

# BELL UH-1H Helikopteri'nin Daimi Akış Alanı Analizi

Özgür DEMİR, D. Funda KURTULUŞ, Nafiz ALEMDAROĞLU, Yusuf ÖZYÖRÜK  
ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü

Vahit ÖZVEREN, Y. Okan PEKEL, Z. Ece GÜRSOY  
ASELSAN A.Ş. MST Grubu

## ÖZET

Bu çalışmada 80 knot hızla düz uçuş gerçekleştiren UH-1H helikopterin daimi akış alanı panel metodu kullanılarak çözülmüştür. Çalışma ile, yüzey ağı panel sayısının helikopter üzerindeki basınç ve Mach sayısı dağılımı ve bunların entegral sonuçlarına, yani aerodinamik kuvvet ve moment katsayılarına olan etkileri incelenmiştir. Panel metotları çok hızlı sayısal hesaplama yapan metotlardır. Dizayn yaparken sonuçların çok hızlı, saatler mertebesinde olması tercih sebebidir. Bu amacı gerçekleştirebilmek için yaklaşık olarak 10000 panelin gerekli hafıza ve zaman koşulunu sağlaması için yeterli olduğuna karar verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Helikopter, aerodinamik, panel metodu

## ABSTRACT

In this work, the forward flight of UH-1H helicopter at a velocity of 80 knots is investigated by using a panel method. Effects of the number of surface panels on pressure and Mach number contours as well as their integral results, namely aerodynamic force and moment coefficients are investigated. Panel methods are very fast tools. During the design process, solutions are needed in the order of couple of hours or even faster. Approximately 10000 panels were determined to be sufficient for satisfying the time and memory requirements.

**Keywords:** Helicopter, aerodynamics, panel method

## GİRİŞ

Bell UH-1H helikopterin (Şekil 1) aerodinamik analizleri VSAERO panel metodu ile farklı çözünürlükteki yapısal ağlar kullanılarak incelenmiştir. Helikopterin analizi için kullanılan parametreler Tablo 1'de verilmiştir ([1]-[4]).

Tablo 1. UH-1H Helikopteri Parametreleri ([1]-[4])

Uzunluklar	
Rotor yarıçapı [m]	7.356
Rotor pal sayısı	2
Kuyruk rotoru yarıçapı [m]	1.285
Kuyruk rotoru pal sayısı	2
Uzunluğu [m]	12.62
Yüksekliği [m]	4.4
Ağırlıklar	
Boş ağırlık [kg]	2255
Maksimum ağırlık [kg]	4308

## ANALİZLER

### Panel Metodu ve Yüzey Ağı

Helikopter analizi için panel metodu kullanılmıştır. Bu alanda sıkça kullanılan panel metotlarından biri ticari bir yazılım olan VSAERO yazılımıdır [5]. Bu metot, helikopter akış

alanının gövde, ana ve kuyruk rotoru ve art-iz tabakalarının potansiyel kaynak, kuyu ve girdap gibi temel akış elemanları ile temsil edilmesine ve problemin sınır şartlarına uygun şekilde çözümlenmesine dayanmaktadır.

UH-1H helikopterin ana ve kuyruk rotorları ile yatay ve düşey kuyruk yüzeylerine ait art-iz ağ çözünürlükleri sabit tutulmuş, gövde üzerinde üç farklı çözünürlükte yüzey ağı üretilmiş ve yüzey ağı çözünürlüğünün aerodinamik akış sonuçlarına nasıl etkideği gözlemlenmiştir. Kullanılan ağlar, Şekil 2'de gösterilmiş ve ağ panel sayıları Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 1. UH-1H Helikopteri ([1]-[3])

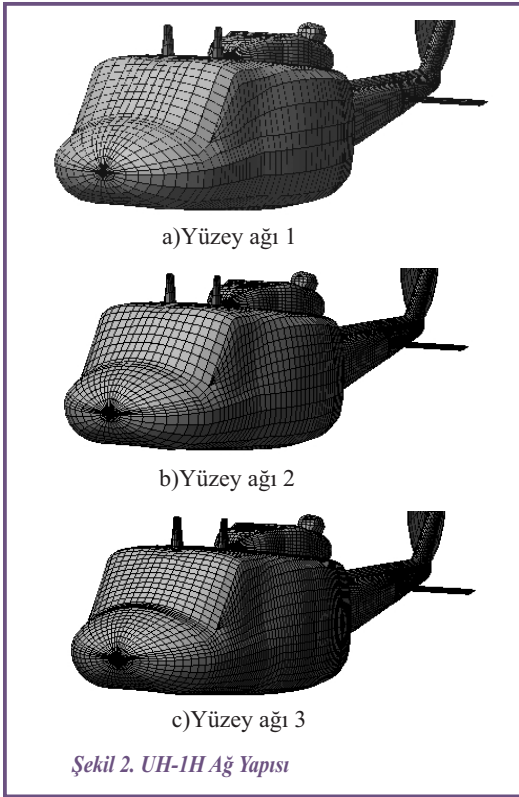
Ana rotor diski ağ paneli sayısı her bir analiz için sabit tutulmuştur. Toplam olarak 18 radyal ve 38 azimut parçadan oluşmaktadır. İç yarıçapı 0.625 m, dış yarıçapı 7.356 m'dir. Pal, NACA 0012 kesitinden oluşmuştur ve toplam doğrusal

Tablo 2. Yüzey ve Art-İz Ağ Panel Sayıları

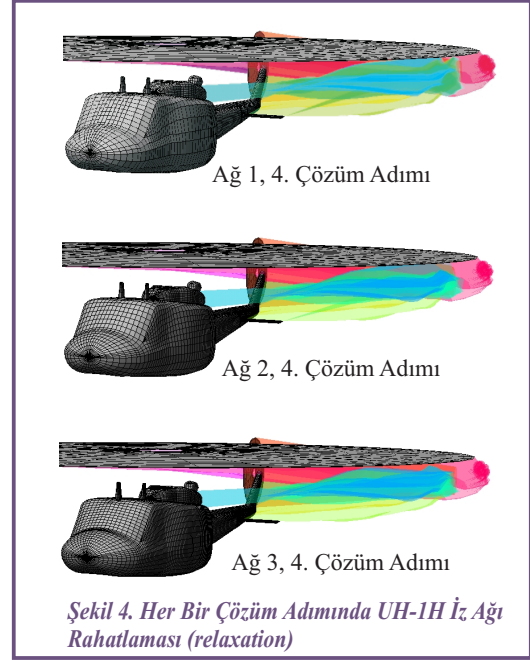
Ağ	Patch sayısı	Yüzey panel sayısı	Art-iz panel sayısı
1	186	8542	11352
2	186	10866	11768
3	186	15810	12396

burkulma (twist) açısı -10 derece olarak alınmıştır.

Çözümlerde, 4 art-izi rahatlaması ve sınır tabakası hesaplaması yapılmıştır. Akışın sıkıştırılabilirliği, kullanılan yazılımın içerisinde mevcut Prandtl-Galuert düzeltme katsayısı ile hesaba katılmıştır. İlk adımda çözüm, art-izde hiçbir rahatlama (relaxation) hesaplaması yapılmadan elde edilmektedir (Şekil 3). Bundan sonraki çözüm adımlarında, hem rotorları hem de düşey ve yatay kuyruk yüzeylerini takip eden art-iz ağ tabakaları helikopter etrafında oluşan hız dağılımından etkilenmekte ve art-iz panelleri bu şekilde yazılım tarafından hareket ettirilmektedir. Böylece çözümler, daha doğru ve akıma uyumlu art-iz panelleri ile yakınsatılmaktadır.

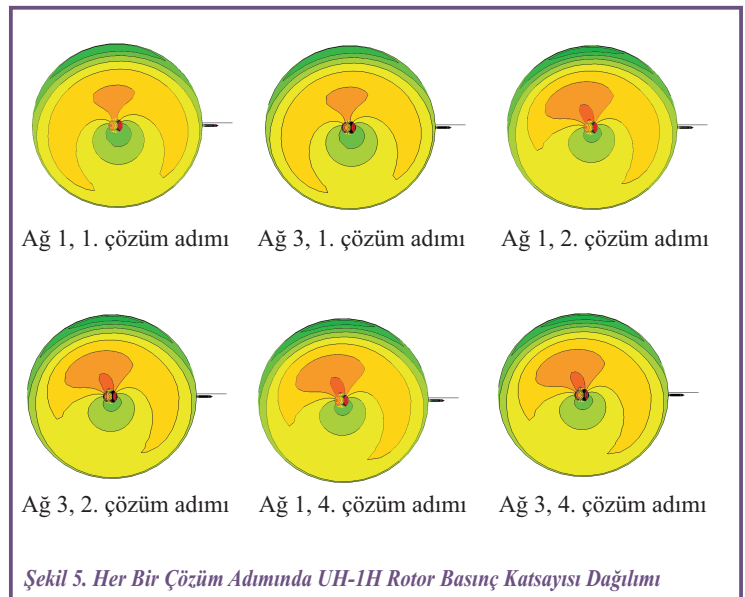


Tüm yüzey ağ tipleri için rahatlayarak yakınsamış art-iz tabakaları renklendirilerek Şekil 4'de gösterilmiştir. Ağ izi rahatlama şekilleri özellikle gövdeye yakın yerlerde birbirine benzerlik göstermektedirler.

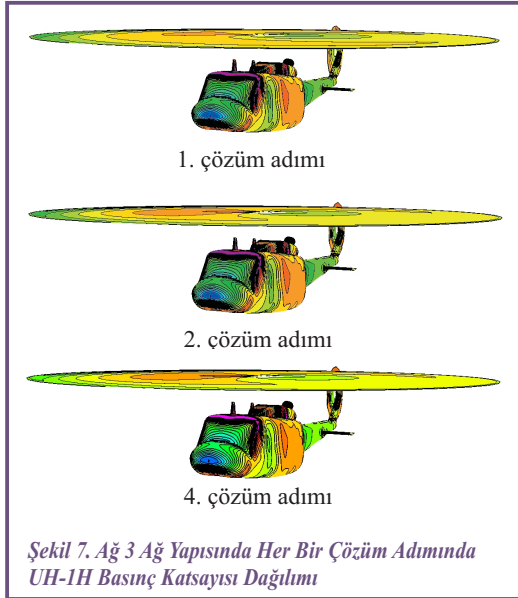
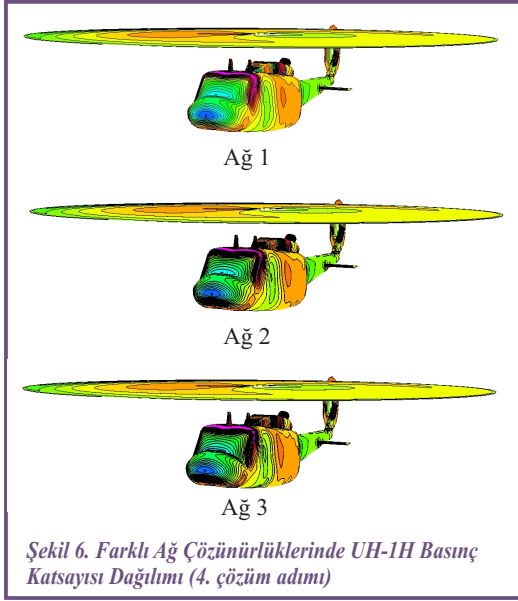


## SONUÇLAR

Farklı çözüm adımlarında rotorun üzerindeki basınç dağılımı değişmektedir. Yazılımın rotor modülü kendi içerisinde helikopterin ağırlığına bağlı bir denge analizi yapmaktadır. Gövde ağının yeterli çözünürlükte olması ve rotor panel ağında bir değişiklik yapılmamasından sonuçlar birbirine benzer çıkmıştır. Ancak farklı çözüm adımlarında, rotor basınç dağılımının doğal olarak değiştiği Şekil 5'te gösterilmiştir.

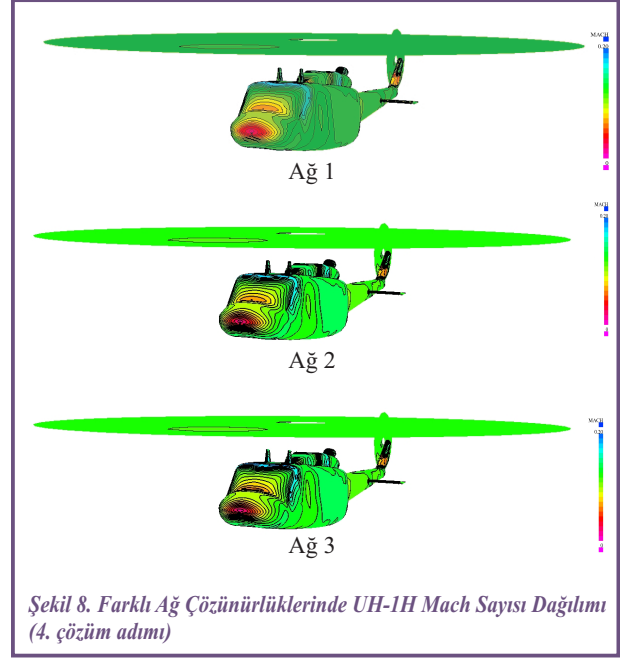


Her bir ağ yapısı ve 4. çözüm adımına karşılık gelen basınç katsayısı dağılımı, Şekil 6'da gösterilmiştir. Farklı yapısal ağ sayılarında gövde basınç dağılımında az da olsa bazı farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle yan gövdede ve burunda yüksek çözünürlüklü 3 no'lu ağda bir miktar daha yüksek değerlerde görülmektedirler. Şekil 7'de ise sadece 3 no'lu ağ için basınç katsayısı dağılımının tüm çözüm adımlarında nasıl değiştiği gösterilmektedir. Farklı çözüm adımlarındaki basınç dağılımı rotordaki kadar ön ve yan gövdede gözle görülür bir farklılık yaratmamaktadır.

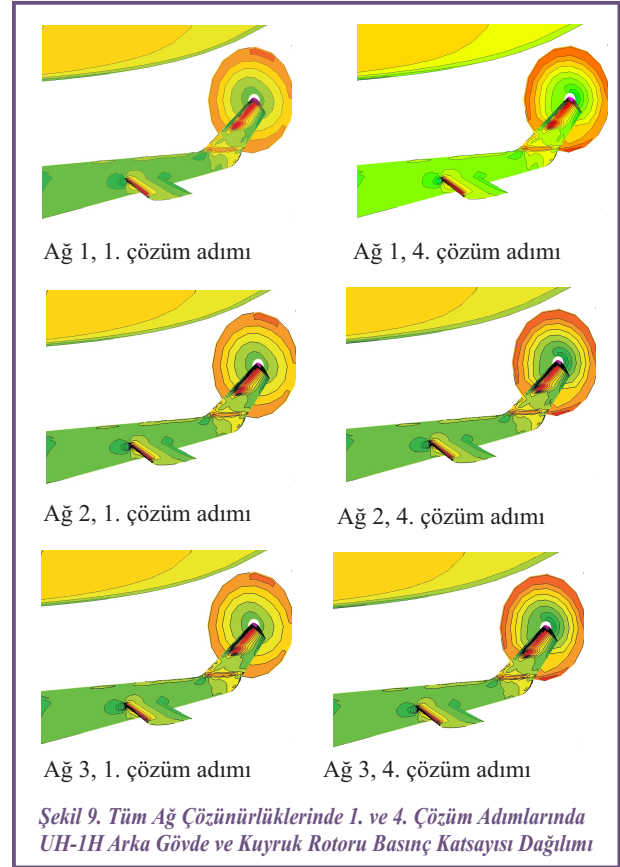


Şekil 8'de 4. çözüm adımına karşılık gelen UH-1H helikopteri üzerindeki Mach sayısı dağılımı tüm ağ çözünürlükleri için gösterilmiştir. Farklı yapısal ağ çözünürlüklerinde gövde Mach sayısı dağılımındaki farklılıklar gözlemlenmektedir.

Farklı çözüm adımlarındaki basınç dağılımı rotordaki kadar ön ve yan gövdede gözle görülür bir farklılık yaratmamaktadır.

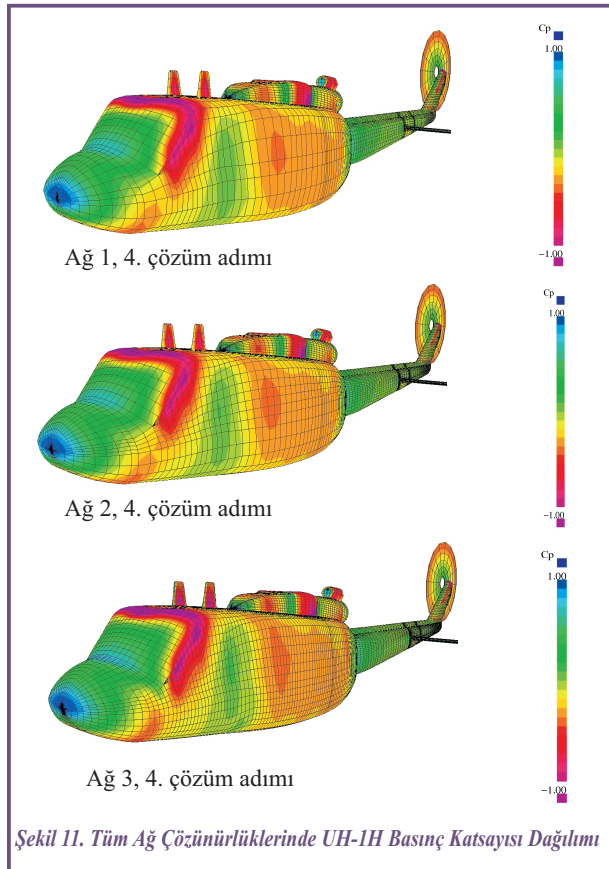
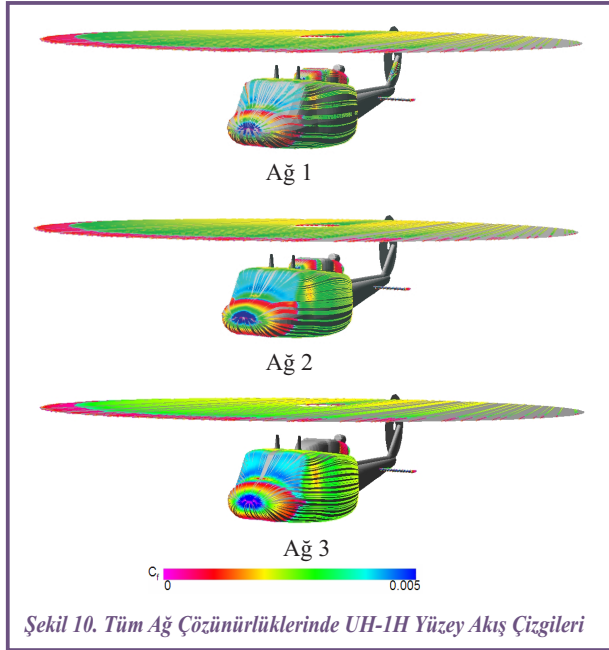


Şekil 9'da farklı ağ çözünürlükleri için arka kuyruk ve kuyruk rotoru için basınç katsayıları gösterilmiştir. Çözüm adımı



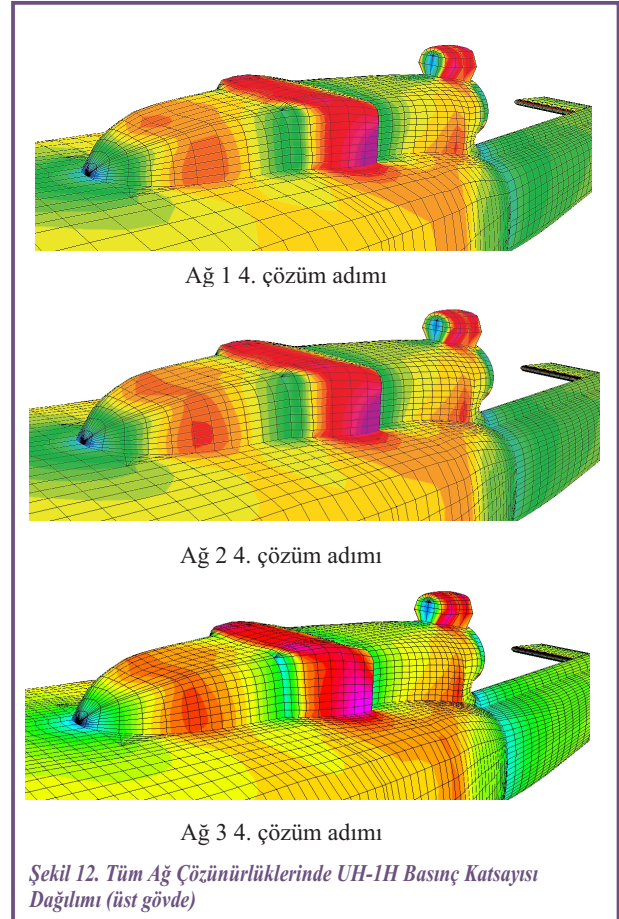
değiştikçe kuyruk rotoru basınç dağılımı önemli ölçüde değişmektedir. Gövde basınç dağılımı benzerlik göstermektedir. Farklı ağ tiplerinde de bu bölgedeki basınç dağılımı çok benzer gözükmektedir.

Yüzey akış çizgileri Şekil 10'da göstermiştir. Yazılım içerisinde maksimum yüzey akış çizgisi sayısı 500'dür, bu nedenle panel sayısı artışı ile akış çizgisi sayısı bazı yerlerde



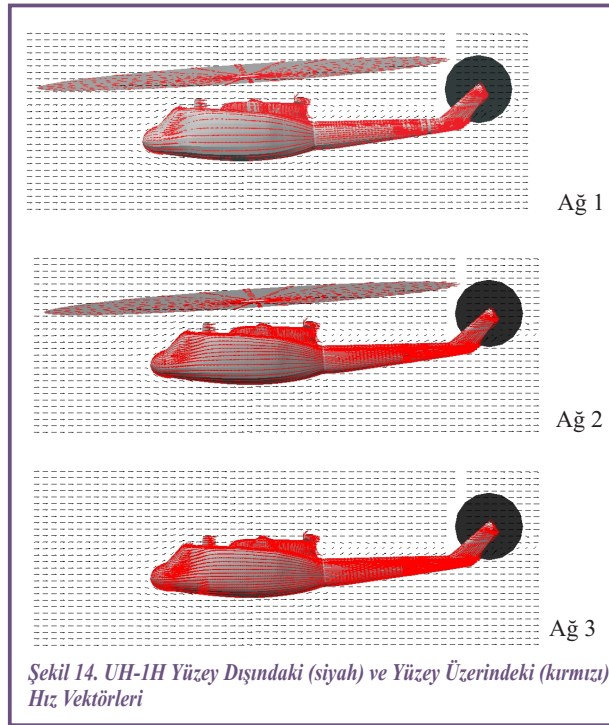
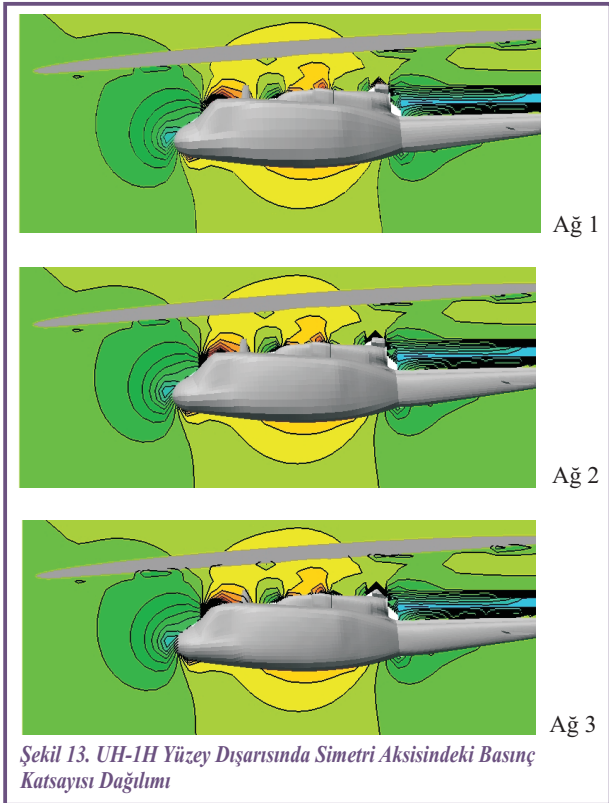
çok yoğun olmasına rağmen bazı bölgelerde de eksik kalmaktadır. Farklı ağ çözünürlüklerinde kopma noktaları küçük oranlarda farklılıklar göstermektedir.

Şekil 11'de gövde üzerindeki basınç dağılımı farklı ağ çözünürlüklerinde gösterilmiştir. Panel bazında incelendiğinde bazı bölgelerdeki dağılım farklılıkları gözlemlenmektedir. Şekil 12'de üst gövde panelleri daha yakından çizilmiş ve panel sayısındaki artışın basınç katsayısı üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

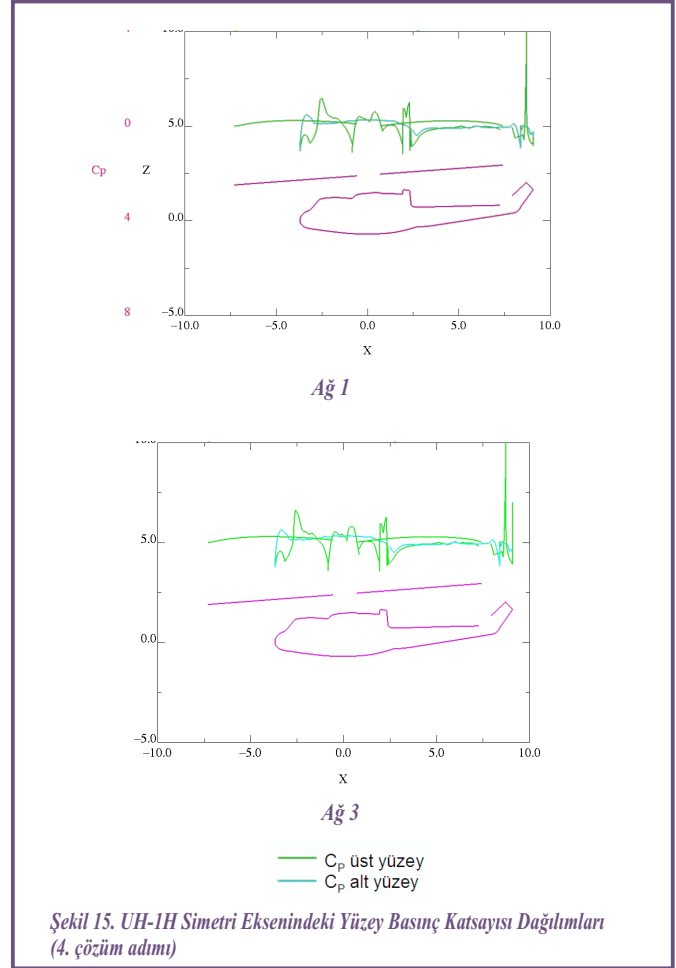


Şekil 13'te farklı ağ çözünürlükleri için simetri eksenindeki basınç dağılımları gösterilmiştir. Çözümlerde fark gözlemlenmemiştir. Rotor diskinin üst kısmındaki geniş basınç dağılımı bölgesi incelenerek rotorun alt kısımlarında darlaşmaktadır.

Şekil 14'te simetri ekseninde bulunan yüzey dışındaki hız vektörleri gösterilmiştir. Arka motor bölgesindeki hız dağılımları rahatlıkla gözlemlenmektedir. Farklı ağ tiplerindeki hız vektörleri dağılımında bir değişim gözlemlenmemiştir. Bu yüzey dışı hesaplamalarında da ayrı bir panelleme kullanıldığı unutulmamalıdır ve bu paneller her hesaplama için aynı alınmıştır. Rotor etrafındaki hız vektörlerinin rotor izini (rotor wake) izlediği anlaşılmaktadır.



Şekil 15'te simetri eksenindeki yüzey basınç katsayısı dağılımları gösterilmektedir. Mavi çizgiler alt yüzeyi yeşil çizgiler ise üst yüzeyi göstermektedirler. Rotor diskinin sadece üst yüzeyinde basınç dağılımı bulunmaktadır. Farklı ağ çözünürlüklerindeki sonuçlar birbirine benzer sonuçlar vermektedir. Farklı çözüm adımlarında da basınç dağılımı birbirine çok yakındır.

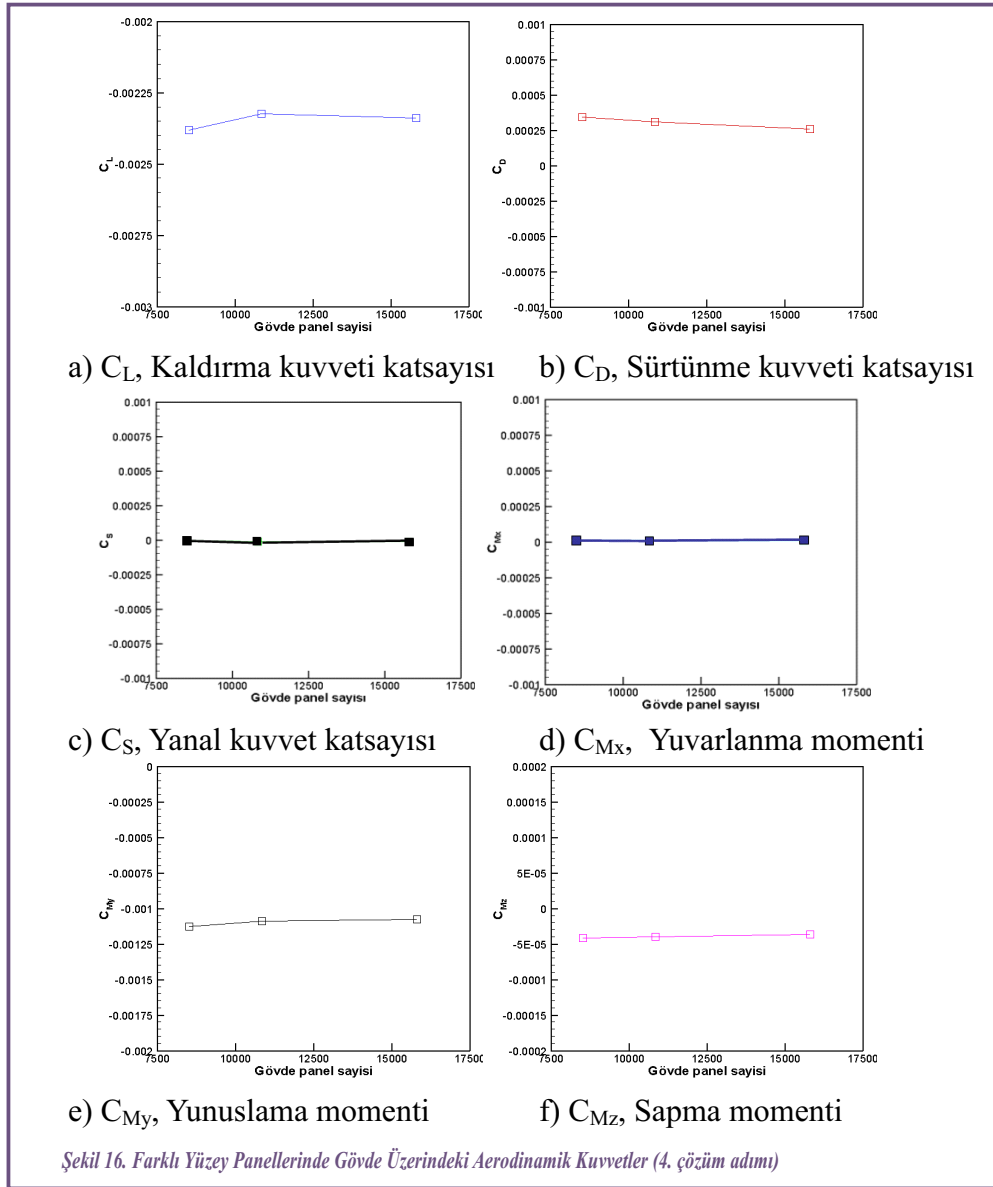


#### Aerodinamik Kuvvetler

Farklı ağ çözünürlüğü ve 4. çözüm adımında gövde için elde edilen aerodinamik katsayıların karşılaştırması yapılmış ve sonuçlar Şekil 16'da gösterilmiştir. Gövde taşıma ve sürüklenme kuvveti değerlerinde 2 ve 3 no'lu ağ çözünürlüklerinin daha benzer sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Ana rotor ve kuyruk rotoru kuvvet ve momentlerinin tüm ağ tiplerinde yaklaşık eşit değerler verdiği gözlemlenmiştir.

## SONUÇ

Bell UH-1H helikopterin aerodinamik analizleri VSAERO panel metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üç farklı çözünürlükte yüzey ağı kullanılarak sonuçlara olan etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, 1 no'lu ağdan 2 no'lu ağa geçerken bazı akış bölgelerinde bir miktar fark oluşmuşken, 2 no'lu ağdan 3 no'lu ağa geçerken hemen hemen hiç fark oluşmamıştır. Dolayısıyla yaklaşık 10000 panelli 2 no'lu yüzey ağının UH-1H helikopteri daimi akış alanı hesaplamalarında yeterli olduğu gösterilmiştir. Farklı çözüm adımlarındaki basınç dağılımı ana rotordaki kadar ön ve yan gövdede gözle görülür bir farklılık yaratmaktadır. Akış çizgilerinden gövde üzerindeki kopmanın gövdenin kuyruk



Şekil 16. Farklı Yüzey Panellerinde Gövde Üzerindeki Aerodinamik Kuvvetler (4. çözüm adımı)

kısımında olduğu anlaşılmış, gövdenin ön kısımlarında da akışın laminar akımdan türbülanslı akıma geçtiği gözlemlenmiştir. Yapılan hesaplamalar bir yüzey panelleme metodu olsada, kullanılan yazılım ile yüzey dışı hız vektörleri ve basınç dağılımları da incelenebilmiştir! Yüzey dışarısında simetri aksisindeki basınç katsayısı dağılımından helikopter etrafındaki akışın rotor üst ve alt kısımlarındaki farklılıklar rahatlıkla incelenmiştir. Helikopter yüzeyindeki mach sayısı dağılımından, geometri üzerindeki akışın yan kenarlarda hızlandığı gözlemlenmiştir.

## KAYNAKÇA

1. <http://www.airliners.net/>
2. <http://www.n-e-c.ru/foxbat/maks/turkey/index.php?Picid=turkey014>
3. <http://www.airheritage.org/images/UH11.JPG>
4. <http://aeroweb.brooklyn.cuny.edu/specs/bell/uh-1h.htm>
5. D.F. Kurtuluş, N. Alemdaroglu ve Y. Özyörük, « Tüm Bir Uçak Konfigürasyonunun Seyir, Kalkış ve İniş Durumlarındaki Aerodinamik Analizi », 4. Kayseri Havacılık Sempozyumu, Kayseri, Türkiye, 13-15 Mayıs 2002