

# YÜKSEK TAVANLI MAHALLERDE ENERJİ ETKİN HAVALANDIRMA – UÇAK BOYA HANGARI UYGULAMASI

İbrahim Utku BAŞYAZICI  
Barış YILMAZ

## ÖZET

Yüksek tavanlı mahaller havalandırma tekniği açısından pek çok güçlüğü içinde barındırmaktadır. Proses ve konfora yönelik ihtiyaçların bütünlük olarak değerlendirilmesini gerektiren geniş hacimli endüstriyel ortamlar yüksek tavanlı havalandırma uygulamalarının tipik örneklerindedir. Bu çalışmada, yüksek tavanlı endüstriyel mahal örneği olarak bir uçak boya hangarı ele alınmıştır. Uçak boya hangarı havalandırma sistemi tasarımındaki temel sorun; çok yüksek hava debileri, proses gereksinimleri nedeniyle ortaya çıkan ciddi ısıtma yükleri ve boya nedeniyle oluşan kontaminasyonun kontrol edilmesi zorunluluğudur. Boya hangarına hizmet edecek klima santrallerinin serpantin yüklerinin ve dolayısıyla toplam enerji tüketiminin azaltılabilmesi için havalandırma sistemi çözümünde “Noktasal Dağıtım Sistemi” olarak isimlendirilen yeni bir havalandırma konseptinden yararlanılmıştır. Geleneksel boya hangarları çoğunlukla çok ciddi havalandırma ve ısıtma yüklerinin ortaya çıkmasına yol açan, tüm hangar kesit alanı boyunca sabit bir minimum hava hızının sağlanması (0,3– 0,5 m/s ) prensibiyle tasarlanmaktadır. Burada önerilen yaklaşım ise boya hangarının, boyanacak uçak tipi ve büyüklüğüne göre, boya prosesinin devam ettiği alanın ayrı bir zon şeklinde havalandırılmasına dayanmaktadır. Sistem detayları boya prosesi gereksinimleri doğrultusunda değerlendirilerek konvansiyonel yaklaşımlar ile “Noktasal Dağıtım” yaklaşımının örnek bir proses için enerji tüketimi açısından karşılaştırması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Boya hangarı havalandırması, Noktasal dağıtım.

## ABSTRACT

High ceiling places have many inherent difficulties in terms of ventilation technology. Industrial places having extensive volumes are the typical examples of high ceiling applications which require integrated approaches for evaluation of process and comfort needs together. In this study, an aircraft painting hangar is considered as high ceiling application example. Main difficulties of designing the ventilation system of an aircraft painting hangar are very high air flow rates, high heating loads occurring because of process requirements and necessity of contamination control of painting process. A new concept called “point wise distribution” is used for ventilation system design of the aircraft painting hangar to decrease the heating coil loads of the air handling units and the total energy consumption. Conventional painting hangars are designed with a principle of supplying constant air velocities (0,3– 0,5 m/s) throughout the cross section area of the hangar, which causes to very high ventilation and heating loads. The suggestion of this study is to ventilate the painting zone separately according to the type and the size of the aircraft to be painted. System details are evaluated according to painting process requirements and a comparison between “point wise distribution” and “conventional approach” is made for a sample process in terms of energy consumption.

**Key Words:** Paint hangar ventilation, Pointwise distribution

## 1. GİRİŞ

Yüksek tavanlı endüstriyel ortam havalandırması; kontaminasyon kontrolü, proses gereksinimleri ve çalışan konforu gibi çeşitli parametrelerin optimizasyonunu gerektirmektedir. Bu çalışmada yüksek tavanlı havalandırma uygulaması olarak özel tasarım gereksinimleri olan uçak boya hangarı ele alınmış ve noktasal dağıtım prensibi olarak isimlendirilen havalandırma yaklaşımının enerji tüketimi açısından genel bir değerlendirmesi yapılmıştır.

## 2. GELENEKSEL TASARIM YAKLAŞIMLARI

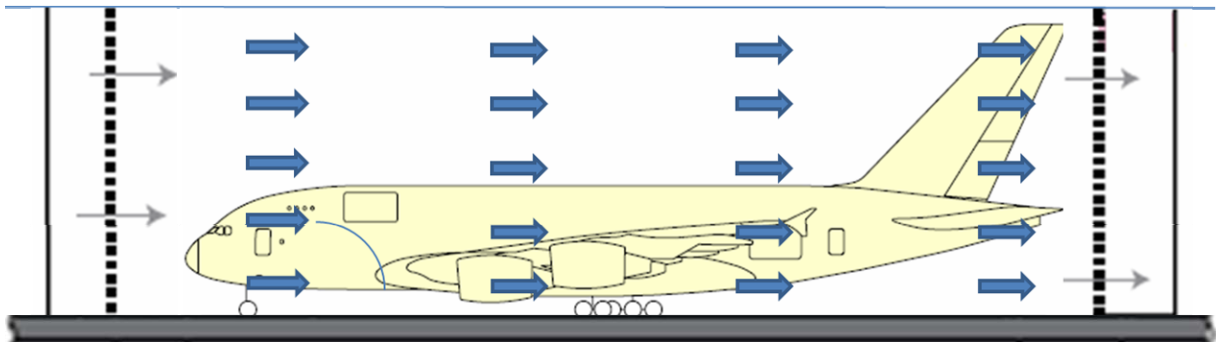
Herhangi bir boya hangarı havalandırma sistemi; boya prosesinin gerçekleştirilebilmesi için uygun sıcaklığa getirilmiş ve filtrelenmiş havayı sağlamalı ve spreyci işlemleri sırasında ortama yayılan uçucu boya bileşenleri ile partikülleri kontrol ederek, kullanılan boya tipine göre insan sağlığına zararlı uçucu boya bileşenlerinin belirlenen maruz kalma limitlerini aşmasını önlemelidir. Bunun yanısıra; ortamdaki uçucu madde konsantrasyonunun patlama limitlerini aşmaması da diğer bir kriterdir.

Genel olarak bakıldığında ise uçaklar ve özellikle büyüklükleri nedeniyle geniş ve dar gövdeli ticari jetler, uçak geometrisinin yarattığı problemler nedeniyle boya prosesine yönelik havalandırma sistemi tasarımını güçleştirmektedir. Boya hangarı uygulamaları açısından endüstri standardı haline gelmiş iki temel yaklaşım olan çapraz akışlı ve yukarıdan aşağı akışlı boya hangarı çözümleri aşağıda özetlenmiştir.

### 2.1 Çapraz Akışlı Boya Hangarları

Çapraz akışlı havalandırma çözümü, boya hangarları açısından en yaygın kabul görmüş yaklaşımlardan birisidir ve farklı boyutlarda birçok ticari ve askeri uçak için standart bir çözümdür. Çapraz akışlı boya hangarlarında şartlandırılmış hava aynı zamanda besleme plenumu olan hangar kapısından uçağın burnundan kuyruğa doğru verilerek, uçağın arkasında belli bir mesafede konumlandırılmış üç kademeli filtrelere sahip egzoz plenumundan geçirilerek dışarı atılır. Bu yaklaşımda hava uçağın aerodinamik profiline uygun olarak hareket ettiğinden tüm hangar kesitinde düzgün bir hız profili yakalanarak, istenmeyen vortekslerin azaltılması sağlanır ve göreceli olarak daha az hava debisine ihtiyaç duyulur.

Bu havalandırma çözümü ile ilgili temel problem çapraz hava akışı ile taşınan fazla boya spreyinin uçağın arka kısımlarına doğru gövde üzerinde toplanarak pürüzlü bir yüzey görüntüsü oluşmasına neden olmasıdır.

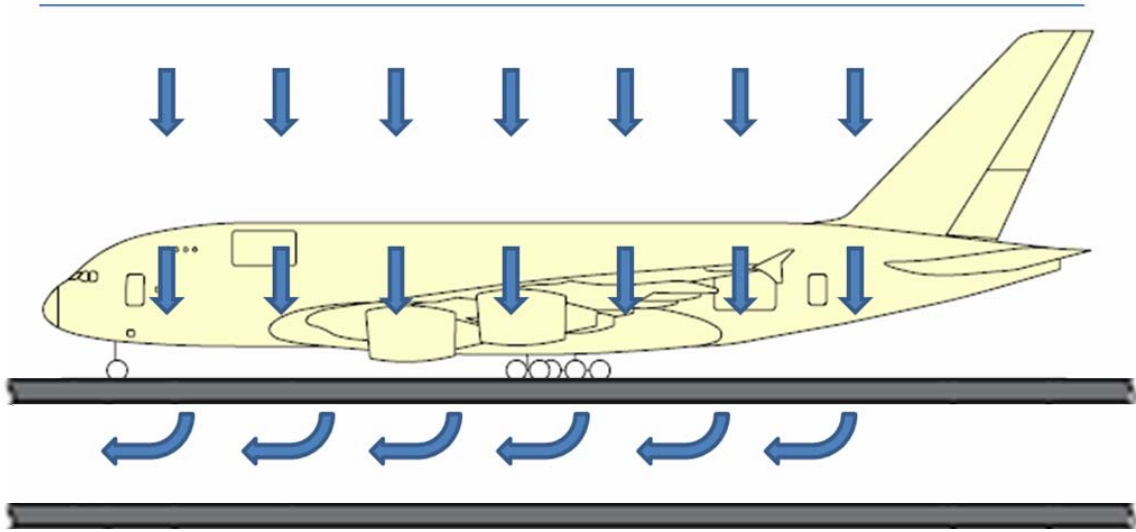


Şekil 1. Çapraz Akışlı Uçak Boya Hangarı

## 2.2 Yukarıdan Aşağı Akışlı Boya Hangarları

Yukarıdan aşağı akışlı boya hangarlarında hava hareketi hangar tavanından zeminde uçağın silüetini takip edecek şekilde konumlandırılmış egzoz ızgaralarına doğrudur ve yine üç kademeli filtreler bu ızgaraların bağlı olduğu ana egzoz plenumu içerisinde konumlandırılmıştır.

Yukarıdan aşağı akışlı boya hangarları genel olarak daha fazla havalandırma debisine ihtiyaç duyar ve kanat altındaki alanlarda oluşabilecek hava sirkülasyonu bu yaklaşımın handikaplarından biridir. Ancak yatay yüzeylerde çapraz akışlı hangarlarda boya spreynin taşınması ile oluşan yüzey kalitesi problemleri yukarıdan aşağı akışlı hangarlar için sözkonusu değildir. Sistemin en önemli dezavantajı ise döşemede belli bir boyuttaki uçağın silüetine göre tasarlanmış egzoz ızgaralarının farklı büyüklükte uçaklar ile çalışırken sistemin esnekliğini azaltması ve döşeme altı egzoz sisteminin getirdiği ekstra inşai maliyetlerdir.



Şekil 2. Yukarıdan Aşağı Akışlı Uçak Boya Hangarı

## 3.NOKTASAL DAĞITIM YAKLAŞIMI

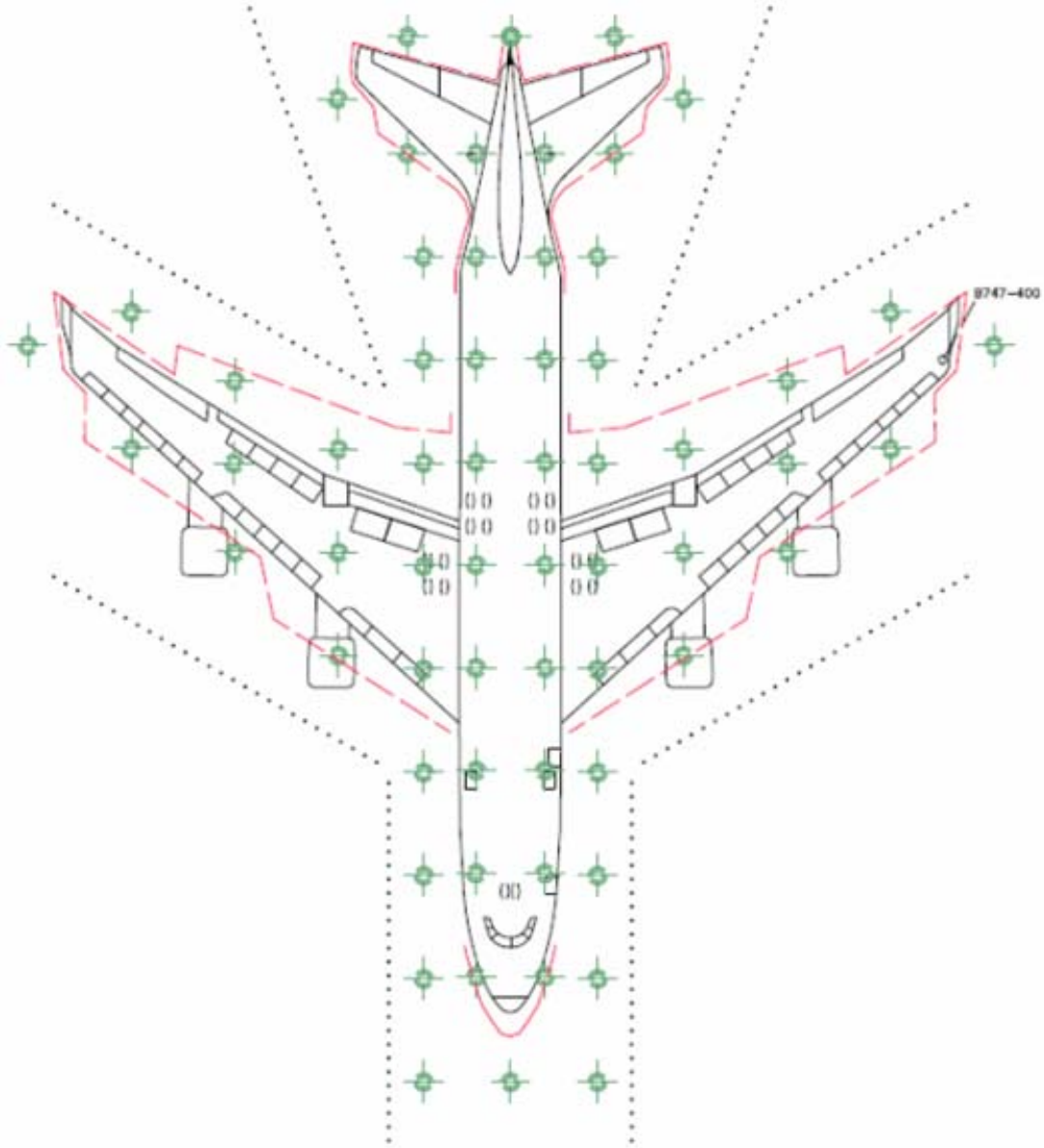
Noktasal dağıtım yaklaşımı esas olarak yukarıdan aşağı akışlı boya hangarı tasarımının bir varyasyonudur. Geleneksel boya hangarları çoğunlukla çok ciddi havalandırma ve ısıtma yüklerinin ortaya çıkmasına yol açan, tüm hangar kesit alanı boyunca sabit bir minimum hava hızının sağlanması (0,3– 0,5 m/s ) [2,5] prensibiyle tasarlanmaktadır. Özellikle geniş gövdeli uçaklara hizmet edecek boya hangarları söz konusu olduğunda bu prensiple tasarlanan sistemlerin havalandırma ihtiyaçları ve enerji tüketimleri dramatik bir şekilde artmaktadır.

Noktasal dağıtım yaklaşımı ise; sadece boya prosesinin gerçekleştiği alanın, uçağın silüetini takip edecek şekilde konumlandırılmış deplasmanlı difüzörler yardımıyla ayrı bir zon olarak havalandırılması prensibine dayanmaktadır. Boya yapılan alan ile hangarın geri kalan kısmı arasındaki ayrım Şekil 3.'te gösterildiği gibi deplasmanlı difüzörler ve yine uçağın silüetini takip edecek şekilde konumlandırılmış jet nozulların yaratacağı hava perdesi etkisiyle sağlanmaktadır.

Hava akışının boya prosesinin gerçekleştiği yer ile sınırlandırılması toplam hava debisinin ve dolayısıyla tüm ekipman kapasitelerinin düşmesini sağlamaktadır. Böylelikle, sınırlandırılan bölge içerisinde daha kontrollü bir hava hareketi sağlanırken toplam enerji tüketimi azalmaktadır. Bu sistem özellikle konvansiyonel difüzörlerin pratik uygulama sınırlarını aşan, ticari dar ve geniş gövdeli uçak boya hangarları için idealdir. Burada önerilen deplasmanlı difüzörler 10 – 30 metre arasında etkin bir

şekilde çalışabilmektedir, ki bu özellik noktasal dağıtım sistemini hemen hemen tüm geniş ve dar gövdeli ticari jet hangarlarında kullanılabilir kılmaktadır.

Deplasmanlı difüzörlerin yerleşimi boyanacak uçak veya uçakların tipleri ile yakından ilgili olmasına rağmen, genel bir yaklaşım olarak boya prosesinin yaklaşık % 70–80'nin gerçekleştirildiği gövde bölgesi üzerinde 5m, kanat bölgesinde ise maksimum 7,5m aralıklarla yerleşim yapılabilir. Eğer boya hangarı farklı büyüklük ve tipteki uçaklara hizmet edecekse, difüzör yerleşimi bu kısıt dikkate alınarak yapılmalı, tek uçak tipine göre optimize edilmiş bir yerleşim yapılmamalıdır. Jet nozuller ise istenilen hava perdesi etkisinin sağlanabilmesi için yaklaşık 1m aralıklarla dizilmeli ve maksimum sıcaklık farkı ile hangar yüksekliği dikkate alınarak hava perdesi etkisinin sağlanması için gerekli momentum sağlanabilecek şekilde jet nozul seçimi yapılmalıdır.

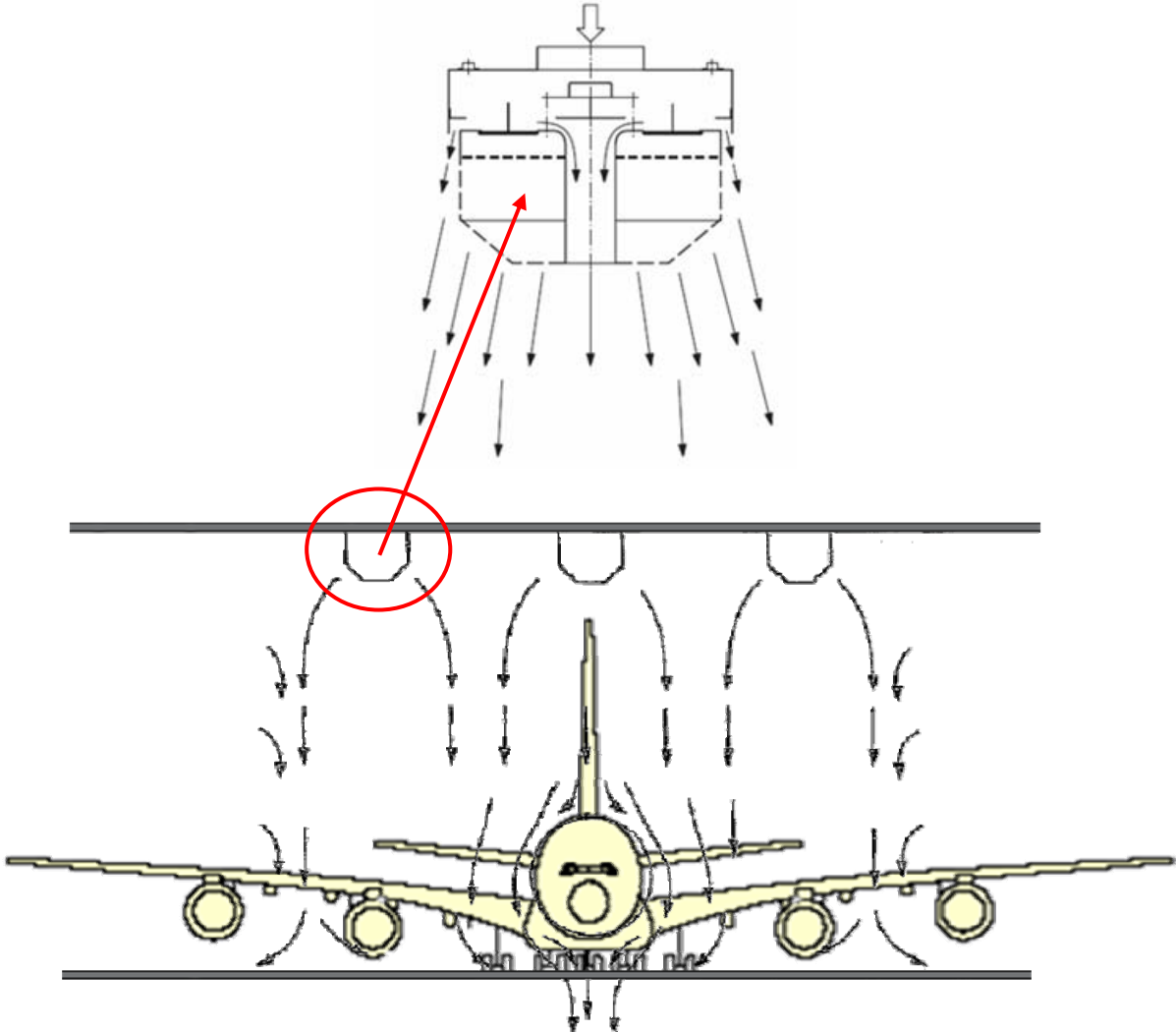


**Şekil 3.** Noktasal Dağıtım Yaklaşımına Göre Difüzör ve Jet Nozul Yerleşimi

Noktasal dağıtım sistemin en önemli unsuru deplasmanlı difüzörlerdir. Bu difüzörlerin boya hangarı gibi özel bir yüksek tavan uygulaması açısından en önemli özelliği hava jetinin penetrasyon derinliğinin servomotor yardımıyla ayarlanabilmesidir. Bu sayede farklı  $\Delta T$  ve uçak tiplerine göre difüzör kontrol

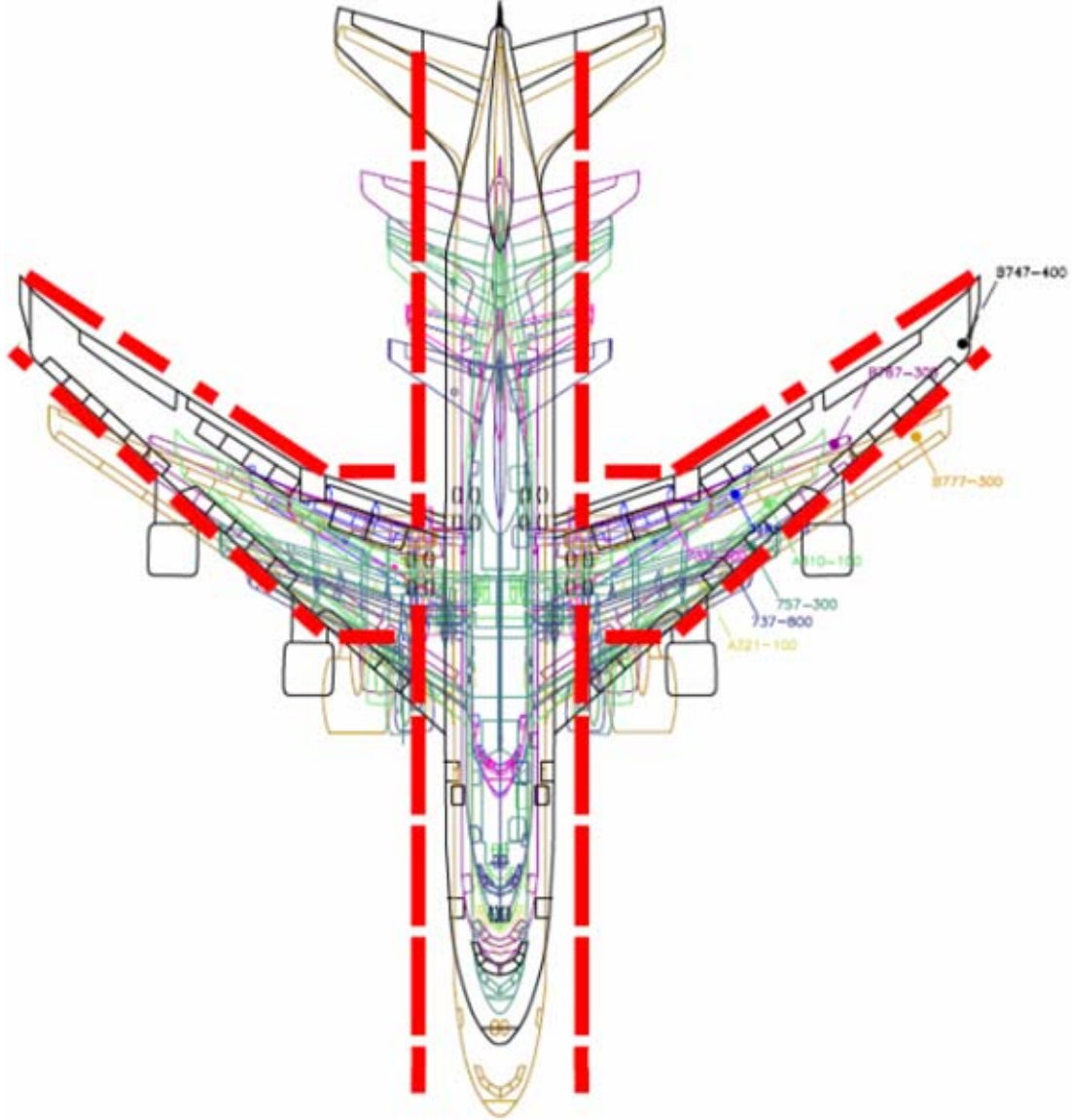
edilerek en ideal atış karakteristiğinin yakalanması sağlanır. Deplasmanlı difüzörün ısıtma modunda akış karakteristiği Şekil 4'te verilmiştir. Difüzörün konik kısımları perfore metalden oluşurken, halkasal gövdenin ortasındaki kısım, ısıtma ihtiyacı veya  $\Delta T$ 'ye bağlı olarak konik deplasmanlı difüzörün dikey penetrasyon derinliğini ayarlayan bir servomotor mekanizmasına bağlıdır. Artan  $\Delta T$ 'ye bağlı olarak difüzörün konik kısmından daha yüksek debide şartlandırılmış hava beslenir ve oluşan yüksek hızlı hava jetinin yarattığı momentumun yardımıyla, difüzörün perfore kısımlarından beslenen hava indüksiyon etkisiyle sürüklenerek düşük türbülanslı ve dengeli bir hava jetinin oluşmasını sağlar. Her bir difüzör 8.000 – 10.000 m<sup>3</sup>/h [ 3 ] debi aralığında çalışabilmektedir. Bu kapasite aralığı geniş ve dar gövdeli ticari jetlere hizmet eden pek çok boya hangarı için yeterli çözüm esnekliğini sağlamakta ve boya prosesi esnasında oluşan fazla spreynin döşeme altı egzoz sistemine yönlendirilebilmesi için istenen minimum hava hızları sağlanabilmektedir.

Noktasal dağıtım yaklaşımının temel üstünlüklerinden birisi de her bir difüzörün ayrı ayrı kontrol edilebilmesidir. Örneğin gövde boyanırken kanatlardaki difüzörler kapatılarak enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu esneklik sayesinde boyanacak uçak tiplerine göre sahada yapılacak saha testleri sonucunda en uygun debiler belirlenerek, kayıtlı proses senaryoları oluşturulabilir ve her bir senaryo boyanacak uçağın tipine göre otomasyon sistemi üzerinden seçilerek, optimum havalandırma debileri otomatik olarak ayarlanabilir. Sistemin değişken debilere cevap verebilmesi için klima santralleri frekans konvertörlü olarak seçilmez. Havalandırma sisteminin bu şekilde tasarlanması sayesinde toplam hava debisi düşmekte ancak boya yapılan sınırlanmış hacimdeki hava değişim sayısı öngörülen değerlerin üzerine çıkmaktadır.



Şekil 4. Isıtma Modunda Deplasmanlı Difüzör Atış Karakteristiği

Döşeme altı egzoz sistemi genel yerleşim mantığı açısından değerlendirildiğinde difüzör yerleşimine benzer prensiplerle planlama yapıldığı görülmektedir. Egzoz ızgaraları da yine uçağın silüetini takip edecek şekilde yerleştirilmelidir. Boya hangarının farklı büyüklüklerde uçaklara hizmet etmesi durumunda egzoz ızgaralarının yerleşimi bu kısıt dikkate alınarak optimize edilmelidir. Şekil 5'te geniş ve dar gövdeli uçaklara aynı anda hizmet edecek bir boya hangarı için yapılan ızgara yerleşimi görülmektedir.



Şekil 5. Döşemeden Egzoz Sistemi Izgara Yerleşimi

Egzoz ızgaralarının seçiminde en önemli kriterler, toplam hava debisine göre yeterli serbest akış alanının sağlanması ve ızgaralar üzerine gelen yükür. Seçim yapılırken boya hangarının hizmet edeceği uçak tipleri dikkate alınarak döşeme üzerine gelen maksimum noktasal yükler belirlenmeli ve buna göre seçim yapılmalıdır.

Geniş ve dar gövdeli ticari jetler için tasarlanan boya hangarlarında 3 kademeli ve yüksek kapasiteli filtreler kullanılmaktadır. Amerikan ulusal emisyon standardı NESHAP gereksinimlerine göre bu filtreler Tablo.1'de verilen performans kriterlerini sağlamalı ve yine EPA'nın 319 numaralı test standardına göre test edilmelidir [4].

**Tablo 1.** NESHAP Gereksinimlerine Göre Filtre Performansı [4]

Partikül Boyutu ( $\mu$ )	Filtre Verimi
Sıvı Partiküller	
>2.0	>95%
>1.0	>80%
>.42	>65%
Katı Partiküller	
>2.5	>95%
>1.1	>85%
>.70	75%

#### 4.ENERJİ TÜKETİMİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRMA

Herhangi bir boya hangarının tasarım parametrelerinin belirlenmesi, kullanılan boya ve buna bağlı olarak boya proses gereksinimleri ile ilgilidir. Örneğin proses havası çok soğuk ve/veya kuru ise (düşük özgül nem ) solventler çok çabuk buharlaşacak ve boyanan yüzeylerde bir kabarma etkisi görülecektir [5 ].Ortam parametrelerine bağlı olarak boyanın davranışı ve bunun yüzey kalitesine etkisi bu çalışmanın konusu değildir ancak havalandırma sistemi tasarımda bu kriterler dikkate alınarak ideal çalışma aralıkları belirlenmelidir.

Tablo 2.'de enerji tüketimi açısından değerlendirilecek örnek proses için tasarım parametreleri verilmiştir, ancak bu parametreler genel tasarım kriteri olarak değerlendirilmemelidir. Yukarıda belirtildiği gibi, ele alınan boya prosesinin özel ihtiyaçlarına göre bu parametreler boya prosesi uzmanı ile tartışarak belirlenmelidir. Verilen yaz tasarım sıcaklıkları, minimum operasyon gereksinimlerini yansıtmaktadır. Yaz koşullarında dış hava sıcaklığının 18°C'nin altına düşmesi durumunda klima santralleri ısıtma konumunda çalışacaktır.

**Tablo 2.** Boya Hangarı Tasarım Parametreleri

Boya Hangarı	Kış		Yaz	
	Sıcaklık °C	Bağıl Nem	Sıcaklık °C	Bağıl Nem
Normal Operasyon	18	%35-75	18(min)	%35-75
Boya Hazırlık	18	%35-75	18(min)	%35-75
Sprey	18	%35-75	18(min)	%35-75
Kurutma	32 (min)	%35-75	32(min)	%35-75

Boya hangarına hizmet edecek klima santralleri Tablo 3.'te belirtilen operasyon senaryolarındaki farklı ihtiyaçları karşılayabilmek, artan filtre dirençlerine cevap verebilmek ve boyanacak farklı uçak tipleri için havalandırma debisini optimize edebilmek için değişken devirli olmalıdır.

**Tablo 3.** Boya Hangarı Klima Santralleri Operasyon Senaryoları

Çalışma Modu	İç Ortam Havası Sirkülasyonu	% Dış hava Kullanımı	Hangar Sıcaklığı	Fan Hızı
Boya Hazırlık	Hayır	100	18°C	Düşük
Sprey	Hayır	100	18°C	Yüksek
Kurutma	Evet	10 (min)	32°C	Yüksek

Yukarıdan aşağı akışlı ve noktasal dağıtım yaklaşımlarının enerji tüketimi açısından örnek bir proses için karşılaştırılması, 75 x 100 m boyutlarında ve difüzörlerin montaj yüksekliğinin 26m olduğu geniş ve dar gövdeli ticari jetler hizmet etmek üzere tasarlanmış bir boya hangarı üzerinden yapılacaktır.

Maksimum havalandırma debileri kanat açıklığı 64.4m, uzunluğu 70.6m, kuyruk yüksekliği 19.3m olan B747- 400 tipi geniş gövdeli ticari yolcu jeti temel alınarak hesaplanmıştır. Tablo.4'te efektif boya proses alanı ve 0,3 m/s ortalama hıza göre toplam debiler üç farklı tasarım alternatifi için verilmiştir. Bu tablodan da görüldüğü gibi özellikle klasik yukarıdan aşağı akışlı havalandırma çözümü için toplam hava debisi ve gerekli klima santrali kapasiteleri düşünüldüğünde, bu çözümün pratik açıdan uygulanabilirliği oldukça problemlidir. Bu nedenle; toplam debi açısından ortaya çıkan dramatik fark dikkate alınarak, bu alternatif enerji tüketimi karşılaştırma çalışmasına dahil edilmemiştir. Noktasal dağıtım yaklaşımı için toplam debi ise, B747- 400 temel alınarak heri biri 10.000m<sup>3</sup>/h kapasitesindeki 62 adet deplasmanlı difüzörden 620.000 m<sup>3</sup>/h ve yine her biri 550 m<sup>3</sup>/h kapasitesindeki 218 adet jet nozulden 119.900 m<sup>3</sup>/h şartlandırılmış hava sağlanacağı dikkate alınarak 739.900 m<sup>3</sup>/h olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4.** Farklı Tasarım Prensiplerine Göre Havalandırma Debileri

Havalandırma Tipi	Havalandırma Kesit Alanı (m <sup>2</sup> )	Hava Debisi (m <sup>3</sup> /s)
Yukarıdan aşağı akışlı	5625	1687
Çapraz akışlı	1875	562
Noktasal dağıtım	Uçak tipine göre değişken	205

Tablo 4.'te verilen debiler toplam enerji tüketimi açısından net bir fikir vermesine ve noktasal dağıtım sisteminin farklı uçak boyutlarına göre davranışını tam olarak modellemek mümkün olmamasına rağmen, sadece %100 taze hava kullanılan boya ve boya hazırlık süreçleri açısından bir karşılaştırma yapıldığında Tablo 5.'te verilen toplam değerlere ulaşılmaktadır. Toplam enerji tüketimi geniş gövdeli bir uçak için kesintisiz proses süresi 18 saat alınarak ( duraklamalar dikkate alınmaksızın) Carrier HAP 4.5 yazılımı yardımıyla, İstanbul iklim verileri kullanılarak hesaplanmıştır. 18 saatlik simülasyon, iklim verileri baz alınarak en elverişsiz kış çalışma koşulu için yapılmıştır. Simülasyonda kabul edilen çalışma süresi kullanılan ekipmanlara, personel sayısına ve boya yöntemine göre değişiklik gösterebilir.

**Tablo 5.** %100 Taze Hava Kullanılan Prosesler İçin Karşılaştırma

Havalandırma Tipi	Elektrik Tüketimi (kWh)	Doğalgaz Tüketimi (kWh)	Toplam Karbon Emisyonu (kgCO <sub>2</sub> )
Çapraz akışlı	30781	362976	102601
Noktasal dağıtım	11677	135000	38302



## SONUÇ

Performans ve enerji tüketimi açısından yapılan karşılaştırmalar genel olarak değerlendirildiğinde, özel havalandırma gereksinimleri olan uçak boya hangarları için noktasal dağıtım yaklaşımının boya kalitesi, insan sağlığı ve proses güvenliği ile ilgili ihtiyaçlara esnek bir şekilde cevap verdiği görülmektedir. Ancak noktasal dağıtım yaklaşımının avantajlarının tam olarak ortaya çıkarılabilmesi için saha testleri ile farklı uçak tiplerine göre debi ihtiyaçlarının belirlenerek değişken devirli işletme senaryolarının oluşturulması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] CALAY R.K., BORRESEN B.A., HOLDØ A.E., “Selective ventilation in large enclosures”, Energy and Buildings 32 (281–289), 2000.
- [2] Joseph R., “New corrosion control aircraft paint hangar”, Metal Finishing, Volume 100, Issue 10, (8-13), 2002
- [3] Krantz “Conical Displacement Outlet Technical Selection Data”, 2005
- [4] HAUFE M., “Spray booth filtration requirements under the aerospace NESHAP”, Metal Finishing, Volume 95, Issue 11 (28-31), 1997,
- [5] PAKKALA J., “Automotive to Aerospace: Applying Automotive Paint Spray Booth Design Strategies to an Aircraft Paint Hangar”, Volume 108, Issue 7, 2010
- [6] Wander J.D., “Cost-effective ventilation for large spray-painting operations”, Metal Finishing, Volume 100, Issue 3, (23-24), 2002
- [7] Uang S.N., Shih T.S., Chang C.H., Chang S.M., Tsai C.J., Deshpande C.G., “Exposure assessment of organic solvents for aircraft paint stripping and spraying workers”, Science of The Total Environment, Volume 356, Issues 1-3, (38-44), 2006
- [8] <http://www.globalfinishing.com/>
- [9] O'Donnell B., “Energy Retrofit of Aircraft Hangar Facility”ASHrae Journal, Volume 40, Issue 12, (48-49)1998
- [10] UFC4–211-02N, “Corrosion Control and Paint Finising Hangars”, 2007

## ÖZGEÇMİŞ

### İbrahim Utku BAŞYAZICI

1981 yılı Ankara doğumludur. 2004 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Isı-Proses dalından mezun olduktan sonra aynı bölümden yüksek lisans derecesini almıştır. Halen Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Isı-Proses doktora programına devam etmekte aynı zamanda Arup Mühendislik ve Müşavirlik firmasında mekanik tesisat sistemlerinin projelendirmesi konusunda çalışmaktadır.

### Barış YILMAZ

1984 yılı İstanbul doğumludur. 2006 yılında İstanbul Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2009 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden yüksek mühendis ünvanını almıştır. Halen Arup Mühendislik ve Müşavirlik firmasında mekanik tesisat sistemlerinin projelendirilmesi konusunda çalışmaktadır