



**UYARI: Proje örnekleri; bütünlük arzeden ideal bir proje anlamına gelmemekle birlikte, araştırmacılara proje yazımında yardımcı olmak ve fikir vermek amacı ile daha önce TÜBİTAK'a sunulan çeşitli projelerin Özet/Abstract, Amaç ve Hedefler, Konu, Kapsam ve Literatür Özeti, Özgün Değer, Yöntem, Proje Yönetimi, Ekip ve Araştırma Olanakları ile Yaygın Etki bölümlerinden alıntılar yapılarak oluşturulmuştur.**

## 1001 – BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA PROJELERİNİ DESTEKLEME PROGRAMI

**Başvurunun bilimsel değerlendirmeye alınabilmesi için, Arial 9 yazı tipinde hazırlanması ve toplamda 20 sayfayı geçmemesi gerekmektedir. (EK-1 ve EK-2 hariç) (\*)**

**Araştırma proje önerisi değerlendirme formuna**

[http://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/ARDEB/destek\\_prog/danisman\\_panelist/DA\\_Panelist\\_Proje\\_Onerisi\\_Degerlendirme\\_Formu.doc](http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/ARDEB/destek_prog/danisman_panelist/DA_Panelist_Proje_Onerisi_Degerlendirme_Formu.doc)  
adresinden ulaşabilirsiniz.

### 1. PROJE ÖZETİ

Proje başlığı, özeti ve anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce yazılmalıdır. **Proje özetleri birer sayfayı geçmemelidir.** Özet (summary) projenin soyut bir tanıtımı değil, ana hatları ile önerilen projenin:

- Amacı,
- Konunun kısa bir tanıtımı, neden bu konunun seçildiği ve özgün değeri,
- Kuramsal yaklaşım ve kullanılacak yöntemin ana hatları,
- Ulaşılmak istenen hedefler ve beklenen çıktılarının bilimsel, teknolojik ve sosyo-ekonomik ne tür katkılarda bulunabileceği

hususlarında ayrı paragraflar halinde kısa ve net cümlelerle bilgi verici nitelikte olmalıdır.

Anahtar Kelimeler ve İngilizce karşılıkları (keywords) uluslararası literatüre uygun bir şekilde seçilerek özet sayfasının sonundaki ilgili bölümde ayrıca belirtilmelidir.

**Proje Başlığı : xxx**

#### Proje Özeti

Uydular ve uzay araçları yörüngede ve de gezegenler arası uzayda hareketlerini, prensibi momentum korunumuna dayanan, itki sistemleri ile sağlarlar. Kimyasal reaksiyon sonucu açığa çıkan enerjinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi prensibi ile çalışan standart uzay itki sistemlerine alternatif olarak enerjinin farklı yollarla (piller, güneş panelleri, radyoaktif enerji kaynakları, nükleer reaktörler, vb.) elde edilmesinin ardına bu enerjinin dışarı atılacak yakıtta aktarılması sonucunda, yine momentumun korunumu prensibi ile, gerekli itki gücünü sağlayacak sistemler geliştirilmektedir. Uzay aracından dışarı atılacak (ve bu sayede uzay aracının hareketi için gerekli itkiyi sağlayacak) yakıtın enerji yoğunluğu yakıtın kimyasal bağlarında depolanmış kimyasal enerji ile sınırlanmadığı için bu tip itki sistemleri aynı miktarda yakıt için çok daha fazla itki etkisi sağlayabilir ya da belirli bir uzay misyonu için gerekli toplam yakıt harcamasının ciddi oranda azaltılmasına imkan tanıyabilir. Birçok farklı çalışma prensipleri öngörülen bu tür itki sistemlerin bir kısmında gaz formundaki yakıt elektriksel olarak yüklü (charged) hale (plazma formuna) getirildikten sonra elektromanyetik kuvvetlerin etkisi ile hızlandırılarak yüksek momentumda dışarıya atılır. Plazma roket te denilen bu tip uzay itki sistemlerinin geliştirilmesi hem dünya yörüngesinde bulunan farklı amaçlardaki (telekomünikasyon, meteoroloji, askeri, istihbarat vb.) uyduların ömrünün uzaması ve/veya taşınması gereken yakıt miktarının azaltılması hem de gezegenler arası uzayda insanlı yahut insansız bazı projelerin gerçekleştirilmesi için çok büyük önem arz etmektedir.

Üzerinde en çok çalışılan ve de test ve kullanım amaçlı olarak uzay araçları veya uydularda konuşlandırılmış olan iki elektrik uzay itki sistemi iyon motoru (ion engine) ve Hall etkisi iticisi (Hall effect thruster) diye adlandırılan sistemlerdir. Harici güç kaynağının kullanımı dışarı atılan parçacık hızlarının ciddi oranlarda artırılabilmesine ve dolayısıyla da özgül itici kuvvetin (specific impulse) kimyasal iticilere kıyasla çok daha yüksek seviyelere çıkmasına imkan vermektedir. Kimyasal iticiler için maksimum özgül itici kuvvet (Isp) ~450 saniye (hidrojen-oksijen yanması) iken özgül itici kuvvet tipik bir Hall itki sistemi için ~1600 saniye, ve tipik bir iyon motoru için ~3000 saniye olmaktadır. Oyuk katotlar (hollow cathode) hem iyon motorları hem de Hall etkisi iticilerinde plazma yaratılması ve çıkan kuyruk gazlarının nötrlenmesi için kullanılırlar. Bu sebeple oyuk katotlar bu itki sistemlerinde hayati derecede önemli parçalardandırlar.

İyon motorları ve Hall etkisi iticileri iki nedenden dolayı katota ihtiyaç duyarlar. İlk neden iyonlaşma için gerekli elektronların tedarik edilmesidir. Çünkü hem iyon motoru hem de Hall etkisi iticiler nötr gazın (yakıt) iyonlaştırılması sonucu oluşan plazmanın (pozitif iyonlaşmış gazın) elektromanyetik kuvvetlerle hızlandırılmasına dayalı bir prensip ile çalışırlar. Hem iyon motorları hem de Hall etki iticilerinde plazma yaratılması (plasma generation) elektron çarpışması (electron-impact ionization) sonucu oluşturulmaktadır. Bu elektronlar bir oyuk katot tarafından sağlanırlar. İkinci neden ise itki sistemini ve dolayısıyla uydusu ya da uzay aracını terk eden hızlandırılmış iyon demetinin nötrleştirilmesi için gerekli elektronların temin edilmesidir. Hem iyon motorları hem de Hall etkisi iticilerinin performansı ve de çalışma ömrü açısından kullanılan katodun malzemesi, fiziksel konfigürasyonu ve de yapısı büyük önem taşımaktadır.

Bu proje deneysel ve de teorik (modelleme) olmak üzere iki parçadan oluşacaktır. Projenin deneysel kısmında iyon motorları ya da Hall etkisi itki sistemlerinde kullanılmak üzere bir lantan heksaborür (LaB6) oyuk katot geliştirilecektir. Lantan heksaborürün seçilmesindeki sebep, bu malzemenin atmosferik koşullara sık sık maruz kalmayı gerektiren deneylere uygunluğu ve havadaki nem oranı gibi değişken koşullara uygun olmasıdır. Bu katodun geliştirilmesinde NASA'nın Jet Propulsion Laboratuvarı'nda (JPL) yapılan çalışmalar ve tasarımlardan faydalanılacaktır. Hedeflenen akım değerleri 0.5-3.0 Amper aralığındadır. Hedeflenen akım değerlerine ulaşabilmesi için de katoda giden gaz akışı değerlerinde gerekli ayarlamalar yapılacaktır. Katodun istenen elektron salımını gerçekleştirebilmesi için yaklaşık 100W ılık bir ısıtıcı ile yaklaşık 120 dakika ısıtılması ile aktive edilir halde olması öngörülmektedir. Katot çalışmaya başladıktan sonra ısıtıcı kapatılmış halde fonksiyonuna devam edecek şekilde tasarlanacaktır. Projenin teorik kısmında oyuk katodun termiyonik emisyonu sağlayan dolgu malzemesinin de bulunduğu iç kısmı ile orifis



bölgesinde bulunan plazmanın bir sayısal modellemesi geliştirilecektir. Oyuk katotların fiziksel çalışma prensibi çok iyi anlaşılamamıştır ve de böyle bir sayısal modelleme katot üretimi çalışmasını tamamlayacak ve de destek olacak bir çalışma olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Plazma, Plazma İtici Sistemleri, Oyuk Katod, Uzay Aracı, Uydu, Plazma Modellemesi

**Project Title :** xxx

#### Project Summary

Satellites and spacecrafts moving in an orbit or in interplanetary space use propulsion systems that use the principle of conservation of momentum to provide thrust. Typical in-space propulsion systems convert the chemical energy stored in the on-board propellant into kinetic energy. Propulsion systems that use alternative sources of energy (batteries, solar panels, radioactive sources of energy, nuclear reactors, etc.) are being developed as an alternative to the standard space propulsion systems. Since in these alternative propulsion systems, the energy carried by the vehicle is not limited to the energy stored in the propellant's chemical bonds, these types of propulsion systems can provide higher levels of impulse for the same amount of propellant or can accomplish certain missions with less amount of propellant. There are numerous ways of using external energy sources for propulsion. In some of these systems the propellant is ionized and plasma is obtained, this plasma is then accelerated with the help of electromagnetic forces and expelled from the spacecraft at high velocities to produce the desired thrust. These thrusters, also called plasma rockets, are being considered for use in earth orbiting satellites of various types (communication, meteorology, military, intelligence, etc.) as they provide possibilities for the extension of satellite life as well as the reduction of amount of fuel required for its lifetime. Additionally, the development and use of these thrusters will be significant for the realization of certain manned and/or unmanned interplanetary missions.

Among the various types of plasma thrusters developed over the last few decades, Hall effect thrusters and ion engines are the most studied ones. These two types of plasma thrusters have also been deployed as a test-bed or for actual use in various satellites and spacecrafts. Since with the use of external power supply, in comparison with the chemical thrusters, the average exhaust velocity of the particles thrown out of the plasma thrusters is significantly higher, the specific impulse of these plasma thrusters is considerably greater than the chemical thrusters' specific impulse. The maximum specific impulse (Isp) for chemical thrusters is ~450 seconds (hydrogen-oxygen combustion), while the specific impulse for a typical Hall thruster is ~1600 seconds, and for a typical ion engine is ~3000 seconds. Hollow cathodes used in both the ion engines and the Hall effect thrusters for both the creation of the plasma as well as for the neutralization of the plasma beam that is leaving the thruster. For this reason, the hollow cathodes are among the most vital parts of the plasma thrusters.

Ion engines and Hall effect thrusters need a cathode for two reasons. The first reason is to supply the electrons needed to ionize the neutral propellant gas. Ionization is needed, because the Hall effect thrusters and ion engines work on the principle of electromagnetic forces accelerating the charged particles of the propellant. In both the standard (Kauffman type) ion engines and the Hall effect thrusters the ionization of the propellant gas, thus the plasma generation, occurs with the process called electron-impact ionization. For this ionization process, the required electrons are supplied by a hollow cathode. The second reason is to provide the electrons needed to neutralize the ion beam leaving the thruster, thus the satellite or spacecraft. This is needed to prevent the spacecraft from charging (thus preventing the propulsion systems continued operation). In terms of the performance and the operational life of both the Hall effect thrusters and the ion engines, the cathode material, physical configuration and the structure are of great importance.

This project will have two major parts, an experimental and a theoretical (modeling) part. On the experimental side, a lanthanum hexaboride (LaB6) hollow cathode to be used for the operation of an ion engine or a Hall effect thruster will be designed and manufactured. Lanthanum hexaboride has been chosen as the cathode insert material, because of its lesser sensitivity to impurities in the propellant gas and lesser sensitivity to humidity, and its better suitability to laboratory testing where exposure to atmosphere is common. In the development of the hollow cathode, the studies and designs at NASA's Jet Propulsion Laboratory (JPL) will be used as a reference starting point. The target current values will be in the 0.5-3.0 Ampere range. In order to achieve the targeted cathode current levels, the propellant flow to the cathode will be adjusted. It is estimated that a 100W heater unit will be required to allow the starting of the cathode within 120 minutes. After the cathode starts its operation no other heater power would be required.

On the theoretical side a two dimensional axisymmetric numerical model of the discharge region of a hollow cathode will be developed. The driving physics inside orificed hollow cathodes is not well understood. Such a study will complement and aid the development effort of the cathode.

**Keywords:** Plasma, Plasma Propulsion Systems, Hollow Cathode, Spacecraft, Satellite, Plasma Modeling



## 2. AMAÇ VE HEDEFLER

Projenin amacı ve hedefleri ayrı bölümler halinde kısa ve net cümlelerle ortaya konulmalıdır. Amaç ve hedeflerin belirgin, ölçülebilir, gerçekçi ve proje süresinde ulaşılabilir nitelikte olmasına dikkat edilmelidir.

Önerilen proje manyetik nano parçacık içeren nano akışkanların sentezlenmesini ve bu sıvıların manyetik alanla hareket geçirilerek mikropompalama, soğutma ve kaynama ısı transferi artırımı ve biyo uyumluluk alanlarında kullanılmasını içermekte ve disiplinlerarası bir karakter taşımaktadır.

Önerilen projede yapılması amaçlananlar aşağıdaki gibidir:

1. Ferroakışkanlar Türkiye’de piyasada bulunmamaktadır. Bu proje, bu malzemelerin laboratuvar ölçeğinde sentezlenme şartlarını ve akabinde farklı uygulamalar için kayda değer miktarlarda üretimi için sentezlenme şartlarını ortaya koyma amacı taşımaktadır.
2. Ferroakışkanların verimli ve uygun maliyetli mikropompalama ve mikromanipülasyon uygulamalarındaki potansiyelini açığa çıkarmak amaçlanmıştır.
3. Başka bir amaç, ferroakışkan özelliklerinin (boyut, konsantrasyon, nano parçacıkların) optimizasyonu için sentezleme koşullarının açığa çıkarılması ve sistem parametrelerinin kontrol edilmesidir.
4. Önerilen proje ayrıca ısıtma ve soğutma teknolojilerinde uygulama alanı bulabilecek alternatif yüksek performanslı ısı transfer akışkanları sunma potansiyeli taşımaktadır.
5. Sentezlenen nano akışkanlar soğutma ve kaynama ısı transferi performansı artırılmasında kullanılacaktır. Performansları saf sıvılarınla karşılaştırılacak ve uygulanacak manyetik alanın sıvı soğutmaya ve kaynama ısı transferine etkileri incelenecektir. Ayrıca nano akışkanlarda kaynamayla oluşan nano parçacık çökmesine uygulanacak manyetik alanın etkileri de gözler önüne serilecektir.
6. Projede sentezlenen nano akışkanların soğutma uygulamalarında kullanılabileceğinin kanıtlanabilmesi için manyetik nano parçacıkların biyo uyumluluğu (biocompatibility) ve toksisiteleri hücre kültürlerinde ve çeşitli akış ve manipülasyon/çalışma koşullarında belirlenecektir. Hücre içi yerleşimlerinin ısıtma/manipülasyon öncesi ve sonrası ölüme etkileri de belirlenecektir. Böylelikle manipülasyon ve ısı transferi alanlarındaki olası kazanımlardan yararlanma imkanı gözler önüne serilecektir.

## 3. KONU, KAPSAM ve LİTERATÜR ÖZETİ

Proje önerisinde ele alınan konunun kapsamı ve sınırları, projenin araştırma sorusu veya problemi açık bir şekilde ortaya konulmalı ve ilgili bilim/teknoloji alan(lar)ındaki literatür taraması ve değerlendirilmesi yapılarak proje konusunun literatürdeki önemi, arka planı, bugün gelinen durum, yaşanan sorunlar, eksiklikler, doldurulması gereken boşluklar vb. hususlar açık ve net bir şekilde ortaya konulmalıdır.

Literatür değerlendirmesi yapılırken ham bir literatür listesi değil, ilgili literatürün özet halinde bir analizi sunulmalıdır. Referanslar <http://www.tubitak.gov.tr/ardeb-kaynakca> sayfasındaki açıklamalara uygun olarak EK-1’de verilmelidir.

Yukarıda da belirtildiği üzere, projemizin bu aşaması için temel amacımız doğru bir şekilde üç boyutta karışık modlu çatlak ilerleme simülasyonları yapabilen ve pratik problemlerle doğruluğu ispat edilmiş sonlu eleman temelli bir analiz programı geliştirmektir. Dolayısıyla, projemizin konu ve kapsamı yukarıda listelenen alt amaçlarımız ile doğrudan bağlantılıdır ve bire bir örtüşmektedir.

1. **FCPAS Sağlama Uygulamaları:** FCPAS programında mevcut bulunan üç boyutlu gerilme şiddet faktörü ve mod-I çatlak ilerleme simülasyon kabiliyetlerinin her ülke için önemli olan Enerji, Ulaşım ve Savunma alanlarında uygulanmasını ve sağlamanın yapılmasını kapsamaktadır.
2. **Karışık Modlu Çatlak İlerleme Testleri, Modellerin Değerlendirilmesi ve Geliştirilmesi:** Kırılma ve çatlak ilerleme deneyleri yaparak literatürde mevcut bulunan ilerleme modellerinin değerlendirilmesi ve değişik malzemeler için elde edilen verilerin daha iyi temsil edilebileceği yeni modeller önerilmesi konularını kapsamaktadır.
3. **Düzlemsel Olmayan Çatlak Yüzeylerinin Modellenme/Bölüntülenmesi ve Analizi:** Genel geometri ve yükleme şartları altında karışık modlu (mod-I, II ve III) kırılma ve çatlak ilerleme problemlerinin geometrik (katı model) ve sonlu eleman modeli olarak temsil edilmesini ve bir döngü içerisinde artırımlı (incremental) analizler yaparak ilerleme simülasyonunun yapılarak yorulma ömrünün tahmin edilmesini kapsamaktadır.
4. **FCPAS Arayüzünün Güncellenmesi:** Mevcut FCPAS arayüzü C# kullanılarak geliştirilmiştir. Yukarıda belirtilen yeni özelliklerin FCPAS arayüzüne entegre edilebilmesi için güncelleme yazılımlarının yapılmasını kapsamaktadır.

Yukarıda listelenen dört konu ve kapsam maddesi projemizin dört ana iş paketini oluşturmaktadır. Bu dört ana iş paketi, projemizin temel amacı olan “üç boyutta karışık modlu çatlak ilerleme simülasyonları yapabilen ve pratik problemlerle doğruluğu ispat edilmiş sonlu eleman bazlı bir analiz programı geliştirilmesi”ne doğrudan katkıda bulunacaktır.

Literatür özeti, projemizin temel iş paketleri olan “FCPAS Sağlama Uygulamaları”, “Karışık Modlu Çatlak İlerleme Modellerinin Değerlendirilmesi ve Geliştirilmesi” ve “Düzlemsel Olmayan Çatlak Yüzeylerinin Modellenme/Bölüntülenmesi ve Analizi” konuları alanlarına paralel olarak aşağıdaki paragraflarla verilmektedir.



TUBITAK

- Enerji, Ulaştırma ve Savunma alanları, ülkeler için kritik öneme sahip olan, toplumsal refaha katkısı tartışılmaz ve ülkelerin bilim ve teknoloji düzeyinin gelişmesinde öncü rol oynayan alanlardır. Bu alanlara ülkeler tarafından yapılan harcamalar ve bu harcamalara devlet bütçelerinden ayrılan pay en üst seviyelerdedir. Yatırım maliyetlerinin yüksek olduğu bu alanlarda, kullanılan ekipmanlar da hem mali açıdan hem de malzeme güvenilirliği açısından önem kazanmaktadır. Enerji alanında karşılaşılan en yaygın saha problemlerinden birkaçı, reaktör basınç kazanlarında [1-6], enerji sektöründe önemli bir yeri olan türbinlerde, türbin disklerinin birleşme noktalarında ve disklerin kanat köklerinde [7-15] meydana gelen çatlak ve kırılma problemleridir. Ulaştırma ve Savunma alanlarında karşılaşılan saha problemleri ise, demiryolu tekerlekleri, rayları ve akslarında [16-22], askeri ve yolcu uçaklarının gövdelerinde, gaz türbin motorlarında ve türbin kanatlarında [23-35] oluşan çatlak ve kırılma problemleridir. Özellikle çok sayıda yolcunun bir arada ulaşım imkanı bulabildiği demiryolu ve havayolu araçlarında can güvenliği ön plana çıkmakta ve çatlak içeren bir yapının doğru bir şekilde değerlendirilmesi büyük önem kazanmaktadır. Dolayısıyla, projemizin birinci iş paketinde adı geçen alanlarda en az beş adet mod-I saha problemi analiz edilerek, gerçek verilerle mukayese edilecektir, böylece FCPAS mevcut kabiliyetleri saha verileri ile doğrulanmış olacaktır.
- Yukarıda bahsedilen endüstriyel alanlarda karşılaşılan çatlak ve kırılma problemlerinin sebebi, makine parçalarının karmaşık yükler altında yorulmaya maruz kalmasından kaynaklanmaktadır. Son 10 yıla kadar yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak basit mode-I yüklemesi altında malzemelerin çatlak ilerleme davranışının incelenmesi üzerine olmuştur. Ancak mühendislik malzemeleri çalışma koşulları bakımından mode-II ve mode-III yüklemeye tiplerinin de olduğu, karışık mod olarak adlandırılan yüklerle de maruz kalmaktadırlar. Bu yüzden son yıllarda karışık modlu çatlak ilerleme deneyleri ağırlık kazanmış, karışık modlu yükler altında farklı malzeme grupları (Al alaşımları, çelikler vb.) test edilmiş ve farklı çatlak ilerleme modelleri (teorileri) geliştirilmiştir. Referans [36]'da Feng ve ekibi, karışık modlu yükler altında çatlak ilerleme davranışının tahmini üzerine geliştirilen temel modellerin bir özetini vermektedir. Bu modeller; maksimum şekil değiştirme enerjisi salınım oranı [37-40], minimum şekil değiştirme yoğunluk faktörü [41-43], maksimum teğetsel gerilme/şekil değiştirme modeli [41-44], J-integral modeli [45-46] ve vektör çatlak ucu yer değiştirme modeli [47] olarak sıralanabilir. Karışık modlu yükler altında üç boyutlu çatlak ilerleme modelleriyle ilgili sınırlı sayıda çalışma arasında, mod-I+II+III ve mod II+III yüklemeye tipleriyle ilgili geliştirilmiş yaygın bir modelin olmadığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla, projenin ikinci iş paketinde; Çelikler, alüminyum alaşımları gibi farklı malzemeler kullanarak, karışık modlu (Mode I+II, Mode I+III, Mode II+III ve Mode I+II+III) çatlak ilerleme testlerinin gerçekleştirilmesi, özellikle şu ana kadar yaygın olarak geliştirilmemiş olan mode II+III yüklemesi altında üç boyutlu düzlemsel olmayan çatlak ilerleme modeli önerilmesi, mevcut çatlak ilerleme modellerinin değerlendirilerek tekrar ele alınması, mümkünse elde edilen deneysel verileri en doğru şekilde temsil eden yeni/geliştirilmiş çatlak ilerleme modellerinin önerilerek literatüre katkıda bulunulması planlanmaktadır. Böylece, bir sonraki iş paketi olan üç boyutlu karışık modlu çatlak ilerlemesinin tahmini ve modellenmesini gerçekleştirmek için en iyi muhtemel çatlak ilerleme modelini tanımlamak mümkün olacaktır.
- İki boyutlu çatlak problemlerinde, çatlak ya düz bir şekilde ya da bir eğri şeklinde ilerleme göstermektedir. Üç boyutlu çatlak problemlerinde ise, geometri, yüklemeye ve sınır şartlarına bağlı olarak çatlak düz, eğri, düzlemsel veya düzlemsel olmayan bir şekilde ilerleyebilmektedir. Bu yüzden kırılma davranışı, hem çatlak yüzeyinin eğrilğine hem de çatlak önünün eğrilğine bağlı olarak üç boyutlu çatlak ilerlemesiyle ilişkilendirilmelidir. Son on yılda nümerik teknikler kullanarak üç boyutlu çatlak ilerleme simülasyonları ve kırılma analizleri için özelleştirilmiş araç ve yöntem geliştirmek amacıyla çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu konudaki ilk çalışmalar sınır elemanlar yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analizler [48,49] olmasına rağmen, çalışmaların çoğu sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analizlere odaklanmıştır. FRANC3D [50,51], ZENCRACK [52,53], ADAPCRACK3D [54], BEASY™ [55] bu yöntemleri kullanarak üç boyutlu kırılma ve çatlak ilerleme analizlerini yapabilen programlardır. FRANC3D sınır elemanlar yöntemini kullanan bir araştırma programıdır. ZENCRACK ticari bir programdır ve yine ticari bir sonlu eleman programı olan ABAQUS ile çalışmaktadır. Gerilme yoğunluk faktörlerini ve çatlak ilerleme miktarlarını hesaplamak için şekil değiştirme enerjisi bırakma oranı ve düğüm noktaları yer değiştirmeleri gibi değişik bilgileri kullanır. ADAPCRACK3D sonlu elemanlar metodunu kullanarak karmaşık yükler altında üç boyutlu geometrilerin yorulma çatlak ilerleme tahminini yapabilen bir analiz programıdır. BEASY™ ise ticari programdır ve sınır elemanlar kullanarak üç boyutlu kırılma ve çatlak ilerleme analizlerini gerçekleştirmektedir. Zenginleştirilmiş sonlu elemanlar yöntemi de, çatlak önü yakınında özel mesh gerektirmemesi ve sonlu eleman çözümü sonrası işleme ihtiyaç duyulmaması nedeniyle üç boyutlu hassas ve etkili kırılma analizleri gerçekleştirmek için cazip bir yöntem olmuştur. Literatürde bu metodu, genişletilmiş sonlu elemanlar (X-FEM) ve zenginleştirilmiş sonlu elemanlar olarak iki ayrı formda görmek mümkündür. Termo-elastik kırılma problemlerini ve üç boyutlu çatlak ilerlemesi için çoklu-grid yöntemini içeren, X-FEM metodu kullanılarak gerçekleştirilmiş çok sayıda başarılı uygulama bulunmaktadır [56-60]. X-FEM metodunda çatlak ilerleme modelinin yeniden meshlenmesine gerek kalmamakta veya bu en aza indirgenmektedir. Zenginleştirilmiş sonlu elemanlar metodu da çatlak civarında özel grid veya ağ gerektirmeyen bir metottur. Zenginleştirilmiş sonlu elemanlar metodu diğer nümerik yöntem ve bunların uygulamaları kadar yaygın olmamasına rağmen, üç boyutlu kırılma problemleriyle ilgili olarak yapılan deneysel çalışmalar da literatürde yer bulmuş [61-64] ve Dr. Ayhan tarafından karışık modda kırılma [65, 66], arayüzey çatlakları [67] ve fonksiyonel aşamalı malzemeler [68,69] gibi çeşitli üç boyutlu problemlere başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Yukarıda belirtilen yöntemler, çatlakın ilerleme bölgesinin tümü boyunca önceden öngörülmuş mesh yoğunluğu (X-FEM) veya çatlak ucunda özel şekilde konumlandırılmış tekil elemanlar (dikdörtgen veya üçgen prizma tekil elemanları) gerektirmektedir. Projemiz kapsamında, çatlak ucu bölgesinde özel mesh gerektirmeyen ve zenginleştirilmiş elemanlar kullanan FCPAS/FRAC3D ile karışık modda düzlemsel olmayan bir şekilde ilerleyen artırılmış (incremental) çatlak yüzey ucu belirlenerek, bu yüzey katı model olarak temsil edilecek ve bölüntülenecek analizleri gerçekleştirilecektir.

Yukarıda verilen literatür bilgisi ışığında, literatüre yapılması planlanan katkı kısaca şu şekilde özetlenebilir ;

- Enerji, Ulaştırma ve Savunma alanlarında karşılaşılan üç boyutlu çatlak ilerleme problemlerine mevcut mode-1 çatlak ilerleme simülasyonları uygulanacak ve ömür tahminleri sahada görülen ömürlerle mukayese edilerek FCPAS - Aşama 1 projesinde elde edilen kabiliyetler test edilecek, böylece pratik üç boyutlu kırılma olgusunun sayısal modellenmesi uygulamalı bir şekilde gerçekleştirilecek ve literatüre yeni uygulamalı katkılar yapılacaktır.
- Çelikler, alüminyum alaşımları gibi farklı malzemeler kullanarak, karışık modlu (Mode I+II, Mode I+III, Mode II+III ve Mode I+II+III) çatlak ilerleme testleri gerçekleştirilecek, özellikle şu ana kadar yaygın olarak geliştirilmemiş olan mode II+III yüklemesi altında üç boyutlu düzlemsel olmayan çatlak ilerleme modeli önerilecek, mevcut çatlak ilerleme modelleri değerlendirilerek tekrar ele alınacak, mümkünse elde edilen deneysel verileri en doğru şekilde temsil eden yeni/geliştirilmiş çatlak ilerleme modelleri önerilecektir. Ayrıca, bazı numunelere üç boyutlu eliptik çatlaklar konularak



karışık modlu yorulma testlerinin yapılması da literatürde olmayan bazı yenilikler kazandıracaktır.

- Özel grid veya ağ gerektirmeyen bir metot olan zenginleştirilmiş sonlu elemanlar metodu kullanılarak düzlemsel olmayan çatlak yüzeyine sahip üç boyutlu modellerin modellenmesi ve meshlenmesi gerçekleştirilerek, karışık mod ve üç boyutlu çatlak ilerlemesi simülasyonlarının yapılabilmesi sağlanacaktır.
- Son olarak temel analiz programında yukarıda bahsedilen gelişmeler ile, karışık modda üç boyutlu çatlak ilerleme simülasyonlarının yapılabilmesi için mevcut FCPAS kullanıcı arayüzünde (GUI) gerekli güncelleştirmeler yapılacak ve böylece analizler GUI rehberliğinde sistematik bir şekilde gerçekleştirilecektir.

#### 4. ÖZGÜN DEĞER

Proje önerisinin, özgün değeri (bilimsel kalitesi, farklılığı ve yeniliği, hangi eksikliği nasıl gidereceği veya hangi soruna nasıl bir çözüm geliştireceği ve/veya ilgili bilim/teknoloji alan(lar)ına metodolojik/kavramsal/kuramsal olarak ne gibi özgün katkılarda bulunacağı vb.) ayrıntılı olarak açıklanmalıdır.

Bu araştırmanın özgün değeri, yeniden-üretim maliyetlerinin belirsizliği altında planlama yapabilmek için gürbüz eniyileme yöntemini kullanan çok dönemli matematik modeller geliştirilmesi, ve değişik belirsizlik kümeleri altında gürbüz eniyi çözümlerin avantaj ve dezavantajlarını ortaya çıkarmasıdır. Belirsiz yeniden üretim maliyetlerine yönelik gürbüz çözümler üreten bir çalışma ulusal ve uluslararası literatürde henüz yoktur. Literatürde, önerdiğimiz projeye en yakın çalışmalar ve çalışmamızın bu yayınlardan farkı aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Denizel ve diğerleri (2010) maliyet belirsizliğini ele alan senaryo tabanlı rassal programlar sunmuşlardır. Rassal programlar senaryo sayılarına bağlı bir biçimde üssel olarak büyük boyutlara ulaşabilirler. Öte yandan, herbir senaryonun olasılığının bilinmesi gerekmektedir. Gürbüz eniyilemenin öncülerinden Ben-Tal ve Nemirovski (1998)'nin de belirttiği gibi, bu olasılıkların açığa çıkartılması başlı başına büyük bir problem olarak karşımıza çıkabilir. Bu projede önerdiğimiz gürbüz eniyileme metodu bu zorlukları bertaraf etmeye yöneliktir. Gürbüz eniyileme, olasılık dağılımlarından bağımsız olan belirsizlik kümeleri üzerinden hareket etmektedir. Böylece hem senaryo sayılarından kaynaklanan büyümeyi hem de senaryolara ait olasılıkların belirlenmesi problemini yeniden-üretim planlama kapsamında gürbüz eniyileme yöntemini kullanarak ele almak, çalışmamızın özgün değerlerinden biridir. Wei ve diğerleri (2011) talep edilen ve geri verilen ürün miktarlarının belirsiz olduğu durumlar için gürbüz eniyileme metodunu önermişlerdir, ancak kalite maliyetleri belirsizliği ve sınıflandırmaya yer vermemişlerdir. Ferguson ve diğerleri (2009), ve Denizel ve diğerlerinin (2010) vurguladığı gibi, yeniden-üretim planlamada en önemli etkenlerden biri de değişik kalite kategorilerine ait maliyetlerin planlama aşamasında tam olarak bilinmemesidir. Literatürdeki bu boşluğu gürbüz eniyileme metodunu kullanarak doldurmak projemizin özgün bir değeridir.
2. Gürbüz eniyileme çözümlerinin arzu edilen özelliklerinden biri, verilerin en kötü biçimde vuku bulduğu durumlarda belirsizliği gözardı eden çözümlere nazaran daha iyi amaç fonksiyon değerleri sağlamasıdır. Bu çözümlerin bir diğer istenen özelliği de, parametre değerlerindeki değişime daha az duyarlılık göstererek karar vericiyi beklenmedik parametre değerlerinden kaynaklanan, arzu edilmeyen amaç fonksiyonu değerlerine karşı korumalarıdır. Çalışmamızın bir diğer özgün değeri, gürbüz eniyilemenin bu istenen özelliklerinin yeniden-üretim kapsamında hangi durumlarda, hangi belirsizlik kümeleri altında, ve hangi parametre koşulları altında elde edildiğinin açığa çıkarılmasıdır.
3. Ferguson ve diğerleri (2009), kalite kategorileri içerisindeki maliyetleri belirli varsayımlardan hareketle, ürünlerin yeniden üretime girmeden önce sınıflandırılmasının değerini nicelemeye yönelik bir çalışma sunmuşlardır. Ancak gerek Ferguson ve diğerleri (2009) ve gerekse Denizel ve diğerleri (2010), geri verilen ürünlerin kalite seviyelerine göre sınıflandırılmalarına rağmen, her kategori içerisindeki yeniden üretim maliyetlerinin önemli seviyede farklılıklar gösterebileceğine dikkat çekmiştir. Projemizin bir başka özgün değeri, kalite kategorileri dair yeniden üretim maliyetlerinin belirsiz olduğu durumlarda, ürünlerin kalite sınıflandırılmasının değerini gürbüz eniyileme metodunu kullanarak nicelemesi olacaktır.

#### 5. YÖNTEM

Projede uygulanacak yöntem ve araştırma teknikleri (veri toplama araçları ve analiz yöntemleri dahil) ilgili literatüre atıf yapılarak (gerekirse ön çalışma yapılarak) belirgin ve tutarlı bir şekilde ayrıntılı olarak açıklanmalı ve bu yöntem ve tekniklerin projede öngörülen amaç ve hedeflere ulaşmaya elverişli olduğu ortaya konulmalıdır.

Projede uygulanacak yöntem(ler)le ilerleme kaydedilememesi durumunda devreye sokulacak alternatif yöntem(ler) de belirlenerek açık bir şekilde ifade edilmelidir.

Konu, Kapsam Ve Literatür Özeti başlığı altında verilen çalışmalarda aşağıdaki yöntemlerin kullanılması planlanmaktadır:

##### 1. Hassas akış ve sıcaklık kontrollü deney sisteminin tasarımı ve kurulumu

- Sabit gaz akışları (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>) için kütle akış kontrol birimlerinin, sabit sıvı (deiyonize su) akışı için HPLC pompasının, katalizörün ince (~1x10<sup>-4</sup> m kalınlığında), kaplı bir tabaka halinde bulunduğu mikrokanalın veya tanecik formundaki katalizörden oluşan sabit yatağın sıcaklığını istenen değerlerde sabit tutabilecek hassas sıcaklık kontrollü bir reaktör fırınının, ve ürün analizi için TCD detektörlü, dolgulu kolonlu bir gaz kromatografi cihazının kullanılacağı bir deney sistemi kurulacaktır. Beslenen suyu buharlaştırmak ve su buharının yoğunlaşmasını engellemek amacıyla ilgili tüm hatlar sıcaklık kontrollü ısıtma bantları ile istenen sıcaklık düzeylerinde sabit tutulacaktır.
- Kurulacak sistem, sabit yatak ve mikrokanal reaktör düzenleri üzerinde deneysel çalışmaların yapılmasına uygun olacaktır. Mikrokanal reaktör düzeni, hazırlanma detayları aşağıda 2. ve 4. maddelerde açıklanan katalizör kaplı plakanın, tel erozyon tekniği ile uygun bir metalden (ör: 316 paslanmaz çelik), dış boyutları 18.6 mm (çap) x 30 mm (yükseklik) olacak şekilde imal



TÜBİTAK

edilecek silindirik şeklindeki bir plaka muhafaza yuvasının içine yerleştirilmesiyle oluşturulacaktır. Muhafazanın iç bölümü, katalitik plakanın yerleşebileceği, ve yerleştikten sonra kalan boşluğun katalitik bir mikrokanal işlevi görebileceği şekil ve boyutlarda imal edilecektir. Katalitik plakayı içeren metalik muhafaza (yani mikrokanal reaktör), 20 mm iç çaplı bir kuvars borunun içine, reaktör fırınının sabit sıcaklık bölgesine denk gelecek biçimde yerleştirilerek reaksiyon sistemine entegre edilecektir. Muhafazanın sabit konumda tutulması için kuvars borunun orta noktasına yatay bir halka eklenecektir; bu şekilde muhafaza halkanın tam üzerine oturtulacaktır. Bu sayede ve metalik muhafazanın sıcaklıkla birlikte genleşmesiyle besleme akışı sadece katalitik mikrokanal üzerinden geçecek, muhafaza ve kuvars boru arasındaki boşluktan herhangi bir by-pass akımı olmayacaktır. Sıcaklık kontrolü ise mikrokanalın ortasına denk gelen noktadan ölçüm alacak bir termokup ve bu ölçümle fırına kontrollü güç verebilecek bir PID-sıcaklık kontrol cihazı ile sağlanacaktır. Sabit yataklı reaktör düzeni ise aşağıda 2. maddede tarif edildiği şekilde hazırlanacak tanecik halindeki katalizörlerden oluşan yatağın, orta bölümü boğumlu bir kuvars boru içine doldurulmasıyla oluşturulacaktır. Yatağın sabit konumda tutulabilmesi için boğumun hemen üzerinde cam yünü dolgusu yerleştirilecektir. Yatağın sıcaklık kontrolü, yukarıda mikrokanal düzeni için tarif edildiği biçimde yapılacaktır. Tarif edilen bu yöntemler, proje yürütücüsünün tamamlamış olduğu 108M509 kodlu TÜBİTAK projesi kapsamında geliştirilmiş, uluslararası araştırma gruplarınca kabul görmüş ve birçok uluslararası dergi makalesinde (Bkz. Bölüm 11) yayınlanmıştır. İçinde katalitik yatak bulunan kuvars boru ise, grup bünyesinde tasarlanan özel bağlantı parçaları ile akış sistemine monte edilecektir.

- Tarif edilen reaksiyon-analiz sistemindeki gaz/sıvı akış kontrol ve analiz birimlerinin kalibrasyonları hassas biçimde ve düzenli olarak yapılacaktır.

## 2. MOF ve inorganik gözenekli malzeme destekli katalizörlerin hazırlanması ve tanımlanması

- Katalizörlerin hazırlanmasında, araştırma grubu bünyesinde önceki çalışmalarda kullanılan emdirme (incipient-to-wetness impregnation) yöntemi takip edilecektir. Bu yöntemle göre, hedeflenen aktif metal ağırlık yüzdesine uygun olarak organik bir çözelti (çalışmalar sırasında belirlenecektir) kullanılarak hazırlanacak olan belirli miktardaki Pt veya Pd metal tuzu çözeltisi, söz konusu gözenekli destek malzemesi üzerinde bir peristaltik pompa ile kontrollü biçimde damlatılacaktır. Çözeltinin gözeneklere daha iyi nüfuz edebilmesi amacıyla işlem vakum altında ve ultrasonik bir karıştırıcı ile yürütülecektir. Test edilmesi öngörülen MOF-malzemesi ZIF-8 ( $Zn_6N_4C_{24}H_{24}O_6$ ) ve MIL-53(Al) ( $C_8H_5AlO_5$ ) olarak belirlenmiş olup, her ikisi de yurt dışından hazır olarak temin edilecektir. Bu malzemelerin ortalama BET yüzey alanları sırasıyla  $1600 \text{ m}^2/\text{g}$  ve  $1300 \text{ m}^2/\text{g}$  olup,  $350^\circ\text{C}$ 'ye kadar ve hacimce en az %25 su buharı içeren ortamlarda nano-gözenekli yapılarını korudukları literatürde yayınlanmıştır (bkz. Bölüm 4). MOF-malzemelere ek olarak,  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  gibi inorganik gözenekli maddeler de destek malzemesi olarak kullanılacaktır. Pt ve Pd içeren metal tuzları (sırasıyla  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$  ve  $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) yurt dışından temin edilecektir.
- Hazırlanan katalizörler organik çözeltinin uzaklaştırılması amacıyla kurutulduktan sonra belirlenen sıcaklıklarda kalsine edilecek, ardından sabit sıcaklık ve saf hidrojen akışı altında indirgenecektir. Kalsinasyon ve indirgeme koşulları literatürdeki değerlerle uyumlu olacaktır.
- İndirgeme sonrası ve reaksiyon öncesi, kaplı ve tanecik halindeki MOF ve inorganik malzeme destekli katalizörlerin kristal yapısı, kimyasal kompozisyonu, aktif metallerin miktarları ve yüzeye dağılımları XRD, SEM, EDX, XPS gibi yöntemlerle belirlenecektir. Katalizörlerin toplam yüzey alanlarının belirlenebilmesi için BET yöntemi takip edilecektir. Tanımlama sonuçları karşılaştırmaların sağlıklı biçimde yorumlanabilmesinde büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, 3. aşamada yapılması öngörülen reaksiyon testlerinin katalizör morfolojisi ve aktif metal dağılımı üzerindeki etkilerinin anlaşılabilmesi için, kullanılan katalizörler yukarıda belirtilen yöntemlerle tanımlanacaktır.

## 3. Sabit yatak reaktör düzeninde yapılacak reaksiyon testleri

- 2. aşamada hazırlanan katalizörler, 1. aşamada kurulum ve tasarım detayları verilen reaktör-analiz sisteminde yukarıda tarif edildiği üzere önce indirgenecek, daha sonra reaksiyon koşullarında test edilecektir. Bu aşamada tanecik halindeki katalizörlerin oluşturduğu sabit yatak reaktör düzeni incelenecektir. Reaksiyon testlerine başlamadan önce, sistemin herhangi bir bileşeninin reaktif özelliği olup olmadığını anlamak ve sistemin sorunsuz çalıştığından emin olmak için, katalizör eklenmeden ön denemeler yapılacaktır. Bu denemelerin ardından, katalizör kaplanmamış olan MOF malzemeleri reaksiyon koşullarında test edilecek, bu malzemelerde bulunan metal merkezlerinin herhangi bir katalitik aktivite gösterip göstermedikleri araştırılacaktır.
- Katalizörlerin davranışları düşük sıcaklık su-gazı değişimi reaksiyonu şartlarında sistematik olarak araştırılacak, her çalışma koşulu kombinasyonu için CO dönüşümü ve  $\text{H}_2$  seçiciliği hesaplanacaktır. Taranacak çalışma koşulları besleme karışım oranları, alıkonma süresi ve reaksiyon sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Her koşulun etkisinin anlaşılabilmesi için parametrik bir plan takip edilecek, bir koşulun etkisi incelenirken diğerleri baz değerlerinde sabit tutulacaktır.
- Çalışmalarda iki tür besleme karışımı kullanılacaktır. İlk etapta CO, su buharı ve  $\text{N}_2$ 'den oluşan besleme karışımı değişik oranlarda test edilecektir. Daha sonra yakıt işlemci çıkış şartlarına uygun CO,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , su buharı ve  $\text{N}_2$ 'den oluşan besleme karışımı değişik oranlarda taranacaktır. Karışım oranları ile alıkonma süresi ve reaksiyon sıcaklığı değer aralıkları literatürdeki karşılıklarıyla uyumlu olacaktır. Bu çalışmaların tümü MOF-destekli katalizörler üzerinde yürütülecek ve CO dönüşümü/ $\text{H}_2$  seçiciliği bazında en iyi sonuçları veren katalizör-çalışma koşulu kombinasyonları belirlenecektir.
- Yukarıda belirlenen, ve yüksek dönüşüm ve seçiciliği destekleyen çalışma koşulları inorganik gözenekli malzeme destekli katalizörler üzerinde karşılaştırma amaçlı olarak test edilecektir. Bu şekilde destek malzemeleri arasındaki farkların somut biçimde tespit edilmesi hedeflenmektedir.

## 4. MOF-destekli katalizörlerin mikrokanal reaktöre kaplanması ve tanımlanması

- 2. aşamada hazırlanan tanecik halindeki katalizörler belirli miktarda organik çözelti ile karıştırılıp çamur haline getirilecek, ve FeCrAl malzemedan imal edilen, boyutları  $2 \times 5 \times 20$  mm olan bir metalik plakanın  $5 \times 20 \text{ mm}^2$ ik yüzeyine mekanik olarak (bir spatül yardımıyla dikkatlice sürülerek) kaplanacaktır.
- Kaplama öncesinde FeCrAl plakalar de-iyonize su, aseton ve etil alkolle 20 dakika boyunca yıkanacak,  $110^\circ\text{C}$ 'de 30 dakika boyunca kurutulacak ve kül fırınında  $20^\circ\text{C}/\text{dak}$  hızla  $900^\circ\text{C}$ 'ye ısıtılıp, 2 saat boyunca kalsine edilecektir (ısıtılma tabii tutulacaktır). Bu işlemin amacı yüksek sıcaklık altında FeCrAl alaşım bünyesindeki metalleri ayrıştırıp bir alüminyum oksit



tabakası elde etmek, ve böylece plaka üzerinde gözenekli bir yapı oluşturmaktır. Oluşan bu gözenekli alt-tabaka ile MOF-destekli katalizörlerin metalik plakaya tutunmasının daha kuvvetli olacağı düşünülmektedir.

- Isıl işlem ve kaplama sonrası plakalar 100°C'de 1 saat boyunca kurutulup tartılacak, bir plaka üzerindeki katalizör miktarı yaklaşık 15 mg/cm<sup>2</sup>'ye ulaşıncaya kadar kaplama-kurutma adımları tekrar edilecektir. Hedeflenen ağırlığa ulaşıldıktan sonra, kaplı katalizörler kalsine edilecek, ve 1. aşamada tarif edildiği üzere reaksiyon sistemine yerleştirilip, sabit sıcaklık ve hidrojen akışı altında indirgenecektir. Kalsinasyon ve indirgeme koşulları literatürdeki değerlerle uyumlu olacaktır.
- Kaplama kalınlığını ölçebilmek için kaplı plaka kesitinin SEM analizi yapılacaktır. Çalışmalardaki hedef yaklaşık 100 µm'ye karşılık gelen bir kaplama kalınlığı elde etmektir. 5. aşamada yapılması öngörülen reaksiyon testlerinin katalizör morfolojisi ve aktif metal dağılımı üzerindeki etkilerinin anlaşılabilmesi için kullanılan katalizörler XRD, SEM, EDX, XPS gibi yöntemlerle tanımlanacaktır.

##### 5. Mikrokanal reaktör düzeninde yapılacak reaksiyon testleri

- Mikrokanal reaktör düzeninde bulunan katalizörler, 3. aşamada detaylı biçimde tarif edildiği şekilde bir dizi reaksiyon testine tabi tutulacaktır. Buradaki amaç çalışma parametrelerine karşı mikrokanala kaplı MOF-destekli katalizörlerin vereceği tepkilerin CO dönüşümü ve H<sub>2</sub> seçiciliği bazında belirlenmesi, bu sonuçlar ışığında en iyi performansı veren çalışma koşullarının ortaya konmasıdır. Reaksiyon testlerine başlamadan önce, kullanılacak metalik muhafaza yuvasının ve FeCrAl plakanın reaktif özelliği olup olmadığını anlamak için, katalizör eklenmeden ön denemler yapılacaktır.
- Planlanan çalışmalara ek olarak, yüksek dönüşüm/seçicilik sonuçları veren çalışma koşullarında mikrokanal ve sabit yatak düzenlerini karşılaştırmaya yönelik deneylerin yapılması düşünülmektedir. Her iki düzendeki katalizör miktarları farklı olacağı için, karşılaştırmanın denk koşullarda yapılması gerekmektedir. Bunun için, belirli bir alıkonma süresi (katalizör kütlesinin beslenen CO akış hızına oranı) belirlenecek, her iki düzendeki akış koşulları sabit alıkonma süresini verecek şekilde ayarlanacaktır.

## 6. PROJE YÖNETİMİ, EKİP VE ARAŞTIRMA OLANAKLARI

### 6.1 PROJE YÖNETİMİ

#### 6.1.1. YÖNETİM DÜZENİ (İş Paketleri (İP), Görev Dağılımı ve Süreleri)

Projede yer alacak başlıca iş paketleri, her bir iş paketinin kim/kimler tarafından ne kadarlık bir zaman diliminde gerçekleştirileceği hakkındaki bilgiler aşağıda yer alan **İş-Zaman Çizelgesi** doldurularak verilmelidir. Her bir iş paketinde görev alacak personelin niteliği (yürütücü, araştırmacı, danışman, bursiyer, yardımcı personel) belirtilmelidir. Gelişme ve sonuç raporu hazırlama aşamaları proje çalışmalarına paralel olarak yürütülmeli ve ayrı bir iş paketi olarak gösterilmemelidir.





## 6.1.2. BAŞARI ÖLÇÜTLERİ VE RİSK YÖNETİMİ

Projenin tam anlamıyla başarıya ulaşmış sayılabilmesi için **İş-Zaman Çizelgesinde** yer alan her bir ana iş paketinin hedefi, başarı ölçütü (ne ölçüde gerçekleşmesi gerektiği) ve projenin başarısındaki önem derecesi aşağıdaki **Başarı Ölçütleri Tablosu**'nda belirtilmelidir.

**BAŞARI ÖLÇÜTLERİ TABLOSU (\*)**

İP No	İş Paketi Hedefi	Başarı Ölçütü (%, sayı, ifade, vb.)	Projenin Başarısındaki Önemi (%)**
(A)	<p><b>Literatür Tarama ve Araştırma İş Paketi</b></p> <p>Bu iş paketinin başarıya ulaşmış sayılabilmesi için belirlenen hedefler şu şekilde özetlenebilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dış iskelet robotun tasarımı için gereken eklem açı limitleri, hızları, ivmeleri, torkları, güçleri, serbestlik derecesi, uzuv bağlantıları vb. kıstasların belirlenmesi</li> <li>Literatürdeki sertliği değiştirilebilir eyleyicilerin araştırılması, en iyi tasarıma karar verilmesi özgünlük araştırması, gereken malzemelerin seçimi</li> <li>Literatürdeki sönümlenmesi değiştirilebilir eyleyicilerin araştırılması, en iyi tasarıma karar verilmesi, özgünlük araştırması, gereken malzemelerin seçimi</li> <li>Literatürdeki denetim algoritmalarının araştırılması, en iyi olanına karar verilmesi, özgünlük araştırması, PC/104, veri toplama kartları, sürücü vb. ekipmanların seçimi</li> </ul>	<p><b>Literatür Tarama ve Araştırma İş Paketi</b></p> <p>Bu iş paketinin başarıya ulaşmış sayılabilmesi için belirlenen ölçütler şu şekilde özetlenebilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alt uzuv biyomekaniği ve dış iskelet robotlar ile ilgili geniş bir araştırma ve analiz yaparak maksimum 80 kg ağırlığındaki kısmi felçli bir insanı ya da sağlıklı insanlarda maksimum 80 kg'lık bir yükü 0-1,5 m/s'lik yürüme hız limitlerinde taşıyabilmek için kalça, diz ve bilek eklemlerinde gerekli olan tork, güç ve hız limitleri kesin ve net olarak belirlemiş olmalı.</li> <li>Eklemlerde kullanılacak olan sertliği ve sönümlenmesi değiştirilebilir eyleyiciler için literatürde var olan tasarımlar araştırılarak en iyi tasarıma karar verilmiş olmalı, bir önceki maddede verilen sayısal değerlere karşılık eklemlerde kullanılacak olan eyleyicilerin tasarım kriterleri belirlenmeli, tasarım iş paketlerinde gerçekleştirilecek olan tasarım optimizasyonu çalışmaları için hedef fonksiyonu ve tasarım parametreleri belirlenmiş olmalı, bu doğrultuda eyleyicilerin üretimi için malzeme seçimleri gerçekleştirmiş olmalı.</li> <li>Dış iskelet robotlarda kullanılan bütün denetim algoritmaları sınıflandırılmalı, en iyi algoritma belirlenmeli, proje önerisinde özgünlük olarak sunulan modüler denetim algoritmasına ne gibi eklemelerin yapılabileceği belirlenmeli ve projede kullanılacak daha başka yenilikçi algoritmalar belirlenmeli. Gezici bir dış iskelet robot için sürücü, veri toplama kartı, mini-bilgisayar gibi elektronik donanımların en küçük boyutlarda ve en yüksek performansta seçimleri yapılmış olmalı.</li> </ul>	%10
(B)	<p><b>Malzeme Siparişi ve Satın alma Süreci</b></p> <p>Bu iş paketinin başarıya ulaşmış sayılabilmesi için belirlenen hedefler şu şekilde özetlenebilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Seçimine karar verilen malzemelerin satın alma sürecinin başlatılması ve takibi</li> </ul>	<p><b>Malzeme Siparişi ve Satın alma Süreci</b></p> <p>Bu iş paketinin başarıya ulaşmış sayılabilmesi için belirlenen ölçütler şu şekilde özetlenebilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Malzeme siparişi ve satın alma süreci, projede yurt dışı alımlarının olması ve olabilecek muhtemel aksaklıklar nedeni ile uzun tutulmuştur. Bu iş paketi bir önceki paket olan "Literatür tarama ve araştırma" iş paketinin ortasından başlayıp, "Karma Eyleyici Tasarımı, Üretimi ve Test Edilmesi" paketinin ortasına kadar devam edeceği öngörüldüğü için çalışma takviminde ayrı bir iş paketi olarak sunulmuştur. Malzeme siparişi</li> </ul>	%5

		ve satın alma sürecinin, proje bütçe kullanım izinlerine bağlı olarak 2. ayda başlatılıp 12. ayda %100 oranında bitirilmesi hedeflenmektedir.	
(C)	<b>Karma Eyleyici Tasarımı, Üretimi ve Test Edilmesi</b> <p>Bu iş paketinin başarıya ulaşılmış sayılabilmesi için belirlenen hedefler şu şekilde özetlenebilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Güç/hacim oranı, hafiflik, enerji verimliliği gibi performans ölçütlerini en iyi yapmak için karma eyleyicilerin tasarım parametrelerinin MATLAB® Optimization Toolbox kullanılarak optimizasyon teknikleri ile belirlenmesi.</li> <li>Solidworks® katı modelleme programı ile karar verilen optimizasyon sonuçlarını kullanarak katı model tasarımın oluşturulması.</li> <li>Sertliği değiştirilebilir eyleyici için MATLAB® Simmechanics dinamik benzetim programı ve sönümlenmesi değiştirilebilir eyleyici için MagNet® FEA elektromanyetik alan benzetim programı ile analizler gerçekleştirilmesi ve gerekli düzeltmeler.</li> <li>Parçaların teknik resimlerinin çıkartılması ve üretimi işlemlerinin takip edilmesi, olabilecek aksaklıklar için çözümlerin bulunması, üretimi gerçekleştiren parçaların bir taraftan montajlarının yapılması.</li> <li>Kuvvet geribeslemeli kontrol algoritmaları kullanarak eyleyicilerin denenmesi, tork ve güç kapasitelerinin istenen değerlerde olup olmadığının kontrolü ve eyleyicilerin analog voltaj - tork grafiklerinin çıkarılması.</li> </ul>	<b>Karma Eyleyici Tasarımı, Üretimi ve Test Edilmesi</b> <p>Bu iş paketinin başarıya ulaşılmış sayılabilmesi için belirlenen ölçütler şu şekilde özetlenebilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Maksimum 80 kg ağırlığındaki kısmi felçli bir insanı ya da sağlıklı insanlarda maksimum 80 kg'lık bir yükü maksimum 0-1,5 m/s'lik yürüme hızı limitleri ile taşıyabilmek için kalça, diz ve bilek eklemlerinde gerekli olan tork, güç ve hız limitlerini karşılayabilen optimum parametrelerle tasarlanmış mümkün olan en hafif ve en enerji verimli karma eyleyiciler tasarlanmış ve üretilmiş olmalı</li> <li>Sönümlenmesi değiştirilebilir eyleyici için kullanılacak olan mayeto-reolojik fren tasarımında sıkça görülen, sızdırma, histerezis etkisi, düşük dinamik cevap gibi problemler için yenilikçi çözümler bulunmuş olmalı.</li> <li>Sönümlenmesi değiştirilebilir eyleyici olarak kullanılacak olan mayeto-reolojik frenin denetimi için analog voltaja karşılık doğrusal akım üreten mini sürücüler üretilmiş olmalı.</li> <li>Üretimi gerçekleştirilen karma eyleyicilerin geleneksel kuvvet kontrol algoritmaları ile denenerek istenen limitlerde olduğu doğrulanmalı.</li> </ul>	%30
(D)	<b>Dış İskelet Robotun Bütün Olarak Tasarımı ve Üretimi</b> <p>Bu iş paketinin başarıya ulaşılmış sayılabilmesi için belirlenen hedefler şu şekilde özetlenebilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Solidworks® katı modelleme programı ile karar verilen tasarım kriterleri kullanarak katı model tasarımın oluşturulması.</li> <li>ANSYS® FEA gerime analizi programı kullanılarak tasarımın belirlenen yükler altında gerilme analizlerini yapılması, sapma miktarlarının belirlenmesi ve gerekli düzeltmelerin yapılması.</li> <li>Parçaların teknik resimlerinin çıkartılması ve üretim işlemlerinin takip edilmesi, olabilecek aksaklıkları diğer proje ekiplerine bildirerek çözümlerin bulunması, üretimi gerçekleştiren parçaların bir taraftan montajlarının yapılması.</li> <li>Montajı gerçekleştiren robota mini bilgisayarın, veri toplama kartlarının, sürücülerin takılması, robotun hareketlerinden zarar görmeyecek şekilde kablolama işlemlerinin yapılması ve gerekli ise kolay bağlantı için bağlantı kartı tasarımı.</li> </ul>	<b>Dış İskelet Robotun Bütün Olarak Tasarımı ve Üretimi</b> <p>Bu iş paketinin başarıya ulaşılmış sayılabilmesi için belirlenen ölçütler şu şekilde özetlenebilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Geliştirilecek olan tüm sistemin ağırlığı en fazla 20 kg olmalı.</li> <li>165 –180 cm boyları arasında herhangi biri tarafından giyilebilmesi için ayarlanabilir olarak tasarlanmış olmalı.</li> <li>Gezici bir sistem olarak tasarlanmış olmalı</li> <li>Maksimum 80 kg ağırlığındaki kısmi felçli bir insanı ya da sağlıklı insanlarda maksimum 80 kg'lık bir yükü taşıyabilecek kapasitede mümkün olan en hafif, en ince ve en zarif tasarım olmalı.</li> <li>Medikal marketlerde satılan bilek, diz, kalça ve gövde için hazır pasif ortezlerin parçaları modifiye edilerek insan vücudu ile uyumlu ergonomik bir tasarım olmalı.</li> <li>Montaj sonrası muhtemel düzeltmeleri gerçekleştirebilmek için parçaları rahat sökülüp takılabilir şekilde tasarlanmış olmalı.</li> </ul>	%25
(E)	<b>Denetim Algoritmalarının Geliştirilmesi ve Denenmesi</b>	<b>Denetim Algoritmalarının Geliştirilmesi ve Denenmesi</b>	%30

<p>Bu iş paketinin başarıya ulaşmış sayılabilmesi için belirlenen hedefler şu şekilde özetlenebilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Önce MATLAB® Simulink modelleri kullanılarak her uzva yerleştirilen kuvvet algılayıcıları ile her ekleme ayrı ayrı modüler kuvvet geri beslemeli kontrol algoritmalarının geliştirilmesi. Sonrada bunların robot üzerinde MATLAB® xPC Target uygulaması ile gerçekleştirilmesi.</li> <li>• Önce MATLAB® Simulink modelleri kullanılarak her eklemden hız, ivme bilgilerinin kestirilmesi, daha sonrada hız, ivme, etkileşim torkları ve eklem biyomekaniği ara fazları tespiti ile eklem sertlik ve sönümlenme parametrelerinin kestirimi algoritmaların geliştirilmesi. Sonrada bunların robot üzerinde MATLAB® xPC Target uygulaması ile gerçekleştirilmesi.</li> <li>• Geliştirilen algoritmaların yardımcı uzuv ve güç artırımı uygulamalarında test edilmesi, ölçümler ve iyileştirmeler</li> </ul>	<p>Bu iş paketinin başarıya ulaşmış sayılabilmesi için belirlenen ölçütler şu şekilde özetlenebilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sağlıklı kişilerde maksimum 80 kg'lık yük taşınması işleminde ya da maksimum 80 kg ağırlığında kısmi felçli hastalarda yardımcı uzuv olarak kullanılması uygulamalarında 0-1,5 m/s yürüme hızı limitlerini gerçekleştirebilmelidir.</li> <li>• Tasarlanacak sistemin, merdiven/yokuş inme/çıkma eylemlerinde eklemlerde sertliği ve sönümlenmeyi devamlı ayarlayarak kararlı bir davranış göstermeli, kullanıcının dengesini bozucu değil denge koruyucu bir görev üstlenmek gibi eylemleri başarı ile gerçekleştirebilmeli.</li> <li>• Sağlıklı uzuvlarda hissedilen istenmeyen kuvvetler minimum seviyelerde olmalı, felçli uzuvlara iletilmesi istenen kuvvetler bozulmadan birebir iletilmeli, dolayısı ile cihazın şeffaflığı en üst seviyelerde olmalı.</li> <li>• Yürüme eylemlerinde, dış iskelet robot, biyometik davranış sergileyip insanda olduğu gibi, sertliği değiştirilebilir eyleyiciler ile bazı ara fazlarda enerji depolayabilmeli, depoladığı enerjiyi sonraki ara fazlarda kullanabilmeli ve hareketsiz durumlarda bekleme durumuna geçiş çok daha az güç harcayan manyeto-reolojik frenleri aktive ederek enerji verimli bir davranış sergileyebilmeli.</li> </ul>
--	---

(\*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

(\*\*) Sütun toplamı 100 olmalıdır.

Projenin başarısını olumsuz yönde etkileyebilecek riskler ve bu risklerle karşılaşıldığında projenin başarıyla yürütülmesini sağlamak için alınacak tedbirler (**B Planı**) ilgili iş paketleri belirtilerek ana hatlarıyla aşağıdaki **Risk Yönetimi Tablosu**'nda ifade edilmelidir.

**RİSK YÖNETİMİ TABLOSU (\*)**

İP No	En Önemli Risk(ler)	B Planı
(A)	<p><b>Literatür Tarama ve Araştırma İş Paketi</b></p> <p>Üniversitemiz iyileştirilmiş kütüphane alıp yapısı ile çok geniş bir yelpazede elektronik ve basılı yayın türlerine ulaşılabilir. Bu nedenle bu iş paketinde herhangi bir risk öngörülmektedir.</p>	<p><b>Literatür Tarama ve Araştırma İş Paketi</b></p> <p>Bu iş paketi için B planına ihtiyaç duyulmamaktadır.</p>
(B)	<p><b>Malzeme Siparişi ve Satın alma Süreci</b></p> <p>Bu iş paketinde yurt dışı alımlarında işlemin zahmetli olması nedeni bazı gecikmeler söz konusu olabilir.</p>	<p><b>Malzeme Siparişi ve Satın alma Süreci</b></p> <p>Yurt dışı satın alımlarında olabilecek muhtemel gecikmeler nedeni ile yurt dışından alınacak ürünlerin alternatifleri üzerine araştırmalar yapılacak. Gecikmelerin olması durumunda geciken ürünler yerine bu alternatif ürünlerin alınmasına yönelik plan değişikliğine gidilecektir.</p>
(C)	<p><b>Karma Eyleyici Tasarımı, Üretimi ve Test Edilmesi</b></p> <p>Projenin işleyişindeki en büyük riskin bu iş paketinde olabileceği öngörülmektedir. Bu iş paketinde, üretimi gerçekleştirilecek olan sertliği ve sönümlenmesi değiştirilebilir karma eyleyicilerin istenilen performansları sağlayamaması durumu ile karşılaşılabilir. Her ne kadar bu eyleyicilerin tasarımında ve üretiminde profesyonel bir yol izlenilerek robot üzerinde kullanılacak olan nihai prototiplere ulaşılmaya çalışılsa da, üretimden ya da öngörülemeyen problemlerden dolayı bu eyleyici</p>	<p><b>Karma Eyleyici Tasarımı, Üretimi ve Test Edilmesi</b></p> <p>Karma eyleyici prototiplerinden istenen performansın alınamaması durumunda, B planı olarak günümüzde dış iskelet tasarımlarında kullanıldığı gibi sertliği değiştirilebilir eyleyiciler yerine elektrik motorları eklemlere doğrudan adapte edilecektir. Eklemlerde sönümlenmeyi değiştirmek için küçük boyutlarda tasarlanması hedeflenen manyeto-reolojik frenlerden istenen performans elde edilemediğinde bu özel tasarımlar yerine piyasadan hazır olarak alınabilen daha büyük boyutlarda endüstriyel tip manyeto-reolojik frenler kullanılarak projenin işleyişine kalındığı yerden devam</p>



	tasarımlarından istenilen performanslar alınamayabilir. Bu durumda gerekli düzeltmelerin yapılması şeklinde bir yol izlenecektir. Fakat bu eyleyicilerden istenen performansın hala sağlanamaması durumunda bir B planına ihtiyaç duyulmaktadır.	edilecektir. Bu durumda, kullanıcının güvenliğini sağlamak için eklemelere daha fazla mekanik ve elektronik limitleyiciler yerleştirilecektir. Diğer taraftan yapılan bu değişiklikler sonucunda mekanik tasarımda kaybolan biyomimetik özelliğine karşılık bütün sistemin biyomimetik olma özelliğini korunmak için biyomimetik denetim algoritmalarının geliştirilmesi yoluna gidilecektir (Kas modellerinin geliştirilmesi ve eyleyicilere bu kas modellerinden hesaplanan değerlerin gönderilmesi vb. teknikler).
(D)	<b>Dış İskelet Robotun Bütün Olarak Tasarımı ve Üretimi</b>  Bu iş paketinin üretim kısmının zamanlaması her ne kadar çeşitli gecikmeleri ve bazı üretim sorunlarını öngörerek, onları bir ölçüde bertaraf edecek şekilde yapılandırılmış olsa da, üretim aşamasında bazı gecikmeler yaşanabilir.	<b>Dış İskelet Robotun Bütün Olarak Tasarımı ve Üretimi</b>  Üretim aşamasında yaşanabilecek gecikmelerin önüne geçebilmek için uygulanacak olan B planı şöyledir. Üretim aşamasında, piyasadan satın alınabilecek olan hazır ekipmanları modifiye ederek tasarımda kullanma şeklinde bir üretim stratejisi izlenecektir. Mesela, robotun uzuvlara, gövdeye, ayaklara olan bağlantılarında kullanılacak olan elemanlar için medikal marketlerden hazır olarak bulunabilen pasif ortez parçaları modifiye edilecek ve dış iskelet robotun tasarımında kullanılacaktır. Bununla birlikte rulmanları tek başına alarak üretim aşamasında yataklamak yerine hazır yataklanmış mini-rulman-yatak setleri uzuvlara adapte edilecek ve bağlantı elemanlarını ayrı ayrı üretmek yerine hazır bağlantı elemanları robota adapte edilecektir. Böylece daha sorunsuz ve kısa süreli bir üretim döneminin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.
(E)	<b>Denetim Algoritmalarının Geliştirilmesi ve Denenmesi</b>  Gerçek zamanlı denetim sistemi uygulamaları (kuvvet geri beslemeli algoritmalar, yapay sinir ağ tabanlı model kestirimleri, sensor ve eyleyici veri giriş çıkışları vb.) PC/104 mini bilgisayar kullanılarak MATLAB xPC Target üzerinden gerçekleştirilecektir. PC/104 mini bilgisayar gerçek zamanlı denetim sistemi uygulamaları için yeterli gelmeyebilir. Bu durumda bir B planına ihtiyaç duyulmaktadır.	<b>Denetim Algoritmalarının Geliştirilmesi ve Denenmesi</b>  Gerçek zamanlı denetim sistemi uygulamasında donanımsal sorunlar yaşandığı taktirde Alan Programlanabilir Mantık Kapılarının (FPGA) kullanılması düşünülmektedir. Bu B planı için herhangi bir FPGA alımı talep edilmeyecek, hali hazırda var olan ALTERA DE2-70 ve Cyclone III FPGA geliştirme kitleri kullanılacaktır. Bilindiği üzere FPGA üzerinde yazılım geliştirmek uzun ve zahmetli bir süreç olduğu için proje bitim süresinde 6-9 aylık bir gecikme olabilecektir.

(\*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

## 6.2. PROJE EKİBİ

### 6.2.1. PROJE YÜRÜTÜCÜSÜNÜN DİĞER PROJELERİ VE GÜNCEL YAYINLARI

Proje yürütücüsünün TÜBİTAK, üniversite ya da diğer kurum/kuruluşların desteği ile tamamlamış olduğu projeler ile şu sırada yürütmekte olduğu veya destek almak için başvurduğu projeler hakkında aşağıdaki tablolarda yer alan bilgiler verilmelidir. Proje değerlendirme süreci sırasında destek kararı çıkması ve/veya yeni bir başvuru daha yapılması durumunda derhal TÜBİTAK'a yazılı olarak bildirilmelidir.

#### PROJE YÜRÜTÜCÜSÜNÜN TÜBİTAK DESTEKLİ PROJELERİ (\*)

Proje No	Projedeki Görevi	Proje Adı	Başlama-Bitiş Tarihi	Destek Miktarı (TL)

(\*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.



### PROJE YÜRÜTÜCÜSÜNÜN DİĞER PROJELERİ (DPT, BAP, FP6-7 vb.) (\*)

Proje No	Projedeki Görevi	Proje Adı	Başlama-Bitiş Tarihi	Destek Miktarı (TL)

(\*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

### PROJE YÜRÜTÜCÜSÜNÜN SON 5 YILDA YAPTIĞI YAYINLAR (\*)

Yazar(lar)	Makale Başlığı	Dergi	Cilt/Sayı/Sayfa	Tarih

(\*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

### 6.2.2. PROJE EKİBİNİN ÖNERİLEN PROJE KONUSU İLE İLGİLİ PROJELERİ

Proje ekibinin (proje yürütücüsü, araştırmacı, danışman) TÜBİTAK'a, herhangi bir kamu kurum ve kuruluşuna veya Türkiye'nin taraf olduğu uluslararası anlaşmalara dayalı olarak sağlanan fonlara sunulmuş olup öneri durumunda olan, yürüyen veya sonuçlanmış benzer konudaki projeleri varsa bu projeler hakkındaki bilgiler ve önerilen projeden ne gibi farkları olduğu aşağıdaki tabloda belirtilmelidir.

### PROJE EKİBİNİN ÖNERİLEN PROJE KONUSU İLE İLGİLİ PROJELERİ (\*)

Adı ve Soyadı	Projedeki Görevi	Proje Adı	Başlama-Bitiş Tarihi	Önerilen Projeden Farkı

(\*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

### 6.3. ARAŞTIRMA OLANAKLARI

Bu bölümde projenin yürütüleceği kurum/kuruluş(lar)da var olup da projede kullanılacak olan altyapı/ekipman (laboratuvar, araç, makine-teçhizat vb.) olanaklar aşağıdaki tabloda belirtilmelidir.

### MEVCUT ARAŞTIRMA OLANAKLARI TABLOSU (\*)

Mevcut Altyapı/Ekipman Türü, Modeli (Laboratuvar, Araç, Makine-Teçhizat vb.)	Mevcut Olduğu Kurum/Kuruluş	Projede Kullanım Amacı

(\*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.



## 7. YAYGIN ETKİ

### 7.1. PROJEDEN BEKLENEN YAYGIN ETKİ

Proje başarıyla gerçekleştirildiği takdirde projeden elde edilmesi öngörülen/beklenen yaygın etkilerin (bilimsel/akademik, ekonomik/ticari/sosyal, araştırmacı yetiştirilmesi ve yeni projeler oluşturulması) neler olabileceği diğer bir ifadeyle projeden ne gibi çıktı, sonuç ve etkilerin elde edileceği kısa ve net cümlelerle aşağıdaki tabloda belirtilmelidir.

**PROJEDEN BEKLENEN YAYGIN ETKİ TABLOSU**

Yaygın Etki Türleri	Projede Öngörülen/Beklenen Çıktı, Sonuç ve Etkiler
<b>Bilimsel/Akademik</b> (Makale, Bildiri, Kitap)	Literatürde, PLA lifinin eriyikten lif çekimi esnasında modifikasyonu ile boyanabilirliğinin iyileştirilmesi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma bu eksikliği önemli ölçüde kapatacaktır. POSS nano parçacıklarının polimerlerin boyanabilirliğine etkisini gösteren herhangi bir çalışma olmaması nedeniyle bu çalışma POSS nano parçacıklarının farklı bir amaç içinde kullanılabilirliğini gösterecektir. Bu çalışma bu konuda yapılacak çalışmalar için temel oluşturacaktır. PLA POSS içeren liflerin mekanik, kristalizasyon derecesi gibi özelliklerde literatüre yine katkı sağlayacaktır. Literatüre kazandırılacak bu bilgilerin uluslararası dergilerde yayınlanma ve patent alma şansı yüksektir.
<b>Ekonomik/Ticari/Sosyal</b> (Ürün, Prototip Ürün, Patent, Faydalı Model, Üretim İzni, Çeşit Tescilli, Spin-off/Start-up Şirket, Görsel/İşitsel Arşiv, Envanter/Veri Tabanı/Belgeleme Üretimi, Telif Konu Olan Eser, medyada Yer Alma, Fuar, Proje Pazarı, Çalıştay, Eğitim vb. Bilimsel Etkinlik, Proje Sonuçlarını Kullanacak Kurum/Kuruluş, vb. diğer yaygın etkiler)	Tekstil sektöründe kullanılan sentetik liflerin büyük bir çoğunluğunun hammaddesi petrol türevi ürünlerdir. Doğal kaynaklardan üretilen PLA lifinin çevre bilincinin artması ile kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır, boyanma verimliliğinin iyileştirilmesi çevre dostu, maliyeti düşük ürünlerin üretilmesinin önünü açacaktır. Bu ek olarak doğal boyalarla boyanabilirliğinin geliştirilmesi ise katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesinin önünü açacaktır. Bu sayede Türk tekstil sektörünün temel hedeflerinden biri olan katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesi sağlanma potansiyeli mevcuttur.
<b>Araştırmacı Yetiştirilmesi ve Yeni Proje(ler) Oluşturma</b> (Yüksek Lisans/Doktora Tezi, Ulusal/Uluslararası Yeni Proje)	Bu proje hem lisans uzmanlık alanım olan tekstil terbiye alanı ile doktora eğitimimi tamamladığım polimer bilim ve teknolojisi alanındaki bilgilerimi ortak olarak kullanabileceğim bir proje olmasından dolayı kariyerim için faydalı olacaktır. Ekip bünyesinde çalışacak araştırmacılara farklı bir alanda çalışma yapma imkanı sağlayacaktır. İki öğrenci bu konu ile ilgili yüksek lisans yapma imkanına kavuşacaktır. POSS nanoparçacıklarının boyanma verimliliğini artırdığının ortaya konulması farklı polimerlerle de boyama verimliliğini iyileştirilme çalışmalarının başlatılması sağlayacağından yeni projelerin türetilesine imkan verecektir.

### 7.2. PROJE ÇIKTILARININ PAYLAŞIMI VE YAYILIMI

Proje faaliyetleri boyunca elde edilecek çıktıların ve ulaşılabilecek sonuçların ilgili paydaşlar ve potansiyel kullanıcılara ulaştırılması ve yayılmasına yönelik yapılacak toplantı, çalıştay, eğitim, web sitesi, vb. ne tür faaliyetler yapılacağı aşağıdaki tabloda belirtilmelidir.

**PROJE ÇIKTILARININ PAYLAŞIMI VE YAYILIMI TABLOSU (\*)**

Faaliyet Türü (Toplantı, Çalıştay, Eğitim, Web sayfası vb.)	Paydaş / Potansiyel Kullanıcılar	Faaliyetin Zamanı ve Süresi
Proje sonuçları Erciyes Üniversitesinde toplantılar düzenlenerek potansiyel kullanıcılara bildirilecektir.	Türkiye’de faaliyet gösteren sentetik lif üreticileri	Projenin son altı içerisinde düzenlenecektir. 3 toplantı düzenlenecek olup ilk toplantıya birçok lif üreticisi davet edilecek olup, diğer toplantılarda ise ilk toplantıda proje sonuçları ilgisi çeken firmalarla daha detaylı görüşmeler yapılacaktır.

(\*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.  
1001BF-01 Güncelleme Tarihi: 15/01/2013



## BAŞVURU FORMU EKLERİ

EK-1: KAYNAKLAR

EK-2: BÜTÇE VE GEREKÇESİ

(\* EK-1 ve EK-2 hariç toplam 20 sayfayı geçen proje önerileri değerlendirmeye alınmadan iade edilir.  
(Sayfa kontrolü sistem tarafından yapılmayıp, proje yürütücüsünün sorumluluğundadır.)

ÖRNEK