

TMMOB Makina Mühendisleri Odası

I. Ulusal Uçak Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı 12 Mayıs 2001 Eskişehir-Türkiye

## HAVACILIK MOTOR SANAYİNDE ÜRETİM ODAKLI PROJELERDEN TASARIM ESASLI PROJELERE GEÇİŞTE HAVACILIK - UÇAK UZAY MÜHENDİSLİĞİNİN ÖNEMİ ve BU SEKTÖRDE ARGE FAALİYETLERİ

*Dr. Mümtaz Salih ERDEM*

Tusaş Motor San. A.Ş. ESKİŞEHİR

### GİRİŞ

#### 1. ARGE NİN NİTELİĞİ, NİCELİĞİ-

##### 1.1 ULAŞILMAK İSTENEN AMAÇLAR, ARAÇLAR, KAYNAKLAR

#### 2. TASARIM ORGANİZASYONUN TEMELLERİ

##### 2.1 ARGE nin AŞAMALARI İLGİLİ KURUM/KURULUŞLARIN İŞLEVLERİ

##### 2.2 ARGE PROJE SÜRECİ

#### 3. TEİ FAALİYET ALANI, PROJE YÖNETİM FAALİYETLERİ

#### 4. TEİ DE AR-GE TASARIM AĞIRLIKLI PROJE UYGULAMASI

##### 4.1 J85 MOTORU EGZOST NOZUL PROJESİ-KONU, AMAÇ

### SONUÇ

### GİRİŞ

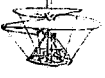
Savunma sanayii ve havacılık konusunda işlevlerini sürdüren Türk sanayii kuruluşları, proje bazlı organizasyonlarda gösterdikleri üretim organizasyonu başarısının ardından, vizyonları gereği ve varlıklarını sürdürebilmenin yolu olarak beklenen görev dışı bağımlılığı en aza indirgerken evrensel rakipleri gibi etkin çalışabilmek ve dünyaya yönelik tasarlayıp, üreterek ihracata yönelik çalışmalar yapmak gerekliliği ve eğilimindedirler.

Bu misyonu başarmanın yolu ise S.S. Havacılık sanayiindeki ARGE çalışmalarına verilen önemin artışı ile, kurulan modelin ikamesi için gerekli alt yapının hızla inşa edilmesini gündeme getirmektedir.

Bu hedefe ulaşmada Söz konusu kuruluşların dünya paralelinde ve uluslararası normlarda tasarım faaliyetlerinde bulunan örgütler haline gelmeleri gerekliliği de bir gerçektir.

Bu örgütlerin oluşumunda ülkemizde bu eğitimin iskeletini normlara uygun veren üniversiteler ve yetiştirdikleri mühendislerin çaba gösterdiği ve fonksiyonlarını oluşturduğu ve alman eğitimin duyarlılığı, tecrübe birikimiyle geleceğe umutla bakmamız konusunda bizleri cesaretlendirmektedir.

Üretim veya ortak üretim esaslı projelerden dizayn-ürün geliştirme ağırlıklı projelere geçiş sağlandıkça üretim tabanlı, deneyimli insan gücünün tasarım ve geliştirme sürecine aktarılması sisteme uzman mühendis katılımını olanaklı hale getirmektedir. Böylece havacılıkta en önemli faktörlerden biri olan "deneyim"



havacılık eğitimini de almış dinamik meslek mühendisleri (bu eğitimi almış, temelleri havacılık, uçak, uzay olan) faydalanılacak ve çok önemli bir değer olacaktır.

Savunma sanayiinde önümüzdeki yıllarda ortaya çıkacak gereksinime Hava-Uzay konusunun deneysel aerodinamik-yapısal analiz v.b. konulara yanıt verebilecek ulusal potansiyelin üniversitelerimizde bulunduğu ve bu eğitimi almış uygulamalarına katılmış genç havacılık mühendislerinin bu konularda önemli çalışma alanları bulacaklarına ve yararlı olabilecek çalışmalarını yapmaları konusunda herhangi bir şüpheye yer yoktur.

Ar-Ge faaliyetlerinin bir eşgüdümü gerektiren faaliyetler zinciri olduğu bilindiğinde, bu eşgüdümün üyeleri İşletme -üniversite-araştırma kurumları şeklindedir. Böyle bir çalışma ile şu anda dış kaynakla yürütülmekte olan bazı Ar-Ge projelerinin önemli bir kısmının yurt içinde bir proje grubu tarafından gerçekleşmesi mümkün olabilecektir.

Yukarıda zikredilen organizasyonların tümünde havacılık mühendisleri görev alabilir ve almalıdır. Üniversitelerimiz bilinmesi gereken son bilgilerle teçhiz ettikleri mühendislerini bu alanlarda kullanmak gerekli ve olasıdır. Şu an itibarı ile üretimin, projenin, bakımın kısaca bir işletmenin fonksiyonları olan her birimde görev yapmakta olan havacılık mühendislerini ana alanlarına çekmek bir görev olmalıdır. Ülkemizin önünde çok büyük S.S. Hamleleri vardır. Bir teoriye göre bu projelerden tek ve/veya çift motorlu savaş uçağı, büyük nakliye uçağı tamamen özgün tasarımıyla yapılması halinde gerekli ARGE elemanı sayısı yaklaşık 7000, konsorsiyumlar halinde bir bölümünün yapılması durumunda da 1200 ARGE elemanı gerekli olduğu belirtilmiştir [1]. Bu durumda yetişkin, deneyimli ARGE elemanı gereksinimi net bir şekilde ortadadır.

Bildirinin birinci bölümünde ARGE olgusu ve bu olgunun içinde yer alması gerekli olan havacılık mühendislerinin misyonları, tasarım organizasyonunun temelleri, bu temelin üzerine inşa edilen ARGE kavramında uçak-uzay mühendislerinin yeri, ARGE olgusu içinde TEF de gerçekleşen bir projenin açıklaması şeklinde gelişip, havacılık mühendislerini gerçek alanlarına çekmek için yapılacak faaliyetler tartışılarak sonuçlandırılmıştır.

## 1. AR-GE'NİN NİTELİĞİ-NİCELİĞİ

Bir ülkenin gerçek anlamda bağımsızlığını ve milletlerarası arenada saygınlığını sağlayan en önemli etkenin teknolojik güç olduğu tarih boyunca yaşanan örneklerle herkes tarafından anlaşılmıştır. Teknolojik güce erişildiğinde, beraberinde ekonomik güce ve askeri güce de erişilmektedir. Teknolojik açıdan başka ülkelere bağımlı bir ülkenin bekasının teknolojiyi elinde tutan ülkelerin hoşgörülerine ve çıkarlarına bağlı olduğu bir gerçektir. Topyekün teknolojik alt yapı kuvvetli olmadıkça, havacılık gibi savunma ağırlıklı sanayii dallarında bir süre güçlü olunabilse bile, uzun süreli kalıcılığın geçerli olamadığı görülmüştür. Ayrıca, teknolojik yapının sağladığı gelişmiş ürünlerin geniş kitlelerin kullanımına sunulması ve böylece toplumun teknolojik faaliyetlerin kalıcı bir şekilde finansmanına katılımının gerekliliği de soğuk savaşın bitmesinden sonra net olarak ortaya çıkmıştır.

Mutlak bağımsızlık için teknolojik atılım yapılması şartı cumhuriyetin ilk yıllarında Türkiye'de dikkate alınan bir gerçek olduğu görülmektedir. Özellikle hava taşıtları imalat sanayii dalında, 1926 yılında Kayseri'de Teyyare ve Motor Türk A.Ş. (TOMTAŞ) Alman Junkers Firmasıyla Türkiye Devleti'nin ortak bir girişimi olarak kurulması ile atılım sağlanmıştır. Ancak 1939 yılında TOMTAŞ Hv.K.K.lığma bakım tesisi olarak kullanılmak amacıyla devredilmiştir. Diğer taraftan özel sektör girişimi olarak Nuri DEMİRAG'ın 1936 yılında İstanbul'da kurduğu fabrika, 1943 yılında kapanmak zorunda kalmıştır. Türk Hava Kurumu'nun 1941 yılında Ankara'da kurduğu uçak fabrikası ise, 1952 yılında Makina Kimya Endüstrisi Kurumu'na



devredilip, dağıtılmıştır. 1945 yılında ilk uçak motor fabrikası Ankara'da kurulmuş, 1950'li yıllarda Türk Traktör Fabrikası'na devredilmiştir.[2]

1974 yılında Kıbrıs Barış Harekatı nedeniyle Türkiye'ye uygulanan ambargo, teknolojik atılımın süratle sağlanıp özellikle savunmayı ilgilendiren havacılık gibi kilit alanlarda yatırım yapılması zaruriyetini çarpıcı bir şekilde ortaya koymuştur. Bu nedenle TAI, TEI, ASELSAN, HAVELSAN, ROKETSAN v.s. gibi kuruluşlar, geçte olsa, 1980'li yıllardan itibaren kurulmuş ve faaliyete geçirilmiştir. Ancak bahis konusu şirketlerin Ar-Ge faaliyetleri kurulduklarında mevcut değildi. Söz konusu şirketler, ortak üretim, lisans altında imalat gibi modeller uyarınca kendilerinden beklenen emek-yoğun yerli katkıyı sağlamışlardır. Ancak piyasa ve rekabet şartlarının zorlaması nedeniyle, üretim birikimi oluşmuş olan şirketlerin zihin-yoğun faaliyetlere geçmeleri ve tasarım süreçlerine kendilerinin de dahil olduğu ürünlere yönelmeleri gereği ortaya çıkmıştır. Süregelen Ar-Ge çalışmalarının sanayii kesimi içinde yaygınlaştırılması, devlet tarafından bütçeden daha büyük paylar ayrılarak desteklenmesi ve tek elden etkin bir şekilde koordinasyonu için çeşitli çalışmaların yapıldığı bilinmektedir.

Kurum/kuruluşların kendi imkanlarıyla finanse ettikleri küçük çaplı projelerde, seri üretime geçilememesi çok büyük problem yaratmayabilir. Ancak sadece kurum/kuruluş tarafından ARGE için büyük paralar dökerek yapılmış bir projeden etkilenmeyecek kuruluş yoktur.

Hava-uzayın başını çektiği elektronik, enerji, bilişim gibi bilim ve teknoloji esaslı sektörler ile bunların bir bileşkesi olan S.S., en yüksek oranda katma değer yaratan ve toplumsal refaha katkıları en fazla olan ana sektörlerdir. Bu nedenle günümüzde, ülkelerin, özellikle bu alanlarda sahip oldukları insan kaynakları, bilim ve teknoloji alt yapıları ve bu alt yapıyı sanayii süreçlerinde kullanarak uluslararası pazarda rekabet edebilecek yüksek teknolojili ürünlere, dolayısı ile toplumsal refaha dönüştürebilme yetenekleri, gerek ekonomik gerekse politik açıdan stratejik öneme sahip, dikkatlice korunması gereken ulusal varlıklar olarak değerlendirilmektedir. Tüm bunlara karşın ülkemizde, hayata geçmesi geciken bilim ve sanayi politikaları veya yanlış uygulamalar nedeni ile, bu kritik alanlarda yetişen beyin gücünün çok az bir kısmı ilgili sektörlerde değerlendirilmektedir.

Bu nedenle Ar-Ge'nin niteliğinin önemi yanında, niceliğinin önemini de tartışmak gereksizdir. Projenin niteliği ve onun katma değeri gibi.

Ülkemizde SSM ve havacılık konusunda hizmet veren sanayii kuruluşları ve bunların yüksek teknolojinin gerektirdiği modern tezgah ve teçhizatla donatıldığı ve her birinin de kendi alanlarında oldukça başarılı olduğu bilinmektedir. Amaç bu birikimleri paylaşmak ve özlenen ArGe kavramı içinde geleceğe yönelik ürün yelpazesinin belirlenmesinde, varolan kabiliyet, kapasite ve kaynakların her birini entegre edebilmektir.[4]

### **1.1. Ulaşılmak İstenen Amaçlar, Araçlar ve Kaynaklar**

Yeni teknoloji ve ürün geliştirme yeteneğinden yoksun bir sanayinin, rekabet gücünü yitirerek yok olma tehlikesi ile karşı karşıya gelmesi kaçınılmazdır. Bu gerçekten yola çıkarak Türkiye'deki gerek endüstri kuruluşları, gerekse kamu kuruluşları Ar-Ge'ye büyük önem vermek mecburiyetindedirler. Hava araçları ile ilgili sistemlerde teknolojik yeterliliği sağlayabilmek, konuya ait Ar-Ge kabiliyetinin çok iyi tesis ve koordine edilmesi ile mümkündür. Ancak, Ar-Ge yatırımlarının yüksek maliyetli olması nedeniyle, ülkede amaca hizmet edecek mevcut Ar-Ge merkezlerinin belirlenmiş ana hedeflere yönlendirilmesi uygun bir yöntem olmaktadır. Söz konusu hedeflerin belirlenmesi, belirlenen hedeflere göre Ar-Ge faaliyetlerinin yönlendirilmesi, koordinasyonu ve düzenli bir şekilde çalışmalarının takibinin yapılması en üst seviyede çok hızlı

bir yapılanma ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Ar-Ge konusunda üst seviyede akılcı ve etkin bir yapılanmanın yanı sıra, harcamalar için Gayri Safi Milli Hasıla'dan gelişmiş ülkelerde ayrılan paylara yakın miktarda bütçe öngörülmesi gereklidir.

Havacılık alanında yurdumuzda uygulanacak teknoloji ve Ar-Ge politikası oluşturulabilmesi için mevcut yetenek düzeyinin ve ürün bazındaki yönelimlerin hareket noktası olarak alınması gerçekçi bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım kapsamında, Ar-Ge'nin geliştirilmesi için ürün bazında odaklanmayı esas alan bir strateji izlenmesi kabul edilmelidir. Havacılık ve uzay alanında geleceğe dönük ürün yelpazesinin belirlenmesiyle başlayan ve bu yelpaze içindeki ürünlere yönelik yurtiçi teknoloji ve Ar-Ge yeteneğini yükseltmeyi amaç edinen bir yol izlemesi en akılcı öneri olarak görülmektedir. Bu strateji doğrultusunda hazırlanacak uzun süreli, ama belli sıklıklarla yeniden gözden geçirmeye açık bir ana plan, söz konusu uygulamanın kararlılıkla oluşturulması için etkin bir araç olacağı değerlendirilmektedir.

Havacılığın pahalı ve geniş tabanlı bir teknolojiye oturması nedeniyle bu alanda, ülkeler arasında işbirlikleri son yıllarda yakınlık arz etmektedir. Avrupa'da gerek proje bazlı gerekse teknoloji bazlı ortaklıklar yaygınlaştığı gözlenmektedir. Bu alanda şirketler arası birleşmeler de görülmektedir. Bu gelişmeler ışığında Türkiye de milli menfaatleri doğrultusunda gelişmeleri yakinen takip etmeli ve stratejisini belirlemelidir.

## 2- TASARIM ORGANİZASYONUNUN TEMELLERİ-TASARIM ORGANİZASYONUNDA HAVACILIK MÜHENDİSLİĞİNİN ÖNEMİ

Bir tasarım organizasyonunda bulunması gereken hiyerarşik yapılanma; şirket zirve yöneticisine bilgi-rapor veren Tasarım Organizasyonu Lideri altında birbirine paralel ancak birbirinden bağımsız alanlarda çalışan teknik kurul ve uçuşa elverişlilik kurulları, bunların altında yer alan tasarım ekipleri ve buna paralel çalışan tasarım kalite güvence yöneticisi, sertifikasyon uzmanları şeklindedir(1).

Bir organizasyonda üretim veya ortak üretim esaslı projelerden tasarım geliştirme ağırlıklı projelere geçiş süreci sağlandıkça üretim tabanlı mevcut yetişmiş iş gücünün tasarım ve geliştirme sürecine aktarılması sisteme gerçekten işini bilen uzman mühendis katılımını mümkün kılacak ve Havacılık jet motoru sanayiinde en önemli faktörlerden biri olan deneyim etkin olarak kullanılabilir değer dönüşecektir.

Bu organizasyonda havacılık, uçak, uzay mühendislerinin yer alması deneyimle- ilgili eğitimi almış mühendisler olarak- teoriyi beraberce ve etkin olarak kullanmak anlamında, gerçek bir takım çalışması ortamını sağlamak gerekliliğini gündeme getirmektedir. Yukarıda da belirtilen proje bazlı geliştirme elemanı gereksinim, üniversitelerimizin bu eğitimi almış mühendislerinin sektörde imalat, montaj ve sistem yönlü çalıştırılmaları ve sonucu edindikleri deneyimleri, teorik eğitimleri ile geliştirerek sektörde ARGE bünyesinde istihdam edilmeleri olanaklı ve çok yararlı olacaktır.

Buradan çıkarılacak sonuç ise bu sektördeki Ar-Ge faaliyetlerinde kullanılacak mühendisliğin temellerinin bu eğitimi almış insanlar olmasıdır. Üniversitelerimize de bu konuda görevler düşmektedir. En önemlisi ders scope u seçimidir. Ders seçiminde dünya literatürü izlenme gerekliliği gibi ülkemiz şartlarındaki sanayimizin gelişen projelerdeki ve şu andaki durumunu yakinen izlemeli ve sürekli temas halinde bulunulmalıdır.

Eğitimde daha iyiyi ve gereksinimi yakalayabilmek için üniversitelerimizin ve sanayimizin şu gerçeklere sahip çıkması zorunludur;

-Savunma sanayiinde Tasarım teknolojisi çok büyük öneme sahiptir. (Ülkelerin hayati fonksiyonlarıdır)



-Kimsenin kendisine rekabet üstünlüğü, gizlilik, güvenilirlik v.b. özellikleri sağlayan bir teknolojiyi başkasına vermeyeceği,

-Kritik teknolojilerin de devletin kontrolünde oluşu nedeniyle teknolojiyi "Ulusal Olarak Üretmek" dışında seçenek azlığı,

Ancak askeri gereksinimin özelliği, maliyet, zaman, olanaklar gibi türlü faktörler, teknolojiyi transfer etmeyi de gerektirebilecektir. Çünkü olanaklar sınırlıdır. Satın alınacak teknoloji bir üretim-montaj teknolojisi olduğundan benimseyip, yerleştirerek Tasarım yeteneğinin kazanılması hedeflenmelidir.

## 2-1 AR-GE'nin Aşamaları ve İlgili Kurum/Kuruluşların İşlevleri

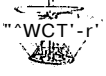
AR-GE faaliyetlerinin aşamalarının, bu aşamalarda görev alması gereken kurumlar ve bunların işlevleri toplu halde Tablo-1'dedir.

Tablo -1 : AR-GE Faaliyetlerinin Aşamaları, Kurumlar ve Bunların İşlevleri

AR-GE Aşamaları	İlgili Kurum Ve Kuruluşlar	İşlevler
<b>1. Fikrin Oluşturulması</b> a.Yeni Fikir b.Var olan Bir Fikrin Geliştirilmesi	TSK, Üniversiteler, Kamu-Özel Araştırma Kuruluşları Bireyler	Fikrin ortaya konulması; Proje halinde geliştirilmesi; Planlama ve programın ortaya konulması; Proje teklif ve dokümantasyonun hazırlanması, fizibilite etüdlerinin hazırlanması
<b>2. AR-GE Deneysel Aşama</b> deney, Simülasyon, Parametrik Çalışmalar, Test-Analiz, Ölçüm Kontrol	Üniversiteler; Kamu ve Özel Sektör AR-GE Kuruluşları ve laboratuvarları	Teorik ve uygulamalı bilimsel çalışmalar yapılması, kuramsal temellerin ortaya konulması
<b>3. Prototip Geliştirme</b> a. Küçülmüş prototip b. 1:1 prototip	Kamu ve Özel sektör AR-GE Kuruluşları; Sanayii kuruluşları	AR-GE bulgularının prototip haline getirilmesi, ihtiyaca uygunluğu, denenmesi, performans ölçümlerinin yapılması
<b>4. Yan Pilot Üretim</b> (Prosesin yarı-pilot teşkili)	AR-GE Kuruluşları; Sanayii Kuruluşları	Prototipin sınırlı sayıda üretimi ve üretim teknolojisinin oluşturulması
<b>5. Pilot Üretim</b>	Sanayii Kuruluşları	Seri üretim teknolojisinin oluşturulması, belli sayıda üretim yapılması
<b>6. Seri Üretim</b> Ticarileşme, Teknoloji Oluşumu-Aktarımı Ulaşma- Yayınım	Sanayii Kuruluşları	Üretim teknolojisinin seri üretime uygulanması; Teknoloji aktarımı; pazarlama ve pazar yayılım çalışmaları

Teknolojinin, iş gücünü desteklemesi, birim iş gücü başına düşen üretim çıktılarının artması, diğer bir deyişle, üretkenliğin (prodüktivitenin) yükselmesi demektir. Aynı teknoloji, desteklediği iş gücünü eş zamanlı olarak istihdam edecek yeni iş alanları yaratabilme potansiyeline sahiptir. İleri malzeme teknolojilerinde, moleküler biyolojide, biyokimyada yeni biyoteknolojide ve genetik mühendisliğinde tanık olduğumuz gelişmeler ve bu gelişmelerin özellikleri, kullanım amacına göre, insan eliyle tasarlanmış yeni malzemeler, yeni ürünler, hatta genetik gelişmeleri gündeme getirmiştir [3].

Bir diğer şekilde yukarıda belirtilen Ar-Ge aşamaları daha kapsamlı ve detaylı olarak aşağıdaki şekilde özetlenebilir; Amaç, bu aşamalarda söz konusu eğitimin; kavramın nerelerine oturduğunu belirleyebilmektir.



## 2.2. AR-GE Proje Süreci

AR-GE proje süreci, konu araştırması ve buna bağlı olarak izlenecek gen yöntemi aşağıdaki şekilde izlemek ve proje üzerinde bu adımları gerçekleştirmek şeklinde gelişmektedir.

Havacılık mühendislerinin bu adımların her birinde ne şekilde yer alabileceklerini tartışmak gereksizdir. Bu adımlar;

1. Fikrin geliştirilmesi, problem belirleme süreci, data analizleri, eldeki bilgileri geliştirme ve teknik olurluluk çalışması
2. Ekonomik olurluluk çalışması, en iyi çözümün seçimi, seçimin geliştirilmesi teknik talepler, risk planı
3. Müşteri istekleri, beklentileri ve yaklaşımın gözden geçirilmesi
4. Önerilen geliştirme ve proje program planı
5. İtici önerilerin belirtilmesi belirlenmesi, hareket tarzı (beyin fırtınası) İmalat kaynaklarının belirlenmesi, Teknik taleplerin sonuçlandırılması
6. Hareket planının hazırlanması (concept'in döndürülmesi) En iyi seçeneğin sonuçlandırılması Anahtar özelliklerin belirlenmesi
7. Detaylı tasarım ve üretim planının gerçekleştirilmesi Detay tasarım yayımlanması Donanım destek üniteli Bakım tamir üretim planının yayımlanması
8. Üretimi gözden geçirme toplantısı, geçerliliğin hazırlanması, detaylı kalifikasyon, test planının tamamlanması
9. Olurluluğun tamamlanması
10. Seri üretim, servis, destek hizmetleri ve geliştirme fırsatlarının araştırılması

Bundan sonraki aşama, seri üretim parçasının izleme ve servis hizmetleridir. Seri üretimi gerçekleştirip satılan parça veya assemble üzerinde aynı işlemler sonucu geri besleme ile yeni bir geliştirme süreci yaşanabilir. Bu ARGE nin doğasıdır [4].

## 3- TEI - FAALİYET ALANI - PROJE YÖNETİM FAALİYETLERİ

TEI'nin konusu uçak motorlarının ve diğer gaz türbinli motorların imalatı ve Ürün geliştirmeye bağlı olarak tasarımıdır. Başlangıçta şirketin amacı Türk Hava Kuvvetleri için F10 motorları ortak üretimi, bu motorların modifikasyon, modernizesi ve türbinli motorların alt parçalarının imalatı, gerekli teknolojinin transferi olarak şekillendirilmiştir.

Havacılık teknolojileri alanında Uçak Jet Motorlarına yönelik üretim yapan TUSAŞ MOTOR SANAYİİ A.Ş. (TEI)'nin faaliyetlerini esas olarak 4 ana grup içinde incelemek mümkündür. Bunlar;

- Parça İmalat
- Motor Montaj ve Test
- Müşteri Destek Hizmetleri
- Ürün Geliştirme

olarak sıralanabilir. Yukarıda belirlenen bu 4 ana grup içindeki faaliyetlerini ise şu şekilde detaylandırmak mümkündür:



## Parça İmalat:

TUSAŞ Motor Sanayii (TEI) A.Ş. havacılık ve özellikle savunma sanayine yönelik olarak üretilen uçaklar için jet motorlarını ve bunların değişik parçalarını üretmektedir. TEI jet motorları üretiminde ihtisaslaşan bir şirket olması nedeniyle üretiminde daha çok metallurji ve malzeme bilimini yoğun olarak kullanan bir şirkettir. Bu nedenle üretiminde çok yoğun olarak ileri malzemeleri; Krom-Nikel, Titanyum ve ileri alüminyum bazlı süper alaşımlar kullanmaktadır

Günümüzde uçak motorları için kullanılan malzemelerin yüksek sıcaklık, titreşim, gerilim, basınç ve her türlü mevsim şartlarına nem, tuz ve korozyona karşı dayanıklı ve mümkün olduğu kadar hafif ileri metal alaşımlı malzemelerden olması gerekmektedir. Bu nedenle TEI'de uçak motorları imalatında;

- Uçak motorları için imal edilen parçaların en ufak bir hatayı dahi kabul etmeyeceği kesindir. Böyle parçaların hemen tespit edilmesi için TEI çok özel ve gelişmiş Tahribatsız Muayene tekniklerin üretiminin hemen her kademesinde uygulamaktadır. Özellikle Eddy Current ve Ultrasonic yöntemler bu tekniklerin içinde en çok kullanılanlardır. Ayrıca, Tahribatsız Muayene yöntemlerinden Radiographic, Fluorescent, Penetrant ve Magnetic Partide yöntemleride sıkça kullanılmaktadır. Ayrıca TEI içinde birde Metallografi Laboratuvarı bulunmaktadır.
- Ayrıca uçak motorlarında kullanılacak parçaların konvansiyonel CNC tezgahlarında işlenerek üretilmesi, taşlanması ve broşlanması da yapılmaktadır.
- TEI'de kullanılan üretim tekniklerini ise şu şekilde sıralamak mümkündür: CNC İşleme/Taşlama, Disk Broşlama, CNC Shot Peen, CNC Plasma Spray, Elektro-Kimyasal işleme, Electro Discharge Machining, ECG, Isıl İşlem, Sert Krom Kaplama ve Nikel Kaplama, Macro Etch, Blue Etch, Tığ/Resistans Kaynağı, Alkalin ve Titanium Temizleme, Sermetal Kaplama, Lazer Delme, Stem Delme.

## Motor Montajı ve Testi:

TEI'de üretilen uçak jet motorlarının montajı çok hassas yöntemleri, bu iş için özel olarak geliştirilmiş montaj aparatlarını ve işlemlerini gerektirmektedir. Montaj esnasında kullanılan takuim ve avadanlıklar işe uygun ve özel olarak üretilmiş yüksek hassasiyette aletlerdir. Ayrıca, türbin, kompresör gibi büyük kütleli ve döner elemanların statik ve dinamik balansları çok önemlidir. Bu amaçla, türbin ve kompresörde kullanılacak kanatçıkların çok hassas olarak tartılması ve öncelikle parçaların statik olarak dengeli bir şekilde dağıtılması gerekmektedir. Bu amaçla TEI'de yüksek hassasiyette balans ekipmanları bulunmaktadır. Ayrıca, yüksek hızda balans ölçümleri ve taşlama için lazer ölçümlü bir taşlama sistemi bulunmaktadır.

TEI'nin en önemli test imkanlarından birisi de şüphesiz, montajı tamamlanan her motorun test edildiği Test Bremzesi (Test Celi) dir. Montajı tamamlanan motor bu brenize içerisindeki ölçüm ve yükleme sistemlerine bağlanarak uçuş simülasyonu yapılarak, gerçek şartlarda yük altında test edilir. Böylece motorun ürettiği itki gücü, deviri, çeşitli notlarındaki sıcaklıkları, yakıt tüketimi ve motor ile ilgili tüm verim bilgileri elde edilir. Bu TEI'nin sahip olduğu çok önemli test kabiliyetlerinden birisidir. Bu sistem üzerinde tüm değerler bilgisayar ortamında değerlendirilmekte ve toplanmaktadır.

### **Müşteri Destek Hizmetleri:**

Ayrıca, TEI özellikle Türk Hava Kuvvetlerine ve Türkiye'deki diğer kullanıcılara jet motorları konusunda lojistik ve teknik destek vermektedir.

### **Ürün Geliştirme:**

TEI mevcut kabiliyetlerine ek olarak, 1996 yılında ABD General Electric Firması ile ortaklaşa olarak T-38/J85 jet motorları için ejektör geliştirme projesini başlatmıştır. Bu proje kapsamında yüksek performanslı yeni bir ejektörün tasarımı TEI-GEAE ortak tasarım ekibi tarafından tamamlanmış, kalifikasyon parça üretimleri de TEI'de gerçekleştirilmiştir. Üretilen yeni ejektörlü motorun gerçek uçuş testleri NASA tarafından yapılmıştır. Geliştirilen yeni ejektörlü motor T-38 uçaklarına takılmış ve test edilmiştir. Söz konusu yeni tasarım ejektörlü motorlarda bir yandan yakıt tasarrufu sağlanırken diğer taraftan motor gücünde önemli ölçüde artış elde edilmektedir. Bu tasarım ve geliştirme çalışmalarında TEI mühendisleri aktif olarak görev almışlardır. Bu yeni tasarımın seri üretimine geçilmiş ve ilk parçasının 2001 Mart ayı içerisinde teslim edilmesi planlanmıştır.

Savunma sanayiinin yeni politika ve strateji belirleme çalışmaları kapsamında TEI yukarıda anlatılan faaliyet alanlarında ulusal savunma sanayiine her türlü katkıyı yapmaya hazırdır.

Ancak, proje yönetim faaliyetleri çerçevesinde özellikle yerli katkı ve AR-GE konularında ülkemizin savunma sanayiinin teknolojik alt yapısının oluşturulması ve orta ve uzun dönemde teknoloji, üretim ve geliştirme alanlarında dünyada söz sahibi bir konuma gelebilmek için izlenilmesi gereken stratejiler vardır. Bu stratejilerden bazıları aşağıdaki gibi benimsenip, özetlenebilir;

- Mevcut durumda daha çok üniversite ve kamu kuruluşlarınca yürütülen AR-GE faaliyetleri çoğu zaman nihai bir ürün ile sonuçlanmamaktadır. Bu nedenle, özellikle havacılık sanayiinde yüksek yatırım gerektiren AR-GE çalışmalarının sanayi kesimi içinde yaygınlaştırılması ve ürüne yönelik çalışmalar yapılabilmesi için devlet tarafından bütçeden daha büyük paylar ayrılarak desteklenmesi.
- Havacılık sanayiinde söz sahibi büyük şirketlerin geniş bilgi, deneyim, kaynaklarından ve pazarlama güçlerinden (lisans, patent) yararlanmak amacıyla söz konusu şirketlerle ortak projeler üzerinde çalışılması.
- Savunma sanayii ihtiyaçları doğrultusundaki her türlü alım projelerinde mühendislik iş paylaşımına (Engineering Workshare) özen gösterilmesi ve bu konuda dış firmaya yaptırım uygulanması.
- Savunma sanayii ihtiyaçları doğrultusundaki her türlü alım projelerinde enbüyük yerli katkı sağlanmasına özen gösterilmesi ve bu konuda dış firmaya yaptırım uygulanması.

Sonuç olarak;

TEI Havacılık endüstrisinde kendini ispatlamış ve muhtelif uçak motorları için yüksek alışımlı talaşlı imalat kapasitesi ve fabrikasyon imalat parçaları üreten bir şirket olarak dünya uçak sanayiince kabul edilmiştir.



Değişik askeri ve ticari motorlar için motor parçası üreten TEI, tüm müşteri standartlarında tam zamanında üretimi hedef edinmiştir. Yukarıda belirtilen J85 motoru dizayn projesinin başı çektiği ARGE çalışmaları ile de ulusal savunma sanayiine en büyük katkıyı sağlama uğraşları içerisinde.

#### 4- TEI DE TASARIM AĞIRLIKLI BİR PROJE UYGULAMASI

TEI ürün geliştirme faaliyetleri kapsamında yukarıda da belirtilen tasarım organizasyonuna geçiş sürecini bir proje uygulaması ile başlatmıştır. Bu proje T38 ve F5 uçaklarında kullanılan J85 motorunun daha uzun mesafeli uçabilmesi için yakıt tasarrufunu gündeme getirirken, verimde de artışa vesile olması ile itki gücünde de bir artışı sağlayan yeni bir ejektör tasarımıdır, projede GE, NASA un da katıldığı ve TEI nin mekanik tasarım bölümünü üstlendiği bir projedir. 1998'de biten ve TEI'de üretilen prototip. Bir dizi test uçuşunu NASA tesislerinde gerçekleştirdikten sonra arzu edilen değerleri karşılaması üzerine prototip de görülen eksiklik ve hataların giderilerek geliştirilmesi ve tasarımının yeniden değerlendirilmesi sonucu kalifikasyon parçası denilen komplemin 4 set olarak üretilmesine karar verilmiştir. 2000 yılında değişik uçaklarda test edilmesi sonucu kararlaştırılan son konseptin seri üretim'e geçme kararı alınmıştır. NASA bu yıl için 47 set geliştirilmiş ejektör sipariş etmiştir. (1 uçakta 2 motor dolayısı ile iki ejektör kullanılmaktadır.) NASA'nın talep ettiği ilk ürünler takılmak üzere Amerika'ya gönderilmiştir.

##### 4.1 J85 Motoru Ejektör Projesi, Konu/Amaç

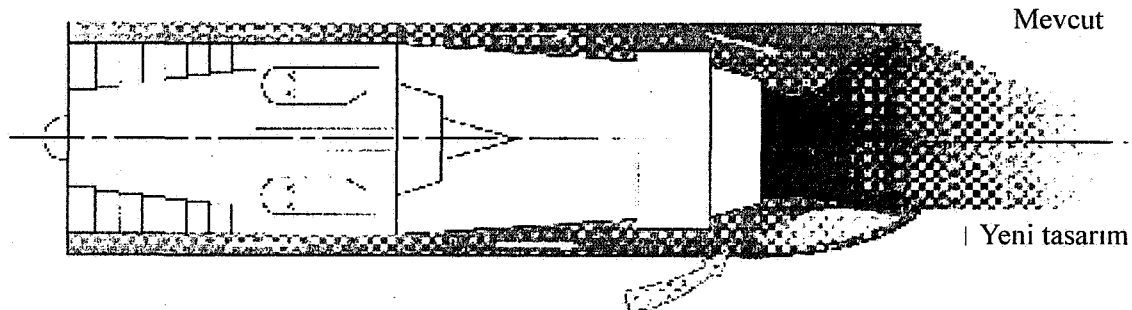
J85 Gaz türbin motorları, Türk Hava Kuvvetleri envanterinde de bulunan T38 eğitim ve F5-A/B savaş uçaklarında itki sistemi olarak kullanılmaktadır.

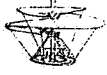
General Electric, ABD, Firması tarafından geliştirilen J85 motoru 1950'li yılların sonlarından bu yana birçok ülkenin hava kuvvetleri envanterinde bulunan savaş ve eğitim uçaklarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

J85 ejektörünün geliştirilmesini içeren bu projede, uçak performansında kayda değer bir artış ve yakıt tasarrufu elde edilmiştir.

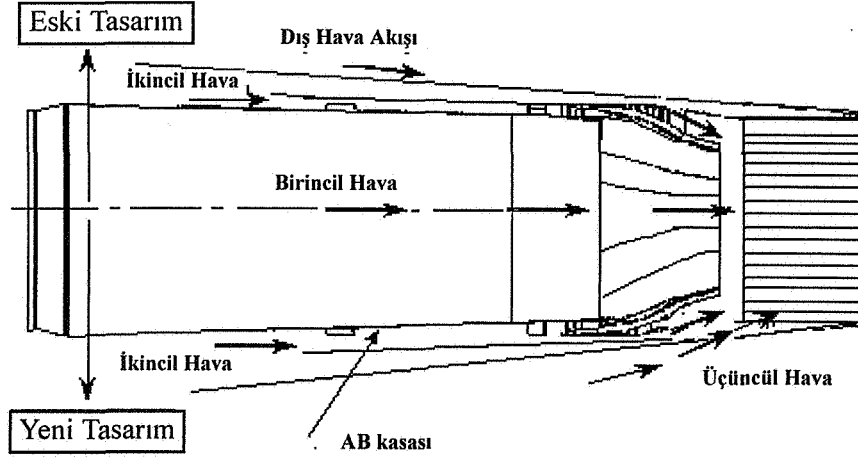
Ejektör sistemi, J85 motorunun eksoz kısmında yer almaktadır. Bu bölge yüksek gaz sıcaklıklarına maruz kaldığı için bu sistemin parçalarında Nikel bazlı süper alaşımlar kullanılmaktadır. Ayrıca, bu sistemin tasarımı, aerodinamik, mekanik, ısı transferi, mukavemet ve titreşim, ileri üretim teknikleri gibi farklı disiplinleri içeren karmaşık bir sistem ve metodoloji gerektirmektedir. Tasarım süreci, deney, prototip ve test çalışmalarının sonucuna bağlı olarak bir iyileştirme döngüsü de içerdiğinden, projede General Electric firması ile ortaklaşa yoğun bir Ar-Ge çalışması gerçekleştirilmiştir.

Şekil.1-Mevcut ve Önerilen Ejektör Sisteminin şematik gösterimi





Şekil-2. Hava akımları gösterimi

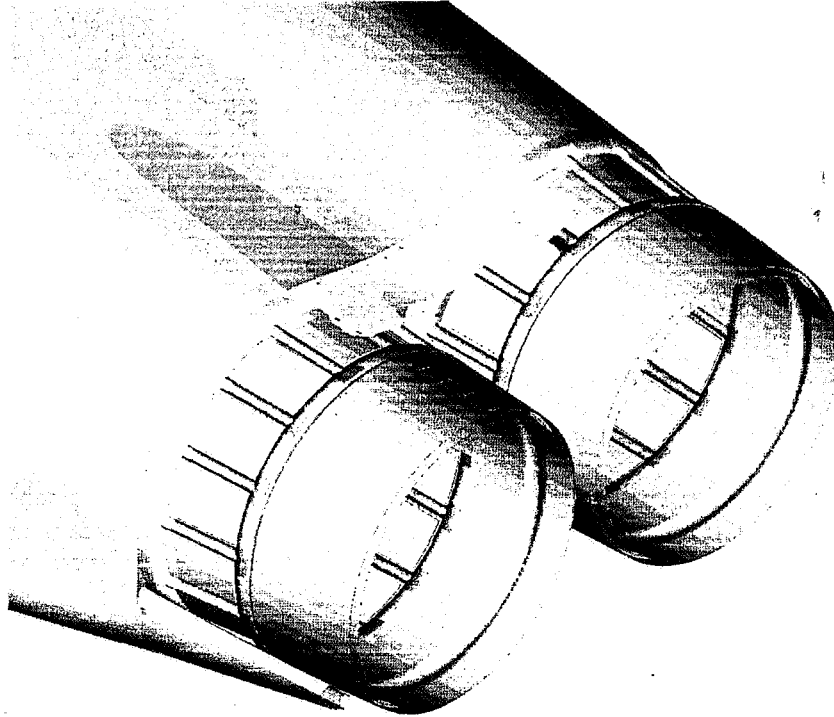


Şekil 1 ve Şekil 2'de, mevcut ve öngörülen kavramsal ejektör tasarımı şematik olarak verilmiştir. Bu yeni tasarımda, kontrollü 'plume' genişlemesiyle, sürüklenme kuvvetinin azalması, itkinin artması ve yakıt tüketiminin azalması sağlanmaktadır. Ayrıca, ejektörün ikincil hava kanalları yardımıyla soğutulmasıyla bakım periyotlarının artması hedeflenmiştir.

Tasarım değişikliği sonucunda T38 eğitim uçaklarında öngörülen performans artışları şöyle sıralanabilir:

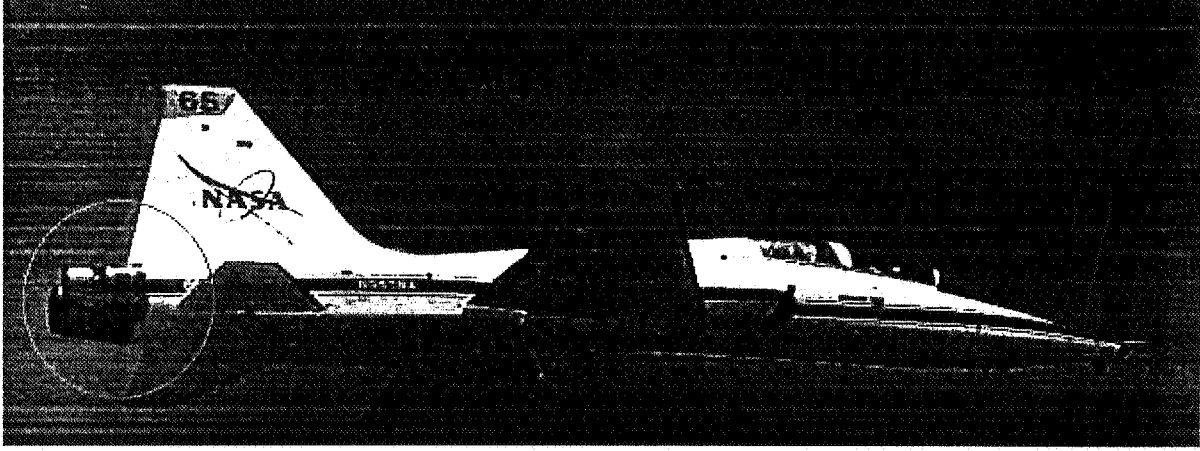
- Uçak eriminin (uçuş mesafesi) artması.
- Kalkış itkisinin artması.
- Yakıt tüketiminin, azalması, manevra kabiliyetinin artması şeklindedir.

Şekil-3 Komple T-38 Bootailinde (kuyruk) ejektörlerin görünümü





Şekil-4- T38 uçağının ejektörlerin takılmış hali ile NASA daki test uçuşu esnasında çekilmiş fotoğrafı



## SONUÇ

Proje bazlı veya tasarımı dış kaynak tarafından yapılan hava araçları ve/veya motorlarının diğer sistemlerinin ülkemizde sadece üretimini temin etmek noktasından hareketle tesis edilen Türk hava uzay sanayii kuruluşları, ulusal şartların zorlaması, dış rekabet şartları nedenleri ile uluslararası kuruluşlardan onaylı ve ülkemizin ihtiyaçlarına karşılık verecek kabiliyette birer tasarım organizasyonuna geçiş sürecini yaşamaktadır. Bu süreçte başarılı olabilmenin yolu alıcı-kullanıcı-yapımcı ve araştırmacı kurumların topyekün olarak ve eşzamanlı biçimde hareket edebilmeleridir. Bu sürecin düzgün işlemesi bakımından ülkemiz oldukça zor şartlar altında bulunmaktadır [1].

Tüm bunlara karşın, sahip olunan kaynaklar, eldeki fırsatlar yukarıda bahsedilen işin boyutu ve boyutta güzide okullarımızın eğittiği havacılık mühendislerini deneyim ile yoğunlaştırarak misyonlarını, vizyona dönüştürmeyi sağlamak için ilgili kuruluşlar, eğitim kurumlarına büyük görevler düşmektedir. Bu ileriye yönelik umutlarımızı da tazelemektedir.

Yukarıda zikredilen Ar-Ge faaliyetleri ve somut bir uygulama örneği ile havacılık mühendislerinin hem ilgisini çekmek hem de kendilerinin nerelerde ne gibi görevler alabileceklerini, deneyimle-teoriyi birleştirdiklerinde kavramın nerelerine yerleştirebileceklerini görmeleri açısından özetlenmiştir. Örneği zikredilen uygulamada da havacılık mühendisleri bilfiil görev almışlar ve görevlerini başarıyla sonuçlandırmışlardır.

## KAYNAKLAR

- [1] KAYNAK, Ünver-1999 İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Bildiri Kitabı S: 117 "Tasarım Organizasyonuna Geçişin Temelleri"
- [2] ZAİM, Mehmet, ZİYLAN Aytekin-2000 Yönetim Mühendislik ArGe ye Dayalı Savunma Sistemi Tedarik Projelerinde Proje Yönetimi S.4
- [3] CEYLAN İbrahim-1999 MSB ARGE D.Bşk. "Yurt İçi ArGe Faaliyetlerinin Harekete Geçirilmesi Etüdü S.63
- [4] ERDEM Mümtaz Salih-1999 İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fak. Bildiri Kitabı S."Havacılık Sanayiinde Motor Teknolojisinin Önemi ve Bu Sektörde TEI'nin Yeri