

BİR OTOMOBİL KABİNİ İÇERİSİNDE ISITMA SÜRECİ İÇİN FARKLI HAVA HIZI KULLANIMININ SAYISAL ANALİZİ

M. Özgün KORUKÇU
Bilsay PASTAKKAYA
Mustafa Kemal İŞMAN

ÖZET

Bu çalışmada aynı dış ortam koşullarında park edilmiş bir otomobil içerisinde ısıtma sürecinde farklı hava hızı kullanımında kabin içerisindeki üç boyutlu sıcaklık ve hız dağılımı hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yardımıyla modellenerek analiz edilmiştir. Analizlerde üç boyutlu Reynolds Ortalamalı Navier Stokes denklemlerinin yanı sıra enerji ve transport denklemleri de kullanılmıştır. Otomobil kabini içerisindeki türbülans modeli olarak $k-\varepsilon$ modeli kullanılmıştır. Otomobil kabini modeli içerisinde hesaplamalar sonucu elde edilen sıcaklık ve hava hızı dağılımları deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Hesaplamalar sonucu elde edilen sıcaklık ve hava hızı dağılımlarının deneyler sonucu elde edilen hava hızı ve sıcaklık değerleri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçlar yardımıyla otomobil kabini içerisindeki ısıtma havalandırma sistemlerinin iyileştirilmesi ve aynı zamanda kabin içerisindeki ısı konfor modellerinin geliştirilmesine yönelik bulgular saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: HAD, Isıl konfor, Otomobil Kabini

ABSTRACT

In this study three dimensional air velocity and temperature distributions were analysed by using computational fluid dynamics during transient heating period inside an automobile which was parked outside in the same outdoor conditions. In the numerical calculations besides Reynolds Averaged Navier Stokes (RANS) equations, energy and transport equations were also used. The $k-\varepsilon$ model was used for turbulence modeling. The calculations for temperature and air velocity distributions were compared with the experimental results.

The calculation results of temperature and air velocity distributions were found in good agreement with the experimental results. The obtained results will lead us to improve heating ventilating and air conditioning systems and also the thermal comfort models in an automobile cabin.

Key Words: CFD, Thermal comfort, Automobile Cabin

1. GİRİŞ

Yaşanan trafik kazalarının büyük bir çoğunluğu sürücü kaynaklıdır. Güvenli bir sürüş için araç kabini iç ortamının başta sürücü daha sonra da yolcular için konforlu olması gerekmektedir. Otomobil kabinleri gibi küçük hacimli ortamlarda ısıtma ve soğutma süreçlerinde sıcaklık, hava hızı gibi etkenler çok

çabuk değişmektedir. Kabin iç ortamını doğrudan etkileyen bu etkenler sürücü ve yolcularda rahatsızlığa yol açabilmektedir. Kabin iç ortamının konforsuz olması durumunda sürücünün dikkat eksikliği ve konsantrasyonunda azalma gibi sonuçlar gözlemlenebilir.

Bugüne dek araçlar için belirli bir ısı konfor standardı oluşturulmamıştır. Isıl konfor bireysel tercihleri de içerisinde barındıran bir kavram olduğundan, literatürde birkaç değişik tanımı yapılmıştır. Aybers'e [1] göre, bir ortamda sıcaklık ve diğer hava koşullarından kaynaklanan bir rahatsızlığın olmaması durumu; Anonim [2], ısı çevreden hoşnut olunan düşünce durumu; Anonim [3], iç vücut sıcaklığının düzenlenmesi için minimum fizyolojik çabaya gerek duyulması durumu; Anonim [4], ısı çevreden tatmin olunan koşulları, ısı konfor olarak nitelendirmektedir. Isıl konfor, çevresel ve kişisel faktörlere bağlıdır. Isıl konforu etkileyen çevresel ve kişisel faktörler aşağıda sıralanmıştır:

Çevresel faktörler

- Hava sıcaklığı
- Hava hızı
- Havanın nemi
- Ortalama ışınım sıcaklığı

Kişisel faktörler

- Yapılan aktivite
- Giysi

Yapılar içerisindeki kullanım alanları için literatürde oldukça fazla sayıda ısı konfor çalışması bulunurken, araçlar ve kabin içerisindeki ısı konfor çalışmaları oldukça az sayıdadır [5].

Daanen ve ark. [6] sıcak, soğuk ve nötr koşulların sürüş performansına etkisini deneysel olarak belirlemişler. Toplam 50 denek, üç gruba ayrılarak sıcak (35°C sıcaklık, %50 bağıl nem), soğuk (5°C sıcaklık, %50 bağıl nem) ve nötr (20°C sıcaklık, %50 bağıl nem) olarak tanımlanan ortamlarda sürüş performansları gözlenmiştir.

Aroussi ve Aghil [7] çalışmalarında, yolcu taşıtlarının iklimlendirilmesindeki gelişmelerin, yalnızca yolcuların konforu için olmadığını, aynı zamanda sürüş güvenliği için de önemli olduğunu ve otomobil içinde hava akışının belirlenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu amaçla, otomobil yolcu kabininin 1/5 ölçeğinde modelini oluşturarak, hava akış karakteristiği, hacmin boş olması ve sürücünün olması durumlarını, bir yandan, deneysel diğer yandan da teorik olarak incelemişlerdir. Akış karakteristiğinin deneysel ve teorik olarak belirlenmesi için, sırasıyla Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçme (PIV) ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) teknikleri kullanılmıştır. Her iki yaklaşım tekniği ile iç hacimde elde edilen yatay ve dikey hız dağılımlarının uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Burch ve ark. [8,9], çok soğuk kış koşullarında (~ -20°C) otomobil içindeki konfor koşullarını incelemişlerdir. İnsan vücudunu; baş, gövde, kollar ve bacaklar olmak üzere, temel olarak dört kısma ayırmışlar ve bu bölgelerle ortam arasında gerçekleşen ısı ve kütle transferinin matematik modelini kurmuşlardır.

Bu çalışmada aynı dış ortam koşulları altında ısıtma sürecinde park edilmiş bir otomobil içerisinde farklı hava hızı değerleri kullanılması durumunda hava hızı ve sıcaklık dağılımları sayısal hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi kullanılarak incelenmiş elde edilen sonuçlar deneyler ile karşılaştırılmıştır.

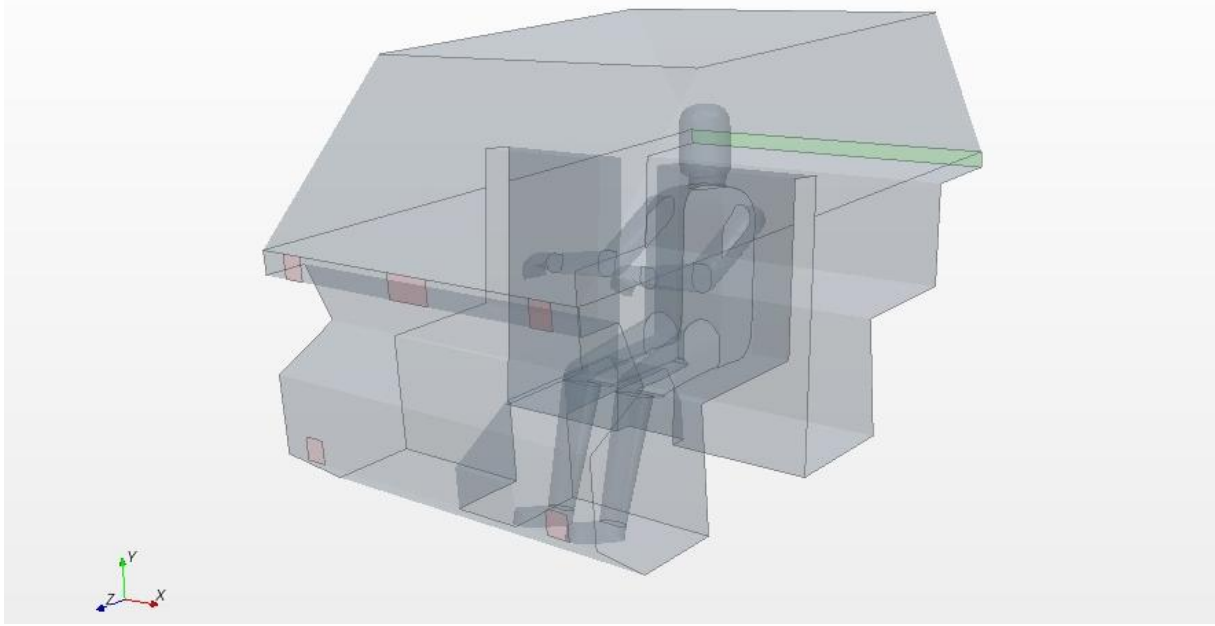
2. MODELLEME VE ÇÖZÜM YÖNTEMİ

2.1. Geometrinin modellenmesi

Modelleme ve çözüm yöntemi yapılmadan önce, akış alanı geometrisinin belirlenmesi gerekmektedir. Akış analizi yapılacak olan otomobil kabini 2005 model 1600 cc motor hacmine sahip Fiat Albea'dır. Otomobil kabini iç hacmi yaklaşık olarak 2.64 m^3 'tür.

Otomobil kabini içerisinde 1.70 m boyunda 72 kg ağırlığında ve toplam yüzey alanı 1.89 m^2 olan sanal bir manken yerleştirilmiştir.

Hesaplamlarda kullanılan otomobil ve sanal manken Şekil 1'de gösterilmiştir.

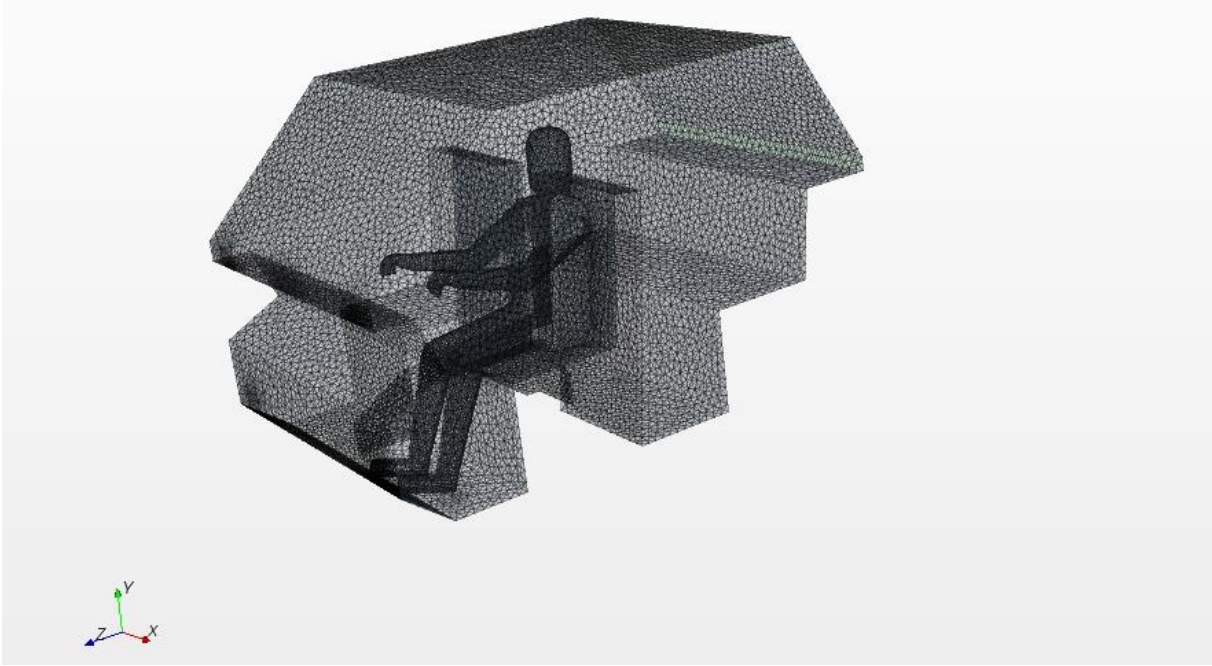


Şekil 1. Hesaplamlarda Kullanılan Kabin Modeli.

2.2. Ağ Yapısı

Hesaplamlarda kullanılan çözüm alanı polyhedral elemanlardan oluşmaktadır. Polyhedral eleman kullanımı aynı çözüm alanında hexahedral eleman kullanımından daha az eleman sayısı kullanılarak çözüm elde edilmesini sağlamaktadır. Otomobil kabini içerisinde yaklaşık olarak 750.000 polyhedral eleman kullanılmıştır.

Kabin içerisindeki ağ yapısı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Hesaplamalarda Kullanılan Polyhedral Ağ Yapısı.

2.3. HAD Yöntemi

Kabin hacmi içerisindeki akış için üç boyutlu Reynolds Ortalamalı Navier Stokes (RANS), enerji, momentum ve süreklilik denklemlerini sayısal yöntemlerle sonlu hacimlere ayırarak çözebilen bir paket program kullanılmıştır. Hesaplamalarda yerçekimi etkisi göz önüne alınmıştır. Türbülans modeli olarak $k-\varepsilon$ modeli kullanılmıştır. Işınım ile olan ısı geçişi için ise yüzeyden yüzeye modeli kullanılmıştır.

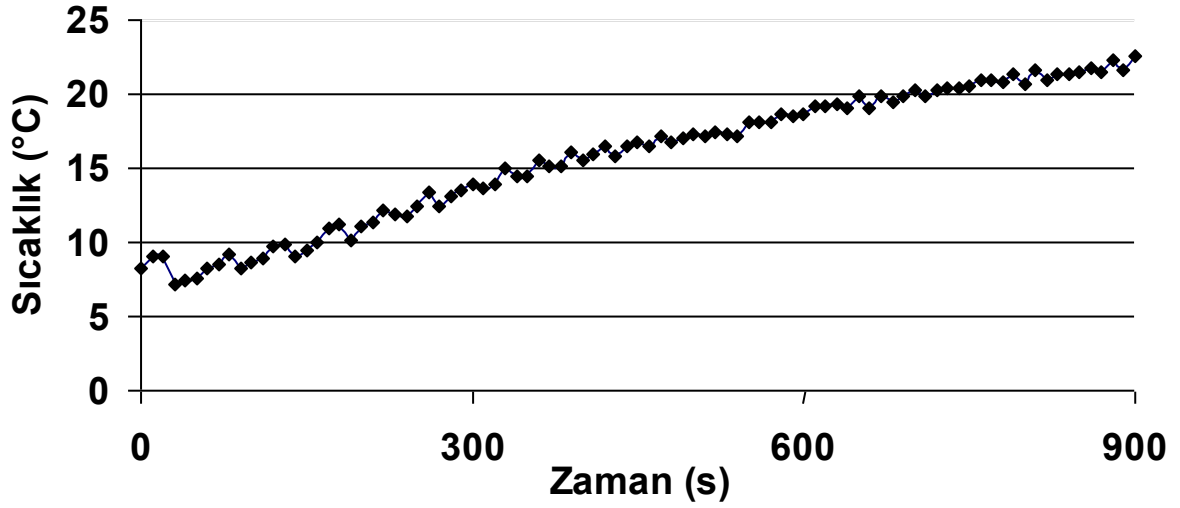
Diferansiyel denklemlerin çözülmesinde birinci dereceden ayrıklaştırma kullanılmıştır. Çözümlerinde elde edilen sonuçların yakınsama kriteri olarak türbülans, üç boyutlu hız için 10^{-3} ve enerji denklemi için 10^{-6} değerleri yeterli bulunmuştur.

2.4. Sınır Koşulları

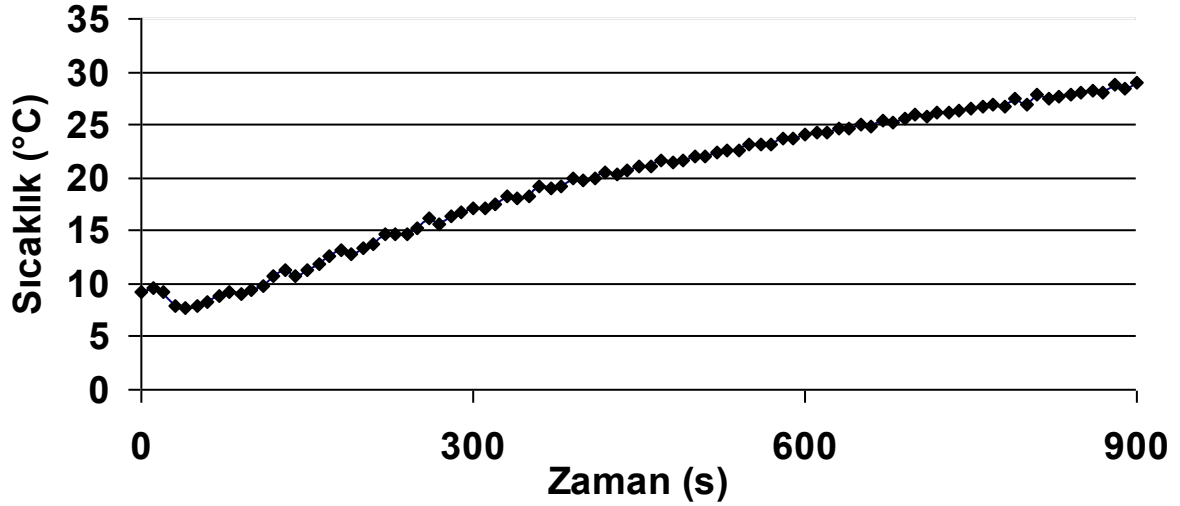
Kabini sınırlandıran tavan, konsol ve kapılar 12 mm kalınlığında çelik ve camlar ise 5 mm kalınlığında temperlenmiş cam olarak alınmıştır. Kabinin dış ortamındaki ısı taşınım katsayısı $15 \text{ W/m}^2\text{K}$ alınmıştır. Dış ortam hava sıcaklığı 3°C , bağıl nemi ise %67 olarak alınmıştır. Nemli hava içerisinde yer alan su buharı konsantrasyonunun oranı tanımlanarak modellenmiştir.

Hesaplamalarda iki farklı menfez hız düzeyi alınmıştır. Hesaplamalar ve deneyler için yalnızca konsol menfezleri açılmıştır. İlk hız düzeyi için menfezlerden toplam 0.021 kg/s , ikinci hız düzeyi için ise toplam 0.033 kg/s değerinde hava iç ortama gönderilmiştir.

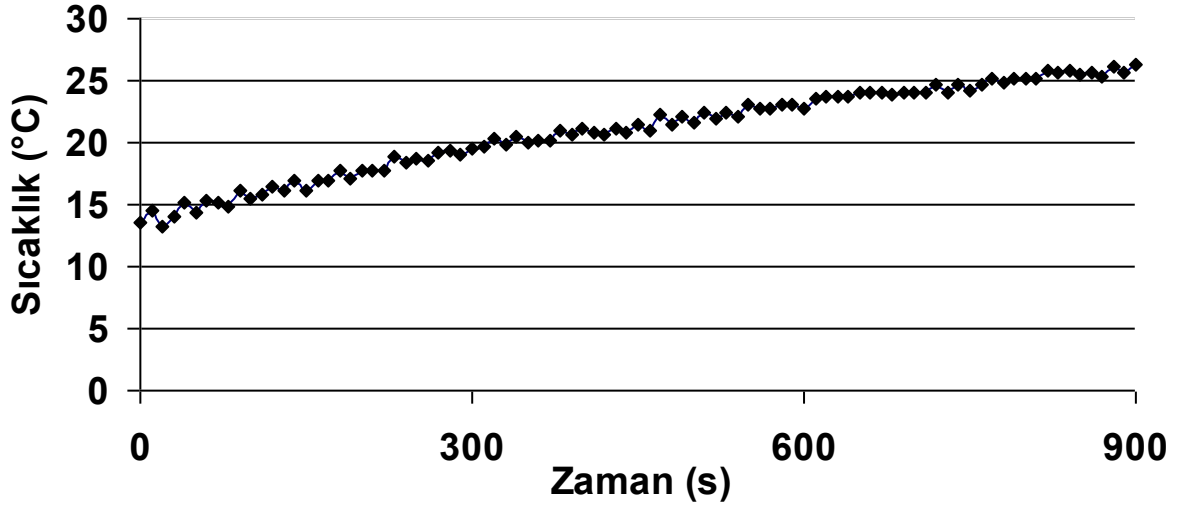
Hesaplamalar geçici rejim koşullarında yapıldığından değişken menfez çıkış sıcaklığı değerleri alınmıştır. Şekil 3 ve 4'de birinci menfez hız düzeyinde sol-sağ ve orta menfez hava çıkış sıcaklığı, Şekil 5 ve 6'da ise ikinci menfez hız düzeyinde sol-sağ ve orta menfez hava çıkış sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimleri verilmiştir.



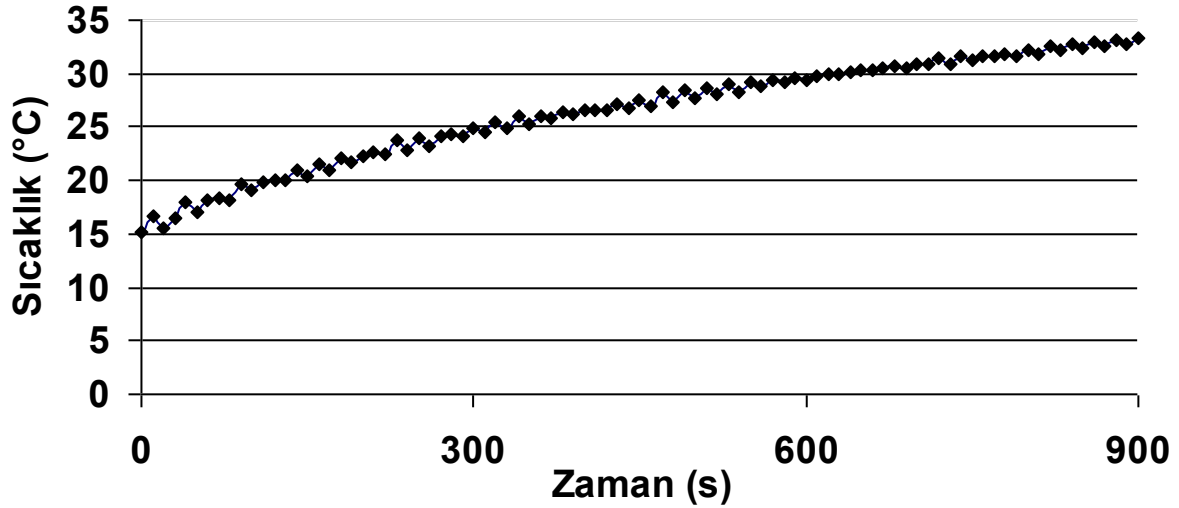
Şekil 3. Birinci Menfez Hız Düzeyinde Sol-Sağ Menfez Hava Çıkış Sıcaklığı Değerlerinin Zamana Göre Değişimi.



Şekil 4. Birinci Menfez Hız Düzeyinde Orta Menfez Hava Çıkış Sıcaklığı Değerlerinin Zamana Göre Değişimi.



Şekil 5. İkinci Menfez Hız Düzeyinde Sol-Sağ Menfez Hava Çıkış Sıcaklığı Değerlerinin Zamana Göre Değişimi.



Şekil 6. İkinci Menfez Hız Düzeyinde Orta Menfez Hava Çıkış Sıcaklığı Değerlerinin Zamana Göre Değişimi.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneyler 2007 Aralık ayında park edilmiş 2005 model 1600 cc motor hacmine sahip bir otomobil içerisinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde yalnızca konsol menfezleri açılmış ve 15 dakikalık ısıtma süreci için dış ortam sıcaklığı ortalama 3°C ve bağıl nemi ise %67 olarak ölçülmüştür.

Otomobil kabini içerisindeki iç ortam sıcaklığı, bağıl nem ve menfez çıkışındaki hava hızı değerleri her 10 saniyede bir ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Menfez çıkışlarındaki sıcaklık değerleri de K-tipi ısı çifti ile 10 saniyede bir ölçülerek 12 Kanallı Termometre yardımıyla kaydedilmiştir.

Deneylerde kullanılan ölçüm aletlerinin özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Ölçüm Aletlerinin Özellikleri.

Cihaz	Parametre	Hassasiyet
Datalogger	Hava hızı	± 0.04 m/s
	Bağıl nem	± 0.1 %
	Sıcaklık	± 0.4 °C

Araç kabini iç ortam sıcaklığının ölçülebilmesi amacıyla K tipi ısıtıcı çiftler kullanılmıştır ve sekiz farklı noktadan ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalaması alınmıştır. Kabin içerisindeki ısıtıcı çiftlerin yerleşim yerleri aşağıdaki gibidir:

1. sol arka koltuk diz yüksekliği
2. sol arka koltuk baş yüksekliği
3. sol ön koltuk diz yüksekliği
4. sağ ön koltuk diz yüksekliği
5. sol ön koltuk omuz yüksekliği
6. iki koltuk arası baş yüksekliği
7. sol ön koltuk baş yüksekliği
8. sağ ön koltuk baş yüksekliği

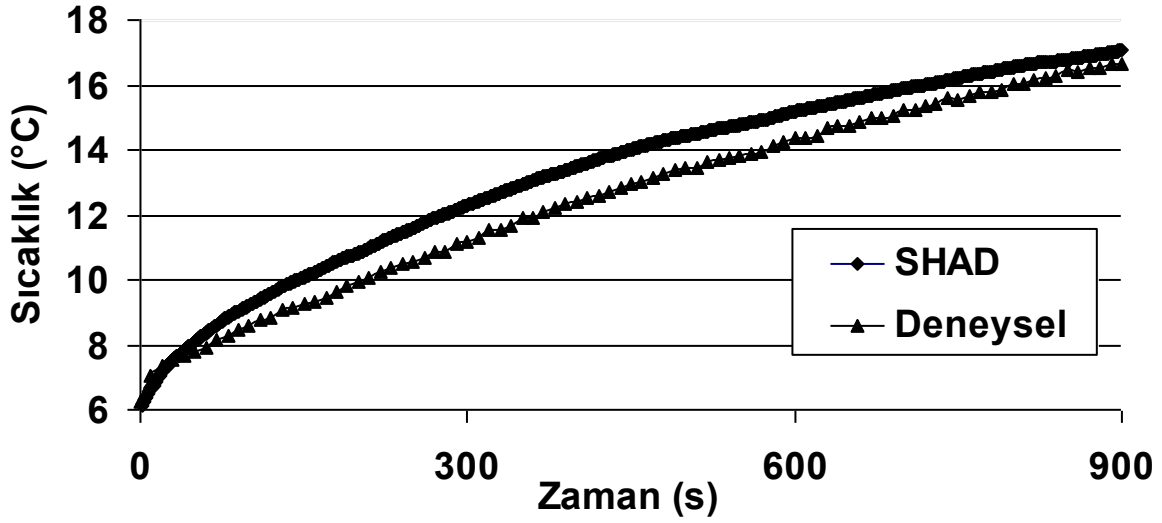
Deneylerde sağlıklı 3 erkek denek kullanılmıştır. Denek özelliklerinin ortalamaları (S.S.); yaş = 25 (± 2.64) yıl, boy = 176 (± 10) cm, ağırlık = 79.67 (± 15.5) kg ve vücut kütle indeksi = 25.61 (± 2.42) kg/m² biçimindedir.

Denek otomobil içerisinde 15 dakika boyunca kalmış, ISO 9920 [10] standartlarına göre, kış koşullarında normal giysisi ısı direnci olarak, 1 clo (0.155 m²K/W) varsayılan kıyafetler giymiş ve araç içerisindeki metabolik aktivite düzeyi, oturma durumunda olan bir kişi için, 1 met (58.2 W/m²) alınmıştır [11].

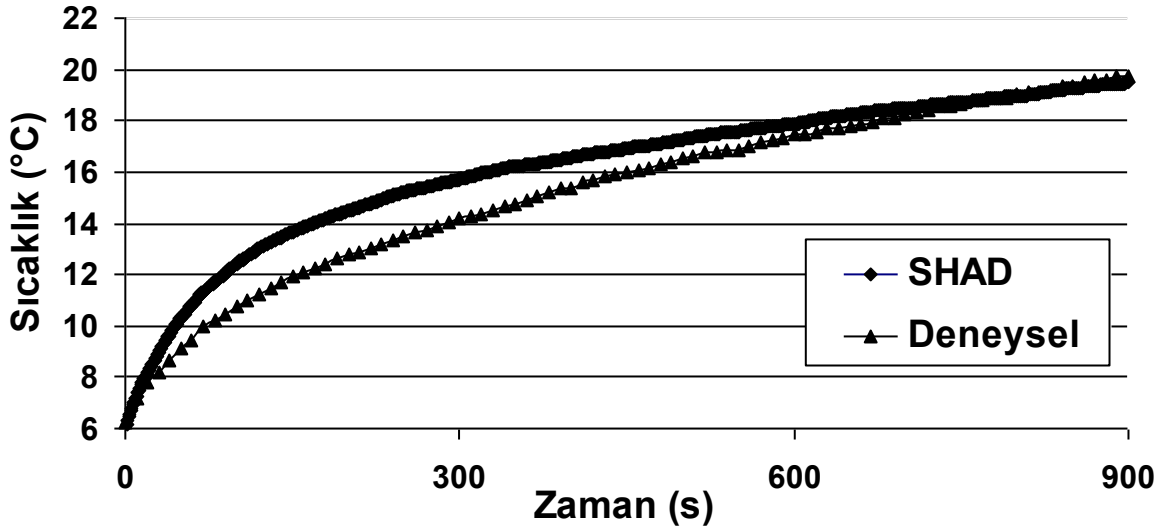
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sayısal Hesaplama Akışkanlar Dinamiği analizlerinden kabin hacminin hacimsel sıcaklık ortalaması için elde edilen sonuçlar ile deneylerde ısıtıcı çiftler ile ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalamaları karşılaştırıldığında birinci ve ikinci menfez hızı değerleri için hesaplamalar ile deneysel ölçümlerin birbirine yakın ve uyumlu oldukları görülmektedir.

Şekil 7 ve 8'de birinci ve ikinci menfez hızı değerleri için Sayısal Hesaplama Akışkanlar Dinamiği analizlerinden kabin hacminin hacimsel sıcaklık ortalaması değerlerinin zaman göre değişimi ile deneylerde ısıtıcı çiftler ile ölçülen sıcaklık değerleri ortalamalarının zaman göre değişimleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



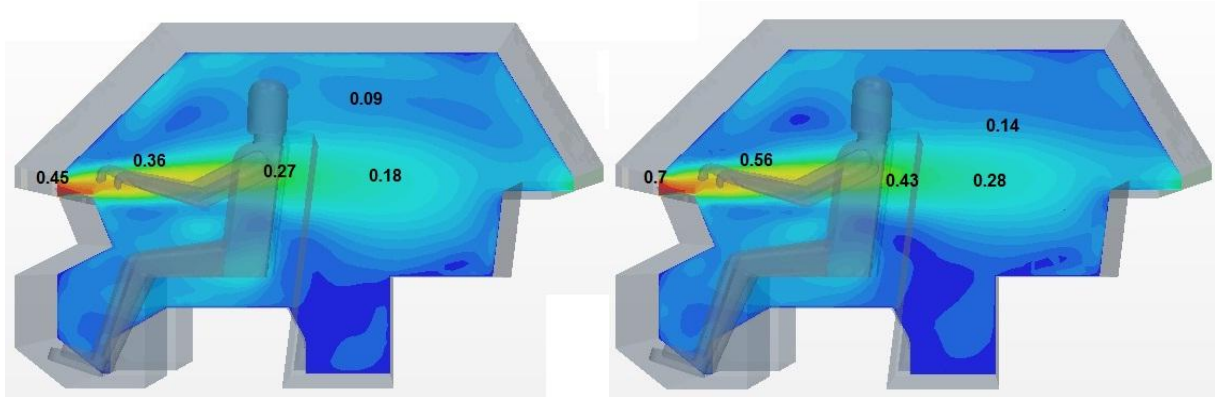
Şekil 7. Birinci Menfez Hız Değeri İçin Sayısal Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Sonuçları ve Deneysel Sonuçların Kabin Hacimsel Sıcaklık Ortalaması Değerlerinin Zamana Göre Değişiminin Karşılaştırılması.



Şekil 8. İkinci Menfez Hız Değeri İçin Sayısal Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Sonuçları ve Deneysel Sonuçların Kabin Hacimsel Sıcaklık Ortalaması Değerlerinin Zamana Göre Değişiminin Karşılaştırılması.

4.1. Hız Dağılımı

Kabin orta düzleminin birinci ve ikinci menfez hız düzeylerine göre hesaplamalardan elde edilen hız dağılımı Şekil 9'da gösterilmiştir. Birinci menfez hız düzeyinde menfez çıkışında 0.45 m/s değerinde hava hızı değeri hesaplanırken kabinin ortalarına doğru bu değer 0.27 m/s ve kabinin arka bölümlerinde ise 0.18 m/s değerlerine kadar düşmektedir. İkinci menfez hız düzeyinde ise menfez çıkışında 0.7 m/s değerinde hava hızı hesaplanırken kabinin ortalarına doğru 0.4-0.5 m/s değerlerinde iken kabinin arka bölümünde ise 0.28 m/s değerlerinde hava hızı değerleri hesaplanmıştır.



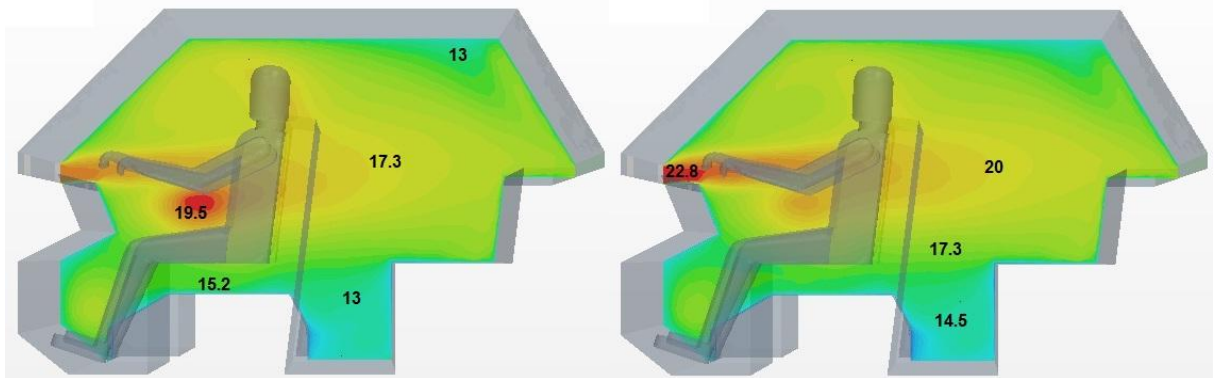
(a)

(b)

Şekil 9. Birinci ve İkinci Menfez Hız Düzeyleri İçin Kabin Orta Düzlemindeki Hız Dağılımı Değerleri (M/S).

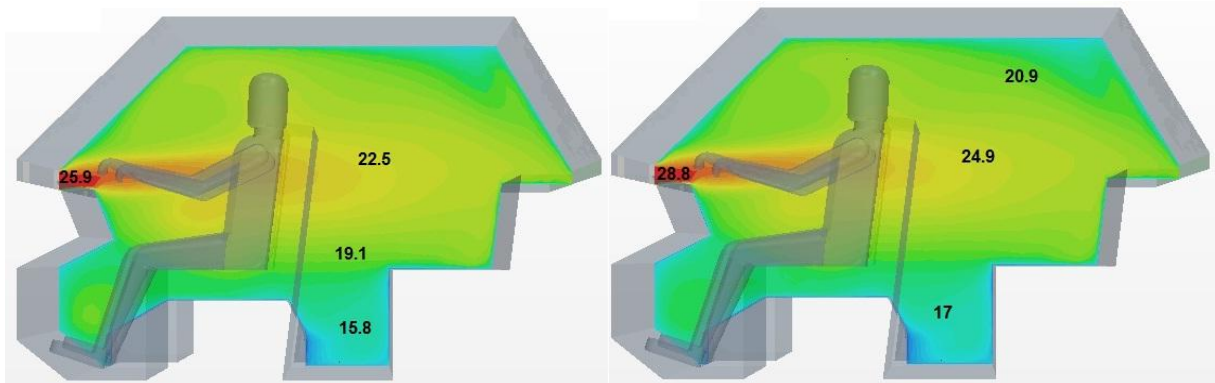
4.2. Sıcaklık Dağılımı

Kabin orta düzleminde birinci menfez hız düzeyi için hesaplamaların 360-540-720 ve 900. saniyelerindeki sıcaklık dağılımını Şekil 10'da gösterilmiştir.



(a) 360 s

(b) 540 s



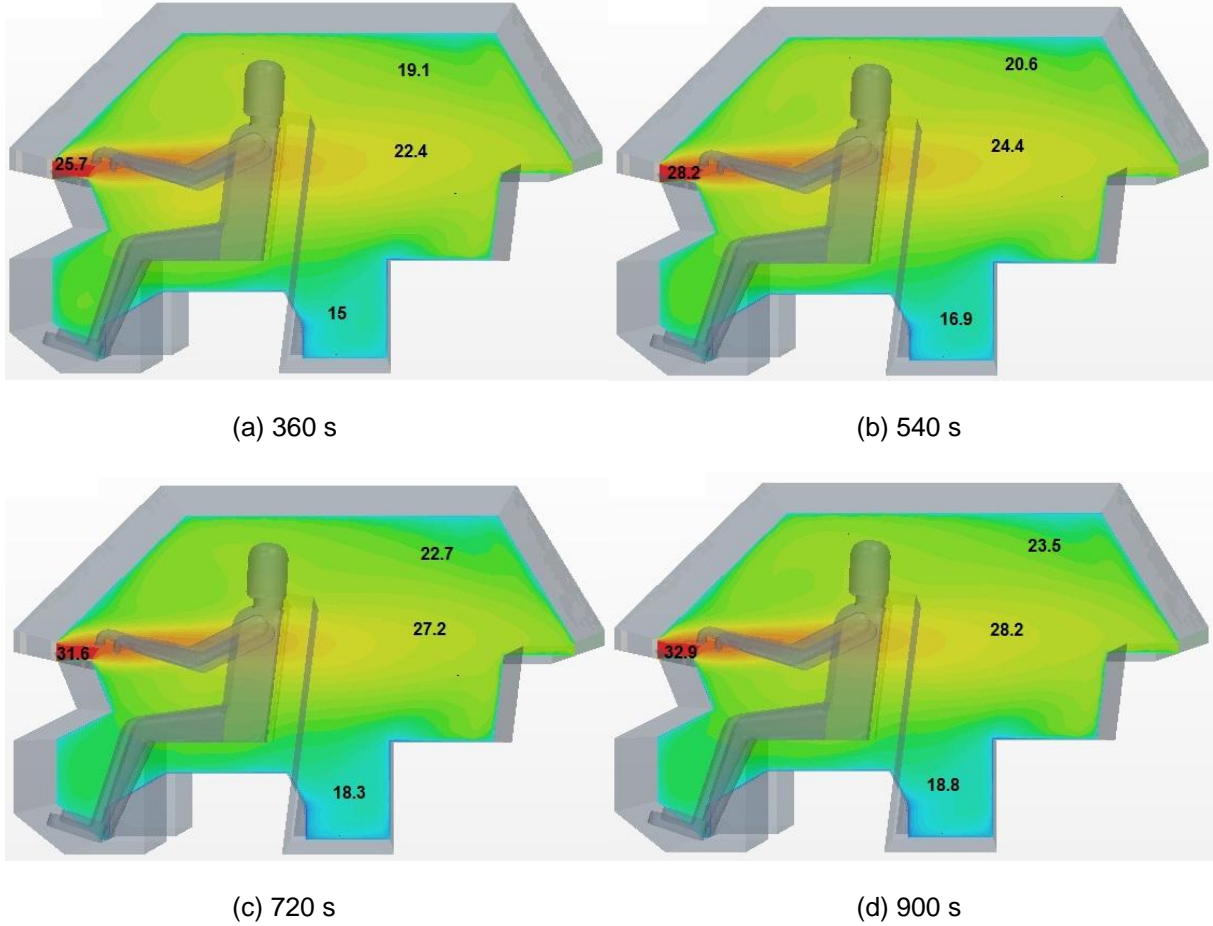
(c) 720 s

(d) 900 s

Şekil 10. Birinci Menfez Hız Düzeyi İçin Kabin Orta Düzleminde 360-540-720 ve 900. Saniyelerde Hesaplanan Sıcaklık Dağılımı Değerleri.

Isıtma sürecinin 360. saniyesinde kabin içerisindeki ortalama sıcaklık değeri yaklaşık 17.3 °C iken bu değer 540. saniyede 20 °C, 720. saniyede 22.5 °C ve 900. saniyede ise 24.9 °C değerine ulaşmıştır.

Kabin orta düzleminde birinci menfez hız düzeyi için hesaplamaların 360-540-720 ve 900. saniyelerindeki sıcaklık dağılımı Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11. İkinci Menfez Hız Düzeyi İçin Kabin Orta Düzleminde 360-540-720 ve 900. Saniyelerde Hesaplanan Sıcaklık Dağılımı Değerleri.

İkinci menfez hız düzeyi için ısıtma sürecinde kabin orta düzlemindeki ortalama sıcaklık dağılımı değerleri 360. saniyede 22.4 °C iken bu değer 540. saniyede 24.4 °C, 720. saniyede 27.2 °C ve 900. saniyede ise 28.2°C değerine ulaşmıştır.

Hesaplamalardan görüleceği üzere menfez hızının yüksek olduğu zaman kabin içerisindeki ortalama hız ve sıcaklık değerleri artmaktadır.

SONUÇ

Otomobil kabini gibi küçük hacimler içerisinde ısıtma ve soğutma süreçlerinde oldukça hızla gelişen hız ve sıcak değişimleri söz konusudur. Bu çalışmada bir otomobil kabini içerisinde ısıtma sürecinde iki değişik menfez hız düzeyi için yapılan sayısal hesaplamalı akışkanlar dinamiği hesaplamaları ile deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır. Hesaplamalarda üç boyutlu Navier-Stokes denklemleri ile birlikte, enerji ve transport denklemlerinin de eş zamanlı olarak sonlu hacimler yöntemi ile çözebilen bir paket yazılım kullanılmıştır. Kabin içerisindeki türbülans modeli olarak k- ϵ modeli kullanılmıştır. Işınımla ısı

geçiş hesaplamalarında yüzeyden yüzeye ışınım modeli kullanılmış ve kabin içerisindeki hız ve sıcaklık dağılımları deneyler ile karşılaştırılmıştır. Kabin içerisindeki hesaplamalar sonucu elde edilen ortalama sıcaklık değerleri deneyler ile elde edilen ortalama sıcaklık değerlerinden biraz yüksek çıkmıştır.

Bu çalışmadan elde edilecek sonuçlar yardımıyla otomobil ısıtma, havalandırma ve klima sistemlerinin geliştirilmesi, kabin içerisindeki sürücü ya da yolcuları ile kabin iç ortam havası arasındaki etkileşimden dolayı gerçekleşen termofiziksel değişimlerin incelenmesi ve otomobil kabinleri içerisindeki ısı konfor modellerinin geliştirilmesi çalışmalarına devam edilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] AYBERS, N, “Isıtma, havalandırma ve iklim tesisleri”, Uçer Matbaacılık, 9-25s, 1978.
- [2] ANONİM, “ASHRAE handbook – Fundamentals, chapter 8”, Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, 29p, 1993.
- [3] ANONİM, “ASHRAE handbook – Fundamentals, chapter 37”, Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, 1993.
- [4] ANONİM, “ISO 7730, Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort”, International Organization for Standardization, Geneva, 1995.
- [5] KORUKÇU, M. Ö., “Otomobil Kabininde Termal Parametrelerin ve İç Hava Kalitesinin Deneysel Ölçümlerle İncelenmesi”, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2010.
- [6] DAANEN, H.A.M., van de VLIERT, E., HUANG, X., “Driving performance in cold, warm, and thermoneutral environments”, Applied Ergonomics, 34: 597-602, 2003.
- [7] AROUSSI, A., AGHIL, S., “Characterisation of the flow field in a passenger car model”, Optical Diagnostics in Engineering, 4 (1): 1-15, 2000.
- [8] BURCH, S.D., PEARSON, J.T., RAMADHYANI, S., “Experimental study of passenger thermal comfort in an automobile under severe winter conditioning”, ASHRAE Transactions, 97: 239-246, 1991.
- [9] BURCH, S.D., RAMADHYANI, S., PEARSON, J.T., “Analysis of passenger thermal comfort in an automobile under severe winter conditioning”, ASHRAE Transactions, 97: 247-257, 1991.
- [10] ISO 9920, “Ergonomics: Estimation of the Thermal Characteristics of a Clothing Ensemble”, International Standards Organisation, Geneva, 1993.
- [11] ISO 7726, “Ergonomics of the thermal environment -Instruments for measuring physical quantities”, International Organization for Standardization, 1998.

ÖZGEÇMİŞ

M. Özgün KORUKÇU

Dr. Mehmet Özgün KORUKÇU, 1979 yılında Ankara’da doğmuştur. İlk, orta ve lise eğitimini Bursa’da tamamlayarak 2002 yılında Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 2004 yılında aynı bölümdeki Enerji Bilim Dalı’nda araştırma görevlisi olarak göreve başlamış, 2005 yılında “Bir Kombine Güç Santralindeki Isıl Sistemlerin Sonlu Zaman Termodinamiği Analizi” isimli yüksek lisans çalışması ile Yüksek Mühendis unvanını almıştır. Korukçu, 2010 yılında “Otomobil Kabininde Termal Parametrelerin ve İç Hava Kalitesinin Değişiminin Deneysel Ölçümlerle İncelenmesi” konulu çalışması ile doktor unvanını almıştır. Danimarka Teknik Üniversitesi Rüzgar Enerjisi Bölümünde doktora sonrası çalışmasını tamamlayarak 2012 yılının ağustos ayında Türkiye’ye dönen Korukçu halen Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümündeki görevini sürdürmektedir.

Bilsay PASTAKKAYA

1982 yılında Bursa'da dünyaya geldi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2003 yılında tamamladı. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 2005 yılında Yüksek Lisans, 2012 yılında Doktora eğitimini tamamladı. 2010 yılında University of South Florida-Clean Energy Research Center'dan aldığı davet üzerine, bu kurumda absorpsiyonlu sistemler konusunda araştırma çalışmalarına katılmıştır. 2005 yılından beri Uludağ Üniversitesi Orhangazi Meslek Yüksekokulu'nda Öğretim Görevlisi olarak çalışmakta ve araştırma konuları ile ilgili yerli ve yabancı kuruluşlara teknik danışmanlık hizmeti vermektedir.

Mustafa Kemal İŞMAN

1979 Samsun doğumlu olan Mustafa Kemal İşman, ilk ve orta eğitimini Samsun'da tamamladı. Uludağ Üniversitesinden Makine Mühendisliği alanında, Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora derecelerini sırasıyla 2001, 2005 ve 2011 tarihlerinde aldı. 2002-2011 tarihleri, arasında Uludağ Üniversitesinde Araştırma Görevlisi, 2011-2012 tarihleri arasında ise Ondokuz Mayıs Üniversitesinde öğretim üyesi olarak görev yaptı. Isı ve Kütle Transferi Uygulamaları, CFD ve Tesisat Uygulamaları konularında çalışmaları olan yazar, halen Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümündeki görevini sürdürmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

Muhsin KILIÇ

Prof. Dr. Muhsin KILIÇ, 1967 yılında Bursa'da doğmuştur. Lisans öğrenimini 1986 yılında Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde, yüksek lisans eğitimini ise Orta Doğu teknik Üniversite'sinde yapmıştır. Doktora eğitimini 1993 yılında İngiltere'de bulunan Bath Üniversitesinde tamamlayarak; 1994 yılında Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde Yardımcı Doçent, 1996 yılında aynı bölümde Isı ve Kütle Transferi ve Uygulamaları Bilim Dalı'nda Doçent, 2002 yılında ise yine aynı bölümde Enerji Anabilim Dalı'nda Profesör unvanlarını almıştır. Prof. Dr. Muhsin KILIÇ; Isı ve Kütle Transferi Uygulamaları, Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği (CFD), Termik-Turbo Makineler, Enerji Dönüşümleri, Enerji Üretim Yöntemleri, Isıl Konfor, Yangın ve Yangın Güvenliği konularında çalışmaktadır. Prof. Dr. Muhsin KILIÇ evli ve iki çocuk babasıdır.