



# **MİNİ JET RADYAL KOMPRESÖR TASARIM YARIŞMASI**

**YARIŞMA ŞARTNAMESİ**

## 1. Yarışmanın Genel İçeriği ve Detayları

Yarışma üniversite ve lisansüstü öğrencilerine yöneliktir. Yarışmanın amacı öğrencilerin havacılık motor teknolojileri alanına ilgilerini arttırarak kabiliyetlerini geliştirmektir.

Bu doküman TEKNOFEST İSTANBUL Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali (TEKNOFEST) Teknoloji Yarışmaları kapsamında düzenlenen Mini Jet Radyal Kompresör Tasarımı yarışmasının tüm kural ve gerekliliklerini tanımlamak üzerine oluşturulmuştur. Doküman genel içerik olarak yarışma kurallarından ve tasarım kısıtlarından oluşmaktadır.

Yarışmaya katılacak olan takımlardan beklenen, dokümanın devamında belirtilmiş olan tasarım kriterlerine uygun şartları sağlayabilecek bir mini jet radyal kompresör çarkı tasarlayıp raporunu hazırlamaktır.

Tasarlanan kompresör, TEI imkânları ile üretilecektir ve TEI tarafından montaj, yer ve uçuş test desteği sağlanacaktır.

Kazanan takımın tasarımı, pist zemininden maksimum 1000 feet yüksekliğe ve 165 knot yer hızına çıkacak platforma itki sağlayacak bir turbojet motoruna entegre edilecek ve bu turbojet motor yer testleri sonrası organizasyon tarafından temin edilen yüksek hızlı uçuş platformuna entegrasyonu sağlanarak etkinlik günü uçuş gösterisi yapacaktır.

28.02.2019 tarihine kadar başvuru formunun doldurulması gerekmektedir. Yarışmaya katılan her takım en fazla bir tasarım ile yarışmaya katılabilecektir. Takımlar en fazla 5 kişiden oluşabilecektir.

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

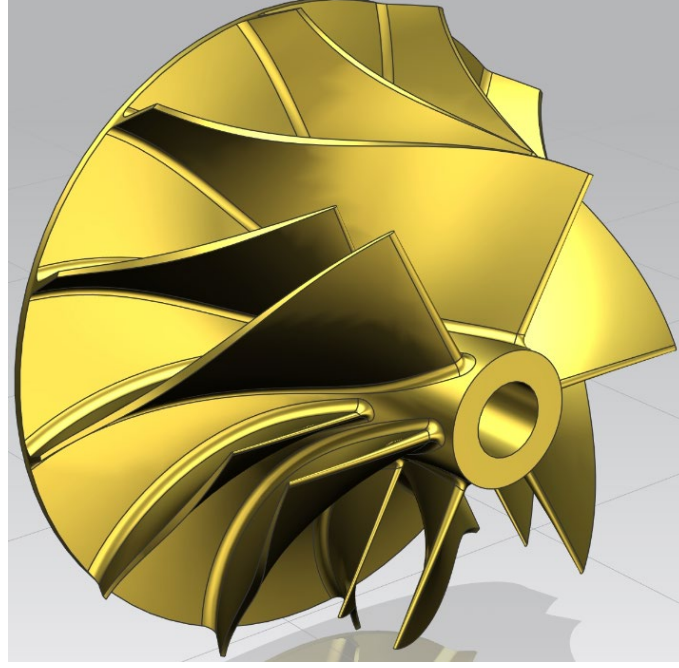
**Genel Bilgilendirme:** İlk 3'e giren mini jet radyal kompresör tasarımının üretimi, entegrasyonu ve yer testi TEI tarafından yapılacak olup, 1. Olan tasarım etkinlik günü motora entegre edilerek uçuş yeterliliği onayı alındıktan sonra uygun platform ile uçurulacaktır.

## 2. Mini Jet Radyal Kompresör Teknik Özellikleri ve Kısıtlamalar

Tasarlanacak mini jet radyal kompresör belirlenen fiziksel sınırlandırmalara uygun kalmak suretiyle, aerodinamik/performans isterlerini sağlamalıdır.

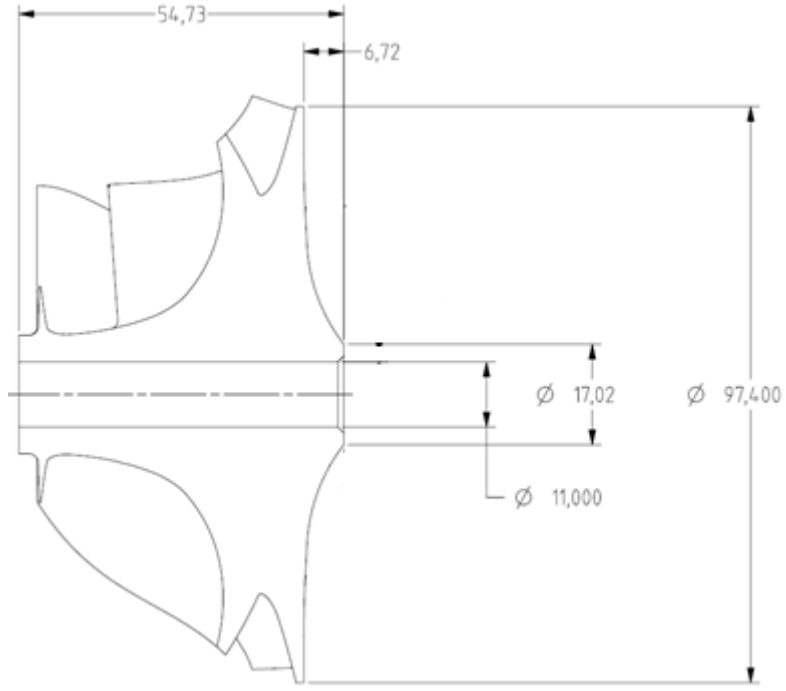
### 2.1 Mini Jet Radyal Kompresör Fiziksel Sınırlandırmaları

Fiziksel sınırlandırmalarda verilmiş olan boyutlar ve profiller kompresörün oda sıcaklığında olduğu durum için uyulması gereken boyutlandırmalardır.

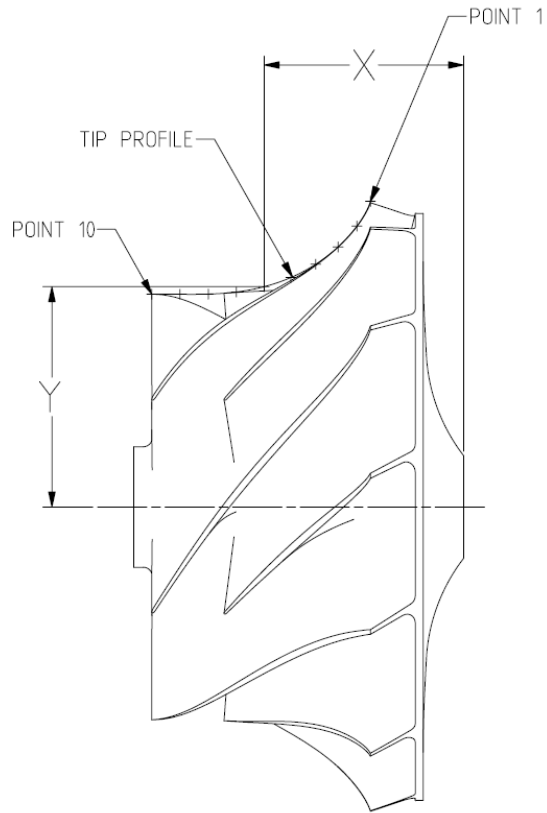


**Şekil 1:** Kompresör 3B Görünümü

	Parametre	Değer	Açıklama
<b>Tasarım Girdileri</b>	Kompresör Dönüş Yönü	Saat Yönü	Kompresöre önden bakışta dönüş yönü saat yönünde olacaktır.
<b>Tasarım İsterleri</b>	Boyutlar	Bkz. Şekil 2	Kompresör boyutlandırması şekil 2' e uygun ölçülerde olacaktır.
	Tip Profil Ölçüleri	Bkz. Şekil 3	Kompresör kanatçık sınırları şekil 3' de verilen tip (uç) profil ölçülerine uygun olacaktır.
	Kanat Sayısı	6 ve 8'in katları olmayacaktır	Kompresör kanatçık sayıları 6 ve 8'in katları olmayacak şekilde tasarlanacaktır.
	Ağırlık (gram)	260 ± 15	Kompresör ağırlığı 260± 15 gram olacaktır.
	Malzeme	Alüminyum 2XXX	Kompresör tasarımında kullanılacak malzeme alüminyum 2XXX serisi kullanılacaktır.(İhtiyaç durumunda malzeme datası katılımcılar ile TEI arasında değerlendirilecektir.)
Mekanik ve Yapısal	-	Kompresör için sağlanması gereken mekanik ve yapısal isterler Kritik Tasarım aşamasına geçen ekipler ile paylaşılacaktır.	



**Şekil 2: Kompresör Boyutları**



#	TIP PROFILE	
	X	Y
1	15,46	50,70
2	17,69	46,61
3	20,83	43,13
4	24,53	40,27
5	28,66	38,07
6	33,09	36,55
7	37,69	35,67
8	42,36	35,32
9	47,04	35,30
10	51,73	35,30

**Şekil 3: Kompresör Tip Profil Ölçüleri**

## 2.2 Mini Jet Radyal Kompresör Aerodinamik/Performans Sınırlandırmaları

Aerodinamik/Performans isterleri kompresörün sıcak (motorun çalıştığı) haldeki sağlaması gereken isterlerdir. Mini jet radyal kompresör aerodinamik/performans çalışmalarında kullanılacak olan sıcak halde kanat boşluğu 0.25 mm kabul edilecektir. Aşağıdaki isterler yalnızca impeller için verilmiştir.

### 2.2.1 Tasarım Noktası İsterleri

Tasarlanacak kompresörün tasarım noktası deniz seviyesi (101.325 kPa hava basıncı) standart gün (15°C hava sıcaklığı) statik (durağan) koşuldur. Tasarım girdileri olarak belirtilen satırlar analiz girdilerini ifade etmekle beraber tasarımın yapılması gereken koşulları belirtmektedir. Tasarım isterleri olarak belirtilen satırlar ise analizler sonucunda ulaşılmaması gereken hedef değerleri ifade etmektedir.

	Parametre	Değer	Açıklama
Tasarım Girdileri	Şaft Hızı (RPM)	96000	Tasarlanacak kompresörün tasarım şaft hızı 96000 rpm olacaktır.
	Giriş Toplam Basıncı* (kPa)	101.325	Tasarlanacak kompresörün tasarım giriş toplam basıncı 101.325 kPa olacaktır.
	Giriş Toplam Sıcaklığı* (K)	288.15	Tasarlanacak kompresörün tasarım giriş toplam sıcaklığı 288.15 K olacaktır.
	Difüzör Giriş Metal Açısı (Derece)	67.08-72.48	Difüzörün meridyonel eksenindeki açısı hubda (dip) 67.08 ve tipte 72.48 olacaktır.
Tasarım İsterleri	Hava Debisi (kg/s)	0.680 ± 0.010	Tasarlanacak kompresörün hava debisi 0.680 ± 0.010 kg/s olacaktır.
	Toplam Basınç Oranı	4.60 ± 0.05	Tasarlanacak kompresörün toplam basınç oranı 4.60 ± 0.05 olacaktır.
	Izantropik verim	≥ 0.87	Tasarlanacak kompresörün izantropik verimi 0.87'ye eşit veya büyük olacaktır.
	Surge Margin**	≥ 15	Tasarlanacak kompresörün surge margin değeri 15'e eşit veya büyük olacaktır.

\*Tasarım noktası statik koşul olduğu için kompresör girişi toplam değerler statik değerlere eşit olarak alınmalıdır.

\*\*Surge margin değeri aşağıdaki formül kullanılarak bulunmalıdır.

$$\left( \frac{PR_{t-t/stall} \times \dot{m}_{tas.}}{PR_{t-t/tas.} \times \dot{m}_{stall}} - 1 \right) \times 100$$

$PR_{t-t/stall}$ : Stall/Surge noktasındaki toplam basınç oranı

$PR_{t-t/tas.}$ : Tasarım noktasındaki toplam basınç oranı

$\dot{m}_{t-t/stall}$ : Stall/Surge noktasındaki hava debisi (kg/s)

$\dot{m}_{t-t/tas.}$ : Tasarım noktasındaki hava debisi (kg/s)

## 2.2.2 Off-Design Noktası İsterleri

Tasarlanacak kompresörün off-design (tasarım dışı) noktası isterleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Off-design girdileri olarak belirtilen satırlar analiz girdilerini, off-design isterleri olarak belirtilen satırlar ise analizler sonucunda ulaşılması gereken hedef değerleri ifade etmektedir. Off-design noktası 300 metre yükseklik, 0.25 Mach hızı olarak belirlenmiştir. (Standart gün; 300 metre koşulunda 286.2 K statik sıcaklık, 97.773 kPa statik basınç değerlerine sahiptir.)

	Parametre	Değer	Açıklama
Off-Design Girdileri	Şaft Hızı (RPM)	70000	Tasarlanacak kompresörün off-design şaft hızı 70000 rpm olacaktır.
	Giriş Toplam Basıncı (kPa)	102.118	Tasarlanacak kompresörün off-design giriş toplam basıncı 102.118 kPa olacaktır.
	Giriş Toplam Sıcaklığı (K)	289.78	Tasarlanacak kompresörün off-design giriş toplam sıcaklığı 289.78 K olacaktır.
Off-Design İsterleri	Hava Debisi (kg/s)	$0.461 \pm 0.030$	Tasarlanacak kompresörün hava debisi $0.461 \pm 0.030$ kg/s olacaktır.
	Toplam Basınç Oranı	$2.59 \pm 0.10$	Tasarlanacak kompresörün toplam basınç oranı $2.59 \pm 0.10$ olacaktır.
	Izantropik verim	$\geq 0.85$	Tasarlanacak kompresörün izantropik verimi 0.85'e eşit veya büyük olacaktır.
	Surge Margin	$\geq 12$	Tasarlanacak kompresörün surge margin değeri 12'ye eşit veya büyük olacaktır.

## 3. Yarışma Takvimi, Puanlama ve Değerlendirme

### 3.1 Yarışma Takvimi

Tarih	Açıklama
28 Şubat 2019	Yarışma Son Başvuru Tarihi
5 Nisan 2019	Ön Tasarım Raporu Son Teslim Tarihi
19 Nisan 2019	Ön Tasarım Raporu Sonuçlarına Göre Ön elemeyi Geçen Takımların Açıklanması
22 Haziran 2019	Kritik Tasarım Raporu Son Teslim Tarihi
7 Temmuz 2019	Finale Kalan Takımların Açıklanması
2 Eylül 2019	Finale Kalan Takımların Tasarımların Üretilmesi Entegrasyonunun, Yer Testlerinin ve/veya Uçuş Testlerinin Yapılması
15 Eylül 2019	Kazanan Takımın Açıklanması
17-22 Eylül 2019	TEKNOFEST

Değerlendirme; Ön tasarım raporu, kritik tasarım raporu ve test puanlaması olarak üç farklı aşamada yapılacaktır. Ön tasarım ve/veya kritik tasarım raporlarını göndermeyen takımlar yarışmaya devam etmeye hak kazanamayacaklardır.

### 3.1.1 Ön Tasarım Raporu

Takımlar, Ön tasarım raporlarını 5 Nisan 2019 tarihinde teslim etmekle yükümlüdür. Ön tasarım raporunda; mini jet radyal kompresör çarkı mekanik tasarımı, CAD modellenmesi ve tasarım noktasında kompresör giriş ve çıkışında orta çizgi (ing: mean line) üzerindeki hız üçgenlerinin belirtilmesi gerekmektedir. Raporda tasarım için kabul edilen varsayımlar belirtilecektir. Belirtilmeyen varsayımlar için puan kırılacaktır. İşbu yarışma kapsamında bir sonraki aşamaya geçebilmek için ön tasarım raporunun (ÖTR) teslim edilmiş ve onaylanmış olması gerekmektedir. ÖTR sonuçlarına göre bir ön eleme gerçekleştirilecektir. ÖTR değerlendirmeleri sonucunda kritik tasarım raporu aşamasına geçen takımlar 19 Nisan 2019 tarihinde ilan edilecektir. ÖTR şablonu ve puanlama içeriği yarışma başvuru süresi sonlandıktan sonra takımlar ile paylaşılacaktır.

**Not:** CAD paylaşımları \*.stp formatında gönderilecektir.

### 3.1.2. Kritik Tasarım Raporu

Kritik tasarım raporu aşamasına geçen takımlar, raporlarını 22 Haziran 2019 tarihinde teslim etmekle yükümlüdür. Kritik tasarım aşamasına geçen yarışmacılara mekanik ve yapısal tasarım istekleri iletilecektir. Kritik tasarım raporunda; mini jet radyal kompresör mekanik tasarımı, güncellenmiş CAD modelleri çıkarılmış ve CFD çözümleri alınmış olmalıdır. CFD çözümlerinde farklı (%60, %70, %80, %90, %100, %110 RPM ) motor devirleri için kompresör haritası çıkartılmalı ve raporda sunulmalıdır. Analizlerde RANS denklemleri çözülmelidir, türbülans modellemesi için bir ya da iki denklemlilik türbülans modelinin kullanılması önerilmektedir. Yapılacak CFD analizlerinde çıkış sınır koşulu olarak ortalama statik basınç değeri tanımlanmalıdır. Tasarım noktası ve belirlenen off-design noktaları için toplam basınç oranı, hava debisi, izantropik verim, çıkış sıcaklığı, çıkış basıncı ve surge margin değerleri raporda belirtilmelidir. Yapılan tüm analizlerde kullanılan sınır koşulu değerleri belirtilmelidir. Kritik tasarım aşamasına geçmiş aday çalışmalarında kullandığı HAD analizlerinin doğruluğunu göstermekle yükümlüdür (Mesh kalitesi vs.), aksi durumda başarısız sayılacaktır. Kritik tasarım aşamasına geçen takımlara gönderilecek olan mekanik ve yapısal isteklerin hesapları bulunmalıdır. Raporda tasarım için kabul edilen varsayımlar belirtilecektir. Belirtilmeyen varsayımlar için puan kırılacaktır. İşbu yarışma kapsamında bir sonraki aşamaya geçebilmek için kritik tasarım raporunun (KTR) teslim edilmiş ve onaylanmış olması gerekmektedir. KTR sonuçlarına göre son eleme gerçekleştirilecektir. KTR değerlendirmeleri sonucunda finale kalan takımlar 7 Temmuz 2019 tarihinde ilan edilecektir. KTR şablonu ve puanlama içeriği yarışma başvuru süresi sonlandıktan sonra takımlar ile paylaşılacaktır.

**Not:** CAD paylaşımları \*.stp formatında gönderilecektir.

### 3.1.3 Üretim & Montaj ve Testler

KTR tasarım raporu aşamasını geçen takımların tasarımları TEI bünyesinde montaj edilebilirlik ve test edilebilirlik onaylarından sonra üretilecek, entegrasyonu tamamlanacak ve testleri yapılacaktır. Üretim aşamasında ihtiyaç duyulacak ham malzeme organizasyon tarafından karşılanacaktır. Testler tamamlandıktan sonra test dataları incelenecek ve performans kıyaslaması yapılarak (izantropik verim ve toplam basınç oranı) kazanan takım belirlenecektir. Kazanan takım 15 Eylül 2019 tarihinde ilan edilecektir.

### 3.1.4 Uçuş

Kazanan tasarımın entegre edildiği motor; organizasyon tarafından temin edilecek platform ile test sahasında uçuş testi sonucunda verilecek olan uçabilirlik onayı sonrası TEKNOFEST' te uçuş gösterisi gerçekleştirecektir.

### 3.2 Yarışma Puanlandırması ve Değerlendirme

Yarışmanın puanlaması iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm rapor puanlaması, ikinci bölüm ise test puanlamasından oluşmaktadır.

#### 3.2.1 Rapor Puanlandırması ve Değerlendirme (%70)

Aşağıdaki tabloda rapor puanlama türleri ve yüzdeleri belirtilmiştir. Puanlama 100 üzerinden yapılacak olup toplam puanın %70'ini oluşturacaktır.

Ön Tasarım Raporu	%20
Kritik Tasarım Raporu	%50

#### Ön Tasarım Raporu Puanlaması

Ön tasarım raporuna göre yapılacak puanlamadan 60 üzeri puan alan takımlar Kritik tasarım aşamasına geçebilecektir.

Ağırlık	15	260 ± 15 gram isteri aralığına göre, ağırlığı en düşük olan takım tam puan alacaktır.
Termodinamik Parametrelerin Hesaplanması	20	Giriş ve çıkıştaki toplam basınç, toplam sıcaklık, statik basınç, statik sıcaklık, mach sayısı, hava yoğunluğu değerleri hesaplamalarıyla birlikte belirtilmelidir. Yanlış hesaplama, yanlış varsayım yapılması ve/veya yapılan varsayımların belirtilmemesi durumunda puan kırılacaktır.
Hız Üçgenleri	15	Hesaplanan termodinamik parametrelere uygun hız üçgeni belirtilmemesi durumunda puan kırılacaktır.
Kayıp korelasyonlarının incelenmesi ve tasarıma yansıtılması	15	Kayıp korelasyonlarının 1D tasarımda dikkate alınıp alınmadığı belirtilmeli, korelasyonlar ve hesaplamaları rapora eklenmelidir.
Teknik Resim	20	Ölçülendirme, datulandırma, geometrik toleranslar vb. konulara puanlandırma yapılacaktır.
CAD Model/Geometri	15	Parametrik model, üretilebilirlik. (işlenebilirlik, özel proses önerileri, vb. konulara puanlandırma yapılacaktır.
Toplam	100	



### Kritik Tasarım Raporu Puanlaması

Aşağıdaki puanlama tablosuna göre puanı en yüksek olan üç takım belirlenecektir.

<b>Tasarım Noktası için;</b>		
-Toplam Basınç Oranı	15	PR: 4.60 ± 0.05 aralığında olan değerlere tam puan verilecektir.
-Izantropik verim	5	İstere göre verimi en yüksek olan tasarım tam puan alacaktır.
-Surge Margin	10	İstere göre surge margin değeri en yüksek olan tasarım tam puan alacaktır.
-Hava Debisi	10	Nominal değere tam puan verilecektir.
<b>Off-design Noktası için;</b>		
-Toplam Basınç Oranı	5	İster aralığında olan değerlere tam puan verilecektir.
-Izantropik verim	5	İstere göre verimi en yüksek olan tasarım tam puan alacaktır.
-Surge Margin	5	İstere göre surge margin değeri en yüksek olan tasarım tam puan alacaktır.
-Hava Debisi	5	Nominal değere tam puan verilecektir.
<b>Mekanik İsterler;</b>	40	Kritik tasarım aşamasında belirlenecek mekanik isterlere göre puanlama tablosu güncellenecektir.
Toplam	100	

### 3.2.2 Test Puanlandırması ve Değerlendirme (%30)

Aşağıdaki tabloda puanlama türleri ve miktarları belirtilmiştir. Puanlama 100 üzerinden yapılacak olup toplam puanın %30'unu oluşturacaktır.

<b>Analizlerin Ölçümler ile Tutarlılığı;</b>		
Toplam Basınç Oranı	20	$1 - \left  \frac{\text{Test Sonucu} - \text{Analiz Sonucu}}{\text{Test Sonucu}} \right  * \text{ilgili puan}$
Izantropik verim	20	
Surge Margin	20	
Hava Debisi	20	
Titreşim	20	Test Sonuçlarına Göre Titreşimi Değeri En Az Olan Takım 20 puan, Titreşim Değeri İkinci En Az Olan Takım 15 Puan, Titreşim Değeri Üçüncü Olan Takım 10 Puan alacaktır.
Toplam	100	

### 3.2.3 Toplam Puan

Yarışma sonunda elde edilebilecek toplam puan maksimum 100 puan olacak olup hesaplaması aşağıdaki gibi yapılacaktır.

$$\text{Toplam Puan} = 0.20 * \text{ÖTR Puanı} + 0.50 * \text{KTR Puanı} + 0.30 * \text{Test Puanı}$$

## 4 Ödüller

### 4.1 Ödül Sıralaması İçin Minimum Başarı Kriteri

Ödül sıralamasına girebilmek için, minimum olarak fiziksel sınırlandırmalar isterlerinden boyutlar ve tip profil ölçülerinin sağlanması ile birlikte tasarım noktası için basınç oranı ve izantropik verim isterlerinin sağlanmış olması gerekmektedir.

## 5. 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 katılımcıları ve diğer hak sahipleri yarışmaya dahil edilen tüm tasarımların, kodların ve ürünleri fikri haklarından teknolojinin ilerlemesi maksadıyla kamuya paylaşılması hususunda feragat ederler, ileriye matuf herhangi fikri ve ticari hak, patent hakkı vb. gibi hiçbir hak ve talepte bulunmayacaklarını bu şartnamenin tarafı olarak kabul ve taahhüt ederler. Bunun yanında yarışmacı, yarışmaya ilişkin tasarımları, kodları ve imalatlarını araştırma ve bilimsel faaliyetlerinde kullanabilir; bildiri, tez, makale olarak sunabilir.

- 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 dâhil) karşılanacaktır.
- Yarışmaya katılma hakkı kazanan tüm takımlara Katılım Sertifikası verilecektir.

#### **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.**