OTOMOBİL KABİNİ İÇERİSİNDEKİ HAVA HIZININ ISIL KONFORA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

M. Özgün KORUKÇU*, Muhsin KILIÇ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı otomobil kabininde hava hızının ısıtma süreci sırasında ısıl konfora olan etkisinin deneysel olarak incelenmesidir. Otomobil içerisindeki ısıl konfor parametreleri genelde; sıcaklık, bağıl nem, hız ve ışınım sıcaklığının ölçülmesini içermektedir. Çalışmada, ısıtma sürecinde park edilmiş bir araba içerisinde değişik menfez hız düzeyi için yapılan deneylerde, kabin iç ortam sıcaklığı, bağıl nem, ortalama ışınım sıcaklığı ve sürücü vücut ortalama sıcaklığı değerleri ölçülmüştür. Deney sırasında sürücüye subjektif anket uygulanmıştır. Değişik menfez hız düzeyi için elde edilen sonuçlar, sürücünün subjektif anket için verdiği cevaplar ile karşılaştırılmış ve tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isıl konfor, Otomobil Kabini, Isıtma Süreci

EFFECT OF AIR VELOCITY ON THERMAL COMFORT IN AN AUTOMOBILE CABIN

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the effect of air velocity on thermal comfort during heating period in an automobile cabin with experiments. In the evaluation of comfort in automobiles, in general temperature, humidity, air velocity and radiant temperature measurements are taken. In the study, ambient temperature, relative humidity, mean radiant temperature and mean skin temperature of the driver inside the automobile cabin during heating for different vent air velocities were measured in a parked car. Subjective survey was performed during the experiments to the driver. The results for different vent air velocity values were compared with answers taken from the subject and discussed.

Key words: Thermal Comfort, Automobile Cabin, Heating Period

SİMGELER DİZİNİ

T_a	ortam havası sıcaklığı, *°C*
T_g	küresel termometre sıcaklığı, *°C*
$\overline{T}_r$	ortalama ışınım sıcaklığı, *°C*
T_{sk}	deri sıcaklığı, *°C*
T_{skn}	normal deri sıcaklığı, *°C*
TS	ısıl konfor algısı, *boyutsuz*
t	zaman, *s*
V	hava hızı, *m/s*

1.GİRİŞ

Trafik kazalarının büyük çoğunluğu sürücü kaynaklıdır. Sürüş güvenliği için araç kabini iç ortamının da başta sürücü sonra da yolcular için konforlu olması istenmektedir. Otomobil kabini gibi hacmi küçük ortamlarda, sıcaklık ve hız gibi fiziksel etkenler çok çabuk değişmektedir. Çok çabuk değişen bu büyüklükler, sürücü ve yolcularda rahatsızlığa yol açmakta ve hatta sürücünün dikkat eksikliğiyle birlikte sürüş konsantrasyonunda azalmaya yol açabilmektedir.

Araçlar için belirlenmiş bir ısıl konfor standardı oluşturulmamıştır. Isıl konfor kişisel 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], ısıl çevreden hoşnut olunan düşünce durumu; Anonim[3], iç vücut sıcaklığının düzenlenmesi için minimum fizyolojik çabaya gerek duyulması durumu; Anonim [4], ısıl çevreden tatmin olunan koşulları, ısıl konfor olarak nitelendirmektedir. Isıl konfor, çevresel ve kişisel faktörlere bağlıdır.

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

Kişisel faktörler
- Yapılan aktivite
- Giysi

Binalarda birçok ısıl konfor çalışması yapılmasına karşın, araçlar içerisinde gerçekleştirilen ısıl konfor çalışmaları sınırlıdır. Sürüş sırasında, otomobil iç ortam koşullarının ısıl konfor açısından iyi olmadığı durumlarda sürücünün konsantrasyon kaybı ve sonrasında kazalara veya istenmeyen sonuçlara kadar gidebilecek olaylar ortaya çıkabilir. Daanen ve ark. [5] 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 [6] 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. [7], [8], 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.

Araçlar için yapılan ısıl konfor çalışmaları, laboratuarda ya da iklimlendirme odalarında gerçekleştirilmektedir. Gerçek koşullarda yapılan deneysel çalışmalar ise oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada ise, yapılan deneyler tamamen gerçek koşullarda yapılmıştır. Park halindeki bir otomobil içerisindeki kabin iç ortam sıcaklığı, bağıl nem, ortalama ışınım sıcaklığı ve sürücünün ortalama deri sıcaklığı değerleri ısıtma süreci boyunca ölçülmüştür. Deney süresince sürücüye otomobil kabini içerisindeki ısıl konfor koşulları için anket uygulanmıştır. Ölçülen değerler ve sürücünün anket sorularına verdiği cevaplar karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Deneyler 2007 Aralık ayında park edilmiş 2005 model 1600 cc motor hacmine sahip bir FIAT-Albea otomobil içerisinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde yalnızca konsol menfezleri açılmış ve 30 dakikalık ısıtma süreci için dış ortam sıcaklığı ortalama 3°C ve bağıl nemi ise %67 olarak ölçülmüştür. Deney süresince iç ortam sıcaklığı, bağıl nemi, ortalama ışınım sıcaklığı ve sürücünün ortalama deri sıcaklığı değerleri ölçülmüştür. Deney süresince her beş dakikada bir sürücüye kabin içerisindeki ısıl konfor koşulları ile ilgili nesnel sorgulama yapılmıştır.

Otomobil kabinin içerisindeki iç ortam sıcaklığı, bağıl nem ve menfez çıkışındaki hava hızı değerleri her 10 saniyede bir Testo 350 M/XL 454 cihazı ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Menfez çıkışlarındaki sıcaklık değerleri de K-tipi ısıl çift ile 10 saniyede bir ölçülerek Cole Palmer Digi-Sense 12 Kanallı Termometre yardımıyla kaydedilmiştir. Kabin içerisindeki ortalama ışınım sıcaklığı değerinin ölçülmesi için ise siyah küresel termometre kullanılmıştır. Sürücü ortalama deri sıcaklığı ölçümleri de Pysitemp marka T tipi ısıl-çiftler aracılığıyla da her 10 saniyede bir ölçülerek Cole Palmer Digi-Sense 12 Kanallı Termometre yardımıyla kaydedilmiştir.

* Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Görükle 16059 Bursa, Tel: 0 224 2941927, e-mail: ozkorukcu@uludag.edu.tr

Deneylerde kullanılan ölçüm aletlerinin özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Ölçüm aletlerinin özellikleri.

Cihaz	Paramere	Hassasiyet
Testo 350 M/XL 454	Hava hızı	± 0.04 m/s
	Bağıl nem	± 0.1 %
	Sıcaklık	± 0.4 °C
Küresel termometre	Işınım Sıcaklığı	± 1 °C
Physitemp	Sıcaklık	± 0.1 °C

Deney aletlerinin otomobil kabini içerisindeki yerleşimi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deney aletlerinin otomobil kabini içerisindeki yerleşimi.

Denek otomobil içerisinde 30 dakika boyunca kalmış, ISO 9920 standartlarına göre kış koşullarında normal giysi ısıl direnci olarak 1 clo (0.155 m²K/W) kabul edilen kıyafetler giymiş ve araç içerisindeki metabolik aktivite düzeyi oturma durumunda olan bir kişi için 1 met (58.2 W/m²) alınmıştır [9].

Sürücünün ortalama deri sıcaklığı ölçümü için sürücü vücudunun 12 değişik bölgesine T-tipi ısıl çiftler yapıştırılmıştır. Sürücü deri sıcaklığı ölçümü yapılan bölgeler aşağıdaki gibidir:

1-sol ayak
2-sol bacak
3-sol el
4-sol kol
5-sol yanak
6-sağ ayak
7-sağ bacak
8-sağ el
9-sağ kol
10-sağ yanak
11-göğüs
12-sırt

Otomobil kabini içerisindeki ortalama ışınım sıcaklığı ($\overline{T}_r$), küresel termometre yanına yerleştirilen bir hız ve sıcaklık ölçüm probundan alınan veriler ve aşağıdaki bağıntı aracılığı ile hesaplanabilmektedir, [10].

$$\overline{T}_r = \left[\begin{matrix} (T_g + 273)^4 + 2.5 \times 10^8 \\ \times V^{0.6} \times (T_g - T_a) \end{matrix} \right]^{1/4} - 273 \qquad (1)$$

Deney boyunca sürücüye başlangıç ve bitiş de olmak üzere, her beş dakikada bir otomobil iç ortam koşulları ile ilgili nesnel sorgulama yapılmıştır. Nesnel sorgulamada sorulan sorular Tablo 2'de verilmiştir.

Sürücünün ortalama deri sıcaklığının anlık değişimine göre ısıl konfor algısı belirlenebilir. Ueda ve ark. [11] çalışmalarında ısıl konfor algısının yalnız deri veya vücut sıcaklığı ile ifade edilmesinin geçici ortam şartları için yetersiz olduğunu, deri yüzey sıcaklıklarındaki anlık değişimlerin de ısıl konfor algısına önemli ölçüde etki ettiğini vurgulamışlardır. Hipotezlerinin kanıtlanması amacı ile gerçekleştirilen anketsel ve deneysel çalışmalarla ısıl konfor algısını (*TS*) kişinin deri sıcaklığının normal deri sıcaklığı değerinden sapması ($T_{sk} - T_{sk.n}$) ve deri sıcaklığındaki anlık değişim ($\partial Tsk / \partial t$) ölçüsünde tanımlamışlardır.

$$TS = 0.82(T_{sk} - T_{skn}) - 39.1\frac{\partial T_{sk}}{\partial t} \qquad (2)$$

Ueda ve ark. [11] göre, ısıl konfor algısı 11 ölçekli bir sistem ile belirlenebilir. Çalışmalarında geliştirdikleri ısıl konfor algısının ölçeklendirilmesi Tablo 3'de verilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan deneylerde konsol menfezleri çalıştırılmış, iki ayrı menfez hız düzeyi için ısıl konfor koşullarının değişimi incelenmiştir. Menfez çıkışlarında ölçülen hız değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Menfez hız düzeylerine göre menfez çıkış hızı değerleri.

1. Hız düzeyi (m/s)	2. Hız düzeyi (m/s)
1.85	2.5

Birinci ve ikinci menfez hız düzeylerinde yapılan deneylere ilişkin elde edilen sonuçların grafikleri çizilmiş ve karşılaştırılarak değerlendiril miştir. Deneyler boyunca menfez çıkış sıcaklığı, kabin iç ortam sıcaklığı, bağıl nem, ortalama ışınım sıcaklığı, denek vücut sıcaklığı ve deneğin ısıl konfor algısı değerlerinin zamana göre değişimi, sırasıyla Şekil 2, 3, 4, 5,6 ve 7'de verilmiştir

Tablo 2. Isıl konfor sorgulaması için yapılan anket.

1. Şu anki ısıl konfor koşullarında kendinizi nasıl hissediyorsunuz?
□ Çok soğuk □ Soğuk □ Biraz Soğuk □ Normal □ Biraz Sıcak □ Sıcak□Çok Sıcak

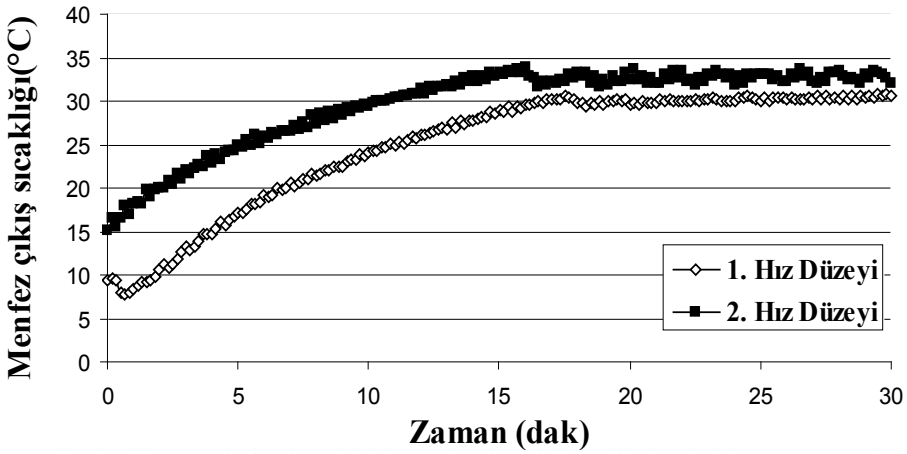
2. Otomobil içerisini ortam koşulları açısından değerlendiriniz.
□ Konforlu □ Az Konforlu □ Konforsuz □Rahatsız □ Çok Rahatsız

3. Şu anda ısıl olarak nasıl bir ortamda olmayı tercih ederdiniz?
□ Çok soğuk □ Soğuk □ Biraz Soğuk □ Normal □ Biraz Sıcak □ Sıcak□Çok Sıcak

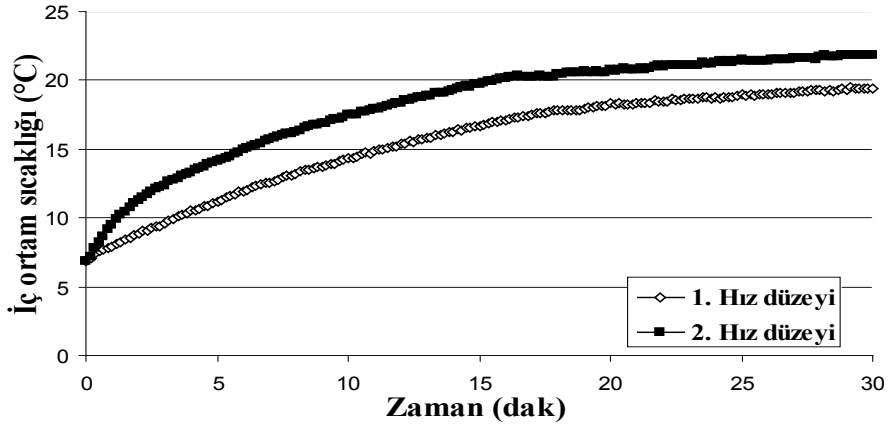
4. Bu ısıl ortam koşullarını kişisel olarak tercih etme ya da reddetme olanağınız olsaydı hangisini tercih ederdiniz?
□ Kabul □ Red

Tablo 3. Isıl konfor algısının ölçeklendirilmesi.

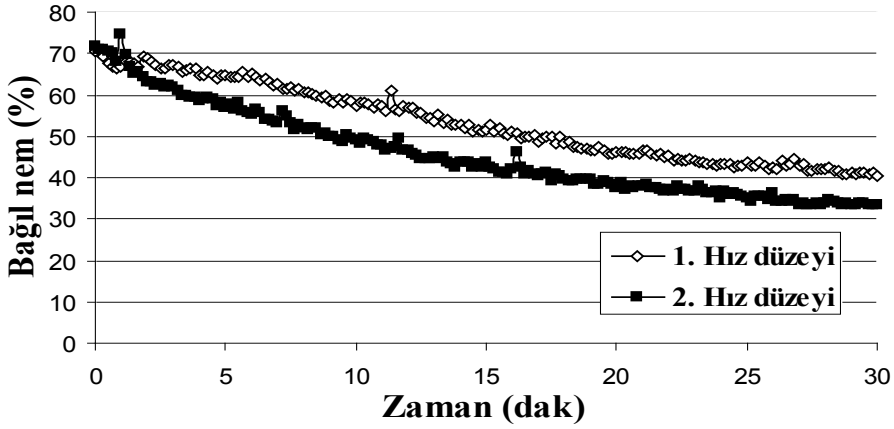
Isıl konfor algısı										
Çok Sıcak	Sıcak	Biraz Sıcak	Ilık	Biraz Ilık	Normal	Biraz serin	Serin	Biraz soğuk	Soğuk	Çok soğuk
5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5



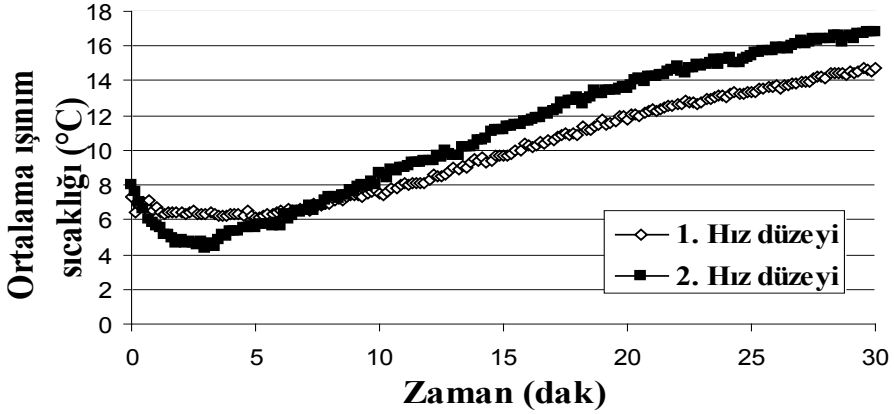
Şekil 2. Birinci ve ikinci menfez hız düzeyleri için menfez çıkışındaki sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.



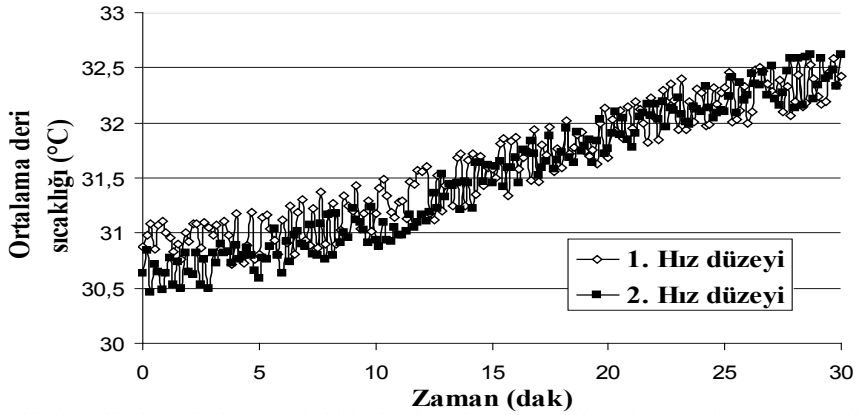
Şekil 3. Birinci ve ikinci menfez hız düzeyleri için kabin iç ortam sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.



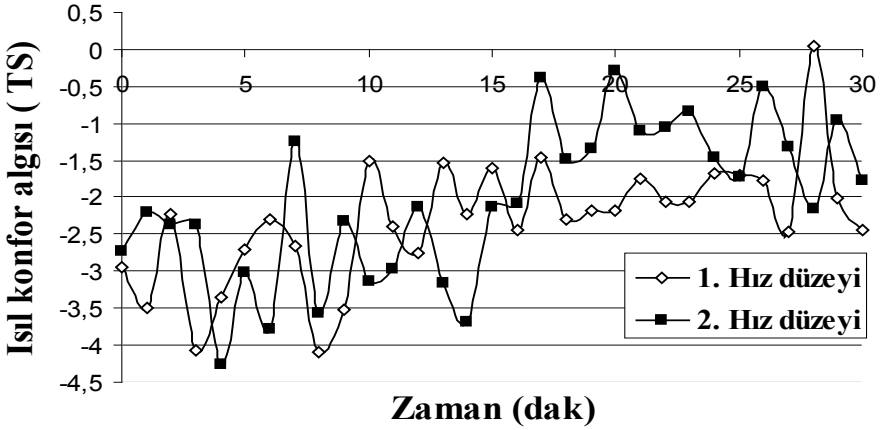
Şekil 4. Birinci ve ikinci menfez hız düzeyleri için kabin iç ortam bağıl nem değerlerinin zamana göre değişimi.



Şekil 5. Birinci ve ikinci menfez hız düzeyleri için ortalama ışınım sıcaklığı değerlerinin zamana göre değişimi.



Şekil 6. Birinci ve ikinci menfez hız düzeyleri için denek ortalama deri sıcaklığı değerlerinin zamana göre değişimi.



Şekil 7. Birinci ve ikinci menfez hız düzeyleri için denek ısıl konfor algısı değerlerinin zamana göre değişimi.

Deney ölçüm verilerinin yorumlandığı grafiklerden de görüleceği üzere, ikinci hız düzeyinde, birinci hız düzeyine göre zamanla daha yüksek kabin iç ortam ve ortalama ışınım sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Bağıl nem, sıcaklık ile ters orantılı olduğundan, ikinci hız düzeyinde, birinci hız düzeyine göre zamanla daha düşük bağıl nem değerleri ölçülmüştür. Kabin iç ortam sıcaklığı ile bağıl nemin, iki hız düzeyi için de yirminci dakikadan sonra rejime girdiği gözlemlenmiştir. Ortalama deri sıcaklığı değerlerinin, zamanla arttığı ve her iki hız düzeyi için de, birbirlerine göre, önemli bir değişikliğe neden olmadıkları görülmektedir.

Sürücünün ısıl konfor algısının zamana göre değişimi incelendiğinde ise deneyin on beşinci dakikasından sonra ikinci hız düzeyi için artan iç ortam ve ışınım sıcaklığı değerlerine bağlı olarak daha yüksek ısıl konfor algısı değerleri çıkmıştır. Sürücünün kendisini her iki menfez hız düzeyi için de deney boyunca ısıl konfor ölçütü olan normal koşullarda hissetmediği görülebilmektedir.

Sürücünün deney boyunca hız düzeylerine göre anket sorularına verdiği cevaplar sırasıyla Tablo 5 ve 6'da verilmiştir. Sürücüye uygulanan anketler sonucunda, sürücü kendisini ikinci hız düzeyinde deneyin onuncu dakikasından sonra biraz soğuk hissetmiş, her iki deney boyunca konforsuz olduğunu, deney ortamından daha sıcak bir ortamda olmak istediğini belirterek bulunduğu ısıl ortam koşullarını reddetmiştir.

Tablo 5. Sürücünün birinci hız düzeyi için yapılan deney boyunca anket sorularına verdiği cevaplar.

	Anket sorularına verilen cevaplar			
Zaman	**1**	**2**	**3**	**4**
0	Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red
5. dak.	Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red
10. dak.	Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red
15. dak.	Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red
20. dak.	Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red
25. dak.	Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red
30. dak.	Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red

Tablo 6. Sürücünün ikinci hız düzeyi için yapılan deney boyunca anket sorularına verdiği cevaplar.

	Anket sorularına verilen cevaplar			
Zaman	**1**	**2**	**3**	**4**
0	Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red
5. dak.	Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red
10. dak.	Biraz Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red
15. dak.	Biraz Soğuk	Konforsuz	Biraz sıcak	Red
20. dak.	Biraz Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red
25. dak.	Biraz Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red
30. dak.	Biraz Soğuk	Konforsuz	Sıcak	Red

4. SONUÇ

Otomobil kabini içerisinde ısıtma sürecinde değişik iki menfez hız düzeyi için yapılan deneylerde hava hızının ısıl konfor koşullarına olan etkileri incelenmiştir. İkinci hız düzeyi için yapılan deneylerde hava hızı değerlerinin daha yüksek olması nedeniyle kabin iç ortam sıcaklığı birinci hız düzeyinde elde edilen değerlere göre daha yüksek çıkmıştır. Daha yüksek iç ortam sıcaklıklarına bağlı olarak ikinci hız düzeyi için daha düşük bağıl nem değerleri elde edilmiştir. Kabin içerisinde ikinci hız düzeyi için daha yüksek ortalama ışınım sıcaklığı değerleri ölçülmüştür.

Sürücünün ortalama deri sıcaklık değerleri her iki hız düzeyi için de zamanla artış göstermiş ve neredeyse aynı değerler elde edilmiştir.

Sürücünün ortalama deri sıcaklığı değerlerinin anlık değişimlerinden yararlanılarak elde edilen ısıl konfor algılarında ise ikinci hız düzeyi için deneylerin on beşinci dakikasından sonra daha yüksek değerler bulunmuştur. Sürücü her iki hız düzeyi içinde ısıl konfor koşullarında kendisini normal hissetmemiştir.

Deneyler süresince sürücüye uygulanan nesnel anket cevapları karşılaştırıldığında ise; sürücü her iki hız düzeyi için başlangıçtan deneyin onuncu dakikasına kadar kendisini soğuk ve konforsuz hissederek, deneyin sonuna kadar daha sıcak bir ortamda bulunmayı tercih etmiş ve kabin iç ortam koşullarını reddetmiştir. Sürücü ikinci hız düzeyi için deneyin on beşinci dakikasından sonuna kadar kendisini biraz soğuk hissetmiştir.

Bu çalışma kapsamında gerçek koşullarda yürütülen deneylerden elde edilen sonuçlara göre ısıtma sürecinde hava hızının otomobil kabini içerisindeki ısıl konfor koşullarına doğrudan etkisi bulunmaktadır.

5. KAYNAKLAR

[1] AYBERS, N. 1978. Isıtma, havalandırma ve iklim tesisleri. Uçer Matbaacılık, 9-25s.

[2] ANONİM. 1993. ASHRAE handbook – Fundamentals, chapter 8. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. 29p.

[3] ANONİM. 1993 (b). ASHRAE handbook – Fundamentals, chapter 37. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers.

[4] ANONİM. 1995. 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.

[5] DAANEN, H.A.M., E. van de VLIERT and X. HUANG. 2003. Driving performance in cold, warm, and thermoneutral environments. Applied Ergonomics, 34: 597-602.

[6] AROUSSI, A. and S. AGHIL. 2000. Characterisation of the flow field in a passenger car model. Optical Diagnostics in Engineering, 4 (1): 1-15.

[7] BURCH, S.D., J.T. PEARSON and S. RAMADHYANI. 1991. Experimental study of passenger thermal comfort in an automobile under severe winter conditioning. ASHRAE Transactions, 97: 239-246.

[8] BURCH, S.D., S. RAMADHYANI and J.T. PEARSON. 1991. Analysis of passenger thermal comfort in an automobile under severe winter conditioning. ASHRAE Transactions, 97: 247-257.

[9] ISO 9920. 1993. Ergonomics: Estimation of the Thermal Characteristics of a Clothing Ensemble. International Standards Organisation, Geneva.

[10] ISO 7726, 1998. Ergonomics of the thermal environment -Instruments for measuring physical quantities. International Organization for Standardization.

[11] UEDA, M., Y. TANIGUCHI, A. ASANO, M. MOCHIZUKI, T. IKEGAMI and T. KAWAI. 1997. An automobile heating, ventilating and air conditioning system with a neural network for controlling the thermal sensation felt by a passenger. JSME, 40 (3): 469-477.