

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI

#### PROJE DETAY RAPORU

**PROJE KATEGORİSİ:** Afet Yönetimi

**PROJE ADI:** DEPREM İZOLATÖR PLATFORMU

**TAKIM ADI:** YTU MAGLEV

**Başvuru ID:** 74572

**TAKIM SEVİYESİ:** Üniversite-Mezun

## İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı) .....	3
2. Problem/Sorun.....	3
3. Çözüm .....	3
4. Yöntem.....	5
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü.....	7
6. Uygulanabilirlik.....	7
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....	7
8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar).....	9
9. Riskler.....	9
10. Kaynaklar .....	10



**TEKNOFEST**  
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

## 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Doğal afetler üzerinde yaşadığımız dünyanın yaptığımız etkilere karşı kendi dengesini tekrar kumak için verdiği uyarı mesajları gibidir. Depremler bu afetler içinde anlık ve en yıkıcısı olanıdır. Artan nüfusla birlikte yükselen binalar deprem açısından çeşitli pasif korumalarla sağlamlaştırılmaya çalışılsa da farklı frekans ve genlik karakterine sahip olan depremler için mutlak bir çözüm bulunmamaktadır. "Deprem İzolatör Platformu", ihtiva ettiği hibrit elektromıknatıslar (kalıcı ve elektro-mıknatıs`tan oluşan) ve pasif yay damper birimleri ile izole plakayı hem zeminden hem de üzerine doğrudan gelen titreşimlerden soyutlamaktadır. Hava aralığı negatif yay olarak modellenerek bası durumunda çeki, çeki durumunda bası varmışçasına çalışarak mutlak hareketsizlik, bir diğer deyişle mutlak titreşim izolasyonu sağlamaktadır. Hibrit yapısı ile güç tüketimi sifıra yakınsamakta, yani enerji-efektif ve çevre dostu çalışmaktadır. Mikroçip üretilen temiz odalarda, mikro nano montaj süreçlerinde, robotik cerrahi sistemler yataklamakta, binalarda ve daha küçük boyutlardaki sığınaklarda kullanımı mümkündür.

## 2. Problem/Sorun:

Temiz oda tasarımı, mikro-nano robotik sistemler, cerrahi robotik sistemler, betonarme ve çelik konstrüksiyon binalar, aynı anda zeminden ve sistemin üzerine gelen farklı büyüklük ve frekanstaki titreşimlere karşı dayanıklı olmalıdır. Nano boyuttan makro boyuta kadar titreşim izolasyonunu geniş band aralığında değişen frekanslara karşı sağlamak hem teknolojik, hem de insan sağlığı açısından bir gereksinimdir. Bu probleme bir çözüm olarak manyetik levitasyon teknolojisi gelecek vadetmektedir. Bunun nedeni manyetik levitasyon teknolojisinde titreşim izolasyonu yapılan kütlelerin kelimenin tam anlamıyla "uçmasıdır". Hava aralığı mikron mertebesindeyken gerçekleşen bu "uçma" durumu mekanik kontakta bağımsız olduğu için sürtünme gibi durumlar ortaya çıkmaz, dolayısıyla bakım maliyeti azalır. Üstelik sistemde kullanılan kalıcı fiziksel mıknatıslar enerji kaynağı olarak davrandığından sistem enerji tasarrufludur.

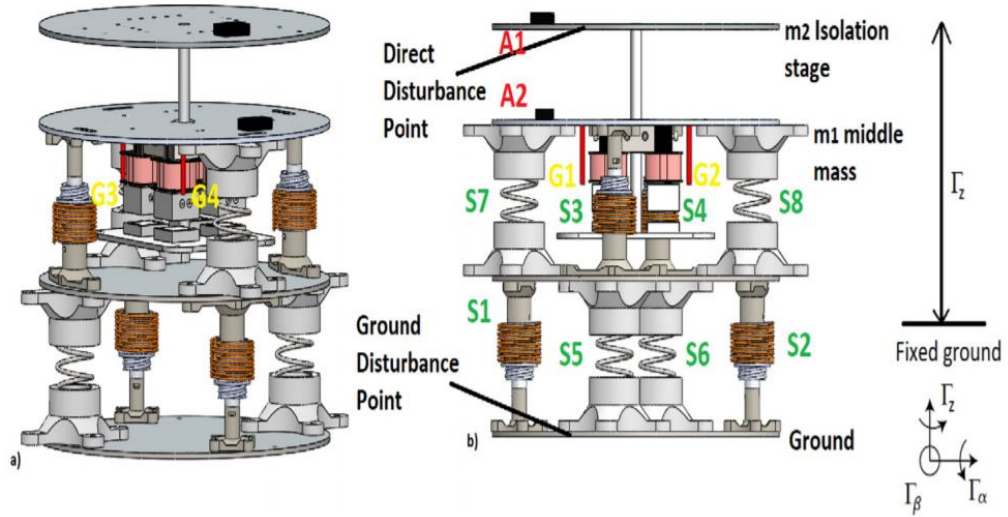
## 3. Çözüm

MAGLEV teknolojisi ile aktif negatif sertlik kontrolü zeminden gelen farklı frekans ve genlikte titreşimlerin sönümlenmesini mümkün kılınmaktadır. Havada askılanan yapı yerden gelen tüm etkilerden tamamen soyutlanabilmekte, tüm frekans ve genlik bantlarında tam güvenlik sağlanabilmektedir. Aktif ve pasif birimlerin kalıcı mıknatıslarla birlikte kullanılmasıyla hem ekonomik hem de daha kararlı gerçekleştirilmektedir.

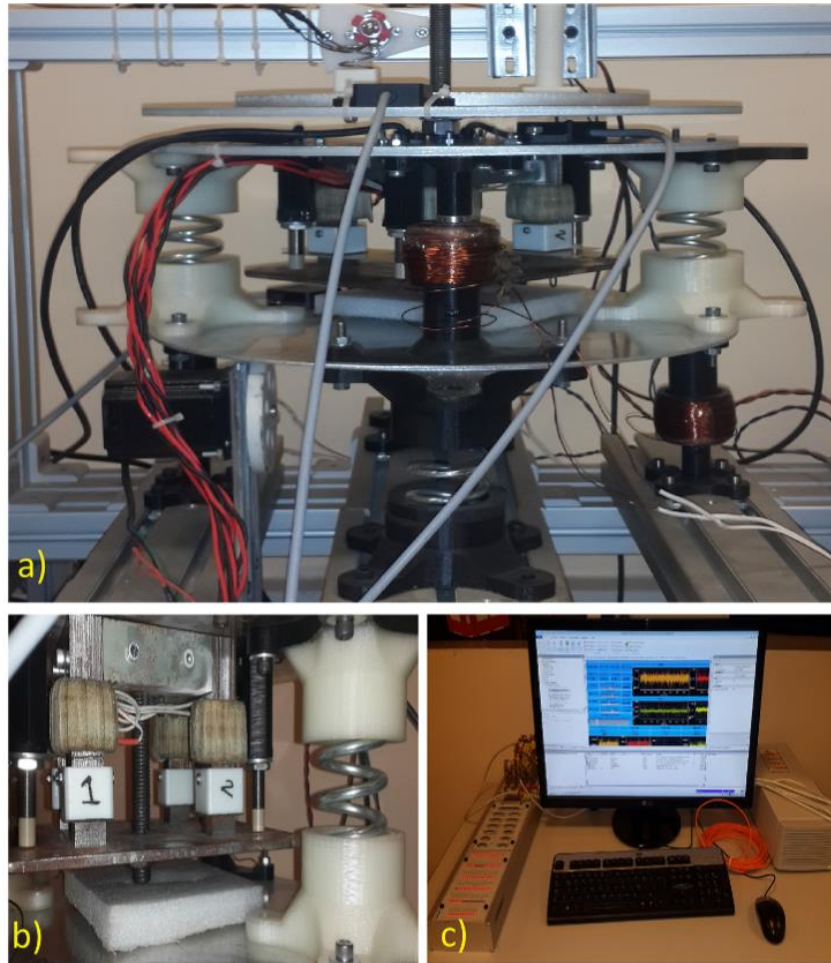
Deprem izolatörleri pasif elemanlar olarak tasarlanmaktadır. Bu sebeple maruz kaldıkları frekansa karşı maksimum sönüm sağlayamamaktadırlar. Aktif kontrol ve negatif yay topolojisi ile tüm frekans ve genliklere karşı optimum çözüm sunulmaktadır.

Proje kapsamında prototipi gerçekleştirilen deney düzeneğinde bileşenlerden sensörler ve kontrol bilgisayarı haricinde elektronik kartlar, yazılım, mekanik yapının tamamı proje ekibince tasarlanmış ve milli kaynaklar kullanılarak üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Deprem izolatör platformu yüksek katlı binalardan tek katlı binalara geniş bir yelpazede kullanılabilir bir sistemdir. Özellikle hastanelerde, itfaiye binalarında, sığınaklarda acil durumlarda kesinlikle sağlam ve kararlı kalması gereken binaların korunumunda kullanılması öngörülmektedir. Şekil 1 ve Şekil 2’de sisteme ait görseller eklenmiştir.



Şekil 1. Deprem izolatörü 3 boyutlu teknik resim görüntüsü.

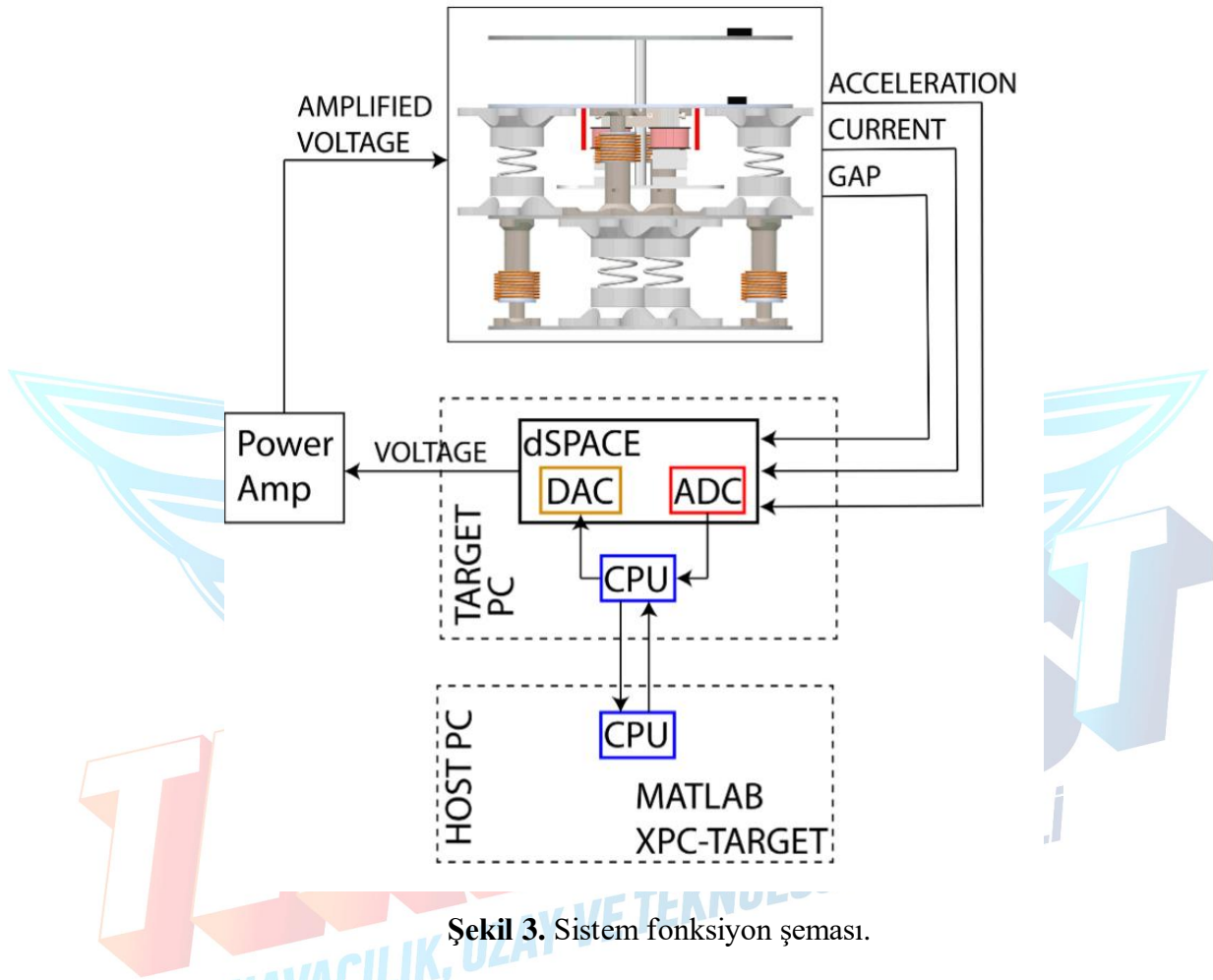


Şekil 2. a) İmal edilmiş deprem izolatörü b) Elektromıknatıs bölümü c) Bilgisayar ve veri işleme kontrol ünitesi.



#### 4. Yöntem

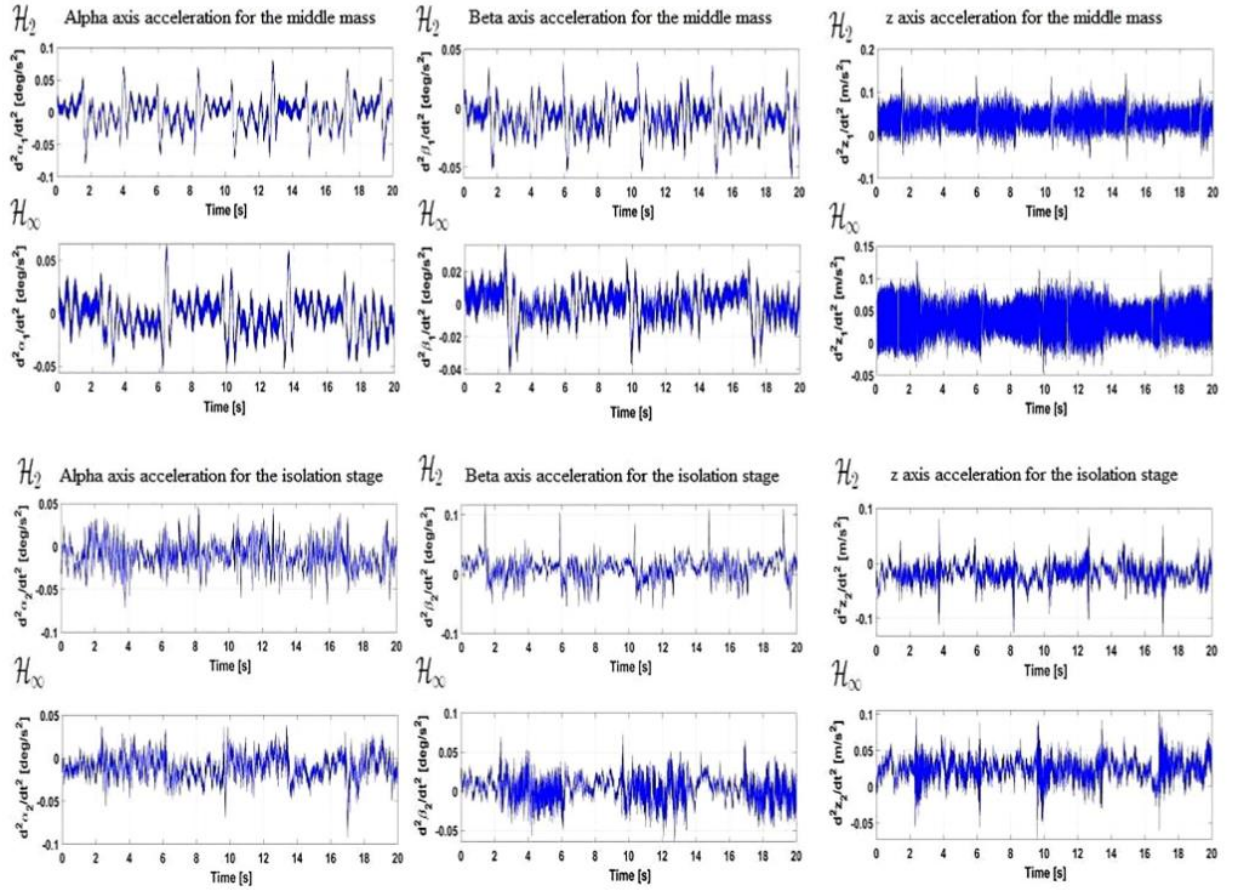
Mekanik tasarım ve manyetik tasarım aşamalarında SEA programları ile optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Böylelikle hem nüve, hem de tüm mekanik yapı istenilen performansa en verimli şekilde üretilmiştir. LMI tabanlı kontrolcü tasarımı ile kontrol yazılımı sistem için en uygun parametrelerle iteratif olarak bulunarak performans açısından en doğru kontrol katsayıları elde edilmiştir. Sistem fonksiyon şeması Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Sistem fonksiyon şeması.

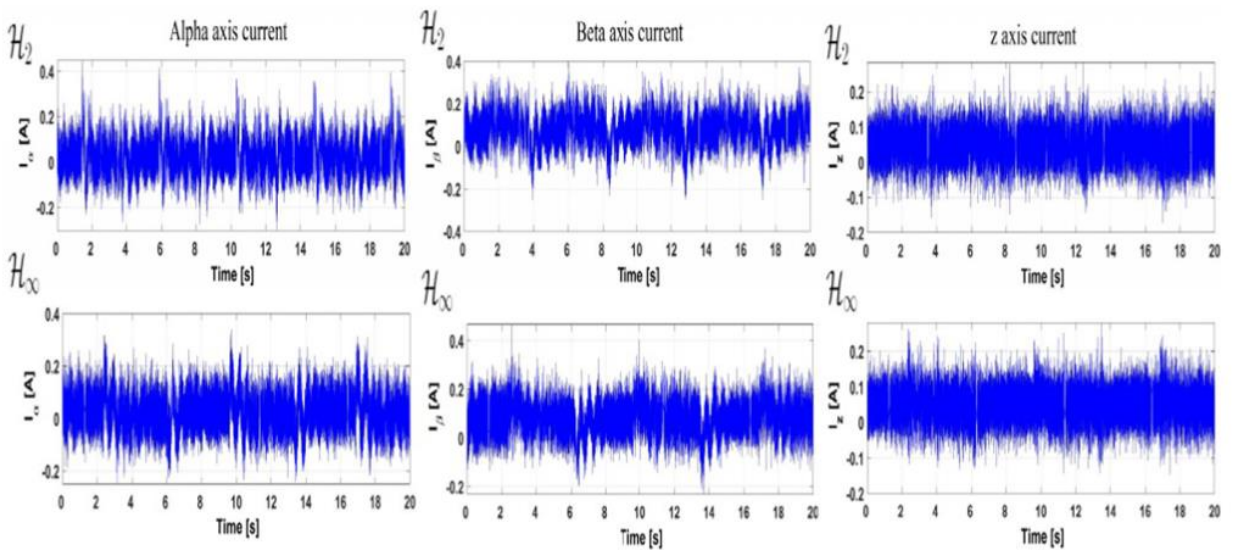
Şekil 4’de sistemin ivme çıktıları verilmiştir. Görüldüğü üzere, 3 eksenle titreşim izolasyonunun başarısı, farklı frekanslarda sistemin üzerine gelen yükler karşısında ivme değerlerinin 0 etrafında salınmasından anlaşılabilir.

link: <https://youtu.be/3q-Qc0MOOvs>



Şekil 4. İvme çıktıları.

İmal edilen sistemin önerilen kontrol kuramıyla birlikte enerji optimal çalıştığı daha önce bahsedilmişti. Bu durumun deneysel doğrulaması Şekil 5’de vermiştir. Yapılan deneyler sonucunda 3 eksenle titreşim kontrolü sabit miktardaki akım kaynağı gibi davranması ve aynı zamanda bu yapının özel kontrol kuramıyla desteklenen sargılarla birlikte çalışması sayesinde akım 0 etrafında salınmaktadır.



Şekil 5. Akım çıktıları.

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Sistemin özgün yönleri aşağıdaki maddeler ile verilmiştir.

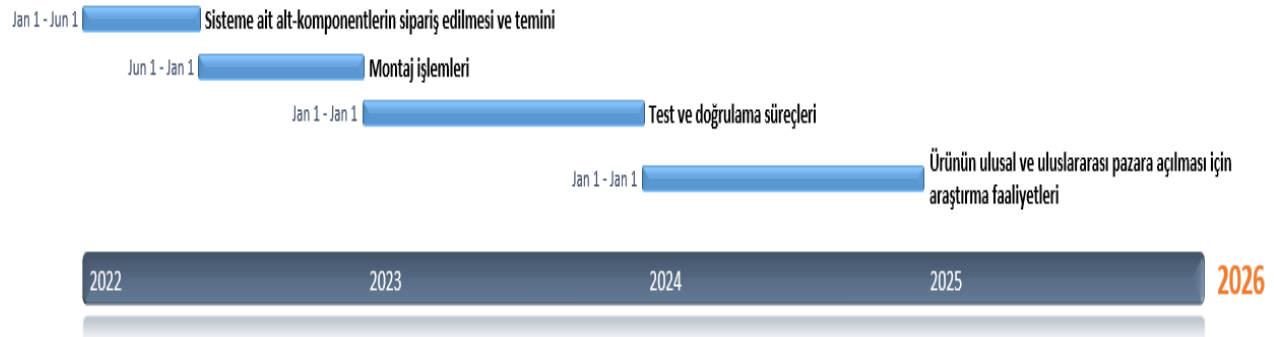
- Hem zeminden hem de sistemin üzerine doğrudan gelen titreşimlere karşı çözüm sunan bir titreşim izolatörünü literatüre YTU Maglev grubu sokmuştur. Sistemin imalatı gerçekleştirilmiş, deney ve ARGE süreci YTU Mekatronik Müh. Laboratuvarlarında devam etmektedir.
- Sistemin enerji gereksiniminin bir kısmını kalıcı fiziksel mıknatıslardan sağlamaktadır. Bu yönü literatüre sokan YTU Maglev grubudur.
- Sistemin kontrolü için kullanılan LMI kuramı sistemin üzerine gelen titreşimler için yalnızca kısıtlı bir frekans aralığını bastırmamakta olup, 0 ile sonsuz Hz frekans aralığını optimize etmiştir. Bu yönü literatüre sokan YTU Maglev grubudur.

## 6. Uygulanabilirlik

Sistem hali hazırda imal edilmiş ve çalışır halde olup YTU Mekatronik Müh. laboratuvarında ileri ARGE aşamaları devam etmektedir. Malzeme seçimi, kompaktlık ve imal edilebilirlik açısından tüm fizibilite etüdüleri yapılmıştır. Mevcut sistem yaklaşık 50,000 TL gibi low-cost (düşük maliyet) ile üretilmiştir. Farklı gereksinimler için, örneğin bir binanın yalıtımı ya da büyük bir robotik sistemin yalıtımı gibi farklı boyutlarda gereksinimler için sistemin farklı versiyonları üretilebilir. Dezavantaj ise başta Avrupa ve Uzakdoğu olmak üzere birçok coğrafyadan firma ve araştırma grubu benzer sistemi projelendirmek üzere çalışmakta olup, bu gruplarla rekabet edilmesi için gereken bütçenin önce bulunup sistemin prototip aşamasından çıkıp endüstriyelendirilmesi gerekmektedir.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Sistemin prototip aşamasından çıkıp ulusal ve uluslararası pazarlarda aranan bir endüstriyel ürüne dönüşmesi gerekli olan bütçenin 780,000 TL olduğu öngörülmektedir. Bu öngörü aşağıda verilen ürünün alt-bileşenlerine ait ortalama fiyat listesi baz alınarak yapılmıştır. Projenin süresi ortalama 4 sene olarak önerilmektedir. Proje toplamda 4 iş paketinden oluşmaktadır. Bu iş paketleri ve ne kadar zaman alacakları Şekil 6'daki zaman çizelgesi ile verilmiştir.



Şekil 6. Zaman çizelgesi ve iş paketleri.

**Tablo 1.** Maliyet kalemleri.

<b>Alt-Bileşen</b>	<b>Ortalama Piyasa Fiyatı</b>
Sistemin alüminyum konstrüksiyonu	20,000 TL
Alüminyum konstrüksiyona ek olarak gerekli olan 3d printing masrafları	10,000 TL
Lazer hava aralığı sensörleri (Bir sistem için 4 adet)	20,000 TL
3 eksen hassas ivme ölçer (Bir sistem için 2 adet)	20,000 TL
Hassas akım ve voltaj sensörleri	10,000 TL
Özel kalıcı mıknatıs satın alımı	20,000 TL
Kullanılacak elektromıknatıs sargılarının özel imalatı	20,000 TL
PCB Tasarım ve üretimi	20,000 TL
Yüksek hassasiyetli elektromanyetik alan ölçer	20,000 TL
Analog ve dijital giriş ve çıkışlara sahip yüksek hızda veri işleme kartı (dSpace veya Natinal Instruments marka ya da türevleri)	50,000 TL
Güç kaynağı, osiloskop, spektrum analizörü vb. gibi elektronik araçlar	25,000 TL
Diğer mekanik ve elektriksel gerekler, kablolama, mekanik araç çantası vb.	10,000 TL
Sonlu elemanlar metodu gibi analizlerin yapılabileceği yüksek hızlı bilgisayar satın alınması	25,000 TL
MATLAB ve ANSYS gibi gerekli programların bazı araç kutularının lisansının satın alınması	30,000 TL
4 sene boyunca personel giderleri. Toplam 2 tane personel projenin argesi ve prototipin endüstriyel ürüne dönüştürülmesi için çalışacaktır.	Personel başı aylık 5,000 TL ücret öngörüldüğünde, 2 x 5000 x 4 x 12 480,000 TL
<b>TOPLAM</b>	780,000 TL

Ulusal ve uluslararası piyasada benzer bir sistem bulunmadığından ötürü başka ürünlerle maliyet kıyaslaması yapılamamaktadır.



## 8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Hedef kitle aşağıdaki maddelerde sıralanmıştır

- Mikro-nano boyutta robotik sistemlerin montajı konusunda çalışan ulusal ve uluslararası kuruluşlar, üniversiteler, firmalar, organizasyonlar.
- Cerahhi robotik sistem üreten firmalar.
- Yüksek teknoloji deprem izolastörü kullanan ulusal ve uluslararası yapı firmaları.
- Mikroçip üreten, temiz oda gereksinimi olan uluslar ve uluslararası kuruluşlar.
- Havacılık sanayinde Stewart Platformu (İHA ve SİHA simülasyonları ve testleri için) üreten ulusal ve uluslararası savunma sanayi kuruluşlarının titreşimsiz ortamda testlerini gerçekleştirip daha anlamlı sonuç almalarını sağlamak için bu tarz sanayi kuruluşları.

## 9. Riskler

Projeyi olumsuz yönde etkileyecek unsurların (risklerin) tespit edilmesi gerekmektedir.

Proje hayata geçirilirken ortaya çıkabilecek problemler tanımlanmalıdır.

Proje hayata geçirilirken ortaya çıkabilecek problemlere yönelik tedbirlerin, çözüm önerilerinin (B Planı) tanımlaması yapılmalıdır.

Zaman planlamasında iş paketleri, iş tanımları ve süreçleri ayrıntılı bir şekilde açıklanmalıdır.

Zamanlama ve bütçe planlaması ile ilgili olarak risk analizleri yapılmalıdır.

Risk planlamasında olasılık ve etki matrisi eklenmelidir. Olasılık ve Etki matrisi, her riskin gerçekleşme olasılığını ve proje hedeflerine etkisini değerlendirmeye yarayacaktır. Olasılık ve Etki belirli gruplara (Az-Normal-Çok vb) ayrılmalıdır.

**Tablo 2.** Olasılık ve Etki Matrisi.

Risk	Olasılık	Etki	Çözüm Stratejisi
Sistemin ulusal ya da uluslararası başka bir grup tarafından önce ürünleştirilmesi	Yüksek	Yüksek	Teknofest vb. ulusal fonlar ile ürünün öncelikle Türkiye sınırları içerisinde kurulan proje ile endüstriyelendirilmesi.
Teknik aksaklıklar, sistemin istenilen düzeyde çalışmaması	Düşük	Yüksek	YTU Maglev grubu bu konuda uluslararası ve ulusal doktora derecesine sahip araştırmacılardan oluşmaktadır. Oluşabilecek teknik aksaklıklar kolaylıkla zaman içerisinde giderilecektir.
Proje sırasında oluşan bilimsel birikimin Türkiye sınırları içerisinde yayılmasındaki sorunlar	Orta	Orta	Proje süresince atölyeler ve seminerler düzenlenip projenin çıktılarını Türkiye piyasasındaki tedarikçiler ile paylaşılacaktır.
Endüstriyel ürünün kendi tedarik zincirini yurtiçi pazarında oluşturamaması	Düşük	Düşük	Proje süresince ürünün alt bileşenlerini üreten Türkiye pazarındaki firmalar ile senkronizasyon sağlanacaktır.

Aşağıda verilen kaynaklardan [3], [4], [5], [6] ve [7] YTU Maglev grubunun üretilen prototip ile ilgili olan yayınlarıdır.

## 10. Kaynaklar

- [1] Mizuno, Takeshi et al. (2007). "Vibration isolation system combining zero-power magnetic suspension with springs". In: Control Engineering Practice 15.2, pp. 187–196
- [2] Shahadat, M. M. Z. et al. (2010). "Active horizontal suspension system using negative stiffness control". In: ICCAS 2010, pp. 1946–1951.
- [3] Yalçın BC (2019). "Çok serbestlik dereceli melez elektromanyetik titreşim izolasyonu için doğrusal matris eşitsizliği tabanlı gürbüz control". Doktora Tezi
- [4] Yalçın BC, Bozkurt AF, Erkan K, (2019) "Experimental Validation of Linear Matrix Inequality based H2 Full State Feedback Controllers on a 3-DoF 4-Pole Hybrid Electromagnetic Vibration Isolation Stage", IEEE Mechatronics 2019, 18-20 March 2019, ILMENAU, GERMANY
- [5] Yalçın BC, Erkan K, 3-DoF zero power micro vibration isolation via linear matrix inequalities based on  $H_\infty$  and H2 control approaches, Mechanical Systems and Signal Processing, Volume 153, 2021, 107506,
- [6] Bozkurt AF, Yalçın BC, Erkan K "Machine learning based H2 norm minimization for maglev vibration isolation platform", IntelliSys 2021 2-3 September 2021, Amsterdam, The Netherlands, accepted, will be published soon.
- [7] BookChapter : Bozkurt AF, Yalçın BC, Erkan K "Machine learning based H2 norm minimization for maglev vibration isolation platform", selected from IntelliSys 2021 conference to be a book chapter @ Springer Series - Lecture Notes in Networks and Systems, accepted, will be published soon

