

TÜMLEŞİK ÜRÜN VE SÜREÇ GELİŞTİRME TEKNİĞİNİN MÜHENDİSLİK-GELİŞTİRME TABANLI ÜRETİM PROJELERİNDE UYGULAMASINA AİT ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

Cevriye GENCER ve Serkan İNCEL

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Gazi Üniversitesi, Maltepe, 06570, Ankara, cevriye@mmf.gazi.edu.tr

ÖZET

Bu makalede, “Tümleşik Ürün ve Süreç Geliştirme” (TÜSÜG) tekniğinin savunma sektörü için mühendislik-geliştirme tabanlı üretim projelerinde uygulanmasına ait bir örnek çalışma sunulmuştur. TÜSÜG tekniğinin genel kavramsal tanımı yapılarak, klasik yöntemle arasındaki farklar açıklanmıştır. Uygulama yerinin tanıtımı sonrası, tekniğin mühendislik-geliştirme tabanlı üretim projelerine entegrasyonunda izlenen aşamaları ESAT projesi kapsamında açıklanmış ve tekniğin sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Süreç, kontrol, kalite, ekip, risk

THE IMPLEMENTATION OF INTEGRATED PRODUCT AND PROCESS DEVELOPMENT TECHNIQUE IN ENGINEERING-DEVELOPMENT BASED PRODUCTION PROJECTS

ABSTRACT

In this paper, the implementation of integrated product process development technique (IPPD) in engineering-development based production projects for defence industry is presented with an example case. The description of IPPD and the differences between the classical method and IPPD method are given. The integration stages followed in engineering-development based production projects for the ESAT projects contents after the identification of application locations are explained and application of this technique are evaluated.

Keywords: Process, control, quality, team, risk

1. GİRİŞ

Son dönemlerde, savunma bütçelerindeki kısıtlamalar, proje maliyetlerinin düşürülmesini ve tamamlanma zamanının azaltılmasını gerektirmektedir. Gelişen rekabetçi koşullar incelendiğinde, savunma sektöründe görev alan firmaların dinamik ortamda, hızlı ve akılcı çözümler üretmeleri ve hayata geçirmeleri, firmanın geleceği açısından büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda, firmaların bünyelerinde üretim metotlarını iyileştirme ve geliştirme çalışmaları yapmaları ve değişken yapıli üretim esaslarına hazır olmaları gerekmektedir.

Bu çalışmalar kapsamında günümüz yönetim tekniklerinin değerlendirilmesi ve firmaya ait projelerde uygulanmasına yönelik değerlendirme ve düzenleme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Tümleşik Ürün Ve Süreç Geliştirme (TÜSÜG) tekniğinin kullanımına bu noktada başvurulmakta ve tekniğın uygulanmasının getirileri de değerlendirilerek savunma sanayi tedarikinde kullanılabilirliğı düşünölmektedir. Bu kapsamda TÜSÜG tekniğinin esasları kullanılarak mühendislik geliştirme tabanlı üretim projelerinde bu yaklaşımın sergilenmesi ve uygulanması araştırılmıştır.

TÜSÜG, bir tedarik programında maliyet ve performans hedeflerini sağlamak amacıyla kavram aşamasından başlayarak üretim ve destek aşaması sonuna kadar olan tüm faaliyetlerin, birden fazla disiplini barındıran ekipler vasıtasıyla, tasarım, üretim, iş yönetimi ve desteklenebilirlik süreçlerini optimum yapacak şekilde, eş zamanlı entegrasyonunu sağlayan bir yönetim tekniğidir [1].

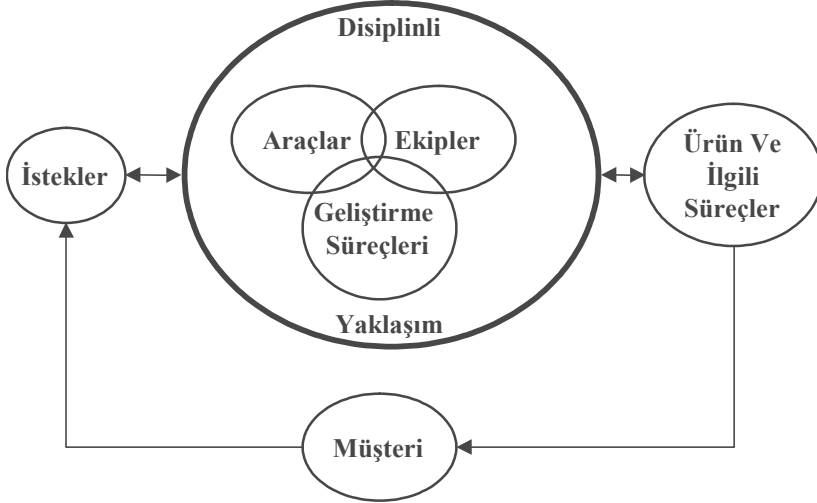
Diğer bir tanımla TÜSÜG, müşteri ihtiyaçlarına cevap verecek etkin ve yeterli bir ürün üretmek için gereken bütün süreçleri tümleştirmek ve aynı anda paralel uygulamak amacıyla, sistematik olarak fonksiyonel disiplinlerden teşkil edilen ekipleri kullanma felsefesidir [2].

TÜSÜG tekniğı, programın yaşam çevrimi boyunca kendisini tekrar eden bir sürece sahiptir. Bu sürece ait temel elemanlar şunlardır:

- Müşteri/kullanıcı ihtiyaçları,
- Ürün ve ürüne ait süreçler,
- Disiplinli bir yaklaşımla birlikte ele alınan araçlar, ekipler, geliştirme süreçleri.

Disiplinli bir yapıya sahip olan bu yaklaşım, müşteri ihtiyaçlarının iyi anlaşılmasını, yaklaşımın ana hatlarının belirlenmesini, faaliyetlerin planlanmasını, kaynak tahsisini, uygulama ve izlemeyi içermektedir. Şekil 1'de programın yaşam çevrimi boyunca tekrarlayan TÜSÜG süreci şematik olarak görölmektedir [3].

TÜSÜG sürecinde, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak ve tedarik yönetim kararlarını desteklemek amacıyla, sistemi bir bütün olarak ele alan, dengeli ve optimum bir



Şekil 1. TUSÜG sürecinin programın yaşam çevrimi boyunca kendisini tekrarlaması

değerlendirme yapılmaktadır. Bu yaklaşımda kullanıcı ve müşteri ihtiyaçları maliyet, sistem yeteneği, üretim, test ve destek süreçlerini dengeleyen bir ürün ve süreçler kümesine dönüştürülerek karşılanmaktadır.

2. TUSÜG TEKNİĞİNİN KLASİK YAKLAŞIMLA KARŞILAŞTIRILMASI

TUSÜG tekniğinin uygulandığı tedarik programlarında, program süresinin kısaldığı, maliyetin azaldığı ve hatta kalitenin arttığı gözlenmektedir. TUSÜG, maliyetin azaltılmasına odaklanan bir teknik olup, programın yaşam çevrimi maliyetinin azaltılmasına yönelik önlemlerin alınması için en uygun zamanın tedarikçinin erken safhalarında olduğu ilkesine dayanmaktadır.

TUSÜG uygulamasına geçişin temel amacı, müşterinin/kullanıcının gerçek ihtiyaçlarının en az maliyet ve etkin bir çözümle karşılanmasıdır. Bunu sağlamak amacıyla mevcut tedarik yaklaşımında köklü bir değişime gerek duyulmaktadır. Değişime gerek duymasının tek bir hedefi bulunmaktadır: “*maliyetin azaltılması*”.

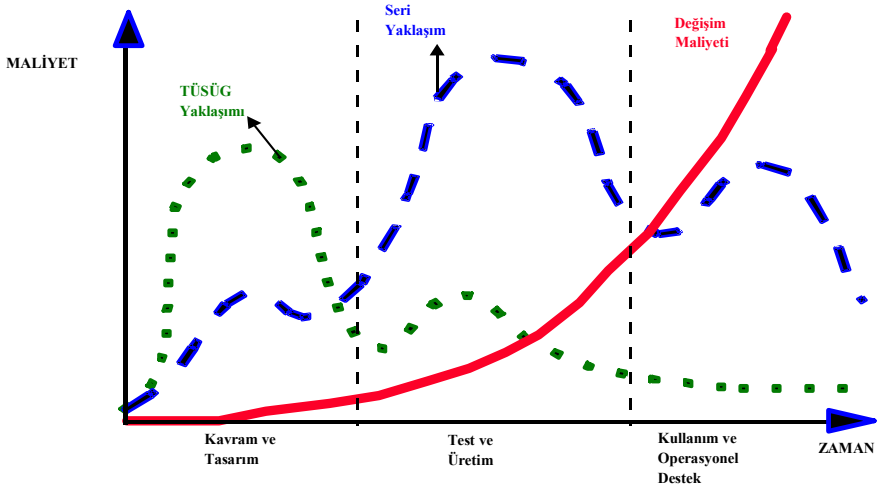
Mühendislik-geliştirmeye dayalı tedarik programlarında, program boyunca sistem tasarımında çok sayıda ve çeşitte değişiklik olmaktadır. Değişikliklerin maliyeti, programın toplam maliyeti içinde önemli bir paya sahiptir. Bir değişikliğin maliyeti, programın hangi safhasında yapıldığına bağlı olarak değişim gösterir. Erken safhalarda yani kavram ve geliştirme safhalarında yapılan değişikliğin maliyeti düşük olmasına rağmen ileri safhalarda yani üretim ve kullanma safhalarında yapılan değişikliklerin maliyeti çok yüksek olmaktadır.

Mühendislik-geliştirmeye dayalı sistem tedarik programlarının gerçekleştirilmesinde TUSÜG tekniğinin uygulanması ile, programda ortaya çıkabilecek sorunlar başlangıç evrelerinde tespit edildiğinden, bu sorunları en az karmaşık ve en az maliyetli olacak şekilde çözmek mümkün kılınmaktadır.

Şekil 2'de değişiklik maliyetinin program safhalarına göre seyri ile klasik ve TUSÜG yaklaşımlarında safhalara göre değişiklik sayılarının seyri arasındaki farklar görülmektedir [2,4,5].

Şekil 2'den de anlaşıldığı gibi klasik yaklaşımlarla yönetilen programlarda en fazla değişiklik üretim ve kullanım aşamalarında yapılmakta, bunun sonucu olarak toplam değişiklik maliyeti çok yüksek olmaktadır. Oysa başarılı bir TUSÜG uygulamasında, değişikliklerin büyük bölümü kavram ve geliştirme aşamalarında yapılmakta ve bunu izleyen safhalarda az sayıda değişikliğe gerek duyulmaktadır. Bu olgu, erken safhalarda değişiklik maliyetinin çok düşük olmasıyla birlikte değerlendirildiğinde TUSÜG yaklaşımının sağladığı toplam maliyet tasarrufunun ne denli büyük olacağı sonucuna varılmaktadır.

Ayrıca, klasik yaklaşımlarda her safhadaki işler konunun uzmanlarınca izole bir iş ortamında yürütülmekte ve tamamlandığında bir sonraki safhadaki işlerin yürütülmesi için diğer uzmanlara aktarılmaktadır. İşin bütününe bu şekilde birbirini takip eden (seri) faaliyetlere bölünmesi, kurumsal duvarların örülmesine neden olmakta ve bu tür engellerden dolayı verimli ve etkin olmayan sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Koordinasyonu sağlamak amacıyla belirli aralıklarla yapılan toplantılarda, hem zaman kaybı yaratmakta hem de işlerin gerçek anlamda entegrasyonunu sağlamamaktadır. TUSÜG tekniği uygulamasına geçilmesi, kuruluş



Şekil 2. Klasik ve TUSÜG yaklaşımlarının değişiklik sayısı yönünden kıyaslanması

içerisindeki ve kuruluşlar arasındaki kurumsal engelleri ortadan kaldırması ve üst yönetimlerin daha fazla "alıcı" yani iletişime açık olması anlamına gelmektedir.

TÜSÜG tekniği, klasik yaklaşımın tersine, ürünün ve ona ait süreçlerin tümleşik eş zamanlı tasarım sayesinde ürün kalitesinin ve müşteri tatmininin en iyi şekilde sağlandığı bir yaklaşım biçimidir. Bu yaklaşım ile programın sonraki safhalarında ortaya çıkacak olan süreçlerle ilgili gereksinimler ürün tasarımının başlangıcından itibaren ele alınmakta ve ürün tasarımı ilerledikçe üretim, işletim, destek ile ilgili süreçler ve bunlara bağlı maliyetler yeniden gözden geçirilerek tasarım ve geliştirme riskleri en aza indirilmektedir.

Bu suretle, klasik yaklaşımlarla yapılan geliştirmelerde yaşanan, ileri safhalarda yeniden tasarım yapma maliyetinin önüne geçilmektedir. Ayrıca, maliyetle performans arasındaki denge erken safhalarda sağlandığından, yaşam çevrimi boyunca maliyet için etkin bir çözüm üretilmiş olmaktadır.

3. TÜSÜG UYGULAMASI

TÜSÜG tekniği günümüzde özellikle savunma ve havacılık sanayinde kullanılmaktadır. Bu alanlarda müşteri isteklerinin hızlı değişim göstermesi ve çalışma konularının çokluğu firmaları bu tekniği kullanmaya zorlamaktadır. Özellikle ABD’de birçok havacılık ve uzay sanayi kuruluşlarının kullandığı bu teknik firmaya üretim ve tasarım esnekliği getirerek müşterinin istekleri doğrultusunda adım adım ilerleme olanağı sunmaktadır. Savunma sanayinin, ülkemiz savunma sistemi ihtiyaçlarını, yurt içinde ürün geliştirmeye dayalı olarak karşılanmasına yönelik büyümesi amaçlanmaktadır. Bunun gerçekleşmesi için kurulan savunma sanayii kuruluşlarının gelişen günümüz koşullarında mümkün olan en düşük maliyete sahip ürün üretme çabaları her geçen gün artarak devam etmektedir. Bu çalışma programlarında, uygulanan yönetim tekniklerinin büyük önemi bulunmaktadır. TÜSÜG kavramı da bir yönetim tekniğidir.

TÜSÜG uygulamasının esasını, mal ve hizmetlerin tedarikini başarıyla gerçekleştirecek şekilde organize edilmiş "Tümleşik Ürün Ekipleri" (TÜE) teşkil etmektedir [2,4].

Tedarik programında TÜSÜG tekniğini uygulayabilmek için TÜE kurulmakta ve bu suretle tüm tedarik faaliyetlerine yön verilmektedir. Tümleşik ürün ekibi üyeleri ortak bir amaca ve performans hedeflerine ulaşmak üzere birbirlerine hesap vermeye yönelik bir yaklaşımla çalışmaktadır. Programın yaşam çevrimi içerisinde ürünün geliştirilmesi, üretilmesi ve desteklenmesinde kritik rolü bulunan fonksiyonel disiplinlerin temsilcileri tümleşik ürün ekiplerin de başlangıçtan itibaren görev yapmaktadır. TÜE daha fazla seçeneği daha geniş kapsamlı olarak değerlendirebilmekte; program kararlarını daha doğru ve daha kısa sürede almaktadır. Programların başarıyla gerçekleşmesini sağlamak amacıyla, TÜE üyeleri

mümkün olan en yüksek seviyede yetkili kılınmakta ve doğru kişilerin, doğru zamanda, doğru kararları almasını sağlamak amacıyla oluşturulmaktadır.

4. UYGULAMA YERİNİN TANITIMI

TÜSÜG tekniğinin mühendislik-geliştirme (MÜ-GE) tabanlı üretim projelerinde uygulamasına yönelik örnek çalışma, bir savunma sanayiinde yapılmıştır. Uygulamanın yapıldığı savunma sanayiinde, roket ve füze sistemlerinin üretimde ihtiyaç hissedilen birçok kritik parçanın üretimi yapılabilmekte ve hassas CNC tezgahları kullanılmaktadır.

Çalışma savunma sanayii bünyesindeki “ESAT” sistemine ait tedarik programında sürdürülmüş ve yapılan işlemler TÜSÜG tekniği esasları ve aşamaları kapsamında tamamlanmıştır.

5. ESAT TEDARİK PROGRAMI

ESAT tedarik programında müşteri ihtiyaçları şu şekilde tanımlanmıştır:

“ ESAT Projesi kapsamında uçuş sonlandırma sistemi içeren test başlığına sahip 30 adet roket üretilmesi hedeflenmektedir. Rokete entegre edilecek olan uçuş sonlandırma sisteminin ekipman temini, tasarım, entegrasyon, prototip imalatı ve test çalışmaları gerçekleştirilecektir. ESAT Projesinde yapılacak çalışmalar Şekil 3’teki Proje Ana Termin Planına uygun olarak sürdürülecektir”.

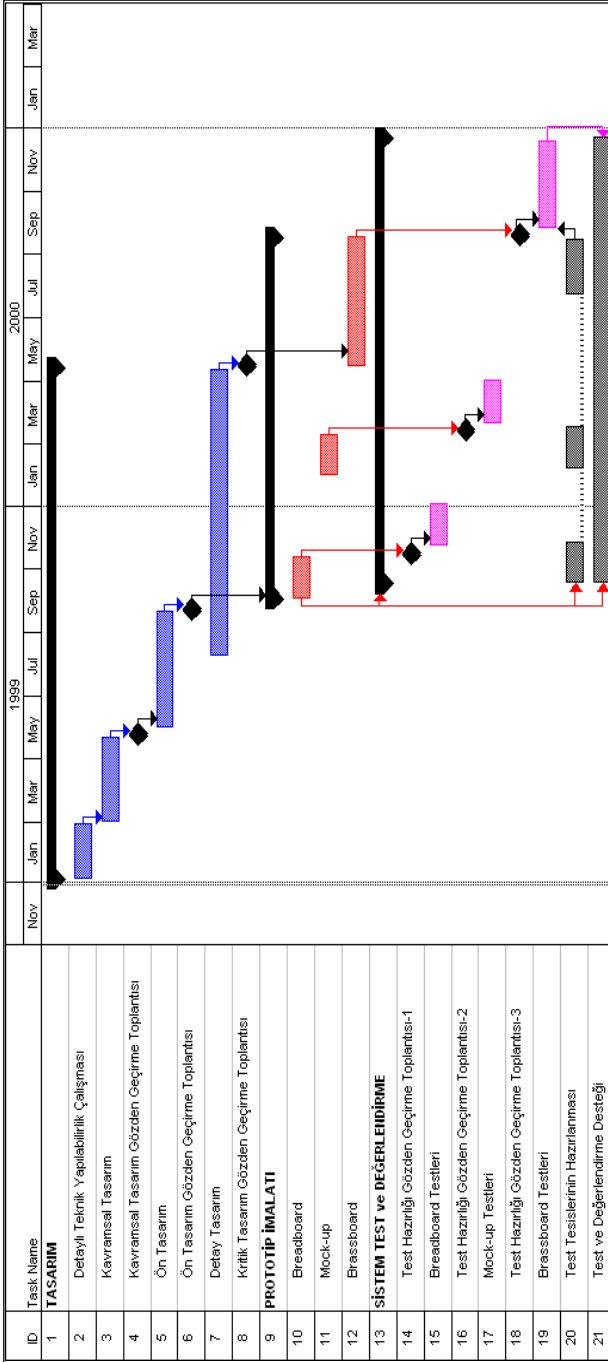
6. TÜSÜG AŞAMALARININ ESAT SİSTEMİ TEDARİĞİNDE UYGULANMASI

Bu iş tanımı esaslarına göre tedarik programının ilk basamağı olan “ihtiyaçların belirlenmesi aşaması” girdileri aşağıda ki şekilde tanımlanmıştır:

Teknik ihtiyaçlar: ESAT projesi teknik ihtiyaçları müşteri makamı tarafından detaylı olarak verilmemiştir. Bunun sebebi, bu sistemin halen kullanılmakta olan bir sisteme entegre edilmesi, dolayısıyla sistemin üretici firma tarafından daha iyi bilinmesidir.

Teknik ihtiyaçlar:

- ESAT sisteminin boyutları,
- Elektromanyetik dalga boyu,
- Tasarım kısıtlarının değerlendirilmesi.



Şekil 3. ESAT Projesi ana termin planı

Üretimin, ağırlıklı olarak yurtiçi kaynaklardan, bazı özel amaçlı malzemelerin ise yurt dışından temin edilerek gerçekleştirilmesi olasıdır. Tedarik programının elektronik, mekanik ve aerodinamik alanların iş gücü gereksinimi taşıdığı düşünülmektedir.

Program sorumlukları: Program tamamen savunma sanayiinin kendi tesislerinde gerçekleştirilebileceği gibi alt yüklenici olarak iki elektronik firmalarının da program çerçevesinde iş yüklenebileceği değerlendirilmektedir. Program çerçevesinde savunma sanayiinin bünyesinde MÜ-GE grubunun, kalite temin grubunun, kalite kontrol grubunun, iş güvenliği grubunun, üretim planlama grubunun, malzeme ikmal grubunun ve proje yönetimi grubunun aktif görev alması planlanmaktadır.

Müşteri istekleri: Müşteri makamı istekleri şu başlıklar altında toplanabilir:

- Uçuş sonlandırma sistemi içeren test başlığına sahip roket,
- 30 adet roket üretilmesi.

Kullanılabilir ve geliştirilebilir teknolojiler: Mevcut literatürlerin araştırması yapılarak ilgili konularda benzer teknolojilerin tanınması ve bu çalışma kapsamında literatür taraması sonuçlarını raporlanması değerlendirilmektedir.

TÜE'lerinin kurulmasında ESAT projesi kapsamında görev alması değerlendirilen disiplinler ve TÜE'nin liderinin seçiminde tecrübe birikimi ve çalışma konumu değerlendirilerek ekip liderinin "sistem mühendisliği grubundan" seçilmesi uygun görülmüş ve bu çalışma kapsamında ilgili gruplardan seçilen uzman sayıları şu şekilde belirlenmiştir:

MÜ-GE grubu

- | | |
|------------------------------|---|
| • Sistem mühendisliği grubu | 2 |
| • Aerodinamik grubu | 1 |
| • Güdüm/Kontrol grubu | 1 |
| • Yazılım grubu | 1 |
| • Malzeme grubu | 1 |
| • Sistem teknolojileri grubu | 2 |
| 1. Kalite temin grubu | 2 |
| 2. Kalite kontrol grubu | 1 |
| 3. İş güvenliği grubu | 1 |
| 4. Üretim planlama grubu | 2 |
| 5. Malzeme ikmal grubu | 1 |
| 6. Proje yönetimi grubu | 1 |

İlgili disiplinlerden oluşturulacak TÜE'ne ayrıca müşterinin ve alt yüklenici firmalarının da katılımı sağlanmıştır. Grupların tedarik programında sorumlu olacağı konular çalışma alanları esaslarına göre belirlenmiş ve Tablo 1'de tanımlanmıştır.

Toplam on altı uzman savunma sanayiinin bünyesinde bu tedarik programı için görevlendirilmiştir. Bunun yanı sıra bir müşteri temsilcisi ve birer tanede alt yüklenici firma temsilcileri olmak üzere TÜE'nin toplam görevli sayısı on dokuz olmaktadır. Bu çalışma grubuna destek vermek amacıyla oluşturulan karar kurulunda ilgili birimlerin direktörleri ve genel müdür yardımcıları bulunmaktadır.

Tedarik programının zaman takvimi Şekil 3'te verilen Proje Ana Termin Planına göre hazırlanmıştır.

Tedarik programının fayda/maliyet analizlerinin değerlendirilmesi sonucunda ESAT Projesinin gerçekleştirilmesi ile, benzer projeler kapsamında uçuş sonlandırma ve telemetre sistemleri konularında kazanılan altyapı ve deneyimin özellikle uçuş sonlandırma konularında pekiştirileceği belirtilmelidir. Bu projenin tamamlanmasından sonra ESAT sisteminin iyileştirme ve diğer bir sistem geliştirme konularına yönelik projeler devam ettirilecektir. ESAT sisteminin tedarik programı ile kazanılacak altyapıdan savunma sanayiinin gündeminde olan ve özellikle güdüm teknolojilerinin yer aldığı füze sistemlerinde faydalanılacağı değerlendirilmektedir.

Tablo 1. TÜE'inde görev alan grupların sorumlulukları

GRUP	SORUMLULUĞU
Sistem mühendisliği grubu	Sistemin arayüz tanımları ve genel teknik kontrolü
Aerodinamik grubu	Aerodinamik ve uçuş mekaniği hesaplamaları
Güdüm/Kontrol grubu	Uçuş simülasyonları
Yazılım grubu	Yazılım teknolojisi
Malzeme grubu	Kullanılacak malzeme seçimi ve temini
Sistem teknolojileri grubu	İlgili teknolojilerin temini
Kalite temin grubu	Kalite temini
Kalite kontrol grubu	Son kalite kontrol muayenesi
İş güvenliği grubu	İş güvenliği
Üretim planlama grubu	Üretim planlama
Malzeme ikmal grubu	Malzeme satın alımı
Proje yönetimi grubu	Proje idaresi

Modelin ikinci aşamasında tedarik programının karar kriterleri belirlenmiş ve mümkün teknoloji alternatiflerinin oluşturulmuştur. Buna göre öncelikle Tablo 2’de sunulan tasarım kısıtları matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 2. Tasarım kısıtları matrisi

Tasarım Kısıtları	ESAT
Uçuş sırasında harp başlığı sıcaklığı (maksimum)	385°C ()
Uçuş ivme değerleri (maksimum)	48 g (eksenel)
Uçuş Süresi	145 saniye
Maksimum Yükseklik	25 km (80 km menzil için)
Uçuş Titreşim değerleri (maksimum)	Bilgi yoktur
Taşıma Şok	<p><u>Çarpma testi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ maksimum ivme değeri: 70 g ▪ test süresi: 11 ms ▪ test sayısı: 3 ▪ Çarpma eğrisi tipi :yarım sinüs eğrisi veya “rear peak sawtooth” türü eğri <p><u>Bırakma testi:</u></p> <p>Beton yüzeye 46 cm yükseklikten roket kasa içerisindeyken bırakılacaktır. Test kasanın her yüzeyi için tekrarlanacaktır.</p>
Taşıma Titreşimi	<p><u>Titreşim testi:</u></p> <p>1) Rastgele titreşim</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Titreşim profili : 20Hz-89Hz 0.04g²/Hz 89Hz-300Hz 4dB/oct eğim ile artış 300Hz-1000Hz 0.20g²/Hz 1000Hz-2000Hz -6dB/oct eğim ile artış ▪ Toplam “root mean square” ivme değeri :17 g ▪ Test süresi : 5 dakika ▪ Eksenel ve yanal titreşim testleri ayrı ayrı yapılmalıdır. <p>2) Sinüzoidal titreşim</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Titreşim profili : 20Hz-70Hz 0.76mm sabit genlik ile 70Hz-2000Hz 15 g sabit ivme ▪ Test süresi: 15 dakika ▪ Eksenel ve yanal titreşim testleri ayrı ayrı yapılmalıdır. <p><u>İvme testi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Eksenel yönde 1 dakika boyunca 50 g ▪ Eksenel yönde 1 dakika boyunca -8 g ▪ 2 dakika boyunca 400rev/min açısal hız ile eksenel dönü

ESAT sistemi tasarımında karşılaşılabilecek temel zorluklar ve alternatif çözüm önerileri şunlardır:

ESAT için önemli bir sorun füze üzerindeki antenin yer istasyonu ile elektromanyetik iletişiminin devamının ve çevre şartlarından (özellikle yüksek sıcaklık) etkilenmemesinin sağlanmasıdır. Roketin harp başlığı gövdesi et kalınlığı, sarmal türden bir antenin içerisine gömülerek yerleştirilmesi için oldukça incedir. Bu nedenle uçuş test prototipleri için daha kalın gövdeli bir test başlığı tasarlanması ve antenin test başlığı gövdesi içerisine sıcaklıktan yalıtılarak yerleştirilmesi düşünülecektir. Diğer bir alternatif ise test başlığı gövdesinin elektromanyetik dalgaları geçiren özel bir alışımdan imal edilmesidir. Ancak böyle bir tasarım ve üretim çok büyük bir altyapı yatırımı gerektirmektedir.

Benzer projede kullanılan termal bataryalar, benzer füze uçuş süresi olan 90 saniye ve ESAT tümleşik sistem elemanlarının gereksinimi olan 284 volt isteklerini karşılayacak şekilde seçilmişlerdir. Benzer termal batarya spesifikasyonları, termal bataryaların 90 saniye boyunca 28 volt civarında voltaj sağladığını ve toplam 200 saniye boyunca da 24 voltun üzerinde voltaj verdiğini göstermektedir. Bu durum benzer tümleşik sisteminin tanımlanan güvenilirlik aralığında ancak 90 saniye boyunca çalıştığını, ortaya çıkarmaktadır. Roketin uçuş süresi ise 145 saniyedir.

Roket, harp başlığı üzerine “Drag ring” takılarak fırlatılmaktadır. “Drag ring ”, roketin hassasiyetini artırmakta, menzili ayarlamakta ve roket kararlılığını iyileştirmektedir. Bu nedenle ESAT tasarımı Drag ring göz önünde bulundurulacak yapılacaktır. Drag ring’ in ESAT tasarımına getirdiği en büyük kısıt yüksek sıcaklık problemi. Örnek olarak, benzer projede kullanılan termal bataryaların çalışma sıcaklığının üst limiti +71°C olarak tanımlanmıştır. Uçuş sırasında Kasırga roketinin harp başlığı içindeki sıcaklık ise 385°C kadar çıkmaktadır. Yüksek sıcaklık problemine yönelik detaylı termal tasarım ve izolasyon konularına ağırlık verilecektir.

Roketin uçuş rejimi yüksek titreşim ve şok profili içermektedir. Karşılaştırıldığında, benzer projenin titreşim ve şok profilleri, Kasırga titreşim ve şok profiline oranla daha düşük seviyeler içermektedir. Bu duruma çözüm olarak ESAT tasarımı sırasında test başlığı içerisine titreşim ve şok emici düzeneklerin yerleştirilmesi düşünülmektedir.

ESAT, orijinal harp başlığı kütlelerini, kütle merkezini ve roketin ataletsel momentlerini değiştirmeyecek şekilde tasarlanacak ve test başlığı içerisine yerleştirilecektir.

Mümkün teknolojilerin değerlendirilmesinde günümüz teknolojisinin tedarik programının tamamlanmasında yeterli olduğu anlaşılmıştır. Karar kriterleri belirlenmesi çalışması tasarım kısıtları matrisine ve kalite evleri sonuçlarına göre tamamlanmıştır.

Teknoloji alternatiflerinin oluşturulması aşamasında TÜE’i tarafından hazırlanan tasarım/performans tabloları sonucu elde edilen verilere göre ESAT sistemi alt elemanlarıyla ilgili teknoloji değerlendirmesi Tablo 3’te verilmektedir [5-9].

Tablo 3. ESAT sistemi alt elemanlarıyla ilgili teknoloji değerlendirmesi

ESAT Sistemi Elemanı	Satın Alınabilirlik	Yurtiçi Üretilbilirlik
Füze Anteni	Yİ	*
FTS Receiver	Yİ	*
Güç Kaynağı	YD	HAYIR
Safe & Arm Device	Yİ	*
Kompozit Yapı	Yİ	EVET
Kablo ve Konnektörler	YI/YD	EVET
FAM/ALC	YI/YD	*
Ateşleyici (Squib)	YD	HAYIR

(Yİ : Yurt içi, YD : Yurt dışı)

(* : Mevcut imalat altyapısı bulunduğu, ancak kalifiye bir sistemin imal edilebilmesi için belli ölçüde MÜ-GE çalışmasının gerekli olduğu değerlendirilmektedir)

Bu çalışmada kullanılan tasarım/performans değerlendirme ve hazırlanan TUSÜG değerlendirme tabloları, fiyat ve risk tabloları, taslak teknoloji üretim planı ticari gizlilik taşıdığı gerekçesiyle çalışmada sunulamamıştır.

Yapılan değer analizleri sonucunda elde edilen veriler savunma sanayiinin dokümantasyonuna uygun hale getirilerek raporlanmıştır. Bu çalışmanın ardından projenin basamaklarının müşterinin istediği şekilde olmasına, ancak seri üretim çalışmalarının denemeler sonuçlanmadan ve üretim hattı doğrulanmadan başlayamayacağından, zamanla da gecikmeye sebep olunabileceği bunda doğrulamadan sonra fazla mesai ile çözümleneceği değerlendirilmiştir. İlgili birimlere iş tanımları iletilerek konu hakkında fikirleri alınmış ve iş planlaması yapmaları istenmiştir. Tesis kapasitesinin ve üretim hattı kabiliyetinin diğer üretim hatlarına etkilemeyecek şekilde olacağı anlaşıldıktan sonra proje ana planı hazırlanmış ve müşteriye sunulmuştur. Müşteri bu çalışmaya ilave olarak ordu envanterinde bulunan mevcut diğer sistemlere, bu yaklaşımın uygulanarak benzer bir çalışma yapıp yapılamayacağını talep etmiştir. Böyle bir çalışmanın maliyete etkisinin olacağı ancak yapılabileceği savunma sanayii tarafından değerlendirilmiş ve maliyet analizi tekrar yapılmıştır. Programa ait riskler değerlendirilmiş ve azaltılmaları yönünde atılan adımlar raporlanmıştır.

Tedarik programı için Teknoloji Üretim Planı hazırlanarak müşterinin onayına sunulmuş ve program bu plan çerçevesinde sürdürülmüştür.

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Mühendislik-geliştirmeye dayalı savunma tedarik programlarının yapısı aşağıdaki dört ana elemandan oluşmaktadır [1]:

- Program amaçları,
- Tedarik stratejisi,
- Test ve değerlendirme stratejisi,
- Yaşam çevrimi kaynak tahminleri.

Başarılı bir program yapısı oluşturabilmek için, bu elemanların proje yöneticisi tarafından programa en uygun şekilde hazırlanıp, aşama karar yetkilisi tarafından onaylanarak belirlenmesi gerekmektedir.

Ülkemizin savunma sistemi ihtiyaçlarının yurtiçinde geliştirmeye dayalı olarak karşılanması amacıyla savunma sanayiinin geliştirilmesi niyet ve talebi açık olarak ortaya konulmuş bulunmaktadır. Bunun gerçekleştirilmesi için tedarik sisteminin bir programı, kavram safhasından sistemin envanterden çıkarılmasına kadar ki tedarik faaliyetlerinin tümünü gerektiği şekilde yürütülebilecek yapıya kavuşturulması gerekmektedir.

Bir savunma sisteminin, hareket ihtiyaçlarını karşılanabilecek performansta, mümkün olan en düşük yaşam çevrimi maliyeti ile ve en kısa sürede geliştirilerek kullanıma alınabilmesi için, programa uygulanan yönetim tekniklerinin büyük önemi bulunmaktadır.

TÜSÜG, son dönemlerde uygulanan yönetim teknikleri arasında en başarılı olanlarından birisidir. TÜSÜG tekniğinin uygulanmasına geçişte güçlüklerin var olmasına karşın, bu uygulamanın vaat ettiği yararların büyüklüğü bakımından, ülkemiz savunma sistemi geliştirilmesi hedefinin gerçekleştirilmesine büyük katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Tedarikte TÜSÜG tekniğinin uygulanmasıyla birlikte tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar değişimin erken safhalarında dahi son derece belirgin olarak görülmektedir. TÜSÜG uygulamasına geçilmesiyle birlikte, programlarda maliyet ve zamanda azalma sağlanırken kalite arttırılmaktadır. Maliyet, zaman ve performans parametreleri arasında daha iyi bir denge sağlanmıştır.

Kararların ard arda sıralı bir şekilde alınması yerine, tümleşik yaşam çevrimini göz önüne alan bir bakış açısıyla eş zamanlı alınması sayesinde, üretim ve kullanım sırasında gereken değişikliklerin sayısında ve büyüklüğünde önemli bir azalma sağlanmaktadır.

TÜSÜG uygulamasında programın erken safhalarında kaynak ihtiyacının bir miktar artmasına karşılık, birim fiyatlarda ve toplam program maliyetlerinde büyük azalmalar elde edilir. Bunun nedenleri değişikliklerin azalması, teslimat süresinin kısılması ve daha etkin çözümlerin mümkün hale gelmesidir. Başlangıçtan itibaren ekip planlaması yapılması ve kullanılan teknolojilerle ürün süreçlerinin daha iyi anlaşılması sayesinde, riskler ve bunların maliyetle de, zaman ve performansa olan etkileri daha iyi belirlenmektedir. Sürekli gelişme isteği ve ekip çalışması ile kullanıcıya kaliteli ürünler sağlanmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Batmaca, Ş., Uysal, İ., "Ar-Ge'ye Dayalı Savunma Tedarik Programlarının Ana Esasları-1 Temel Politika ve İlkeler", **ASELSAN Dergisi**, 45(11), 25-28, 1998.
2. Cleland, D. I., Gallgher, J. M., Whitehead, R. S., **Military Project Management Handbook**, McGraw-Hill Inc, 1993.
3. Batmaca, Ş., Uysal, İ., "Ar-Ge'ye Dayalı Savunma Tedarik Programlarının Ana Esasları-2 Tedarik Yönetim Süreci ve Program Tanımı", **ASELSAN Dergisi**, 46 (11), 14-17, 1998.
4. **Savunma Sanayii Ve Tedarik**, Tübitak, 1998.
5. Uysal, İ., "Savunma Sistemi Tedarikinde Program/Proje Yönetimi", **ASELSAN Dergisi**, 42 (10), 11-13, 1997.
6. **Defense Procurement in France**, Military Technology, Special Issue, 1995.
7. Meyer, C., **Fast Cycle Time - How to Align Purpose, Strategy, and Structure for Speed**, The Free Press, New York, (1993).
8. Lewinson, W., **The Way of Strategy**, ASQC Quality Press, 1994.
9. Clark, K., **What Strategy Can Do for Technology**, Harvard Business Review, November-December, 1989.