaklık dağılımına etkisini araştırabilmek için HAD (Hesaplamalı akışkanlar Dinamiği) modeli Ansys Fluent yardımı ile geliştirilerek nihai tasarım elde edilmiştir. Ayrıca deneysel sonuçlar ve sayısal model sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Aynı zamanda yapılan test, HAD analizi yapılarak da doğrulanması hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Aktif havalandırma, koltuk soğutma, HAD çözümü, koltuk prototip imalatı, salyangoz fan

**2020 ix+62 sayfa.**

## ABSTRACT

MSc Thesis

### INNOVATIVE AIR CHANNEL SEAT DESIGN AND PROTOTYPE MANUFACTURING FOR AUTOMOBILES

**Ahmet İBİŞ**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Automotive Engineering

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Gökhan SEVİLGEN

With the advancement of technology in the automotive sector, vehicle users' expectations of comfort from the vehicle are increasing. In addition to ergonomic comfort, drivers also pay attention to thermal comfort. In hot and cold weather, the vehicle is in contact with the human body at the time of driving, such as the seat and steering wheel, and the interior trim temperatures of the vehicle affect the thermal comfort.

Thesis subject; With the innovative air-ducted seat design for automobiles, it is to carry out a ventilation ducted seat design and prototype manufacturing that will ensure driver and passenger comfort by keeping the seat surface temperature in the vehicle within a certain range.

In this context, it is planned to install an electric motor fan in order to reduce the contact surfaces to a certain temperature, especially in hot weather, in order to meet the need for comfort in the cushion and back areas in summer and winter conditions. For this purpose, the HAD (Computational Fluid Dynamics) model was developed with the help of Ansys Fluent and the final design was obtained in order to investigate the effect of the design results on the temperature distribution by controlling the temperature distribution by carrying out tests taking into account the international norms. In addition, experimental results and numerical model results were compared and evaluated. At the same time, the test is aimed to be verified by performing CFD analysis.

**Key Words:** Active vantilation, seat cooling, CFD solution, prototype seat manufacturing, fan

**2020 ix+62 pages.**

## TEŞEKKÜR

Otomobiller için yenilikçi aktif havalandırma koltuk tasarımı hakkında yapmış olduğum bu yüksek lisans tez çalışmamda benimle bilgilerini paylaşan, her konuda destek olmaya çalışan ve tecrübelerini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Gökhan SEVİLGEN'e, tez için gerekli test ekipmanlarının kullanımını sunan şirket olanaklarını benden esirgemeyen MarturFompak International ailesine, yüksek lisans sürecimde elimi tutan her zaman arkamda olan ve her zaman desteğini arkamda hissettiğim çok değerli eőime ve değerli aileme teőekkürlerimi sunarım.

Ahmet İBİŞ  
.. / .. / .....

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
1.1 Otomobillerde Isıtma Soğutma Sistemleri.....	6
1.1.1. Otomobil kabini ısıtma-soğutma sistemleri .....	6
1.1.2. Koltuk ısıtma sistemi .....	8
1.1.3. Koltuk havalandırma ve soğutma sistemleri .....	10
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	21
3.1. Deneysel Çalışmalar.....	21
3.1.1. Test gereklilikleri .....	23
3.1.2. Deneysel cihazlar .....	25
3.1.2. Hata analizi.....	28
3.2. Deneysel Metodoloji .....	29
3.3. Hesaplama Akışkanlar Dinamiği Modeli.....	31
3.3.1. Koltuğun CAD modelinin oluşturulması .....	31
3.3.2. HAD işlem adımları .....	35
4. BULGULAR .....	45
4.1. Deneysel Veriler.....	45
4.2. HAD Çözüm Sonuçları .....	50
4.3. Deneysel Veriler ile HAD Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	53
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	58
KAYNAKLAR .....	60
ÖZGEÇMİŞ .....	62



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
k	Akışkanın ısı iletim katsayısı (W/mK)
p	Basınç (Pa)
W	Birim zamanda yapılan iş (W/m <sup>2</sup> )
h	Dış havanın ortalama taşınım katsayısı (W/m <sup>2</sup> K )
T <sub>∞</sub>	Dış ortam sıcaklığı (°C)
μ	Dinamik viskozite (Pas)
D <sub>p</sub>	Gözenekli yapı ölçüsü (m)
ε	Gözenekli yüzey hava geçirgenlik katsayısı.
C <sub>2</sub>	Gözenekli yapı atalet dreci. (1/m)
V	Hız (m/s)
ν	Kinematik viskozite (m <sup>2</sup> /s)
Sm	Kütle kaynak terimi
SM	Momentum kaynak terimi
Nu	Nusselt sayısı
Pr	Prandtl sayısı
Re	Reynolds sayısı
T	Sıcaklık (°C)
L	Uzunluk (m)
k	Türbülans kinetik enerjisi
ε	Türbülans yayılım katsayısı
T <sub>s</sub>	Yüzey sıcaklığı (°C)
φ	Yayılım terimi
ρ	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )
α	Yutma oranı (absorpsivite), viskoz direnci (1/m <sup>2</sup> )

**Kısaltmalar**

CAD

CAE

CFD

HAD

HVAC

TED

2W

4W

6W

**Açıklama**

Computer aided design (Bilgisayar destekli tasarım)

Computer aided engineering (Bilgisayar destekli mühendislik)

Computational fluid dynamics

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği

Heating ventilation &amp; air conditioning (Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme)

Termo elektronik cihazlar

2 eksenli hareket eden koltuk tanımı

4 eksenli hareket eden koltuk tanımı

6 yönde hareket eden koltuk tanımı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. ASHRAE standartlarına göre yaz ve kış aylarındaki konfor aralıkları.....	5
Şekil 1.2. Araç içi iklimlendirme sistemi.....	8
Şekil 1.3. Koltuk ısıtıcı Pad. ....	9
Şekil 1.4. Aktif havalandırma kanallı koltuk. ....	10
Şekil 2.1. Koltuk ısıtma ve soğutma komponentleri. ....	12
Şekil 2.2. Koltuk üzerinde ölçüm yapılacak noktalar ....	13
Şekil 2.3. HVAC tipi soğutma ile yüzey sıcaklık değişimi.....	14
Şekil 2.4. TED tipi soğutma ile yüzey sıcaklık değişimi. ....	14
Şekil 2.5. İnsan vücuduna yerleştirilen 10 adet ısı çift ve konumları (10. Isıl çift göbük kısmına eklenmiş) .....	15
Şekil 2.6. Soğutulan koltuktaki sıcaklık değişimleri.....	16
Şekil 2.7. Soğutulan koltuk üzerine oturan modellerin vücut sıcaklık değişimleri.. ....	16
Şekil 2.8. Isıtılan koltuktaki sıcaklık değişimleri.....	17
Şekil 2.9. Isıtılan koltuk üzerine oturan modellerin vücut sıcaklık değişimleri.....	17
Şekil 2.10. (a) koltuğa göre tasarlanmış kanal ve fan (b) fanın koltuğa montajı .....	18
Şekil 2.11. Araç içerisindeki insan modelinin ve araçtaki bazı bölgelerin sıcaklık değişimleri.....	18
Şekil 2.12. Vantilatör açık ve kapalıyken hissedilen sıcaklık değişimleri .....	19
Şekil 3.1. Koltuk komponentleri ve koltuk tasarımı .....	22
Şekil 3.2. Havalandırılmalı koltuk tasarımı görseli.....	23
Şekil 3.3. Klimatik kabin. ....	25
Şekil 3.4. Havalandırılmalı koltukta kullanılan fan görseli.....	27
Şekil 3.5. Termal kamera. ....	28
Şekil 3.6. Test koltuğu fiziksel görünüm. ....	29
Şekil 3.7. Klimatik kabin kontrol ünitesi. ....	30
Şekil 3.8. Termal kamera ile sıcaklık ölçümü.....	31
Şekil 3.9. Havalandırılmalı koltuk matematiksel modelinin ön yüzeyi. ....	32
Şekil 3.10. Havalandırma sistemi eklenmemiş koltuk modeli. ....	32
Şekil 3.11. Havalandırılmalı koltuk sırt sünger tasarımı.....	33
Şekil 3.12. Havalandırılmalı koltuk sırt sünger tasarımı.....	34
Şekil 3.13. Gözenekli yapı .....	34
Şekil 3.14. Ansys Workbench basitleştirilmiş tasarım.....	37
Şekil 3.15. Oturma yüzeyi kılıf ve gözenekli yapı tasarımı.....	38
Şekil 3.16. Oturma yüzeyi ürün ağacı. ....	38
Şekil 3.17. Oturma yüzeyi ağ yapısı tasarımı. ....	39
Şekil 3.18. Farklı konumlardaki yatay levhadan doğal taşınım. ....	42
Şekil 4.1. Klimatik kabinden çıkarılan koltuk yüzeyinin sıcaklık (°C) dağılımı .....	45
Şekil 4.2. t=60 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).....	46
Şekil 4.3. t=120 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).....	46
Şekil 4.4. t=180 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).....	47
Şekil 4.5. t=240 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).....	47
Şekil 4.6. t=300 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).....	48
Şekil 4.7. t=300 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).....	48
Şekil 4.8. t=300 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).....	49
Şekil 4.9. 300 sn içerisindeki fiziksel test sıcaklık değişimleri grafiği.....	50

Şekil 4.10. Fluent t=300 sn'deki sonraki sıcaklık (°C) dağılımı.....	51
Şekil 4.11. Fluent t=300 sn'deki hız (m/s) dağılımı. ....	51
Şekil 4.12. Fluent t=300 sn'deki hız (m/s) dağılımı. ....	52
Şekil 4.13. Fluent t=300 sn'deki gözenekli yapı sıcaklık (°C) dağılımı. ....	52
Şekil 4.14. 300 sn içerisindeki Fluent sıcaklık (°C) değişimleri grafiği. ....	53
Şekil 4.15. Matematiksel model ve fiziksel test sıcaklık (°C) değişimleri. ....	54
Şekil 4.16. t=300sn'deki fiziksel koltuk üzerindeki sıcaklık (°C) dağılımları.....	54
Şekil 4.17. t=300sn sonra HAD modeli oturma yüzeyi üzerindeki sıcaklık (°C) dağılımları. ....	55
Şekil 4.18. 300 sn içerisindeki doğal taşınım sonucunda sıcaklık (°C) değişimi. ....	56
Şekil 4.19. t=300 sn'de fiziksel test, doğal taşınım ile ısı transferinin (HAD metodu) ve fanlı sistemin (HAD metodu) zamana bağlı sıcaklık değişimleri grafiği. ....	57

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1. Isıl konfor ve etkileşimde bulunduğu diğer alanlar. (Sevilgen 2010).....	3
Çizelge 1.2. Taşıt ısıtma ve soğutma sistem parçaları. (MMO 2019).....	7
Çizelge 2.1. Kaynak araştırması özet tablo.....	20
Çizelge 3.1. Test koşulları ve standartta belirtilen sıcaklık aralıkları. (Ford SDS). ....	24
Çizelge 3.2. Klimatik kabin teknik özellikleri. ....	26
Çizelge 3.3. Salyangoz fan teknik özellikleri.....	27
Çizelge 3.4. Termal kamera teknik özellikleri.....	28
Çizelge 3.5. Genel akış diyagramı. ....	36
Çizelge 3.6. HAD yöntemi ile detaylı işlem adımları.....	36
Çizelge 3.7. Çözüm metoduna ait akış diyagramı.....	40
Çizelge 3.8. Ağ yapısı ve sınır şartları. ....	40
Çizelge 3.9. Kılıf ve süngerin termo fiziksel özellikleri. ....	41
Çizelge 3.10. Başlangıç koşulları ve yakınsama kriterleri.....	43
Çizelge 4.1. 300 sn içerisindeki fiziksel test sıcaklık değişimleri.....	49
Çizelge 4.2. t=300 sn'deki Matematiksel model ve fiziksel test sıcaklık (°C) değişimleri. .....	53
Çizelge 4.3. t=300 sn'deki doğal taşınım ile ısı transferi sonucunda sıcaklık (°C) değişimleri.....	55
Çizelge 4.4. t=300 sn'de fiziksel test, doğal taşınım ile ısı transferinin (HAD metodu) ve fanlı sistemin (HAD metodu) zamana bağlı sıcaklık değişimleri. ....	57

## 1. GİRİŞ

Günlük hayatımızda otomobilin önemi ve kullanımı giderek artmaktadır. Artan taleple birlikte kullanıcıların otomobilden beklentileri değişmektedir. Her çıkan yeni modellerde güç ve performansın yanı sıra konfora da ciddi yatırımlar yapılmaktadır. İçten yanmalı motorlarda ve günümüzde popülaritesi artmaya başlayan elektrikli otomobillerde, amaç hem doğal kaynakların kullanımının azaltılmasını sağlamak hem de daha sessiz daha konforlu bir ürün ortaya çıkarmaktır.

Konfor dediğimizde aklımıza gelenler, otomobillerde koltuğun ergonomik olması ve her sürücüye göre ayarlanabilir olması, direksiyon hâkimiyetinin kolay sağlanabilir olması, vites ön konsol gibi sürücünün kullanımında olan bölgelere erişimin kolay olması ve yaz aylarında veya kış aylarında araç içerisindeki sıcaklık dengesinin sağlanabilir olması sürücünün bir araçtan beklentileri arasında yer almaktadır. Günümüzde bahsi geçen bütün özelliklerin hemen hemen bütün otomobillerde olması üreticilerin de müşteri beklentilerinin farkında olduğunu göstermektedir.

Son yıllardaki çalışmalar otomobil içerisindeki sürücü ve yolcunun konforunu arttırmak üzerine yapılmaktadır. Otomobil içerisinde kullanılan bütün özelliklerin sürücü tarafından kolay erişilebilir ve değiştirilebilir olması konforun en önemli faktörlerindedir. Günümüzde yapılan yenilikçi çalışmalar otonom taşıt teknolojisi üzerine gerçekleştirilmektedir.

Yapılan çalışmalarda geliştirilen sistemler ve teknolojiler aracılığıyla ve her yerde yaygın olarak kullanılan iklimlendirmenin amacı, ortamda bulunan insanlara konforlu ve temiz bir ortam sağlamaktır. Burada yapılan çalışmalar iklimlendirme yapılacak bölgenin hacmine göre sistem tasarımı mühendislerin ilgi alanına girmektedir.

Çok çeşitli teknolojiler ve sistemler vasıtasıyla günümüzde yaygın olarak kullanılan iklimlendirme sistemlerinin amacı; bu ortamı kullanan insanlara kabul edilebilir kalitede konforlu ve temiz iç ortam havası hazırlamaktır. İklimlendirme işlemi yapılacak bir hacim için uygun sistemin seçimi, sistemin ekonomikliği ve güvenilirliğinin yanında hacimde

alışan veya ikamet edenler için ısıl konforun sağlanması da konuyla ilgili mühendislerin ilgi alanına girmektedir. Isıl konfor şüphesiz ki iş verimini ve üretkenliği etkileyen önemli etkenlerden biridir. Isıl konfor insan boyutları, yaşı, cinsiyeti gibi birçok parametreye bağlı olsa bile en genel anlamda ısıl konforu etkileyen parametreler kişisel ve çevresel parametreler olarak sınıflandırılabilir. Ortam sıcaklığı, ortam bağlı nemi, ortam hava hızı ve ortalama ışınım sıcaklığı çevresel parametreler olarak adlandırılırken, kişisel parametreleri ise kişinin metabolik aktivite düzeyi ve giyinme durumu oluşturmaktadır. (Yiğit ve Atmaca 2011)

Otomobil kabini diğer taşıt tasarımları dikkate alındığında küçük hacimli olduğundan içerisindeki hava hızı ve sıcaklık dağlılımları oldukça değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlik mevsimsel olarak taşıt içerisinde bulunan sürücü ve yolcuların ısıl konforunu etkilemektedir. Taşıt kullanımında özellikle uzun mesafeli yolculuklarda otomobil kabini içerisindeki ısıl konfor şartları sağlıklı ve güvenli bir sürüş açısından önemlidir. Bilindiği üzere günümüz taşıtlarında araç içerisindeki ısıtma ve havalandırma sistemleri sürücünün kontrolünde basit bir şekilde ayarlanabilmekte hatta menfezlerin kontrolü bile yapılabilmektedir.

Otomobil klima sistemlerinin temel amacı otomobil içinde bulunan her bir bireyin ısıl konfor koşullarını ve bu koşulların srekliiliğini sağlamaktır. Isıl konfor genel olarak, “Isıl ortamdaki duyulan memnuniyet” (ASHRAE55,1992) şeklinde tanımlanabilir. İnsan vücudu ve ortam arasındaki etkileşimler açısından bakıldığında ısıl konforu etkileyen temel parametreler aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Fanger 1970, Parsons 1993):

Çevresel faktörler;

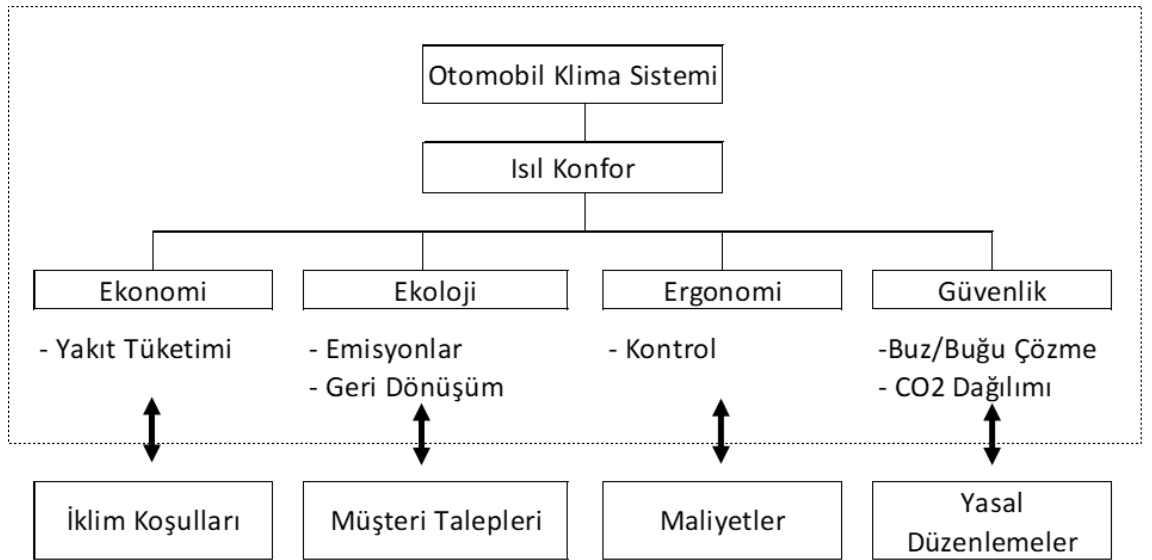
- Ortam sıcaklığı (hava sıcaklığı),
- Hava hızı,
- Bağlı Nem,
- Ortalama ışınım sıcaklığı

Kişisel faktörler;

- Aktivite seviyesi,
- Giysi yalıtım direnci

Orta sınıf otomobillerde sağlıklı ve güvenli sürüş için etkenlerden birisi olan ısı konforunun otomobil içerisinde oluşması klima ile sağlanmaktadır. Fakat sürücü ya da yolcunun yaz aylarında koltuktaki temasından dolayı temas eden yerlerin terlemesi ya da soğuk havalarda koltuğun yüzeylerinin daha geç ısınması da konforu etkileyen durumlardan biridir. Günümüzde kuzey yarım kürede yer alan ülkelerde (Rusya, Danimarka, Belarus vb.) koltuk ısıtması standart bir durum haline gelmiştir. Fakat ülkemizde veya daha çok ılıman iklim yaşayan ülkelerde müşterinin tercihine bırakılabilmektedir.

**Çizelge 1.1.** Isıl konfor ve etkileşimde bulunduğu diğer alanlar. (Sevilgen 2010)



İç mekan konfor koşulları için önerilen optimum değerler;

- Operatif sıcaklık  $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ,
- Bağıl nem %30 ile %70 aralığında,
- Zeminden 0.1 m ve 1.1 m yükseklikler arasındaki düşey hava sıcaklığı farkının  $3\text{ °C}$  den az olması,
- Zemindeki yüzey sıcaklığının  $19\text{ °C}$  ile  $26\text{ °C}$  arasında kalması (fakat yerden ısıtma sistemlerinin  $29\text{ °C}$  için dizayn edilebileceği),



- Pencereleler veya diğer soğuk yuzeylelerden dolayđ ışınım sıcaklığı asimetrisinin 10 °C den az olması,
- Tavandan ısıtmadan dolayđ ışınım sıcaklığı asimetrisinin 5 °C den az olması (Yiğit ve Atmaca 2011)

Kısaca bu şekilde belirtilebilir. Isıl konfor denilince ilk akla gelen iç ortam sıcaklığı olmaktadır. Fakat insan konforunun tam olarak sağlanmasındaki aşağıdaki parametrelerinde etkisi vardır.

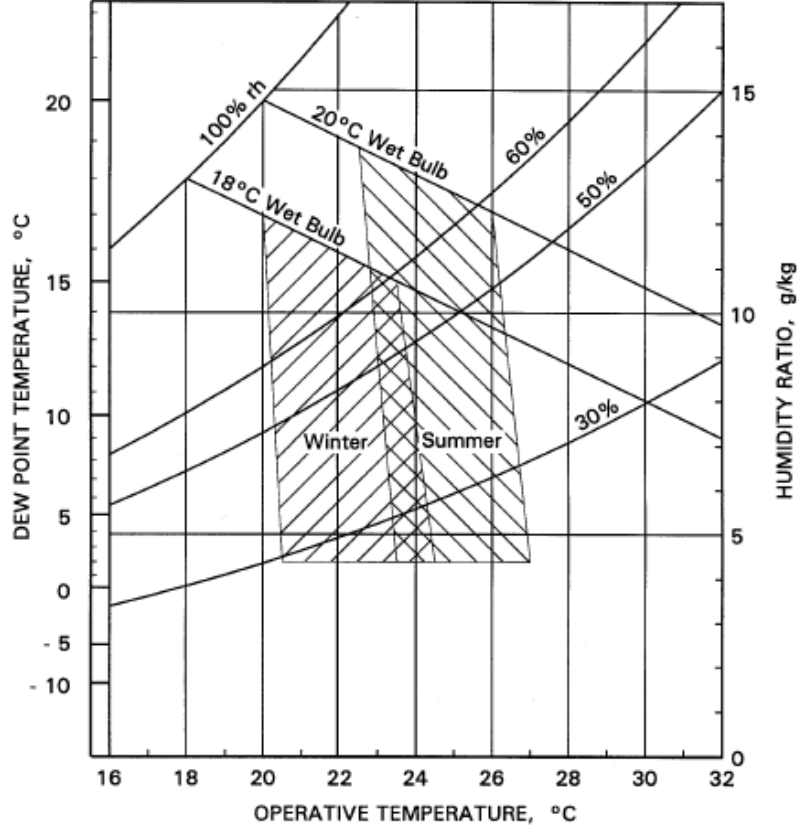
- Operatif sıcaklık
- Ortalama ışınım sıcaklığı,
- Asimetrik ısı ışınım,
- İnsan vucudundan ortama duyulur ısı (iletim, taşınım ve ışınım) ile aktarılan bileşenlerin oranı,

ASHRAE Standart 55 – 2004 ün başlığı olan “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy” dilimize “Yaşam alanları için ısı çevresel şartlar” olarak çevrilebilir. Bu standart, belirli bir ortamda bulunan insanların önemli bir kısmının, bahsedilen çevreyi ısıl olarak kabul edilebilir bulduğu şartları açıkça ortaya koymaktadır. Nem, hava hızı, metabolik oran ve giysi yalıtımı parametrelerinin verilen değerleri için konfor aralığı belirlenebilmektedir. Bu konfor aralığı, kabul edilebilir ısı evre şartlarını sağlayabilecek operatif sıcaklık cinsinden belirlenebilir. Operatif sıcaklık hem hava sıcaklığını hem de ortalama ışınım sıcaklığını beraber temsil eden bir sıcaklıktır. Bu standartta konfor aralığı için sıcaklık sınırlarını belirlemede kullanılabilcek 2 adet metot mevcuttur: (Yiğit ve Atmaca 2011)

- Basitleştirilmiş grafik metot (tipik uygulamalar için)
- Isıl denge metoduna bağlı bilgisayar programı (daha geniş uygulamalar için)

Grafik metodun uygulanabilmesi için geçerli aralıklar, metabolik oran ve giysi yalıtımı için řu şekilde verilmektedir: (Yiğit ve Atmaca 2011)

- $met < M < 1.3 \text{ met}$
- $0.5 \text{ clo} < I_{cl} < 1.0 \text{ clo}$



**Şekil 1.1.** ASHRAE standartlarına göre yaz ve kış aylarındaki konfor aralıkları. (Yiğit ve Atmaca 2011)

Vücut, bulunduğu ortamla enerji dengesi sağlandığında konforlu hissetmektedir. Bilindiği üzere insan vücudu  $36,8 \text{ }^\circ\text{C}$  'de sabit tutmak için farklı fizyolojik denetim sistemlerine sahiptir.

Belirtilen bu koşullar kapalı ortamlar için tanımlanan ısıl konfor koşullarını belirtmekte olup otomobiller için genel bir standart yer almamaktadır. Bundan sonraki bölümünde taşıt iklimlendirme sisteminin temel elemanları ve ısıtma ve soğutma sisteminden bahsedilerek ısıtmalı-soğutmalı koltuk sistemleri hakkında genel bilgi verilecektir.

## **1.1 Otomobillerde Isıtma Soğutma Sistemleri**

### **1.1.1. Otomobil kabini ısıtma-soğutma sistemleri**

Otomobillerde kullanılan klima sistemleri genel tanımıyla içerideki ısı dengeyi sağlamaktır. Sürücü ve yolcunun değişik mevsim ve sıcaklık şartlarına göre konforunu arttırmak için kullanılır. Genel olarak çalışma prensibi; bir madde, sıvı halden gaz hale geçerken ısı alır (bulunduğu ortamdan ısı çeker), gaz halden sıvı hale geçerken ısı verir (bulunduğu ortama ısı verir) bu mantık ısıtma ve soğutma sisteminin genel mantığını oluşturmaktadır.

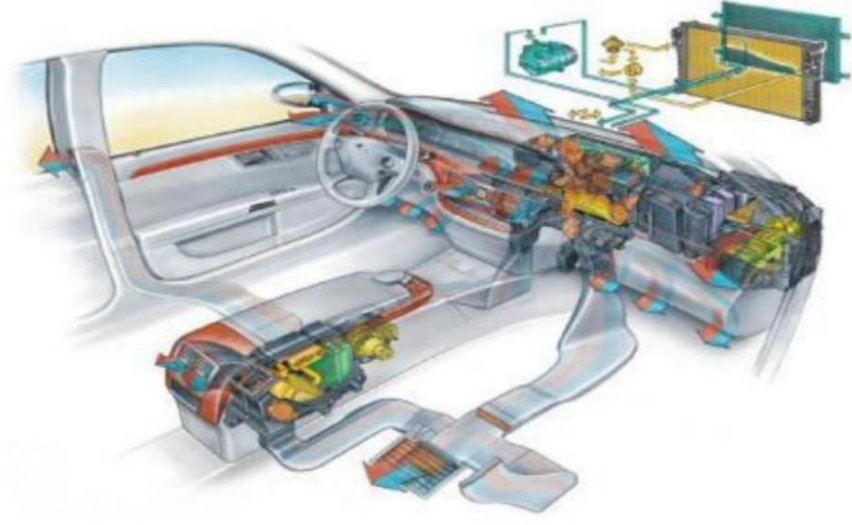
Buna göre otomobil içerisindeki havanın ısıtılması ve soğutulması için şekil 1.4'deki komponentler kullanılmaktadır. Bu komponentlerin günümüzde kullanımları standart hale gelmiştir.

Kısaca özetlemek gerekirse klima sistemlerinde soğuk hava üretmek için madenin hal değişimleri ile fiziksel olgulardan yararlanılır.

Basınç altındaki bir sıvının aniden genişmesi ile birlikte oluşan soğuk hava araç içerisine aktarılarak ortamdaki havanın soğuması sağlanır. Basınç farkı ne kadar yüksek olursa soğuk üretimi o kadar fazla olur.

**Çizelge 1.2.** Taşıt ısıtma ve soğutma sistem parçaları. (MMO 2019).

<b>Isıtma Soğutma Kutusu Alt Parçaları</b>	
Isıtma Soğutma Kutusu	Evaporator
	Isıtıcı Radyatör
	Elektrik Klape Motoru
	Sensörler
	ECU
	Sıcaklık ve Mod klapeleleri
	İç Dış Sirkülasyon Klapesi
	Blower Motor Komitesi
	HVAC Dış Kutu
	Polen Filtresi
	Bağlantı elemanları, Civatalar, Somunlar
	Contalar
	TXV
	Bağlantı Kolları



**Şekil 1.2.** Araç içi iklimlendirme sistemi (MEB 2014)

### **1.1.2. Koltuk ısıtma sistemi**

Günümüzdeki araçlarda seçenek olarak sunulan bu sistem kuzey yarım kürede yer alan ülkelerde tercih edilmesi ve buna bağlı kullanımı daha yüksektir. Özellikle deri koltuklu araçlarda kış aylarında koltuğun ısınması uzun zaman almaktadır. Dolayısıyla insanların ısı konforunun iyileştirilmesi için geliştirilen bu sistem çok basit rezistans mantığı ile çalışmaktadır.

Koltuğun ısıtılması iki sistemle yapılır. Birincisi otomobilin ısıtma sistemi kullanılarak koltuğun ısıtılmasıdır. Bu sistem mali açıdan daha pahalıdır. Diğer bir sistem ise termoelektrikli pad yardımıyla koltuğun ısıtılmasıdır. Bu sistem mali açıdan diğerine göre daha uygundur.

Otomobil koltuklarında sıklıkla opsiyon olarak verilen ve kullanılan sistem termoelektrikli sistemdir. Müşteri beklentileri bu basit tasarımla sağlanmıştır.

Ana sanayilerin müşteri isteklerinin karşılanmasının yanı sıra diğer beklentileri de otomobilin ağırlığını arttırmamak ve mali açıdan rekabetçi olmaktır. Termoelektrikli

sistem ile hem basit bir tasarımla otomobilin ağırlık artışının önüne geçilmiş hem de mali açıdan diğer sisteme göre daha uygun olduğundan tercih sebebi olmuştur.

Çalışma prensibi basit rezistanslı ısıtıcılara benzer bir yapıya sahiptir. İçerisinde 1 mm'den daha ince bakır teller yardımıyla (Şekil 1.3.) ısıtılır. Otomobil konsolunda ya da koltuk üzerinde bulunan elektrik kontrol ünitesi (ECU) yardımıyla kolayca açılıp kapatılabilir. Üzerinde elektrikli komponentler bulunan her koltuk gibi elektriği otomobilden almaktadır.



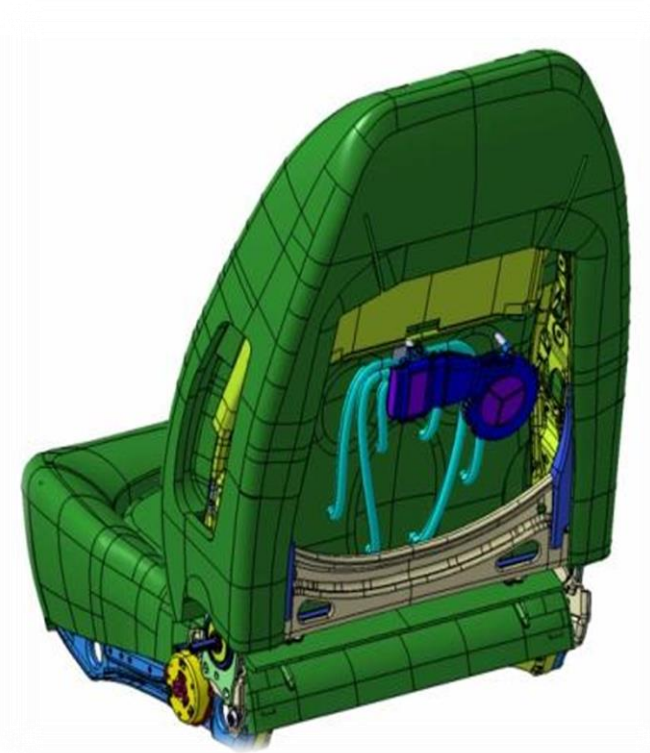
**Şekil 1.3.** Koltuk Isıtıcı Pad.

Otomobil koltuklarında sünger ile koltuk kılıfı arasına yerleştirilen Şekil 1.3'teki pad yardımıyla araç içerisinde koltuğa oturan sürücü veya yolcunun ısı konfora daha hızlı ulaşması sağlanmaktadır. Düşük voltaj ile çalıştığından herhangi bir riski bulunmamaktadır.

### 1.1.3. Koltuk havalandırma ve soğutma sistemleri

Koltuk için hava kanallı havalandırma sistemini detaylı olarak inceleyeceğimizden, öncelikle koltuğun alt kısmına yerleştirilen klima menfezinden faydalanılarak koltuğun soğutulması gibi literatürde örnekleri bulunan HVAC sisteminin çalışma prensibini inceleyelim. Klima sistemine bağlı olarak çalışan bu sistemde koltuk yüzeyinin istenilen sıcaklıklara getirilmesi amaçlanır. Koltuk ısıtma ve soğutma sisteminin aynı anda kullanıldığı bu sistemde günümüz araçlarında verimli olmadığından dolayı tercih edilmemektedir.

Günümüzde Ar-Ge çalışmaları yapılan ve maliyet anlamında daha efektif olan fan sistemi kullanılmaktadır (Şekil 1.4.).



**Şekil 1.4.** Aktif havalandırma kanallı koltuk.(Turan S. 2012)

Bu alanda yapılan çalışmalarda genelde fandan çıkan havanın koltuk yüzeyine dağıtılması için farklı hava kanalları kullanılmıştır. Şekil 1.4'te de görüleceği üzere koltuk arkasına

yerleştirilen bir fan farklı kanallar yardımıyla koltuğun ön yüzeyine iletilmiş. Koltuk ön yüzeyinde, belirli noktalardan çıkan hava kanalları yardımıyla soğuma gözlemlenmiştir. Müşterinin isteklerinden birisi olan maliyet kalemi, dikkate alınarak optimize edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar ne kadar verimli olsa da hem ağırlık hem de mali açıdan geliştirilmeye açık koltuk tasarımıdır.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu çalışmada inceleyeceğimiz konu, müşteri isteklerini karşılayan aktif havalandırmalı koltuk tasarımıdır. Literatürde koltuk üzerine bu tür çalışmalar için yazılmış tez ve makaleler sınırlı sayıda olup mevcut literatür çerçevesinde farklı çalışmalar hakkında özet bilgiler verilmiştir.

Otomotiv sektörünün gelişmesiyle ergonomi ve konforun öneminin arttığından bahsetmiştik. Konfor dediğimizde ilk aklımıza gelen komponentlerden birisi de koltuktur. Koltuğun rahat olması sürüşün rahat ve konforu açısından değil sağlık, güvenlik ergonomi ve yolcuların kendilerini yorgun hissetmemeleri açısından önemlidir. Özellikle uzun yolculuklarda sürücünün ve yolcunun konforu açısından koltuk önemlidir.

Isıtmalı ve havalandırmalı koltuklar iki gruba ayrılır. Birincisi otomobil iklimlendirme istemi ile entegre olan sistemlerdir. Isıtma, havalandırma ve klima sistemi olarak bildiğimiz sistemdir. Bu sistemde araç kliması koltuğa bağlanarak istenilen sıcaklıkta ve soğuklukta ayarlaması yapılabilmektedir. İkincisi ise TED sistemi dediğimiz termoelektrikli sistemdir.

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında her iki grubun da dışında koltuklar için iklimlendirme sisteminin ürettiği iç ortam havasından faydalanarak hava kanallı soğutma sistemi tasarlanmış, bireysel olarak konfor koşullarının sağlanabildiği koltuk tasarımı ve prototip koltuk imalatı gerçekleştirilmiştir.

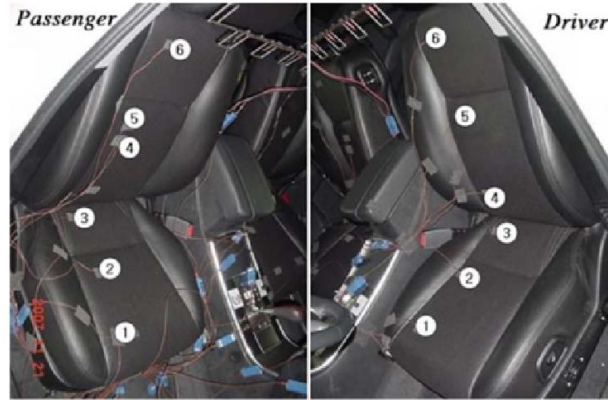


**Şekil 2.1.** Koltuk ısıtma ve soğutma komponentleri.

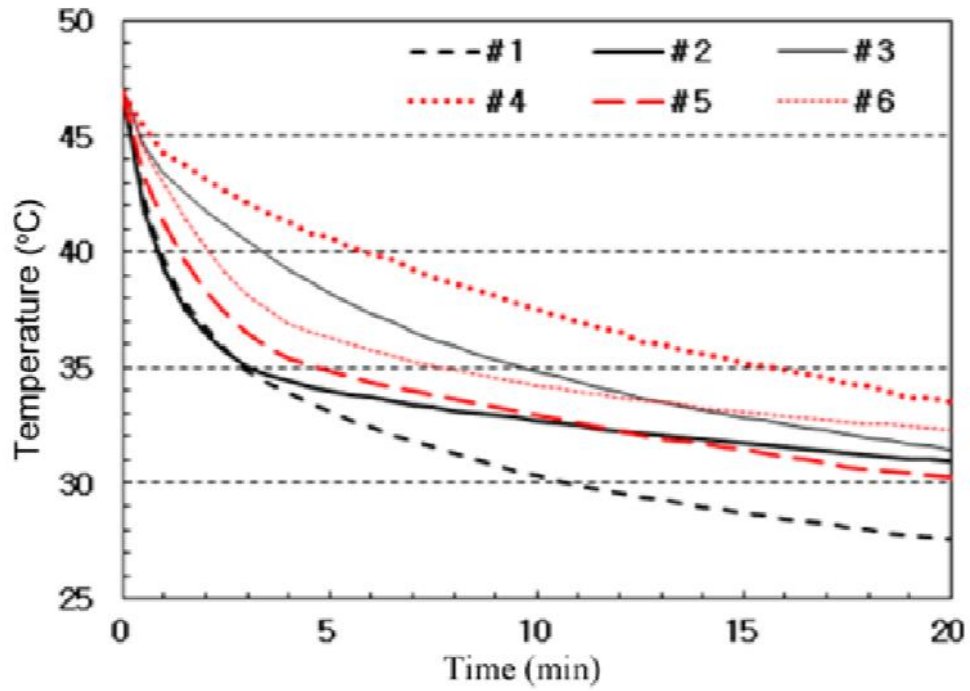
Şekil 2.1’de görüleceği üzere ısıtıcı mat ve bir fan yardımıyla araçtan aldığı elektrik ile koltuk yüzeyinin sıcaklık değişimi yapılmaktadır. Isıtıcı mat, içerisinde bulunan ince bakır teller ile araçtan alınan elektrik yardımıyla koltuk yüzeyinin ısıtılması sağlanmaktadır. Fan yardımıyla soğutma ise araç içerisindeki havanın koltuğun alt yüzeyinden gözenekli sünger ve difüzör yardımıyla koltuğun ön yüzeyine iletilir ve yolcuya serinlik hissi verir.

2016 yılında Kore Üniversitesinde bulunan Daewoong Lee ve Eunwoung Lee HVAC ve TED sistemlerinin performanslarını incelemiş deneysel olarak verimlilikleri ortaya konulmuştur. Deneylerde farklı parametreler ve sıcaklıklar kullanılarak performanslar incelenmiştir.

İlk olarak 50 °C’ye çıkarılarak soğutulması incelenmiştir. Koltuk yüzeylerinde belirli noktalar seçilerek o bölgelerdeki sıcaklık değişimlerini incelemiştir.

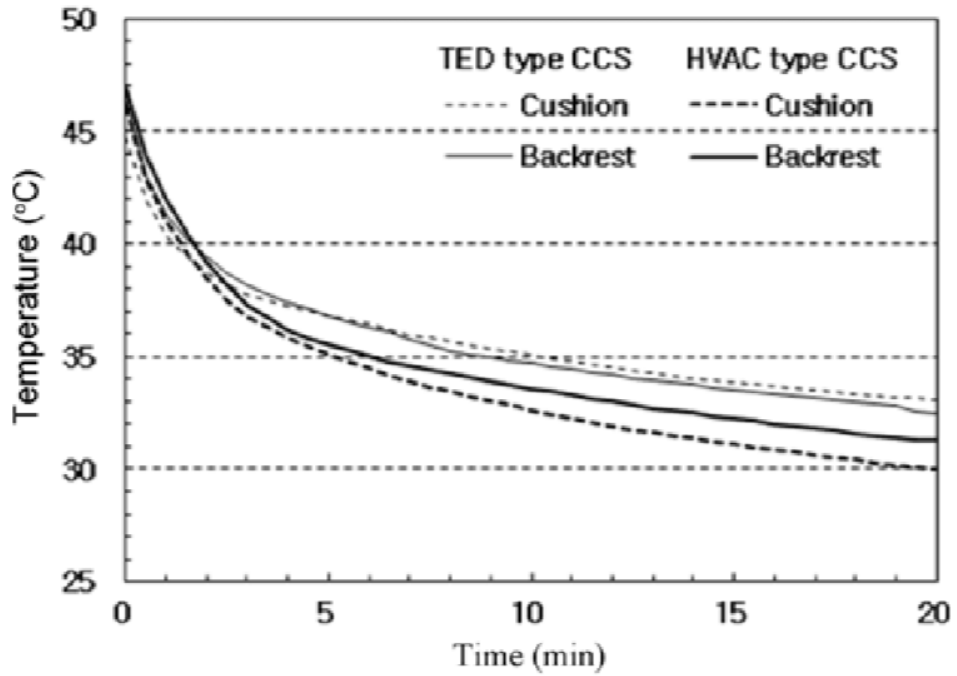


**Şekil 2.2.** Koltuk üzerinde ölçüm yapılacak noktalar (Lee D. ve Lee E. 2016 )



(a) HVAC-type CCSs surface temperature

Şekil 2.3. HVAC tipi soğutma ile yüzey sıcaklık değişimi. (Lee D. ve Lee E. 2016)



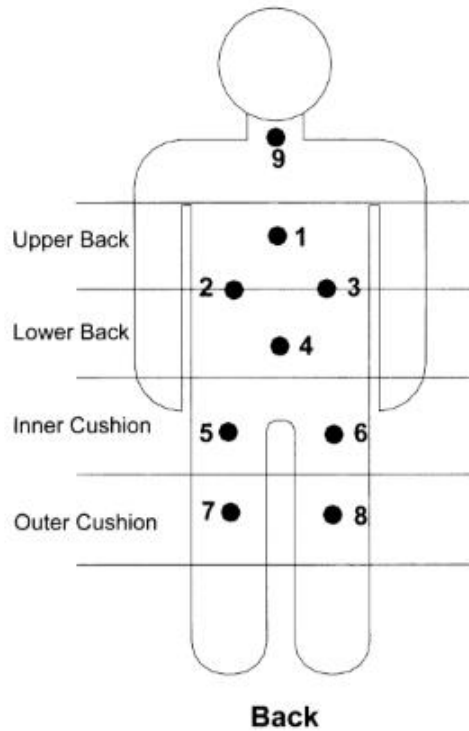
(b) Cooling performance of CCS

Şekil 2.4. TED tipi soğutma ile yüzey sıcaklık değişimi. (Lee D. ve Lee E. 2016)

Şekil 2-2’de görüleceği üzere koltuk üzerinde 6 nokta seçilmiş ve bu bölgelerdeki sıcaklık değişimleri grafiğe dökülerek incelenmiştir. Grafiklerde her iki sisteminde soğutması birbirine yakın olsa da HVAC sisteminin aracın sürüş performansını da etkilediği fark edilmiştir.

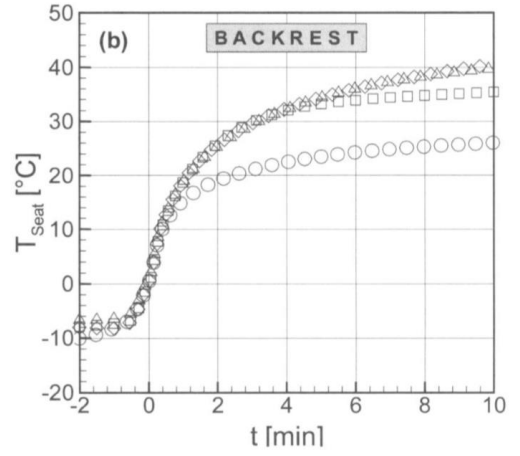
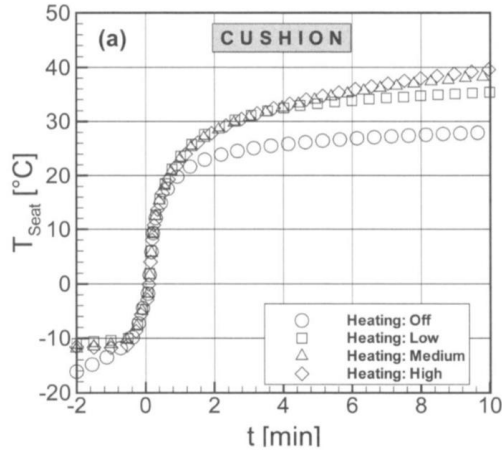
Sonuç olarak araç performansı da dikkate alındığında TED sisteminin daha uygulanabilir olduğu düşünülmüştür. ( Lee D. ve Lee E. 2016 ).

2018 yılında G. Karimi ve arkadaşları koltuk ısıtma soğutma sistemlerinin insan üzerindeki konfor etkilerini incelemiştir. Yapmış oldukları deneyde farklı kilo, yaş, boylara sahip 26 kişi (13 erkek, 13 kadın) kullanılmıştır. Her bir insanın vücuduna 10 adet ısı çift ile sıcaklık değişimleri incelenmiştir.

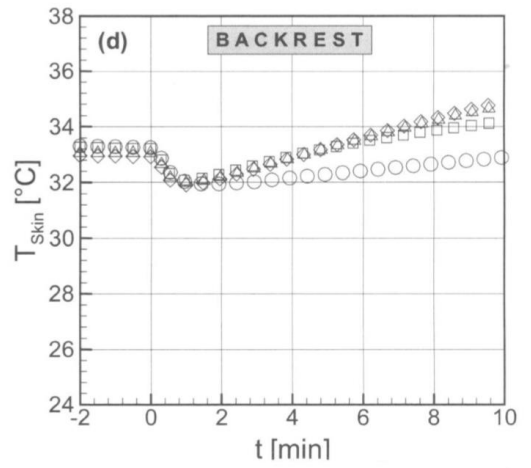
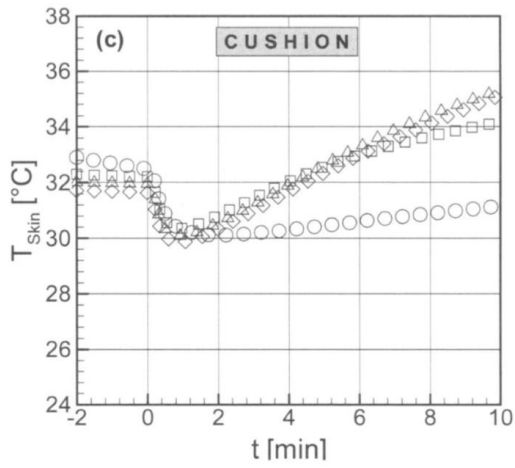


**Şekil 2.5.** İnsan vücuduna yerleştirilen 10 adet ısı çift ve konumları (10. Isıl çift göbek kısmına eklenmiş) (G. Karimi ve ark 2019 )

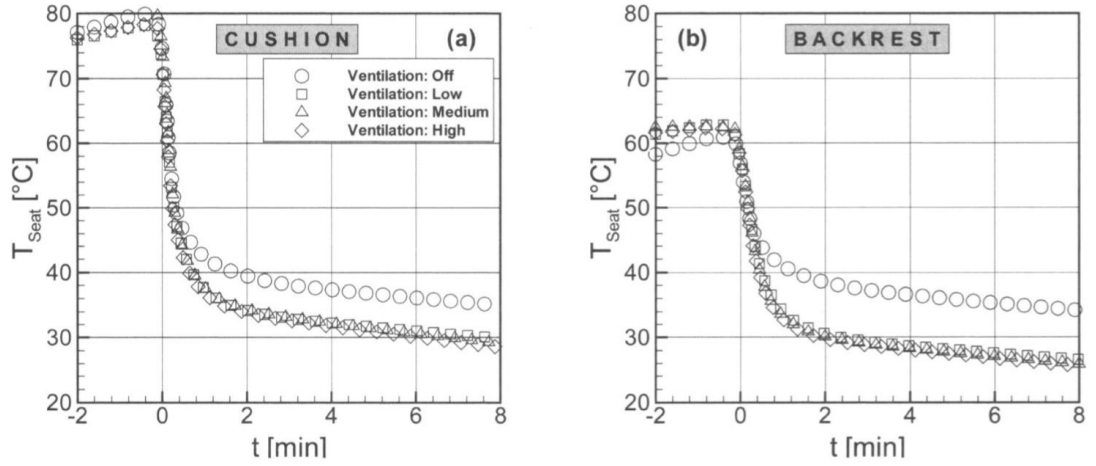
Testlerinde kullanılan koltuklar 55, 60 °C ve -10, -15°C’lere getirilerek ısıtma ve soğutma sistemi çalıştırılmıştır. İnsan vücudu ve koltuk yüzeyindeki sıcaklık değişimlerinin sonuçları aşağıdaki gibi grafikte gösterilmiştir.



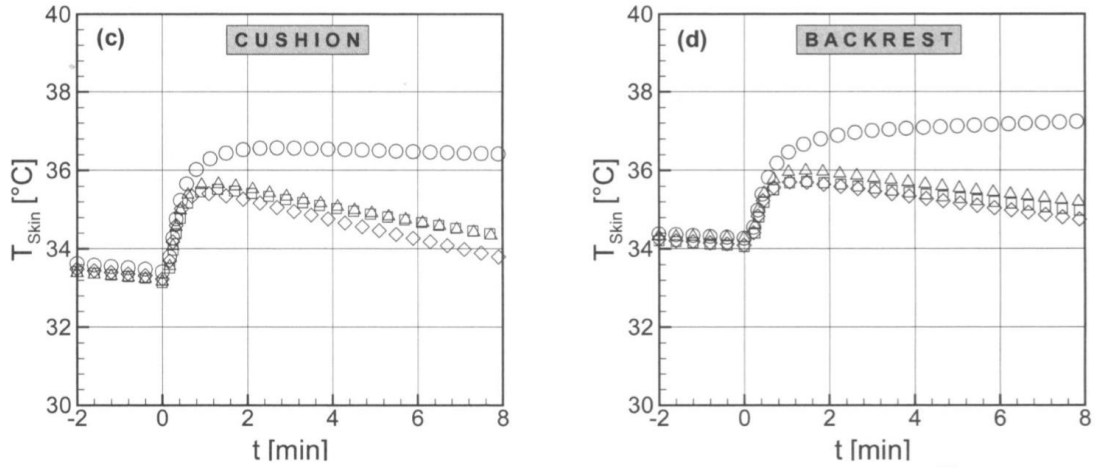
Şekil 2.6. Soğutulan koltuktaki sıcaklık değişimleri. (G. Karimi ve ark 2019 ).



Şekil 2.7. Soğutulan koltuk üzerine oturan modellerin vücut sıcaklık değişimleri. (G. Karimi ve ark 2019 ).



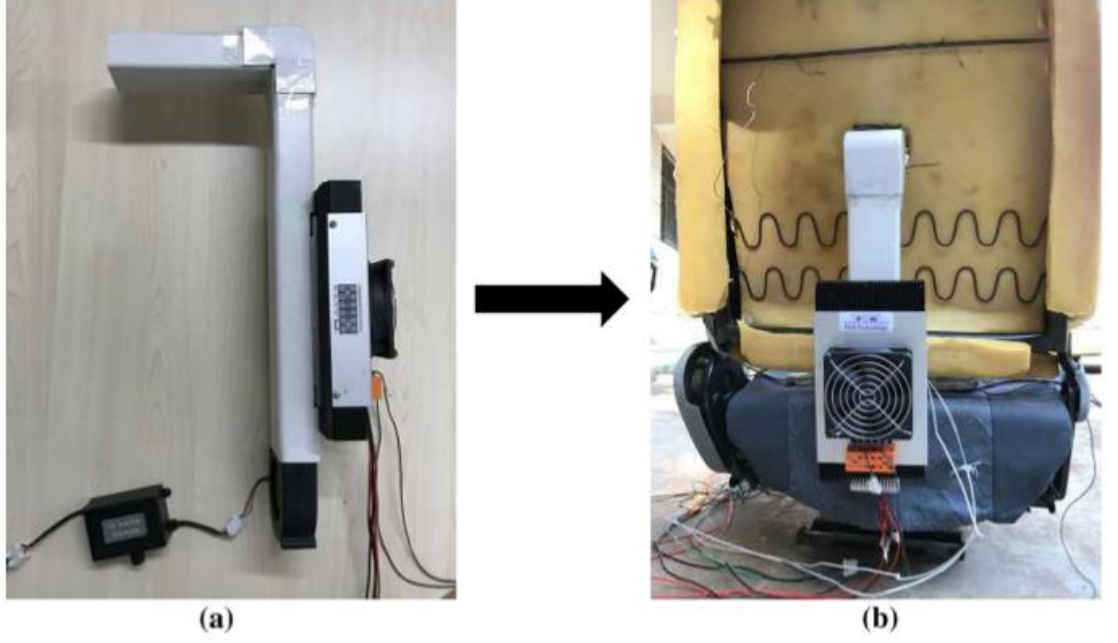
**Şekil 2.8.** Isıtılan koltuktaki sıcaklık değişimleri. (G. Karimi ve ark 2019).



**Şekil 2.9.** Isıtılan koltuk üzerine oturan modellerin vücut sıcaklık değişimleri. (G. Karimi ve ark 2019 ).

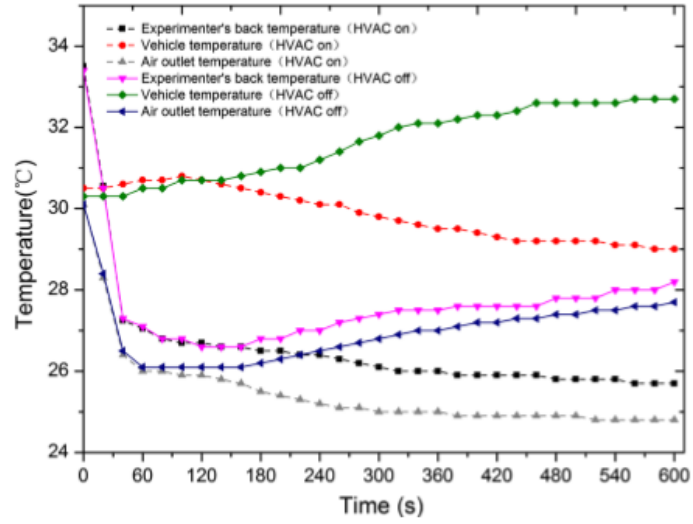
Farklı ayarlarda çalıştırılan ısıtıcı ve fan, insanın yüzey vücut sıcaklığına etkileri de grafikte gösterilmiştir. Normal şartlar altında insanın dış yüzey sıcaklığı 32-35 °C iken koltuk yüzeyine oturduğunda sıcaklık dengelenmeye çalışmış ve belirli bir seviyeye gelmiştir. (G. Karimi ve ark 2019 ).

2018 yılında Chuqi Su koltuklarda kullanılan HVAC sistemlerinin araç performans ve yakıt tüketimi hakkında bilgi vermiş ve günümüzde termo elektrikli sistemlerin kullanıldığından bahsetmiştir. Araç kabinini modelleyerek CFD analizi yapılmış araç içerisindeki farklı noktalardaki sıcaklık değişimleri değerlendirilmiştir.

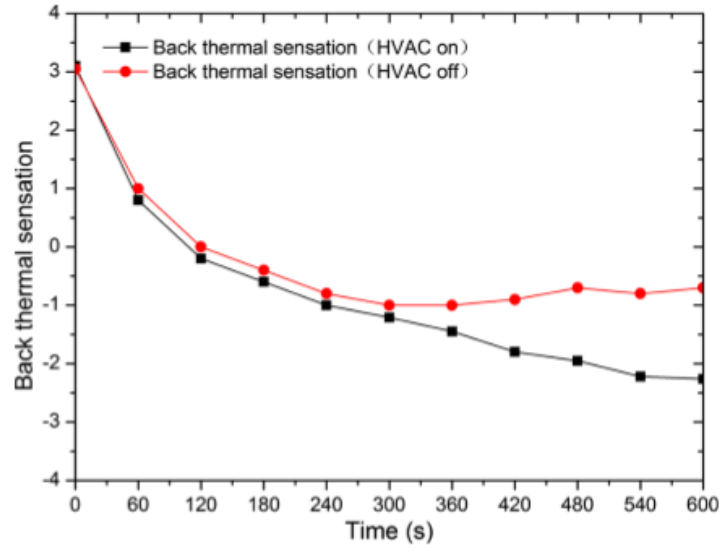


**Şekil 2.10.** (a) koltuğa göre tasarlanmış kanal ve fan (b) fanın koltuğa montajı (Su ve ark 2018)

Koltuğun arka yüzeyine montajlanmış olan fan yardımıyla 30 °C'ye ısıtılmış ortamdaki sıcaklık değişimleri gözlemlenmiştir.



**Şekil 2.11.** Araç içerisindeki insan modelinin ve araçtaki bazı bölgelerin sıcaklık değişimleri (Su ve ark 2018).



**Şekil 2.12.** Vantilatör açık ve kapalıyken hissedilen sıcaklık değişimleri (Su ve ark 2018).

Yukarıda anlatılan her bir bilimsel makale veya tezler hepsi araç içerisindeki koltuk üzerinde yapılmış, koltuk üzerine oturan yolcunun konforu ve sürüş konforu açısından değerlendirilmiştir.

İncelenen 3 akademik yazıda termo elektrikli sistemlerin hem sağlık hem de yakıt tüketimi ve araç performansı açısından daha kullanışlı olduğu ortaya konulmuştur.

Yapılan tüm çalışmalar ile ilgili özet tablo Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir.



**Çizelge 2.1.** Kaynak araştırması özet tablo.

<b>Yazar Adı</b>	<b>Yöntem</b>	<b>İncelenen süreç</b>	<b>Sonuç</b>
Lee D. ve Lee E.(2016)	TED HVAC	Koltuk Isıtma ve soğutma	HVAC sisteminin araç performansına olan olumsuz etkisi gözlemlenmiş, TED sisteminin daha avantajlı olduğu gösterilmiştir.
G. Karimi ve ark (2019)	TED	Koltuk Isıtma ve soğutma	Konfor açısından uygun fakat maliyet açısından yüksek.
Chuqi Su ve ark (2018)	HVAC	Koltuk Soğutma	Konfor açısından uygun fakat maliyet açısından yüksek.

Yukarıdaki tasarımlardan farklı olarak tasarım optimize edilerek mali açıdan daha uygun, performans açısından müşteri isteklerini karşılayan bir tasarım ortaya koyduğumuz bu tezde deneysel çalışmalar bölümünde ve model bölümünde detaylandırılacaktır.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Deneysel Çalışmalar**

Normal şartlarda bir aracı yaz aylarında güneşli bir yere park ettiğimizde araç içerisindeki direksiyon koltuk ve ortam sıcaklığı sürücüyü rahatsız etmektedir. Aracın tekrar belirli bir sıcaklık aralığına getirilmesi zaman almaktadır. 60°C - 80 °C'ye kadar ısınan araç içinde sıcaklığın tekrardan 25 °C'lere gelmesi için aracın klima sistemi çalıştırılarak camlar açılır. Otomobilin iklimlendirme sistemi mevcut ortam koşullarını kontrol edebilme yeteneğine sahip olmasına rağmen otomobillerde yer alan iç yüzeylerin sıcaklık dağılımını kontrol eden sistemler yer almamaktadır. Bu nedenle gerçekleştirilen koltuk soğutma sistemi önem arz etmektedir. Bu amaçla fabrika ortamında test kabini, termal kamera ve havalandırma sistemine sahip koltuk kullanılarak bir takım deneyler gerçekleştirilmiştir.

Koltuk üzerinde bulunan mevcut sünger üzerine, oturma yüzeyinin ve sırtın yaslanma yüzeyinin soğutulması için salyangoz fanın hava çıkış noktalarından oturma ve sırtta birer adet delik açılmıştır. Sünger ile kılıf arasına gözenekli bir yapı eklenmiştir. Bu yapının amacı fanın gelen havanın dağıtılarak daha geniş bir yüzeye etkilemesi sağlamaktır. Koltuk ile ilgili tasarım detayları HAD modelinin oluşturulması bölümünde ayrıntılı bir şekilde anlatılacaktır.



**Şekil 3.1.** Koltuk komponentleri ve koltuk tasarımı (Bhosale ve Vogt 2016)

Deneyimizde güneşli bir ortamda kalan araç içerisinde bulunan koltuğun simülasyonu yapılmıştır. Şartlandırılmış kabin yardımıyla 60°C'ye kadar ısıtılan kabin içerisine koltuk yerleştirilmiştir. Daha sonra koltuk ortam sıcaklığına çıkarılarak koltuğun oturak ve sırt kısmına yerleştirilen küçük salyangoz fan ve sünger içerisine konulan difüzör yardımıyla koltuğun soğutulması termal kamera ile gözlemlenmiştir. Buradaki kriterimiz müşteri istekleri olup müşterinin şartnamelerine uygun olarak test yapılmasına özen göstermektir.

Kullanılan ekipmanlar,

- Sürücü koltuğu,
- Klimatik kabin,
- Salyangoz fan,
- Termal kamera



**Şekil 3.2.** Havalandırmalı koltuk tasarımı görseli.

### **3.1.1 Test gereklilikleri**

Mevcutta her ana sanayide havalandırmalı koltuk bulunmadığından test gereklilikleri ile ilgili dokümanları da bulmakta zorlanmaktayız. Testimiz müşteri şartnamelerine göre yapılmış ve test düzenekleri bu şartnameye uygun olarak hazırlanmıştır.

Müşteri şartnamelerini incelediğimizde hem HVAC sistemli koltuklar için hem de vantilatörlü koltuklar için şartname bulunmaktadır. Deneyde salyangoz fan kullanıldığından, fanlı sistem koltuk kullanılmıştır.

Müşteri şartnamesinde 40 °C ve 60 °C sıcaklıklarda iki ayrı test bulunmaktadır. Biz daha ağır şartlar altında koltuğu test etmek istediğimizden 60 °C'ye kadar ısıtılması seçilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Test koşulları ve standartta belirtilen sıcaklık aralıkları. (Ford SDS).

Süre (dk)	Ortalama <b>Oturma Yüzeyi</b> Sıcaklığı Maksimum Fan Ayarı (°C)	Ortalama <b>Yaslanma Yüzeyi</b> Sıcaklığı Maksimum Fan Ayarı (°C)
0	60±1.5	60±1.5
5	<=40	<=40
8	<=37	<=37
19	<=34	<=34
30	<=33	<=33

Yukarıdaki Çizelge 3.1’de görüleceği üzere şartlandırılmış ortamda 60 °C’ye kadar ısıtılan koltuğun oturma yüzeyi ve sırt yaslanma yüzeyindeki süreye bağlı sıcaklık değişimleri gösterilmektedir. Koltuk iklimik kabinden ortam şartlarına çıkarıldıktan sonra vantilatör en yüksek seviyede açık iken 5 dk’da 40 °C’nin altına, 8 dk’da 37°C’nin altına, 19 dk’da 34°C’nin altına, 30 dk sonra 33°C’nin altına düşmesi beklenmektedir. Şartnamede maksimum seviye, orta seviye ve düşük seviye olarak üç kademe dikkate alınmıştır. Bizim testimiz en yüksek kademede çalıştırılarak yapılmıştır.

Şartnameye uygun bir şekilde test yapılmaya özen gösterilmiştir. Bütün parametrelere uygun şekilde hareket edilerek test gereklilikleri yerine getirilip getirilmediği gözlemlenmiştir.

Ayrıca şartnamede fonksiyon kriterleri, kurutma emme kriterleri de bulunmaktadır. Fonksiyon olarak butonun belirli bir çevrimde bozulmaması ve hala çalışıyor olması istenmektedir. Bu fan kontrol mekanizmasının mekanik ve elektronik kısmıyla ilgili olduğu için dikkate alınmamıştır.

### 3.1.2 Deneysel cihazlar

Koltuk; ilk olarak mevcut müşteride kullanılan koltuk testlerimizde kullanılmıştır. Koltuk seri şartlarda üretildikten sonra üzerinde değişiklikler yapılmıştır. Koltuk üzerinde süngerde kanal açılarak oturak ve sırt kısmına fan yerleştirilmiştir.

Klimatik kabin; koltuğu yerleştirdiğimiz alan  $10,3 m^3$  hacme sahiptir. Otomotiv sektöründe müşterinin isteklerinin karşılanması için kabin sıcaklığı minimum  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$  ve maksimum  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar şartlandırılabilir. İçerisinde ani sıcaklık değişimlerinden etkilenmeyen, paslanmaz çelik hücreler kullanılmıştır. İç duvarlara yüksek yoğunlukta enjekte edilmiş poliüretan ve cam yünü ile güçlü bir yalıtım sağlanmaktadır. Şekil 3.3.'de klimatik kabin gösterilmektedir.



**Şekil 3.3.** Klimatik kabin.

İçerisine yerleştirilen sıcaklık sensörleri yardımıyla  $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$  'den daha düşük hassasiyetle sıcaklık ölçümü yapılmaktadır. İçerisinde yine ani sıcaklık değişimlerinde içerideki nem dengesini sağlayan güçlü hava sirkülasyon sistemi bulunmaktadır.

İç hacim ölçüleri;

- 2,6m genişlik
- 2m derinlik
- 2m yükseklik

**Çizelge 3.2.** Klimatik kabin teknik özellikleri.

---

<b>Fiziksel Büyüklük</b>	<b>Ölçüm cihazı ve Ölçüm Aralığı</b>	<b>Öngörülen Tolerans</b>
Sıcaklık (°C)	Kabin içerisindeki sensörler	±0,1°C
Sıcaklık probu	-40°C .....120°C	
Hacim (m3)	10,3 m3	

---

Salyangoz fan; yaklaşık 8,6 g olan fan 12 V elektrik ile çalışmaktadır. Fanın çalışma sıcaklıkları – 10 °C ile 70 °C arasındadır. Boyutundan dolayı oldukça sessiz çalışan fan araç içerisinde kullanımında rahatsızlık vermemektedir. Fan 23 dB ile çalışmaktadır.

Fan çalışma hızı ürüne gelen voltaja göre değişen 9500 rpm ±20 %'dir. İçerisinden hava akışı 5,5 CFM'dir.



Şekil 3.4. Havalandırılmalı koltukta kullanılan fan görseli.

Çizelge 3.3. Salyangoz fan teknik özellikleri.

<b>Fiziksel Büyükük</b>	<b>Ölçüm cihazı ve Ölçüm Aralığı</b>	<b>Öngörülen Tolerans</b>
Boyut	30X30X10	
Hız (CFM)	5,5 CFM	
Ağırlık (g)	8,6 g	
Devir (rpm)	9500 rpm	20%

Termal Kamera; doğal çözünürlük 640x480'da dâhil olmak üzere 3 adet üstün termal görüntüleme sistemi bulunmaktadır. Yaklaşık 0,02 °C hassasiyetle sıcaklık ölçümü yapmaktadır.





Şekil 3.5. Termal kamera. (<http://teknotherm.com.tr/t-serisi-104>)

Çizelge 3.4. Termal kamera teknik özellikleri.

Fiziksel Büyükük	Ölçüm cihazı ve Ölçüm Aralığı	Öngörülen Tolerans
Sıcaklık (°C)	-20°C .....600°C	±0,02°C

### 3.1.2 Hata analizi

Otomobil içinde gerçekleştirilen ölçümlerde meydana gelen hatayı belirlemek için kullanılan deneysel cihazların ölçüm hassasiyetleri ve aralıkları dikkate alınarak Moffat (1988)'in önerdiği hata ifadesi aşağıda gösterildiği şekilde düzenlenebilir.

$$Hata(\%) = \left[ \left( \frac{\Delta V}{V} \right)^2 + \left( \frac{\Delta T_a}{T_a} \right)^2 + \left( \frac{\Delta T_s}{T_s} \right)^2 + \left( \frac{\Delta t}{t} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3.1)$$

Moffat (1988) in önerdiği eşitlikte yer alan kesirli ifadelerin payındaki değerler cihazın ölçüm hassasiyetini, paydadaki değerler ise ölçüm değerlerini ifade etmektedir. Yapılan hesaplamalarda deneysel hata oranı (maksimum belirsizlik) yaklaşık olarak ±% 1 arasında hesaplanmıştır. (Kılıç ve Sevilgen 2009).

### 3.2 Deneysel Metodoloji

Deneyde mevcut üretimi bulunan koltuk kullanılmış ve tamamen gerçek şartlar simüle edilmeye çalışılmıştır. Seri şartlarda üretimi olan koltuk süngeri ve kılıfı kullanılmıştır. Kullanılan fanlı sistem piyasada benzer sistemler olsa da mevcutta üretimi olmayan özgün bir tasarımıdır.



**Şekil 3.6.** Test koltuğu fiziksel görünüm.

Testimizde koltuk şartlandırılmış iklimatik kabin içerisine konularak istenilen sıcaklık değerlerine ulaşılması sağlanmıştır. Koltuk 60 °C sıcaklıkta kabin içerisinde yaklaşık 10 dakika bekletilmiştir. Amaç sıcaklığın bütün yüzeylere homojen şekilde dağılmasını sağlamaktır.

Şekil 3.7’de görüleceği üzere iklimatik kabin kontrol ünitesinden sıcaklık ayarı 60 °C’ye sabitlenmiş ve istenilen sıcaklık değerinde koltuğun ısıtılması istenmiştir.



**Şekil 3.7.** Klimatik kabin kontrol ünitesi.

Daha sonra ısıtılan koltuk ortam şartlarına alınarak salyangoz fan çalıştırılmıştır. Bu çalışma sırasında Şekil 3.8'deki gibi ortam şartlarına alınan koltuğun termal kamera ile sıcaklık değişimleri gözlemlenmiştir. Belirli aralıklarda anlık görüntüler alınmış ve sıcaklık değerleri yardımcı program yardımıyla ölçülmüştür.

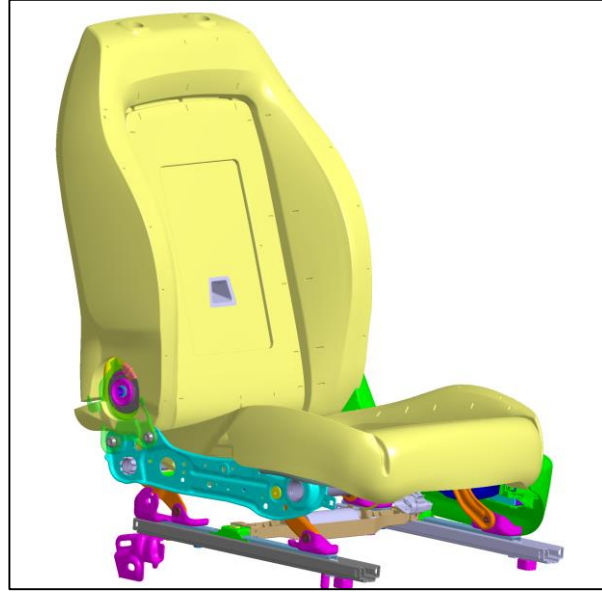


**Şekil 3.8.** Termal kamera ile sıcaklık ölçümü.

### **3.3 Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Modeli**

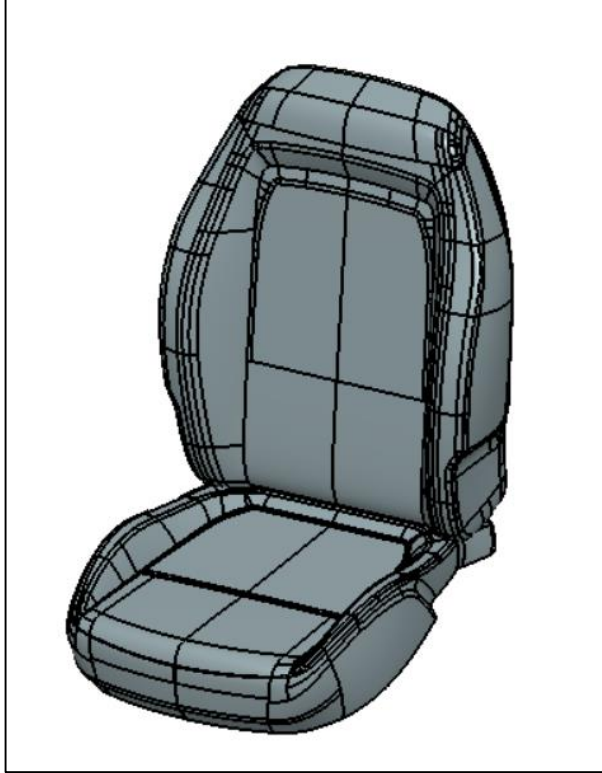
#### **3.3.1 Koltuğun CAD modelinin oluşturulması**

Bu bölümde teste tabi tutulan koltuğun tasarımı ile ilgili kısımlardan bahsedilecektir. Test yapılmadan önce koltuğun matematiksel modeli tamamlanmış ve matematiksel modele uygun bir şekilde koltuğun prototip imalatı sağlanmıştır.



**Şekil 3.9.** Havalandırılmalı koltuk matematiksel modelinin ön yüzeyi.

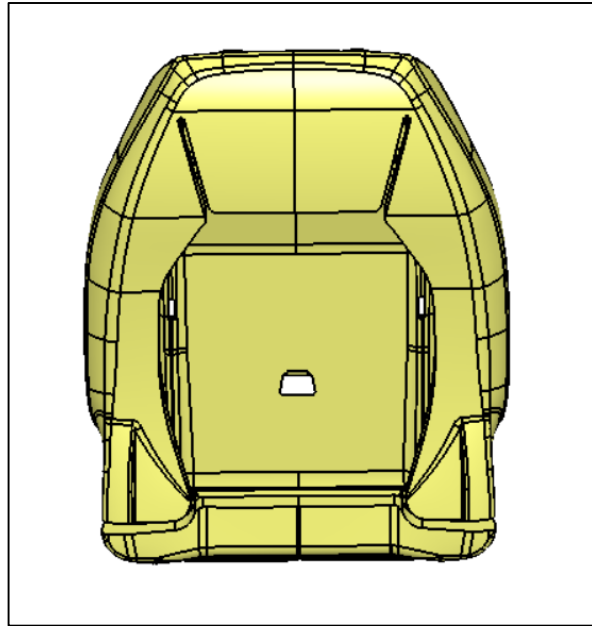
Öncelikli olarak koltuk bir araçta bulunan ve maliyet anlamında ciddi kalemlerden birisi olan güvenlik parçasıdır.



**Şekil 3.10.** Havalandırma sistemi eklenmemiş koltuk modeli.

Mevcut bir koltuk tasarımı üzerinde sırt kısmına sürücü ya da yolcunun ağırlık olarak en fazla yük binen bölgeler seçilerek fandan çıkacak olan havanın koltuk ön yüzeyine ulaşması için bir delik açılmıştır. Şekil 3.11’de görüleceği üzere sırt ön yüzeyine dağıtımı sağlamak için delik açılı bir şekilde açılmıştır.

Açılan delik koltuğa oturulduğunda rahatsızlık hissi vermeyecek şekilde düşünülmüştür. Delik boyutları optimum şekilde tutulmaya çalışılmıştır.

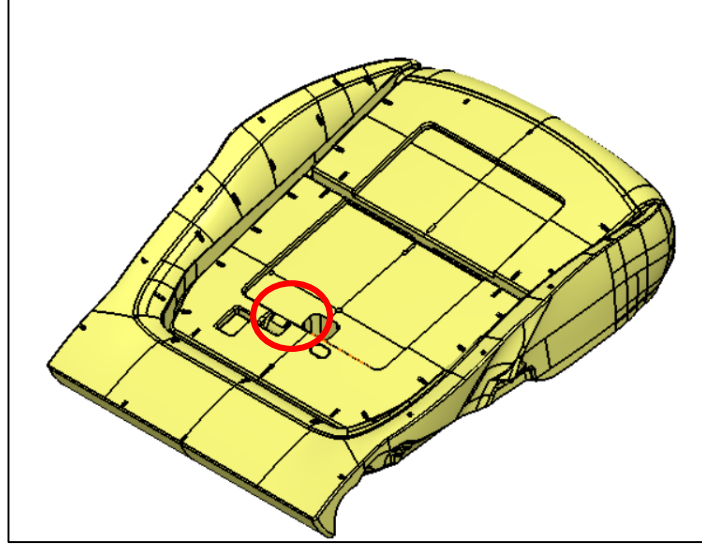


**Şekil 3.11.** Havalandırılmalı koltuk sırt sünger tasarımı.

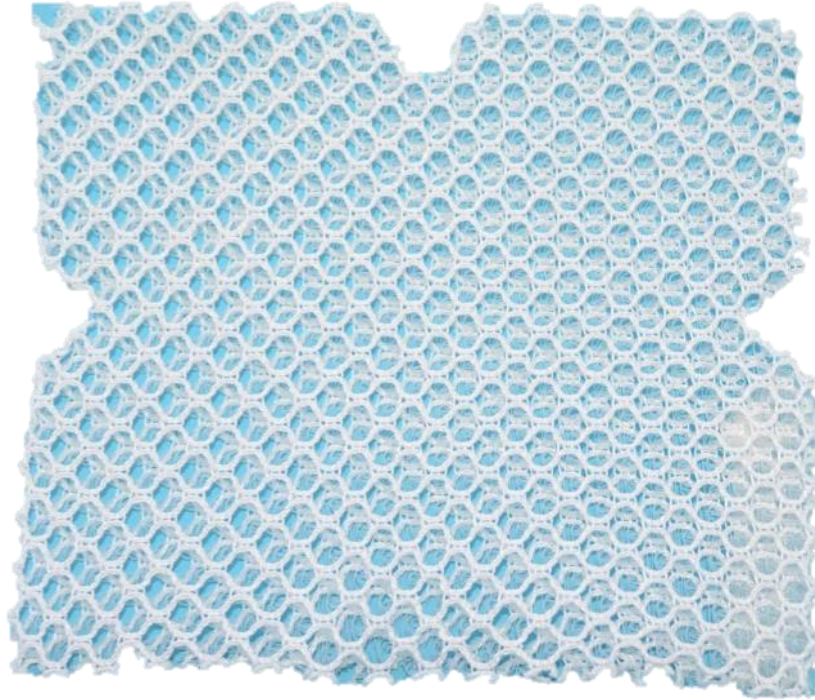
Aynı şekilde aşağıdaki şekilde görüleceği üzere oturak sünger tasarımı da yine sürücü ya da yolcunun oturak kısmına göre ağırlığın geldiği bölge seçilerek tasarım yapılmıştır. Havanın daha efektif bir şekilde yayılması amaçlanmıştır.

Dikkat edilmesi gereken noktalardan birisi de koltuk süngerinde yapılacak olan işlemlerden sonra koltuğun konfor noktası olarak bilinen koltuk ve araç tasarımında özellikle dikkat edilen H noktasının değişmediğine dikkat edilmesi gerekmektedir. H point koltuk üzerine oturan yolcu ya da sürücünün kalça, üst bacak ve gövdenin birleştiği yer olarak tanımlanmaktadır. Koltukta bu konum sabit tutularak üzerinde gerekli tasarım

çalışmaları yapılmaktadır. Bu noktanın ölçümü, yapılan insan modeli tasarımları ile ölçülmektedir.



**Şekil 3.12.** Havalandırmalı koltuk sırt sünger tasarımı.



**Şekil 3.13.** Gözenekli yapı

Oturak süngeri  $60\text{gr}/\text{dm}^3$  ve sırt süngeri  $53\text{gr}/\text{dm}^3$  yoğunluktadır. Bu değerler mevcut araçlarda kullanılan gerçek değerlerdir.

Koltuk üzerine montajı yapılacak olan salyangoz fan ve hava kanalı tasarımı CAD modelde oluşturulmuştur. Burada fandan çıkan havanın kayıp yaşamadan en verimli şekilde koltuk ön yüzeyine gelmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

Oturak ve sırt süngerlerine delik açıldıktan sonra fan çalıştırıldığında homojen bir şekilde ön yüzeyine dağılım sağlanması için ön yüzeylere difüzör eklenmiştir. Difüzör yardımıyla koltuğun ön yüzeyine dağıtılmış bir şekilde giden hava eşit bir şekilde dağılım gösterecek ve sadece oturak ve sırtlarda deliklerin bulunduğu bölgelerde değil bütün yüzeylere havanın dağıtılması sağlayacaktır.

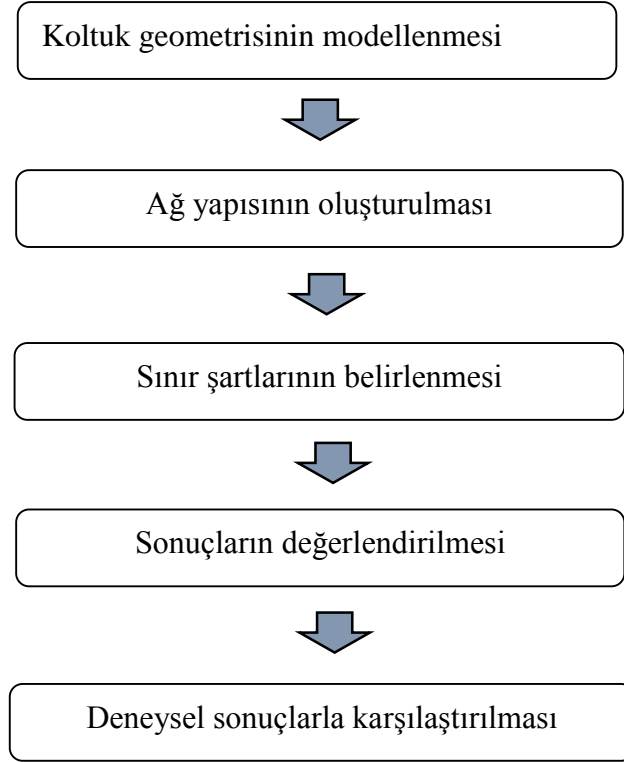
### **3.3.2 HAD işlem adımları**

HAD yaklaşımı, akışkan hareket analizlerinin yapıldığı mühendislik sistemlerinin modellenmesi ve sayısal çözüm yöntemlerinin simülasyonu olarak tanımlanabilir. HAD yaklaşımı ile çözüm metodu günümüzde birçok mühendislik probleminin sayısal çözümlenmesinde kullanılmaktadır (Sevilgen 2010).

Genel olarak akış diyagramı Çizelge3.5.'deki gibidir.

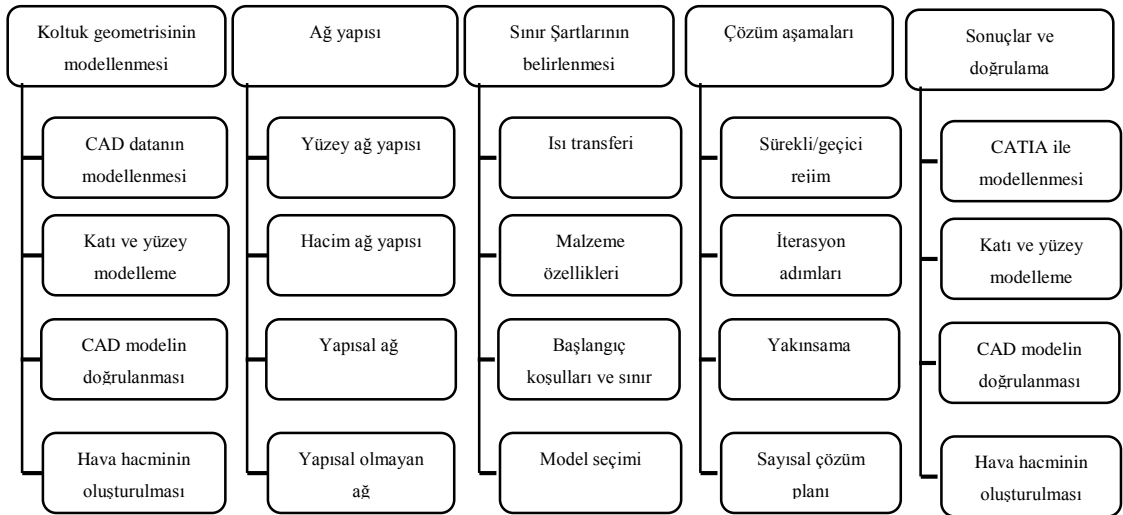


**Çizelge 3.5.** Genel akış diyagramı.

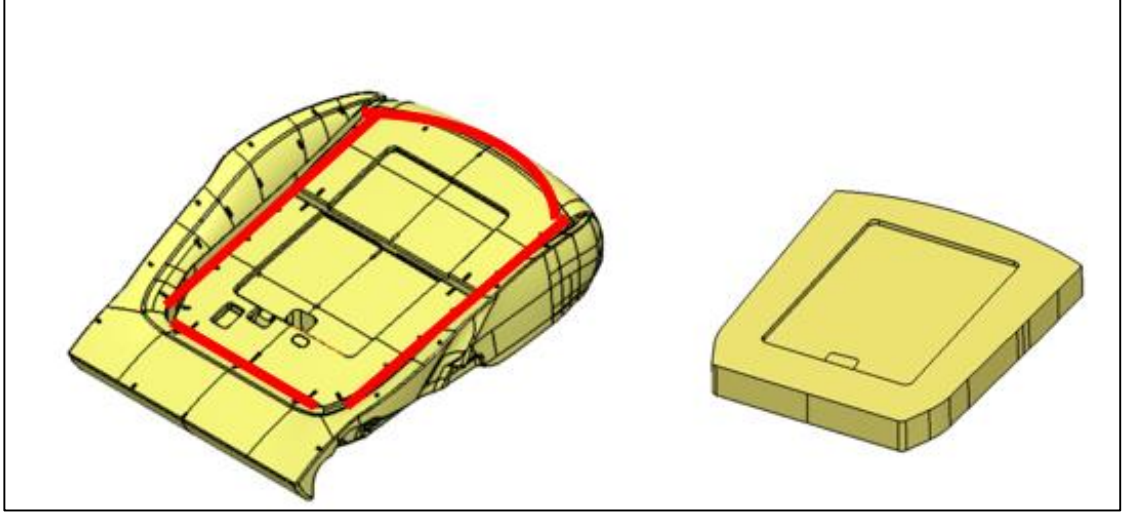


Aktif havalandırmalı koltuğun kanal içi akışın sayısal yöntemlerle hesaplanması için izlenen HAD yöntemi çizelgesi aşağıdaki gibidir.

**Çizelge 3.6.** HAD yöntemi ile detaylı işlem adımları.

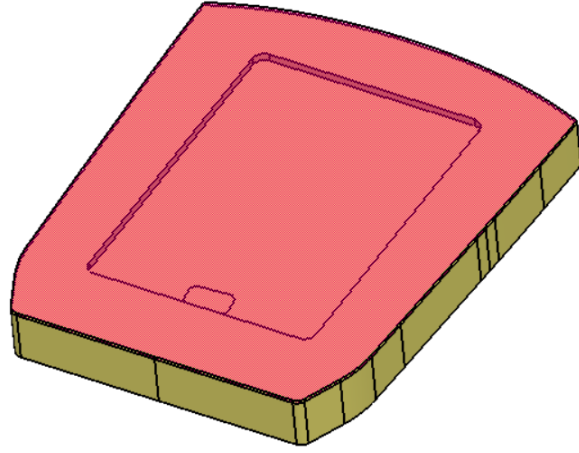


ANSYS yardımıyla koltuk modeli daha basit bir hale getirilmeye çalışılmış ve sadece oturma yüzeyi modellenmiştir. Buna göre tasarım basitleştirilmiş olarak aşağıdaki gibidir.

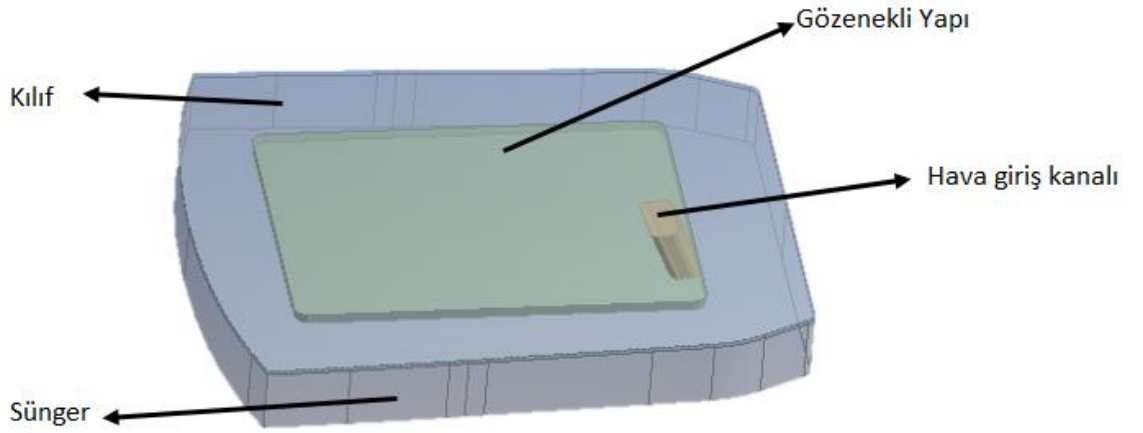


**Şekil 3.14.** Ansys Workbench basitleştirilmiş tasarım.

Yukarıda görünen tasarım, sadece süngerden kesit alınarak yapılmıştır. Tasarıma ilave olarak oturma yüzeyinde boşluk görünen yapıya gözenekli bir yapı eklenerek koltuk stil yüzeyinin bozulmaması ve sürücü veya yolcu oturduğunda o boşluğu hissetmemesi amaçlanmıştır. İlave olarak koltuk yüzeyine 3mm kalınlığında bir kumaş eklenerek gerçek koltuk yüzeyi simüle edilmeye çalışılmıştır.

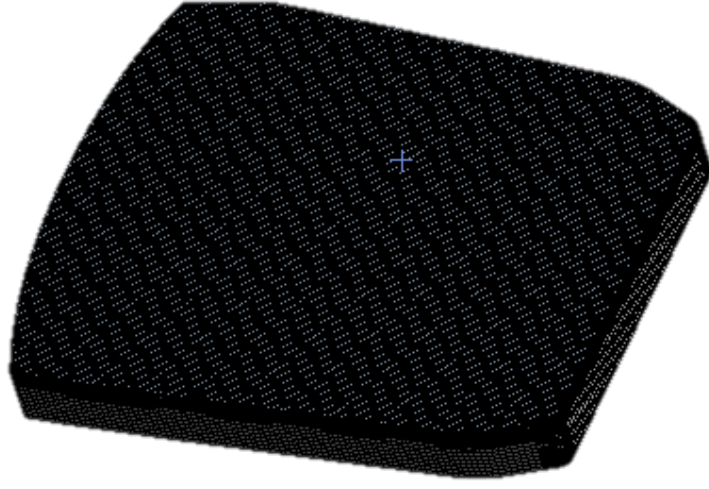


**Şekil 3.15.** Oturma yüzeyi kılıf ve gözenekli yapı tasarımı.



**Şekil 3.16.** Oturma yüzeyi ürün ağacı.

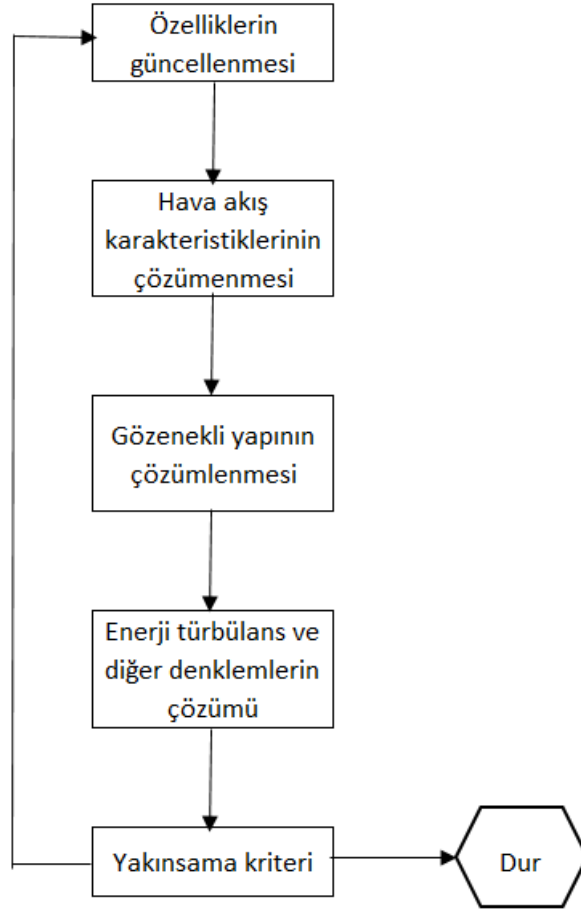
Tasarım dört adet komponentten oluşmaktadır. Bu komponentler koltuk süngeri, koltuk kılıfı, gözenekli yapı ve havanın gireceği hava kanalı olarak modellenmiştir. Ansys Design Modeler’da yapılan tasarım sonrasında MESH sekmesinde gerekli ağ yapısı kurulmuştur. Ağ yapısında hava giriş bölgelerine ve incelenmek istenen bölgelere Fluent’te çözümlerken sonuca daha yakınsamak için resimde görüldüğü gibi daha fazla eleman atanarak mesh işlemi tamamlanmıştır. Sonlu elemanlar metodu ile CutCell kullanılarak toplam 950.000 ağ yapısı oluşturulmuştur.



**Şekil 3.17.** Oturma yüzeyi ağ yapısı tasarımı.

Hesaplamalarda kullanılan çözüm metoduna ait akış diyagramı Çizelge 3.7.'deki gibidir.

**Çizelge 3.7.** Çözüm metoduna ait akış diyagramı.



**Çizelge 3.8.** Ağ yapısı ve sınır şartları.

Ağ yapısı	
Ağ yapısı	Tür: Quadratic
Hacim eleman sayısı	Hacim Eleman Sayısı: 950.000
Yüzeyağ yapısı	Tür: Kare ve dikdörtgen eleman
Sınır Şartları	
Giriş menfezleri (Sıcaklık)	25 °C
Giriş menfezleri (Hız)	2,88 m/s
Oturak dış yüzeyler	Oda sıcaklığına bağlı taşınım sınır şartı

İlgili model için ağ yapısı oluşturulduktan sonra deneylerimizde olduğu gibi bütün yüzeylerin sıcaklıkları 60 °C olarak sınır şartı girilmiştir. Modelin sıcaklık değeri müşteri şartnamesinde yer alan sıcaklığa göre belirlenmiştir.

Testte kullanılacak olan kılıf, sünger ve gözenekli yapı için malzemelerin termo fiziksel özellikleri belirlenerek malzeme atamaları yazılmıştır. Gözenekli yapı içerisindeki hava direnci çok yüksek olmadığından dolayı hava olarak tanımlanmıştır. Hava çıkış noktası bulunmadığından kılıf gözenekli yapı olarak kabul edilmiştir.

Buna göre termo fiziksel özellikler Çizelge 3.9.'daki gibidir.

**Çizelge 3.9.** Kılıf ve süngerin termo fiziksel özellikleri.

MALZEME	YOĞUNLUK (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>p</sub> [J/kg K]
SÜNGER	500	1075
KILIF	157	1873

Gözenekli yüzey olarak tanımlanan kılıf için akış yönleri, drenç katsayıları ve geçirgenlik katsayısı gerekmektedir. Daha önce yapılmış olan çalışmalardan kılıfın geçirgenlik katsayısı alınmıştır. Gözenekli yüzey tanımlandıktan sonra içerisinde bulunan drenç katsayıları aşağıdaki formüller yardımıyla bulunmuştur.

Viskoz direnci;

$$\alpha = \frac{D_p^2}{150} \frac{\epsilon^3}{(1 - \epsilon)^2} \quad (3.2)$$

Atalet direnci;

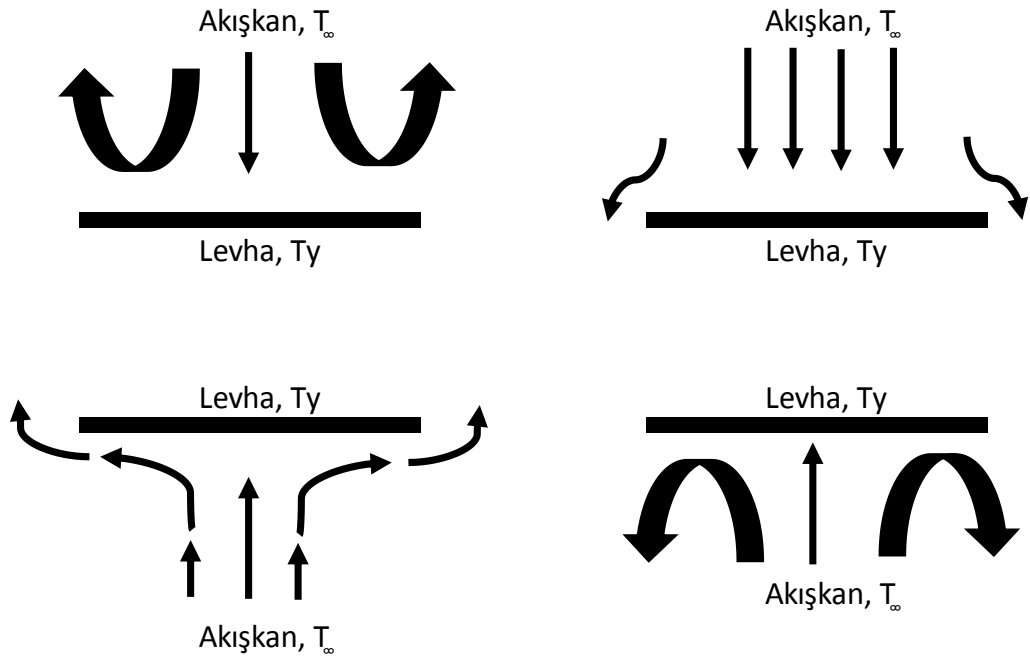
$$c_2 = \frac{3,5 (1 - \epsilon)}{D_p} \frac{1}{\epsilon^3} \quad (3.3)$$

Oturma yüzeyinin dış yüzeylerinde doğal taşınım ile ısı transferi olacağından bu bölgeler için ısı taşınım katsayısı aşağıdaki formüllerden hesaplanmıştır.

$$Nu = CRa^n \quad (3.4)$$

$$Nu = \begin{cases} 0.54Ra^{1/4} & 10^4 < Ra < 10^7 \\ 0.15Ra^{1/3} & 10^7 < Ra < 10^{11} \\ 0.27Ra^{1/4} & 10^5 < Ra < 10^{11} \end{cases} \quad (3.5)$$

$$h = \frac{Nu k}{L} \quad (3.6)$$



**Şekil 3.18.** Farklı konumlardaki yatay levhadan doğal taşınım. (Kılıç ve Yiğit 2010)

**Çizelge 3.10.** Başlangıç koşulları ve yakınsama kriterleri

Başlangıç koşulları, zaman adımı ve yakınsama kriteri	
Oturak yüzey sıcaklığı	60 °C
Dış ortam sıcaklığı	25 °C
Yakınsama kriteri	$10^{-6}$
Basınç-Hız ilişkilendirilmesi	SIMPLE
Ayrıklaştırma metodu (Basınç)	Standart
Ayrıklaştırma metodu(Akış, enerji ve diğ.)	2.dereceden Upwind yöntemi

Çözüm yöntemi için “Solution Methods” bölümünde “SIMPLE” algoritması seçildi. Sürekli rejim seçildiği için süreklilik, momentum ve enerji denklemleri yazılabilir.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho V) = S_m \quad (3.7)$$

Bu denklemde yer alan  $S_m$  kaynak terim şeklinde ifade edilir. Sisteme eklenen kütleli ifade eder. Örneğin faz değişimi sırasında buharlaşma sonucunda eklenen kütle miktarını gösterir. Momentum ve enerji denklemleri ise aşağıdaki gibi ifade edilmiştir. (Sayaral G.-2019).

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} = \nabla(\rho u V) = -\frac{\partial \rho}{\partial x} + \nabla(\mu \nabla v) + S_{m_x} \quad (3.8)$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} = \nabla(\rho u V) = -\frac{\partial \rho}{\partial y} + \nabla(\mu \nabla v) + S_{m_y} \quad (3.9)$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} = \nabla(\rho u V) = -\frac{\partial \rho}{\partial z} + \nabla(\mu \nabla v) + S_{m_z} \quad (3.10)$$



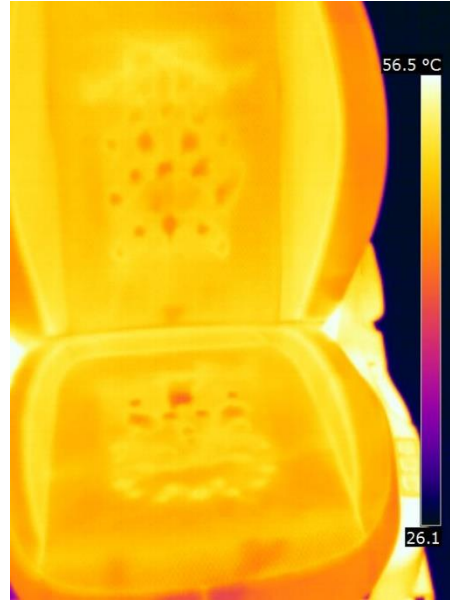
$$\frac{\partial(\rho e)}{\partial t} = \nabla(\rho e V) = -p\nabla V + \nabla(k\nabla T) + \varphi + S_e \quad (3.11)$$

Yukarıda kartezyen koordinat sisteminde ifade edilen denklemlerde; yoğunluğu,  $V$  hız vektörünü,  $u$ ,  $v$  ve  $w$  hız vektörlerinin sırasıyla  $x$ ,  $y$  ve  $z$  bileşenlerini,  $S_m$  kütle kaynak terimini,  $S_M$  momentum kaynak terimini,  $p$  basıncı,  $S_e$  enerji kaynak terimini, ise disipasyon (yayınım) terimini temsil etmektedir. Disipasyon terimi enerji kaybını ifade eder. Sayısal hesaplamalarda standart  $k$ - $\epsilon$  türbülans modeli seçilmiştir. Bu türbülans modeli, literatürdeki sayısal sonuçların kararlılığından dolayı bu tür hesaplamalar için kullanılır (Sevilgen ve Kılıç 2012).

## 4. BULGULAR

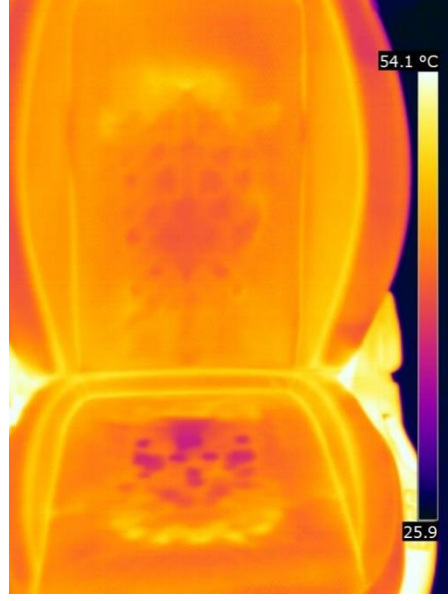
### 4.1 Deneysel Veriler

Martur test merkezinde yapılan testimizde, koltuk 60°C'ye kadar ısıtılmış ve koltuk oda koşullarına çıkarılarak fan çalıştırılmıştı. Burada koltuk üzerindeki sıcaklık değişimleri sürekli olarak termal kamera ile kayıt altına alınmıştı. Koltuk klimatik kabinden ilk çıkarıldığında üzerindeki sıcaklık değerini gösteren termal kamera görüntüleri aşağıdaki gibidir.

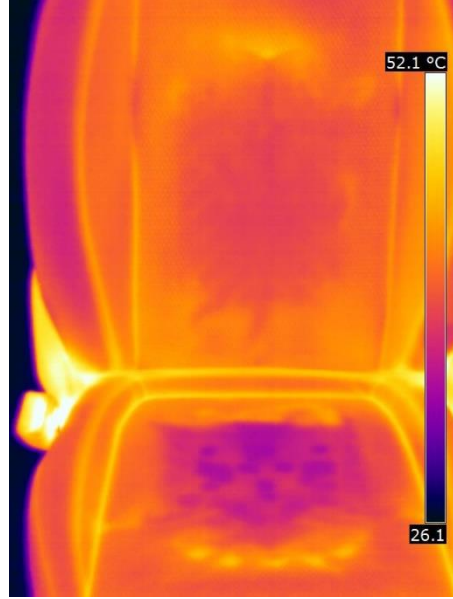


**Şekil 4.1.** Klimatik kabinden çıkarılan koltuk yüzeyinin sıcaklık (°C) dağılımı.

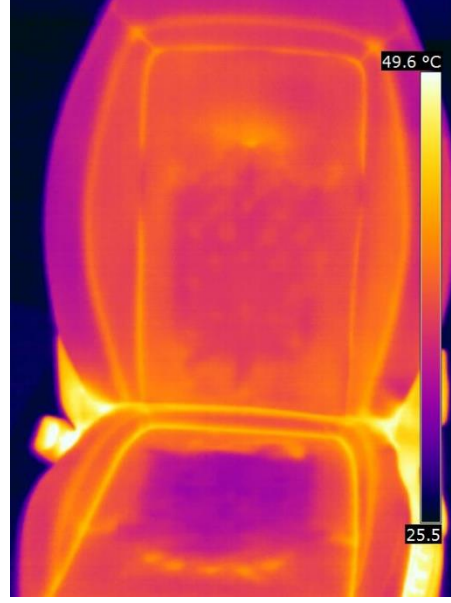
Koltuk klimatik kabinden ortam sıcaklığına çıkarıldıktan sonra belirli süre ve frekanslarda termal kamera ile görüntüler kaydedilmiştir. Termal kamera ile alınan sıcaklık değişimlerini gösteren görseller aşağıdaki gibidir. Sayısal modelde bu veriler dikkate alınmıştır.



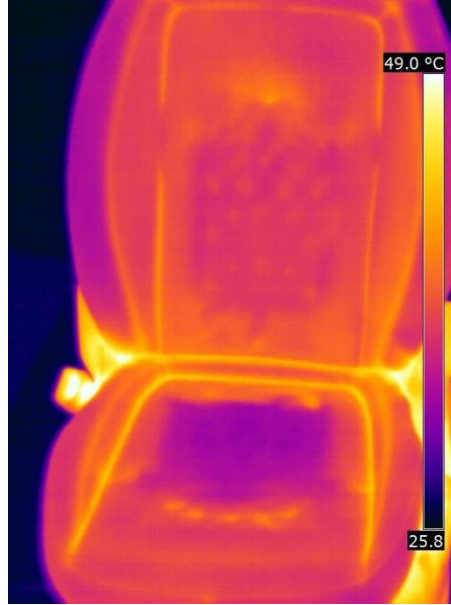
**Şekil 4.2.** t=60 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).



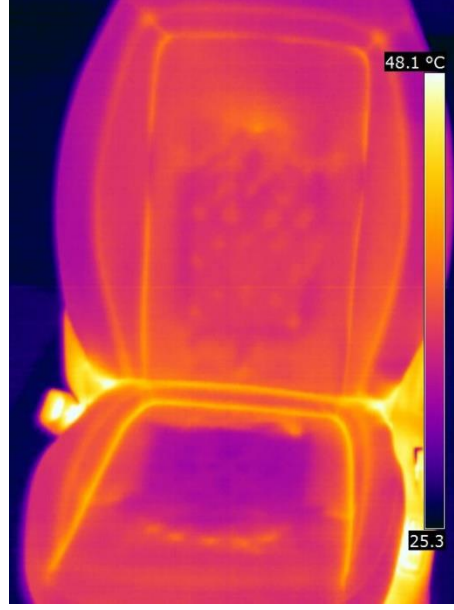
**Şekil 4.3.** t=120 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).



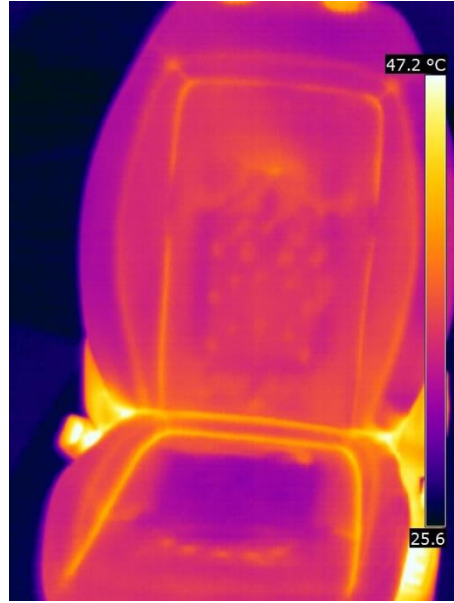
**Şekil 4.4.** t=180 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).



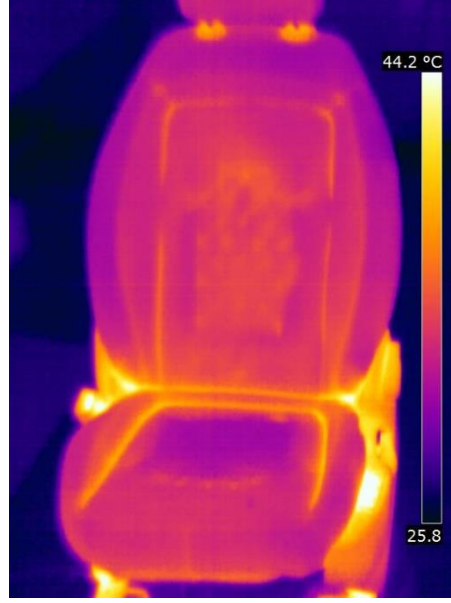
**Şekil 4.5.** t=240 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).



**Şekil 4.6.** t=300 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).



**Şekil 4.7.** t=300 sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı (°C).



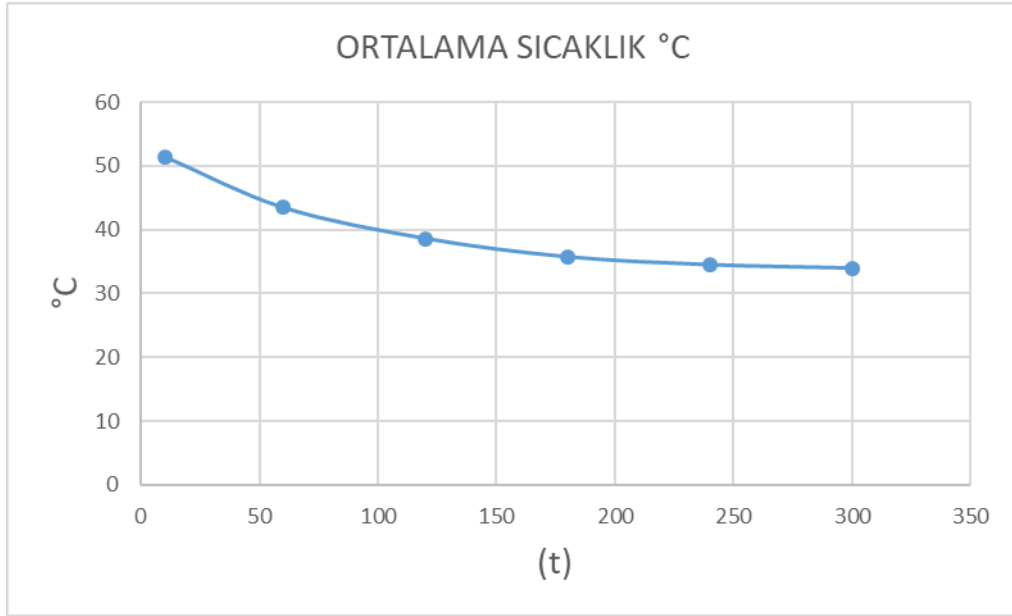
**Şekil 4.8.**  $t=300$  sn koltuk yüzeyi sıcaklık dağılımı ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Koltuk üzerinden belirli noktalardan alınan sıcaklık değerleri toplanarak koltuğun oturma yüzeyindeki ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmıştır.

Buna göre;

**Çizelge 4.1.** 300 sn içerisindeki fiziksel test sıcaklık değişimleri.

<b>ORTALAMA SICAKLIK (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	<b>SÜRE (SN)</b>
51.43	10
43.44	60
38.5	120
35.70	180
34.46	240
33.92	300

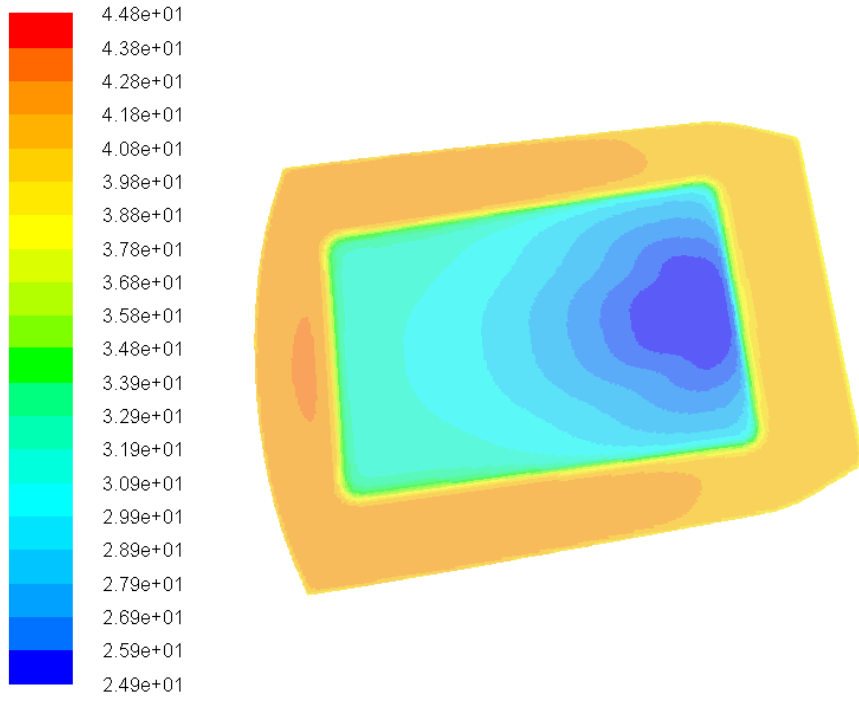


Şekil 4.9. 300 sn içerisindeki fiziksel test sıcaklık değişimleri grafiği.

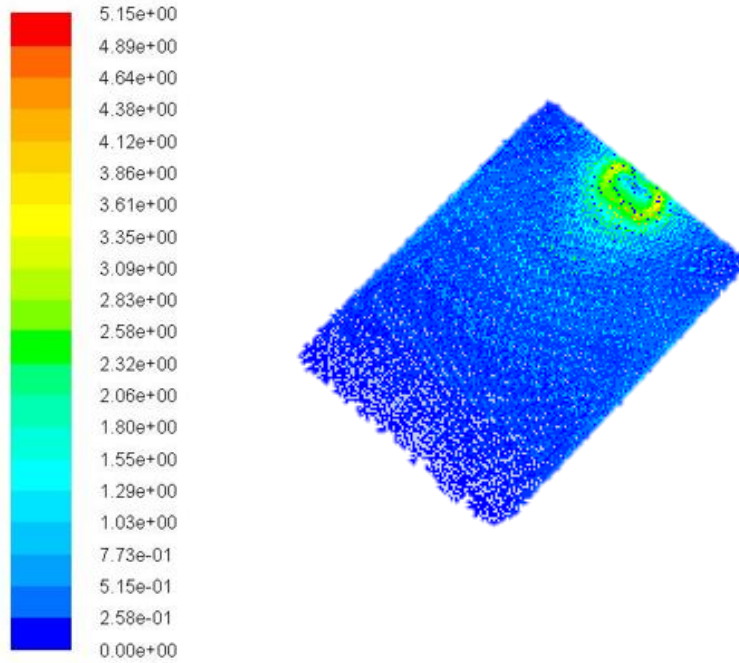
#### 4.2 HAD Çözüm Sonuçları

Koltukta yapılan fiziksel test sonuçlarını Şekil 4.9'daki grafikteki gibidir. Buna göre daha basitleştirilmiş modelin HAD yöntemi ile çözümü yapılarak sonuçlar incelenecektir.

Fiziksel deneyde olduğu gibi koltuk sıcaklığı 60 °C alınmış ve hava ile temas eden yüzeylerde taşınım ile ısı transferi gerçekleşecektir. Dış hava sıcaklığı 25 °C olarak alınmıştır. Buna göre yapılan çözümlemede hava akış çizgileri, sıcaklık değişimleri ve grafikleri aşağıdaki gibidir.

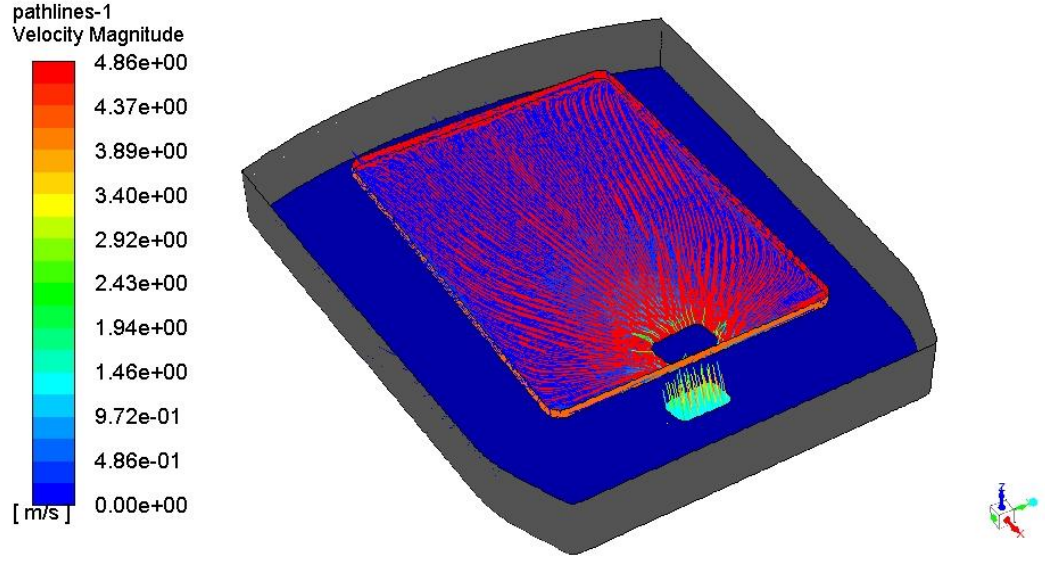


**Şekil 4.10.** Fluent t=300 sn'deki sonraki sıcaklık (°C) dağılımı.

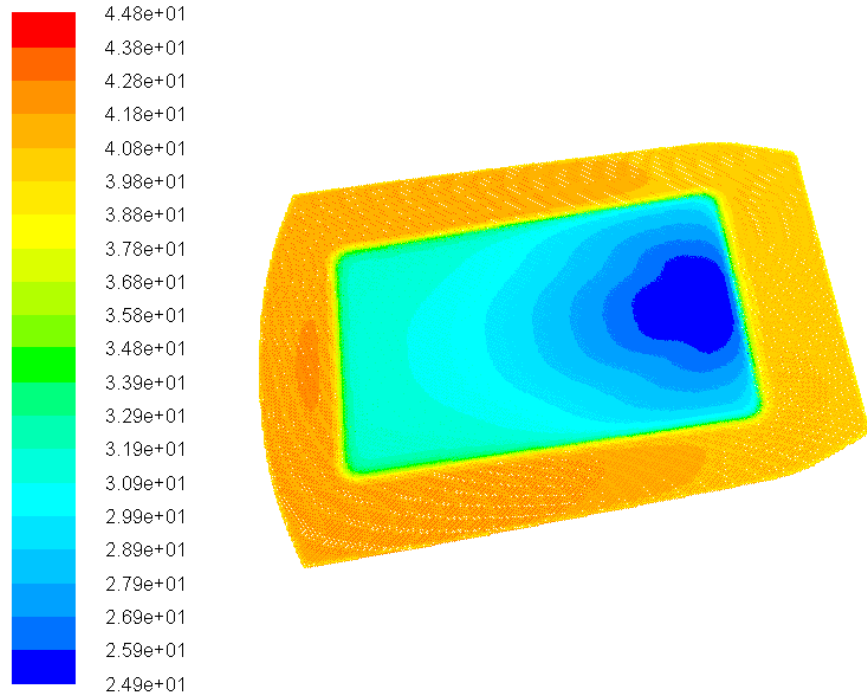


**Şekil 4.11.** Fluent t=300 sn'deki hız (m/s) dağılımı.

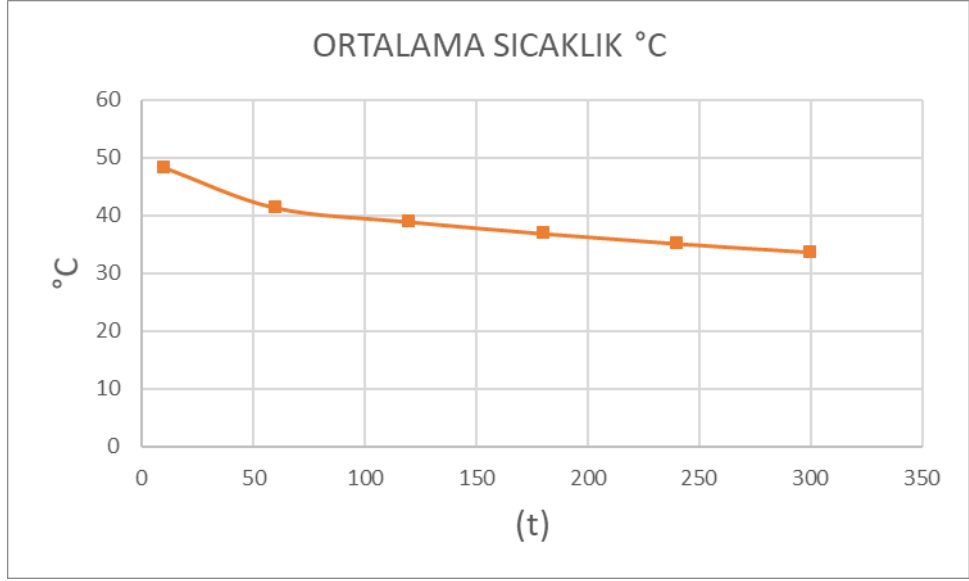




Şekil 4.12. Fluent t=300 sn'deki hız (m/s) dağılımı.



Şekil 4.13. Fluent t=300 sn'deki gözenekli yapı sıcaklık (°C) dağılımı.



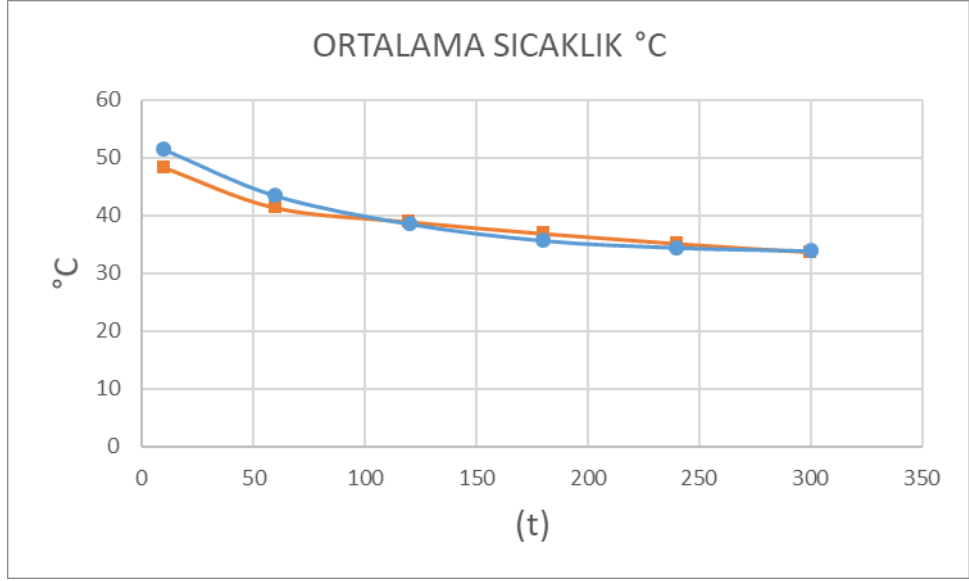
Şekil 4.14. 300 sn içerisindeki Fluent sıcaklık (°C) değişimleri grafiği.

#### 4.3 Deneysel Veriler ile HAD Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

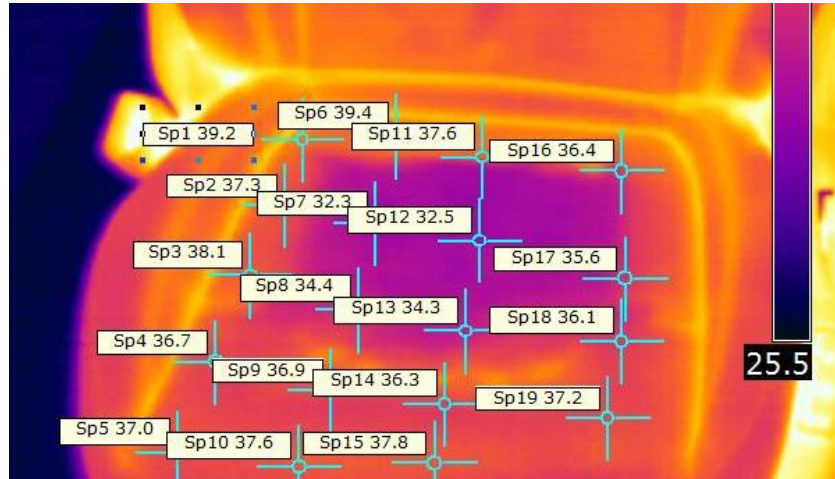
Çizelge 4.2.'de görüleceği üzere fiziksel test ile ortalama sıcaklık değerleri birbiri ile uyumlu çıkmıştır. Sıcaklıkların karşılaştırmalı tablo ve grafikleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.2. t=300 sn'deki Matematiksel model ve fiziksel test sıcaklık (°C) değişimleri.

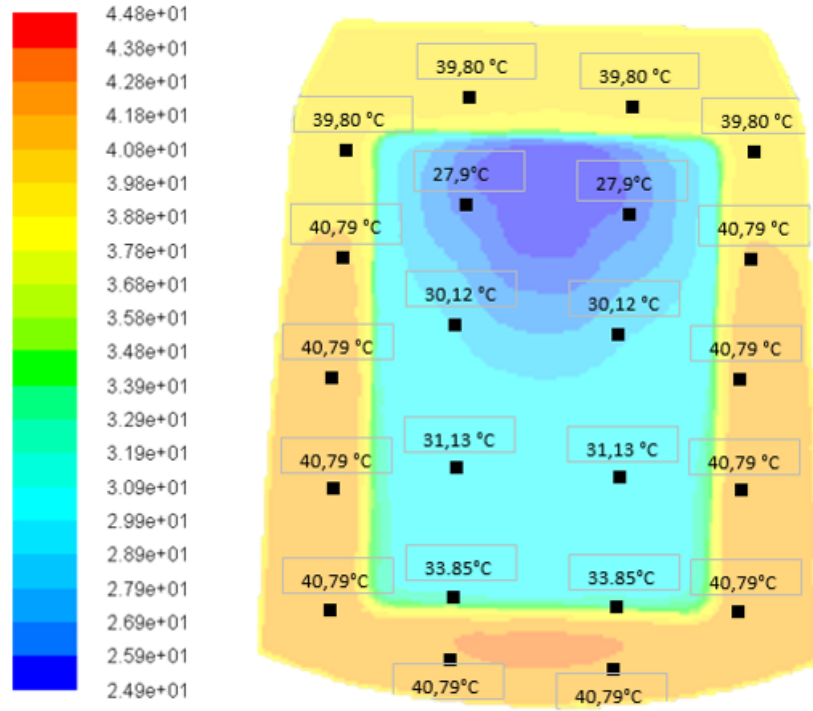
DENEY		MODEL	
ORTALAMA SICAKLIK (°C)	SÜRE (SN)	ORTALAMA SICAKLIK (°C)	SÜRE (SN)
51.43	10	48.38	10
43.44	60	41.39	60
38.58	120	38.95	120
35.70	180	36.91	180
34.46	240	35.18	240
33.92	300	33.70	300



Şekil 4.15. Matematiksel model ve fiziksel test sıcaklık (°C) değişimleri.



Şekil 4.16. t=300sn'deki fiziksel koltuk üzerindeki sıcaklık (°C) dağılımları.



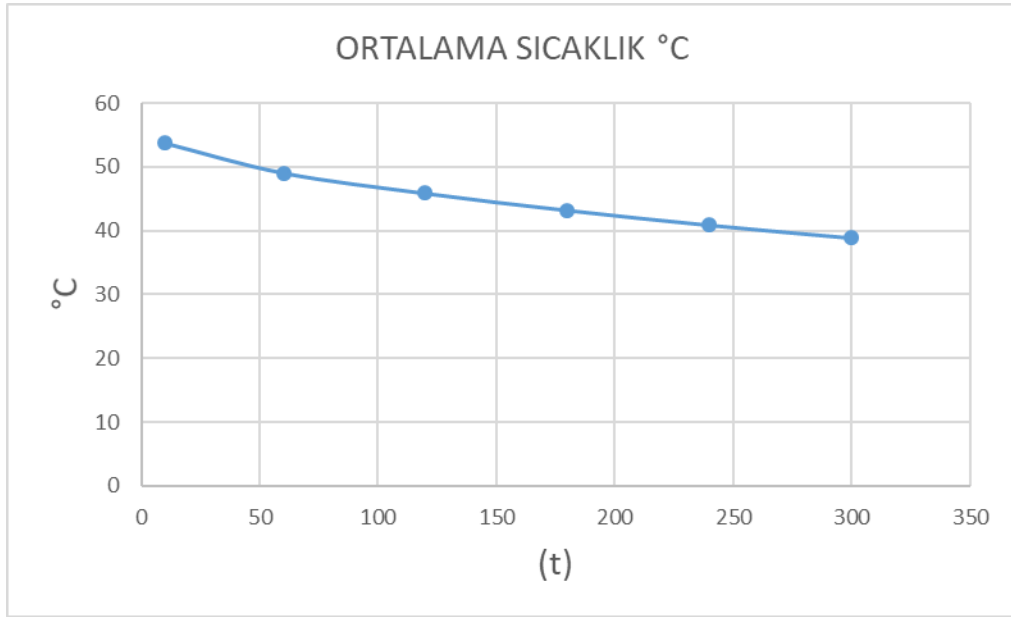
**Şekil 4.17.**  $t=300$ sn sonra HAD modeli oturma yüzeyi üzerindeki sıcaklık (°C) dağılımları.

Yapılan fiziksel deneyde ve HAD analizinde koltuğun 60 °C'ye kadar ısıtıldıktan sonra ortam sıcaklığına çıkarılıp fanın maksimum seviyede çalıştırıldıktan sonra yüzeylerdeki soğumayı gözlemledik. Fakat koltuk ortam koşullarına çıkarıldığında hava ile temas eden kılıf üst yüzeyinde doğal taşınım ile ısı transferi olacaktır. Dolayısıyla 60 °C olan koltuk yüzeyleri doğal taşınım sonucunda yüzey sıcaklıkları düşmeye başlayacaktır.

Fanın oturma yüzeyindeki etkisini görebilmek için HAD modeli oluşturulmuştur.

**Çizelge 4.3.**  $t=300$  sn'deki doğal taşınım ile ısı transferi sonucunda sıcaklık (°C) değişimleri.

ORTALAMA SICAKLIK	SÜRE (SN)
53.74 °C	10 sn
49.05 °C	60 sn
45.85 °C	120 sn
43.18 °C	180 sn
40.85 °C	240 sn
38.83 °C	300 sn

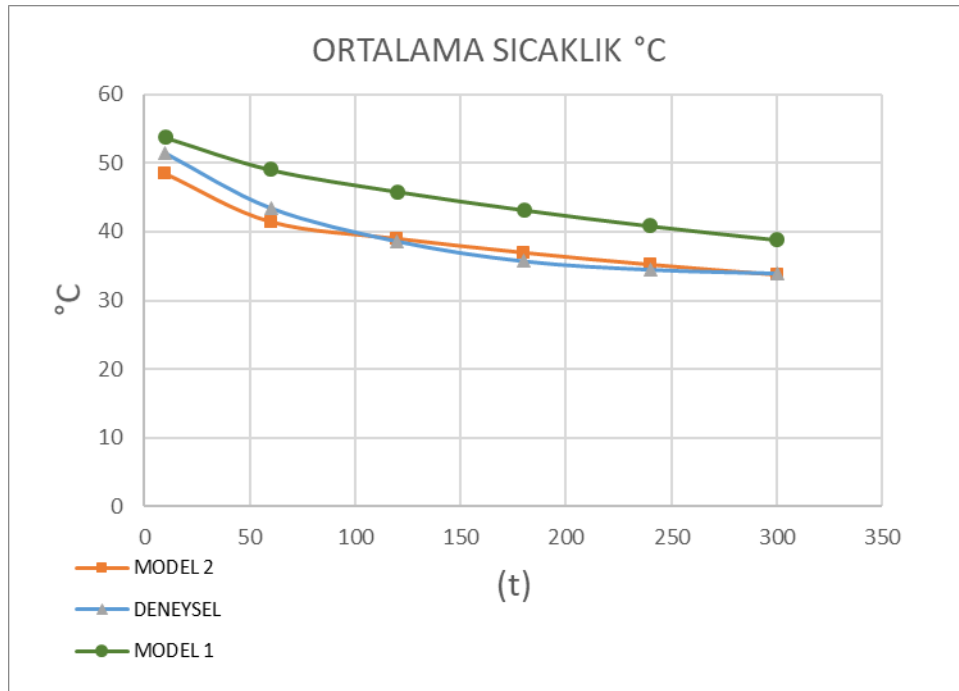


**Şekil 4.18.** 300 sn içerisindeki doğal taşınım sonucunda sıcaklık (°C) değişimi.

Fiziksel test, fanlı HAD analizi ve doğal taşınım ile ısı transferinin HAD analiz sonuçları karşılaştırıldığında fanın koltuğun soğumasındaki etkisini görmek mümkündür. Çıkan sonuçların tablo görüntüsü aşağıdaki gibidir.

**Çizelge 4.4.**  $t=300$  sn'de fiziksel test, doğal taşınım ile ısı transferinin (HAD metodu) ve fanlı sistemin (HAD metodu) zamana bağlı sıcaklık değişimleri.

DENEY		MODEL (doğal taşınım)		MODEL (fan)	
ORTALAMA SICAKLIK (°C)	SÜRE (SN)	ORTALAMA SICAKLIK (°C)	SÜRE (SN)	ORTALAMA SICAKLIK (°C)	SÜRE (SN)
51.43	10	53.74	10	48.38	10
43.44	60	49.05	60	41.39	60
38.58	120	45.85	120	38.95	120
35.70	180	43.18	180	36.91	180
34.46	240	40.85	240	35.18	240
33.92	300	38.83	300	33.70	300



**Şekil 4.19.**  $t=300$  sn'de fiziksel test, doğal taşınım ile ısı transferinin (HAD metodu) ve fanlı sistemin (HAD metodu) zamana bağlı sıcaklık değişimleri grafiği.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Mevcut havalandırılmalı koltuklar HVAC sistemine entegre ya da termoelektrik elemanlar kullanılarak tasarımları gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasında ise her bir koltuğun yaslanma yüzeylerinin birbirinden ve HVAC sisteminden bağımsız hava soğutmalı sistem tasarlanmıştır. Bu sistem hava kanalı ile gözenekli soğutma komponent kullanılarak arzu edilen seviyede sıcaklık düşüşü olduğu gözlemlenmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışma ile hem mali açıdan hem de tasarımın basit olması nedeni ile farklı iyileştirmeler öngörülerek prototip imalatı yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan aktif havalandırılmalı koltuk oturma bölgesi 3D olarak 1:1 ölçekte sadeleştirilerek HAD modeli oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen sayısal analiz sonucunda elde edilen sıcaklık değerleri ile deneysel veriler genel olarak uyum içerisindedir. Deneyde kullanılan koltuk mevcut seri üretimi devam eden bir aracının koltuğudur. Araç içerisindeki ısı konforun önemli olduğu bu dönemde aktif havalandırılmalı koltuk ile yaz aylarında ısı konforun sağlanmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yapılan çalışmada iki farklı yöntem izlenmiştir. Bunlardan birisi deneysel olarak koltuk yüzeyi sıcaklık değerlerinin soğuma esnasında termal kamera ile belirlenmesi, diğeri ise fanlı koltuğun belirtilen bu şartlarda HAD modeli oluşturulmuştur. Her iki yöntem sonucunda elde edilen sıcaklık değerleri birbiri ile karşılaştırılmıştır. Koltuğun bu koşullarda fan devre dışı iken soğuması esnasında sıcaklık değerlerini tahmin edebilmek için ayrıca doğal taşınım içeren HAD modeli kurulmuştur. Bu sayede fanın sıcaklıklara olan etkisini gözlemlemek amaçlanmıştır.

Tasarımda koltuk kılıfı ve altındaki gözenekli yapı basitleştirilerek tek bir katman olarak modellenmesine rağmen deneysel verilere yakın veriler elde edilmiştir. Fandan çıkan havanın koltuk ara yüzeyine homojen olarak dağıtılmasını sağlamak için bu gözenekli yapı kullanılmıştır.

Sanayide ve literatürde farklı şekilde kullanılan aktif havalandırılmalı koltuklar mevcuttur. Bunlara örnek vermek gerekirse koltuk altına ve arkasına yerleştirilen bir fan ve taşıt

iklimlendirme sistemine entegre kanallar yardımıyla koltuk ön yüzeylerinin soğutulması gibi farklı metotlar kullanılmıştır. Fakat gerçekleştirilen bu tezde tasarım ve mali açıdan daha uygun iklimlendirme sisteminden bağımsız arzu edilen seviyede soğuma etkisini gördüğümüz bir hava kanallı koltuk prototipi imalatı gerçekleştirmektir. Aynı zamanda bu tasarım ağırlık ve basınç düşümü açısından avantaj sağlamaktadır. Ancak daha yüksek oranda soğuma beklentisi olan koltuk tasarımlarında HVAC ile entegre bir sistem kullanılması kaçınılmazdır.

Sadece koltuğun oturma yüzeyi değerlendirilerek yapılan bu çalışmada gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca sırt kısmında bulunan havalandırma sistemine de burada geliştirilen model uygulanabilir. Buradan yola çıkarak, koltuğun tam modeli ele alınarak sayısal çözümlemesi yapılabilir.



## KAYNAKLAR

**ANSYS FLUENT 12.0 User's Guide - 7.2.3 Porous Media**

**Anonim, 2010.** Properties of porous media and fluids for foam modeling. [https://www.researchgate.net/figure/Properties-of-porous-media-and-fluids-for-foam-modeling\\_tbl1\\_343889916](https://www.researchgate.net/figure/Properties-of-porous-media-and-fluids-for-foam-modeling_tbl1_343889916). (Erişim tarihi: 11.12.2020).

**Gabhane, A., Waghmare A. 2016.** Design of Comfortable Advanced Ventilated Automotive Seat for Driver using CFD simulation. *International Research Journal of Engineering and Technology* 3(7): 2395 -0056.

**Kılıç, M., Sevilgen, G. 2008.** Modelling airflow, heat transfer and moisture transport around a standing human body by computational fluid dynamics. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 35(9): 1159-1164.

**Kreutzer, C., Rugh, J., Kekelia, B., Titov, G. 2017.** Impact of Active Climate Control Seats on Energy Use, Fuel Use, and CO2 Emissions: Test and Analysis, *National Renewable Energy Laboratory*.

**Karimi, G., Chan, C., Culham, J. R. 2019.** Experimental Study and Thermal Modeling of an Automobile Driver with a Heated and Ventilated Seat, *SAE International*. 682-692.

**Kılıç, M., Sevilgen, G. 2009.** Evaluation of heat transfer characteristics in an automobile cabin with a virtual manikin during heating period. *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*, 56(6): 515-539.

**Sayaral, G. 2019.** Investigation of the effect of module design on the velocity and temperature distribution of the interior of the light rail vehicle, *Yüksek Lisans Tezi UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa*.

**Sevilgen, G. 2017.** A numerical analysis of a convective straight fin with temperaturedependent thermal conductivity. *Thermal Science*, 21(2).

**Sevilgen, G., Kılıç M. 2009.** Transient numerical analysis of airflow and heat transfer in a vehicle cabin during heating period. *International journal of vehicle design*, 52(1- 4): 144-159.

**Lee, D., Lee, E. 2018.** Cooling And Heating Performance Improvement Of Enhanced Climate Control Seats. *International Journal of Automotive Technology*.19 (5), 795–800.

**Bhosale, R., Vogt, N. 2016.** Next Generation of Ventilated Front Seats. *Chalmers University Of Technology*.

**Su, C., Dong, W., Deng Y., Wang, Y., Liu, X. 2017.** Numerical and Experimental Investigation on the Performance of a Thermoelectric Cooling Automotive Seat. *Journal of Electronic Materials*, 47(6): 2018.

**Yiğit, A., Atmaca, İ. 2011,** Isıl Konfor ile İlgili Mevcut Standartlar ve Konfor Parametrelerinin Çeşitli Modeller ile İncelenmesi, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 543.

**ASHRAE handbook** – Fundamentals, chapter 8., Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers. 29p., 1993.

**Fanger, P. 1970,** Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering. McGraw-Hill, New York.

**MEB 2014.** Motorlu Araçlar Teknolojisi Araç Klima Sistemleri. [http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Ara%C3%A7%20Klima%20Sistemleri.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Ara%C3%A7%20Klima%20Sistemleri.pdf) (Erişim tarihi: 29.12.2020)

**Altay, K., MMO 2019,** Otomotivde Isıtma Soğutma Havalandırma Uygulamaları: Otomobil ve Otobüs Sistemlerinin Karşılaştırması Otomotivde Isıtma Soğutma Havalandırma Uygulamaları: Otomobil ve Otobüs Sistemlerinin Karşılaştırması.

**Sertan T. 2012,** Otomobil Koltuğu Isıl Konfor İyileştirme Çalışmaları Ve Termal Manken Kullanımı.

**Anonim, 2020.** FORD SDS

**Anonim, 2019.** <http://teknotherm.com.tr/t-serisi-104>. (Erişim tarihi: 29.11.2020)

**Kaynaklı, Ö., Kılıç, M. 2005,** An Investigation of Thermal Comfort Inside an Automobile During the Heating Period, *Applied Ergonomics*, 36: 301–312.

**Akyol, M., Kılıç, M. 2008,** Otomobillerde Isıtma Sürecinde Sürücünün Fizyolojik Tepkilerinin Dinamik Olarak Modellenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 13(1).

**Korukçu, M., Kılıç, M. 2008,** The usage of IR thermography for the temperature measurements inside an automobile cabin, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 36(8):872-877.

**Atmaca, İ., Kaynaklı, Ö., Yiğit, A. 2007,** “Effects of radiant temperature on thermal comfort”, *Building and Environment*, 42: 3210 – 3220.

**Sevilgen, G., Kılıç, M. 2011,** Numerical analysis of air flow, heat transfer, moisture transport and thermal comfort in a room heated by two-panel radiators, *Energy and Buildings*, vol. 43,no.1, January 2011, pp. 137–146.

**Kılıç, M., Yiğit, A. 2010,** Isı Transferi 4. Baskı, Alfa Aktuel Yayınları, Bursa, 489 s.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ahmet İBİŞ

Doğum Yeri ve Tarihi : Akşehir, 1992

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Osmangazi Lisesi - 2010

Lisans : Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği

Bölümü, 2015

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Martur Fompak International (2014 – Günümüz)

İletişim (e-posta) : ahmetibis@outlook.com