



**Bu bir MMO  
yayıdır**

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

## **BİR METRO İSTASYONUNDA PLATFORM AYIRICI KAPILARIN İÇ ORTAM ŞARTLARINA ETKİSİ**

**NURDİL ESKİN  
MESUT GÜR  
OĞUZ BÜYÜKŞİRİN  
ÜNAL ALTINTAŞ  
YILDIRAY YEDİKARDEŞ  
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**



# BİR METRO İSTASYONUNDA PLATFORM AYIRICI KAPILARIN İÇ ORTAM ŞARTLARINA ETKİSİ

Nurdil ESKİN  
Mesut GÜR  
Oğuz BÜYÜKŞİRİN  
Ünal ALTINTAŞ  
Yıldıray YEDİKARDEŞ

## ÖZET

Yer altı raylı yolcu taşıma sistemleri hızı, yolcu taşıma kapasitesi, güvenilirliği ve konforu sayesinde en çok tercih edilen taşıma sistemi haline gelmişlerdir. Bu sistemlerde, istasyona giren trenin önünde sürüklediği yüksek hızdaki havanın yolcu üzerindeki etkisinin azaltılması, yolcuların tren hattına geçişlerinin önlenmesi veya herhangi bir fiziksel rahatsızlık nedeni ile insanların tren hattına düşmesinin önüne geçilmesi amacıyla istasyonların peron sınırlarında platform ayırıcı kapılar (PAK) kullanılmaktadır.

Yolcuların kısa zaman dilimlerinde buldukları yer altı istasyonlarının çevresel ortam konforu ve taze hava ihtiyacı platform ayırıcı kapı sistemlerinin kullanımı ile değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada bir yer altı istasyonu iç ortam şartlarına, peron ayırıcı kapı sistemlerinin etkisi incelenmiştir. Bu amaçla istasyon modülü katı modeli oluşturulmuş, istasyonda ısı konforuna etki eden iç ortam değişkenleri incelenmiş ve analizler hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) analizi Autodesk Simulation CFDesign paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan simülasyonlar sonucunda platform ayırıcı kapıların istasyon iç ortam şartlarına olan etkisi irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Metro, Isıl konfor, Hesaplamalı akışkanlar dinamiği, PAK ( Platform ayırıcı kapı)

## ABSTRACT

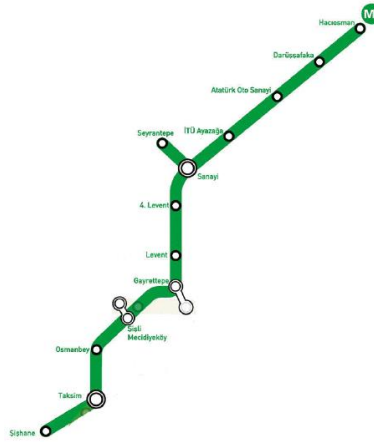
Underground rail transport systems are the most commonly preferred urban transport vehicles thanks to their speed, passenger capacity, safety factors and passenger comfort. In these systems, platform screen doors (PSD's) are frequently used in order to reduce the impact of high speed air on passengers which is generated by train motion, prevent passengers from passing the railway line or prevent them from falling by means of any physical discomfort.

For metro stations where commuters spend a short period of time, environmental comfort and the need for fresh air are vary according to which type of PSD is used. In this study; the effect of PSD's to the underground rail transport system's environmental conditions is examined. Following this process, 3D model of the station was created, the indoor parameters which effects the thermal comfort conditions were examined and the analysis were conducted by using Autodesk Simulation CFDesign software by means of computational fluid dynamics (CFD). According to these simulations the effect of PSD's on indoor conditions were examined.

**Key Words:** Thermal comfort, Metro station, CFD (Computational fluid Dynamics), PSD (Platform screen door).

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde özellikle İstanbul da devam eden metro projeleri, istasyonlarda güvenlik koşulları ve konfor şartlarının kontrol edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. İstanbul'da, Avrupa yakası Metro hattında bulunan istasyonlarda, platform ayırıcı kapıların amacı öncelikle güvenlidir. İstasyona giren trenin önünde sürüklediği belirli bir hızdaki havanın etkisi ile özellikle yaşlı ve çocukların düşmelerinin önlenmesi veya herhangi bir fiziksel rahatsızlık nedeni ile insanların raylara düşmesinin önüne geçilmesi amacıyla bu kapılar platform kenarına yerleştirilmek istenmektedir. Bu kapılar farklı boyut ve tipte olabilir. Bazı tipleri tünel ile istasyonu tamamıyla kapatırken bazı tipleri ise belirli oranda kapatma sağlamaktadır. Ancak her halükarda peron kenarlarına güvenlik amaçlı olarak yerleştiren Platform Ayırıcı Kapıları tren piston etkisi ile gelen havanın İstasyon içindeki hareketine tesir edebilmekte ve bu durum istasyon içindeki iç ortam şartlarını etkileyebilmektedir. Literatürde yeraltı raylı sistemleri iç ortam koşullarıyla ilgili sayısal analizler mevcuttur[1-3]. Bu çalışmanın amacı da hesaplamalı akışkanlar dinamiği [HAD] sayısal analizi ile iç ortam şartlarına bağlı olarak değişen ısı konforu sağlayacak farklı geometrideki platform ayırıcı kapıların tasarımının gerçekleştirilmesidir.



Şekil 1. M2 Metro hattı güzergâhının şematik görünümü.

Şekil 1'de gösterilen M2 metro hattı toplam 12 istasyona sahiptir İstasyonun mimari projeleri İstanbul Ulaşım A.Ş. tarafından sağlanmıştır ve tüm analizlerde fiziksel boyutlar bu projeler kullanılarak elde edilmiştir.

Bu çalışma kapsamındaki tüm analizler İstanbul metrosunda bulunan bir delme tünel tip bir istasyon ele alınarak yapılmıştır.

### 1.1. Platform kapı sistemleri

Günümüzde platform kapı sistemleri çok çeşitli şekillerde üretilmektedir. Tren hareketleri istasyonun havalandırılmasına katkıda bulunduğu için, istasyon ve tren bölgesini tam olarak ayırmayan platform ayırıcı kapılar da bulunmaktadır. Bu sistemler Şekil 2' de de görüldüğü gibi genel olarak üç tiptedir. Bunlar;

- ✓ Tam Platform Kapı Sistemleri PAK (PSD)
- ✓ Yarı Platform Kapı Sistemleri YPAK (PED)
- ✓ Platform Geçit Sistemleri PGS (PSG)

olarak tanımlanmaktadır.



### 3. BİR İSTASYON MODÜLÜNDEKİ ENERJİ MODELLEMESİ

İstasyon için ısı konforuna etki eden ısı yükleri hesaplanırken yaklaşma, istasyon ve uzaklaşma tünellerinden meydana gelen istasyon modülü esas alınarak ısı yükleri hesaplanmıştır[4]. Bir istasyon modülü içindeki ısı kazançları temel olarak ikiye ayrılır;

- Bunlardan ilki tren kaynaklı ısı kazançlarıdır ki bunlar frenleme ve ivmelenme sırasında oluşan mekanik ve aerodinamik sürtünme dirençleri kaynaklı kazançlar, fren rezistörü, tren kliması, motor kazançları, 3. ray kazancı olarak ifade edilir.
- İstasyon içindeki bir diğer ısı kazanç faktörü ise istasyondan doğan ısı girdilerdir ki bunlar istasyon aydınlatması, tünel aydınlatması, asansörler, yürüyen merdivenler, reklam panoları, mağazalar ve istasyon içindeki yolculardan kaynaklı ısı girdiler olarak düşünülür.

Bu ısı girdileri incelendiğinde frenleme esnasında en etkili faktörün mekanik dirençlerden ve rezistörlerden kaynaklandığı, ivmelenme sırasında en etkili faktörün motor kayıplarından olduğu ve genel olarak bakıldığında ise istasyon modülüne 224 kW ile en etkili ısı yük girdisinin tren klimasına ait olduğu görülmüştür.

### 4. İÇ ORTAM ŞARTLARINA BAĞLI OLARAK BAĞIL SICAKLIK İNDEKSİ

Bir metro istasyonunda ortam sıcaklığı, nemi, hava hızları ve basınç değişimleri iç ortam şartlarının değişimi hakkında bilgi vermektedir. Ancak yolcuların gerek istasyon ve gerekse tren içinde geçirdikleri seyahat süreleri boyunca nasıl hissedecekleri hakkında bir bilgi verememektedir. Oysa yolcuların seyahat ettikleri kısa süreler zarfında buldukları ortamda rahat ve kendini konforlu bir ortamda olarak hissetmesi, toplu taşımacılığı tercih etmesindeki önemli faktörlerden birisidir. ASHRAE sıcaklık ve hava hızı ile yolcuların hareketine ve giysilerinin kalın veya ince oluşuna göre Bağlı Sıcaklık İndeksi(BSI) adı verilen bir konfor tanımlaması yapmış ve bu indeksin değerlerine göre yolcuların kendilerini nasıl hissedebilecekleri konusunda önermelerde bulunmuştur. [4] Bu indeks,

$$BSI = [M \cdot (I_{cw} + I_a) + 1,13 \cdot (T - 95) + R \cdot I_a] / 74,2$$

olarak tanımlanmıştır.

BSI: Bağlı sıcaklık indeksi

M: Metabolizma hızı [Btu/hr.ft<sup>2</sup>]

I<sub>cw</sub>: Islak kıyafet yaklaşımıyla kıyafet yalıtımı [clo]

I<sub>a</sub>: Havanın sınır tabakasına bağlı yalıtım etkisi [clo]

T: Kuru termometre sıcaklığı [F]

R: Etraftan ışıma ile olan ısı etkisi [Btu/hr.ft<sup>2</sup>]

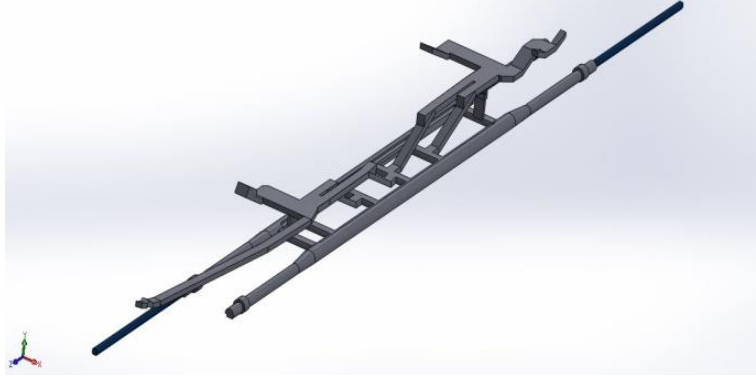
Bu hesaplamaya bağlı olarak da Tablo 1 de verilen Ashrae Konfor sınıflandırması yapılmıştır.

**Tablo 1.** Bağlı Sıcaklık İndeksine bağlı konfor sınıflandırması

| Ashrae Konfor Sınıflandırması | Bağlı Sıcaklık İndeksi |
|-------------------------------|------------------------|
| Sıcak                         | 0.25                   |
| Ilık                          | 0.15                   |
| Konforlu                      | 0.08                   |
| Serin                         | 0.00                   |

## 5. HAD MODELLEMESİ

İstasyon modülü; yaklaşma tüneli, istasyon ve uzaklaşma tüneline oluşmaktadır. Bu çalışmada kullanılan metro istasyonunun yolcu ısı konfor şartlarını HAD analizi ile inceleyebilmek için istasyon 1:1 gerçek ölçekte üç boyutlu olarak SolidWorks® programı ile modellenmiştir. Modellenen bölge, istasyona ait hava hacmidir. Bu hacim, tasarımı yapılan üç boyutlu kabuk modelden çıkarılmıştır. Gerçekleştirilen akış analizinde de hava hacmi modeli kullanılmıştır. Şekil 4’ te istasyona ait hava hacminin model görünümü verilmektedir. Şekil 5’ te ise istasyona ait bölümler gösterilmektedir.



Şekil 4. İstasyona ait hava modelinin 3 D gösterimi



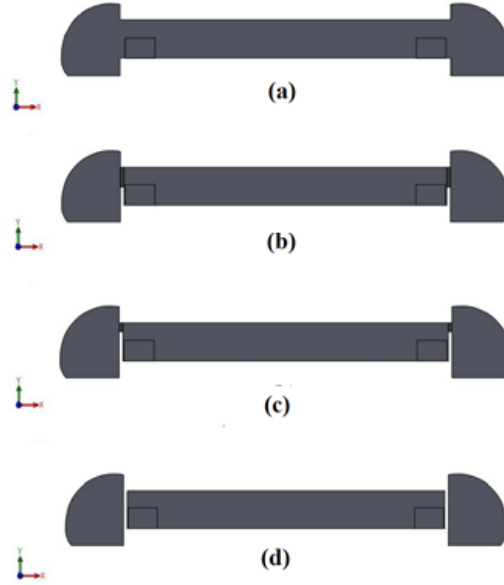
Şekil 5. İstasyona ait bölümlerin gösterimi

Metro istasyonu 200 metre uzunluğunda ve 3.4 metre genişliğinde iki perondan oluşmaktadır. Peronlara ulaşım için ise 19 metre yüksekliğinde 4 adet yürüyen merdiven ve yürüyen merdiven holü, 5 istasyon giriş ve çıkış bölümü ile 4 adet geçiş pasajı bulunmaktadır. Bu bölümlere ek olarak istasyonun başında ve sonunda 2 adet havalandırma bacası bulunmaktadır.

Yapılan çalışma kapsamında, platform ayırıcı kapı sisteminin insan ısı konforu şartlarına göre uygulanabilirliği incelenmektedir. Bu sebeple analizde, farklı kapı tiplerinin tanımlandığı üç boyutlu modeller kullanılmıştır. Analizde kullanılmış olan üç boyutlu modeller sırasıyla şu şekildedir:

- ✓ Kapısız istasyon modeli
- ✓ 1.5 metre yüksekliğinde kapılı istasyon modeli
- ✓ 2.4 metre yüksekliğinde kapılı istasyon modeli
- ✓ Tam yükseklikte kapılı istasyon modeli

Autodesk CFD Simulation programı boşluk olan yerleri duvar olarak görmekte ve bu bölgelerde ısı geçişine ve hava geçişine izin vermemektedir. Şekil 6’ da kapıların istasyona tanımlanması yandan görünüşten kesit alınarak gösterilmiştir.



**Şekil 6.** İstasyon modellerinin yandan görünüş kesitleri. (a) PAK'siz istasyon modeli, (b) 1.5m yükseklikte PAK'li istasyon modeli, (c) 2.4m yükseklikte PAK'li istasyon modeli, (d) Tam yükseklikte PAK'li istasyon modeli

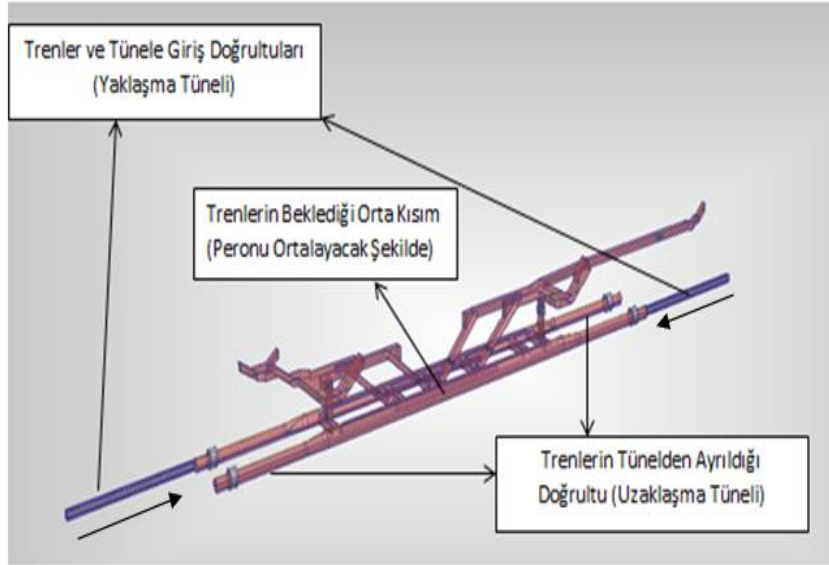
Kullanılacak analiz programında çözüm kolaylığı sağlayabilmek açısından çeşitli geometrik basitleştirmeler yapılmıştır. Yapılan kabuller sonucunda istasyona ait hava hacmi bire bir olarak modellenmiştir.

Hesaplama Akışkanlar Dinamiği (HAD) analizi Autodesk Simulation CFD programında gerçekleştirilmiştir. Analizler ilk olarak düzenli rejimde çalıştırılarak optimum sonlu eleman sayısı saptanmış, daha sonra zaman bağlı çözümler yapılarak nihai sonuçlara gidilmiştir. Bu kısımda geometrinin analizinde kullanılacak sınır şartları, başlangıç şartları ve malzeme atamaları yapılmıştır. Çıkan sonuçların, bir metro istasyonundaki hava hareketlerine bağlı olarak sıcaklık, basınç ve hız dağılımlarının hususunda önemli bilgileri sağladığı görülmüştür.

## 6. HAD ANALİZİ SONUÇLARI

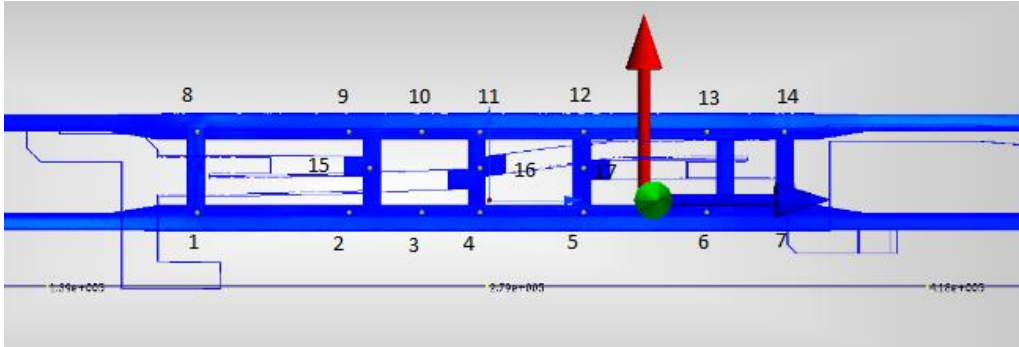
Yapılan analizlerde, trenler zıt yönlerde istasyona girmekte, yavaşlayarak istasyon ortasında durmakta, yolcuların aktarımını bekledikten sonra ise yine zıt yönlerde istasyonu terk etmektedirler. İstasyon senaryosunda tren hareket konumları Şekil 7' de gösterilmiştir. Trenin toplam analiz süresi 100 saniye olarak belirlenmiştir.





Şekil 7. Yaklaşma, bekleme ve uzaklaşma bölgeleri.

Yapılan HAD analizleri, dış ortam sıcaklığının 35°C olması durumunda ve normal işletme koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, PAK sistemi olmadığı ve 2,4 metre PAK sisteminin kullanılması hali için verilmiştir.

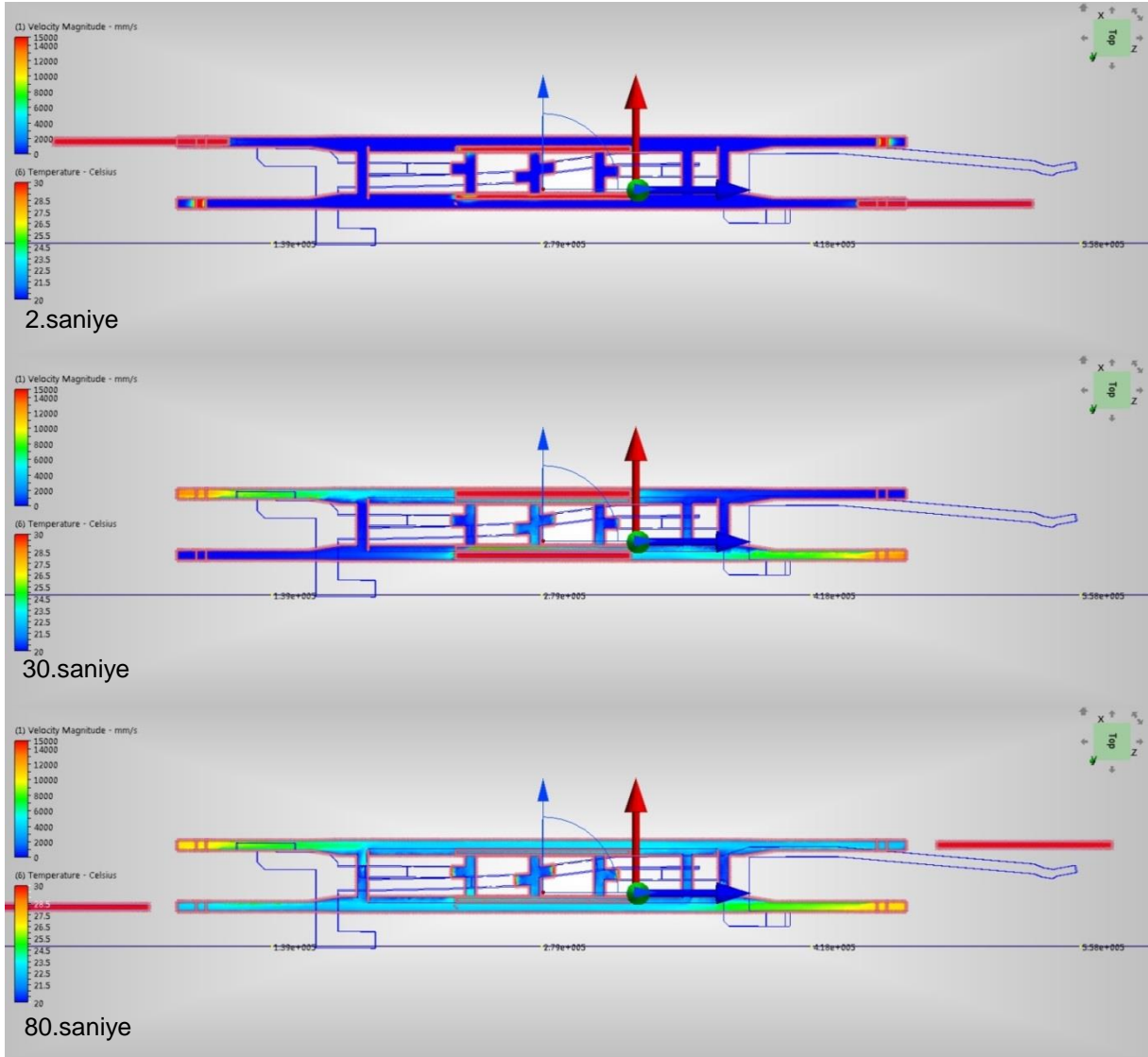


Şekil 8. İstasyon analizinde ele alınan yerel noktalar.

Şekil 8' de, analiz sonuçlarının gösterileceği istasyon alanındaki önemli 17 nokta gösterilmiştir. Burada 1, 7, 8 ve 14 noktaları hava atım bacaları girişleridir. 4 ve 11 her iki peronun tam ortasıdır. 16 numara ise yürüyen merdivenlerin bulunduğu holün tam ortasıdır. Çalışmada bu mahallerin yerden 1.7 m yüksekliğindeki iç ortam simülasyon sonuçları da verilmiştir.

### 6.1. Yaz aylarında normal çalışma halinde platform ayırıcı kapıların etkisi

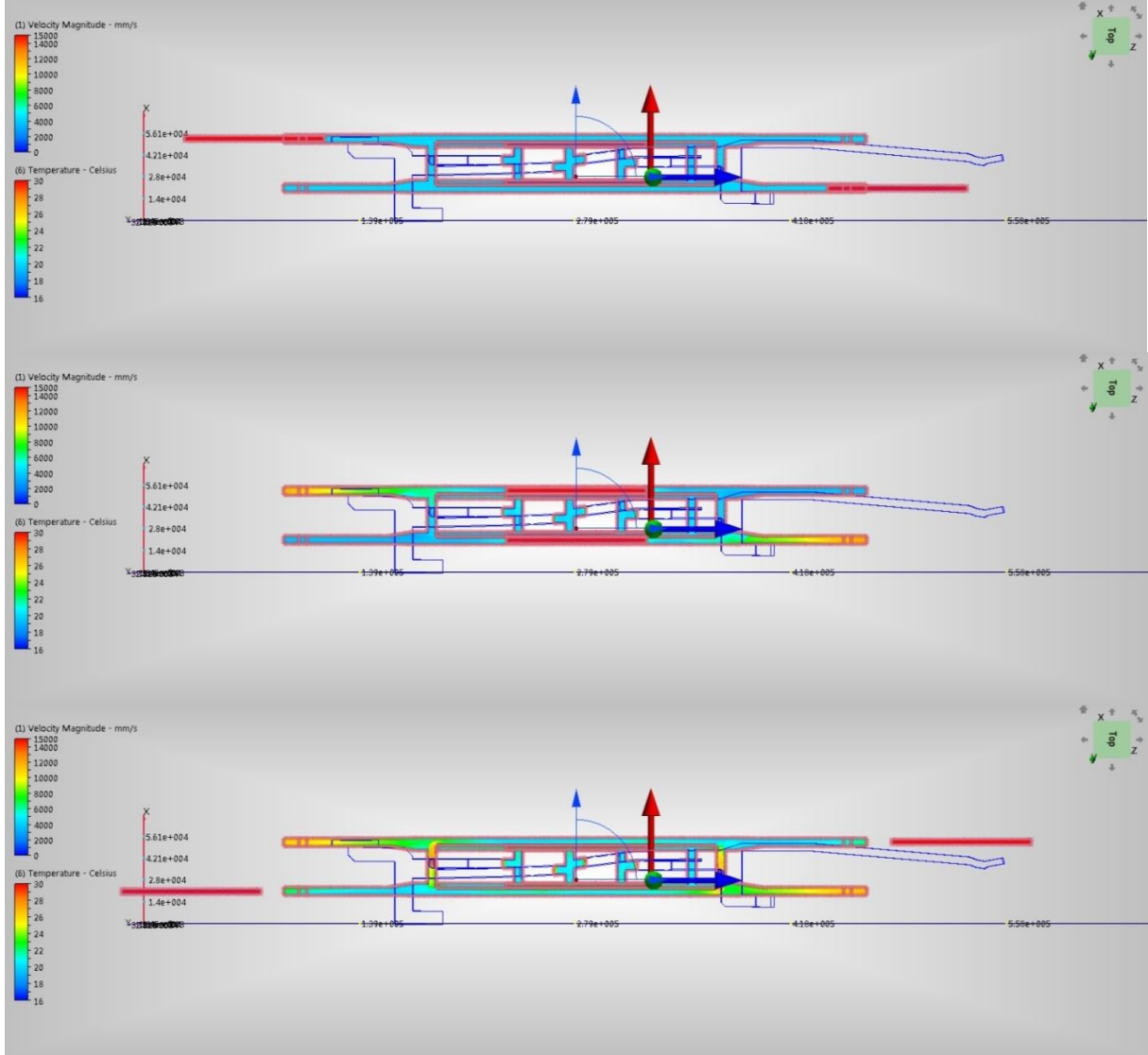
Bu analizlerde platformlarda kapı konulmasının, istasyon iç ortam şartlarına olan etkisi, 35 °C dış ortam sıcaklığında ve normal işletme şartlarında incelenmiştir. Platform ayırıcı kapıların etkisinin görülebilmesi için önce platformda ayırıcı kapı olmayan durum (referans hal) incelenmiştir. Şekil 9a' da bu durumdaki sıcaklıkların istasyon içinde lokasyonla ve zamanla değişimleri görülmektedir. Ardından farklı kapı tipleri simülasyonları yapılarak istasyon içindeki ısı şartları incelenmiştir.



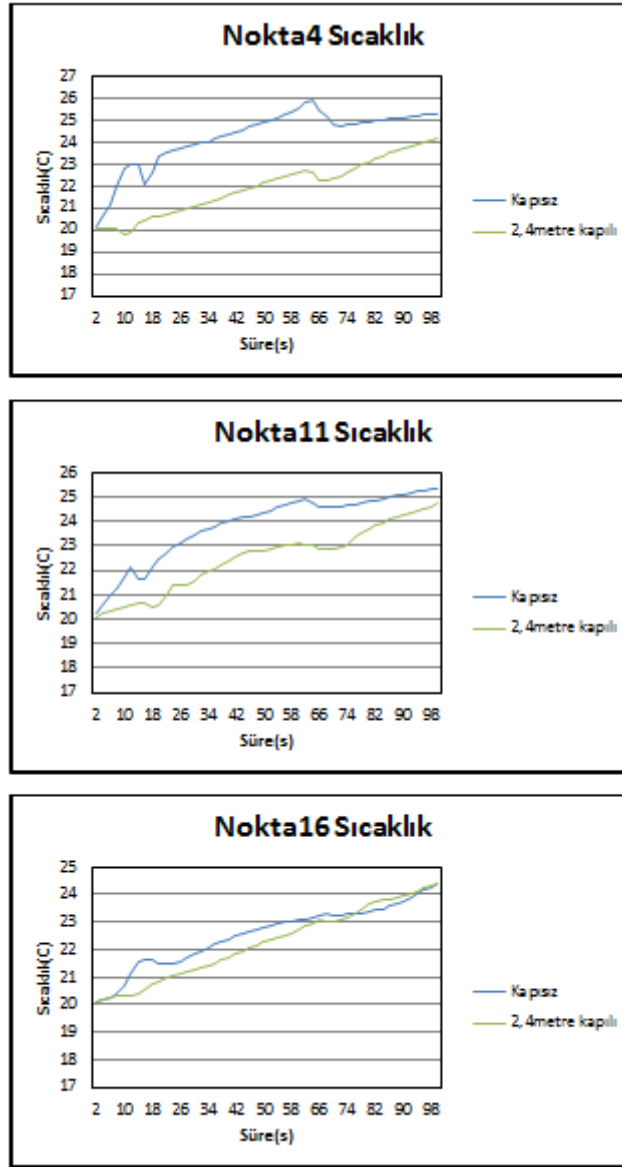
**Şekil 9.a.** Normal çalışma halinde Platform Ayırıcı Kapı olmaması durumunda istasyonda zamana bağlı sıcaklık dağılımı

Yukarıdaki şekilde de görüleceği üzere hava sıcaklıkları istasyona giren trenin hareketine paralel olarak değişmekte, tren perona girerken istasyon sıcaklığı yükselmekte, tren perondan ayrılırken ise sıcaklık düşmektedir. Dış ortam sıcaklığı 35 °C olduğu yaz şartlarında trenler istasyondan ayrılırken oluşan vakum etkisi hava atım bacalarının bulunduğu bölgelerde sıcaklığı arttırmıştır.

Şekil 9.b' de ise 2,4 metre yükseklikte PAK kullanıldığında hava sıcaklığının istasyon içinde yere ve zamana bağlı olarak değişimi gösterilmektedir. Görüldüğü üzere trenin istasyona girişi ile hava sıcaklıkları artmakta, trenin ayrılması ile oluşan piston etkisi sonucu sıcaklıklar yeniden azalmaktadır. Ancak platform ayırıcı kapılar bu sıcak ortamın platforma yayılmasını engellediğinden yolcuların beledikleri mahallerde maruz kaldıkları sıcaklıklar tren hattındaki sıcaklıklardan daha düşük olmaktadır. Bu durum Şekil 10 da verilen sıcaklık dağılımları ile de gözlemlenmektedir.



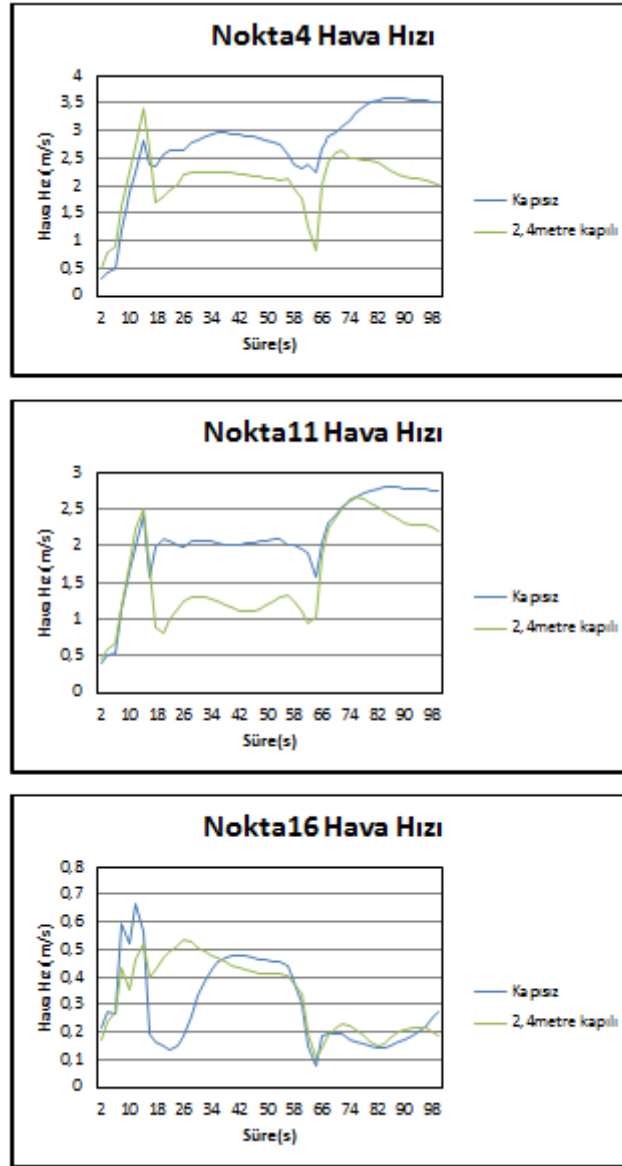
**Şekil 9.b.** 4'lü tren normal çalışma halinde zamana bağlı sıcaklık dağılımının gösterimi ( 2,4 m PAK).



**Şekil 10.** 4'lü tren normal çalışma halinde zamana bağlı platform sıcaklık dağılımları.

Şekil 10 'da istasyonun orta bölgesi olan 4, 11, 16 noktalarındaki zamana bağlı sıcaklıkların grafiksel gösterimi bulunmaktadır. Bu değerler 35 °C dış sıcaklık, 4'lü ve normal çalışma şartları altında elde edilmiş ve sonuçlar PAK olmayan durum için (kapsız hal) ve 2,4 m PAK için gösterilmiştir.

Bu grafiklerden de anlaşılacağı üzere platformu kapı ile tren hattından ayrılması, tren kaynaklı ısı yüklerinin etkisini azaltmakta, istasyonun iç ortam sıcaklığının artmasını engellemektedir.



**Şekil 11.** 4'lü tren normal çalışma halinde tren hareketinin etkisiyle oluşan zamana bağlı hava hızı dağılımları.

Şekil 11 'de 4, 11, 16 noktalarındaki zamana bağlı hava hızlarının kapısız hal ve 2,4 m PAK durumu için grafiksel gösterimi bulunmaktadır. 4. ve 11 noktaların birbirlerine simetrik olmalarından dolayı benzer dağılımlar gösterdiği görülmüştür

Bu iç ortam şartlarının yolcu konforu üzerindeki etkisinin irdelenebilmesi için platform ayırıcı kapı varken ve yok iken istasyon iç ortam koşullarındaki bağıl sıcaklık indeksi değerleri hesaplanarak incelenmiştir. 2,4 m PAK sistemi için bağıl sıcaklık indeksi hesaplamalarında istasyona giren bir yolcunun başlangıçtan itibaren kendini konforlu hissettiği, perona ilk girdiğinde ortamı ılık olarak algıladığı, peronda beklediği süre boyunca ise kendisini konforlu bir ortamda olarak algıladığı sonucu elde edilmiştir.

## SONUÇ

Bu çalışmada, metro istasyonlarında kullanılan platform ayırıcı kapıların (PAK) ısı konforuna etkisi HAD analizleri ile incelenmiştir. HAD analizlerinde, Autodesk Simulation CFD (CFDesign) programı kullanılmış, matematiksel modelin, zamana bağlı çözümleri gerçekleştirilmiştir. Böylece trenin istasyona girmesi, beklemesi ve terk etmesi esnasında tüm hava hareketleri sıcaklık, hız ve basınç değerleri üzerinden hesaplanmış ve dağılımları gösterilmiştir.

Yapılan çalışmada daha çok güvenlik amaçlı kullanılan PAK sistemlerinin ısı konforuna da etkisi olduğu görülmüştür. 2,4 m PAK sisteminde grafiklerden anlaşılacağı gibi referans duruma göre sıcaklıklar 1 °C düşük değerlerdedir. Bu etki PAK sayesinde trenden kaynaklı ısı yüklerinin peron bölgesine geçişinin azalması ile alakalıdır. Ayrıca PAK sistemlerinin kullanılması ile tünelden gelebilecek tozlu havanın istasyon içerisine etkisi de azaltılmış olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] **TsunKe, M., Che Cheng, T. and PorWang, W.** (2002). Numerical simulation for optimizing the design of subway environmental control system. *Building and Environment*. Vol.37, pp. 1139-1152.
- [2] **Ampofo, F., Maidment, G. and Missenden, J.** (2004). Underground railway environment in the UK Part 2: Investigation of heat load. *Applied Thermal Engineering*. Vol.24, pp.633-645.
- [3] **Huang, Y., Li, C. and Kim, C. N.** (2012). A numerical analysis of the ventilation performance for different ventilation strategies in a subway tunnel. *Journal of Hydrodynamics*. Vol.24, pp.193-201.
- [4] United States Department of Transportation, 1976. *Subway Environmental Design Handbook, Volume I, Principals and Applications*, 2nd Edition.

## ÖZGEÇMİŞ

### Nurdil ESKİN

Boğaziçi Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden önce lisans, daha sonra Y. Lisans diplomasını alarak 1981 yılında Yüksek Makina Mühendisi olarak mezun olmuştur. 1982-1990 yılları arasında önce Parsons-Brinkerhoff TSB şirketinde İstanbul Metro ve Tüp Geçit Projesi'nde makina mühendisi olarak çalışmış, daha sonra farklı firmalarda özellikle metro ve raylı taşıma sistemlerinde havalandırma, iklimlendirme, drenaj ve yangın güvenliği konularında mühendis ve proje müdürü olarak görev almıştır.

1990 yılında İ.T.Ü. Makina Mühendisliği programında "Akışkan Yataklı Kömür Yakıcısı Modeli ve İkinci Kanun Analizi" başlıklı tezi ile Doktora derecesini almıştır. 1997 yılında Doçent, 2004 yılında Profesör unvanını almıştır. İ.T.Ü. Makina Fakültesinde bölüm başkan yardımcılığı, Yüksek lisans ve Doktora programları Koordinatörlükleri gibi çeşitli idari kademelerde görev almış, 2008-2011 yılları arasında Akademik işlerden sorumlu Dekan Yardımcılığı görevini yürütmüştür.

TÜYAK Vakfı kurucu üyesi ve yönetim kurulu üyesi de olan Prof.Dr. Eskin'in İki-Fazlı Akışlar, HVAC, Yangın Güvenliği, Isı Tekniği Uygulamaları, Akışkan Yataklı Kazanlar, Binalarda Enerji Verimliliği, Yoğuşma Modelleri ve Analizleri konularında yazılmış ve yayınlanmış kitap, kitap bölümleri, bilimsel rapor, ulusal ve uluslararası makale ve bildiriler olmak üzere toplam 110 adet yayını, "A Cooling Device and a Phase Separator Utilized Therein" isimli buluş ile Yaratıcı (Inventor) ve Kullanıcı (Applicant) olarak dünya patenti vardır. Prof.Dr. Nurdil ESKİN halen İ.T.Ü. Makina Fakültesinde Profesör olarak görev yapmaktadır.

**Mesut GÜR**

Makina Mühendisliği Bölümünü Sakarya Üniversitesinde, Proses Yüksek Mühendisliği bölümünü 1986 yılında Almanya'da Hamburg/Harburg Teknik Üniversitesinde ve Doktorasını Almanya'da 1992 yılında Clausthal Teknik Üniversitesinin Makine Mühendisliği Termodinamik Anabilim dalında tamamladı. Sırasıyla 1994 te Doçentlik ve 1999 yılında Profesörlük unvanını aldı ve halen İTÜ-Makine Mühendisliği bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. 2004-2005 yıllarında Amerika'da Pittsburgh Üniversitesinde Misafir öğretim üyesi olarak süper iletkenlerin soğutulması konusunda araştırmalar yaptı. Araştırma konularının başında yanma/gazlaştırma teknikleri, proses tekniği, kurutma ve endüstriyel fırınlar, mikro kanallar, fan ve pompalar, ısıtma-soğutma ve havalandırma teknolojileri gelmektedir.

**Oğuz BÜYÜKŞİRİN**

1990 İzmir' de doğdu. Lisans eğitimini 2012 senesinde İzmir Dokuz Eylül Üniversitesinde Makine Mühendisliği bölümünde tamamlamıştır. Yüksek lisans eğitimini 2014 senesinde İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Isı-Akışkan Yüksek lisans bölümünde tamamlamıştır. Doktora eğitimine İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalında devam etmektedir.

**Ünal ALTINTAŞ**

1990 yılında Trabzon' da doğdu. 2008 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesinde lisans eğitimine başladı. 2013 yılında lisans eğitimini tamamladı ve bu yıldan beri İstanbul Teknik Üniversitesinde Makine Mühendisliği Bölümü Malzeme ve İmalat programında yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

**Yıldıray YEDİKARDEŞ**

1976 yılında İstanbul' da doğdu. 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde lisans eğitimini, 2002 yılında aynı üniversitede Termodinamik ve Isı Tekniği anabilim dalında yüksek lisans eğitimini, 2009 yılında ise Termodinamik ve Isı Tekniği anabilim dalında doktorasını tamamladı. İş hayatında ise 2002 yılında Araç Bakım Mühendisi olarak Ulaşım A.Ş.' de çalışmaya başladı ve 2009 yılına kadar aynı görevde bulundu. 2009 yılından bu yana aynı şirkette Elektromekanik Sistemler Şefi olarak çalışmaktadır. Avrupa Birliği çerçeve programlarında metro sistemlerinde enerji tüketimlerinin optimizasyonu konulu projede ve ayrıca, metro istasyonlarında konfor ve acil durum havalandırması konulu projelerde görev yapmaktadır. Evli ve 2 çocuk babasıdır. .

