



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



Prof. Dr. Yavuz YAMAN , Prof. Dr. Serkan ÖZGEN , Doç. Dr. Melin ŞAHİN  
Y. Doç. Dr. Güçlü SEBER , Evren SAKARYA , Levent ÜNLÜSOY , E. Tolga İNSUYU

*Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü  
Orta Dođu Teknik Üniversitesi*

Özcan Ertem, Zafer Purut , Serdar Çora ve Özgür Vural

*TUSAŞ, Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.*



## Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



**TÜBİTAK 1001 projesi olarak (TÜBİTAK 107M103, Taktik İnsansız Hava Araçlarının Göreve Uyumlu Kanatlarında Kambur ve Burulma Etkisinin Çırpma ve Kontrol Yönünden Analizi) 01 Ekim 2007 tarihinde başlayan ve 31 Mart 2011 tarihinde sona eren çalışmanın nihai hedefi daha az yakıtla daha uzun süre havada kalabilecek; çevreye duyarlı hava taşıtlarının tasarımına katkı sağlamaktır.**



## Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



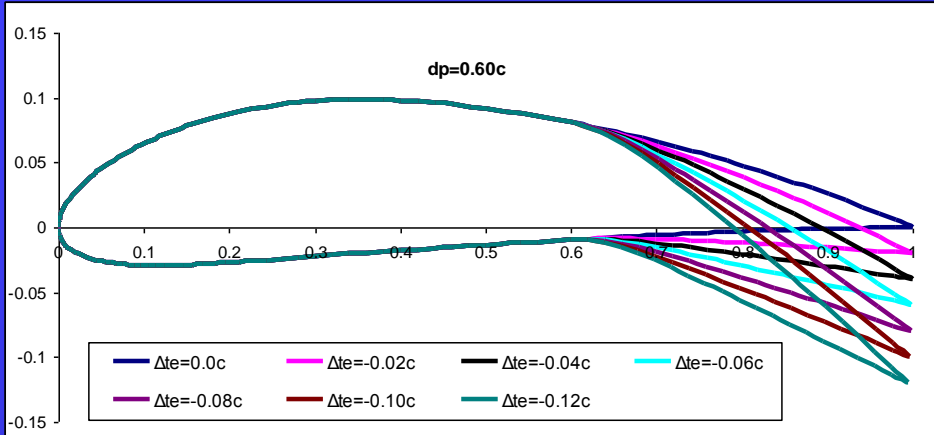
- . İnsansız Hava Aracı ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümünde tasarlanmıştır.
  - . Aerodinamik analizler ANSYS®/FLUENT paket programları kullanılarak yapılmıştır.
  - . Yapısal analizler MSC®PATRAN/NASTRAN paket programları kullanılarak yapılmıştır.
  - . Aeroelastik analizler MSC®PATRAN/FLDS paket programları kullanılarak yapılmıştır.
- 
- . Kanat tasarımının doğrulanması için gerekli yer titreşim testleri ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümünde yapılmıştır.
  - . İnsansız Hava Aracının üretim ve modifikasyonları TUSAŞ, Türk Havacılık ve Uzay Sanayii Prototip Atölyesi tarafından yapılmıştır.
  - . İnsansız Hava Aracının taksi, sıçrama ve uçuş testleri TUSAŞ, Türk Havacılık ve Uzay Sanayii Uçuş Test Başkanlığı tarafından yapılmıştır.



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri

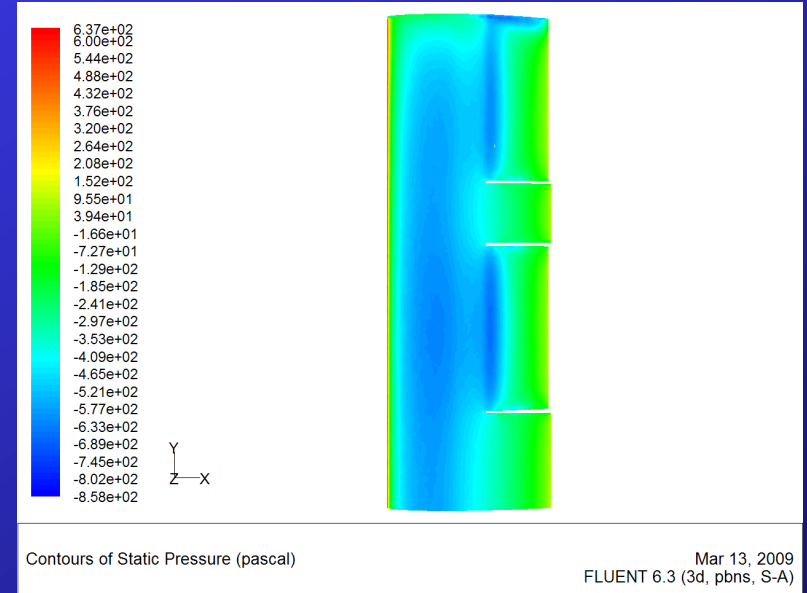
TAI

## ■ Aerodinamik analizler



**Aerodinamik analizler NACA4412**

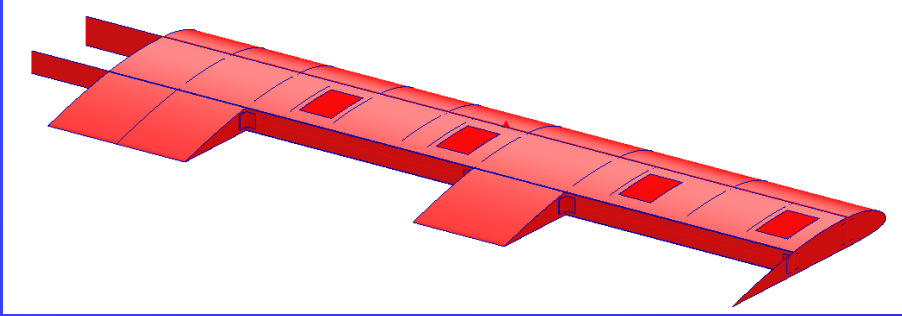
**kanat kesiti için yapılmıştır.**



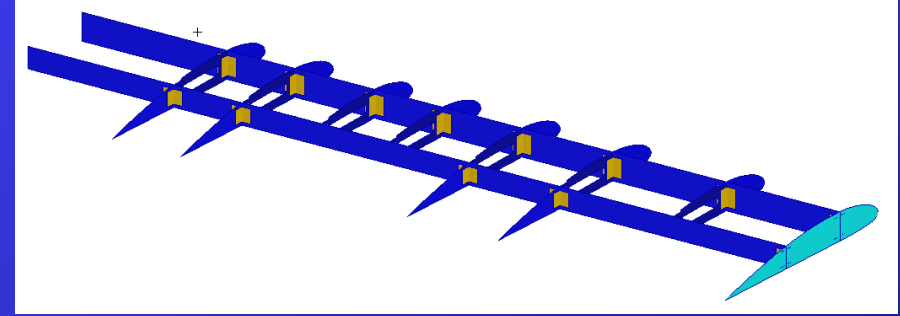
**Kanat üst yüzeyindeki üç boyutlu  
aerodinamik analiz sonuçları**



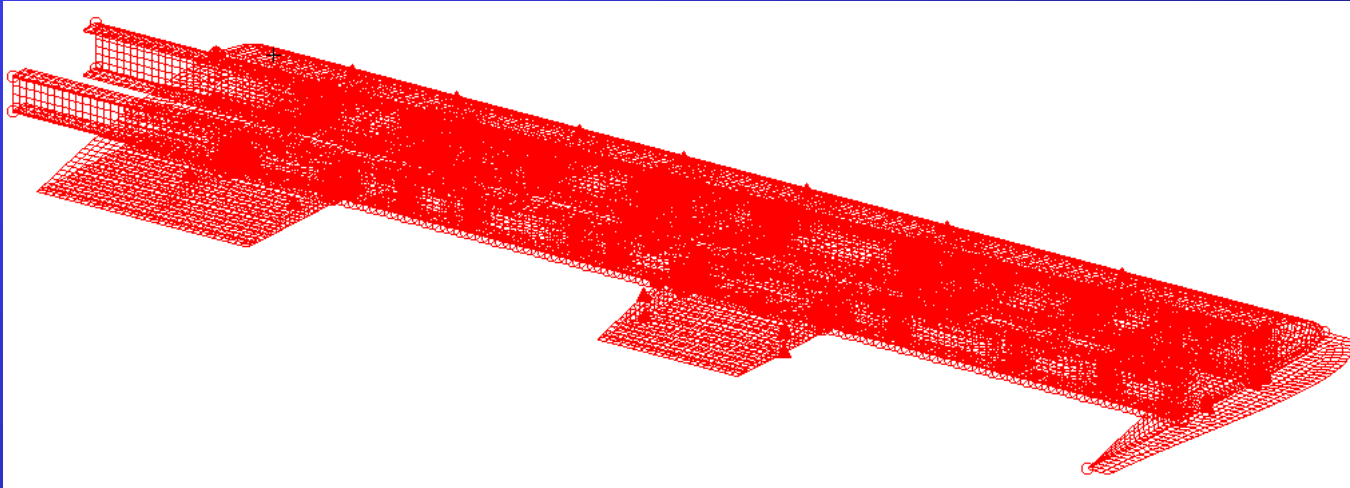
# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



**Kanat dış geometrisi**



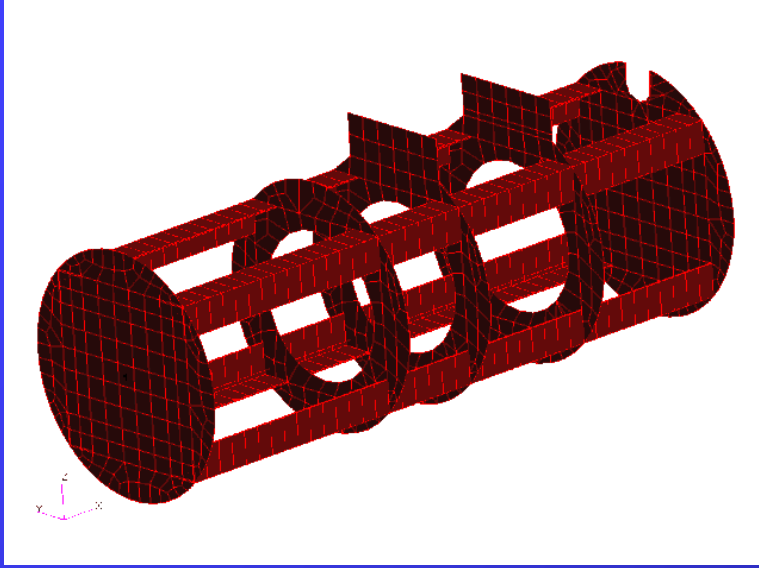
**Kanat iç yapısı**



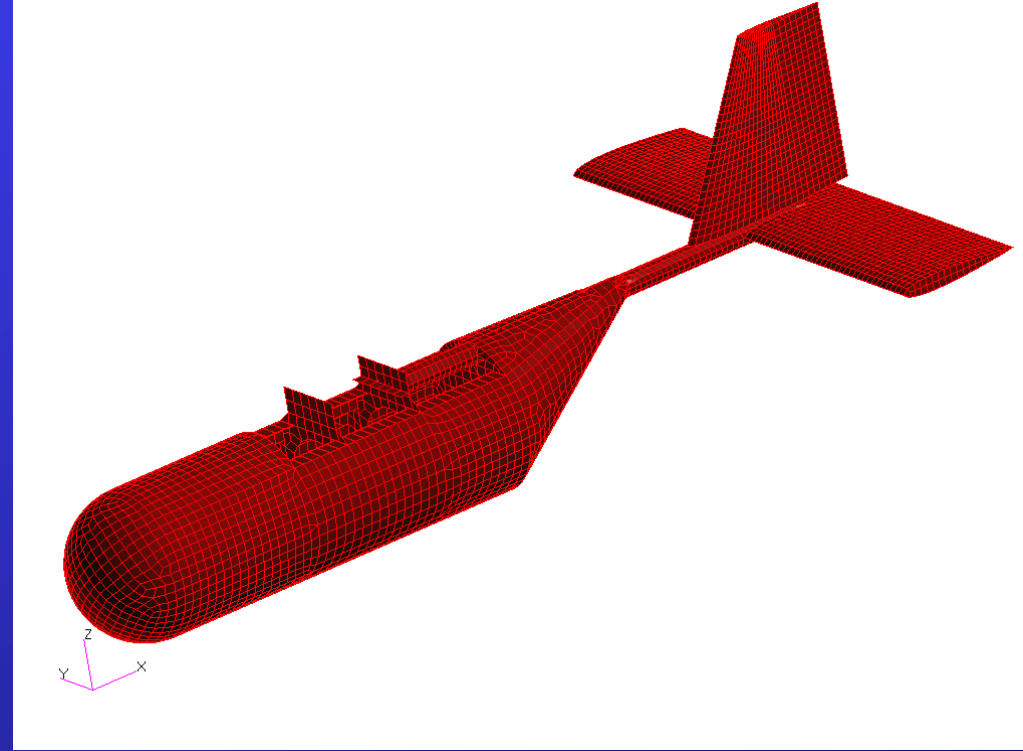
**Kanat Sonlu Elemanlar Modeli**



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



**Gövde ana iskelet  
Sonlu Elemanlar Modeli**



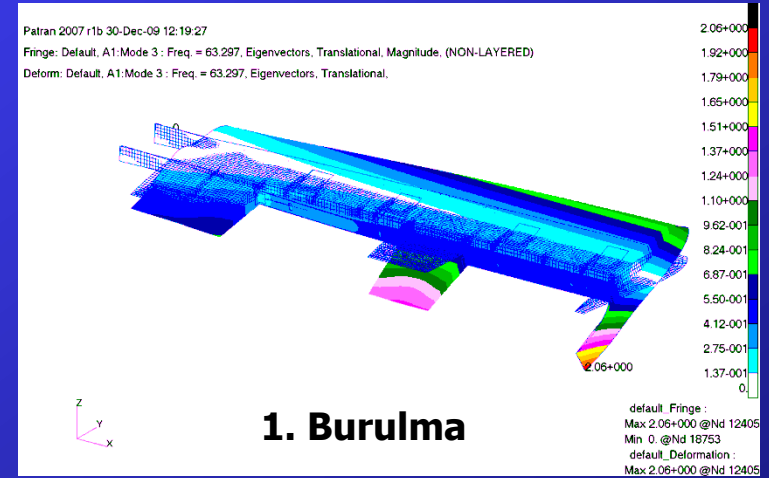
**Gövde ve kuyruk  
Sonlu Elemanlar Modeli**



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri

TAI

## Kanadın Sonlu Elemanlar Analizinde Elde Edilen Titreşim Biçimleri

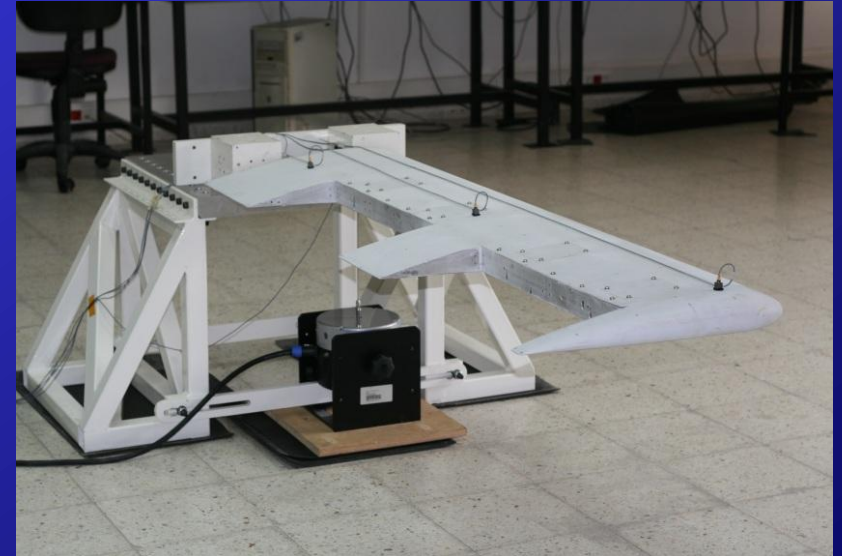




# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



**Kanat yer titreşim testleri düzeneği**



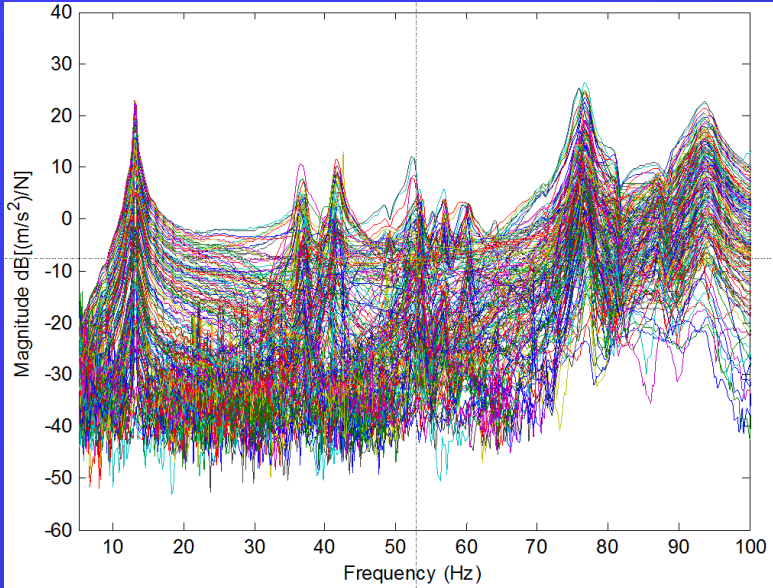




# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Kanadın Yer Titreşim Testleriyle Deneysel Olarak Belirlenen Rezonans Frekansları



## Kanadın Teorik ve Deneysel Yöntemlerle Belirlenen Rezonans Frekanslarının Karşılaştırılması

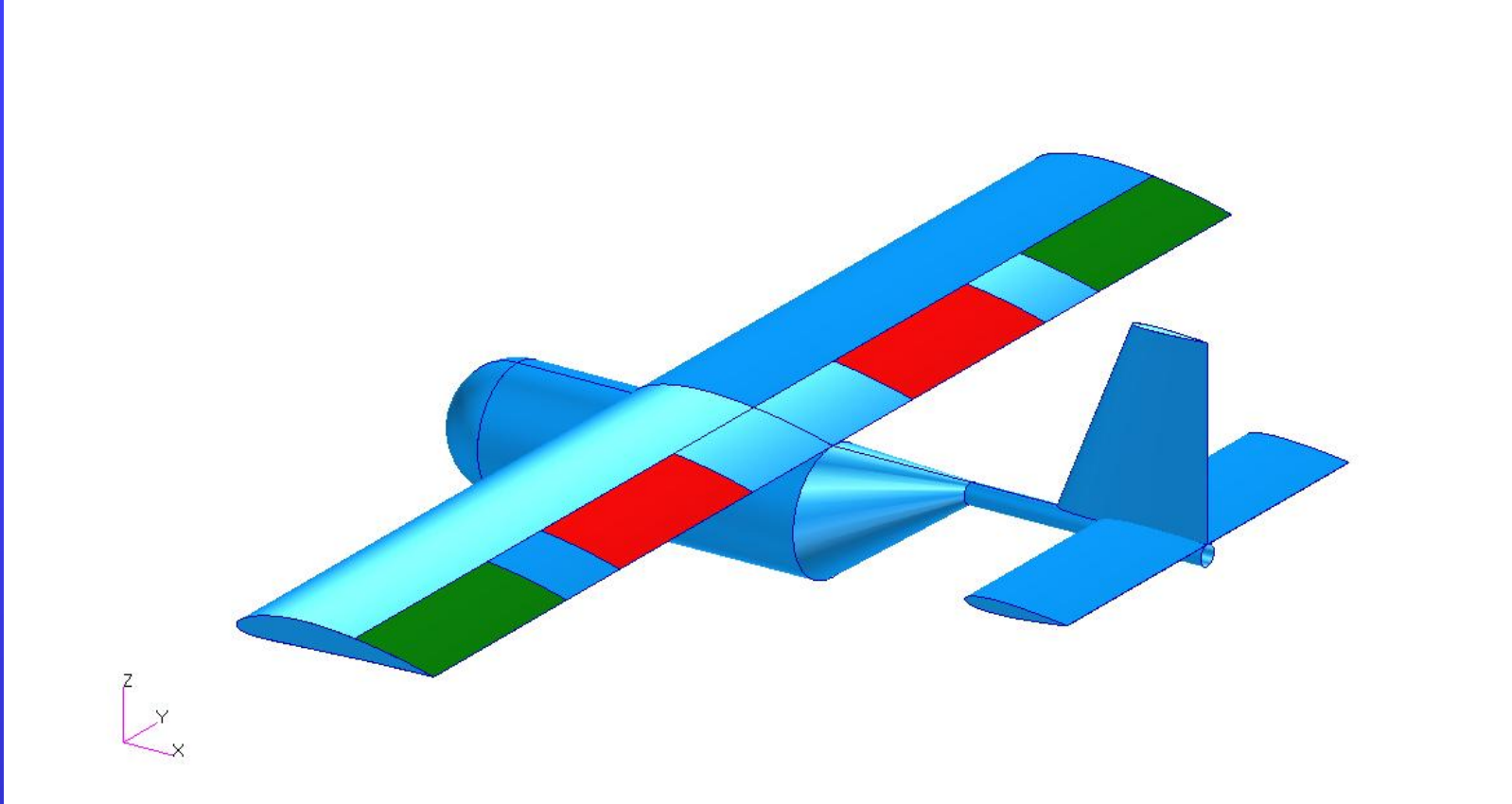
	Teorik Frekans [Hz]	Deneysel Frekans [Hz]	Deneysel sonuçlara göre yüzde farkı
1. Düzleme dik eğilme	14.90	14.75	~ 1.02
1. Burulma	63.30	66.75	~ - 5.17
2. Düzleme dik eğilme	93.00	93.00	~ 0.00



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Tasarlanan Taktik İnsansız Hava Aracı (TİHA)



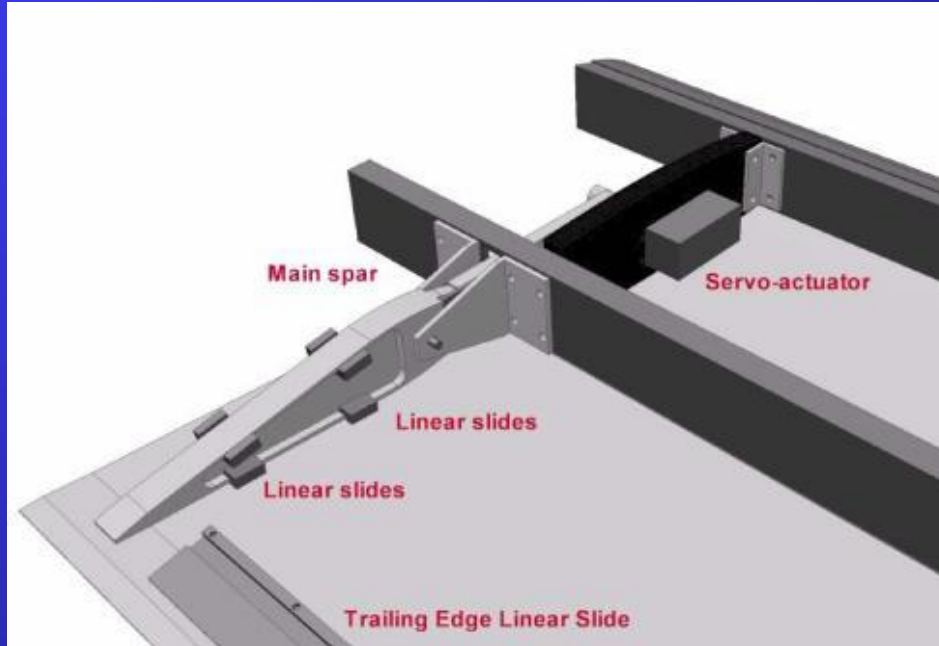
**Konvansiyonel olmayan ve firar kenarları açık kontrol yüzeylerine sahip yaklaşık 40 kg ağırlığında ve 3 metre kanat açıklığına sahip bir insansız hava aracı**



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



Milano Polytechnic Üniversitesince önerilen ve firar kenarında değişiklik sağlayan yaklaşım, TÜBİTAK 107M103 projesi kapsamında, konvansiyonel olmayan kontrol yüzeylerinin tasarımında kullanılmıştır.

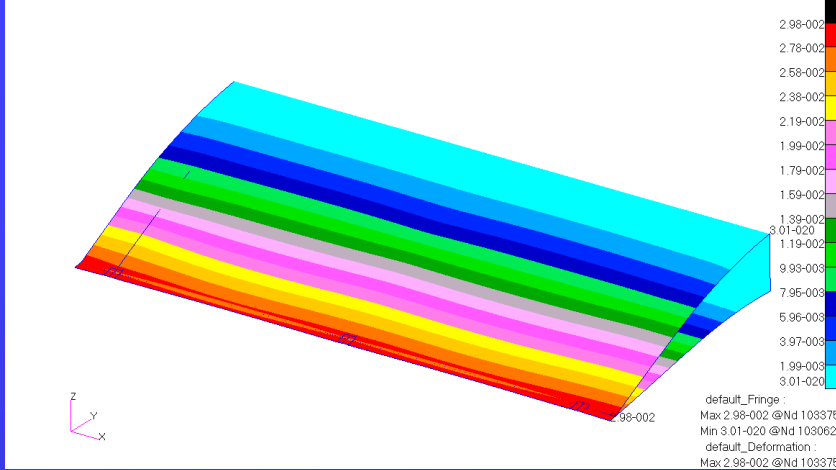




# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri

**TAI**

## Konvansiyonel Olmayan Kontrol Yüzeyleriyle Kambur Değişimi



**Sonlu Elemanlar Analizi**

**Deney**

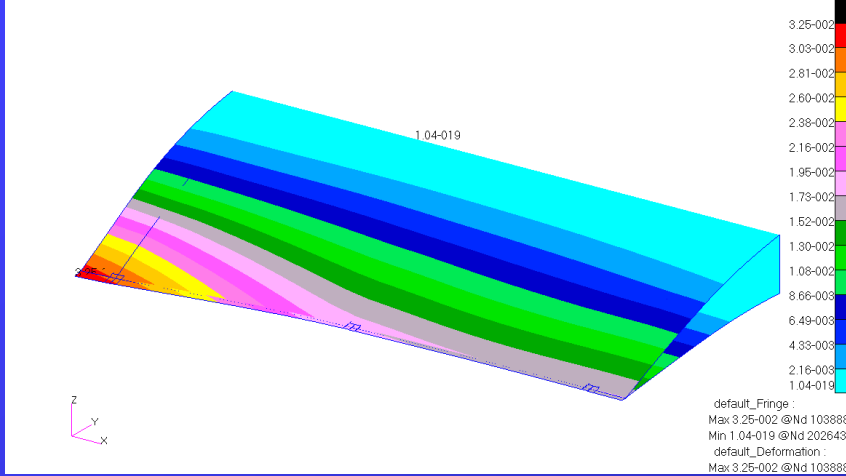




# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri

**TAI**

## Konvansiyonel Olmayan Kontrol Yüzeyleriyle Burulma



**Sonlu Elemanlar Analizi**

**Deney**

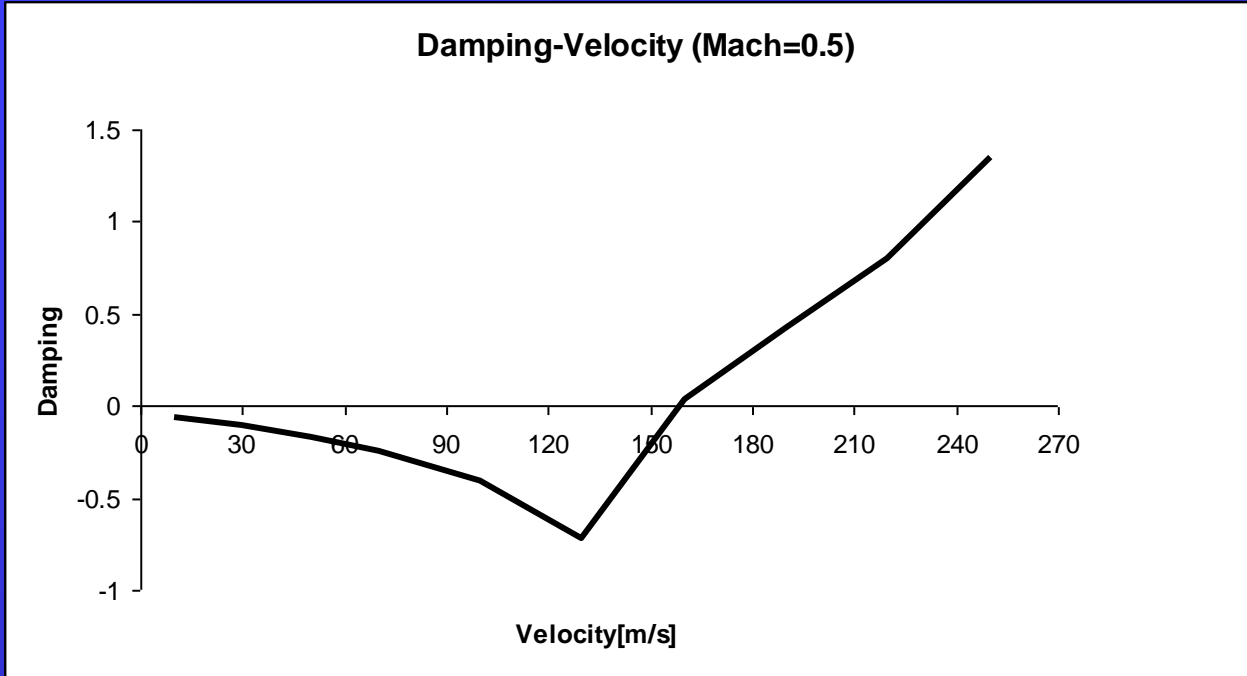




# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Aeroelastik Analiz



**Kanat Çirpınma hızı 160 m/s, Tasarlanan görev alanı dışı**

**TİHA AEROELASTİK AÇIDAN GÜVENLİ**



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Üretim Süreçleri





# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Üretilen İlk TİHA



**08 Mart 2010**





# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Uçuş Testleri 17 Mart 2010



**TİHA**



**Taksi Testi**



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Uçuş Testleri 17 Mart 2010



*Çabalarına Teşekkürler*



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Uçuş Testleri 05 Mayıs 2010





# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Uçuş Testleri 05 Mayıs 2010



*Çabalarına Teşekkürler*



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Uçuş Testleri 26 Mayıs 2010





# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri

**TAI**

## Uçuş Testleri 26 Mayıs 2010



*Çabalarına Teşekkürler*



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Uçuş Testleri 03 Şubat 2011





# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Uçuş Testleri 03 Şubat 2011







# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Uçuş Testleri 03 Şubat 2011





# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



## Uçuş Testleri 03 Şubat 2011



*Çabalarına Teşekkürler*



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri

**TAI**



*Çabalarına Teşekkürler*



# Şekil Değiştirebilen Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri



**Prof. Dr. Yavuz YAMAN**  
<http://ae.metu.edu.tr/~yyaman/>  
[yyaman@metu.edu.tr](mailto:yyaman@metu.edu.tr)

**Doç. Dr. Melin ŞAHİN**  
<http://ae.metu.edu.tr/~melin/>  
[msahin@metu.edu.tr](mailto:msahin@metu.edu.tr)

**Prof. Dr. Serkan ÖZGEN**  
[sozgen@ae.metu.edu.tr](mailto:sozgen@ae.metu.edu.tr)