



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

TAŞITLARDA BUĞUNUN GİDERİLMESİ

ALPER YILMAZ
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

TUNCAY YILMAZ
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ

MEHMET TAHİR ERDİNÇ
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ

FATİH HAN AVCI
TEMSA GLOBAL



TAŞITLARDA BUĞUNUN GİDERİLMESİ

Alper YILMAZ
Tuncay YILMAZ
Mehmet Tahir ERDİNÇ
Fatih Han AVCI

ÖZET

Otobüs ön camları iç yüzeylerinde soğuk dış hava şartlarında buğu meydana gelebilmektedir. Bilhassa sürüş emniyeti bakımından bu buğunun hızlı bir şekilde giderilmesi gerekmektedir. Buğunun giderilmesi yolcuların net bir dış ortam görüntüsünden faydalanmaları için de yararlıdır.

Ön cam iç yüzeyinde oluşan bir buğunun giderilmesi teorik olarak modellenmiştir. Bu model çalışmasında önce otobüs iç havasının ısıtılarak çeşitli sıcaklıklarda iç cam yüzeyine paralel hava üflenmesi incelenmiş ve buğu giderilmesi için bilhassa otobüs iç hava rölatif nemi, üflenen havanın sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığının çok önemli olduğu görülmüştür.

Başka bir alternatif olarak doğrudan dış havanın ısıtılarak iç hava neminin düşük olması ve böylece etkin bir buğu çözümünün çok kolaylaşacağı gösterilmiştir.

Yeni bir uygulama biçimi olarak radyasyonla (infrared) ön cam iç yüzeyinin ısıtılması ve otobüs iç havasının hiç veya çok az ısıtılarak üflenmesi incelenmiş ve bu durumda da 1-2 kW/m² radyasyonla çok iyi sonuçlar alınabileceği gösterilmiştir.

Dış ortam sıcaklığının 0 °C ve -10 °C sabit tutulması ayrıca iç ortam sıcaklığının 20 °C iç ortam rölatif neminin de % 50 olarak ölçüldüğü durumlar için buğu giderme deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları teorik sonuçları niceliksel olarak doğrulamaktadır.

Anahtar Kelime: Otobüs, buğu, iç cam, sıcak hava, radyasyon.

ABSTRACT

Fogging can exist inside of the busses at cold air conditions. Especially for security of the drive, defogging must be very fast. Defogging is also useful for travellers' sight.

Defogging at windshield of the bus was modelled theoretically. In this modelling study, firstly heated inside air is blown parallel to the windshield. This was investigated for various heating temperatures and it was shown that for defogging, especially bus inside relative humidity, blowing air temperature and outside temperature are very important.

As an alternative it was shown that directly heating outside temperature lower inside air humidity can be obtained and so effective defogging can be very easy.

As a new application, infrared heating of the windshield with or without hot air blowing were investigated. It was shown that good results can be obtained with 1-2 kW/m² radiation intensity.

Keeping outside temperature at 0 °C and -10 °C, inside air temperature 20 °C and inside relative humidity 50% defogging experiments were carried out. Experimental results validated the theoretical results quantitatively.

Key Words: Bus, defogging, windshield, heated air, infrared radiation.

1. GİRİŞ

Taşıtlarda camlarda meydana gelen buğulanmanın önlenmesi birçok bakımdan büyük önem taşımaktadır. Ön camları şoförün görüşünü etkilemesi bakımından, sürüş güvenliğini ciddi bir biçimde etkileyeceği açıktır. Güvenlik dışında konfor açısından da önemli bir durumdur. Bilhassa yolcu otobüslerinde birçok yolcunun nemli elbiselerle giriş yapması durumunda, iç hava nemi artmakta ve böylece çiğ noktası sıcaklığı yükseldiğinden dolayı buğu oluşmaktadır. Bu da yolcu konforunu negatif olarak etkilemektedir.

Bu sebeplerden dolayı buğu oluştuğu takdirde hızla yok edilmesi veya oluşmasının önlenmesi gerekmektedir. Bunun için çeşitli çalışmalar sonucunda bazı patentler alınmıştır[1,2]. Buğu durumunun en iyi şekilde belirlenebilmesi için ayrıntılı bir araştırma Urban ve ark.[3] tarafından gerçekleştirilmiş ve sensörlerin otomobilde en iyi yerleri belirlenmiştir.

Croce ve ark.[4] buğulanma ve buğu çözmeyi yüzeyde oluşan damla şeklinde modellemişler ve bu modeli nümerik olarak çözerek, buğu giderilmesi zamanının fonksiyonu olarak belirlemişlerdir. Dutra ve ark.[5] buğu giderilmesini cama hava üfleme durumunda deneysel ve nümerik olarak incelemişler ve buğu çözmeye homojen hava dağılımının ve hava hızının önemli olduğunu belirlemişlerdir.

Bu çalışmada camda oluşan buğunun buharlaştırılmasının çeşitli metotları açıklanacak ve bunların uygunluğu tartışılacaktır.

2. BUHARLAŞMA HIZININ DEĞİŞİMİ

Ortam ile cam yüzey arasında kütle transferi

$$\dot{m}_w = \beta \cdot (\rho_{ci} - \rho_{ü}) \quad (1)$$

bağıntısından bulunur. Burada ρ_i ve ρ_{iy} su buharının otobüs içi ve iç yüzeyindeki kısmi yoğunluklarıdır. β ise kütle transferi katsayısıdır. Eş.(1) mutlak nem kullanılarak

$$\dot{m}_w = \beta \cdot \rho_a \left(\frac{\rho_{ci}}{\rho_a} - \frac{\rho_{ü}}{\rho_a} \right) = \beta \cdot \rho_a (x_{ci} - x_{ü}) \quad (2)$$

$x_{ü}$ üfleme havası şartlarından, x_{ci} de T_{ci} sıcaklığında doyma durumu kabul edilerek bulunur. Kuru hava yoğunluğu ρ_a toplam basınç P_T ve $T_{ü}$ sıcaklığına bağlı olup bilinen bir değerdir.

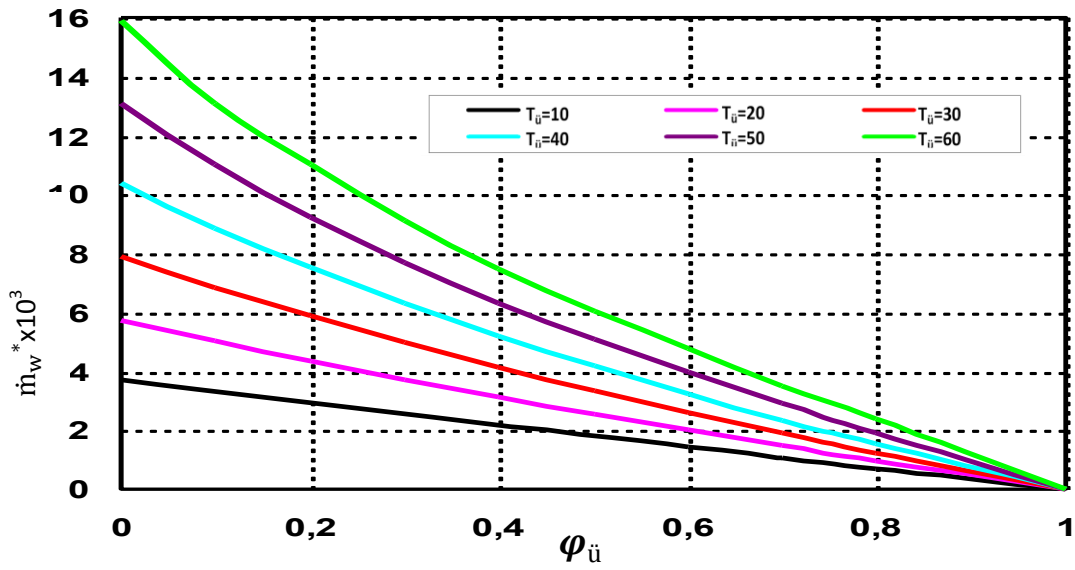
Belirli bir hava hızında β kütle transferi katsayısı sabit kabul edilebilmektedir. 1. kurutma bölgesinde kurutma yapıldığı varsayılarak eşt (2)'den:

$$\dot{m}^* = x_{ci} - x_{ü} \quad (3)$$

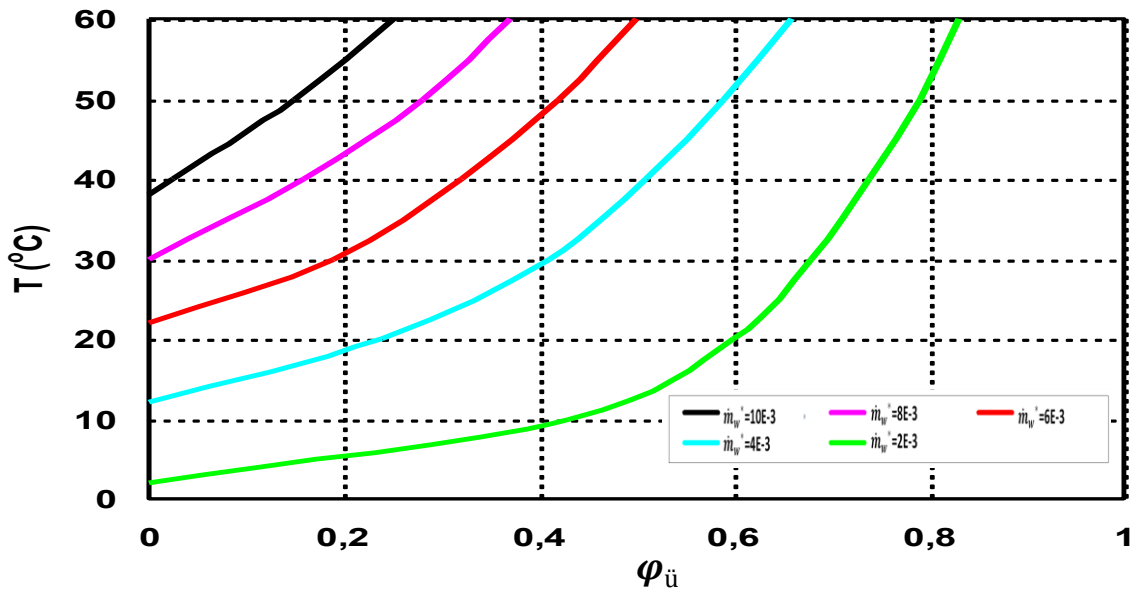
eşitliği yazılabilir. Burada $x_{ü}$ üfleme havasının mutlak nemi ve x_{ci} ise cam iç yüzeydeki havanın mutlak nemi olup, kurutma hızı \dot{m}^* da

$$\dot{m}_w^* = \frac{\dot{m}_w}{\rho_a \cdot \beta} \quad (4)$$

eşitliği ile tarif edilmiştir. Burada \dot{m}_w buharlaşan su buharı kütle debisini ifade etmektedir. Şekil 1’de çeşitli hava sıcaklıklarında kurutma hızı \dot{m}_w^* ’ın rölatif nem ile değişimi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, kurutma hızı hava sıcaklığı ile artmakta, rölatif nem ile de düşmektedir. Şekil 2’de ise sabit kurutma hızları durumunda, hava sıcaklığı ve rölatif nem arasındaki ilişki gösterilmiştir. Şekil 2’den görüldüğü gibi, belirli bir kurutma hızı, yüksek sıcaklık ve belirli bir nemde elde edilirken, aynı kurutma hızı düşük sıcaklık ve düşük nem değerleri seçilerek de elde edilebilmektedir.



Şekil 1. Kurutma hızı \dot{m}_w^* ’nin, çeşitli üfleme sıcaklıklarında üfleme havası rölatif nemi ile değişimi



Şekil 2. Hava sıcaklığının, çeşitli kurutma hızlarında hava rölatif nemi ile değişimi

3. BUHARLAŞMANIN HESAPLANMASI

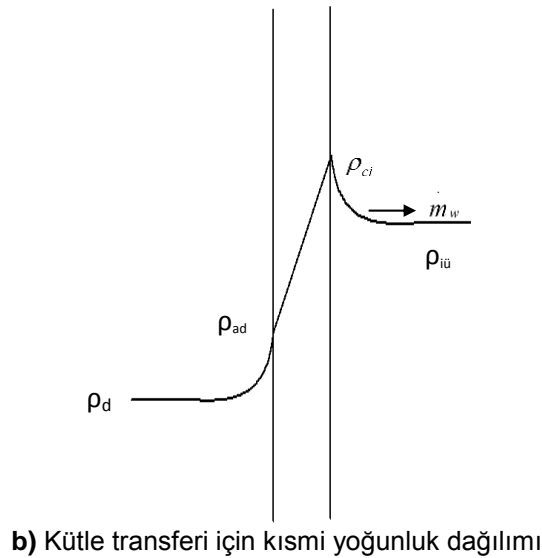
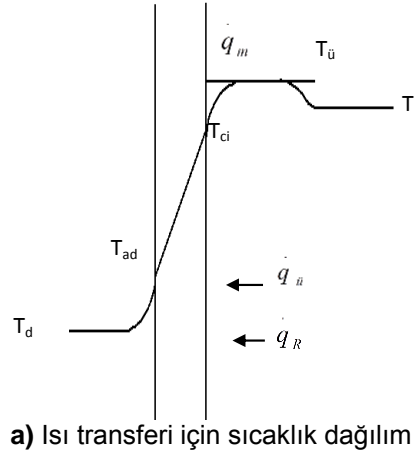
Şekil 3a ve 3b'de camdan ısı ve kütle transferi için sıcaklık kısmi yoğunluk dağılımları verilmiştir. Kütle transferi için buhar kısmi yoğunluğu ρ gösterilmiştir.

Eşit. (2) de bilinmeyen sadece kütle transferi katsayısı β dir. β değeri Sherwood sayısı Sh den bulunur. Bunun yanı sıra benzerlik esasından yararlanarak Nusselt sayısı (Nu)'dan dolayısıyla ısı transferi katsayısı h ' den de bulunabilir:

$$\beta = \frac{h}{\rho_a c_{pa}} L_e^{2/3} \quad (5)$$

Burada Le Lewis sayısıdır.

Isı transferi katsayısı bilinen eşitlikler yardımıyla bulunan Nu sayısından hesaplanabilir. Camlarda zorlanmış konveksiyon kabul edilerek Nusselt sayısı laminar ve türbülanslı akış için.



Şekil 3. Camdan ısı ve kütle transferi



$$Nu_i = 0.664 Re^{1/2} Pr^{1/3} \quad (6)$$

$$Nu_i = 0.037 Re^{0.8} Pr / (1.0 + 2.443 Re^{-0.1} (Pr^{2/3} - 1)) \quad (7)$$

eşitliklerinden hesaplanabilir. Burada Re ve Nu sayıları

$$Nu = hL/k \quad (8)$$

$$Re = uL/\nu \quad (9)$$

eşitlikleriyle tarif edilmişlerdir. L camın uzunluğunu göstermekte olup k ve ν havanın ısı iletim katsayısı ve kinematik viskozitesidir. Re ve Pr Reynolds ve Prandtl sayılarıdır. u hızı cama paralel olan hava hızıdır. Türbülanslı akışta Nu sayısı

$$Nu = (Nu_i^2 + Nu_t^2)^{1/2} \quad (10)$$

şeklinde hesaplanmalıdır. Cam dış yüzeyindeki konveksiyonla ısı transferi yine (6), (7) ve (8) eşitlikleriyle hesaplanacak, hız yerine dış taraftaki ısı transferi katsayısı için otobüs hızı, iç taraftaki için ise üfleme hızı kullanılacaktır.

Camda buğu çözme(buharlaştırma) yapılabilmesi için, iç cam yüzey sıcaklığında ve doyma durumunda hesaplanan x_{ci} değerinin $x_{ü}$ 'den büyük olması gerekir. Bu da üfleme sıcaklığı $T_{ü}$ ve rölatif nemi $\phi_{ü}$ ile elde edilecek çığ noktası sıcaklığının, cam iç yüzey sıcaklığı $T_{iç}$ den küçük olması anlamına gelir.

Cam yüzeyinde bulunan suyun ne kadar zamanda buharlaştırıldığını hesaplamak için önce cam yüzeyinde bir s sıvı filmi kalınlığı kabul edilmelidir. Bu durumda birim su kalınlığı s' de buharlaştırma zamanı t

$$\frac{t}{s} = \rho_w / \dot{m}_w \quad (11)$$

eşitliği ile hesaplanır. ρ_w suyun yoğunluğunu göstermektedir. \dot{m}_w eş. (1) veya eş. (2) ile hesaplanacaktır. \dot{m}_w ne kadar yüksek olursa t de o kadar uzun olacaktır.

Isı transferinin hesabında su filmi kalınlığı çok küçük olduğundan, su filmi ısı direnci ihmal edilerek dikkate alınmayacaktır. Ancak ısı transferi hesaplarında yüzeyde buharlaşmadan dolayı ısı ihtiyacı dikkate alınacaktır.

Bu durumda ısı transferi

$$\dot{q}_c = \dot{q}_d = \dot{q}_R + \dot{q}_{ü} - \dot{m}_w h_{gl} \quad (12)$$

eşitliğine göre hesaplanmalıdır. Burada \dot{q}_R varsa cam iç yüzeyinde gönderilen radyasyon(infrared) ısı akım şiddetidir. $\dot{q}_{ü}$ ise üfleme havasından cam iç yüzeyine konveksiyonla transfer edilen ısıdır. h_{gl} suyun buharlaşma gizli ısısıdır.

Bir toplam ısı transferi katsayısı

$$1/U = 1/h_d + s_c / k_c \quad (13)$$

tarifiyle de

$$h_{ü} (T_{ü} - T_{ci}) - \dot{m}_w h_{gl} = U_{cd} (T_{ci} - T_d) \quad (14)$$

İfadesi yazılabilir. Buradan da iterasyonla T_{ci} sıcaklığı ve



$$k_c/s_c (T_{ci} - T_{cd}) = h_d (T_{cd} - T_d) \quad (15)$$

bağıntısından da T_{cd} sıcaklığı elde edilir.

T_{ci} sıcaklığı belirlendikten sonra aşağıda verilen eşitliklerden p_{ci} iç yüzey doyma basıncı bulunur.

$$-30^\circ C < T_{ci} \leq 0^\circ C : P_{ci} = 0.004689 \left(1.486 + \frac{T_{ci}}{100} \right)^{12.30} \quad (16)$$

$$0^\circ C < T_{ci} \leq 30^\circ C : P_{ci} = 0.28868 \left(1.098 + \frac{T_{ci}}{100} \right)^{8.02} \quad (17)$$

$$30^\circ C < T_{ci} \leq 60^\circ C : P_{ci} = 0.97529 \left(0.9303 + \frac{T_{ci}}{100} \right)^{7.098} \quad (18)$$

$$60^\circ C < T_{ci} \leq 100^\circ C : P_{ci} = 3.511 \left(0.7248 + \frac{T_{ci}}{100} \right)^{6.17} \quad (19)$$

İlk iki eşitlik, TS 825[6], eşt.(18)' de Yılmaz ve ark.[7] tarafından verilmiştir. Eş.(19) ise sıcaklıkları $100^\circ C$ 'ye kadar artırmak için eklenmiştir.

Böylece belirlenen p_{ci} den de x_{ci} aşağıdaki gibi elde edilir.

$$x_{ci} = 0.622 P_{ci} / (P_T - P_{ci}) \quad (20)$$

4. İÇ HAVANIN ISITILMASIYLA KONVEKSİYONLA BUHARLAŞMA

Buharlaşma için T_i otobüs iç sıcaklığındaki hava $T_{\bar{u}}$ üfleme sıcaklığına kadar ısıtılır. İç hava mutlak nemi x_i ve üfleme havasının mutlak nemi $x_{\bar{u}}$ böylece aynıdır.

$$x_{\bar{u}} = x_i \quad (21)$$

x_i değeri iç hava için verilen T_i ve ϕ_i değerlerinden hesaplanır. T_i değeri bilindiğinden eşt.(16)-(19) da T_{ci} yerine T_i konularak iç hava kısmi doymuş su buharı basıncı P_i değeri bulunur.

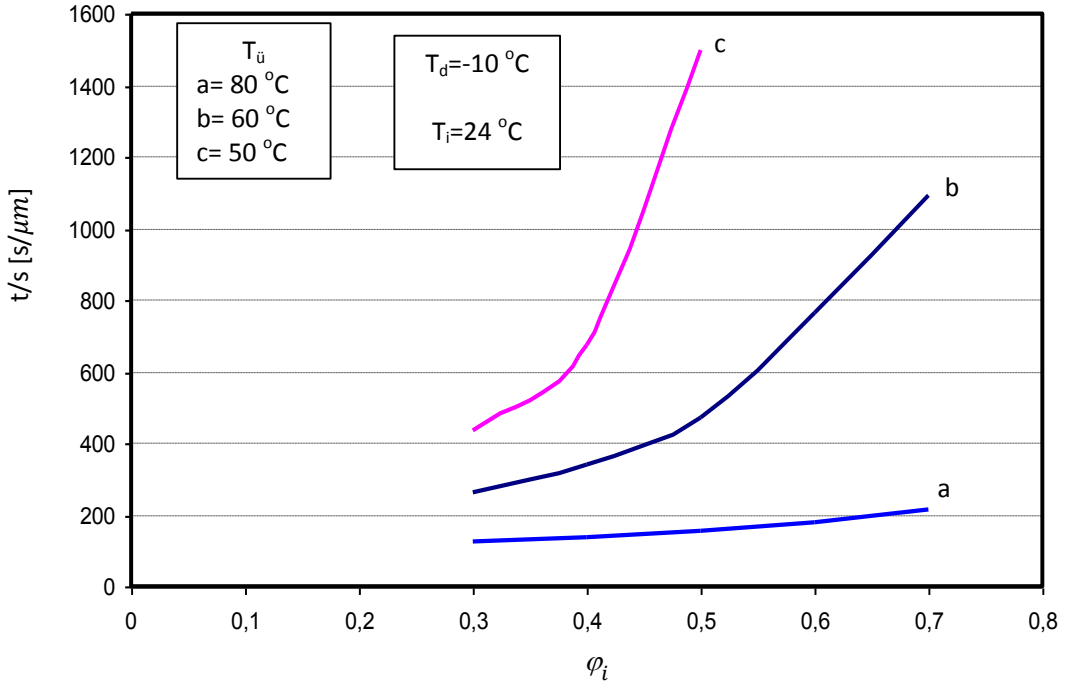
Bu değerle de

$$x_i = 0.622 \frac{\phi_i \cdot P_i}{P_T - \phi_i \cdot P_i} \quad (22)$$

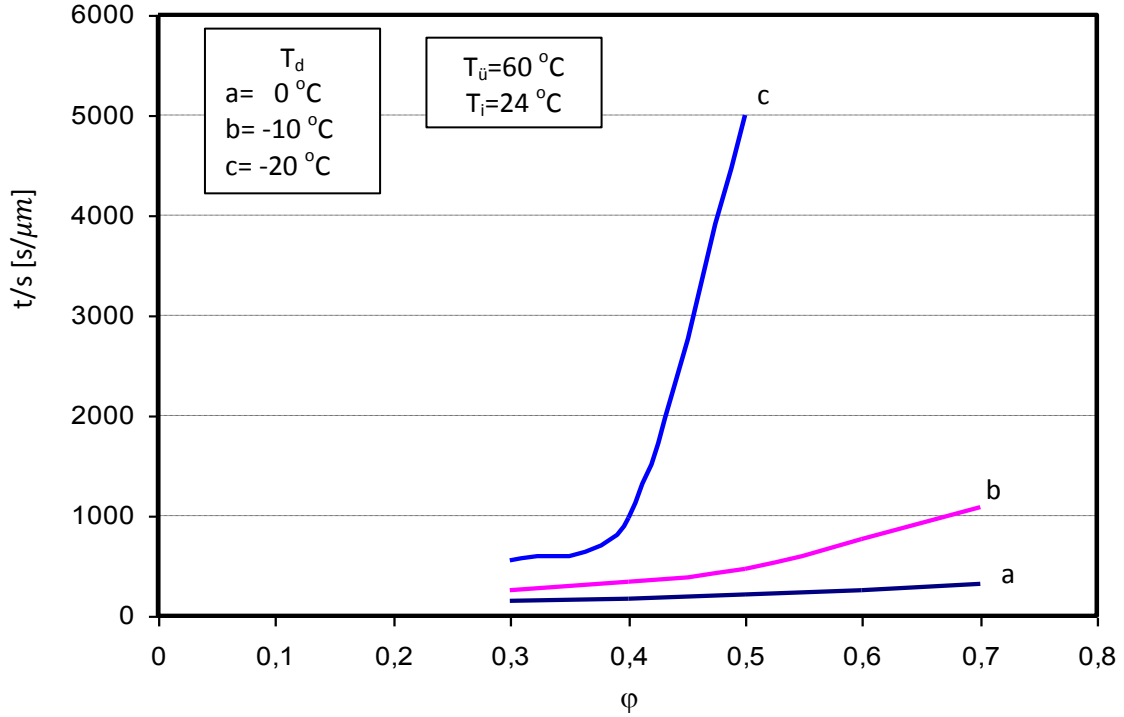
eşitliğinde x_i değeri elde edilir.

Şekil 4' te suyun buharlaşma zamanı t' nin su kalınlığı s' ye oranı otobüs iç sıcaklığı $T_i=24^\circ C$ ve dış ortam sıcaklığı $T_d=-10^\circ C$, otobüs iç rölatif nemi ϕ_i 'nin fonksiyonu olarak çeşitli üfleme sıcaklıkları $T_{\bar{u}}$ için verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, makul kurutma zamanları için ya üfleme sıcaklığının çok yüksek, ya da otobüs iç hava rölatif neminin çok düşük olması gerekmektedir. Bu durum Şekil 1 de verilen eğrilerle uyum içindedir. Buharlaşma zamanı su kalınlığı s ile lineer olarak değişmektedir.

Şekil 5 de ise iç otobüs sıcaklığı $T_i=24^\circ C$, üfleme havası $T_{\bar{u}}=60^\circ C$ ' de t/s oranı yine otobüs iç hava rölatif neminin fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Bu şekilde parametre olarak dış hava sıcaklığı seçilmiştir. Dış hava sıcaklığının buharlaşma zamanını çok etkilediği açıkça görülmektedir. Çok düşük dış hava sıcaklıklarında buharlaşma zamanını azaltmak için çok düşük otobüs içi rölatif neme veya yüksek üfleme sıcaklığına ihtiyaç duyulacaktır.



Şekil 4. Buharlaşma zamanının çeşitli üfleme sıcaklıklarında otobüs i rölaf nemi ile değişimi

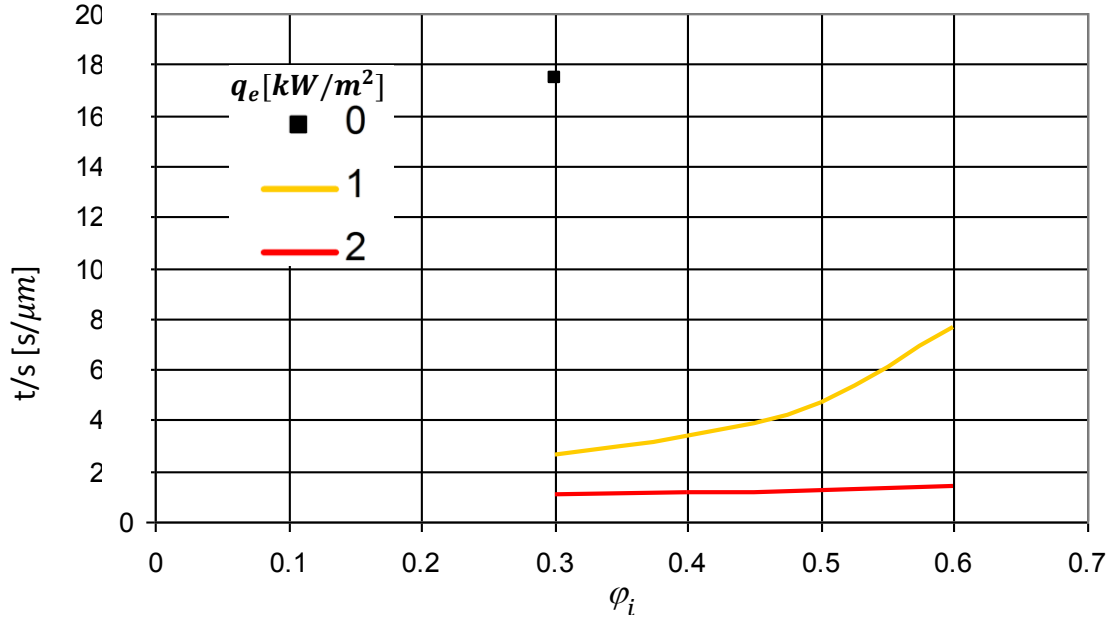


Şekil 5. Buharlaşma zamanının çeşitli dış sıcaklıklarda otobüs iç hava rölaf nemi ile değişimi($T_{\ddot{u}}=60^{\circ}C$, $T_i=24^{\circ}C$)

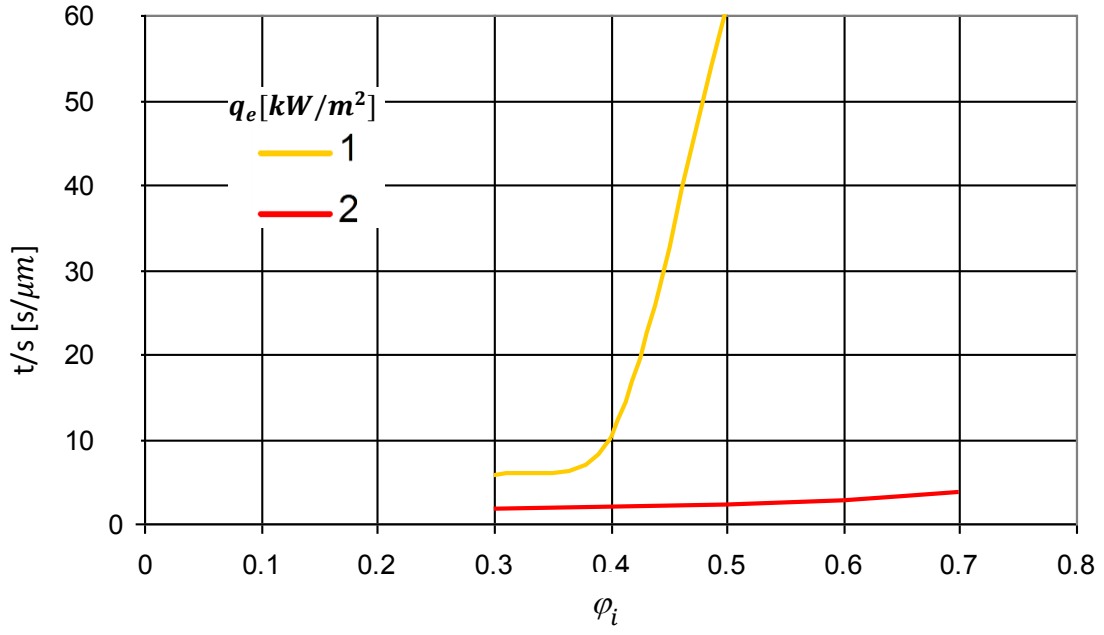
5. RADYASYONLA ve KONVEKSİYONLA BUHARLAŞMA

Radyasyonla (Infared) ısıtma endüstriyel uygulamalarda sıkça kullanılmaktadır[8,9]. Radyasyonla ısıtmada kullanılması durumunda eşt.(12)' de verilen \dot{q}_R değeri sonlu bir değer olacaktır. Bunun yanında üfleme havasını da ısıtmak mümkündür.

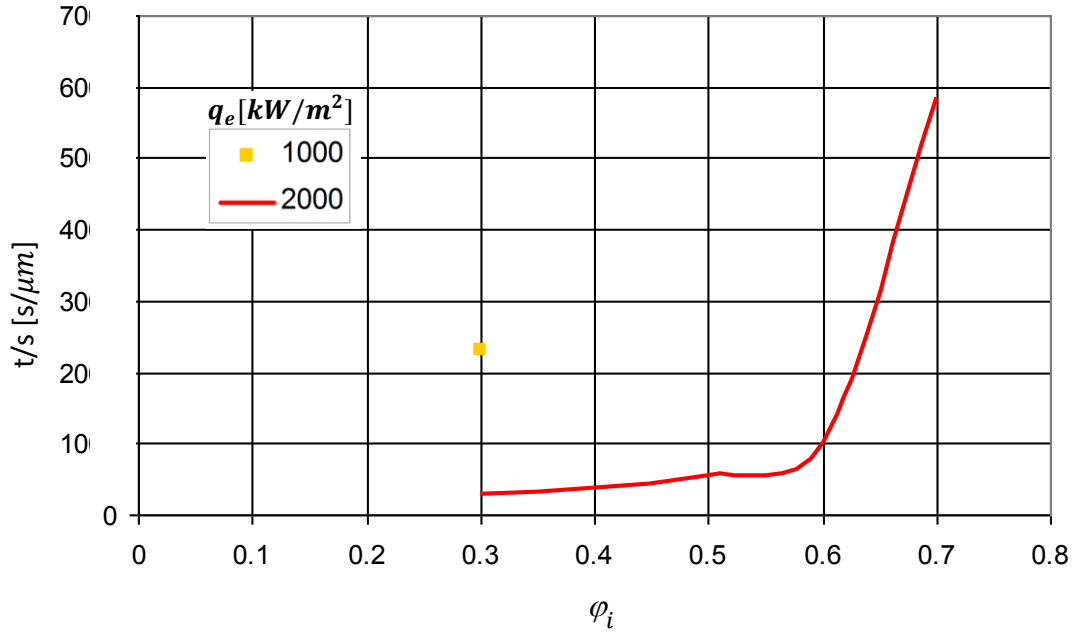
Şekil 6, 7 ve 8' de sabit $T_i=20$ °C ve $T_ü=20$ °C' de buharlaşma zamanı iç hava rölatif neminin fonksiyonu olarak çeşitli \dot{q}_R değerleri için verilmiştir. Bu şekillerden $T_d=0$ °C' de ve havayı hiç ısıtmadan $\dot{q}_R = 1 \text{ kW} / \text{m}^2$ değeri ile iyi bir buharlaşma edileceği ancak -10 °C ve -20 °C dış sıcaklıklarda $\dot{q}_R = 2 \text{ kW} / \text{m}^2$ radyasyon şiddetinin iyi sonuç vereceği görülmektedir. Şekil 9 ve 10 da ise $T_ü=40$ °C ve şekil 11 ve 12' de ise $T_ü=60$ °C değerlerinde buharlaşma yine iç hava rölatif neminin fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Buradan da konveksiyonla ısıtma durumunda $\dot{q}_R = 1 \text{ kW} / \text{m}^2$ radyasyon şiddetiyle çok iyi bir buharlaşma sağlanacağı görülmektedir.



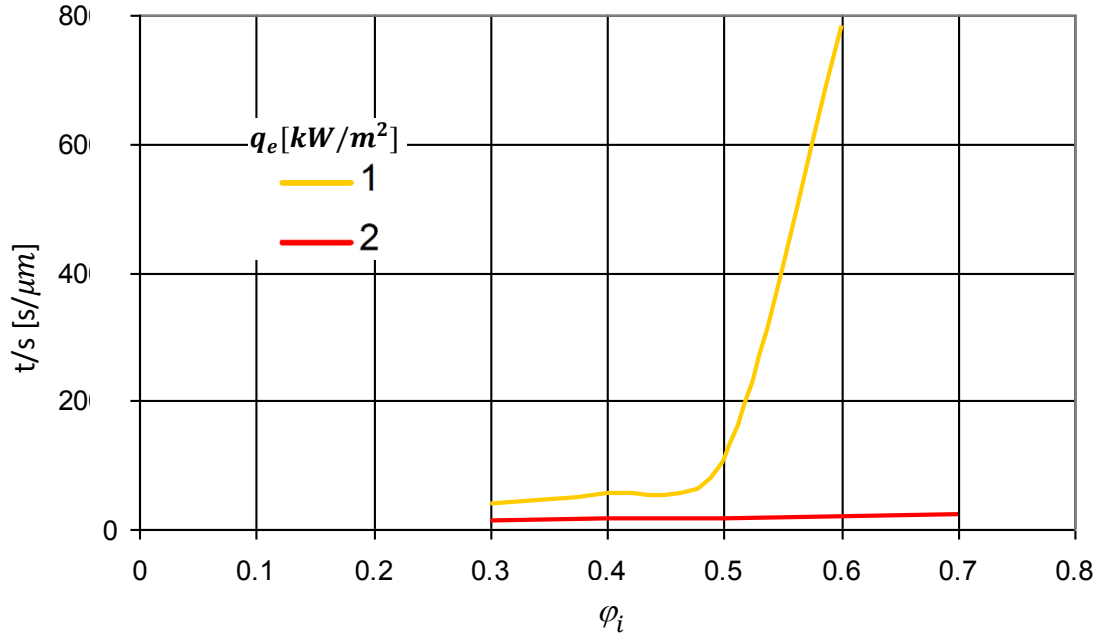
Şekil 6. Buharlaşma zamanının çeşitli radyasyon şiddetlerinde otobüs içi rölatif nemin fonksiyonu olarak değişimi ($T_d=0$ °C, $T_ü=20$ °C)



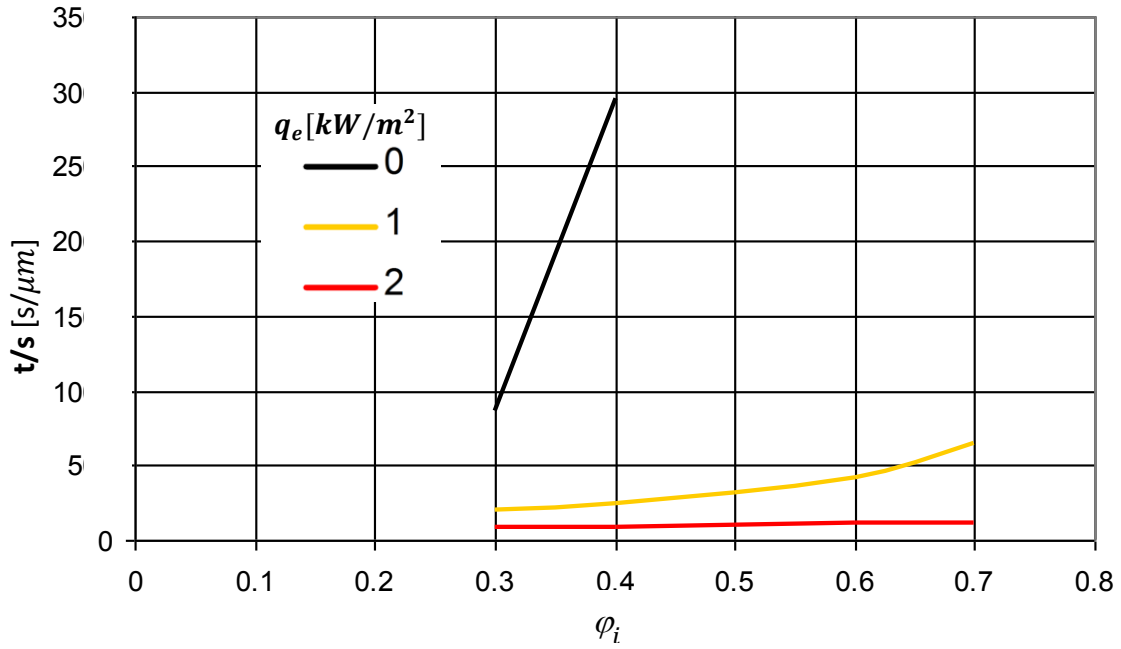
Şekil 7. Buharlaşma zamanının çeşitli radyasyon şiddetlerinde otobüs içi rölatif nemin fonksiyonu olarak değişimi ($T_d = -10^\circ\text{C}$, $T_u = 20^\circ\text{C}$)



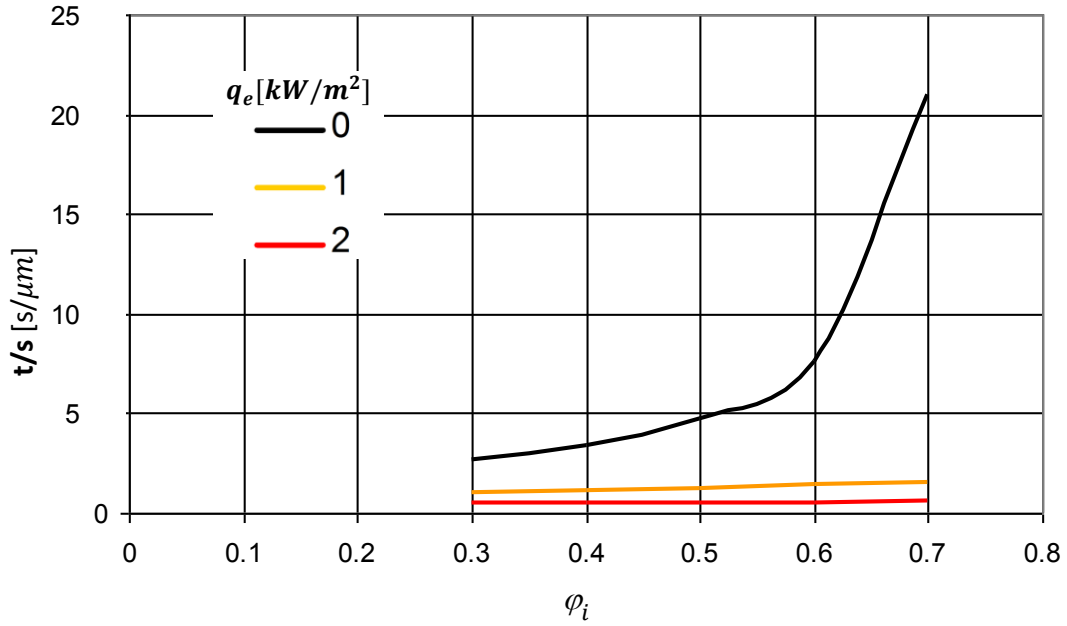
Şekil 8. Buharlaşma zamanının çeşitli radyasyon şiddetlerinde otobüs içi rölatif nemin fonksiyonu olarak değişimi ($T_d = -20^\circ\text{C}$; $T_u = 20^\circ\text{C}$)



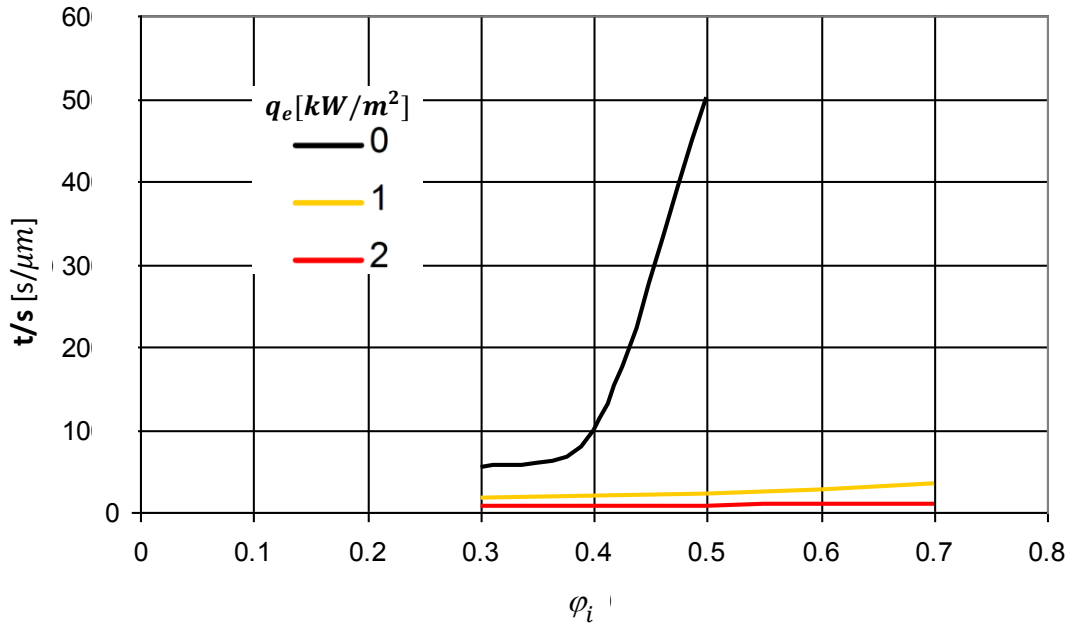
Şekil 9. Buharlaşma zamanının çeşitli radyasyon şiddetlerinde otobüs iç rölatif neminin fonksiyonu olarak değişimi ($T_d = -20$ °C; $T_{\bar{u}} = 40$ °C).



Şekil 10. Buharlaşma zamanının çeşitli radyasyon şiddetlerinde otobüs iç rölatif neminin fonksiyonu olarak değişimi ($T_d = -20$ °C; $T_{\bar{u}} = 40$ °C)



Şekil 11. Buharlaştırma zamanının çeşitli radyasyon şiddetlerinde otobüs iç rölatif neminin fonksiyonu olarak değişimi ($T_d=-10$ °C; $T_ü=60$ °C)



Şekil 12. Buharlaştırma zamanının çeşitli radyasyon şiddetlerinde otobüs iç rölatif neminin fonksiyonu olarak değişimi ($T_d=-20$ °C; $T_ü=60$ °C).

6. DIŞ HAVANIN ISITILMASIYLA BUHARLAŞMANIN İYİLEŞTİRİLMESİ

Şekil 4-10' dan araç içi nemi ön camda buğulaşmasının giderilmesi için çok önemli olduğu gösterilmiştir. Ancak, araç içerisinde yolculardan dolayı iç havanın nemi yüksek olabilmektedir. Bunun bir nedeni yolcuların teneffüsünden dolayı meydana gelen ısı kazancı, bir diğer nedeni ise kış aylarında yağıştan dolayı yolcu giysi üstlerinin nemli olması ve bunların buharlaşmasıdır. En kritik dış hava durum $\phi_d = 1$ durumudur ve yağışlı havada nem bu değerdedir.



İç havanın T_i sıcaklığının aracın radyatörü tarafından sabit tutulduğu kabul edilmektedir. Araç içerisinde belirli bir rölatif nem φ_i istenecektir. Daha önceki sonuçlardan rölatif nemin 0,5 ten büyük olması durumunda buğu çözmenin önemli ölçüde zorlaştığı anlaşılmıştır. Bu durumda φ_i 'nin bu değerden küçük tutulması hedeflenecek ve burada $\varphi_i = 0,4$ kabul edilecektir. Ayrıca araç içindeki ortalama hava hızı u_i 'nin de nemli giysilerden buharlaşmada önemli bir etken olduğu açıktır. Bu hız kış ayları için $u_i = 0,15$ m/s olarak kabul edilmiştir.

İnsanların metabolizmalarının durumuna göre ortama gizli ısı verirler. Bu gizli ısı değeri Q_{g1} olup bir kişinin verdiği gizli ısıdır. Araçta bulunan N kişi için verilen gizli ısı

$$Q_g = N * Q_{g1} \quad (23)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Araçtaki gizli ısıdan buhar miktarı

$$\dot{M}_b = \frac{Q_g}{h_b} \quad (24)$$

olarak bulunabilir. Burada h_b buharın entalpisidir.

Araçtaki yolcuların tamamının veya bir kısmının elbisesi nemli olabilir. Bu yolcuların sayısı N_w olarak alınacaktır. N_w değeri 0 ile N arasındadır.

Elbiselerden buharlaşan su buharı miktarı

$$\dot{M}_w = \beta_i \cdot \Delta\rho_i \cdot F_p \quad (25)$$

Eşitliği ile hesaplanır. Burada F_p kütle transferi yapılan nemli elbise yüzeyi olup, aşağıdaki gibi alınır.

$$F_p = N_w F_{p1} \quad (26)$$

F_{p1} değeri bir yolcu elbisesinin ıslanmış yüzey alanıdır. $\Delta\rho_i$ değeri de yaklaşık olarak

$$\Delta\rho_i = \frac{\Delta R_i}{R_b T_i} \quad (27)$$

eşitliğinden bulunur. R_b buharın özel gaz sabitidir. ΔR_i de yaklaşık olarak

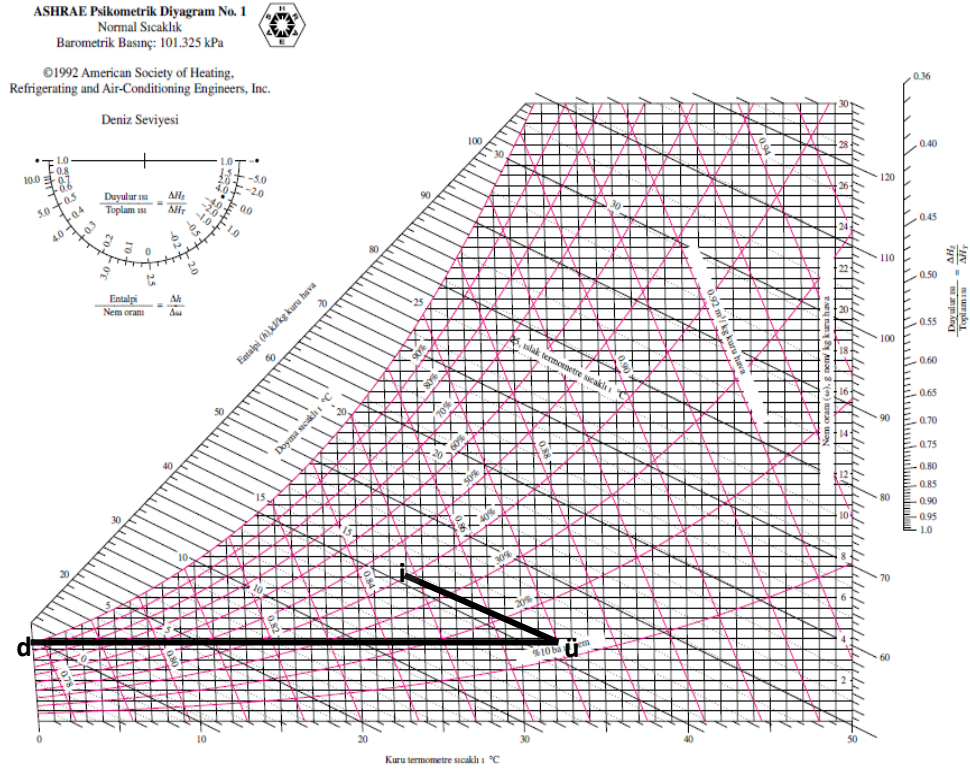
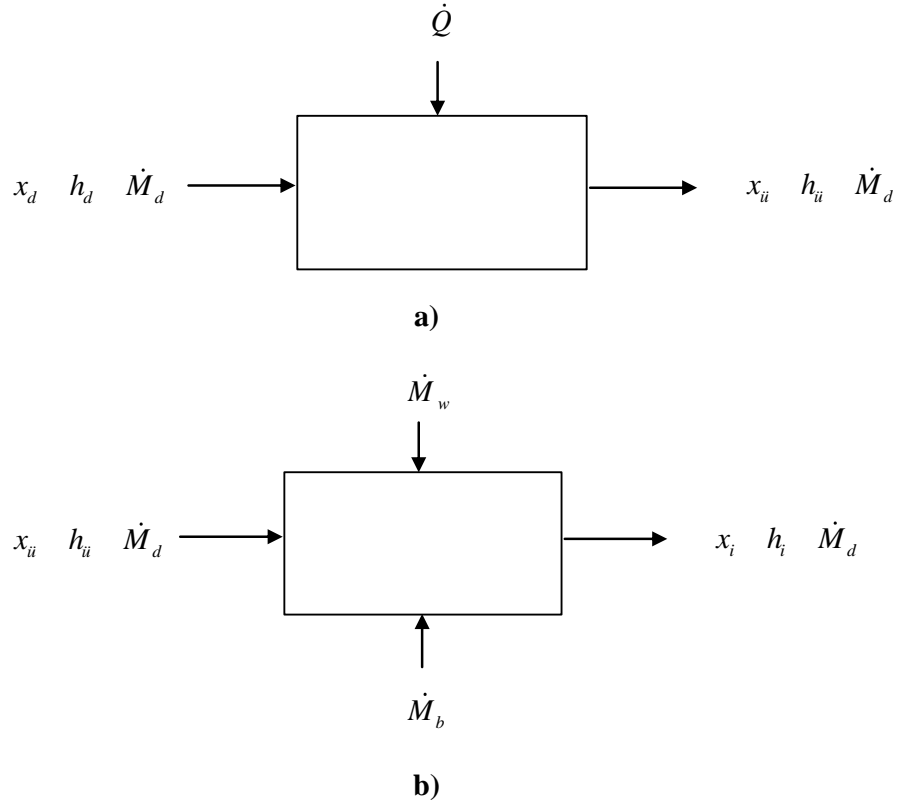
$$\Delta R_i = R_{id} - R_i \quad (28)$$

eşitliğinden elde edilir. R_i ve R_{id} dış hava için verilen (1) –(4) bağıntılarından benzer şekilde elde edilir. Nemli elbiselerden kütle transferi için gerekli kütle transferi katsayısı β_i

$$\beta_i = Sh_i \frac{D_i}{L_i} \quad (29)$$

eşitliğinden bulunur. Burada D_i su buharının hava içindeki difüzyon katsayısı ve L_i de ıslak yüzey uzunluğudur. Sh_i sayısı da laminar ve türbülanslı akış için Nu için verilen (6), (7) ve (10) eşitliklerinden elde edilmelidir.

Şekil 13a, b ve c de dış havanın (D) ısıtılması ve iç hava (I) durumuna getirilmesi ve psikometrik diyagramdaki durumlar gösterilmiştir.



c)

Şekil 13. Dış havanın ısıtılması(a), iç hava durumuna getirilmesi(b), bunların psikrometrik diyagramda gösterimi(c).

Şekil 13'deki a ve b durumları için;

$$x_a = x_d \quad (30)$$

$$\dot{M}_d h_d + \dot{Q}_d = \dot{M}_d h_a \quad (31)$$

$$\dot{M}_d x_{\bar{u}} + \dot{M}_w + \dot{M}_b = \dot{M}_d x_i \quad (32)$$

$$\dot{M}_d h_{\bar{u}} + \dot{M}_w h_w + \dot{M}_b h_b = \dot{M}_d h_i \quad (33)$$

Bu eşitliklerden de

$$\dot{M}_d = \frac{\dot{M}_w + \dot{M}_b}{x_i - x_d} \quad (34)$$

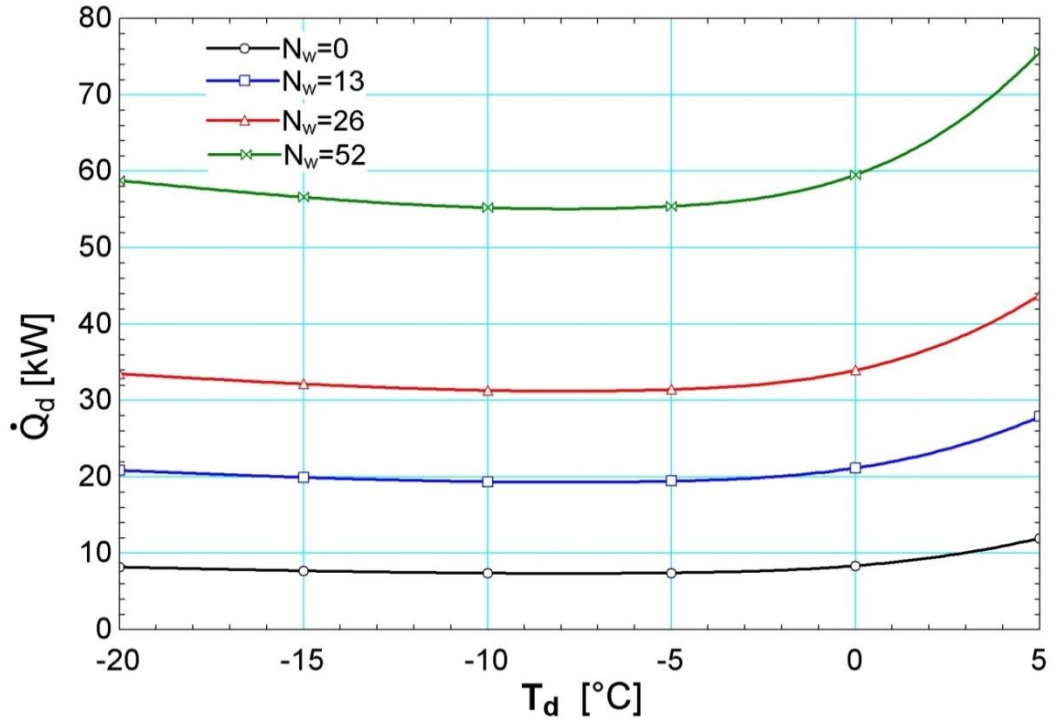
$$h_{\bar{u}} = h_i - (x_i - x_d) \left(h_b + \left(\frac{\dot{M}_w}{\dot{M}_b} \right) h_w \right) / \left(1 + \frac{\dot{M}_w}{\dot{M}_b} \right) \quad (35)$$

$$\dot{Q}_d = \dot{M}_d (h_{\bar{u}} - h_d) \quad (36)$$

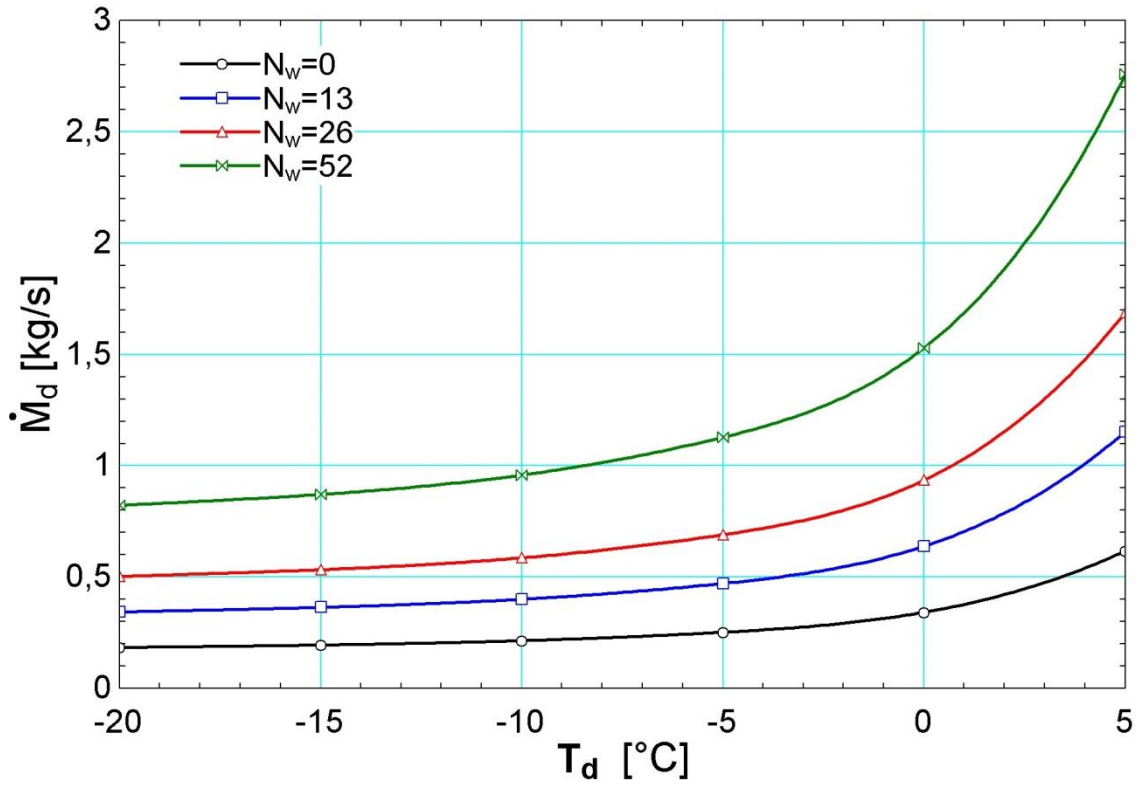
eşitlikleri elde edilir. Burada \dot{M}_d gerekli dış hava debisi \dot{Q}_d ' da gerekli ek ısıtma miktarıdır. Hesaplamalar için aşağıdaki değerler kullanılmıştır.

$$P_T = 101 \text{ kPa}, \quad T_i = 24 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \varphi_i = 0.4, \quad \varphi_d = 1.0, \quad u_i = 0.15 \text{ m/s}, \quad N = 52, \quad \dot{Q}_{g1} = 60 \text{ W}, \quad F_{p1} = 1 \text{ m}^2, \quad L_i = 0.5$$

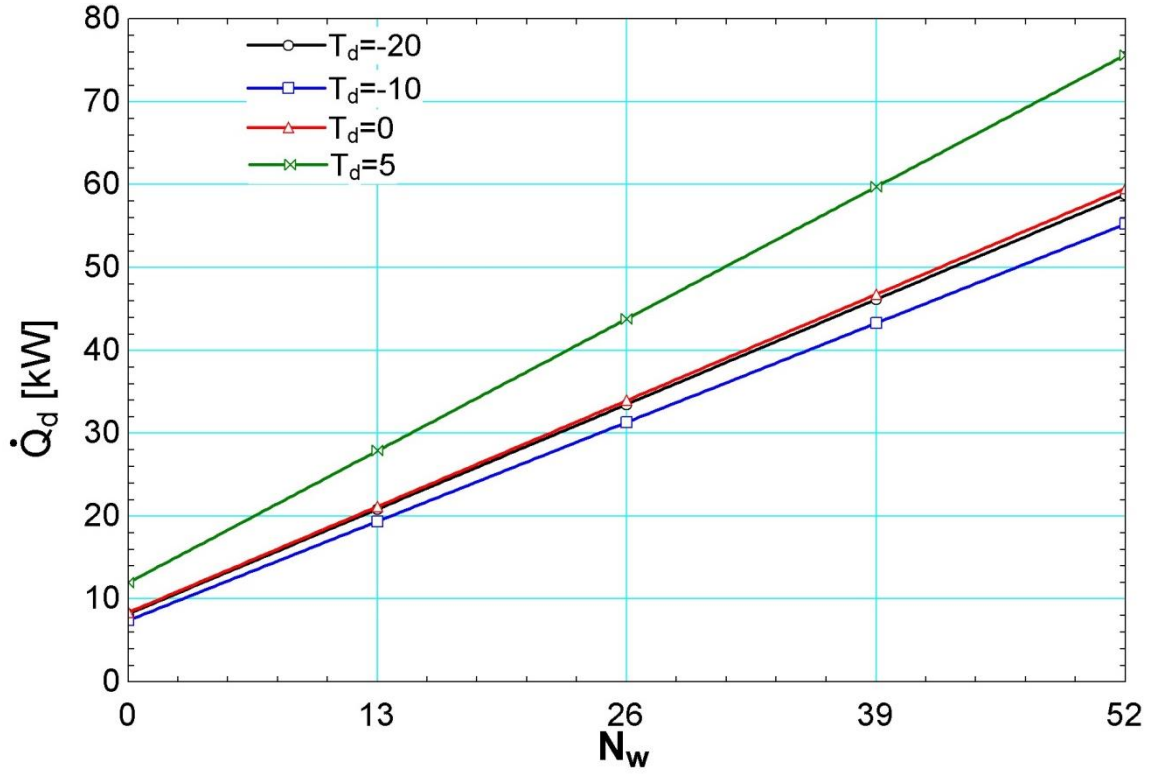
Şekil 14, 15 ve 16'da gerekli \dot{Q}_d ısı ve \dot{M}_d debisi, $T_{\bar{u},g}$, T_d dış hava sıcaklığının fonksiyonu olarak verilmiştir. Islak yolcu sayısı da 52, 26, 13 ve 0 olarak kabul edilmiştir. Verilmesi gereken ısının yaklaşık $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ bir minimum yaptığı görülmektedir. Çiğ noktası sıcaklığı $9,5 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğunda, teorik olarak \dot{M}_d ve dolayısıyla \dot{Q}_d nun sonsuza gitmesi gerekir. Yani dış hava ile nemi düşük $\varphi_i = 0.40$ te tutma imkansız hale gelir. \dot{M}_d ve \dot{Q}_d ' nin ıslak elbiseli yolcu sayısı ile hızla arttığı görülmektedir. Bunun daha iyi anlaşılması için şekil 17, 18, 19 da \dot{Q}_d ısı ve \dot{M}_d debisi N_w ' nin fonksiyonu olarak verilmiştir. Bu şekillerde T_d parametre olarak alınmıştır. Bu şekillerden, verilecek ısı ve hava debisinin ıslak elbiseli yolcu sayısı ile lineere yakın arttığı görülmektedir. Şekillerde verilen ısı miktarları egzoz ısısından yararlanarak kolaylıkla elde edilir.



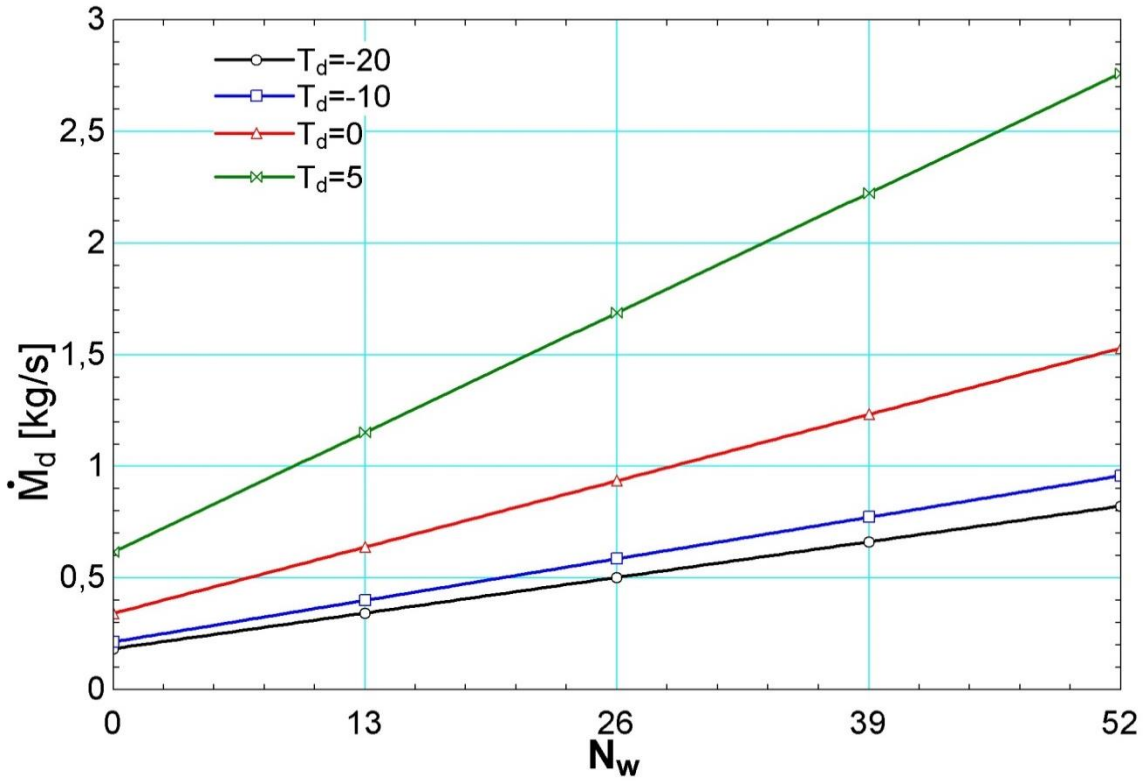
Şekil 14. Gerekli \dot{Q}_d ısıısının T_d dış hava sıcaklığı ile değişimi



Şekil 15. Gerekli \dot{M}_d debisinin T_d dış hava sıcaklığı ile değişimi



Şekil 16. Gerekli \dot{Q}_d ısınsının N_w ıslak elbiseli yolcu sayısı ile değişimi.



Şekil 17. Gerekli \dot{M}_d debisinin N_w ıslak elbiseli yolcu sayısı ile değişimi.

7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Temsa otobüsleri ön camında buğu çözülme testleri $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' deki dış ortam sıcaklıkları olan iklimatik odalarda yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda otobüs iç ortam nemi $\varphi_i = 0.4$ ' te tutulmuştur. Buğu çözmenin 350-450 s arasında giderildiği görülmüş, bulunan bu sonuçlar şekil 5' te verilenlerle kıyaslanabilir düzeydedir.

8. SONUÇ

Bu çalışmada yapılan buğulanan ön cam iç yüzeyindeki buharlaşma teorik analizden otobüs iç havasının konveksiyon ve radyasyonla ısıtma yöntemleri incelenmiş ve bütün yöntemlerde uygun parametrelerde seçilerek buğulanan su buharının makul sürelerde buharlaştırılabileceği görülmüştür. Ayrıca, dış hava kullanılarak kışın iç nemin $\varphi_i = 0.4$ gibi çok küçük seviyelerde bulundurabileceği gösterilmiştir.

9. TEŞEKKÜR:

Bu çalışma TEMSA Teydep 3090590 Nolu proje kapsamında hazırlanmış olup, TEMSA ve TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

10. KAYNAKLAR

- [1] [1] S. M. KELLY, K. V. SANGWAN, Automatic windglass tag promotion method for a vehicle climate control system, USA Patent Nr. 6508408, 2001.
- [2] [2] H. M. SCDHMITT, Z. BACH, T. POLZER, R. HARTMANN, Sensor unit for detecting the wetting of a window, US Patent 6888465, 2005.
- [3] [3] T. M. URBANK, S. M. KELLY, T. O. KING, C. A. ARCHIBALD, Development and Application Of An Integrated Dew Point And Glass Temperature Sensor, SAE World Congress, Defroit 2001.
- [4] [4] G. GROCE, P. DAGARD, F. D. MORA, Numerical simulation of glass fogging and defogging, Int. J. Computational Fluid Dynamics, 19/6 (2005), 437-445.
- [5] [5] T. L. ZOLET, G.G. DUTRA, G. F. DE FREITAS MAIA L. V. M. PEREIRA, CFD and experimental correlations of the defrost flow and vehicle's windshield defogging, 21. Brazilian Congress of Mechanical Engineering, October 24-28 2011, RN, Brazil.
- [6] [6] TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazete.
- [7] [7] T. YILMAZ, A. ÖZBEK, A. YILMAZ, O. BÜYÜKALACA, Influence of Upper Layer Properties On The Ground Temperature Distribution, J. Thermal Science and Technology, 29/2, 43-51, 2009.
- [8] [8] ASHRAE, Radiant Heating and Cooling, ASHRAE Handbook-HVAC Application, chapter 53, 53.1-53.10, 2007.
- [9] [9] ASHRAE, Infrared Radiant Heating, ASHRAE Handbook-HVAC Systems and Equipment, Chapter 15, 15.1-15.8, 2008.



11. ÖZGEÇMİŞ

Tuncay YILMAZ

1945'te Tarsus'ta doğdu. 1968'de Berlin Teknik Üniversitesi'nin Makina Fakültesini bitirdi. 1972 yılında aynı üniversitede doktorasını tamamladı. 1973 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde göreve başladı. 1977 yılında Makina Mühendisliği Bölümü'nde Isı ve Kütle Transferi Bilim Dalında doçent oldu. 1983'te Çukurova Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı'na profesör olarak atandı. Almanya dışında İngiltere'de Cambridge ve Liverpool Üniversiteleri'nde, ABD'de Fullbright bursiyeri olarak Massachusetts Institute of Technology'de misafir öğretim üyesi olarak bulundu. 1982-83 yıllarında K.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölüm Başkanlığı görevini yaptı. 1986-89 yılları arasında Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanlık görevini yürüttü. 1983-2002 yılları arası Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölüm Başkanlığı ve 1991-2002 yılları arası Ç.Ü. Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü görevini yaptı. 2012 yılında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü'ne Profesör olarak atandı. Halen öğretim üyeliği görevini sürdürmektedir.

Mehmet Tahir ERDİNÇ

1988 yılında İskenderun'da doğdu. 2012'de Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'den mezun oldu. 2014 yılında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansını tamamladı. Aynı üniversitede doktora eğitimine başladı ve 2013 yılında başladığı araştırma görevlisi görevini halen sürdürmektedir.

Alper YILMAZ

Doç. Dr. Alper YILMAZ 1975 yılında Tarsus'ta doğdu. 1993 yılında Adana Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. Makine mühendisi unvanını 1997 yılında Boğaziçi Üniversitesi'nden aldı. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi makine mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. Yüksek lisans ve doktora çalışmalarını, sırasıyla, 1999 ve 2004 yıllarında Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde tamamladı. 2004-2006 yılları arası Ç.Ü. Soğutma ve İklimlendirme Merkezi'nde uzman olarak çalıştı. 2006 yılında Ç.Ü. Makine Mühendisliği Bölümüne yardımcı doçent olarak atandı. 2011 yılında doçent unvanını aldı ve 2012 yılında doçent kadrosuna atandı. Halen Ç.Ü. Otomotiv Mühendisliği Bölümü'nde konveksiyonla ısı transferi ve araçlarda soğutma alanlarında çalışmalarına devam etmektedir.

Fatih Han AVCI

1978 yılında Adana' da doğmuştur. Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde yüksek lisans yapmıştır. 2003 yılında Temsa Global A.Ş' de Ar-Ge Mühendisi olarak çalışma hayatına başlamış olup halen aynı şirkette Ar-Ge Yöneticisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.