



## ASKERİ TURBOFAN MOTOR TASARIM YARIŞMASI

### YARIŞMA ŞARTNAMESİ

## İÇİNDEKİLER

|   |    |
|---|----|
| 1. AMAÇ .....                                       | 3  |
| 2. YARIŞMAYA KATILIM KOŞULLARI .....                | 3  |
| 3. UÇAK TEKNİK ÖZELLİKLERİ .....                    | 3  |
| 4. TASARIM HEDEFLERİ VE GEREKSİNİMLER.....          | 4  |
| 5. BAZ MOTOR MODELİ .....                           | 5  |
| 6. YARIŞMA KURALLARI .....                          | 7  |
| 7. YARIŞMA TAKVİMİ, PUANLAMA VE DEĞERLENDİRME ..... | 8  |
| 8. ÖDÜLLER .....                                    | 9  |
| 9. GENEL KURALLAR.....                              | 9  |
| 9.1. Sorumluluk Beyanı.....                         | 10 |

## 1. AMAÇ

Askeri turbofan motor tasarım yarışmasının amacı, havacılık motor alanına olan ilgiyi arttırarak, öğrencileri ülkemiz için son derece kritik olan gaz türbinli motor teknolojileri alanlarında çalışmaya teşvik etmektir. Bu yarışma ile öğrenciler, bir savaş uçağının motor geliştirmesi ile ilişkili temel tasarım süreçlerine giriş yapmış olacaklardır. Yarışma, aynı zamanda öğrencilere, gerçek dünyadaki motor gereksinimlerini sağlayacak tasarım çözümleri üzerinde çalışma fırsatı verecektir. Öğrenciler, tüm ön tasarım süreçlerini gerçekleştirerek, şartnamede belirtilen gereksinimleri karşılayacak etkin bir motor çözümü belirleyip, raporlayacaklardır.

Bu yılki yarışma kapsamı, hali hazırda uçan bir jet uçağının, 2029 yılı için, turbofan motorunun yenilenmesi olacaktır. Mevcut turbofan motorunun yakıt tüketimi ve itki/ağırlık oranlarının iyileştirilmesi hedeflenmektedir.

## 2. YARIŞMAYA KATILIM KOŞULLARI

Yarışmaya üniversite öğrencileri veya mezunları bireysel veya takım halinde katılabilir.

**28.02.2019** tarihine kadar başvuru formunun doldurulması gerekmektedir.

Başvurular, TEKNOFEST İSTANBUL Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali (TEKNOFEST) Teknoloji Yarışmaları resmi web sitesi ([www.teknofestistanbul.org](http://www.teknofestistanbul.org)) üzerinden alınacaktır.

## 3. UÇAK TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Uçak temel boyutları Tablo1 de verilmiştir.

| <b>Tablo 1: Genel özellikler</b> |               |
|----------------------------------|---------------|
| Uzunluk                          | 16 metre      |
| Kanat açıklığı                   | 11 metre      |
| Maks kalkış ağırlığı             | 21000 kg      |
| Yükseklik                        | 5.3 metre     |
| Motor                            | Çift turbofan |
| Performans                       |               |
| Maksimum hız                     | 2500 km/saat  |
| Seyir hızı                       | 1800 km/saat  |
| Menzil                           | 4000 km       |
| Uçuş tavanı                      | 55000 ft      |

Motor itki isterleri Tablo 2 de verilmiştir.

| <b>Tablo 2: Motor itki isterleri</b> |                             |       |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------|
| Maks art yakıcısız                   | Yer seviyesi statik,<br>ISA | 60 kN |
| Maks art yakıcılı                    | Yer seviyesi statik,<br>ISA | 90 kN |

#### 4. TASARIM HEDEFLERİ VE GEREKSİNİMLER

Mevcut jet uçağının, 2029 yılında yeni bir motor ile servise girmesi için, yeni bir askeri turbofan motor tasarımına ihtiyaç vardır.

Uçağın havada kalış süresinin, yakıt tüketiminin ve motor ağırlığının azaltılması ile uzatılabilmesi hedeflenmektedir.

Motorun yakıt tüketiminin, mevcut motora göre %25 daha az, itki/ağırlık oranının ise %10 daha fazla olması beklenmektedir.

Generik baz motor modeli ile başlanarak, fan basınç oranı, bypass oranı, toplam basınç oranı ve türbin giriş sıcaklık kombinasyonları arasında getiri götürü analizleri yapılarak, yeni tasarım, yakıt tüketimi ve ağırlık için optimize edilmelidir. Bu dört ana motor parametresinin olası 2029 yılı teknolojilerine uygun olarak belirlenmesi ve seçilen limitlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Servise giriş tarihi olan 2029 baz alınarak, yeni malzemelerin geliştirilmesi ve tasarım limitlerinin artırılması farzedilebilir. Yeni malzemelerin seçimi, motorda kullanılacağı yerler ve tasarım limitlerinde sağlayacağı avantajlar yeterli bir şekilde gerçekleştirilmelidir.

Mevcut motor boyutları içinde kalmak şartı ile değişik motor mimarileri kullanılabilir.

Final raporda, motor ağırlığı, boyutları, maks kuru (art yakıcısız) ve maks art yakıcılı durumlarındaki itki, özgül yakıt tüketim değerleri, termal komponent verim değerleri verilmelidir.

Ana akış yolunda yer alan, motor giriş, fan, kompresör, yanma odası, yüksek ve düşük basınç türbinleri, art yakıcı, ve yakınsak-ıraksak lüle modüllerinin tasarım detayları verilmelidir.

Ekiplere yol göstermesi açısından, sunulması beklenen çalışmalar aşağıda listelenmiştir:

- Derinlemesine motor çevrim özeti
- Motor tasarım noktası tasarımı
  - o Fan, kompresör, yüksek basınç ve düşük basınç türbinlerinin her kademesinin, kök, akış orta noktası ve kanatçık ucundaki hız üçgenleri
  - o Tüm motorun 2 boyutlu akış yolu
  - o Fan, kompresör, yüksek basınç ve düşük basınç türbinlerinin ilk kademelerinin hız üçgenlerinin el hesapları
  - o Fan, kompresör, yanma odası, yüksek basınç ve düşük basınç türbinleri, ve art yakıcı komponentlerinden seçilecek bir tanesi ile ilgili hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) analizleri

- Motorun 3 boyutlu CAD çizimlerinin sunulması mecburi değildir fakat ekstra bonus verilecektir.
- Egzost lülesinin düşük görünürlük tasarımı mecburi değildir fakat bu çalışmayı sunan ekiplere ekstra bonus verilecektir.

## 5. BAZ MOTOR MODELİ

Baz motor ile ilgili generik bir model, açık kaynak verileri ve GasTurb programı kullanılarak oluşturulmuştur. Bu modelin bazı parametreleri, ekiplerin başlangıç tasarımlarını oluşturabilmelerine yardımcı olması ve tipik tasarım parametreleri hakkında bilgi vermek amacı ile aşağıda verilmiştir.

| <b>Tablo 3: Baz motorun ana özellikleri</b>                          |                   |
|--|-------------------|
| Motor tipi   | Askeri turbofan   |
| Fan kademesi   | 3 eksenel         |
| Kompresör kademesi   | 5 eksenel         |
| Yanma odası  | Dairesel düz akış |
| Yüksek basınç türbin kademesi  | 1 eksenel         |
| Düşük basınç türbin kademesi   | 1 eksenel         |
| Maks. İtkisi (Art yakıcısız)   | 60 kN             |
| Maks. İtkisi (Art yakıcısız)   | 90 kN             |
| Maks. özgül yakıt tüketimi (art yakıcısız, yer seviyesi statik, ISA) | 21-23 g/kNs       |
| Maks özgül yakıt tüketimi (art yakıcılı, yer seviyesi statik, ISA)   | 47-49 g/kNs       |
| Toplam basınç oranı  | 26:1              |
| Bypass oranı   | 0.4               |
| Maks. motor çapı   | 29 inch           |
| Maks. motor uzunluğu   | 157 inch          |
| Motor ağırlığı   | 2200 lbs          |

Baz motorun maksimum art yakıcı koşulundaki performans değerleri Tablo 4 de verilmiştir.

| Station              | W<br>kg/s             | T<br>K   | P<br>kPa  | WRstd<br>kg/s | FN        | = | 90,00 kN               |
|----------------------|-----------------------|----------|-----------|---------------|-----------|---|------------------------|
| amb                  |                       | 288,15   | 101,325   |               |           |   |                        |
| 1                    | 74,051                | 288,15   | 101,325   |               | TSFC      | = | 48,3935 g/(kN*s)       |
| 2                    | 74,051                | 288,15   | 101,325   | 74,051        | WF Burner | = | 1,29332 kg/s           |
| 13                   | 21,157                | 446,13   | 405,300   | 6,581         | s NOX     | = | 1,1137                 |
| 21                   | 52,894                | 475,62   | 430,631   | 15,990        | BPR       | = | 0,4000                 |
| 25                   | 52,894                | 475,62   | 426,325   | 16,151        | Core Eff  | = | 0,4360                 |
| 3                    | 51,307                | 833,13   | 2643,215  | 3,344         | Prop Eff  | = | 0,0000                 |
| 31                   | 45,753                | 833,13   | 2643,215  |               |           |   |                        |
| 4                    | 47,046                | 1755,00  | 2563,918  | 4,588         | P3/P2     | = | 26,087                 |
| 41                   | 49,691                | 1710,37  | 2563,918  | 4,784         | P16/P6    | = | 0,98745                |
| 43                   | 49,691                | 1392,67  | 917,958   |               | A63       | = | 0,28282 m <sup>2</sup> |
| 44                   | 52,336                | 1366,48  | 917,958   |               | A163      | = | 0,07918 m <sup>2</sup> |
| 45                   | 52,336                | 1366,48  | 899,598   | 12,837        | A64       | = | 0,36200 m <sup>2</sup> |
| 49                   | 52,336                | 1156,46  | 406,261   |               | XM63      | = | 0,25094                |
| 5                    | 53,922                | 1143,87  | 406,261   | 26,795        | XM163     | = | 0,20275                |
| 6                    | 53,922                | 1143,87  | 398,136   |               | XM64      | = | 0,24700                |
| 16                   | 21,157                | 446,13   | 393,141   |               | P63/P6    | = | 0,99000                |
| 64                   | 74,022                | 968,69   | 392,380   |               | P163/P16  | = | 0,99000                |
| 7                    | 77,084                | 2070,00  | 369,274   |               | WF total  | = | 4,35542 kg/s           |
| 8                    | 78,142                | 2051,83  | 369,274   | 57,215        | A8        | = | 0,25274 m <sup>2</sup> |
| Bleed                | 0,264                 | 833,13   | 2643,204  |               | CD8       | = | 0,97368                |
|                      |                       |          |           |               | Ang8      | = | 13,16 °                |
| Efficiencies:        | isent                 | polytr   | RNI       | P/P           | P8/Pamb   | = | 3,64445                |
| Outer LPC            | 0,8800                | 0,9006   | 1,000     | 4,000         | WLkBy/W25 | = | 0,00000                |
| Inner LPC            | 0,7800                | 0,8189   | 1,000     | 4,250         | W_NGV/W25 | = | 0,05000                |
| HP Compressor        | 0,8500                | 0,8810   | 2,315     | 6,200         | WHcl/W25  | = | 0,05000                |
| Burner               | 0,9995                |          |           | 0,970         | Loading   | = | 100,00 %               |
| HP Turbine           | 0,9000                | 0,8889   | 3,161     | 2,793         | e444 th   | = | 0,87852                |
| LP Turbine           | 0,9100                | 0,9020   | 1,437     | 2,214         | WLcl/W25  | = | 0,03000                |
| Mixer                | 1,0000                |          |           |               | WBHD/W21  | = | 0,00000                |
| Reheat               | 0,9000                |          |           | 0,941         | WF Reheat | = | 3,06209 kg/s           |
|                      |                       |          |           |               | XM64      | = | 0,24700                |
|                      |                       |          |           |               | XM7       | = | 0,44197                |
|                      |                       |          |           |               | far7      | = | 0,05989                |
| HP Spool mech Eff    | 0,9900                | Nom Spd  | 22800 rpm |               | WBLD/W25  | = | 0,00500                |
| LP Spool mech Eff    | 0,9900                | Nom Spd  | 12380 rpm |               | PWX       | = | 50,0 kW                |
|                      |                       |          |           |               | P16/P13   | = | 0,9700                 |
|                      |                       |          |           |               | P6/P5     | = | 0,9800                 |
| P2/P1= 1,0000        | P25/P21=0,9900        | P45/P44= | 0,9800    |               | A9/A8     | = | 1,35000                |
| Con-Di Nozzle:       |                       |          |           |               | CFGid     | = | 0,99632                |
| A9*(Ps9-Pamb)        |                       | -6,442   |           |               |           |   |                        |
| hum [%]              | war0                  | FHV      | Fuel      |               |           |   |                        |
| 0,0                  | 0,00000               | 43,124   | Generic   |               |           |   |                        |
| Iteration Variables: |                       |          |           |               |           |   |                        |
| Inlet Corr. Flow     | W2Rstd kg/s (50...86) |          |           |               |           | = | 74,0511                |
| Iteration Targets:   |                       |          |           |               |           |   |                        |
| Net Thrust           |                       |          |           |               |           | = | 90                     |

**Tablo 4 : Baz motor performans parametreleri**

## 6. YARIŞMA KURALLARI

İlk olarak, baz motor için verilen değerler kullanılarak, baz motor modeli oluşturulmalıdır. Bu model verilen değerler ile birebir uyuşmayabilir, fakat yeni motor tasarımının ağırlık ve performans değerlendirmesi için geçerli bir kıyaslama sağlayacaktır.

Ekipler, motor çevrim tasarımı ve analizleri için, sadece NPSS veya GasTurb hazır çevrim programlarını ve yahut bu amaç ile kendi geliştirecekleri kodları kullanabileceklerdir.

Ekipler, akış yolu tasarım ve analizleri için AxSTREAM programını ya da kendi geliştirecekleri kodları kullanabileceklerdir.

Komponent verimleri baz motora göre iyileştirilebilir fakat yeterli gerekçeler sunulmalıdır.

Tasarım çözümlerinin endüstri standartlarında olması beklenmese bile, çözümlerin gerçek hayatta uygulanabilirliği sorgulanacaktır.

Yarışma raporunda aşağıdaki listelenen konuların yer alması gerekmektedir:

- Yeni motor tasarımının, şartnamede belirtilen gereksinimlerin tamamını karşıladığının gösterilmesi
- Yeni tasarlanan motor çevrimindeki ana motor parametrelerinin nasıl belirlendiğini gösteren getiri götürü analizlerin raporlanması
- Tüm akış yolu ile beraber genel motor mimarisinin 2 boyutlu olarak sunulması
- Tasarım çözümünün fizibilitesinin raporlanması, ilgili tasarım limitlerinin ve ihtiyaç duyulan teknolojilerin belirtilmesi ve gerekçelerinin sunulması
- Komponent performanslarının sunulması, ana motor performansının sağlandığının gösterilmesi
- Seçilen komponentin, ilgili hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) analiz sonuçları
- Motor tasarımı ile uyumlu 3 boyutlu motor modelleri (hazırlanmış ise, bonus olarak)
- Egzost lülesi düşük görünürlük tasarım çözümleri (çalışılmış ise, bonus olarak)

Ekipler öncelikle, maksimum 30 sayfa olacak Ön Tasarım Raporu sunacaklardır. Bu raporda, HAD analizleri, 3 boyutlu motor modellerinin sunulması beklenmemektedir.

Ön tasarım raporları, komite tarafından değerlendirilecek, uygun görülenler ikinci aşamaya geçebileceklerdir.

Final tasarım raporu maksimum 75 sayfa olacaktır.

Final tasarım raporları, komite tarafından değerlendirilecek, seçilen 3 ekip, final sunumları yapmak üzere davet edilecektir. Sunumlar sonrasında 1., 2. ve 3. ekip açıklanacaktır.

## 7. YARIŞMA TAKVİMİ, PUANLAMA VE DEĞERLENDİRME

| Yarışma takvimi           |   |
|---------------------------|---|
| Tarih                     | Açıklama  |
| 28 Şubat 2019             | Yarışma son başvuru tarihi                                      |
| 30 Nisan 2019             | Ön tasarım raporu son teslim tarihi                             |
| 11 Mayıs 2019             | Ön tasarım raporuna göre ön elemeyi geçen ekiplerin açıklanması |
| 15 Ağustos 2019           | Final tasarım raporu son teslim tarihi                          |
| 31 Ağustos 2019           | Final sunumlarına davet edilecek 3 ekibin açıklanması           |
| Eylül<br>(Duyurulacaktır) | Final sunumları ve 1.lık, 2.lık ve 3.lüklerin açıklanması       |

Puanlama ve değerlendirme, havacılık motorları konusunda uzman olan kişilerden oluşacak bir komite tarafından, aşağıda belirtilen kriterler doğrultusunda yapılacaktır:

- Teknik içerik (%35)  
Teorinin doğruluğu, kullanılan sebep-sonuç ilişkilerinin geçerliliği, konu üzerindeki teknik hakimiyet, ve benzeri.
- Aktarım (%20)  
Tasarımın açık ve anlaşılabilir bir şekilde anlatılması, ilgili bilgilerin gerekli yerlerde sunulması.
- Orijinallik (%20)  
Sunulan tasarım, standart kitabi bilgi içermemeli, konuya yeni bir bakış açısı ve düşünce ile yaklaşmalıdır.
- Uygulanabilirlik (%25)  
Sunulan tasarım çözümü, uygulanabilir olmalı, pratik sonuçlar ve öneriler içermelidir.



## 8. ÖDÜLLER

Bu tabloda belirtilen ödüller, ödül almaya hak kazanan takımlara verilecek toplam tutarı göstermektedir, bireysel ödüllendirme yapılmayacaktır. Birincilik, ikincilik ve üçüncülük ödülleri, Takım Üyeleri toplam sayısına göre eşit miktarda bölünerek her şahsın belirteceği banka hesabına yatırılacaktır.

|         |           |
|---------|-----------|
| Birinci | 50.000 TL |
| İkinci  | 25.000 TL |
| Üçüncü  | 15.000 TL |

## 9. GENEL KURALLAR

- Her takımın yetkili kişilerinin ilgili hakeme itiraz hakkı vardır. İtirazlar sonradan yazılı olarak verilmek kaydıyla sözlü olarak da yapılabilir. Sözlü olarak yapılan itirazlar en geç 24 saat içerisinde yazılı hale getirilir. Her halükarda yazılı olmayan itirazlar dikkate alınmayacaktır. Yapılan itirazlar hakem heyeti tarafından incelenerek 24 saat içerisinde karara bağlanır.
- Her bir yarışmacı yarışırken gerekli emniyet tedbirlerini almak ve çevresine karşı kendisinden beklenen özeni göstermekle yükümlüdür.
- Türkiye Teknoloji Takımı (T3) Vakfı ve organizasyon komitesi, adil sonuçlar doğurabilmesi açısından yarışmaların objektif kriterler içerisinde gerçekleşmesi, yarışmacıların her türlü ihtiyaçlarının daha iyi karşılanabilmesi, emniyet tedbirlerinin sağlanması ve yarışma şartlarının işlerlik kazanabilmesi için işbu şartnamede her türlü değişiklik yapma hakkını saklı tutar.
- T3 Vakfı ve organizasyon komitesi, yarışmalara başvuru sürecinin ardından gerçekleştirilecek değerlendirmeler sonucunda, yarışmalara katılmak için gerekli teknik bilgi ve becerilere sahip yeterli başvuru olmaması durumunda yarışmaları iptal etme hakkını saklı tutar.
- TEKNOFEST Güvenlik ve Emniyet Şartnamesi tüm yarışmacılara, heyetlerine ve ilgili kişilere tebliğ edilir. Organizasyon kapsamında yarışacak bütün takımlar, TEKNOFEST Güvenlik ve Emniyet Şartnamesi'nde yarıştıkları yarışma özelinde belirtilen güvenlik şartlarını sağlamakla yükümlüdür. Bu bakımdan, söz konusu emniyet talimatında yer alanlar haricinde, kullanılan sistemlerden kaynaklı ilave tedbirlerin alınması yarışmacıların sorumluluğundadır.
- T3 Vakfı ve organizasyon komitesi, TEKNOFEST Güvenlik ve Emniyet Şartnamesi'nde belirtilen koşulları sağlamadığını tespit edilen takımları, organizasyonun güvenli bir ortamda gerçekleşebilmesi adına yarışma dışı bırakma hakkını saklı tutar. Yarışmacıların, heyetlerinin ve ilgili kişilerinin yarışmalar esnasında doğan ihlalleri sonucunda oluşabilecek zararlardan T3 Vakfı ve organizasyon yetkilileri sorumlu değildir.
- Yarışma ile ilgili olarak yarışmacı, T3 Vakfı ve / veya TEKNOFEST tarafından yarışma öncesi veya sonrası yapılacak her türlü yazılı veya görsel tanıtım, yayın, sosyal medya ve internet yayımlarını kabul ve taahhüt eder. Bunun yanında, bunlarla sınırlı olmamak kaydıyla; yarışmacı, tasarımlar, kodlar ve imal edilmiş ürünler dahil, yarışmaya ilişkin olarak üretilen her türlü fikri mülkiyetin T3 Vakfı ve / veya TEKNOFEST'e ait

olduğunu ve yarışmacının bunun üzerinde herhangi bir hakkı ve talebi olmadığını kabul ve beyan eder. T3 Vakfı, tüm fikri mülkiyeti uygun bulunduğu şekilde kamuya açıklama hakkını saklı tutar.

- Yarışmacı, herhangi bir ürünün fikri sınai mülkiyet haklarını ihlal etmesi sebebiyle T3 Vakfı ve TEKNOFEST'in zarara uğraması durumunda söz konusu zararlar ilgili takımdan (danışman dahil) karşılanacaktır.
- Yarışmaya katılma hakkı kazanan tüm takımlara Katılım Sertifikası verilecektir.

### **9.1. Sorumluluk Beyanı**

- T3 Vakfı ve TEKNOFEST, yarışmacıların teslim etmiş olduğu herhangi bir üründen veya yarışmacıdan kaynaklanan herhangi bir yaralanma veya hasardan hiçbir şekilde sorumlu değildir. Yarışmacıların 3. kişilere verdiği zararlardan T3 Vakfı ve organizasyon yetkilileri sorumlu değildir. T3 Vakfı ve TEKNOFEST, takımların kendi sistemlerini Türkiye Cumhuriyeti yasaları çerçevesinde hazırlamalarını ve uygulamalarını sağlamaktan sorumlu değildir.

**Türkiye Teknoloji Takımı Vakfı işbu şartnamede her türlü değişiklik yapma hakkını saklı tutar.**