



tmmob
makina mühendisleri odası
istanbul şubesi

VI.

NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2013 HAVACILIK ve UZAYDA YENİLİKÇİ TASARIMLAR

Konular

- İtki Sistemleri Tasarımı
- Aerodinamik Tasarım
- Uzay Araçları Tasarımı
- Malzeme

Konuyla ilgili olarak hazırlanacak projelerde uygulanabilirlik, verimlilik, maliyet, yeni teknoloji, teknoloji geliştirme, çevreye duyarlılık konuları dikkate alınacaktır.



BİRİNCİLİK ÖDÜLÜ : 10.000 TL
İKİNCİLİK ÖDÜLÜ : 6.000 TL
ÜÇÜNCÜLÜK ÖDÜLÜ : 4.000 TL

23 KASIM 2013

İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
TAV Konferans Salonu Maslak/İSTANBUL

TMMOB Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi
Katip Mustafa Çelebi Mah. İpek Sok. No: 9 Beyoğlu / İSTANBUL Tel: 0212 252 95 00 Faks: 0212 249 86 74
İRTİBAT: Yenisahra Mah. Yavuz Selim Cad. No: 15 Kat:2 Ataşehir / İSTANBUL Tel: 0216 470 74 32 Faks: 0216 470 74 56
GSM: 0530 517 43 15 e-posta: necdeteraslan@mmo.org.tr web: www.necdeteraslan.org



tmmob
makina mühendisleri odası
istanbul şubesi

VI. NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2013



HAVACILIK ve UZAYDA YENİLİKÇİ TASARIMLAR

23 KASIM 2013

İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
TAV Konferans Salonu

VI. NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2013

HAVACILIK ve UZAYDA YENİLİKÇİ TASARIMLAR

Teknik Yayıncılık Konusunda Tam Hizmet

Akademik Yayınlar,
Bilimsel ve Teknik Yayınlar,
Sözlükler, Çeviriler,
Sürelî Yayınlar...



“... Yüreğimizdeki insan sevgisini ve yurtseverliği, baskı ve zulüm yöntemlerinin söküp atamayacağını bilinci içinde, bilimi ve tekniği emperyalizmin ve sömürgecilerin değil, emekçi halkımızın hizmetine sunmak için her çabayı güçlendirerek sürdürme yolunda inançlı ve kararlıyız...”

Teoman Öztürk

TMMOB 24. Genel Kurul Konuşmasından

24 Mayıs 1980



tmmob
makina mühendisleri odası

Meşrutiyet Mah. Meşrutiyet Cad. No: 19 Kat: 6-7
Kızılay / ANKARA
Tel: (0312) 425 21 41 = 444 8 666 Faks: (0312) 417 86 21
e-posta: mmo@mmo.org.tr
<http://www.mmo.org.tr>

ISBN: 978-605-01-0546-9

Bu yapıtın yayın hakkı Makina Mühendisleri Odası'na aittir. Kitabın hiçbir bölümü değiştirilemez. MMO'nun izni olmadan kitabın hiçbir bölümü elektronik, mekanik vb. yollarla kopya edilip kullanılamaz. Kaynak gösterilmek kaydı ile alıntı yapılabilir.

Kasım 2013 / İstanbul Şube

Baskı:
Şan Ofset
Cendere Yolu No: 23 Ayazağa / İstanbul
Tel: (0212) 289 24 24 Faks: (0212) 289 07 87
e-posta: info@sanofset.com

SUNUŞ

TMMOB Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi olarak, mühendislik alanında yıllarca uluslararası nitelikte bilimsel çalışmalar yapmış olan Odamızın (4) sicil nolu üyesi Prof. Dr. Necdet Eraslan'ı anmak amacıyla 2003 yılında başlatılan "Necdet Eraslan Proje Yarışması"nın altıncısını düzenlemekten mutluluk duyuyoruz.

Necdet Eraslan Proje Yarışması; 2003 yılında "Enerji" alanında bilim ve teknolojiyi sorgulayan bir içerikle başladı, 2005 ve 2007 yıllarında ise "Robotikte Bilim ve Teknoloji", 2009 yılında "Enerjide Bilim ve Teknoloji", 2011 yılında ise "Engelleri Aşmak İçin Hayatı Kolaylaştıracak Yenilikler" teması ile devam etti.

2013 yılında ise "Havacılık ve Uzayda Yenilikçi Tasarımlar" teması seçilerek, havacılık ve uzay teknolojileri konusunda araştırma-geliştirme ve yenilikçi tasarım yapan akademisyen, öğrenci ve amatör kişilerin çalışmalarına destek vererek Türkiye'de havacılık ve uzay teknolojilerinin gelişimine katkıda bulunulması amaçlandı.

Bu kitapçıkta finale kalan 8 proje yer almaktadır.

Bu yarışmanın Bilim Kurulu'nda yer alarak değerli katkılarını esirgemeyen; Necdet Eraslan'ın oğlu Prof. Dr. Arsev Eraslan, İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Prof. Dr. A. Rüstem Aslan, Prof. Dr. M. Adil Yükselen, Prof. Dr. M. Fevzi Ünal, Doç. Dr. N. L. Okşan Çetiner Yıldırım, MMO İstanbul Şube UHUM MDK Üyesi Doç. Dr. Vedat Ziya Doğan, MMO İstanbul Şube UHUM MDK Başkanı Doç. Dr. Hayri Acar, MMO Ankara Şube UHUM MDK Üyesi Volkan Nalbantoğlu, MMO İstanbul Şube Yönetim Kurulu Başkanı Zeki Arslan, MMO İstanbul Şube Yönetim Kurulu Saymanı Osman Serter'e ayrıca yarışmanın düzenlenmesinde emekleri geçen MMO İstanbul Şube UHUM MDK Üyesi Akın Altunay, MMO İstanbul Şube UHUM MDK Üyesi ve Etkinlik Sekreteri Özgür Arslan ve MMO İstanbul Şube UHUM MDK Üyesi ve Etkinlik Sekreteri Sema Keban'a teşekkür ediyoruz.

TMMOB

Makina Mühendisleri Odası
İstanbul Şube Yönetim Kurulu

İÇİNDEKİLER

Sunuş	3
Neden Necdet Eraslan Proje Yarışması	7
Necdet Eraslan Proje Yarışması 2003	11
Necdet Eraslan Proje Yarışması 2005	17
Necdet Eraslan Proje Yarışması 2007	27
Necdet Eraslan Proje Yarışması 2009	33
Necdet Eraslan Proje Yarışması 2011	41
Necdet Eraslan Proje Yarışması 2013	50
• Bulanık Ortamda Metal Malzeme Seçimi İçin Çok Ölçütlü Grup Karar Verme	53
• Epoksi Matrisli Aramid Takviyeli Balistik Amaçlı Kompozit Malzeme... 73	
• Helikopter Acil Statik Elektrik Elektriksel Deşarj Sistemi	89
• Hibrit Roket Motorlarında Düşük Frekanslı Basınç Dalgalanmalarının Kapalı Devre Kontrol İle Azaltılması	107
• Lazer Kaynaklı Uçak Motor Parçalarında Kaynak Hassasiyeti İçin VarestRAINT Test Düzenegi	121
• Otonom/Uzaktan Kumandalı Paraşüt Sistemi İle Faydalı Yük İndirme Projesi	135
• Sabit Kanatlı Mini İnsansız Hava Aracına, Çevreye Duyarlı Elektrikli Hibrit İtKi Sistemi Yaklaşımıyla Dikey İniş Kalkış Kabiliyeti Kazandırılması Ve Verim Artışı Sağlanması	157
• Tek Yakıcı Yakıt Tanklı Katı Yakıt Kademeli Karma Roket Motoru	187

PROF. EMERITUS DR. NECDET ERASLAN

(1908 İstanbul)

MESLEKİ EĞİTİM

1926-1929 Yüksek Mühendis Okulu (şimdiki İTÜ)

Paris'teki "HAVACILIK ULUSAL YÜKSEK OKULU"ndan 1933'de "Makine-Uçak" Y. Mühendisliği Diploması

1937'de ABD'de "California Institute Of Technology" de Roket Teorisi öğrenimi

1953'de, İngiltere'de "The School of Gas Türbine Technology"den "Gaz Türbin-leri İhtisası" sertifikası

1955'de İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi'nden KİNEMATİK dalında "Fen Doktorası"

MESLEKSEL ÇALIŞMALAR

1934-1939 yılları arasında Türk Hava Kuvvetlerinde Mühendislik

Bu süreçte sırasıyla:

1934-1937'de Kayseri Uçak Fabrikası'nda Motor Atölyesi Şefliği

1937-1938'de ABD de Türk Hava Kuvvetleri'nce satın alınan Uçak, Motor ve Silahların tesellümü deneyleri ile yükümlülük görevi

1941-1942'de İkinci Dünya Savaşı'nda İngiliz Ortaşark Karargâhında Türk İrtibat Subaylığı

1939-1947 arası İTÜ'de Profesörlük

1939-1955 arası Teknik Okulu'nda (şimdiki YTÜ) öğretmen

1947-1962 arası İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi'nde öğretim görevlisi

1956-1963 arası Y. Denizcilik Okulu'nda Motorlar Öğretmeni

1957-1963 arası "Robert College" Makine Mühendisliği Bölüm Bşk. ve Öğretmeni

1963-1975 arası ABD'de "Louisiana State University"nin Makine ve Uçak- Havacılık Mühendisliği bölümünde profesör

YAYINLARI

Makine Mühendisliği'nin Temel Bilimleri ve Teknik Konular üzerine yazılmış 16 kitap ile Elektrik konusuyla ilgili bir "Teknik Elektrik" adlı kitap.

Türkiye, Fransa, İngiltere, Kalya, İsrail, ABD'de yayınlanmış 30 kadar özgün araştırma.

Bunların arasında NASA için yapılan araştırmalar ve bir kısmı, İngilizce Makine Mühendisliği kitaplarında ayrıntılı olarak ele alınan yöntem ve düzenler de vardır. Makine Mühendisleri Odası, 1951 senesi "Mesleğe Üstün Katkı" ödülü.



NEDEN

NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI

Yıllarca makine mühendisliği alanında uluslararası nitelikte bilimsel çalışmalar yapmış ve düşünceleri ile hep çağdaş kalmış olan değerli üyemiz Necdet Eraslan'ı yitirdik (Temmuz 2003). TMMOB MMO İstanbul Şubesi olarak O'nu aramızda yaşatmayı bir vefa borcu bilerek, O'nun adını sürekli kılacak bir "Proje Yarışması" düzenlemeyi amaçladık.









tmmob
makina mühendisleri odası
istanbul şubesi

NECDET ERASLAN
PROJE
YARIŞMASI 2003

Enerjide
Bilim
ve
Teknoloji

6 Aralık 2003
Yıldız Teknik Üniversitesi

JÜRİ KURULU

Prof. Dr. T. Nejat VEZİROĞLU Miami Üniversitesi
Prof. Dr. Arsev ERASLAN Chief Scientist, NASA-National
Technology Transfer Center
Prof. Dr. Mahir ARIKOL Boğaziçi Üniversitesi
Prof. Dr. Tolga YARMAN Işık Üniversitesi
Üzeyir ULUDAĞ MMO İstanbul Şube Başkanı

İletişim : Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi

Mak. Müh. Mahir Tuğcu (Dahili 116)

Tel: (212) 245 03 63 -64 Faks: (212) 249 86 74 E-posta: yayin-istanbul@mmo.org.tr

NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2003

ENERJİDE BİLİM ve TEKNOLOJİ

6 ARALIK 2003

“Necdet Eraslan Proje Yarışması 2003” Türkiye’de bilim ve teknoloji araştırmalarının desteklemek ve bu alanda çalışan kişileri özendirmek amacıyla oluşturulmuştur. MMO kendi çapında bu alandaki gelişmelere katkıda bulunmayı amaçladı.

Yarışmaya 2003 yılı ENERJİDE BİLİM VE TEKNOLOJİ konusu esas alındı. Enerjinin verimli ve etkin kullanımı, alternatif ve/veya yenilenebilir enerji kaynakları arayışı, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, sürdürülebilir kalkınma ve gelişme vb. hedefler başlıca konuları oluşturmaktadır. Uluslar arası ölçekte rekabetçi ve sürdürülebilir bir sanayileşmede enerjinin yeri, gerek üretim gerekse tüketim açılarından olsun, bilimsel ölçütlerle tartışılabilir ve uygulanabilir projelere olan gereksinimi ortaya koymaktadır.

AMAÇ

Yıllarca makine mühendisliği alanında uluslar arası nitelikte bilimsel çalışmalar yapmış ve düşünceleri ile hep çağdaş kalmış olan değerli üyemiz Necdet Eraslan’ı geçtiğimiz günlerde yitirdik. TMMOB MMO İstanbul Şubesi olarak O’nu aramızda yaşatmayı bir vefa borcu bilerek, O’nun adını sürekli kılacak bir “Proje Yarışması” düzenlemeyi amaçladık.

Necdet Eraslan Proje Yarışması ‘2003

Türkiye’de bilim ve teknoloji araştırmalarının desteklemek ve bu alanda çalışan kişileri özendirmek amacıyla oluşturulmuştur. MMO kendi çapında bu alandaki gelişmelere katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

KONU

Yarışmaya 2003 yılı ENERJİDE BİLİM VE TEKNOLOJİ konusu esas alınmıştır. Enerjinin verimli ve etkin kullanımı, alternatif ve/veya yenilenebilir enerji kaynakları arayışı, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, sürdürülebilir kalkınma ve gelişme vb. hedefler başlıca konuları oluşturmaktadır. Uluslar arası ölçekte rekabetçi ve sürdürülebilir bir sanayileşmede enerjinin yeri, gerek üretim gerekse tüketim açılarından olsun, bilimsel ölçütlerle tartışılabilir ve uygulanabilir projelere olan gereksinimi ortaya koymaktadır.

Enerjiyle ilgili olarak gerçekleştirilecek bilimsel ve teknolojik projelerde ulusal, sosyal, ekonomik, teknolojik ve ekolojik etkenler özenle ele alınmalıdır. Bu çerçevede esas alınarak gerçekleştirilecek projelerin, yukarıda sayılan ölçütlerden en az birkaç tanesini içermesi beklenmektedir.

YARIŞMA KOŞULLARI

Özgün olması kaydıyla her çeşit proje yarışmaya kabul edilecektir. Buna

göre projelerin aşağıdaki konu başlıklarından hangisine daha çok uyduğu katılımcı tarafından belirtilmelidir.

- Buluş önerisi
- Yenilikçi ürün geliştirme (inovasyon) önerisi
- Hizmet sektörüne yönelik öneriler

Yarışmaya katılmak için en fazla proje özetinin, katılımcının özgeçmişi ile birlikte en geç 24 Ekim 2003 tarihine kadar MMO İstanbul Şube'ye elden veya posta-kargo ile ulaştırılması gerekmektedir. Proje özetinde amaç, bulgular, hedefler ve beklentiler açıkça belirtilmelidir.

Özet sahiplerine 1 hafta içinde bilgi verilecektir. Kabul edilen projelerin tam metni ve varsa afiş, poster, prototip, numune gibi tanıtıcı malzemeler en geç 14 Kasım 2003 tarihine kadar teslim edilmelidir.

Finale kalan projeler teslim tarihinden itibaren 10 gün içinde belirlenecek ve başvuru sahiplerine bilgi verilecektir. Final sunumları, yapılan programa göre 6 Aralık 2003 tarihinde Yıldız Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirilecektir.

Aynı gün dereceye girenler belirlenerek aynı yerde Ödül Töreni gerçekleştirilecektir.

KİMLER KATILABİLİR

Yarışmaya öğrenciler ve MMO çalışanları dışında herkes katılabilir. Buna göre, mühendisler ve tüm araştırmacıların katılımı beklenmektedir.

FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Projelerin fikri mülkiyet hakları proje sahiplerine aittir. MMO herhangi bir amaçla projeler üzerinde hak iddia etmeyeceği gibi, projelerdeki fikirlerden de sorumlu tutulamaz.

PROJE METNİ YAZIM KURALLARI

Proje tam metni aşağıdaki ana bölümlerden oluşacak şekilde hazırlanmalıdır.

1. Giriş ve Özet Tanıtım
2. Projenin Amacı
3. Proje Kapsamı ve Bulgular
4. Proje Yönetimi ve Yapılabilirlik Analizi
5. Hedeflenen Katkıları ve Etkileri
6. Sonuç: Beklentiler ve Öneriler



Şubemiz Bilim ve Teknoloji Komisyonu tarafından düzenlenen Enerji-de Bilim ve Teknoloji konulu Necdet Eraslan 2003 Proje Yarışması 06 Aralık 2003 Cumartesi günü Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu'nda değerli jüri üyelerimizin ve izleyicilerin huzurunda gerçekleştirildi.

Ülkemizde bilimin ve teknolojinin gelişimine katkıda bulunmak amacıyla, başta makine mühendisleri olmak üzere tüm araştırmacılara açık olan yarışmada aşağıdaki projeler dereceye girdi ve proje sahiplerine ödülleri takdim edildi.

Yarışma boyunca odamıza yağın övgüleri duymak, izleyicilerin ilgisine şahit olmak, jüri üyesi hocalarımızın yorumlarını dinlemek ve hepsinden önemlisi birbirinden değerli yarışmacıların gözlerindeki pırıltıyı görmek, bu proje yarışmasını düzenlemek için günler boyu süren çalışmalarımızın karşılığını aldığımızın bir kanıtı oldu.

Yarışmaya olan ilgi, önümüzdeki yıllarda Necdet Eraslan Proje Yarışması'nı yeni konu başlıkları ile sürdürmek ve ülke genelinde, hatta

uluslar arası katılımlı, kalıcı bir gelenek haline dönüştürmek konusundaki azmimizi kamçladı.

Türkiye'nin bilim ve teknoloji konusunda Dünya ülkeleri arasındaki takipçi konumu ve nispeten zayıf kalmış olması araştırmacılarımızda bir özgüven kaybına neden olmaktadır. Oysa Necdet Eraslan Proje Yarışması gibi faaliyetler, ülkemizde de bilime ve teknolojiye olan ilginin yoğunluğuna dair en somut göstergelerdir. Üstelik Bilim ve Teknoloji Komisyonu olarak çalışmalarımız esnasında gözlemlemiş olduğumuz bir nokta, ülkemiz bilim ve teknoloji göstergelerinin, nispeten zayıf olmakla beraber, büyük bir ivmeyle arttığı gerçeğidir.

Biz tüm bu gerçeklerin ışığında,

"Bilim ve teknoloji ile barışık, teknolojiyi bilinçli kullanan ve yeni teknolojiler üretebilen, teknolojik gelişmeleri toplumsal ve ekonomik faydaya dönüştürme yeteneği kazanmış bir toplum yaratmak."

hayalimizi gerçekleştireceğimize inanıyoruz.



YARIŞMAYA KATILAN PROJELER

1. Prof. Dr. Orhan Durgun - Dr. Zehra Şahin
Yüksek Hızlı Direkt Püskürtmeli Yakıt Fumigasyonlu Taşıt Diesel Motoru
2. Ozan Erzincanlı - Özlem Aslan
Alternatif Bir Enerji Kaynağı: Biogaz
3. Metin Karadağ
Pratik Dev Mercek
4. Ahmet Kolbaşı
Manyetik alanlardan faydalanarak gücü katlanan yakıtsız motor
5. Yrd. Doç. Faruk Köse
Enerji İhtiyacının Rüzgar Enerjisi ile Sağlanabilirliği
6. Yaşar Haluk - B. Önöl
Elektrik Enerjisinin Kullanımını GSM Şebekesi Üzerinden Denetleyerek Kayıp ve Kaçak Oranını En Aza İndirme
Hidrojen İle Çalışan Bir Otomobilde Tekerlekler ile Kazanılan Elektrik Enerjisinin Suyun Elektrolizinde Kullanılması Sayesinde Verimli Bir Enerji Çevrimi Sağlama
7. Dr. Osman Simav
Motor radyatöründen Atılan Isı ile Motorlu Taşıtların Soğutulması
8. Prof. Dr. Macit Toksoy - Yrd. Doç. Dr. Gülden Gökçen - Adil Caner Şener
Jeotermal Bölge Isıtma Sistemlerinde Kuyu Çalıştırma Stratejisinin Belirlenmesi
9. Temiz Enerji Vakfı (Prof. Dr. Demir İnan)
Deprempark projesi
10. Tamer Yayla
Boğaz Akıntısından Elektrik Üretimi
11. Azmi Yazar
Elit-1 Hibrid Elektrikli Araç Projesi
12. Prof. Dr. Ertuğrul Yörükoğlu - Hasan Bircan
Güneş Enerjisinin ve Atık Isının Depolanmasında Boraks Kullanımı

JÜRİ ÜYELERİ

- Prof. Dr. T. Nejat VEZİROĞLU / Miami Üniversitesi
- Prof. Dr. Arsev ERASLAN / Chief Scientist, NASA National Technology Transfer Center
- Prof. Dr. Mahir ARIKOL / Boğaziçi Üniversitesi
- Prof. Dr. Tolga YARMAN / Işık Üniversitesi
- Üzeyir ULUDAĞ / MMO İstanbul Şube Başkanı

YARIŞMADA DERECEYE GİREN PROJELER

Birinciliği iki proje paylaşmıştır:

1. Prof. Dr. Orhan Durgun - Dr. Zehra Şahin

Yüksek Hızlı Direkt Püskürtmeli Yakıt Fumigasyonlu Taşıt Diesel Motoru

1. Prof. Dr. Macit Toksoy - Yrd. Doç. Dr. Gülden Gökçen Adil Caner Şener

Jeotermal Bölge Isıma Sistemlerinde Kuyu Çalıştırma Stratejisinin Belirlenmesi

2. Azmi Yazar

Elit-1 Hibrid Elektrikli Araç Projesi

3. Dr. Osman Simav

Motor Radyatöründen Atılan Isı İle Motorlu Taşıtların Soğutulması

JÜRİ ÖZEL ÖDÜLÜ 2 proje arasında paylaşmıştır:

Prof. Dr. Ertuğrul Yörükoğlu - Hasan Bircan

Güneş Enerjisinin ve Atık Isının Depolanmasında Boraks Kullanımı

Yaşar Haluk - B. Önöl

Elektrik Enerjisinin Kullanımını Gsm Şebekesi Üzerinden Denetleyerek Kayıp Ve Kaçak Oranını En Aza İndirme Projesi

NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2005

2



tmmob
makina mühendisleri odası
istanbul şubesi

NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2005

1
O
A
r
a
l
ı
k
2
0
0
5

Robotikte
Bilim
ve
Teknoloji

NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2005

JÜRİ KURULU

Önemli Prof.Dr. Arsen Eraslan, NASA-ABD
Prof.Dr. Ahmet Kuzu, İTÜ Makina Fakültesi
Prof.Dr. Çayır Kaymak, Balıkesir Üniversitesi Elektronik-Elektirik Müh.Böl.
Prof.Dr. H.Özç, Bilkent Üniversitesi Elektronik-Elektirik Fakültesi
Doç.Dr. Arif Ak, Marmara Üniversitesi Makina MSA, Bölümü
Doç.Dr. Eysel Eğilmez, Balıkesir Üniversitesi Makina MSA, Bölümü
Hakan Aksoy, Kula Alınay Bulvarı
Tevfik Pekin HHO İstanbul Şube Bşk.

AMAÇ

Yüksek makine mühendisliği alanındaki ulusal arası nitelikte bilimsel çalışmalar yapmaya ve öğrencileri de hayal gücüne sahip olan değerli öğrencileri Necdet Eraslan anısına ödüllendirmek için 2005 yılında başlatılan Proje Yarışması gerçekleştirilmektedir.

KONU

Yarışmanın 2005 yılı konusu olarak ROBOTİKTE BİLİM VE TEKNOLOJİ seçilmiştir. Yinelediğimiz şekilde önceki yarışmada yarışmaların büyük bir başarıyla gerçekleşmesi sağlanmış teknolojik gelişmelerin hızında, imalat teknolojilerinin önem kazanması ve buna bağlı olarak gelişen robot teknolojilerinin önemini düşünürken ve robot teknolojileri sayesinde imalat süreçleri hızlanıyor ve buna bağlı olarak verimliliklerde çok büyük artış sağlanıyor. Bu teknolojilerin bir başka faydası, imalat süreçlerinde yapılan gelişimdir. Ancak özellikle robotiklerin kullanımının yaygınlaşması nedeniyle işin en önemli kısmını, insan sağlığını tehlikeye atan alanlarda değerlendirilerek işçilerin robot teknolojilerinden kurtulması suretiyle iş güvenliğinde yapılan çalışmaların hızlanmasında önemli rol oynayacaktır. Yarışmada öğrencilerin ve öğrencilerin yapmış oldukları yarışmaları bir unsur olarak robotik, günümüzde en çok gelişen alan olan makine mühendisliği konularından biri olarak yarışmada durmaktadır. Proje Yarışması'nın amaçları, öğrencilerin, yukarıda da belirtildiği üzere verimlilik, imalat kalitesi ve iş güvenliği gibi konularla ilgili, sosyal, ekonomik, teknolojik ve etik konularla ilgili bir alanın bilimsel ve teknolojik bir alan olarak bilimsel olarak değerlendirilmesidir.

YARIŞMA KOŞULLARI

Öğrenci olması kaydıyla her yaşta yarışmaya katılabilirler. Buna göre yarışmaların aşağıdaki kriterlere göre değerlendirilmesine karar verilmiştir. Katılımcıların aşağıdaki kriterlere göre değerlendirilmesidir:

- Buluş Önerisi
- Teknik Çözüm (Inovasyon) Önerisi
- İhtiyaç üzerine yönelik öneriler

Yarışmaya katılmak için en fazla 1 sayfalık proje özeti, değerlendirme biriminde en geç 09/07/2005 tarihine kadar HHO İstanbul Şubeye elden, posta veya kargo ile ulaştırılmalıdır. Proje özeti, amaç, bulgular, hedefler ve beklenen sonuçlar içermelidir.

Özet raporlarına 15 gün içinde sonuçlar bildirilecektir. Kabul edilen projelerin tüm metni ve varsa ağız, poster, prototip, numune gibi tamamlayıcı materyaller en geç 09/11/2005 tarihine kadar teslim edilmelidir.

Finalde kabul edilen tüm projelerin tamamı teslim tarihinden itibaren 15 gün içinde bildirilmelidir ve proje sahiplerine bildirilecektir. Final sunumları ve bildiri tarihi 09/12/2005 tarihinde Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumunda, 09:00-18:00 saatleri arasında gerçekleştirilecektir.

KİMLER KATILABİLİR

Yarışma jüri kurulu tarafından belirlenen, firma temsilcileri ve HHO çalışanları hariç herkes olabilir. Buna göre üniversite öğrencileri, yüksek lisans ve doktora öğrencileri, mühendisler ve tüm öğrencileri yarışmaya katılmaya hakları vardır.

FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Proje sahipleri fikri mülkiyet hakları için yarışma için HHO herhangi bir anlaşma yapılmamıştır. Yarışma sonuçları, yarışma jürisi tarafından değerlendirilmeyecektir.

PROJE METNİ YAZIM KURALLARI

Proje metni aşağıdaki kriterlere göre değerlendirilecektir:

- Giriş ve Özet Özeti
- Proje Tanıtımı
- Proje Kapasite ve Bulgular
- Proje Yaratıcılığı ve Yapılabilirlik Analizi
- Hedeflenen Kuruluş ve Etkileri
- Sonuç, Beklenen ve Öneriler

ÖDÜL

Yarışmada ilk üç giren projelerin sahiplerine aşağıdaki ödülleri verilecektir:

1. Ya ödülü	: 6000 YTL
2. Ya ödülü	: 4000 YTL
3. Ya ödülü	: 2000 YTL

Ayrıca finalde kabul edilen tüm projelerin sahiplerine yarışma ve varsa ağız, poster, prototip, numune gibi proje ile ilgili tamamlayıcı materyaller verilecektir.

SONUÇ

Ülkemizde bilim ve teknolojinin gelişmesini desteklemek amacıyla düzenlenmiş bu yarışma, bilim ve teknolojiye yönelik vermiş bir başarıdır.

TMMOB Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi

Katip Mustafa Çelebi Mahallesi Çarşı Sokak No: 13-3 Beşiktaş - İstanbul

T: (0212) 245 0363 - F: (0212) 249 8674

www.tmmobistanbul.org - yihin-istanbul@tmmob.org.tr

NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2005

ROBOTİKTE BİLİM ve TEKNOLOJİ

10 ARALIK 2005

AMAÇ

Yıllarca makine mühendisliği alanında uluslar arası nitelikte bilimsel çalışmalar yapmış ve düşünceleri ile hep çağdaş kalmış olan değerli üyemiz Necdet Eraslan'ın adını ölümsüzleştirmek için 2003 yılında başlattığımız Proje Yarışması geleneğini sürdürüyoruz.

Necdet Eraslan Proje Yarışması 2005 Türkiye'de bilim ve teknoloji araştırmalarını desteklemek ve bu alanda çalışan kişileri özendirmek amacıyla oluşturulmuştur. MMO kendi çapında bu alandaki gelişmelere katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

KONU

Yarışmanın 2005 yılı konusu olarak ROBOTİKTE BİLİM VE TEKNOLOJİ seçilmiştir. Yirminci yüzyılın özellikle ikinci yarısında sanayileşmenin büyük bir ivmeyle hızlanmasını sağlayan teknolojik gelişmelerin başında, imalat yöntemlerinin otomatikleşmesi ve buna bağlı olarak gelişen robot teknolojileri olmuştur.

Otomasyon ve robot teknolojileri sayesinde imalat süreleri kısalmış ve buna bağlı olarak verimliliklerde çok büyük artış sağlanmıştır. Bu teknolojilerin bir başka faydası, imalat kalitelerinde yaşanan gelişme olmuştur. Ancak özellikle robotların kullanımı-

nın yaygınlaşmasının insanlık için en önemli getirisi, insan sağlığını tehdit eden alanlarda doğrudan işgücü gereksiniminin ortadan kaldırılması suretiyle iş güvenliğinde yaşanan olumlu gelişmelerdir.

Sanayide verimlilik sağlayan ve çalışanların yaşam kalitesini yükselten bir unsur olarak robotik, günümüzde en çok gelecek vaat eden mühendislik konularından biri olarak karşımızda durmaktadır.

Proje Yarışması'na sunulacak önerilerde, yukarıda da belirtildiği üzere verimlilik, imalat kalitesi ve iş güvenliği gibi konularda; ulusal, sosyal, ekonomik, teknolojik ve ekolojik açılarından faydalar öne süren bilimsel ve yenilikçi bir içerik olması beklenmektedir.

YARIŞMA KOŞULLARI

Özgün olması kaydıyla her çeşit proje yarışmaya kabul edilecektir. Buna göre projelerin aşağıdaki konu başlıklarından hangisine daha uygun olduğu, katılımcı tarafından belirtilecektir.

- Buluş önerisi,
- Yenilikçi ürün (inovasyon) önerisi,
- Hizmet sektörüne yönelik öneriler

Yarışmaya katılmak için en fazla 1 sayfalık proje özeti, özgeçmiş ile birlikte en geç 30/07/2005 tarihine kadar

MMO İstanbul Şube'ye elden, posta veya kargo ile ulaştırılmalıdır. Proje özetinde amaç, bulgular, hedefler ve beklentiler açıkça belirtilmelidir.

Özet sahiplerine 15 gün içinde sonuçlar bildirilecektir. Kabul edilen projelerin tam metni ve varsa afiş, poster, prototip, numune gibi tanıtıcı malzemeler en geç 10/11/2005 tarihine kadar teslim edilmelidir.

Finale kalan projeler en geç teslim tarihinden itibaren 15 gün içinde belirlenecek ve proje sahiplerine bildirilecektir. Final sunumları ve ödül töreni 10/12/2005 tarihinde, Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumunda, 10:00-18:00 saatleri arasında gerçekleştirilecektir.

KİMLER KATILABİLİR

Yarışma ilk ve orta dereceli okullarda okuyan öğrenciler, Jüri kurulunda bulunan firmalar ve MMO çalışanları hariç herkese açıktır. Buna göre üniversite lisans, yüksek lisans ve doktora öğrencileri, mühendisler ve tüm araştırmacıların yarışmaya katılımı beklenmektedir.

FİKRÎ MÜLKİYET HAKLARI

Projelerin fikrî mülkiyet hakları proje

sahiplerine aittir. MMO herhangi bir amaçla projeler üzerinde hak iddia etmeyeceği gibi, projelerdeki fikirlerden de sorumlu tutulamaz.

PROJE METNİ YAZIM KURALLARI

Proje tam metni aşağıdaki anan bölümlerden oluşacaktır.

1. Giriş ve Özet Tanıtım
2. Projenin Amacı
3. Proje Kapsamı ve Bulgular
4. Proje Yönetimi ve Yapılabilirlik Analizi
5. Hedeflenen Katkıları ve Etkileri
6. Sonuç, Beklentiler ve Öneriler

ÖDÜL

Yarışmada ilk üçe giren projelerin sahiplerine aşağıdaki ödüller verilecektir.

I'lik ödülü	6000 YTL
II'lik ödülü	4000 YTL
III'lük ödülü	2000 YTL

Ayrıca finale kalan tüm projeler yayınlanacak ve varsa afiş, poster, prototip, numune gibi proje eki tanıtıcı malzemeler sergilenecektir.



Yıllarca makina mühendisliği alanında uluslararası nitelikte bilimsel çalışmalar yapmış ve düşünceleri ile hep çağdaş kalmış olan Necdet Eraslan'ın adını ölümsüzleştirmek için 2003 yılında Makina Mühendisleri Odası tarafından başlatılan Proje Yarışması geleneği sürdürülüyor. Yarışmanın 2005 yılı konusu ROBOTİKTE BİLİM VE TEKNOLOJİ.

20. yüzyılın özellikle ikinci yarısında sanayileşmenin büyük bir ivmeyle hızlanmasını sağlayan teknolojik gelişmelerin başında, imalat yöntemlerinin otomatikleşmesi ve buna bağlı olarak gelişen robot teknolojileri oldu. Otomasyon ve robot teknolojileri sayesinde imalat süreleri kısaldı ve buna bağlı olarak verimliliklerde çok büyük artış sağlandı. Bu teknolojilerin bir başka faydası, imalat kalitelerinde yaşanan gelişme oldu. Ancak özellikle robotların kullanımının yaygınlaşmasının insanlık için en önemli getirisi, insan sağlığını tehdit eden alanlarda doğrudan işgücü gereksiniminin ortadan kaldırılması suretiyle iş güvenliğinde yaşanan olumlu gelişmelerdir.

Sanayide verimlilik sağlayan, çalışanların yaşam kalitesini yükselten bir unsur olan ROBOTİK konulu Necdet Eraslan Proje Yarışması 2005, 10 Aralık 2005 Cumartesi günü Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu'nda yapılan ödül töreniyle sona erdi.

Törenin açılış konuşmasını yapan Oda Yönetim Kurulu Başkanı Emin KORAMAZ Oda etkinlikleri konusunda yapılan çalışmalara değinerek şunları söyledi: *“Bu tür etkinliklerle yeni teknolojileri ve sektörel gelişmeleri tanıma ve üretilen bilgiyi paylaşmayı, yaygınlaştırmayı ve meslek alanlarımızdan hareketle toplumsal yaşamı olması gereken normlara ulaştırmayı hedefliyoruz. Bu amaçla, sadece 2004-2005 yılı çalışma döneminde, bakım teknolojilerinden iş güvenliğine, makina imalat sanayinden tekstil makinalarına, iş makinalarından tesisat sektörüne, kaynak teknolojilerinden tıbbi cihaz endüstrisine varana değin uzmanlık alanlarımıza ilişkin 23 adet kongre kurtay ve sempozyum düzenlenmiştir. Odamız, bütün meslek ve uzmanlık dallarımızla ilgili olarak, üniversiteler ve sektör kuruluşlarıyla yakın mesleki bağlarını organize bir şekilde sürdürmektedir. Bu kapsamda her çalışma döneminde olduğu gibi bu çalışma döneminde de Oda-Sektör Dernekleri ve Oda-Üniversite toplantıları gerçekleştirilmektedir.”*

KORAMAZ'ın ardından kürsüye davet edilen ve yarışmaya katkıda bulunmuş olan YTÜ Rektörü Prof. Dr. Durul ÖREN, YTÜ Elektrik Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Galip CANSEVER, YTÜ Makina Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Hasan HEPERKAN ve MMO İstanbul Şube Başkanı Tevfik PEKER de kısa birer konuşma yaptılar.

**TMMOB Makina Mühendisleri Odası
Yönetim Kurulu Başkanı Emin
KORAMAZ'ın "NECDET ERASLAN
PROJE YARIŞMASI 2005" Ödül
Töreni'nin Açılışında Yaptığı
Konuşma**

Değerli katılımcılar,

Hepinizi Makina Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu ve şahsım adına saygıyla selamlıyorum. ROBOTİKTE BİLİM VE TEKNOLOJİ konulu NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2005'e hoş geldiniz. Öncelikle adına bu yarışmayı düzenlediğimiz sevgili hocamız, Odamız üyesi Prof. Dr. Necdet ERASLAN'ın şahsında yaşamını, bilime, teknolojiye ve insanlığa adanmış tüm değerlerimizi saygıyla anıyorum.

Oda sunumunda da izlediğiniz üzere Makina Mühendisleri Odası 50. yılını kutlayan köklü bir meslek kuruluşudur. Odamız yarım yüzyılı aşan tarihinde her zaman çağdaş, demokratik, üreten, sanayileşen bir Türkiye yaratılmasına katkıda bulunacak çalışmalar gerçekleştirmeyi ilke edinmiş, meslek alanındaki etkinliklerini evrensel bir perspektife oturtmaya özen göstermiştir.

Bugün 18 Şubesi, 100'ü aşan il - ilçe temsilciliği, mesleki denetim büroları ile ülke düzeyinde 63 bini aşan mühendis üyeyi temsil eden Odamız, taşıdığı toplumsal sorumluluğun bilincindedir.

Bu nedenle Odamız yasayla kendisine verilmiş mesleki faaliyetlerin denetlenmesi görevi ve mesleğin geliştirilmesi ve korunması yönündeki çalışmalarına da ağırlık vermekte, meslek içi



eğitim ve belgelendirme çalışmalarının yanı sıra meslek alanlarına ilişkin ülke genelinde yüzlerce etkinlik düzenlenmektedir.

Bu etkinliklerle yeni teknolojileri ve sektörel gelişmeleri tanıma ve üretilen bilgiyi paylaşmayı, yaygınlaştırmayı ve meslek alanlarımızdan hareketle toplumsal yaşamı olması gereken normlara ulaştırmayı hedefliyoruz.

Bu amaçla, sadece 2004-2005 yılı çalışma döneminde, bakım teknolojilerinden iş güvenliğine, makine imalat sanayinden tekstil makinalarına, iş makinalarından tesisat sektörüne, kaynak teknolojilerinden tıbbi cihaz endüstrisine varana değin uzmanlık alanlarımıza ilişkin 23 adet kongre kullay ve sempozyum düzenlenmiştir.

Odamız, bütün meslek ve uzmanlık dallarımızla ilgili olarak, üniversiteler ve sektör kuruluşlarıyla yakın mesleki bağlarını organize bir şekilde sürdürmektedir. Bu kapsamda her çalışma döneminde olduğu gibi bu çalışma döneminde de Oda-Sektör Dernekleri ve Oda-Üniversite toplantıları gerçekleştirilmektedir.

Bu etkinliklerin sonuç bildirgeleri kamuoyuyla ve yetkililerle paylaşılmış,

etkinliklerde sunulan bildiriler kitaplaştırılarak ilgililerin kullanımına sunulmuştur.

Sevgili meslektaşlarım,

Bütün bu çalışmaların, harcanan emeklerin tek bir amacı vardır.

Bu amaç ülkemizin sanayileşmesi ve demokratikleşmesi, insanlarımızın bağımsız, özgür, barış içerisinde, ülke olanaklarını hakça bölüşerek gönenç içerisinde yaşamasıdır.

İşte Odamız, “Necdet ERASLAN Proje Yarışması”nı da bu amaçla düzenlemekte, ülkemizde bilim ve teknolojinin gelişimine katkıda bulunmaya çalışmaktadır.

Bildiğiniz gibi, dünya bilim ve teknoloji alanında çok hızlı bir gelişim ve değişim süreci yaşamaktadır. Üretilen bilginin her 2-3 yılda ikiye katlandığı belirtilmektedir. Bilime ve teknolojiye hakim olan güçler dünyayı da egemenlikleri altına almaktadırlar.

Küreselleşme süreciyle dünya ticareti giderek serbestleşmekte, ülkelerin bilim ve teknoloji düzeyi en önemli rekabet unsuru olmaktadır. Bu nedenle gelişmiş ülkeler katma değeri yüksek, ileri teknoloji isteyen yatırımlara, teknik eğitime, AR-GE çalışmalarına dolayısıyla ulusal sanayilerine verdikleri desteği sürekli artırmaktadırlar.

AR-GE sonucu tasarım yapamayan, bir diğer anlamda özgün ürün ortaya koyamayan ülkeler fason üretimle ayakta kalmaya çalışmakta, çok uluslu şirketlerin boyunduruğu altına girmektedir. Küresel rekabette ayakta kalmanın yolu AR-GE alt yapısını oluşturmaktan ve tasarıma giden süreçte

mühendislik hizmetini yetkinleştirmekten geçmektedir.



Mühendislik hizmetinin niteliğinin yükseltilmesi ve uzman kadronun oluşturulması ise; temel eğitimden başlayarak üniversite, oradan da meslek içi eğitime ve işletmelerin nitelikli kadro istihdamına kadar uzanan bir ulusal yol haritasının çizilmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu haritada devlet, üniversite, araştırma kurumları, meslek odaları, üretici dernekleri ve sektördeki işletmeler arasında koordinasyonu sağlayacak yapılanmalara yer verilmelidir. Üniversiteler ve araştırma kurumları politik ve ekonomik baskılardan arındırılmalıdır.

Değerli Katılımcılar,

Ekonominin gereksinmelerini dikkate alan bir mesleki ve teknik eğitim sistemi, işletmelerin aradığı nitelikli iş gücünü ortaya koyacağı gibi, istihdamın sektörler arasındaki optimal dengesini de sağlayacaktır. Türkiye’de halen nüfusun % 41,2’si tarımda, % 23,1’i sanayide ve % 35,7’si de hizmet sektöründe istihdam edilmektedir.



Sanayi toplumu olabilmek için sanayi-
de yatırımların artırılması, yüksek kat-
ma değer yaratan sanayi sektörlerine
öncelik verilmesi ve öncelikli tekno-
loji alanlarının seçilmesi zorunludur.
Sanayi toplam GSMH'den daha fazla
pay almalı ve ekonominin itici ve öncü
sektörü haline gelmelidir. AB ülkeleri
gelişme dengesinin yakalanması için
önümüzdeki 5 yıl içinde sanayide en
az 2,5-3 milyon kişiye yeni istihdam
alanı açılmalıdır.

Üniversitelerimizde teknolojik geliş-
meyi hızlandıracak, AR-GE alt yapısını
oluşturup yetkin hale getirecek, sana-
yimize nitelikli mühendis, tasarımcı
verecek eğitim programları yaşama
geçirilmelidir.

AB ülkelerinin kişi başına yeni tek-
noloji yatırımı ortalaması 118 ABD
doları iken, Türkiye'de bu değer 22
ABD dolarıdır. Eğitim sisteminin tek-
noloji adaptasyonu ile örtüşmesi, söz
konusu iş gücünün teknolojiye uy-

munu da getirecektir. Finlandiya'da
GSMH'den eğitime yapılan harcama
%7.3, İspanya'da % 5.3 iken bu rakam
Türkiye'de % 2.1'dir. Ülkelerin eğitim
harcamaları ile sanayi ürünlerinin re-
kabeti arasındaki korelasyon katsayısı
oldukça yüksek olup, eğitime yapılan
harcama arttıkça küresel rekabete
karşı sanayinin ve biz mühendislerin
korunabilme ve rekabet edebilme
olasılığı da artmaktadır.

Sevgili katılımcılar,

Küreselleşme süreç ve politikalarının
ekonomik, siyasal, toplumsal, kültürel
vb. tüm düzlemlerde yıkım ve tahri-
batlarına karşı durabilmek için önce-
likle, ülkemiz stratejik öngörüyle tüm
alanlarda ve tüm sektörlerde kendi
ulusal politikalarını oluşturmalıdır.
Bilim ve teknolojiye yetkinleşmeli ve
bunu ülke ölçeğinde toplumsal eko-
nomik faydaya dönüştürmeli ve bu
amaçla ulusal bir strateji belirlenme-
lidir.

Devletin ekonomide yönlendiriciliği artırılmalıdır. IMF, Dünya Bankası, DÖ gibi finans kuruluşlarının yönlendiriciliği ile ardarda çıkarılan yasalarla ve özelleştirme uygulamalarıyla, sanayi tesislerimizin, kamusal varlıklarımızın ormanlarımızın, tarım alanlarımızın, madenlerimizin, kültürel mirasımızın yağmalanmasına son verilmelidir.

Yabancı yatırımlara ulusal kalkınma stratejilerimize uygunluğu, ülke halkının refahının yükseltilmesi, bölgesel eşitsizliklerin giderilmesi, teknolojik gelişimimize katkısı temel alınarak izin verilmelidir.

ARGE çalışmalarına, eğitime ulusal gelirlerimizden ayırdığımız kaynaklar artırılmalı, gelişmiş ülkeler seviyesine çıkarılmalıdır.

Ülkemizin kalkınma stratejileri ulusal

bilim, teknoloji, yenilenme politikaları temellerine oturtulmalıdır. Böylesi bir stratejide yerli yatırımlar özendirilmeli ve korunmalı, katma değeri yüksek ileri teknoloji isteyen alanlarda yapılacak yatırımlar desteklenmelidir.

Değerli katılımcılar,

Bu duygu ve düşüncelerle ülkemizin bilim ve teknoloji düzeyinin gelişimine katkı sunmak amacıyla, proje yarışmasını düzenleyen İstanbul Şube Yönetim Kurulumuza, Jüri Kurulunda yer alan değerli akademisyenlere, yarışmamıza katılan değerli akademisyen ve araştırmacılara, bizlere salonunu açan Yıldız Teknik Üniversitesi Rektörlüğü'ne, etkinlik sekreterimiz Mahir TUĞCU ve Şube Başkanımız Tevfik PEKER'in şahsında teşekkür ediyor, saygılarımı sunuyorum.



Şube Bülteni / Sayı 85 / Kasım 2005



Tesisat Mühendisliği / Sayı 85 / Ocak-Şubat 2005

YARIŞMAYA KATILAN PROJELER

1. Ercüment Alyanak
Su Pompalayan Yelkapanlarda Optistrok Teknolojisi
2. Serkan Akyıldız
Bomba İmha Robotu
3. Özgür Başer, İlhan Konukseven
Haptic Dokunma Hisli Ve Kuvvet Beslemeli Cihaz Tasarımı
4. Hüseyin Canbolat
Hastanelerde Arşiv Düzenleyecek Bir Robot Sistemi
5. Onur Çapan
Universal Şişe Kavrama Ünitesi "Universal Blower Tooling"
6. Aytaç Gören
Yapay Sinir Ağlarıyla Kontrol Edilen Özürlü Sandelyesi
7. Öner Hatipoğlu
Robotik Alanındaki Gelişmelerden Yararlanarak Ambarlama Sistemlerine Otonomluk Kazandırma Önerileri
8. Erhan Kaya
Hidrobotik Ünitesi
9. Serkan Kurt
Birden Fazla Mobil Robotun Senkronize Hareketi Ve Bu Robotlar Arası İletişimde Yeni Bir Yöntemin Geliştirilmesi
10. Ümit Mutlu
Termit Bomba İmha Robotu
11. Murat Öztürk
Kaza "Sezici" Ve Önleyici Kit
12. Mustafa Oğuz
Otomatik Bisiklet
13. Yücel Pendik
Engelli Ve Yaşlılar İçin Kaldırım Ve Merdiven Çıkabilen Akülü Sandalye Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi
14. Servet Soygüder
Altı Ayaklı Örümcek Bir Robotun Dizayn Ve Kontrolü
15. Demet Deniz, Gökhan Yılmaz, Emre Bayram, Murat Sukün, İbrahim Arda
Pnömatik Robot Kolu

JURİ ÜYELERİ

- Prof. Dr. Arsev ERASLAN / NASA-ABD
- Prof. Dr. Ahmet KUZUCU / İTÜ Makina Fakültesi
- Prof. Dr. Okyay KAYNAK / Boğaziçi Üniversitesi Elk-Elektronik Müh.
- Prof. Dr. M. Oruç BİLGİÇ / YTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi
- Doç. Dr. Arif ATLI / Marmara Üniversitesi Makina Mühendisliği
- Doç. Dr. Eşref EŞKİNAT / Boğaziçi Üniversitesi Makina Mühendisliği
- Hakan ALTINAY / Kale Altınay Robotik
- Tevfik PEKER / MMO İstanbul Şube Başkanı

YARIŞMADA DERECEYE GİREN PROJELER

1. Özgür Başer, İlhan Konukseven
Haptic Dokunma Hisli Ve Kuvvet Beslemeli Cihaz Tasarımı
2. Servet Soygüder
Altı Ayaklı Örümcek Bir Robotun Dizayn Ve Kontrolü
3. Onur Çapan
Universal Şişe Kavrama Ünitesi “Universal Blower Tooling”



Termit Bomba İmha Robotu



tmmob
makina mühendisleri odası
istanbul şubesi

III. NECDET ERASLAN 2007

S
A
r
a
i
k
2
0
0
7

Robotikte
Bilim
ve
Teknoloji

Proje Yarışması-II

NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2007

ROBOTİKTE BİLİM ve TEKNOLOJİ-II

8 ARALIK 2007

AMAÇ

Yıllarca makina mühendisliği alanında uluslararası nitelikte bilimsel çalışmalar yapmış ve düşünceleri ile hep çağdaş kalmış olan değerli üyemiz Necdet Eraslan'ın adını ölümsüzleştirmek için 2003 yılında başlattığımız Proje Yarışması geleneğini sürdürüyoruz.

III. Necdet Eraslan Proje Yarışması 2007 Türkiye'de bilim ve teknoloji araştırmalarını desteklemek ve bu alanda çalışan kişileri özendirmek amacıyla oluşturulmuştur.

KONU

Yarışmanın 2007 yılı konusu olarak tekrar ikinci kez ROBOTİKTE BİLİM VE TEKNOLOJİ seçilmiştir. Yirminci yüzyılın özellikle ikinci yarısında sanayileşmenin büyük bir ivmeyle hızlanmasını sağlayan teknolojik gelişmelerin başında, imalat yöntemlerinin otomatikleşmesi ve buna bağlı olarak gelişen robot teknolojileri olmuştur.

Otomasyon ve robot teknolojileri sayesinde imalat süreleri kısalmış ve buna bağlı olarak verimliliklerde çok büyük artış sağlanmıştır. Bu teknolojilerin bir başka faydası, imalat kalitelerinde yaşanan gelişme olmuştur. Ancak özellikle robotların kullanımının yaygınlaşmasının insanlık için en önemli getirisi, insan sağlığını tehdit eden alanlarda doğrudan işgücü ge-

reksininin ortadan kaldırılması suretiyle iş güvenliğinde yaşanan olumlu gelişmelerdir.

Sanayide verimlilik sağlayan ve çalışanların yaşam kalitesini yükselten bir unsur olarak robotik, günümüzde en çok gelecek vaat eden mühendislik konularından biri olarak karşımızda durmaktadır.

Proje Yarışması'na sunulacak önerilerde, yukarıda da belirtildiği üzere verimlilik, imalat kalitesi ve iş güvenliği gibi konularda; ulusal, sosyal, ekonomik, teknolojik ve ekolojik açılarından faydalar öne süren bilimsel ve yenilikçi bir içerik olması beklenmektedir.

YARIŞMA KOŞULLARI

Özgün olması kaydıyla her çeşit proje yarışmaya kabul edilecektir. Buna göre projelerin aşağıdaki konu başlıklarından hangisine daha uygun olduğu, katılımcı tarafından belirtilecektir.

- Buluş önerisi
- Yenilikçi ürün (inovasyon) önerisi
- Hizmet sektörüne yönelik öneriler

Yarışmaya katılmak için en fazla 1 sayfalık proje özeti, özgeçmiş ile birlikte en geç 31/08/2007 tarihine kadar MMO İstanbul Şube'ye elden, posta veya kargo ile ulaştırılmalıdır. Proje özetinde amaç, bulgular, hedefler ve beklentiler açıkça belirtilmelidir.

Özet sahiplerine 15 gün içinde sonuçlar bildirilecektir. Kabul edilen projelerin metni ve varsa afiş, poster, prototip, numune gibi tanıtıcı malzemeler en geç 10/10/2007 tarihine kadar teslim edilmelidir.

Finale kalan projeler en geç teslim tarihinden itibaren 15 gün içinde belirlenecek ve proje sahiplerine bildirilecektir. Final sunumları ve ödül töreni 8 Aralık 2007 tarihinde Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumunda 10:00-18:00 saatleri arasında gerçekleştirilecektir.

KİMLER KATILABİLİR

Yarışma Jüri kurulunda bulunan firmalar, firma temsilcileri ve MMO çalışanları hariç herkese açıktır. Buna göre üniversite lisans, yüksek lisans ve doktora öğrencileri, mühendisler ve tüm araştırmacıların yarışmaya katılımları beklenmektedir.

FİKRÎ MÜLKİYET HAKLARI

Projelerin fikrî mülkiyet hakları proje sahiplerine aittir. MMO herhangi bir amaçla projeler üzerinde hak iddia et-

meyeceği gibi, projelerdeki fikirlerden de sorumlu tutulamaz.

PROJE METNİ YAZIM KURALLARI

Proje tam metni aşağıdaki bölümlerden oluşacaktır.

1. Giriş ve Özet Tanıtım
2. Projenin Amacı
3. Proje Kapsamı ve Bulgular
4. Proje Yönetimi ve Yapılabilirlik Analizi
5. Hedeflenen Katkıları ve Etkileri
6. Sonuç, Beklentiler ve Öneriler

ÖDÜL

Yarışmada ilk üçe giren projelerin sahiplerine aşağıdaki ödüller verilecektir.

I.'lik ödülü	: 10.000 YTL
II.'lik ödülü	: 6.000 YTL
III.'lük ödülü	: 4.000 YTL

Ayrıca finale kalan tüm projeler yayınlanacak ve varsa afiş, poster, prototip, numune gibi proje eki tanıtıcı malzemeler sergilenecektir.



TMMOB Makina Mühendisleri Odası III. Necdet Eraslan Proje Yarışması 2007 II. Robotikte Bilim ve Teknoloji başlığı ile Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumunda 8 Aralık Cumartesi günü yapıldı.

TMMOB Makina Mühendisleri Odası III. Necdet Eraslan Proje Yarışması

2007 II. Robotikte Bilim ve Teknoloji başlığı ile Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumunda 8 Aralık Cumartesi günü yapıldı. Yarışmada birbirinden ilginç 10 proje yer aldı. Yarışmada birinciliğe layık proje seçilemezken ikincilik, üçüncülük ve mansiyon ödülleri verildi. İkinci olan proje "İNSAN BENZERİ ROBOT KAFA TASARIMI" olur-

ken, üçüncü olan proje ise “ROBO-ZAN (bağlama çalan robot)” projesi oldu. Mansiyon ödülleri ise “SLEGS” (savunma sanayi, terörle mücadele, uzaysal araştırmalar, doğal afetler ve madencilik alanlarında hizmet sektörüne yönelik)”, “ÇOKLU ARAMA KURTARMA ROBOT SİSTEMLERİ için gerçek zamanlı, otonom yürütmeye uygun, hataya dayanıklı ve bütünleşik bir dağıtılmış görev atama ve yürütme mimarisini”, “7 SERBESTLİK DERECELİ DOKUNSAL CİHAZ TASARIMI” adlı projeler aldılar.

Yarışmanın açılışında Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şube Başkanı Tevfik Peker, Necdet Eraslan’ın oğlu Prof. Dr. Arsev Eraslan, YTÜ Rektörü Prof. Dr. Durul Ören birer konuşma yaptılar. Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şube Başkanı Tevfik Peker konuşmasında; ülkemizde bilimsel çalışmalara yeterli kaynak ayrılmadığını, oysa Cumhuriyet tarihinde Necdet Eraslan gibi Türkiye’de bilim ve teknolojiye önemli bilim insanlarının yetiştiğini, Makina Mühendisleri Odası 4 nolu üyesi Necdet Eraslan’ın, uluslararası nitelikte bilimsel çalışmalar yapmış ve düşünceleriyle hep çağdaş kalmış değerli bir üyemizin adını ölümsüzleştirmek için 2003 yılında başlatılan proje yarışması geleneğini sürdürdüklerini ifade etti. Peker konuşmasında “Necdet Eraslan Proje

Yarışması 2007 Türkiye’de bilim ve teknoloji araştırmalarını desteklemek ve bu alanda çalışanların desteklenmesi amacıyla gerçekleştirilmektedir. Makina Mühendisleri Odası kendi çapında bu alandaki gelişmelere katkıda bulunmaktadır” dedi.

Daha sonra Necdet Eraslan’ın oğlu Prof. Dr. Arsev Eraslan ise Necdet Eraslan’ın 1929 Yılında şimdiki İTÜ olan Yüksek Mühendislik Okulu’ndan mezun olarak Paris’teki “Havacılık Ulusal Yüksek Okulu”ndan 1933’te Makina Uçak Yüksek Mühendisi diploması almaya hak kazandığını ve Amerika’da uçuş tecrübesi edinerek ülkesine geldiğini ve Hava Kuvvetlerinde mühendislik yaptığını anlattı. Babasının çok açık sözlü bir insan olduğunu belirten Arsev Eraslan babasının 1938 yılında Atatürk ile olan bir anısını da anlattı.

Yarışmada daha sonra proje sahipleri projelerini tanıtmaya başladılar. Yarışmacılar projelerini sunarken salondan ve jüri üyelerinden gelen sorular da projeler konusunda değerlendirmelere ışık tuttu. Projelerin tanıtılmasının ardından saat 16:00’da jüri değerlendirmesine geçildi. Yarışmada birinci seçilemedi ve yerine üç mansiyon ödülü verildi. 18:00’deki Ödül töreninin ardından saat 19:00’da konuklar ve yarışmacılara kokteyl verildi.

YARIŞMAYA KATILAN PROJELER

1. Bülent Cindoruk
Trafik Robotu
2. Cem Dönmez, Saliha Dönmez
**Rrs (Recycling Robotic System-
Geri Dönüşüm Robotu)**
3. Ezgi Erişti
Robozan (Bağlama Çalan Robot)
4. Volkan Gün
Giyelebilir İskelet Robot
5. Kemal Cem Köse
**7 Serbestlik Dereceli Dokunsal Ci-
haz Tasarımı**
6. Orhan Ölçücüoğlu (Danışman Y.
Doç. Dr. A. Buğra Koku)
İnsan Benzeri Robot Kafa Tasarımı
7. Sanem Sarıel
8. Servet Soygüder, Talip Korkusuz,
Hasan Alli
**“Slegs” (Savunma Sanayi, Terörle
Mücadele, Uzaysal Araştırmalar,
Doğal Afetler Ve Madencilik Alan-
larında Hizmet Sektörüne Yönelik)**
9. Serdar Sürücü
Kaynak Robotu
10. Fatih Yumuk
Patlayan Araba Lastiğini Değiştiren Robot



İnsan Benzeri Robot Kafa Tasarımı



Robozan

JURİ ÜYELERİ

- Prof. Dr. Arsev ERASLAN / NASA-Emekli
- Prof. Dr. Ahmet KUZUCU / İTÜ Makina Fakültesi
- Prof. Dr. Okyay KAYNAK / Boğaziçi Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği
- Prof. Dr. M. Oruç BİLGİÇ / YTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi
- Doç. Dr. Arif ATLI / Marmara Üniversitesi Makina Mühendisliği
- Doç. Dr. Eşref EŞKİNAT / Boğaziçi Üniversitesi Makina Mühendisliği
- Hakan ALTINAY / Kale Altınay Robotik
- Tevfik PEKER / MMO İstanbul Şube Başkanı

YARIŞMADA DERECEYE GİREN PROJELER

1. YOK
2. Orhan Ölçücüoğlu (Danışman Y. Doç. Dr. A. Buğra Koku)
İnsan Benzeri Robot Kafa Tasarımı
3. Ezgi Erişti
Robozan (Bağlama Çalan Robot)

MANSİYON

- Servet Soygüder, Talip Korkusuz, Hasan Alli

“Slegs” (Savunma Sanayi, Terörle Mücadele, Uzaysal Araştırmalar, Doğal Afetler Ve Madencilik Alanlarında Hizmet Sektörüne Yönelik)

- Sanem Sarıel
Çoklu Arama Kurtarma Robot Sistemleri İçin Gerçek Zamanlı, Otonom Yürütmeye Uygun, Hataya Dayanıklı Ve Bütünlük Bir Dağıtılmış Görev Atama Ve Yürütme Mimarisi
- Kemal Cem Köse
7 Serbestlik Dereceli Dokunsal Cihaz Tasarımı



Proje Yarışması Kitap Kapağı



NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2009

4



tmmob
makina mühendisleri odası



||| Nak. ödülü: 10.000 TL

||| Nak. ödülü: 6.000 TL

||| Nak. ödülü: 4.000 TL

IV. NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2009

ENERJİDE
BİLİM VE TEKNOLOJİ

Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu
5 Aralık 2009

YERİŞİM YERİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu

Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu

Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu

ENERJİDE BİLİM ve TEKNOLOJİ

5 ARALIK 2009

AMAÇ

Yıllarca makina mühendisliği alanında uluslar arası nitelikte bilimsel çalışmalar yapmış ve düşünceleri ile hep çağdaş kalmış olan değerli üyemiz Necdet Eraslan'ın adını ölümsüzleştirmek için 2003 yılında başlattığımız Proje Yarışması geleneğini sürdürüyoruz. IV. Necdet Eraslan Proje Yarışması 2009 Türkiye'de bilim ve teknoloji araştırmalarını desteklemek ve bu alanda çalışan kişileri özendirmek amacıyla oluşturulmuştur.

KONU

Yarışmanın 2009 yılı konusu olarak ENERJİDE BİLİM VE TEKNOLOJİ seçilmiştir. Yirminci yüzyılın özellikle ikinci yarısında enerji kullanımının ve enerji verimliliğinin önemi artmakta, bilim ve teknolojide önemli gelişmeler yaşanmaktadır.

Enerjinin verimi ve etkin kullanımı, alternatif ve/veya yenilenebilir enerji kaynakları arayışı, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, sürdürülebilir kalkınma ve gelişme vb. hedefler başlıca konularımızdır. Uluslararası ölçekte rekabetçi ve sürdürülebilir bir sanayileşmede enerjinin yeri, gerek üretim, gerekse tüketim açısından olsun, bilimsel ölçütlerle tartışılabilir ve uygulanabilir projelere olan gereksinimi ortaya koymaktadır.

Bu kapsamda Enerjiyle ilgili olarak gerçekleştirilecek bilimsel ve teknolojik projelerde ulusal, sosyal, ekonomik, teknolojik ve ekolojik etkenler ele alınmalıdır.

Enerjide verimlilik sağlayan ve yaşam kalitesini yükselten geliştirmeler, uygulamalar, günümüzde en çok gelecek vaat eden mühendislik konularından biri olarak karşımızda durmaktadır.

Proje Yarışması'na sunulacak önerilerin, yukarıda da belirtildiği üzere verimlilik, imalat kalitesi ve iş güvenliği gibi konularda; ulusal, sosyal, ekonomik, teknolojik ve ekolojik açılarından faydalar öne süren bilimsel ve yenilikçi bir içerikte olması beklenmektedir.

YARIŞMA KOŞULLARI

Özgün olması kaydıyla her çeşit proje yarışmaya kabul edilecektir. Buna göre projelerin aşağıdaki konu başlıklarından hangisine daha uygun olduğu, katılımcı tarafından belirtilecektir.

- Buluş Önerisi
- Yenilikçi Ürün (inovasyon) Önerisi
- Hizmet Sektörüne Yönelik Öneriler

Yarışmaya katılmak için en fazla 1 sayfalık proje özeti, özgeçmiş ile birlikte en geç 02/10/2009 tarihine kadar MMO İstanbul Şube'ye elden, posta veya kargo ile ulaştırılmalıdır. Proje

özetinde amaç, bulgular, hedefler ve beklentiler açıkça belirtilmelidir.

Özet sahiplerine 15 gün içinde sonuçlar bildirilecektir. Kabul edilen projelerin metni ve varsa afiş, poster, prototip, numune gibi tanıtıcı malzemeler en geç 12/10/2009 tarihine kadar teslim edilmelidir. Finale kalan projeler en geç teslim tarihinden itibaren 15 gün içinde belirlenecek ve proje sahiplerine bildirilecektir. Final sunumları ve ödül töreni 05 Aralık 2009 tarihinde Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumunda 10.00-18.00 saatleri arasında gerçekleştirilecektir.

KİMLER KATILABİLİR

Yarışma MMO çalışanları hariç herkeşe açıktır. Buna göre üniversite lisans, yüksek lisans ve doktora öğrencileri, mühendisler ve tüm araştırmacıların yarışmaya katılımı beklenmektedir. Katılım kişisel veya grupsal olabilir. Firma veya başka kurumlar adına katılım olmaz.

FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Projelerin fikri mülkiyet hakları proje sahiplerine aittir. MMO herhangi bir amaçla projeler üzerinde hak iddia etmeyeceği gibi, projelerdeki fikirlerden de sorumlu tutulamaz.

PROJE METNİ YAZIM KURALLARI

Proje tam metni aşağıda yer alan bölümlerden oluşacaktır.

1. Giriş ve Özet Tanıtım
2. Projenin Amacı
3. Proje Kapsamı ve Bulgular
4. Proje Yönetimi ve Yapılabilirlik Analizi
5. Hedeflenen Katkıları ve Etkileri
6. Sonuç, Beklentiler ve Öneriler

ÖDÜL

Yarışmada ilk üçe giren projelerin sahiplerine aşağıdaki ödüller verilecektir.

I.'lik ödülü : 10.000 TL

II.'lik ödülü : 6.000 TL

III.'lük ödülü : 4.000 TL

Ayrıca finale kalan tüm projeler yayınlanacak ve varsa afiş, poster, prototip, numune gibi proje eki tanıtıcı malzemeler sergilenecektir.



**TMMOB Makina Mühendisleri Odası
İstanbul Şube Yönetim Kurulu
Başkanı İlter ÇELİK'in "NECDET
ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2009"
Ödül Töreni'nin Açılışında Yaptığı
Konuşma**

Merhaba Değerli Meslektaşlarım,
Değerli Öğretim Üyeleri,
Sevgili Öğrenciler,

Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi tarafından düzenlenen IV. NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI'na hoş geldiniz.

Yıllarca makina mühendisliği alanında uluslararası nitelikte bilimsel çalışmalar yapmış ve düşünceleri ile hep çağdaş kalmış olan, Odamızın 4 numaralı üyesi değerli Necdet Eraslan'ın adını ölümsüzleştirmek için 2003 yılında başlattığımız Proje Yarışması geleneği

sürüyor.

IV. Necdet Eraslan Proje Yarışmasını Türkiye'de bilim ve teknoloji araştırmalarını desteklemek ve bu alanda çalışan kişileri özendirmek amacıyla düzenliyoruz.

Yarışmanın 2009 yılı konusu ENERJİDE BİLİM VE TEKNOLOJİ olarak belirlendi Enerjinin verimli ve etkin kullanımı, alternatif ve/veya yenilenebilir enerji kaynakları arayışı, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, sürdürülebilir kalkınma ve gelişme vb. hedefler yarışmadaki başlıca konularımız.

Yarışmada enerjiyle ilgili olarak gerçekleştirilecek bilimsel ve teknolojik projelerde ulusal, sosyal, ekonomik, teknolojik ve ekolojik etkenler ele alınmıştır.

Enerjide verimlilik sağlayan ve yaşam



kalitesini yükselten geliştirmeler, uygulamalar, günümüzde en çok gelecek vaat eden mühendislik konularından biri olarak görölmektedir.

Proje Yarışması'na sunulan önerilerin verimlilik, imalat kalitesi ve iş güvenliği gibi konularda; ulusal, sosyal, ekonomik, teknolojik ve ekolojik açılardan faydalar öne süren bilimsel ve yenilikçi bir içerikte olması dikkate alınmıştır.

Enerji: Çağımızın Gerçeği

Enerji, insan yaşamı ve sanayi üretimi için olmazsa olmaz temel unsurlardan bir tanesidir. Dünyada enerji, ülkelerin gelişmişlik derecesini göstermede bir ölçüt olarak kullanılmaktadır.

Ülkemizde 2000'li yıllara geldiğinde artan sanayileşme ile birlikte enerji üretimi ve tüketimi daha çok ön plana çıkmaya başlamıştır. Ülkemizde enerji temininde, 1990 yılında üretimin talebi karşılama oranı % 48,1 iken bu değer 2006 yılında % 26,9'a gerilemiştir. Ülkemizde gittikçe artan bir şekilde enerjide dışa bağımlılık yaşanmaktadır.

Enerji yoğunluğu değeri ülkemizde 480 iken AB'de 208'dir. Yapılan çeşitli analizler ülkemizde tüketilen enerji miktarının azaltılması ve verimli kullanımı için ciddi boyutta potansiyelin varlığını teyit etmektedir. Ülkemizde birçok sektörde enerji tasarrufu potansiyeli oranı %25'tir.

Bu ölçütler bize üretim haricinde, mevcut enerji kaynaklarının da verimli kullanılması gerekliliğini göstermektedir. Bu anlamda, Makina Mühendisliğinin önemli alanlarından biri olan enerji konusuna yönelik politikaları ve

teknolojik gelişmeleri irdelemek, bu alana yönelik yeni açılımlar sunmak, alternatiflerini üretmek amacıyla Odamız eğitim, kongre, yarışma gibi birçok etkinliği yurt genelinde organize etmektedir.

Uluslararası ölçekte rekabetçi ve sürdürülebilir bir sanayileşmede enerjinin yeri, gerek üretim, gerekse tüketim açısından olsun, bilimsel ölçütlerle tartışılabilir ve uygulanabilir projelere olan gereksinimi ortaya koymaktadır.

Sevgili konuklar,

Benim de içinde olduğum yarışmanın jürisinde Prof. Dr. Mahir ARIKOL, Prof. Dr. Taner DERBENTLİ, Prof. Dr. Necati TAHRALI, Prof. Dr. Tolga YARMAN, Doç. Dr. Metin BAŞARAN, MMO İstanbul Şube Enerji Komisyonu Başkanı Haydar BOYALI yer alıyor.

Buradan tüm jüri üyelerimize ve sevgili Arsev Eraslan'a teşekkür ediyorum.

Bir iki hatırlatma yaparak konuşmamı bitiriyorum:

Biliyorsunuz Odamızın tüm şubelerinde genel kurullar yaklaşıyor. İstanbul Şube olarak 16-17 Ocak 2009 tarihinde yine bu salonda yapılacak genel kurulumuza katılımınızı bekliyoruz.

40 yıldır Demokrat Makina Mühendisleri Odamızı yönetmektedir. Çağdaş, demokratik, sanayileşen, üreten ve ürettiğini adaletlice paylaşan bir Türkiye için Demokrat Makina Mühendisleri meslek ve meslektaş sorunları ile ülke sorunlarına dair sözünü her zaman söylemiş, söylemeye devam edecektir.

Yine ülkemizin ve dünyanın en önemli sorunu üretim diyoruz. Üretmek için ise sanayileşmek şart. TMMOB adına

Odamız tarafından 1963 yılından beri düzenlenen TMMOB Sanayi Kongrelerinin on yedincisi "Dünya Ekonomik Krizi ve Türkiye Sanayinin Yeniden Yapılanması" Ana Temasıyla 11- 12 Aralık'ta Ankara'da toplanıyor.

Kongrede Dünya Ekonomik Krizi ve Türkiye Sanayinin Yeniden Yapılanması tartışılacak. Bu ana tema etrafında istihdam öncelikli bölgesel kalkınma ile planlamada model önerilerine ilişkin yaklaşımlar üretilecek. Kongrede Prof. Dr. Hayri Kozanoğlu, Prof. Dr. Bilsay Kuruç, araştırmacı iktisatçı Mustafa Sönmez, Prof. Dr. İzzettin Önder, Prof. Dr. Hacer Ansal,

Prof. Dr. İşaya Üşür, Prof. Dr. Aziz Konukman, DPT'den Rahmi Aşkın Türeli, Prof. Dr. Nesrin Sungur, Dr. Ercan Sarıdoğan ve Prof. Dr. Çağlar Güven küresel kriz ve yeni güç dengelerinden kalkınma, planlama ve Türkiye sanayisinin yeniden yapılanması gibi konularda sunumlar gerçekleştirecekler.

Eğer uygun olursanız sanayi kongremizi kaçırmayın derim.

Değerli misafirler,

Tekrar yarışmamıza hoş geldiniz diyorum. Yarışmacılarımızın heyecanını konuşmalar biraz olsun yatıştırmışır sanırım. Onlara da başarılar dilerim. Kolay gelsin.





YARIŞMAYA KATILAN PROJELER

1. Çağatay Kaptan
Güneş Enerjisiyle Çalışan Tren
2. Ercan Güler
Üçüncü Nesil Motorlar
3. İsmail Solmuş
Güneş Enerjisi Destekli Doğal Zeolit-Su Çalışma Çiftini Kullanan Adsorpsiyonlu Deneysel Prototip Soğutma Sistemi
4. Vesile Ak, Can Ozan Gülcihan
Kent İçi Taşımacılıkta Taksi İşletmeciliğine Yönelik Bir İyileşme Çalışması Ve Yapılabilirlik Analizi
5. Rıza Köroğlu
Tev-Yakıt Projesi
6. Erkan Yorulmaz
Güneş Enerjisi İle Çalışan Araç (Amfibi İkiizteker)
7. Hüseyin Günerhan
Bir Öğrenci Yurdu Binası İçin Su Isıtma Sistemi Tasarımı
8. Hidayet Argun
Uçucu Organik Yağ Asitleri İçeren Karanlık Fermentasyon Atık Suyundan Elektrohizroliz Yöntemi İle Hidrojen Gaz Üretimi
9. Namık Yüksel
Enerji Geri Kazanımlı, Taşıt Sistemi-Egkts (Buluş + İnovasyon)
10. Ömer Arif Şahintürk, Alper Yatkın
Gemilerde Rüzgar Türbinleri
11. Murat Güner
Piezoelektrik Süspansiyon Projesi
12. Yunus Gömleksiz
Kömür İle Çoklu Enerji Üretim Sistemi

JURİ ÜYELERİ

- Prof. Dr. Arsev ERASLAN / NASA-Emekli
- Prof. Dr. Ali Taner DERBENTLİ
- Prof. Dr. Mahir ARIKOL
- Prof. Dr. Necati TAHRALI
- Prof. Dr. Tolga YARMAN
- Doç. Dr. Metin BAŞARAN
- Haydar BOYALI
- İlter ÇELİK / MMO İstanbul Şube Başkanı

YARIŞMADA DERECEYE GİREN PROJELER

1. YOK
2. VEŞİLE AK, CAN OZAN
GÜLCİHAN
**KENT İÇİ TAŞIMACILIKTA
TAKSİ İŞLETMECİLİĞİNE
YÖNELİK BİR İYİLEŞME
ÇALIŞMASI**
3. İSMAİL SOLMUŞ
**GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ
DOĞAL ZEOLİT-SU ÇALIŞMA
ÇİFTİNİ KULLANAN
ADSORPSİYONLU
DENEYSEL PROTOTİP
SOĞUTMA SİSTEMİ**
3. HİDAYET ARGUN
**UÇUCU ORGANİK YAĞ
ASİTLERİ İÇEREN KARANLIK
FERMANTASYON ATIK
SUYUNDAN ELEKTRO
HİDROLİZ YÖNTEMİ İLE
HİDROJEN GAZ ÜRETİMİ**





tmmob
makina mühendisleri odası
istanbul şubesi

5

V NECDET ERASLAN • PROJE YARIŞMASI 2011

ENGELLERİ
AŞMAK İÇİN

HAYATI
KOLAYLAŞTIRACAK
YENİLİKLER

22 EKİM 2011

İTÜ Süleyman Demirel Kültür
Merkezi
Maslak / İstanbul



NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2011
ENGELLERİ AŞMAK İÇİN
HAYATI KOLAYLAŞTIRACAK YENİLİKLER
22 EKİM 2011

AMAÇ

Doğuştan veya sonradan herhangi bir nedenle hareketi kısıtlanmış ya da tamamıyla ortadan kalkmış kişilerin, herkesten farksız yaşaması için, mühendislik bilgi birikimi ve deneyimi gerekli olsun ya da olmasın, hareket kısıtlılığını kısmen ya da tamamen ortadan kaldıracak olan araç, gereç ve sistemleri ortaya koymak, var olanları daha da iyileştirmektir.

KAPSAM

Yukarıdaki amaçlar doğrultusunda hareket kısıtlılığını kısmen ya da tamamen ortadan kaldıracak:

- Beden üzerinde kullanılabilen araç, gereç, ekipman ve cihazlar,
- Evde ve sokakta yaşamı kolaylaştırabilecek her türlü tasarımlar,
- Aynı maksatlı diğer buluşlar.

PROJENİN ÖDÜLLERİ

Birincilik Ödülü	: 10.000 TL
İkincilik Ödülü	: 6.000 TL
Üçüncülük Ödülü	: 4.000 TL

KİMLER KATILABİLİR?

Yarışma Bilim Kurulu'nda yer alan firma temsilcileri ve firmaların çalışanları ile Makina Mühendisleri Odası çalışanları hariç herkese açıktır.

FİKRÎ MÜLKİYET HAKLARI

Projelerin fikrî mülkiyet hakları proje sahiplerine aittir. Makina Mühendisleri Odası herhangi bir amaçla projeler üzerinde hak iddia etmeyecek ve projelerdeki fikirlerden de sorumlu tutulmayacaktır.

PROJE YARIŞMA KOŞULLARI

Özgün olması kaydıyla her çeşit proje yarışmaya kabul edilecektir. Buna göre projelerin aşağıdaki konu başlıklarından hangisine daha uygun olduğu, katılımcı tarafından belirtilecektir.

- Buluş önerisi
- Yenilikçi ürün (inovasyon) önerisi

Yarışmaya katılmak için yazım kurlarına uygun proje özeti ve ekte bulunan "Yayın İzin Belgesi ve Bilimsel Etik Beyanı" doldurulup imzalanarak en geç 25 Temmuz 2011 tarihine kadar Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi'ne elden, posta veya kargo ile ulaştırılmalıdır.

Sonuçlar en geç 22 Ağustos 2011 gününe kadar proje sahiplerine bildirilecektir. Kabul edilen projelerin metni ve varsa afiş, poster, prototip, numune gibi tanıtıcı malzemeleri ise en geç 19 Eylül 2011 tarihine kadar teslim edilmelidir.

Finale kalan projeler en geç teslim tarihinden itibaren 15 gün içinde belirlenecek ve proje sahiplerine bildirilecektir.

PROJE YAZIM KURALLARI

Yazım dili Türkçe, verilen formata uygun, resim ve şekiller düzgün ve okunaklı olmalıdır.

1. Projenin Adı

Projeye, amacına ya da işlevine uygun bir ad koyunuz.

2. Projenin Amacı

Proje ile neyi / neleri amaçladığınızı yazınız.

3. Projenin Kapsamı

Proje ile kim, ne/neler kapsamaktadır belirtiniz.

4. Projenin Özeti

Proje özeti kısa ve anlaşılır olmalı ve tamamı 250 kelimeyi aşmamalıdır. Proje özetinde; proje kapsamında yapılacak temel çalışmalar, projenin somut hedef ve sonuçları, proje sonunda ortaya çıkacak ürün anlatılmalıdır.

Özet aşağıda verilen unsurları içermelidir:

- a- Projenin amacı
- b- Kullanılan yöntem ve işlemler
- c- Gözlemler / Veriler / Bulgular

Özette; bulgular hakkında ayrıntılar, grafikler ve tablolar verilmemelidir. Süreç, yöntem veya sistemin sağlayacağı sosyal, ekonomik, teknik vb. yararların tümü açık bir biçimde özetlenmelidir.

5. Projenin Yenilikçi Yönü

Projede hedeflenen ürün ve/veya süreç yeniliğinin benzerlerine göre üstünlükleri yazılmalıdır.

6. Projenin Maliyeti

Projenin gerçekçi bir maliyet analizinin yapılması zorunlu değildir.

7. Projenin Kullanım Alanı

Projenin neden ele alındığı, proje konusu ürünün nerelerde kullanılabileceği belirtilmelidir.

8. Projenin Yapılabilirliği / Uygulanabilirliği

Projenin gerçekleşmesi için gereken insan gücü, teknoloji ve malzemelerin günümüzde var olup olmadığı belirtilmelidir.

9. Literatür Araştırması

Benzer ürün ve üretimler var ise bunlara ait patent ad ve numaraları, kullanılan teknik ve teknoloji bilgileri belirtilmelidir.

10. Kaynakça

Bu proje için bilgilerin alındığı kaynaklar (alfabetik sıraya göre) belirtilmelidir.

11. Diğer hususlar

Proje ile ilgili yukarıdaki maddelerde içermeyen hususlar bu bölümde belirtilmelidir.

12. Özgeçmiş

Kısa bir özgeçmiş yazılmalıdır.

YAYIN İZİN BELGESİ ve BİLİMSEL ETİK BEYANI

Adı Soyadı	
İletişim Bilgileri	
Proje Adı	
Proje Özeti	
Projenin Yenilikçi Yönü	
Katılımcı Onayı Necdet ERASLAN Proje Yarışması 2011 için Proje Hazırlama Kılavuzu esaslarına uygun olarak hazırlayarak TMMOB Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi 'ne sunduğum yukarıda tanımlı proje adı ve özetinin yarışma ile ilgili olarak dergi, broşür ve web sayfalarında yayınlanmasına izin veriyorum . Tarih: _____ Adı Soyadı: _____ İmzası: _____	
Bilimsel Etik Beyanı Necdet ERASLAN Proje Yarışması 2011'e katıldığım yukarıda yazılı proje adı, konusu, düşünce ve uygulamaların tamamen bana ait olduğunu beyan ederim. Tarih: _____ Adı Soyadı: _____ İmzası: _____	



**V. NECDET ERASLAN
PROJE YARIŞMASI 2011**

BİLİM KURULU

Prof. Dr. Arsev ERASLAN
Prof. Dr. Aşegül AKDOĞAN EKER
Prof. Dr. Erdem İMRAK
Dr. Erdoğan MAZMANOĞLU
İlter ÇELİK
Mahmut KEMENT
Şükrü BOYRAZ
Tevfik PEKER

22 EKİM 2011
İTÜ Süleyman Demirel Kültür
Merkezi
Maslak / İstanbul



Bilim Kurulu Fotoblok



**V. NECDET ERASLAN
PROJE YARIŞMASI 2011**

Bireysel Ödül: 10.000 TL
Bireysel Ödül: 5.000 TL
Ekipmanlar Ödülü: 4.000 TL

**ENGELLERİ
AŞMAK İÇİN**

**HAYATI
KOLAYLAŞTIRACAK
YENİLİKLER**

22 EKİM 2011
İTÜ Süleyman Demirel Kültür
Merkezi
Maslak / İstanbul

PROF. EMERITUS DR. NECDET ERASLAN



Roll-Up

NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2011

ENGELLERİ AŞMAK İÇİN

HAYATI KOLAYLASTIRACAK YENİLİKLER

11.09.2011 - 15.10.2011
 Ödül Töreni: 14.10.2011
 Ödül Töreni Yerli: 14.10.2011

21 EKİM 2011
 Halkın Fikri ve Manevi Hakları
 Kanununa Göre



1. ENGELLERİ AŞMAK İÇİN

Engelleri aşmak için projelerinizi hazırlarken, projenizi hazırladığınız alanın durumunu ve projenizi hazırladığınız alanın durumunu göz önünde bulundurmanız gerekmektedir. Projeyi hazırladığınız alanın durumunu göz önünde bulundurmanız gerekmektedir.



11.09.2011 - 15.10.2011
 Ödül Töreni: 14.10.2011
 Ödül Töreni Yerli: 14.10.2011

21 EKİM 2011
 Halkın Fikri ve Manevi Hakları Kanununa Göre

PROJE HAZIRLAMA KILAVUZU

PROJENİN ADI

PROJENİN AMACI

PROJENİN KAPSAMI

PROJENİN ÖZELLİKLERİ

KİMLER KATILACAKTIR

FİNANSMAN YAKLAŞIMI



14. EKİM 2011

Engelleri aşmak için projelerinizi hazırlarken, projenizi hazırladığınız alanın durumunu ve projenizi hazırladığınız alanın durumunu göz önünde bulundurmanız gerekmektedir. Projeyi hazırladığınız alanın durumunu göz önünde bulundurmanız gerekmektedir.



11.09.2011 - 15.10.2011
 Ödül Töreni: 14.10.2011
 Ödül Töreni Yerli: 14.10.2011

21 EKİM 2011
 Halkın Fikri ve Manevi Hakları Kanununa Göre

ENGELLERİ AŞMAK İÇİN

Engelleri aşmak için projelerinizi hazırlarken, projenizi hazırladığınız alanın durumunu ve projenizi hazırladığınız alanın durumunu göz önünde bulundurmanız gerekmektedir. Projeyi hazırladığınız alanın durumunu göz önünde bulundurmanız gerekmektedir.



11.09.2011 - 15.10.2011
 Ödül Töreni: 14.10.2011
 Ödül Töreni Yerli: 14.10.2011

21 EKİM 2011
 Halkın Fikri ve Manevi Hakları Kanununa Göre

YEREL İZLEN BELGESİ ve KİMLİK ETEK BİLGİLERİ

Adı Soyadı:	
Unvanı:	
İşyeri Adı:	
İşyeri Adresi:	
Projeyle İlgili Bilgi:	

11.09.2011 - 15.10.2011
 Ödül Töreni: 14.10.2011
 Ödül Töreni Yerli: 14.10.2011

21 EKİM 2011
 Halkın Fikri ve Manevi Hakları Kanununa Göre

V. NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2011 FİNALİSTLERİ POSTER BİLDİRİ HAZIRLAMA FORMATI

GENEL ŞEKİL

- Poster, 90*120 cm (genişlik*uzunluk) ebatlarında 300 dpi çözünürlükte PDF veya 600 dpi çözünürlükte JPG olarak hazırlanmalıdır.
 - Poster 3 sütun halinde hazırlanmalıdır.
 - Posterin kenarlarında soldan, sağdan, alttan ve üstten 2,5 cm bırakılmalıdır.
 - Sütunlar arasında 2,5 cm boşluk bırakılmalıdır.
 - Posterdeki kelimelerin büyüklüğü, 32 punto olmalıdır.
 - Referanslar bölümünün karakter büyüklüğü, 28 punto olmalıdır.
 - Posterdeki bölüm başlıklarının büyüklüğü, 48 punto olmalıdır.
 - Başlıklarda koyu renkli ve büyük harfler kullanılmalıdır.
- Bölümler içinde yatırımcı ve iştirakçiler hakkında bilgi varsa, karakter büyüklüğü, 28 punto olmalıdır.

POSTERİN BAŞLIĞI

- Posterin başlığı, 72 punto olmalıdır.
- Başlıkta koyu renkli ve büyük harfler kullanılmalıdır.
- Yazarlar isimlerinin karakter büyüklüğü, 60 punto olmalıdır.
- Adres bölümündeki karakter büyüklüğü, 48 punto olmalıdır.
- Adres ve yazar isimlerini yazarken koyu renkli ve büyük harfler kullanılmalıdır.

ŞEKİLLERİN YERLEŞTİRİLMESİ

Bir şekle referans numarası vermek için, "Şekil #" ifadesini kullanılmalıdır.

- Şekillerin adları "Şekil #" olarak yazılmalıdır.
- Şekil isimlerinde karakter büyüklüğü 28 punto olmalıdır.

FORMÜLLER

$Ax=b$ (1)

- Formüller sütunların ortasına yerleştirilmelidir.
- Formüller, sağa dayalı, parantez içinde numaralanmalıdır.
- Denklemlere (1) şeklinde referans verilmelidir. Başlangıcında Denklem, Denk., Dk. vs gibi ifadeler kullanılmamalıdır.

SONUÇLAR

- Poster özellikle görsel bir sunum olduğundan, açıklamaların sadece metin olarak sunulması yerine, şemalar, oklar vs. kullanarak izleyicinin dikkatini çekecek yöntemler kullanılmalıdır.
- Açıklamalar ve sunumlar basit bir dilde kısaca özetlenmelidir.

**TMMOB Makina Mühendisleri Odası
İstanbul Şube Yönetim Kurulu Başkanı İlter ÇELİK'in "NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2011" Ödül Töreni'nin Açılışında Yaptığı Konuşma**

Merhaba Değerli Meslektaşlarım,

Değerli Öğretim Üyeleri,

Sevgili Öğrenciler,

Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi tarafından düzenlenen V. NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI'na hoş geldiniz.



Yıllarca makina mühendisliği alanında uluslararası nitelikte bilimsel çalışmalar yapmış ve düşünceleri ile hep çağdaş kalmış olan, Odamızın 4 numaralı üyesi değerli Necdet Eraslan'ın adını ölümsüzleştirmek için 2003 yılında başlattığımız Proje Yarışması geleneği sürüyor.

Bu yıl "Engelleri Aşmak İçin Hayati Kolaylaştıracak Yenilikler" teması seçilerek; doğuştan veya sonradan herhangi bir nedenle hareketleri kısıtlanmış kişilerin, herkes gibi yaşamaları için mühendislik bilgi birikimi ve deneyimlerimiz ile hareket kısıtlılığını kısmen ya da tamamen

ortadan kaldıracak olan araç, gereç ve sistemleri ortaya koymak, var olanları daha da iyileştirmek duyarlılığının artırılması amaçlanmıştır.

Proje Yarışması'na sunulan önerilerin verimlilik, imalat kalitesi ve iş güvenliği gibi konularda; ulusal, sosyal, ekonomik, teknolojik ve ekolojik ve tabii ki en önemlisi kullanıcılar açısından faydalar öne süren bilimsel ve yenilikçi bir içerikte olması dikkate alınmıştır.

Sevgili konuklar,

Benim de içinde olduğum yarışmanın jürisinde değerli katkılarını esirgemeyen, Necdet Eraslan'ın oğlu Prof. Dr. Arsev Eraslan, Yıldız Teknik Üniversitesi'nden Prof. Dr. Ayşegül Akdoğan Eker, İstanbul Teknik

Üniversitesi'nden Prof. Dr. Erdem İmraç, İstanbul Tabip Odası'ndan Dr. Erdoğan Mazmanoğlu, Sarıyer Belediyesi Engelliler Koordinasyon Merkezi'nden Mahmut Kement, Türkiye Sakatlar Derneği'nden Şükrü Boyraz, Makina Mühendisleri Odası'ndan Tefvik Peker, yarışma sekreteryalığını yürüten Sema Keban ve Özgür Arslan'a teşekkür ediyorum.

Bir iki hatırlatma yaparak konuşmamı bitiriyorum:



Biliyorsunuz Odamızın tüm şubelerinde genel kurullar yaklaşıyor. İstanbul Şube olarak 21-22 Ocak 2011 tarihinde Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumunda yapılacak genel kurulumuza katılımınızı bekliyoruz.

40 yılı aşındır, Demokrat Makina Mühendisleri Odamızı yönetmektedir. Çağdaş, demokratik, sanayileşen, üreten ve ürettiğini adaletlice paylaşan bir Türkiye için Demokrat Makina

Mühendisleri meslek ve meslektaş sorunları ile ülke sorunlarına dair sözünü her zaman söylemiş, söylemeye devam edecektir.

Değerli misafirler,

Tekrar yarışmamıza hoş geldiniz diyorum. Yarışmacılarımızın heyecanını konuşmalar biraz olsun yatıştırmıştır sanırım. Onlara da başarılar dilerim. Kolay gelsin.

JURİ ÜYELERİ

- 1- Prof. Dr. Arsev Eraslan / NASA - Emekli
- 2- Prof. Dr. Aşegül Akdoğan Eker / YTÜ
- 3- Prof. Dr. Erdem İmrak / İTÜ
- 4- Dr. Erdoğan Mazmanoğlu / İstanbul Tabip Odası
- 5- Mahmut Kement / Sarıyer Belediyesi Engelliler Koordinasyon Mrk.
- 6- Şükrü Boyraz / Türkiye Sakatlar Derneği
- 7- İlter Çelik / MMO





YARIŞMAYA KATILAN PROJELER

1. Ahmet Ağaoğlu
Hareket Engelli İnsanlar İçin Mobilite, Transfer Ve Rehabilitasyon Platformu Tasarımı Ve Üretimi
2. Ahmet Turan Özdemir
İç Ve Dış Ortamlarda Kullanılabilen Güvenlikli Ve Konforlu Elektrikli Engelli Aracı
3. Ahmet Yusuf Cevher
Tekhap (Teknolojik Hap)
4. Hatice Köse Bağcı
İşitme Engelli Çocuklar İçin Robot İşaret Dili Öğretmeni
5. Mehmet Akif Ceylan
Gezgör
6. Pınar Mert Cüce
Görme Engelliler İçin Sensörlü Yangın Tüpü
7. İbrahim Delibaşoğlu - İrfan Kösesoy
İşitme Engelliler İçin Bilgisayarlı Görme Yazılımları Ve 3D Kameralar İle İnteraktif İşaret Dili Eğitim Seti
8. Senem Kurşun Bahadır
Görme Engelliler İçin Akıllı Kıyafet Tasarımı
9. Servet Soygüder, Hasan Allı
Mobil Klozet
10. Uğur Özbek-Faruk Çankaya
Duyarlı Toplu Ulaşım Sistemi Projesi

YARIŞMADA DERECEYE GİREN PROJELER

1. YOK
2. AHMET AĞAOĞLU
HAREKET ENGELLİ İNSANLAR İÇİN MOBİLİTE, TRANSFER VE REHABİLİTASYONA PLATFORMU TASARIMI VE ÜRETİMİ
2. SENEM KURŞUN BAHADIR
GÖRME ENGELLİLER İÇİN AKILLI KIYAFET TASARIMI
3. AHMET YUSUF CEVHER
TEKHAP (TEKNOLOJİK HAP)

MANSİYON

HATİCE KÖSE BAĞCI

İŞİTME ENGELLİ ÇOCUKLAR İÇİN ROBOT İŞARET DİLİ ÖĞRETMENİ



Bilim Kurulu Üyeleri İçin Plaket

Yarışmaya Katılan Projeler İçin Teşekkür Belgesi

NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2013



tmmob
makina mühendisleri odası
istanbul şubesi

6

VI. NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2013 HAVACILIK ve UZAYDA YENİLİKÇİ TASARIMLAR

Konular

- İtki Sistemleri Tasarımı
- Aerodinamik Tasarım
- Uzay Araçları Tasarımı
- Malzeme

Konuyla ilgili olarak hazırlanacak projelerde uygulanabilirlik, verimlilik, maliyet, yeni teknoloji, teknoloji geliştirme, çevreye duyarlılık konuları dikkate alınacaktır.



BİRİNCİLİK ÖDÜLÜ : 10.000 TL
İKİNCİLİK ÖDÜLÜ : 6.000 TL
ÜÇÜNCÜLÜK ÖDÜLÜ : 4.000 TL

23 KASIM 2013

**İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
TAV Konferans Salonu Maslak/İSTANBUL**

TMMOB Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi

Katip Mustafa Çelebi Mah. İpek Sok. No: 9 Beyoğlu / İSTANBUL Tel: 0212 252 95 00 Faks: 0212 249 86 74

İRTİBAT: Yenısahra Mah. Yavuz Selim Cad. No: 15 Kat:2 Ataşehir / İSTANBUL Tel: 0216 470 74 32 Faks: 0216 470 74 56

GSM: 0530 517 43 15 e-posta: necdeteraslan@mmo.org.tr web: www.necdeteraslan.org

VI. NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI 2013

PROJENİN ADI

HAVACILIK VE UZAYDA YENİLİKÇİ TASARIMLAR

PROJENİN AMACI

Havacılık ve Uzay Teknolojileri konusunda araştırma-geliştirme ve yenilikçi tasarım yapan akademisyen, öğrenci ve amatör kişilerin araştırma ve geliştirme çalışmalarına destek vererek Türkiye’de Havacılık ve Uzay Teknolojilerinin gelişimine katkıda bulunmaktır.

PROJENİN KAPSAMI

Havacılık ve Uzay Teknolojileri konusunda akademisyen, öğrenci ve amatör kişilerce yapılan aşağıdaki konuları kapsar.

Aerodinamik Tasarım

Havacılık ve uzay çalışmalarında kullanılan araçların aerodinamik olarak geliştirilmesi: Uçak, zeplin, roket gibi araçların aerodinamik performanslarını arttırmaya yönelik çalışmalar

İtki Sistemleri Tasarımı

Havacılık ve uzay çalışmalarında kullanılan araçların itki sistemlerinin geliştirilmesi: Turbofan, turbojet, roket gibi itki sistemlerinin verimini arttırıcı, çevreye olan zararlı kimyasal ve gürültü etkilerini azaltıcı çalışmalar.

Malzeme

Havacılık ve uzay araçlarında kullanılan malzemelerin geliştirilmesi ve kullanılması: Kompozit gibi yeterli mukavemeti sağlayan ve bunun yanında hafif ve maliyeti düşük malzemelere yönelik çalışmalar.

Uzay Araçları Tasarımı

Uzay gemisi, uydu ve uydu yerleştirme araçları gibi insanlı veya insansız uzay araçlarının geliştirilmesi, uzaya fırlatılması ve kullanılması

Bu konularda hazırlanacak projelerde uygulanabilirlik, verimlilik, maliyet, yeni teknoloji, teknoloji geliştirme, çevreye duyarlılık konuları dikkate alınacaktır.

PROJENİN ÖDÜLLERİ

Birincilik Ödülü : 10.000 TL

İkincilik Ödülü : 6.000 TL

Üçüncülük Ödülü : 4.000 TL

BULANIK ORTAMDA METAL MALZEME SEÇİMİ İÇİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ GRUP KARAR VERME

MUHARREM ÜNVER
muharremunver@karabuk.edu.tr

Muharrem ÜNVER

Muharrem ÜNVER 1985 yılında Ankara'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Ankara Atatürk Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde 2004 yılında başladığı mühendislik eğitimini, 2009 yılında tamamladı. Yüksek Lisansını Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği A.B.D.'nda tamamladı. Doktora'ya Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği A.B.D.'nda devam etmektedir. Halen, Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

İÇİNDEKİLER

- I. GİRİŞ
 1. BULANIK KÜME TEORİSİ VE ÜÇGEN BULANIK SAYILAR
 2. GRUP KARAR VERMEDE BULANIK MULTIMOORA YÖNTEMİ
 - 1.1. Bulanık Oran Sistemi
 - 1.2. Bulanık Referans Noktası Yaklaşımı
 - 1.3. Bulanık Tam Çarpım Formu
 3. MALZEME SEÇİMİ: AMPİRİK BİR UYGULAMA
- II. PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ
- III. PROJENİN MALİYETİ
- IV. PROJENİN KULLANIM ALANI
- V. PROJENİN YAPILABİLİRLİĞİ / UYGULANABİLİRLİĞİ
- VI. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI
- VII. TARTIŞMA ve SONUÇ
- VIII. KAYNAKÇA

ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR

Malzeme seçimi çok önemli bir karar verme süreci gerektirmesinin yanı sıra on binlerce malzeme arasından seçim yapmak kolay bir iş değildir. Bu amaçla, Belirgin verilerin olmadığı bulanık ortamlar için uzman görüşlerinin değerlendirilmesi açısından bilimsel yaklaşımları içeren yenilikçi yöntemlere ihtiyaç vardır.

Bu çalışmayı yaparken beni bu hususta bilgilendiren yayınları takip etmemin yanı sıra bu konuda çalışmam hususunda beni teşvik eden Karabük ve Sakarya Üniversitelerinden saygıdeğer hocalarım Doç. Dr. Filiz ERSÖZ'e Karar verme yöntemi olarak MULTIMOORA yöntemini bahsetmesinden ve Yrd. Doç. Dr. Esra Kurt TEKEZ'in bulanık sistemlerle ilgili bilgi altyapımı geliştirmemde ders notları ile destek sunmasından ötürü teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, çalışmamı, proje yarışmasına göndermem konusunda beni şevklendiren aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ağustos 2013
Muharrem ÜNVER

ÖZET

İşletmelerde yapılacak işin belirlenmesinden sonra, başlıca konulardan biri, nihai ürünün oluşturulmasında ön planda yer alan malzeme seçimidir. Havacılık ve uzay çalışmalarını da ilgilendiren endüstriyel uygulamalarda özellikle metal malzemelerin seçiminin doğru yapılmaması, üretim esnasında ve sonrasında meydana gelebilecek mali kayıplara, nihai ürünün kullanılabilirliğinin azalmasına ve çevreye verilen zararın artmasına neden olmaktadır. Bu duyarlılıklar kapsamında seçilecek metal malzemeler, Karakteristiklerine göre ayırt edilebilirliklerinin yanısıra, seçici kurullar (Grup) için Maliyet; geri dönüşüm, satınalma ve işleme maliyetleri, Çevre Hassasiyetleri; kirlilik, geri dönüştürülebilirlik, enerji sarfiyatı, İşleme; makine işlenebilirliği, ısı dayanımı vs. gibi ölçütlere bağlı olarak bilimsel bir yaklaşımla, bulanık ortamda grup içindeki karar vericilerin kararlarına dayalı olarak seçilebilecektir. Çalışma, bir ampirik uygulamayla beraber; 4 uzman karar vericinin, 18 alt kriterin oluşturduğu 4 ana ölçüte bağlı olarak 7 alternatif arasından objektif bir yaklaşımla bir metal malzemenin (uçğa ait iç yüzey metal panele ait takviyeler ve lonjeronlar), bulanık ortamda seçimi için çok ölçütlü karar verme metodu olan MULTIMOORA-FG yöntemlerinin kullanılmasından ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesinden oluşmaktadır.

Yapılacak bu metal malzeme seçimi ile beraber hurda ve israf minimize edilebilecektir. Böylelikle, ileriye dönük maksimum tasarrufla çevreye duyarlı kaliteli nihai ürünler imal edilebilecektir.

Anahtar kelimeler: Bulanık Sistem, Çok Ölçütlü Karar Verme, Malzeme Seçimi, Havacılık Sektörü

1. GİRİŞ

Tasarım ve kullanım safhalarında malzeme seçimi geçmişten günümüze çok önemli hale gelmiştir. Öyle ki artık, tasarımda geniş bir malzeme seçim alanı mevcuttur [1]. Daha düşük bir fiyata daha iyi performans gerçekleştirmek için malzeme seçimi daha rasyonel bir süreç gerektirir [2]. Malzeme seçimindeki temel amaç, verilen soruna ve duyulan ihtiyacı karşılamaya yönelik kurgulanan tasarımı elde edebilmek için belirlenen çalışma koşulları altında çalışabilecek en uygun ve olabildiğince en uzun ömürlü malzemeyi seçmektir. Tasarımcı kullanacağı malzemenin karakteristik özelliklerini, bulunabilirliğini (sağlanabilirliği), maliyetini ve ekonomisini de düşünmek zorundadır ve bunun için dengeli bir yaklaşımın oluşturulması şarttır. Özellikle Havacılık ve uzay teknolojilerinde malzeme karakteristiği, maliyetten öte önemli olsa bile tüm ana ölçütlerin titizlikle incelenmesi elzemdir. Ayrıca buna riayet edilmesi, üretim ve müşteri memnuniyetine olumlu yönde tesir edecektir.

Birçok bilim adamı, çeşitli mühendislik bileşenleri için malzeme seçimi sorunları incelemiştir ama yine de malzeme seçimi sorun için karşılaştırmalı çözümler elde etmek hususunda karar verme yöntemlerini kullanmak gibi arama tekniklerine ihtiyaç vardır. Karar Verme Metotları malzeme seçiminde fayda sağlamaktadır. Malzeme seçimi probleminde karmaşıklığı gidermek için çok kriterli karar verme yöntemlerinden (MCDM) ve örnek uygulamalarından kararlı tercih sağlamak üzere faydalanılması bilimsel ve yenilikçi bir yaklaşımdır [3]. Özellikle verilecek kararın birçok ölçüte dayandırıldığı, bir seçim komitesinin (grubun) varolduğu ve seçim kararlarındaki değişkenlerin çok fazla olduğu bir ortamda (Fuzzy Environment) bulanık karar vermeyi sağlayacak yöntemlerin kullanımı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Yapılan uygulamada, imalatı yapılacak mamüller için, öncelikle kullanılacak metal malzemelerin (uçağa ait metal paneli tutan takviyeler ve lonjeronlar) belirlenmesinde, uzmanların görüşleri farklılık gösterebilmektedir. Bu farklı görüşlerin kriterler bazında net bir kararı sağlamasının güç olması nedeniyle, seçilecek alternatifi belirlemede objektif, yenilikçi, ucuz ve sade yöntem-

lerin kullanılmasına ihtiyaç vardır. Yapılan çalışmayla, kullanılacak veya satın alınacak malzeme için, proseste, karar verici uzmanlardan müteşekkil gruptan bulanık ifadelerle (fuzzy words) alınan kararlar, belli kriterler bazında değerlendirilerek farklı birçok alternatif arasından seçim yapabilme kolaylığı sağlayacaktır. Bu amaçla bulanık küme teorisinden kısaca bahsedilecek olup kullanılan yöntem olan MULTIMOORA-FG yöntemi tanıtılacak olup, yapılan uygulama ve metodun literatür taraması verilecek, ardından sonuçlar ve tartışma bölümünde elde edilen saptamalar değerlendirilecektir.

1. BULANIK KÜME TEORİSİ VE ÜÇGEN BULANIK SAYILAR

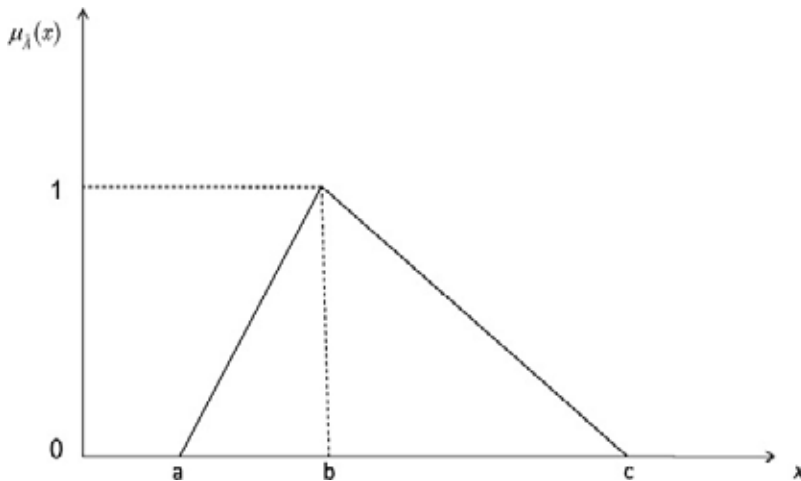
Bulanık kümeler ve bulanık mantık belirsiz sistemleri modellemek için güçlü matematiksel araçlardır. Bir bulanık küme net bir dizinin üçgensel uzantısıdır. Net değerlerin olduğu kümelerde (crisp set) üyelik durumu ya vardır, ya da yoktur. Oysa ki, bulanık kümeler kısmi üyeliğe olanak tanır [3]. Üçgen bulanık sayılar bu nedenle alternatifleri karakterize etmek için bu çalışmada kullanılacaktır

Bulanık mantıkta üyelik fonksiyonu; $\mu_{\tilde{A}}(x)$ Eşitlik 1.'deki gibi ifade edilir.

Bu eşitlikte, a,b,c parametreleri bulanık sistem dahilinde, mümkün

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ \frac{x-c}{b-c}, & b \leq x \leq c, \\ 0, & x > c. \end{cases} \quad (1)$$

olan en küçük değeri, beklenen değeri ve mümkün olan en büyük değeri ifade etmektedir [14].



Şekil 1. Bulanık sayıların üyelik fonksiyonlarının üçgensel gösterimi

$$\tilde{A} = (a, b,$$

\tilde{A} ve B iki pozitif bulanık sayı olsun; böylece bu iki pozitif bulanık sayının gösterimi $\tilde{A} = (a, b, c)$ ve $\tilde{B} = (d, e, f)$ şeklinde olur. Ayrıca bu sayı değerleri ile aşağıda ifade edilen özelliklere göre işlemler yapılabilir [15]:

1. Eşitlik 2.'ye göre toplama işlemi:

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a, b, c) \oplus (d, e, f) = (a + d, b + e, c + f); \quad (2)$$

2. Eşitlik 3.'e göre çıkarma işlemi:

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a, b, c) \ominus (d, e, f) = (a - f, b - e, c - d); \quad (3)$$

3. Eşitlik 4.'e göre çarpma işlemi:

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a, b, c) \otimes (d, e, f) = (a \times d, b \times e, c \times f) \quad (4)$$

4. Eşitlik 5.'e göre bölme işlemi:

$$\tilde{A} \oslash \tilde{B} = (a, b, c) \oslash (d, e, f) = (a/f, b/e, c/d). \quad (5)$$

Son olarak, Eşitlik 6.'daki gibi Vertex yöntemi bu iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı bulmamızda uygulanabilir:

Bu çalışmada Vertex yöntemi kullanılarak bulanık sayıların arasındaki uzaklık performansı (BNP) aşağıdaki gibidir:

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a - d)^2 + (b - e)^2 + (c - f)^2]}. \quad (6)$$

Böylece Bulanık sayı için; a, b ve c değerleri (en küçük, beklenen ve en üst değerler) elde edilir.

$$BNP_{\tilde{A}} = \frac{(c - a) + (b - a)}{3} + a, \quad (7)$$

(Boşluk 1,0)(

2. GRUP KARAR VERMEDE BULANIK MULTIMOORA YÖNTEMİ

Bulanık MULTIMOORA (Fuzzy Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis with Multiplicative Form In Fuzzy Environment) ilk olarak Willem Zavadskas Brauers ve diğerleri tarafından açıklanmıştır [3]. Bununla beraber, bu çalışmada yöntem daha da geliştirilerek malzeme seçimi yapma üzere geliştirilmiştir. Grup karar vermede Bulanık MULTIMOORA Yöntemi (MULTIMOORA-FG) başlangıç karar verme matrisi ile başlar.

Daha sonra karar vericilerin yanıtları bulanık ağırlıklı ortalama (FWA) operatörleri kullanılarak toplanır [16]:

Eşitlik 8.'de belirtilen, " \tilde{w}_k " kth karar verici için ağırlığını belirten bulanık katsayıdır. Uzman Grubu (komite) homojen olduğu takdirde, ağırlıklar eşit kat-

sayıyla kabul edilir [3]. MULTIMOORA-FG Yöntemi 3 ana alt yöntemden oluşmaktadır.

$$\tilde{X}_{ij} = \sum_{k=1}^K \tilde{w}_k \tilde{X}_{ij}^k / \sum_{k=1}^K \tilde{w}_k, \quad (8)$$

2.1. Bulanık Oran Sistemi

Bulanık Oran Sistemi için MOORA Metodu ile Normalleştirilmiş değerler aşağıdaki formül ile (Eşitlik 9) hesaplanır ve işlemlere devam edilir.

- X_{ij} değerlerinin kareleri alınarak her bir amaç için karelerin toplamı alınır.
- Her bir X_{ij} değeri, ait olduğu amaca ait kareler toplamına bölünerek X^*_{ij} ler bulunur.

X^*_{ij} : i alternatifinin j.'nci amaçtaki değerinin normalleştirilmiş halidir. Yapılan hesaplamaların tamamlanmasından sonra, Oran Metodu için tablo değerler hazırlanmış olmaktadır. Optimizasyon için; bu değerler maksimizasyon ya da

$$\tilde{X}_{ij} = (X^*_{ij1}, X^*_{ij2}, X^*_{ij3}) = \begin{cases} X^*_{ij1} = x_{ij1} / \sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij1})^2 + (x_{ij2})^2 + (x_{ij3})^2]} \\ X^*_{ij2} = x_{ij2} / \sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij1})^2 + (x_{ij2})^2 + (x_{ij3})^2]}, \quad \forall i, j. \\ X^*_{ij3} = x_{ij3} / \sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij1})^2 + (x_{ij2})^2 + (x_{ij3})^2]} \end{cases} \quad (9)$$

minimizasyon amaçlarına ait olma durumlarına göre toplanırlar. (Maximum olması istenen değerler "+", minimum olması istenen değerler "-" olarak alınır.)

$$\tilde{y}_i^* = \sum_{j=1}^g \tilde{X}_{ij}^* \ominus \sum_{j=g+1}^n \tilde{X}_{ij}^*, \quad (10)$$

Karara esas tercihler son sıralanmış halini (y_j^*)'lerin sıralanması ile alır. Bu sıralama; ilk geliştirilen MOORA metodu olduğundan, literatürde sadece 'MOORA' olarak da gösterilmektedir [4].

$$BNP_i = \frac{(y_{i3}^* - y_{i1}^*) + (y_{i2}^* - y_{i1}^*)}{3} + y_{i1}^*, \quad (11)$$

Burada BNP_i , En iyi bulanık olmayan performans değerini verir. Sonuç olarak, yüksek BNP değerleri ile üst sırada yer almak birbirleriyle ilişkilidir.

2.2. Bulanık Referans Noktası Yaklaşımı

Bulanık Referans Noktası Yaklaşımı temel olarak Bulanık Oran Sistemi Yaklaşımına dayanır. Maksimum amaç referans noktası (vektörü) r_j Eşitlik 13'e göre

bulunur. j Koordinat olarak Referans noktasının(\tilde{x}_j^+)j kriterinin bulanık maksimum veya minimumu Eşitlik 12.'e göre bulunur:

$$\begin{cases} \tilde{x}_j^+ = \left(\max_i x_{ij1}^*, \max_i x_{ij2}^*, \max_i x_{ij3}^* \right), & j \leq g; \\ \tilde{x}_j^+ = \left(\min_i x_{ij1}^*, \min_i x_{ij2}^*, \min_i x_{ij3}^* \right), & j > g. \end{cases} \quad (12)$$

$$\min_i \left(\max_j d(\tilde{r}_j, \tilde{x}_{ij}^+) \right) \quad (13)$$

Buna dayalı olarak oluşturulan matris “Tchebycheff Min-Maks Metrik” işlemi ile Eşitlik 13.’teki gibi uygulanır. Böylelikle sıralama yapılır.

2.3. Bulanık Tam Çarpım Formu

MOORA yönteminin daha da geliştirilebileceğini savunan, brauers ve zavadskas (2010), her bir karar verme birimi için maximize edilecek ölçütlerle, minimize edilecek ölçütlerin oranı ile yapılacak bir sıralamanın MOORA ile yapılacak sıralamayı test etmek ve objektifliği artırmak üzere katkı sağlayacağını ileri sürmüşlerdir [7].

$$\tilde{A}_i = (A_{i1}, A_{i2}, A_{i3}) = \prod_{j=1}^g \tilde{x}_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\tilde{B}_j = (B_{j1}, B_{j2}, B_{j3}) = \prod_{i=g+1}^n \tilde{x}_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Olmak üzere;

$$\tilde{U}'_i = \tilde{A}_i \otimes \tilde{B}_i, \quad (14)$$

Eşitlik 14.’teki formül uygulandığında, bulanık MOORA yöntemlerini tam çarpım formu ile birleştirerek bulanık MULTIMOORA yönteminin oluşmasını sağlar. Böylelikle, daha objektif bir değerlendirme yapmaya imkan verir. [8].

Genel Faydayı belirten \tilde{U}'_i bulanık sayı değerleri her bir alternatifin için sıralamasının oluşturulmasını sağlar. Yüksek BNP değeri o alternatif için sıralamada diğerlerine nispeten daha iyi bir tercih olmasına imkan verir.

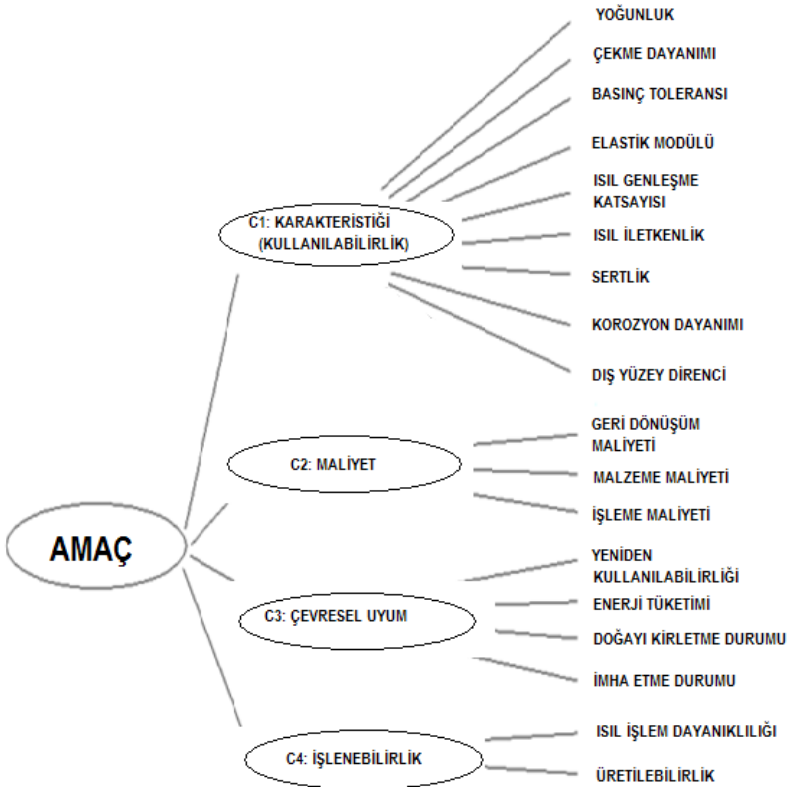
MULTIMOORA-FG çeşitli karar verme birimlerinin değerlendirilmesinde maksimum objektiflik sağlayan yeni çalışmalarla daha da geliştirilebilecek oldukça etkili bir yöntemdir.

3. MALZEME SEÇİMİ: AMPİRİK BİR UYGULAMA

Uygulamada metal malzeme seçimi olarak uçağa ait metal paneli tutan takviyeler ve lonjeronların bulanık ortamda çok ölçütlü grup karar verme yoluyla MULTIMOORA yöntemi yoluyla seçimi yapılmıştır. Kurumsal olarak en iyi malzeme tipi temini için satın alma departmanında sipariş planlama süreci kapsamında bir uzman kurulu (grup) oluşturulmuştur. Grup 4 karar vericiden oluşturulmuştur (DM1, DM2, DM3, and DM4). Ayrıca 7 hammadde içerisinde en iyi alternatifi seçmek durumundadır. Bunlar; “A1: Alüminyum, A2: Alüminyum Alaşım, A3: Çelik (Düşük Karbonlu), A4: Titanyum (Ti) Alaşımı, A5: Çinko (Zn) Alaşımı, A6: Nikel (Ni) Alaşımı, and A7: Bakır (Cu) Alaşımı”dır [18]. Belirlenen uzman grup 4 ana ölçüte bağlı olarak seçim yapmaya karar verecektir.

- (1) Karakteristiği (Kullanılabilirlik açısından) (C1);
- (2) Maliyet (C2);
- (3) Çevresel Uyum (C3);
- (4) İşlenebilirlik (C4)

Bu ana ölçütler Şekil 2’de gösterildiği üzere 18 alt ölçüte bağlıdır. [19].



Şekil 2. Genel Amaç, Ana Ölçütler ve Alt Ölçütler. [19].

Öncelikle, Tablo 1.'deki gibi dilsel ifadeler ve bunların karşılığı olan bulanık sayılar belirtilir.

Tablo 1. Değerlendirmede Kullanılan Dilsel İfadeler

DİSSEL İFADELER	BULANIK SAYILAR
Çok Düşük (Very low - VL)	(0, 0,0.16)
Düşük (Low - L)	(0, 0.16, 0.34)
Orta Seviyeye Yakın (Medium low - ML)	(0.16, 0.34, 0.5)
Orta (M)	(0.33, 0.5, 0.66)
Orta Seviye Üstü (Medium high - MH)	(0.5, 0.66, 0.84)
Yüksek (High - H)	(0.66, 0.84,1)
Çok Yüksek (Very high - VH)	(0.84, 1,1)

Özellikle tüm ölçütler çok düşük seviyeden çok yüksek seviyeye doğru Tablo 1.'deki gibi 7 seviyede dilsel ifadeyle belirtilmiştir. Ardından Tablo 2.'de belirtildiği üzere, 4 karar vericinin herbiri, alternatifleri 4 ana ölçüt kapsamında değerlendirmiştir. Tablo 3.'de ise Tablo 2.'de belirtilen dilsel ifadeler bulanık sayı karşılıkları verilerek gösterilmiştir.

Eşitlik 8.'de verilen bulanık ağırlık ortalamasını bulma formülüyle düzgün katsayılar (uniform coefficient) belirlenir. Bunların herbiri eşit kabul edildiği varsayıldığında, ağırlıklar; $\bar{w}_k = (1/4, 1/4, 1/4)$ gibi olacaktır. Böylece 4 karar vericiden oluşan karar verme grubunun kararları homojen olarak kabul edilir olmuştur. Agregasyon (toplama) sonuçları Tablo 4.'de verilmiştir. Tablo 4.'de verilen toplanmış karar matrisi Eşitlik 9. kullanılarak normalize edilir. Buna ek olarak Eşitlik 12. ve Eşitlik 13.'de formüle bağlı olarak maksimum amaç referans noktası belirlenmiştir. Sonuçlar Tablo 5.'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Dört Uzmana Ait Karar Matrisi

		C1: KARAKTERİSTİĞİ	C2 : MALİYET (EKONOMİKLİĞİ)	C3: ÇEVRESEL UYUM	C4: İŞLENEBİLİRLİK
KARAR VERİCİ 1	A1:ALÜMİNYUM	H	ML	VH	H
	A2: ALÜMİNYUM ALAŞIMI	M	H	M	MH
	A3: ÇELİK (LOW CARBON)	M	VH	L	L
	A4: TİTANYUM (Ti) ALAŞIMI	VH	L	H	ML
	A5: ÇİNKO (Zn) ALAŞIMI	MH	VH	VH	H
	A6: NİKEL (Ni) ALAŞIMI	H	M	VH	VH
	A7: BAKIR (Cu) ALAŞIMI	VH	MH	H	VH
KARAR VERİCİ 2	A1:ALÜMİNYUM	VH	H	L	VH
	A2: ALÜMİNYUM ALAŞIMI	M	VH	H	VH
	A3: ÇELİK (LOW CARBON)	H	H	MH	M
	A4: TİTANYUM (Ti) ALAŞIMI	M	ML	MH	H
	A5: ÇİNKO (Zn) ALAŞIMI	H	H	H	MH
	A6: NİKEL (Ni) ALAŞIMI	VH	H	MH	MH
	A7: BAKIR (Cu) ALAŞIMI	H	MH	M	H
KARAR VERİCİ 3	A1:ALÜMİNYUM	M	MH	H	MH
	A2: ALÜMİNYUM ALAŞIMI	M	H	VH	H
	A3: ÇELİK (LOW CARBON)	H	H	MH	MH
	A4: TİTANYUM (Ti) ALAŞIMI	H	H	ML	M
	A5: ÇİNKO (Zn) ALAŞIMI	MH	H	H	MH
	A6: NİKEL (Ni) ALAŞIMI	M	MH	VH	H
	A7: BAKIR (Cu) ALAŞIMI	H	MH	M	ML
KARAR VERİCİ 4	A1:ALÜMİNYUM	H	MH	VH	M
	A2: ALÜMİNYUM ALAŞIMI	H	H	MH	VH
	A3: ÇELİK (LOW CARBON)	VH	VH	H	VH
	A4: TİTANYUM (Ti) ALAŞIMI	VH	VH	M	ML
	A5: ÇİNKO (Zn) ALAŞIMI	M	MH	MH	MH
	A6: NİKEL (Ni) ALAŞIMI	VH	H	H	MH
	A7: BAKIR (Cu) ALAŞIMI	MH	H	M	VH

Tablo 3. Grup içerisindeki karar vericilerin kriterlere göre kararlarının, bulanık sayılarla gösterimi

		C1	C2	C3	C4
DM1	A1	(0.84, 1,1)	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.5, 0.66, 0.84)
	A2	(0.84, 1,1)	(0.84, 1,1)	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.84, 1,1)
	A3	(0.66, 0.84,1)	(0.66, 0.84,1)	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.5, 0.66, 0.84)
	A4	(0.16, 0.34, 0.5)	(0.16, 0.34, 0.5)	(0.84, 1,1)	(0.33, 0.5, 0.66)
	A5	(0.16, 0.34, 0.5)	(0, 0,0.16)	(0.33, 0.5, 0.66)	(0, 0,0.16)
	A6	(0, 0,0.16)	(0, 0.16, 0.34)	(0, 0,0.16)	(0, 0,0.16)
	A7	(0.16, 0.34, 0.5)	(0.33, 0.5, 0.66)	(0.16, 0.34, 0.5)	(0, 0.16, 0.34)
DM2	A1	(0.66, 0.84,1)	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.84, 1,1)	(0.66, 0.84,1)
	A2	(0.84, 1,1)	(0.66, 0.84,1)	(0.66, 0.84,1)	(0.66, 0.84,1)
	A3	(0.66, 0.84,1)	(0.84, 1,1)	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.33, 0.5, 0.66)
	A4	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.33, 0.5, 0.66)	(0.66, 0.84,1)	(0.33, 0.5, 0.66)
	A5	(0, 0,0.16)	(0.16, 0.34, 0.5)	(0, 0.16, 0.34)	(0, 0.16, 0.34)
	A6	(0, 0,0.16)	(0, 0,0.16)	(0.16, 0.34, 0.5)	(0, 0,0.16)
	A7	(0.33, 0.5, 0.66)	(0, 0.16, 0.34)	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.16, 0.34, 0.5)
DM3	A1	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.66, 0.84,1)	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.5, 0.66, 0.84)
	A2	(0.84, 1,1)	(0.84, 1,1)	(0.66, 0.84,1)	(0.84, 1,1)
	A3	(0.33, 0.5, 0.66)	(0.84, 1,1)	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.5, 0.66, 0.84)
	A4	(0.33, 0.5, 0.66)	(0, 0.16, 0.34)	(0.66, 0.84,1)	(0.33, 0.5, 0.66)
	A5	(0, 0.16, 0.34)	(0.33, 0.5, 0.66)	(0, 0.16, 0.34)	(0, 0,0.16)
	A6	(0, 0,0.16)	(0, 0.16, 0.34)	(0, 0,0.16)	(0, 0.16, 0.34)
	A7	(0.33, 0.5, 0.66)	(0.16, 0.34, 0.5)	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.16, 0.34, 0.5)
DM4	A1	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.33, 0.5, 0.66)	(0.66, 0.84,1)	(0.66, 0.84,1)
	A2	(0.66, 0.84,1)	(0.66, 0.84,1)	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.66, 0.84,1)
	A3	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.84, 1,1)	(0.66, 0.84,1)	(0.5, 0.66, 0.84)
	A4	(0.33, 0.5, 0.66)	(0.33, 0.5, 0.66)	(0.5, 0.66, 0.84)	(0.5, 0.66, 0.84)
	A5	(0.33, 0.5, 0.66)	(0, 0,0.16)	(0, 0,0.16)	(0, 0.16, 0.34)
	A6	(0, 0,0.16)	(0, 0,0.16)	(0, 0.16, 0.34)	(0, 0,0.16)
	A7	(0.16, 0.34, 0.5)	(0.33, 0.5, 0.66)	(0.33, 0.5, 0.66)	(0.33, 0.5, 0.66)

Tablo 4. Her bir alternatif için toplu derecelendirme

	C1	C2	C3	C4
A1	(0.63,0.79,0.92)	(0.5,0.66,0.84)	(0.63,0.79,0.92)	(0.59,0.75,0.92)
A2	(0.79,0.96,1)	(0.75, 0.92, 1)	(0.58,0.75,0.92)	(0.75,0.92,1)
A3	(0.54,0.71,0.88)	(0.79, 0.96, 1)	(0.54,0.71,0.88)	(0.46, 0.63, 0.80)
A4	(0.33, 0.5, 0.66)	(0.21,0.38,0.54)	(0.66,0.84,0.96)	(0.38,0.54,0.71)
A5	(0.13,0.25,0.42)	(0.13,0.21,0.38)	(0.09,0.21,0.38)	(0,0.09,0.25)
A6	(0,0,0.16)	(0,0.09,0.25)	(0.06,0.13,0.29)	(0,0.06,0.21)
A7	(0.25,0.42,0.58)	(0.21,0.38,0.54)	(0.25,0.54,0.71)	(0.16,0.33,0.50)

Yukarıdaki tablodan, her bir kriterin kendi içinde maksimum değerleri (Burada tüm amaçlar maksimize edilmek istendiğinden maksimum değerleri alınmıştır.) belirlenir. Ardından aşağıdaki gibi bu değerlere göre kriterler bazında tüm değerlerin farkı bulunur. Her bir alternatife ait, maksimum farklar bulunur. Bunların minimum olanı ilk olmak üzere sıralamaya alınarak referans nokta yaklaşımına göre sıralama bulunur.

Tablo 5. Karar vericilerin her bir alternatif için verdiği kararların bulanık değerlerinin bütünleştirilerek normalleştirme yapılması.

	C1	C2	C3	C4
A1	(0,23, 0,29, 0,33)	(0,18, 0,24, 0,30)	(0,22, 0,27, 0,32)	(0,23, 0,29, 0,35)
A2	(0,29, 0,35, 0,36)	(0,26, 0,33, 0,36)	(0,20, 0,26, 0,32)	(0,29, 0,35, 0,38)
A3	(0,20, 0,26, 0,32)	(0,28, 0,35, 0,36)	(0,19, 0,24, 0,30)	(0,18, 0,24, 0,31)
A4	(0,12, 0,18, 0,24)	(0,08, 0,14, 0,19)	(0,23, 0,29, 0,33)	(0,15, 0,21, 0,27)
A5	(0,05, 0,09, 0,15)	(0,05, 0,08, 0,14)	(0,03, 0,07, 0,13)	(0, 0,03, 0,10)
A6	(0, 0, 0,06)	(0, 0,03, 0,09)	(0,02, 0,04, 0,10)	(0, 0,02, 0,08)
A7	(0,09, 0,15, 0,21)	(0,08, 0,14, 0,19)	(0,09, 0,19, 0,24)	(0,06, 0,13, 0,19)
R	(0,29, 0,35, 0,36)	(0,28, 0,35, 0,36)	(0,23, 0,29, 0,33)	(0,29, 0,35, 0,38)

Tablo 6. Bulanık Referans Noktası Yaklaşımı

	C1	C2	C3	C4	MAX. DEV.	RANK
A1	0,0495	0,09	0,0137	0,0522	0,09	2
A2	0	0,0133	0,0241	0	0,0241	1
A3	0,0748	0	0,0138	0,0992	0,0992	3
A4	0.1520	0,1944	0	0,1323	0,1944	4
A5	0,2353	0,2436	0,1805	0,2966	0,2966	6
A6	0,3124	0,2892	0,198	0,3055	0,3124	7
A7	0,1809	0,1944	0,0862	0,2138	0,2138	5

En iyi Bulanık Olmayan performans değeri (Best Non-Fuzzy Performance-BNP) yöntemine göre, Bulanık oran sistemi ve bulanık çarpım formu sıralamaları bulunur.

Tablo 7. Bulanık Oran Sistemi ve Tam Çarpım Formu

	FUZZY RATIO SYSTEM			FUZZY MULTIPLICATIVE FORM		
	yi	BNPi	RANK	Ui	BNPi	RANK
A1	(0,851, 1,085, 1,302)	1,0790	2	(0,00201, 0,005356, 0,011137)	0,006167	2
A2	(1,032, 1,287, 1,421)	1,2470	1	(0,00426, 0,010421, 0,01579)	0,010157	1
A3	(0,837, 1,092, 1,288)	1,0725	3	(0,001791, 0,005299, 0,010633)	0,005908	3
A4	(0,54, 0,783, 1,022)	0,7815	4	(0,000262, 0,00132, 0,003995)	0,001859	4
A5	(0,125, 0,273, 0,515)	0,3044	6	(0, 0,000017, 0,00026)	0,000092	6
A6	(0,021, 0,1, 0,328)	0,1497	7	(0, 0, 0,000042)	0,000014	7
A7	(0,313, 0,601, 0,84)	0,5849	5	(0,000036, 0,000488, 0,001908)	0,000811	5

Alternatifler Eşitlik 10. ve Eşitlik 11.'e göre sıralandırılır. Tablo 7.'de görüldüğü üzere 2. alternatif olan "Alüminyum Alaşım" olan malzemenin en iyi seçim, 6. Alternatif olan "Nikel Alaşımı"nın en kötü seçim olduğu görülecektir. Burada, Tam Çarpım Formu alternatifleri değerlendirmek ve sıralama oluşturmak için uygulanmıştır. Bu ikinci yöntem, aynı zamanda seçilecek alternatifi belirleyen destekleyici ve belirleyici bir sonuç sağlamıştır.

Tüm sıralamalar belirlendikten sonra, bulanık çarpım formunda olduğu üzere, MULTIMOORA-FG sıralaması Tablo 8.'deki gibi oluşturulur.

Tablo 8. MULTIMOORA-FG'ye göre adayların sıralaması

	FUZZY RATIO SYSTEM	FUZZY REFERENCE POINT APPROACH	FUZZY MULTIPLICATIVE FORM	FİNAL RANK (MULTIMOORA-FG)
A1	2	2	2	2
A2	1	1	1	1
A3	3	3	3	3
A4	4	4	4	4
A5	6	6	6	6
A6	7	7	7	7
A7	5	5	5	5

MULTIMOORA-FG malzeme ihtiyacı planlamasında ve malzeme seçiminde Bulanık ortamda çok ölçütlü karar vermek için faydalı ve sade bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır [3].

II. PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ

Projenin yenilikçi yönlerini kısaca şöyle sıralayabiliriz:

- İlgili işletmelerde kurumsal kültürün ve grup sinerjisinin gelişmesini sağlayacak ve grup içi işbirliği neticesinde bilimsel yaklaşıma dayalı malzeme seçimi daha kolay yapılabilir hale gelecektir.
- Havacılık ve uzay çalışmalarında sektörün, israf, hurda ve son mamulden kaynaklı ortaya çıkması muhtemel mali kayıpları, azaltılacaktır.
- İnsan, malzeme yapısı ve yarı mamül işlenebilirliği ile çevre duyarlılığı önpanda tutulan malzemelerin kullanımının yaygınlaştırılması sağlanacaktır.

III. PROJENİN MALİYETİ

Projenin maliyeti olarak uzman görüşlerin tecrübe ve bilgi birikimlerinin maddi değerleri ele alınabilir. Ayrıca yapılacak pazar/fiyat araştırmaları da bu kapsamda değerlendirilebilir.

IV. PROJENİN KULLANIM ALANI

Proje; havacılık sektörü ve farklı pek çok sektörde uzman gruplarının görüşlerine başvurulduğu, farklı birçok alternatif içerisinde farklı amaçları kapsayan ölçütlere göre malzeme seçiminin yapılacağı ve bu seçimin ortaya çıkardığı zorluğun indirgenmesi ve/veya giderilmesinin istendiği alanlarda kullanılabilir.

V. PROJENİN YAPILABİLİRLİĞİ / UYGULANABİLİRLİĞİ

Projenin gerçekleşmesinde için havacılık ve uzay çalışmaları alanlarında değerlendirilecek metal malzemeler için; karakteristik, maliyet, çevre hassasiyeti ve işlenebilirlik gibi kriterlerde muhakeme yeteneğine sahip, bilgi birikimi yüksek uzman görüşlerine ihtiyaç duyulur. Bu uzman görüşleri, bulanık dilsel ifadelerle belirtildiğinde, bunlar sayısal ifadelere dönüştürülerek ilgili yöntem ışığında kolaylıkla gerçek hayat olaylarında uygulanabilecektir.

VI. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu çalışmada değer ölçümü yanısıra, referans noktası belirleyerek değerlendirme yapma imkanı sunan MULTIMOORA yöntemi ilk defa 2006 yılında literatüre girmiştir [7].

Öncelikle, oran analizi ve referans noktası yaklaşımına bağlı olarak kabul edilen yöntem tam çarpım formu ile zenginleştirilerek güncellenmiştir [9]. Literatürde MOORA (Oran Analizine Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon) olarak adlandırılan yöntem, daha sonra "Tam Çarpım Formu" ile genişletilerek MULTIMOORA adını almıştır [13].

MULTIMOORA Yöntemi oldukça yeni bir yöntem olup, MOORA yöntemini içeren uygulamalar; Havacılık taşıma sektörünün değerlendirilmesi, Gayrimenkul Satın Alımı İçin Kredi, Geçiş Ekonomisinde Özelleştirme, Yol Dizaynı Optimizasyonu, Tesis Bölgelerinin Kıyaslaması ve MOORA Metodunun Kararlılığı, Bölgesel Gelişim Değerlendirmesi Litvanya Uygulaması, Proje Yönetimi Uygulaması, Yüklenici Firmalar için Sıralandırma 'dır. Literatürde çeşitli MULTIMOORA metodları bulunmaktadır [12]. Ayrıca bulanık sayı teorisi ile güncellenmiş olarak yeralan çalışmalar da mevcuttur [13].

Zadeh 1965 yılında, bulanık mantık teorisini ortaya atmıştır. Teoriye göre, bazı modeller için net sayıları tam olarak tanımlamak zordur. Buna binaen, karmaşık sistemler için bir modelleme aracı olarak bulanık küme teorisi istihdam önerdi. Ayrıca bulanık mantık kapsamında dilsel ifadeler ve çıkarsamalara dayanarak bulanık mantığı tanıtıcı bir rol üstlenmiştir [3].

Bu Çalışma MULTIMOORA-FG yöntemini tanıtıcı bilgiler eşliğinde problem olarak metal malzeme seçiminde Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme yaklaşımı ile çözüm sunmayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, genel kapsamda veya daha spesifik olarak havacılık ve uzay çalışmalarında kullanımının karar vermeyi kolaylaştırması ve daha bilimsel bir yaklaşım tarzıyla en iyi malzemenin seçilmesi üzerinedir.

VII. TARTIŞMA ve SONUÇ

İmalatı yapılacak mamüller için, öncelikle kullanılacak metal malzemelerin belirlenmesinde, uzmanların görüşleri farklılık gösterebilmektedir. Bu farklı görüşlerin kriterler bazında net bir kararı sağlamasının güç olması nedeniyle, seçilecek alternatifin belirlenmesinde objektif, yenilikçi, ucuz ve sade yöntemlerin kullanılmasına ihtiyaç vardır. Yapılan çalışmayla, kullanılacak veya satın alınacak malzeme için, proste, karar verici uzmanlardan müteşekkil gruptan bulanık ifadelerle (fuzzy words) alınan kararlar, belli kriterler bazında değerlendirilerek farklı birçok alternatif arasından seçim yapabilme kolaylığı sağlayacaktır.

Havacılık ve uzay çalışmalarını da ilgilendiren endüstriyel uygulamalarda özellikle metal malzemelerin seçiminin doğru yapılmaması, üretim esnasında ve sonrasında meydana gelebilecek mali kayıplara, nihai ürünün kullanılabilirliğinin azalmasına ve çevreye verilen zararın artmasına neden olmaktadır. Uçağa ait metal paneli tutan takviyeler ve lonjeronların yapısını oluşturan malzeme tipinin seçiminde de seçilecek metal malzemeler, Karakteristiklerine göre ayır edilebilmelerinin yanısıra, seçici kurullar (Grup) için Maliyet; geri dönüşüm, satınalma ve işleme maliyetleri, Çevre Hassasiyetleri; kirlilik, geri dönüştürülebilirlik, enerji sarfiyatı, İşleme; makine işlenebilirliği, ısı dayanımı vs. gibi ölçütlere bağlı olarak bilimsel bir yaklaşımla, bulanık ortamda grup içindeki karar vericilerin kararlarına dayalı olarak seçilebilecektir.

Yapılacak bu metal malzeme seçimi ile beraber hurda ve israf minimize edilebilecektir. Böylelikle, ileriye dönük maksimum tasarrufla çevreye duyarlı kaliteli nihai ürünler imal edilebilecektir. Proje bu yönüyle hem çevre dostu, hem de maddi külfetin indirgenmesini sağlayan bir amacı gütmüştür.

Çalışma yeni yöntemlerle desteklenebilecek ve daha da geliştirilerek kompleks yapılardaki malzeme seçimi problemlerinde uygulanabilecek yeterliliğe sahiptir.

VIII. KAYNAKÇA

1. Karande, P., Chakraborty, S., (2012). Application Of Multi-Objective Optimization On The Basis Of Ratio Analysis (MOORA) Method For Materials Selection. Materials and Design, 37:317–24.
2. Budinski, K.G., Budinski, M.K., (2010). Engineering Materials: Properties And Selection. 9th ed. London: Pearson
3. Balez̃entis A., Balez̃entis, T., Brauers, W.K.M., (2012). Personnel Selection Based On Computing With Words And Fuzzy MULTIMOORA. Expert Systems with Applications 39: 7961–7967.
4. Roy, B., (1996). Multicriteria Methodology For Decision Aiding. Dordrecht: Kluwer Academic Publications..
5. Belton, V., Stewart, T.J., (2002). Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach. Boston: Kluwer Academic Publications.

6. Løken, E., (2007). Use Of Multicriteria Decision Analysis Methods For Energy Planning Problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 1584–1595.
7. Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2006). The MOORA method and its application to privatization in a transition economy. *Control and Cybernetics*, 35(2), 445–469.
8. Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Vilutiene, T. (2008a). Multiobjective Contractor's Ranking By Applying The MOORA Method. *Journal of Business Economics and Management*, 9(4), 245–255.
9. Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K., Peldschus, F., Turskis, Z. (2008b). Multiobjective Decision-Making For Road Design. *Transport*, 23(3), 183–193.
10. Chakraborty, S. (2010). Applications Of The MOORA Method For Decision Making in Manufacturing Environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54, 1155–1166.
11. Kalibatas, D., & Turskis, Z. (2008). Multicriteria Evaluation Of Inner Climate By Using MOORA Method. *Information Technology and Control*, 37(1), 79–83.
12. Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2011a). MULTIMOORA Optimization Used To Decide On A Bank Loan To Buy Property. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(1), 174–188.
13. Brauers, W. K. M., Baležentis, A., Baležentis, T., (2011). MULTIMOORA For The EU Member States Updated With Fuzzy Number Theory. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(2), 259–290.
14. Torlak, G., Sevkli, M., Sanal, M., & Zaim, S. (2011). Analyzing Business Competition By Using Fuzzy TOPSIS Method: An Example Of Turkish Domestic Airline Industry. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 3396–3406.
15. Merigo, J. M., & Casanovas, M. (2011). Induced And Uncertain Heavy OWA Operators. *Computers & Industrial Engineering*, 60, 106–116.
16. Xu, Z. S., & Da, Q. L. (2003). An Overview Of Operators For Aggregating Information. *International Journal of Intelligent Systems*, 18, 953–969.
17. Liu, W., & Liu, P. D. (2010). Hybrid Multiple Attribute Decision Making Method Based On Relative Approach Degree Of Grey Relation Projection. *African Journal of Business Management*, 4(17), 3716–3724.
18. Findik, F., Turan K.,(2012). Materials Selection For Lighter Wagon Design With A Weighted Property Index Method. *Materials and Design*, 37: 470–7.
19. Peng, A., Xiao, X., (2013). Material Selection Using PROMETHEE Combined With Analytic Network Process Under Hybrid Environment. *Materials and Design*, 47: 643–652.

**EPOKSİ MATRİSLİ ARAMİD TAKVİYELİ BALİSTİK
AMAÇLI KOMPOZİT MALZEME**

YUSUF KUZU
ykuzu16@gmail.com

Yusuş KUZU

1990 yılında Balıkesir'in Edremit ilçesinde doğdu. Babası öğretmen, annesi ev hanımı, bir ablası var. 2008 yılında Bursa Erkek Lisesi'nden mezun oldu ve Sakarya Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümünü kazandı. Üniversite yıllarında çeşitli yarışma ve projelerde başarılar elde etti.

Bunların başlıcaları;

Projeler:

SAITEM – Sahimo (Hidrojen Arabası)

SAITEM – Saguar 2 (Güneş Arabası)

SAITEM – Evrim (Elektrikli Araba)

Başarılar:

Germany Shell Eco Marathon 2009 Avrupa 3.lüğü

Australia World Solar Challenge 2009 Dünya 9.luğu

Global Management Challenge 2010 Türkiye 1.liği ve Macau'da Dünya Finali

Formula G 2010 Güneş Arabası Yarışı Türkiye 2.liği

Australia World Solar Challenge 2011 Dünya 14.lüğü

Holland Shell Eco Marathon 2012 Avrupa 7.liği

Formula G 2013 Güneş Arabası Yarışı Türkiye 1.liği

2012 yılında Sakarya Üniversitesi'nden mezun olduktan sonra 3 ay Malta'da İngilizce eğitimi aldı. Aynı zamanda Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği yüksek lisans öğrencisi olan Yusuf Kuzu, 2013 Ocak ayında Bursa'nın en büyük otomotiv parça tedarikçilerinden olan Ermetal Şirketler Grubunda tedarikçi geliştirme mühendisi olarak işe başladı ve hala burada görevini sürdürmekte.

İÇİNDEKİLER

Giriş / Ön Söz

Özet

I. Giriş

1. Matris Malzemesinin Seçimi
2. Takviye Malzemesi Seçimi
3. Üretim Yönteminin Seçimi
4. Balistik Test

II. Projenin Yenilikçi Yönü

III. Projenin Maliyeti

IV. Projenin Kullanım Alanı

V. Projenin Yapılabilirliği/Uygulanabilirliği

VI. Literatür Araştırması

VII. Tartışma ve Sonuç

VIII. Kaynakça

ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR

Bu proje, üniversite yıllarımda katıldığım projelerde kompozit malzemelerle ilgili çalışmalarım sonucu elde ettiğim birikimin merakla birleşmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Üretimi, testleri ve sonuçları büyük imkansızlıklar altında gerçek bir amatör ruh ile tamamlanmıştır.

Başta ailem olmak üzere, mühendislik hayatıma yön veren Sakarya Üniversitesi İleri Teknolojiler Uygulama Topluluğu'na (SAITEM), projede bana fikirleriyle destek olan Doç. Dr. Akın Akıncı'ya ve VI. Necdet Eraslan Proje Yarışması'na katılmamı sağlayan Sn. Fatih Güllü'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2013

Yusuf Kuzu

ÖZET

Günümüzün en önemli ihtiyaçlarından biri hepimizin bildiği gibi enerjidir. Enerji sorunu yüzünden büyük maddi sıkıntılar, ülkesel problemler, hatta savaşlar çıkmaktadır. Enerji sorununu en aza indirmenin yolu da enerji harcanımını azaltmaktır. Bu noktada yapılabilecek en önemli meselelerden biri hafif malzemelerin hayatımıza girmesi ve az enerjiyle çok iş yapabilmektir. Malzemenin hafiflemesini hedeflerken, mekanik değerlerin düşmemesi de bir diğer önemli husustur.

Polimer matrisli kompozit malzemeler henüz tam anlamıyla yaygınlaşmamışsa da, kullanıldığı birçok alanda hafiflik ve enerji verimliliği anlamında büyük avantajlar sağlamıştır. Özellikle havacılık sektöründeki önemi yadsınamaz bir gerçektir. Teknolojinin ve bilimin gelişmesiyle birlikte bu tür malzemelerin yaygınlaşması, hem enerji anlamında büyük avantajlar sağlayacak, hem de geleneksel üretim yöntemlerinin yavaş yavaş değişmesine vesile olacaktır.

Son yıllarda ciddi bir araştırma konusu olan polimer matrisli kompozit malzemelerin en önemlilerinden biri aramid fiberdir. Özellikle balistik anlamda üstün özelliklere sahip olan bu takviye malzemesi hafifliği ile de ön plana çıkmaktadır. Birçok ülkede farklı şekillerde üretilen ve farklı amaçlarda kullanılan bu malzeme ileriki yıllarda balistik amaçlı kullanılan birçok malzemenin yerini alacağı şimdiden açıkça gözükmektedir.

Yapılan bu projede; yenilikçi bir üretim yöntemi olan vakum bagging yöntemiyle form verilen balistik amaçlı malzemenin optimum hafifliği yakalanıp, çeşitli alanlarda kullanımı amaçlanmıştır. Üretilen malzeme ile hem hafifliğin sağlanıp, kullanıldığı araçlarda enerji verimliliğinin artması, hem de dışarıdan gelecek olan silahlı saldırılara karşı balistik savunma yapması sağlanmaya çalışılmıştır.

Vakum bagging yöntemi ile çeşitli kombinasyonlarda epoksi matrisli aramid takviyeli malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir.

Takviye malzemesi 6 farklı şekilde tasarlanmış ve optimum malzeme belirlenmeye çalışılmıştır.

I. GİRİŞ

1. MATRİS MALZEMESİNİN SEÇİMİ

Balistik amaçlı kompozit malzemeler için en önemli etken ağırlık/performans-tır. Bu oran ne kadar düşük olursa, yapılan malzeme o kadar iyidir. Bir diğer önemli özellik de malzemenin mekanik özelliğidir. Bu nedenle takviye malzemeleri epoksi reçine ile üretildi. Epoksi reçine diğer reçinelere göre hem çok daha mukavemetli hem de hafiflik olarak avantajlıdır.

Tablo 1. Matris malzemesinin mekanik değerlere etkisi

MALZEME	Yoğunluk (P) gr/cm ³	Elastik Modül (E) GPa	Özgül K. Modül (E/p)	Çekme Muk. GPa	Maks. Şekil Değiş. %
Aramid & Epoksi	1,35	80	59	1,38	1,70
Aramid&Polyester	1,40	76	54	1,20	1,60

2. TAKVİYE MALZEMESİ SEÇİMİ

Yapılan çalışmada, 2 farklı örgü tipi ve 2 farklı kalınlıkta fiber kullanılmıştır. Örgü çeşitlerinin ve fiber kalınlıklarının balistik amaçlı malzemelerdeki davranışlarının gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Örgü tipleri olarak twill ve plain, plain örgü tipi için de bir kalın bir de ince fiberli malzeme seçilmiştir.

Bu kapsamda yapılan kombinasyonlar;

1. Numune: 10 kat aramid fiber, örgü tipi twill, yönler 0-90
2. Numune: 20 kat aramid fiber, örgü tipi twill, yönler 0-90
3. Numune: 10 kat aramid fiber, örgü tipi plain, kalın fiber, yönler 0-90
4. Numune: 20 kat aramid fiber, örgü tipi plain, kalın fiber, yönler 0-90
5. Numune: 30 kat aramid fiber, örgü tipi plain, kalın fiber, yönler 0-90
6. Numune: 30 kat aramid fiber, örgü tipi plain, ince fiber, yönler 0-90

3. ÜRETİM YÖNTEMİNİN SEÇİMİ

Bir kompozit malzeme üretilirken dikkat edilecek en önemli hususlardan biri matris malzemesinin gereğinden fazla olmamasıdır. Gereğinden fazla matris malzemesi hem fiberlerin işlevini azaltır, hem de malzemenin gereksiz yere ağırlaşmasına neden olur.

Vakum bagging yönteminde, vakumlama sırasında vakum keçesi fazla reçineyi emer ve üretilen kompozit malzemenin gereğinden fazla matris malzemesi içermesini engellenir. Bu nedenle üretim yöntemi olarak vakum bagging seçilmiştir.

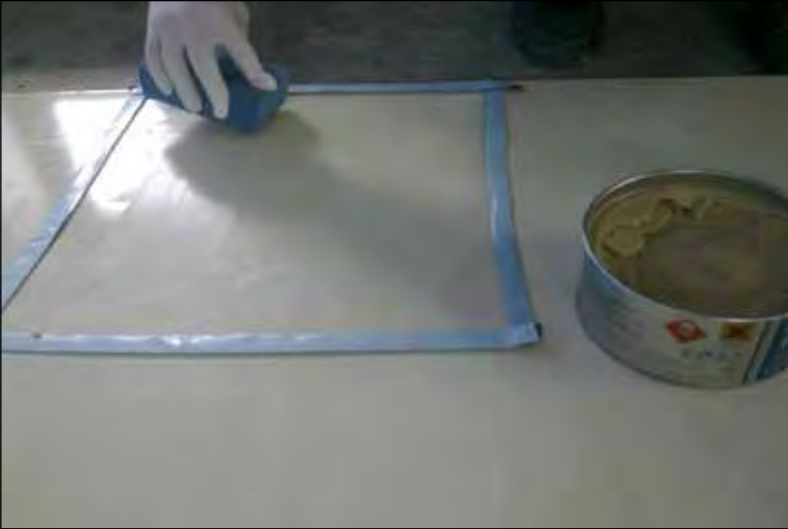
3.1. Üretim Adımları

Adım 1: İlk olarak kalıpta çalışılacak alan belirlenir ve etrafına vakum macunu yapıştırılır.



Şekil 1. Vakum bandının kalıba yapıştırılışı

Adım 2: Kalıp yüzeyi temizlendikten sonra katı ve sıvı kalıp ayırıcılar sürülür. Kalıp ayırıcı, ürünün kalıptan kolay çıkmasını sağlar.



Şekil 2. Kalıp ayırıcı kalıba sürülür

Adım 3: Kesilen aramid fiberler birer birer kalıp üzerine koyulur ve aralarına reçine sürülür.



Şekil 3. Hazırlanmış reçine elyaflara sürülür

Adım 4: Elyafın reçineyle ıslatılması sonrasında katların üstüne özel delikli torba koyulur. Bu sayede hem vakum keçesi ürüne yapışmaz, hem de delikler sayesinde fazla reçine vakum ile dışarı atılır.



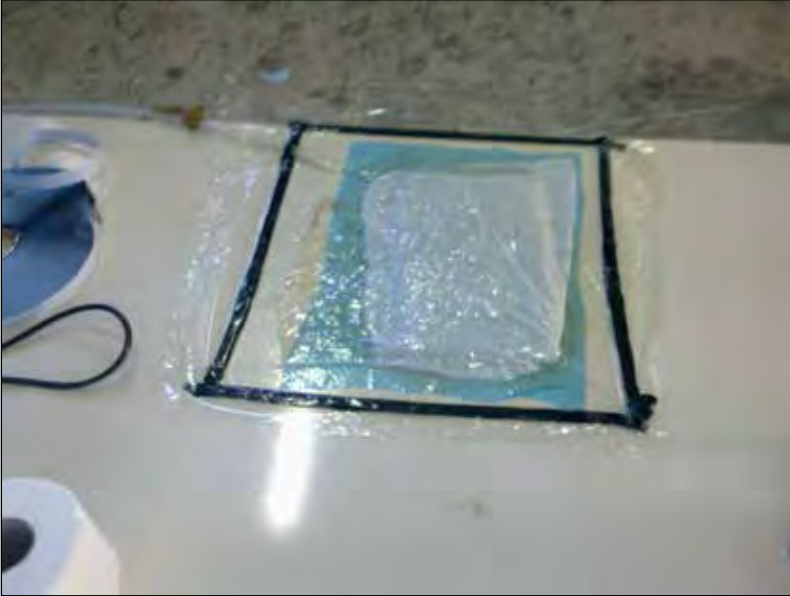
Şekil 4. ıslatılan elyafların üstüne delikli vakum torbası koyulur

Adım 5: Vakum sırasında fazla reçineyi emmesi için vakum keçesi koyulur.



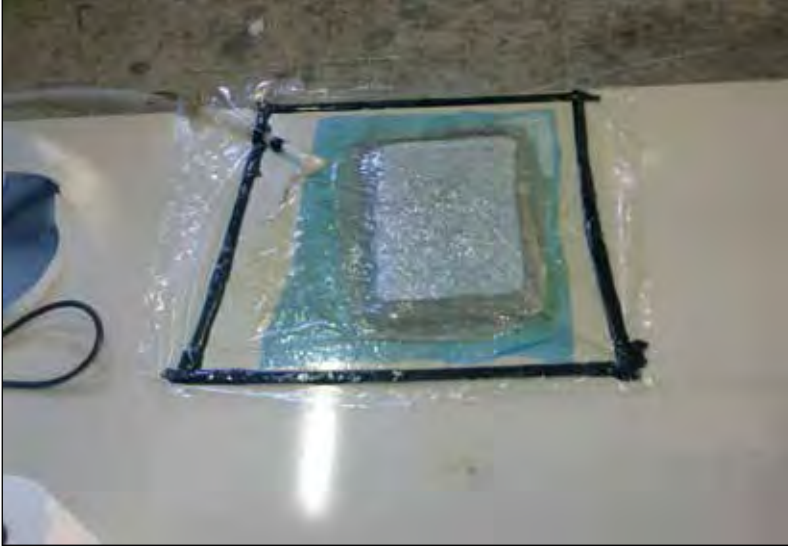
Şekil 5. Vakum keçesinin serilişi

Adım 6: Vakum macununun üzerindeki kağıtlar açılır ve vakum torbası macuna yapıştırılır. Bu işlem sırasında macun ve torbanın birbirine yapışması ve hiç boşluk kalmaması çok önemlidir. Eğer macun torbaya çok iyi yapışmazsa vakum sırasında hava kaçağı olur.



Şekil 6. Vakum torbasının vakum macununa yapıştırılışı

Adım 7: Son olarak vakum pompası çalıştırılır ve k rleŖme ger ekleŖene kadar beklenir.



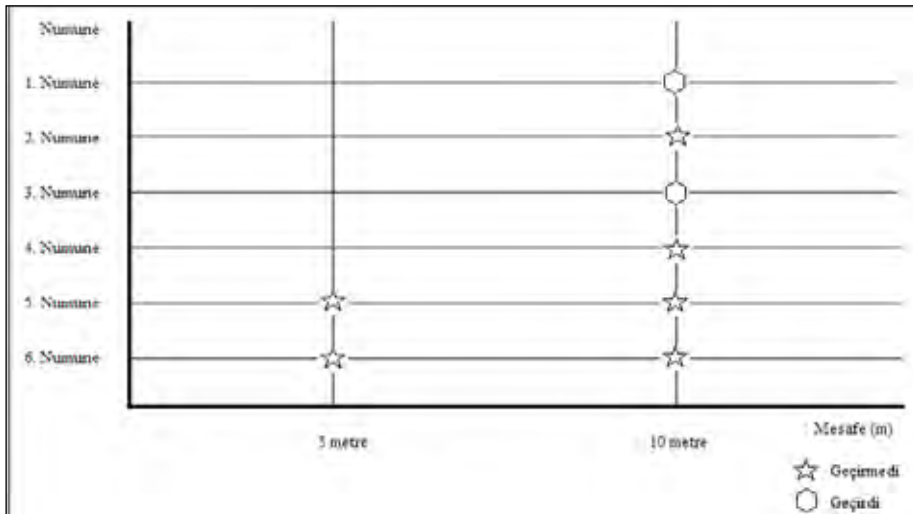
Ŗekil 7. Vakum pompası  alıŖtıktan sonra vakum torbasının yaptığı basınç

4. BALİSTİK TEST

Üretilen 6 farklı malzemeye balistik test yapılmıŖtır. Balistik testte 9 mm'lik kurŖunlar kullanılmıŖtır. AtıŖlar 5 ve 10 metrelik uzaklıklardan yapılmıŖtır.

AtıŖlar sonucunda numunelerin gösterdiği davranıŖlar Ŗu Ŗekildedir;

Tablo 2. Test Sonuçları



Yukarıdaki tablodan anlaşılacağı gibi 10 metre yakınlıktan sıkılan kurşunlarda 4 farklı malzeme kurşun geçirmemiştir. 5 metreden yapılan atışlarda ise 2 farklı malzeme kurşun geçirmemiştir. Kullanılan alana ve amaca göre bu 4 malzemeden biri seçilebilir.

1. Numune: 10 kat aramid, örgü tipi twill, yönler 0-90

Ön yüzey (mermi giriş):



Arka yüzey(mermi çıkış):



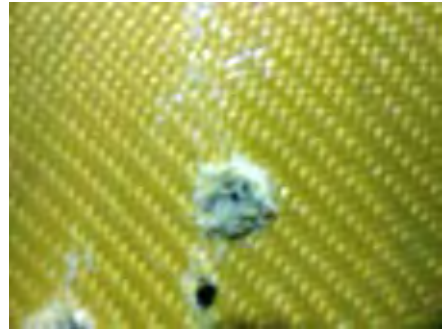
Şekil 8. Numune 1'e ait test sonucu

2. Numune: 20 kat aramid, örgü tipi twill, yönler 0-90

Ön yüzey (mermi giriş):



Arka yüzey (geçirmedi):



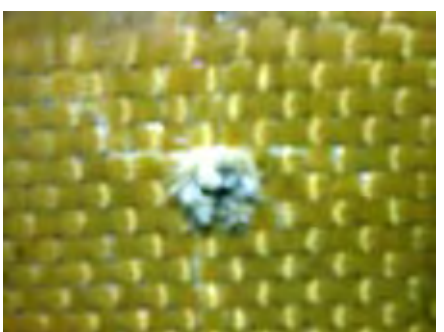
Şekil 9. Numune 2'ye ait test sonucu

3. Numune: 10 kat aramid, örgü tipi plain, yönler 0-90

Ön yüzey (mermi giriş):



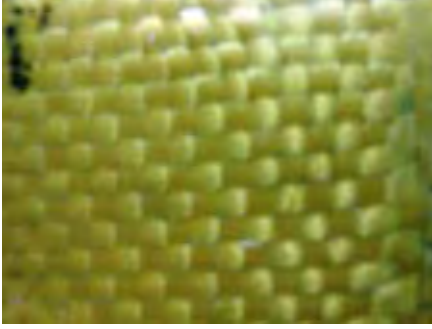
Arka yüzey (mermi çıkış):



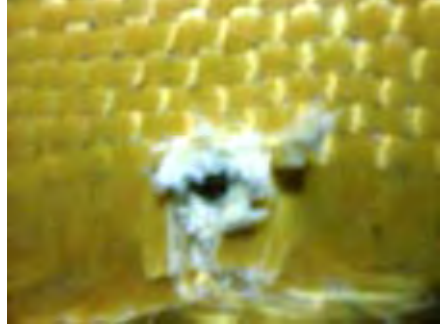
Şekil 10. Numune 3'e ait test sonucu

4. Numune: 10 kat aramid, örgü tipi plain, yönler 0-90

Ön yüzey (mermi giriş):



Arka yüzey (geçirmedi):



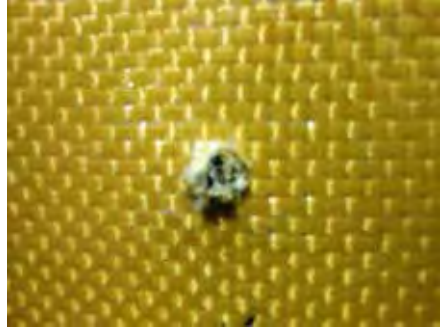
Şekil 11. Numune 4'e ait test sonucu

5. Numune: 30 kat aramid, örgü tipi plain, kalın fiber, yönler 0-90

Ön yüzey (mermi giriş):



Arka yüzey (geçirmedi):



Şekil 12. Numune 5'e ait test sonucu

6. Numune: 30 kat aramid, örgü tipi plain, ince fiber, yönler 0-90

Ön yüzey (mermi giriş):



Arka yüzey (geçirmedi):



Şekil 12. Numune 5'e ait test sonucu

Anahtar kelimeler: Aramid, fiber, epoksi, kompozit, balistik, kurşun, geçirmez, malzeme, enerji, hafif.

II. PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ

Kullanılan takviye malzemesi, matris malzemesi ve üretim yöntemi projenin yenilikçi yönü olarak görülebilir.

Balistik amaçlı kullanılan malzemelerin birçoğu çelik ve alüminyum gibi ağırlık olarak aramidden daha dezavantajlı malzemelerdir. Aramid son yıllarda balistik olarak kullanılmaya başlanmış ve henüz tam olarak yaygınlaşmamıştır.

Kullanılan matris malzemesi epoksidir. Aramidi balistik amaçlı kullanan birçok firma herhangi bir matris malzemesi kullanmamaktadır. Bu da aramidin doğasından dolayı şekil vermeyi engellemektedir. Yapılan bu çalışmada ise aramid, epoksi ile birleştirilmiş ve balistik savunma yapılabilen bir malzemeye şekil verilebilirlik gösterilmiştir.

III. PROJENİN MALİYETİ

Üretilecek ürün, takviye malzemesinin kat sayısına, dolayısıyla epoksi harcınımına göre değişecektir. Fakat şöyle bir maliyet analizi yapmak mümkündür;

Ortalama bir aramid fiberin metre karesi 50 Türk Lirasıdır. Epoksi reçine ise kalitesine göre değişmekte ve litresi ortalama 30 Türk Lirasıdır. Bu durumda kaç metre karelik bir alanın balistik malzeme ile kaplanacağı belirlenmeden kesin bir maliyet analizi yapmak mümkün değildir.

Gerekli ekipmanların başında vakum pompası gelmektedir. Fiyatı 300 TL ile 2000 TL arasında değişmektedir. Vakum torbası, vakum hortumu, vakum keçesi, kalıp ayırıcı ve delikli kumaş diğer gerekli ekipmanlardandır. Bunların fiyatı da oldukça ucuz olup bu malzemenin üretilmesinde yüksek maliyetler çıkarmamaktadır.

Üretimin gerçekleşmesi için bir diğer ihtiyaç ise elektriktir. Elektriğe vakum pompasının çalışmasında gerek duyulmaktadır.

IV. PROJENİN KULLANIM ALANI

Bu proje, en az enerji harcanımının amaçlandığı, dolayısıyla hafiflik istenen ve dışarıdan gelecek olan silahlı saldırılara karşı savunma ihtiyacı olan tüm alanlarda kullanılabilir.

Başlıcaları; üst düzey ülke yöneticilerinin kullandıkları araçların iç kısımları, savaş uçakları, helikopterlerin iç kısımları ve özellikle yakıt depolarının etrafı, yaların elbiselerinin iç kısımları, vb. alanlarda uygulanabilecek bu malzemeler, kişilerin can güvenliğini maksimum seviyede koruyacaktır.

V. PROJENİN YAPILABİLİRLİĞİ / UYGULANABİLİRLİĞİ

Projenin gerçekleşmesi için gerekli olan insan gücü çok fazla değildir. Yalnızca tecrübe sahibi 3-4 kişi bir aracın ya da bir yakıt deposunun üzerini 1 gün içerisinde kaplayabilmektedir. Malzeme üretiminin sonrasında 1 gün beklenmekte ve daha sonra vakum torbası ve keçesi çıkarılmaktadır.

Bu projenin yapılmasında hiçbir teknolojik eksiklik yoktur. Bu nedenle yapılması oldukça kolaydır.

VI. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yapılan literatür araştırmasında, balistik amaçlı aramid fiber kullanılmasına rastlanılmış fakat vakum bagging yöntemiyle aramid fiberlerin üst üste dizilip levha haline getirilmesi veya herhangi bir form verilmesine rastlanmamıştır.

VII. TARTIŞMA ve SONUÇ

Üretilen malzemelere ve test sonuçlarına bakıldığında, bu projenin balistik amaçlı kullanılabileceği, fakat kullanılacak alanın ve amacın çok iyi belirlenip karar verilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Balistik amaçlı kullanılan diğer malzemelere göre avantajları ve dezavantajları vardır;

Avantajları;

1. Hafiflik
2. Korozyon direnci
3. Üretimi için pahalı ekipman gerekmemesi
4. İstenilen şeklin kolayca verilebilmesi

Dezavantajları;

1. İnsan gücüne dayalı olması
2. Otomasyonunun zor olması

Hiçbir malzemeye direkt kurşun geçirmez malzeme denilemez. Her malzeme belirli özellikler katılırsa kurşun geçirmez özellik kazanır. Seramikler, alüminyum alaşımları, alaşımlı çelikler, bazı polimer malzemeler ve aramid fiber gibi malzemelerin hepsi balistik özellik katıldığı zaman kurşun geçirmeme yeteneği kazanırlar.

Aramid fiberin başlı başına kurşun geçirmez bir malzeme olarak bilinmesi genel bir yanılgıdır. Bir kat aramid fiber yalın halde kullanıldığında kurşun geçirmemesi imkansızdır. Aramid fiber sadece balistik amaçlı kullanılan bir malzeme değildir. Aramid fiberlerin belirli özelliklerde dizilmesi ve laminasyon edilmesi sonucu kurşun geçirmez özellik kazandırılır. Bu proje de aramid fibere balistik

özellik verme yöntemlerinden biridir. Diğer yöntemlere göre avantajları ihtiyaca göre kullanılabilir.

Aramid fiberin balistik avantajından faydalanılan birçok alanda matris malzemesiz olarak kullanılır ve bu yüzden sadece giyilen bir kıyafetin veya içinde bulunduğu kalıbın şeklini alabilir. Yani yalnızca aramide herhangi bir form kazandırılmaz. Matris malzemesi aramid fibere hem istenilen formun verilmesini sağlar, hem de balistik özelliğini artırır.

SONUÇ

Hafif, istenilen form kolayca verilebilen ve kurşun geçirmez özellikli bir malzeme amacı güden bu proje, yapılan testler sonucunda istenilen sonuca ulaşılmış ve üretilen malzemenin amaçlanan yerlerde kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Bu proje ile aramid fiberin belirli katlarda lamine edilip, epoksi matris ile üretimi yapıldığında kurşun geçirmezlik özelliği kazandığı ortaya konulmuştur. Bu araştırma balistik sektörü ve kompozit sektörü için bir faydalı model prototipidir. Üretim prosesindeki serbestlikten dolayı her türlü ihtiyaca göre özelleştirilip kullanılabilir.

VIII. KAYNAKÇA

1. AKDOĞAN EKER A., 'Kompozit Malzemeler' Mart 2011, İstanbul
2. ARIKAN A., "Flexibility Improvement of Short Glass Fiber Reinforced Epoxy", Yüksek Lisans Tezi , ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü , Ankara, 2001.
4. İnternet: Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü <http://es.scribd.com/doc/80551602/10/ELYAFLAR>
5. TETİK O., 'Örgülü Kompozit Malzemenin (Glass Epoxy) Ansys ve Abaqus ile Gerilme Analizleri ve Deneysel Kırılma Tokluğunun Hesaplanması', Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Ocak 2007.
6. İnternet: İstanbul Teknik Üniversitesi Uzay ve Uçak Bilimleri Fakültesi, <http://www.gidb.itu.edu.tr/staff/odabasi/KAANKOMP.PDF>
7. KAZANÇ V., 'Kompozit Malzemeler ve Mekanik Özellikleri', Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Bitirme Ödevi, Isparta, 2002
8. ARICASOY O., 'Kompozit Sektörü Raporu' İstanbul Ticaret Odası, Aralık 2006
9. İnternet: 'Havacılık Sanayinde Kullanılan Plastik Matrisli Kompozit Malzemeler', Hava Harb Okulu, 2006, http://www.hho.edu.tr/huten/2003_2004%20SEMINER%20INTERNET%UGUR%20ERUGUR%20ER%5BWORD%5D.pdf

10. AKDENİZ E. 'Kompozit Malzemelerin Basma Testi İçin Aparat İmalatı', Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Bitirme Ödevi, İzmir, Mayıs 2007
11. İnternet: 'Takviye Malzemeleri', Poliya, http://www.poliya.com.tr/urunler/kompozit_malzeme_ekipman/takviye_malzemeleri/
12. ERSOY M. S., 'Lif Takviyeli Polimerik Kompozit Malzeme Tasarımı', Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, Ağustos 2005
13. İnternet: <http://www.turkcadcam.net/rapor/kompozit-malzemeler/index4.html>
14. 'Advanced Materials' Huntsman, https://www.huntsmanservice.com/Product_Finder/ui/PSDetailCompositeList.do?plInfoSBUId=9&PCId=1398
15. İnternet: 'Teknik Özellikler', Girsan, <http://www.girsan.com.tr/tr/regard-mkek>
16. USLU M., 'Docol 22MnB5 Çeliğinin Balistik Özelliklerinin İncelenmesi', İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2007.

HELİKOPTER ACİL STATİK ELEKTRİK ELEKTRİKSEL DEŞARJ SİSTEMİ

FURKAN ÇİZMECİOĞLU
furkanciz@gmail.com

Furkan ÇİZMECİOĞLU

01.06.1977, İstanbul doğumludur.

İstanbul Ticaret Odası Anadolu Teknik Lisesi, Elektronik bölümünden mezun olmuştur. (1992 – 1995)

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği bölümünde lisans derecesini tamamlamıştır. (1996 – 2000)

Daha sonra İstanbul Üniversitesinde de MBA yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. (2002 – 2004)

Çalıştığı yerler;

Beko Elektronik

şu an halen Telpa Telekomünikasyon A.Ş.'de devam etmektedir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

ÖZET

I. GİRİŞ

II. PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ

III. PROJENİN MALİYETİ

IV. PROJENİN KULLANIM ALANI

V. PROJENİN YAPILABİLİRLİĞİ / UYGULANABİLİRLİĞİ

VI. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

VII. TARTIŞMA ve SONUÇ

VII. KAYNAKÇA

Semboller ve Kısaltmalar:

C = Uçağın topraklama arası kapasitesi (mikrofarads)

V = Uçaktan toprağa olan Voltaj (volts)

U = Enerji Seviyesi (Joule)

TAM = Topraklamayı Arttırıcı Malzeme

DC Voltaj = Direk current (doğru akım) zaman göre akım yönü değişmeyen elektrik akımı çeşididir

Hook Man = Kanca vasıtasıyla topraklamayı gerçekleştiren kişi

R.M.S = Root mean square, gerilim veya ceryanın karesinin ortalama değerinin köküdür

Korozif = Katı maddeler ile reaksiyona girerek bu maddelerin yüzeyinde oksit veya tuz oluşumuna neden olma durumu

ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR

Çalışmada, Türk Savunma Sanayii ve Sivil Havacılıkta kullanılan helikopterlerde havada iken toplanan statik elektriğin , gerekli havaalanı ve elektriksel deşarj çalışmasının olmadığı, özellikle acil operasyonel durumlarda devreye girerek, helikopterde toplanan statik elektriğin hemen boşaltılması için sistem tasarımının anlatılması amaçlanmıştır.

Savaş ve tatbikat zamanlarında, helikopterlere ait ilgili gerekli yerlerde hazır bir pistin olmaması beni bu projeye yapmaya şevk etmiştir.

Askerdeyken daha önce lideri olduğum bir projede, lokal olarak helikopterlerin kendine ait pistine indikten sonra statik elektriğin elektriksel deşarj olması için toplama hat sistemini kurmuştum.

Ayrıca daha önce buna benzer acil durumlarda kullanılacak bir sistemin olmayışını farketmem , yenilik üretmek adına beni heyecanlandıran büyük bir etken olmuştur.

Çalışmamda statik elektriğin boşaltılması sırasında kullanılacak ekipmanlar detayları ile verilmiştir. Ayrıca bunların dışında eğer boşaltılma olmaz ise helikopterlerde gerçekleşebilecek zararlar da hem foto hem de detayları ile verilmiştir. Bu projenin ortaya çıkmasını sağlayan ve sistemin Türk Hava Savunma Sanayi ve Sivil Havacılıkta da kullanılabilir olmasına yol açacak olan projenin yazılmasına sebep olan , TMMOB Makina Mühendisleri Odası ve İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Öğretim Üyelerine teşekkürü bir borç bilirim.

Furkan Çizmecioglu

Eylül, 2013

ÖZET

Teknolojinin hızla geliştiği bu günlerde en büyük gelişmelerden biri şüphesiz elektronik alanında yaşanmaktadır. Havacılık sektörü bu gelişmelerin öncüsü konumundadır. Örnek olarak, kara ve deniz taşımacılığında kullanılan GPS sistemi ilk defa uçakların konumlarının belirlenmesi amacıyla geliştirilmiştir.

Havacılıkta elektronik ve dijitalin yaygınlaşmasıyla uçaklardaki mekanik aksamlar, yerlerini elektronik aksamlara bırakmaktadır. Göstergeler ve kumanda iletim hatları elektronik hale gelmiştir. Uçakların elektronikleşmesi, sistemlerin daha hassas olmasına neden olmuştur. Bu da, geçmişe nazaran daha fazla koruyucu sistemlerin varolmasını gerektirmektedir.

Statik Elektrik (durgun elektrik), belli bazı nedenlerle meydana gelen ve zaman zaman arklar şeklinde boşalan elektrik olup ,bu kontrolsüz güç bazı tehlikeler yaratabilir.

Helikopterler büyük miktarda statik elektrik taşımaktadırlar. Toz bulutlarında,rüzgarlarda ve bulutlarda uçarken 350.000 DC V yük taşıyabilirler. Özellikle terörist grupların bozuk havalarda saldırılarını arttırması bu sistemin gerekliliğini açıkça ortaya koymuştur. Bu elektrik elektriksel deşarj edilmediği taktirde helikopterlere büyük zarar verip boşaltılması gereklidir.

Sistemi kurmak için helikopterin altına gelecek şekilde bir kamera konumlandırmak gerekebilir. Pilot tarafından kamera görüntüsü ile atılacak sistemde (iletken ölçümleri yapılmış ,sağlam topraklama kablosu+galvaniz sivri boru+TAM) ve yer görüntüsü de gözetlenmelidir.

Gerekli elektriksel deşarj çalışmasının ve topraklama hattının olmadığı yerlerde,pilot elektrik, mekanik ve çok hızlı (ok gibi) atış sistemlerinden oluşan bu hattı gördüğü kara zeminine atışını yapar ve topraklama direkt başlamış olur. Boru ve iletim malzemeleri boşalıp atıldığı yerde iletkenliği arttıracak bir faktör olacaktır. Daha sonra helikopter inişini tamamlayacaktır.

Sivil bir helikopterin en az 1.200.000 € civarında olduğunu düşünürsek topraklama yapılmamış bir helikoptere statik elektriğin vereceği zarar çok fazla olacaktır. Bu kurulan acil elektriksel deşarj sistemi ile birlikte helikopterlerde oluşabilecek arklar ve kıvılcımlarla başlayan zarar ortadan kalkmış olacaktır.

Anahtar kelimeler:

Topraklama: Elektrik tesislerinde aktif olmayan bölümler ile sıfır iletkenleri ve bunlara bağlı bölümlerin, bir elektrot yardımı ile toprakla iletken bir şekilde birleştirilmesine topraklama denilmektedir. Topraklamanın amacı; meydana gelebilecek bir hata durumunda oluşacak adım ve dokunma gerilimlerinin insan hayatını tehlikeye sokacak mertebede olmasını önlemek veya bu tehlikeli gerilimleri tamamen ortadan kaldırmaktır.

Sıcak Daldırma Galvanizleme:Çelik tel malzemenin sıvı çinko banyosuna daldırılarak yüzeyinin çinko tabakasıyla kaplanması işlemine “Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplama” işlemi denir. Çelik tel malzemelerin çinko ile kaplanmasının temel nedeni, malzemenin korozyona (paslanma) karşı korunmasıdır. Malzeme yüzeyine kaplanan çinko çelik teli bulunduğu ortamın etkilerinden koruyarak uzun süre paslanmadan kullanılabilmesine imkân tanır. Malzemenin kullanım ömrü yüzeydeki çinko kaplama miktarına ve malzemenin kullanıldığı ortama bağlı olarak değişir. Çinko kaplama miktarı arttıkça malzemenin kullanım ömrü artar.

Bentonit:

Bentonit, alüminyum ve magnezyumca zengin volkanik kül , tuf ve lavların kimyasal ayrışması ile veya bozulmasıyla oluşmuş çok küçük kristallere sahip kil minerallerinden (başlıca montmorillonit) oluşan ve ağırlıklı olarak koloidal silis yapıda, yumuşak, gözenekli ve kolayca şekil verilebilir açık bir kayadır.

Bilimsel olarak yumuşak, plastik, poroz, açık renkli özellikte ana mineral olarak smektit grubu minerallerden oluşan içinde koloidal silis bulunan ve camsal magmatik kayaların, genellikle volkanik kül ve küflerin kimyasal ayrışmasına bağlı olarak devitrifikasyonu sonucu oluşmuştur.

Türkiye’de bentonit oluşumları Biga Yarımadası, Gelibolu Yarımadası, Eskişehir ve Ankara, Çankırı, Ordu, Trabzon, Elazığ, Malatya bölgelerinde bulunmaktadır.

Tuz İlavesi:

Topraklamaya su ağırlığının 1/2’i oranında tuz ilave edilecek olursa geçiş direnci %20 oranında azaltılmış olur. Sofra, kaya ve bakır sülfat tuzları için rakamlar geçerlidir. Suyun tesiri ile tuz, elektrod civarından akıp gittiğinden yukarıdaki hesaplar neticesinde çıkan tuz miktarının üç misli doğrudan doğruya elektrodun yanına yedek olarak depo edilmelidir.

Topraklamayı Arttırıcı Malzeme (bileşik dolgu, TAM)

Bu aktif kimyasal toz , özel topraklama sisteminin etkinliğini arttırmak için kötü topraklama ve iklim değişikliği nedeniyle nem varyasyonu farklı alanlarda topraklamayı uygun hale getirmek için bentonit dayalı homojen bir karışım olarak geliştirilmiştir.

İstenen çukur ve elektrod etrafında düşük direnç oluşturmak için bentonit dayalı yüksek bir şişlik özel olarak formüle edilmiş homojen bileşik daha iyi bir iletkenlik ve nem tutma kapasitesi sağlayıp herhangi bir toksik madde içermez ,dolayısıyla güvenlik sağlar. Bu ürünün en büyük avantajı kömür ve tuz kullanımını ortadan kaldırır ve sızıntı veya çatlamaya neden olmaz.

Ürün Özellikleri



Şekil 1: Topraklamayı Arttırıcı Malzeme (bileşik dolgu, TAM)

- Bentonit içerikli
- Yüksek Nem
- Yüksek İletim
- Korozif olmayan
- Toksik olmayan

I. GİRİŞ

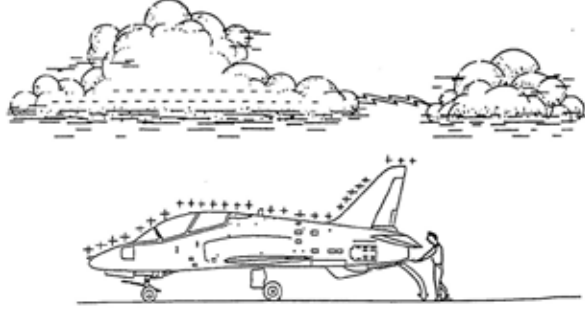
Statik Elektrik (durgun elektrik), belli bazı nedenlerle meydana gelen ve zaman zaman arklar şeklinde boşalan elektriktir. Bu boşalma genel olarak kontrol altına alınamaz ve statik elektrikten faydalanılamaz. Bu kontrolsüz güç bazı tehlikeler yaratabilir.

Pratikte, statik elektrik yüklerinin meydana geldiği olaylara şu şekillerde örnek verebiliriz:

- a. Lastik tekerlekli araçlarda, seyir halinde iken hava ile sürtünme kuvveti sebebiyle statik elektrik yükü birikir. Bu yük, metalik özellikte olmayan fiberglas gövdeli araçlarda daha fazladır. Zira bunlarda geçiş yüzeyinin direnci daha fazladır. Parlayıcı sıvı taşıyan tankerlerde hava ile sürtünme ilaveten tankin içerisindeki sıvının çalkalanması sebebiyle de fazla bir statik elektrik yükü birikir.

Bu nedenle, bu statik elektrik yükünün tehlikeli seviyeye erişmesine mani olmak ve oluşacak yükü sürekli olarak toprağa iletmek için bu araçlarda topraklama zincirleri kullanılması mecburidir.

- b. Fırtınalı havalarda, atmosferdeki bulutlarda statik elektrik yükü birikir. Bu yük, hava hareketlerindeki sürtünmelerden ve yağmur damlacıklarının sürekli çatlamasından oluşur. Neticede farklı polaritedeki bulutlar arasına ve bulutla yer arasında, bu statik elektrik yüklerinin boşalması kendini yıldırım şeklinde gösterir.
- c. Saçlarımız çok temiz ve kuru, ortam havası ise kuru ve elektrikli ise yalıtkan özellikte olan saçlar ile plastik tarak arasında statik elektrik yüklerinin boşalması dengelenmesi neticesinde ortaya çıkan çıtırtılar (elektriksel deşarjlar) duyulur.
- d. Çok yüksek hızla mesafe kateden uçaklarda, yüksek sürtünme kuvveti sebebiyle büyük değerde statik elektrik yükü toplanır. Bunlar uçağın bazı yerlerinde, bilhassa kanatlarındaki sivri uçlar vasıtasıyla sürekli olarak boşluğa atılır. Bilindiği gibi, sivri uçlar fazla elektrik yükünü etrafa yayarlar. Eğer bu boşaltma işi, havada devamlı yapılmıyorsa, uçaklar yere inerken meydana gelebilecek şiddetli elektriksel deşarjlar sebebiyle uçağın infilak etmesi bahis konusu olurdu.



Şekil 2: Yüklü bir uçağa temas eden insan

Yüklü bir uçağa temas eden insan 60 kV deşarj edilip 9 Joules (J)'luk bir enerji akımına maruz kalabilir.

Denklem:

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{2} C \cdot V^2 \\ &= \frac{1}{2} (0.005 \mu F) \cdot (60 \text{ kV})^2 \\ &= 9 \text{ J} \end{aligned}$$

Burada;

C = Uçağın topraklama arası kapasitesi (mikrofarads)

V = Uçaktan toprağa olan Voltaj (volts)

U = Enerji Seviyesi (Joule)

Bu değer eşik enerjisini aşmış olup , ölüme sebep olmaktadır.

Sistemin başlıca kısımları dört sınıfta toplanmaktadır. Bunlar:

- 1.1. Helikopter
- 1.2. Galvanize Topraklama Elektrodu
- 1.3. Topraklama Kablosu
- 1.4. Helikopter atış sistemi ve kumandası

2 (Boşluk 1,0)

1. HELİKOPTER ACİL STATİK ELEKTRİK ELEKTRİKSEL DEŞARJ SİSTEMİ ELEMANLARININ TANITILMASI

1.1. Helikopter

Helikopter, dikey kalkış ve iniş yapabilen döner kanatlı bir hava taşıtıdır. İsmi kökü Yunancada helikopteron yani hareketli kanatlar anlamından gelir. Helikopterler dikey olarak kalkış ve iniş yapabilir ve havada sabit olarak tutunabilirler. Helikopter ve uçakların uçuş prensipleri aslında aynıdır. Uçaklarda tutunma

kuvveti elde edebilmek için uçak hava içinde hareket ettirilir. Ancak kanat, uçak gövdesine bağlı olduğu için sabit bir yapıdadır. Fakat helikopterlerde kanat sabit değil, hareketlidir. Yani helikopterlerde taşıma kuvveti elde edebilmek için döner kanat yani pervane kullanılır.

Pervane iki ya da daha fazla palden meydana gelir. Pervane palinin profili uçak kanadının profili ile aynıdır. Helikopterin motoru palleri döndürür. Paller hava içinde hareket ettikleri için üst yüzeylerinde alçak basınç, alt yüzeylerinde ise, yüksek basınç oluşur. Bu basınç farkı taşıma kuvvetini meydana getirir. Pallerin devir sayısının ve hücum açısının (pallerin havayı karşılama açısı) artması ile bu taşıma kuvvetinin büyüklüğü de artar. Ters bir durumda ise azalır. Taşıma kuvveti helikopterin ağırlığına eşit olduğunda helikopter havada sabit olarak tutunur. Büyük olduğunda dikey olarak yükselir. Daha az olduğunda ise, dikey olarak alçalır.

Pervanenin dönme düzlemi eğildiğinde, yani pervanenin oluşturduğu taşıma kuvvetinin yönü değiştirildiğinde, helikopter ileri - geri ve sağa - sola doğru hareket eder. Böylece helikopterin hava içinde hareket etmesi sağlanır. Pervane sürekli döndüğü için (gövde üzerinde yarattığı moment nedeniyle) helikopterin gövdesini de döndürmeye çalışır. Bunu engellemek için helikopterin kuyruğunda daha küçük olan bir pervane daha kullanılır. Kuyruktaki pervane gövde üzerindeki dönme momentini sönmüler. Ayrıca sönmüleme miktarı değiştirilerek gövdenin dönüşü de sağlanabilir.



Şekil 3 : Helikopter görüntüleri

1.2 Galvanize Topraklama Elektrodu

Topraklama amacıyla kullanılan galvanizli boru Elektrot alanı kristalli bir iletken bir karışımı ile doldurulur (TAM) ve daha sonra sızdırmaz halde basınç uygulanır. Karışım kristalinde son derece iletken olan bileşikler, hem de doğal olarak, korozyon önleyici içerirler. Topraklama sisteminin bu tür, ana toprak elektrot galvanizli gövde ve boş alanı içinde dolu kristal karışımı basıncı ile korozyona karşı korunmaktadır.



Şekil 4: Galvanize TAM dolgulu boru

Teknik Özellikler:

- Burgu Deliği: 9 inch dia
- KA R.M.S Oranları: - 35.68 KA
- Uzunluk: Yere göre 2-3 metre
- Duvar Kalınlığı: 3.6 mm
- Kaplama Kalınlığı: 250 mikron
- Lug Size: 50x10x100
- Terminal Deliği: 13 mm
- Kullanılabilir Alan: - 892 mm²
- Tavsiyeler: Ağır Sanayi ve Ağır Ticari Yerlerde 1,0)

1.3. Topraklama Kablosu

Toprak kablosu inşaat: 2.38 mm (0.094 inç) anma çapında MIL-DTL-83413 kelepçeler ile bağlı olmalıdır. OP 5 kanunu uyarınca, tüm topraklama kabloları kelepçeden kelepçeye veya kelepçeden veya kelepçeden toprağa bağlı olup, spesifikasyonlara uymalı veya verilmemişse 1 ohm'dan aşağı olmalıdır. Kablo uzunluğu ancak kullanıcı operasyonel gereksinimlerine göre uzunluğu belirlenmelidir. Kabloların maksimum 25 ohm veya daha az olması gerekir. Kablolar kullanılmadan önce ölçülerek test edilmesi gereklidir.



Şekil 5: Kelepçe ve fişli kablo makarası topraklama

1.4. Helikopter atış sistemi ve kumandası

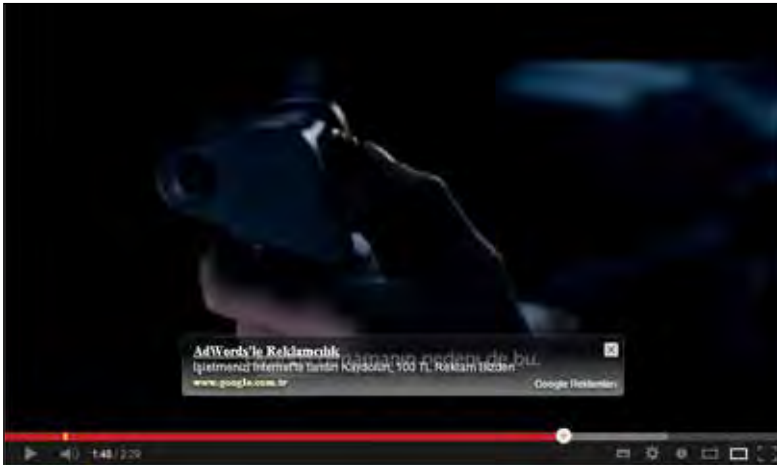


Şekil 6: Pilot kabininden görüntü

Bu atış için aşağıdaki linkten de izleyeceğimiz gibi yönetmeni Justin Lin olan ve 24 Mayıs 2013'te vizyona giren **Hızlı ve Öfkeli 6 - Fast And Furious 6 (2013)** filminin fragmanındaki bu atışın benzerini helikopter kabininden dikey olarak yaparak işlemi başlatabiliriz.

Hızlı ve Öfkeli 6 - Fast And Furious 6 (2013) Fragman

(<http://www.youtube.com/watch?v=XsJAKOHAyUc>)



Şekil 7: 1.48 saniyesinde atış yapılıyor



Şekil 8 : 1.49 saniyesinde atış başlıyor



Şekil 9 : 1.49 saniyede atış tamamlandı



Şekil 10: 1.49 saniyede atış bitiyor



Şekil 11 : Atış sonrası durum.



Şekil 12 : Helikopter tarafından tamamlanan iniş



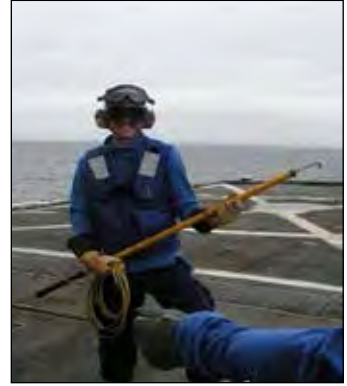
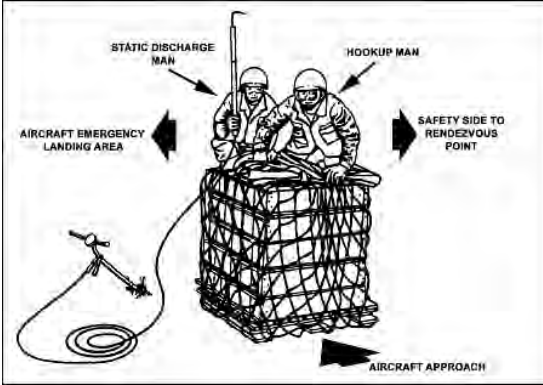
Şekil 13 : Statik elektrik birikmiş helikopter



Şekil 14 : Arklar ve kıvılcımlar oluşan helikopter görüntüsü

II. PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ

Şu anki çalışan sistemlerde helikopterinde ineceği yerlerde gemilerde çalışan bir görevlinin bu sistemi Helikopter Topraklama Çubuğu kullanarak yapması veya topraklama hattı önceden kurulmuş yerlerde yapılmaktadır. Bunda görevlinin olmadığı gerek sivil gerek askeri operasyonlarda kullanılabilir bir yapıdadır.



Şekil 15: Hook-Man görüntüleri

III. PROJENİN MALİYETİ

Proje atış sistemi yaklaşık 100.000 Lira,sistem üzerinde monte işçiliği de ve elektronik atış sistemine bağlanması da 100.000 Lira dersek, yaklaşık 200.000,00 Lira gibi bir maliyet olabilir.

IV. PROJENİN KULLANIM ALANI

Askerdeyken böyle bir topraklama hattı sistemi kurmuştum,bu sistemin her yerde kullanılmasını sağlamak amacıyla düşünülmüştür.

V. PROJENİN YAPILABİLİRLİĞİ / UYGULANABİLİRLİĞİ

Günümüzde bu proje kolayca uygulanabilir ve malzemeler kolaylıkla bulunabilir.

Ayrıca tüm malzemelerin Türkiye’de üretimi kolaydır.

VI. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Amerikan Savunma Bakanlığının Electrical Grounding For Aircraft Safety adlı kitabında eektrostatik teorisi ,Statik enerji kaynakları,Zara eşik seviyeleri ,topraklama ekipmanlarına değinilmiştir. Ayrıca insanlara bu statik elektriğin dokunulduğu zaman ne kadar zarar verildiği de detaylarıyla anlatılmıştır. Topraklama yöntemlerinde çubukları ve elektrodlarının yardımıyla elektriksel deşarjın başlatılmasını detaylarıyla anlatmıştır.

Yıldırımdan Korunma ve Topraklama Derneğinden Elektrik Mühendisi Serdar AKSOY tarafından Doğru Topraklamanın Nasıl Yapılmasının gerektiği derneğin ilgili web sitesinin makalesinde anlatılmıştır. Topraklama Direncinin Azaltılması İçin Alınacak Önlemlerden Nem Miktarının Arttırılması, Tuz İlavesi, Çimli humus ve Tarla toprağı ilavesi, Serbest su ve ilave Topraklamanın yararları detaylarıyla anlatılmıştır.

Sky- Hook , Inc şirketinden Joseph G. Corbin tarafından yapılan buluşla birlikte helikopter kancasıyla ve statik elektrik elektriksel deşarj cihazı ABD 5190331 sistemini anlatmıştır. Burada helikopterlerin düzenli bir havaalanına indiği takdirde, yerde yer alan hook-man dediğimiz ,statik elektriği boşaltmak için helikopter ile yer bağlantısını sağlayacak bir kişinin vasıtasıyla sistemin toplam nasıl çalıştığını anlatmaktadır.

VII. TARTIŞMA ve SONUÇ

Helikopterlerde toz ve damla parçacıklarına bağlı olarak biriken statik elektrik yangın ve patlamalara sebep olabilmektedir. Helikopterler uçaklara göre kendisinde bulunan pervane bıçaklarından dolayı toz bulutundayken 60.000 V ve gevşek dolu kar üzerinde 200.000 volt ölçülmüştür ki bu değer çok tehlikeli bir değerdir.

Sistemin kullanılabilirliği belirtildiği gibi olanaklı olarak gözükmektedir. Tüm sivil ve askeri helikopterlerde bu tip elektriksel deşarj sistemi olması çok önemlidir. Fotoğraflarda da gösterildiği gibi toz bulutunda bulunmuş statik elektrige maruz kalmış helikopterlerin pervanelerinin arklar ve kıvılcımların oluştuğu ve hayati tehlikenin de bulunduğu apaçık ortadır. 1 mJ insanda şok hissini uyan-dırır, 10 ila 30 mJ arası korku etkisi için yeterlidir, 300 mJ unutamayacağınız bir etki yapıp öldürücü değildir fakat 1,350 mJ (1,35 Joule) sizi öldürebilir. Örnekte verildiği gibi 60 KV olarak birikmiş yüke sahip bir hava aracına dokunulduğunda yaklaşık 9 joule'luk bir enerjiye maruz kalmış bir insanın 1 saniye içinde ölümü kaçınılmazdır.

Günümüzde askeri havaalanlarında hook-man dediğimiz ,görevi sabit havaalanlarında kullanılan statik elektrige boşaltmak için yer alan elemanları ,özellikle toz bulutu ,yağmur ve kar gibi iklim koşullarında havaalanı olmayan yerlerde rahatlıkla kullanılabilir. Bu sistem araştırıldığı üzere daha önce hiç kullanılmamış olduğu görülmektedir.

Sistemin kumanda kısmı askeri helikopterlerde roket atışı yapılan butonunun hemen altına , sivil helikopterlerde de kumandaya yakın yerde konuşturulabilir. Kurşun fişeklerinin konulduğu gibi 2 adet de boru fırlatma düzeneğine yerleştirilebilir. Sistemin nasıl kurulacağını mekanik, pnömotik ve elektronik düzenele kolayca oluşturulabilir.

Galvaniz borudaki iletimi artırıcı ve direnç düşürücü bentonit içerikli kristalize toz maddelerin Türkiye'de de üretilmesiyle dışa bağımlılıktan kurtulabiliriz. Toz bulutunun, yağmurun çok olduğu zamanlarda özel durumlarda ikisi birden ateşlenebilir. Ayrıca yedek borular da helikopterlerde yer almalı ve her uçuş öncesi pilot tarafından kontrol edilmelidir.

SONUÇ

Topraklama sayesinde cihaz üzerindeki kaçak akımlar ve statik elektrik toprağa akacaktır böylece canlıların can güvenliğini sağlanacak ve cihazların zarar görmesini önlemektir. Ayrıca meydana gelebilecek bir hata durumunda oluşacak adım ve dokunma gerilimlerinin insan hayatını tehlikeye sokacak mertebede olmasını önlemek veya bu tehlikeli gerilimleri tamamen ortadan kaldırmaktır.

Çalışma için birçok yabancı kaynaktan bilgi edinilmiştir. Bu çalışma ile birlikte özel yerlerde acil kullanılacak elektriksel deşarj sisteminin olmayışı ile

birlikte helikopterlere büyük zarar verilmiş olup, pilot ve diğer yakın kişilerin de ölümcül hayati tehlikesi bulunmaktadır. Topraklamanın nasıl yapılacağına incelendi ve özel galvanizli topraklama hattının atış sistemine bağlı olarak kullanılması incelendi. Daha önce Kırklareli Vize askeriyede kurduğum topraklama hattı sistemini daha da geliştirerek şimdi mobil olarak tüm helikopterlerde kurulması için araştırma yapılarak çalışma yapılmıştır.

Türk havacılık sektörüne katkı sağlayacağına , özellikle bu sistemi yeni üretilen Milli Atak Helikopter T129 ve diğer modellere ekleyebiliriz. Ayrıca yurt dışına da teknoloji ihracatını da başlatmış oluruz. Sistemin daha da geliştirilerek LCD ekrandan da pilota ilgili atış sisteminde meydana gelebilecek arızalar, yedek atılacak boru adetleri gibi datalar gösterilebilir.

VII. KAYNAKÇA

- Cacarbay / 17 Ocak 2012 / Elektrostatik Deşarj - ESD-1/<http://e-atolye.net/2012/01/17/elektrostatik-desarj-esd-1/>
- Cecil Adams / March 30, 2012 / <http://www.straightdope.com/columns/read/3044/can-static-electricity-kill-you>
- Geek / on Mar 29th, 2011 / Helicopter Static-Electricity Phenomenon Explained/<http://realitypod.com/2011/03/helicopter-static-electricity-phenomenon-explained-corona-effect/>
- John E. Pike / 2013 / http://www.globalsecurity.org/military/library/report/call/call_90-7_chp5.htm
- Lankan Ranger / 10-04-2010 / <http://www.defence.pk/forums/air-warfare/75190-helicopter-static-electricity-phenomenon.html>
- Rapid Electrode Pvt. Ltd. / 2013 / Ground Improving Material / <http://www.indiamart.com/rapid-electrod-surat/ground-improving-material.html>
- Wikimedia Foundation, Inc. tescilli / 9 Mart 2013 / Helikopter/<http://tr.wikipedia.org/wiki/Helikopter>

**HİBRİT ROKET MOTORLARINDA DÜŞÜK
FREKANSLI BASINÇ DALGALANMALARININ
KAPALI DEVRE KONTROL İLE AZALTILMASI**

EMRE SONGÜR
emresongur@gmail.com

Emre SONGÜR

24 Eylül 1984 tarihinde İstanbul'da doğmuştur. Lise eğitimini 2002 yılında İzmir 60.Yıl Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 2007 yılında ODTÜ Makine Mühendisliği Lisans ve 2010 yılında ODTÜ Makine Mühendisliği Yüksek Lisans programlarını tamamlamıştır.

2007 – 2011 yılları arasında Roketsan A.Ş.'de arge mühendisi olarak çalışmış olup, 2011 yılından itibaren TEİA.Ş.'de proje mühendisi olarak görev yapmaktadır. Halen Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Yönetim ve Organizasyon Ana Bilim Dalı'nda doktora çalışmalarına devam etmektedir.

İÇİNDEKİLER

Ön Söz

Özet

Giriş

Hibrit Roket Motorlarında Basınç Dalgalanmaları

Düşük Frekanslı Basınç Dalgalanmalarının Önlenmesi

Basınç Dalgalanmalarının Aktif Kontrolünün Deneysel Olarak

İncelenmesi

Projenin Yenilikçi Yönü

Projenin Maliyeti

Projenin Kullanım Alanı

Projenin Yapılabilirliği / Uygulanabilirliği

Literatür Araştırması

Tartışma Ve Sonuç

Kaynakça

ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR

Bu projenin konusu hibrit roket motorlarına dair olup, konunun esas olarak deneysel çalışmalar ile incelenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışma, önerilen sistemin ve testlerin gerçekleştirileceği düzeneğin kavramsal tasarımı ve deneysel çalışmaların planlamasını içermektedir.

Projede kavramsal tasarımı yapılmış olan test alt yapısının uygun bir laboratuvar ortamında kurulması ile sistem dinamiği tespit edilerek uygun kontrol yöntemi belirlenebilecek, kontrolcü parametreleri optimize edilebilecektir.

Eylül 2013

Emre Songür

ÖZET

Hibrit roket motorları yakıtını katı olarak motor gövdesinin içinde bulunduran, sıvı oksitleyicisinin bu katının üzerine püskürtülmesi ile yanmayı sağlayıp itki üreten roket motorlarıdır. Üretim kolaylıkları, güvenli olmaları ve ucuz olmaları nedeni ile gelecekte uzaya ulaşım için çokça kullanılacağı öngörülmektedir.

Büyük boyutlu hibrit motorlarda, yanma sırasındaki basınç dalgalanmaları yaşanmaktadır. Bu basınç dalgalanmalarının önlenmesi ihtiyacı, katı yakıtın geometrisinin tasarımı üzerinde kısıtlar oluşturmaktadır.

Proje ile hibrit roket motorlarının yanma odalarında karşılaşılan ve itki seviyesinde osilasyonlara neden olan basınç dalgalanmalarının aktif olarak kontrol edilebilmesini sağlayarak, basınç çalkalanmalarından kaçınmak için yakıt ve oksitleyici seçimi ve katı yakıt geometrisinin tasarımında karşılaşılan kısıtları azaltmak amaçlanmaktadır.

Proje ile oksitleyici püskürten ana enjektörlerin kontrolünün yanı sıra küçük enjektörler kullanılacaktır. Bu enjektörlerin tasarımı, yerleşimi (ana enjektörlere paralel ve nozul öncesinde) deneysel olarak çalışılacaktır. Bu küçük enjektörlerin debisi ve sprej şekli motor içindeki basınç değerinden geri besleme alınarak kontrol edilecek ve basınç dalgalanmaları engellenecektir. Bunun için yüksek hızda basınç ölçen basınç sensörleri, sıcaklıktan korunmak için uzun tüpler vasıtası ile yanma odasından basınç ölçecektir. Bu tüplerin basınç çalkalanmalarının frekansı ve genliği üzerindeki etkisinin ölçümü etkilememesi için tüpler ile birlikte sensörlerin dinamik kalibrasyonu yapılacaktır. Sensörlerden alınan basınç bilgilerine göre küçük enjektörlerin debilerini ayarlayan bir kontrol algoritması geliştirilecektir. Bu çalışmalar deneysel olarak incelenecektir.

Anahtar kelimeler: Hibrit Roket Motoru, Yanma İnstabilitesi, Düşük Frekanslı Basınç Dalgalanmaları, Kapalı Devre Kontrol

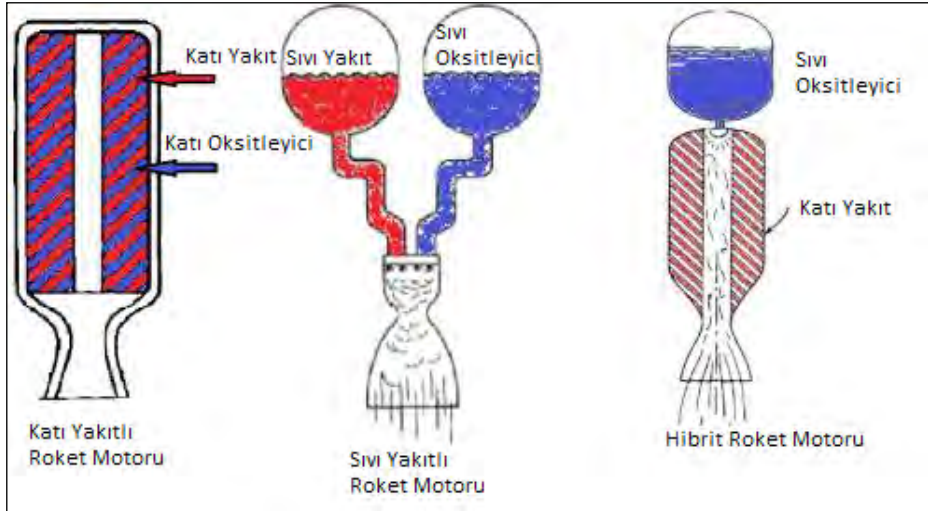
I. GİRİŞ

Proje hibrit roket motorlar yanma odası içindeki basıncı kontrol etmek için kullanılacak sistemde yer alan yüksek frekansta ölçüm yapan basınç sensörlerinin seçimi, basınç sensörlerinin yerleşimi ve dinamik kalibrasyonu, yüksek frekans- ta çalışacak vanaların tasarımı, test motoru tasarımı, basınç dalgalanmalarını önleyici sisteme ait oksitleyici enjektörlerin tasarımı ve yerleşimlerinin seçimi, kontrolcü donanımı seçimi ve kontrol algoritmasının kapsamaktadır. Bu çalış- mada projenin amacı, kapsamı ve yöntemleri belirlenmiştir.

1. HİBRİT ROKET MOTORLARINDA BASINÇ DALGALANMALARI

1.1. Hibrit Roket Motorları

Kimyasal roket motorları yakıtlar içinde bulunan kimyasal enerjiyi itkiye çevir- mektedirler. Kimyasal roket motorlarının başlıca türleri katı yakıtlı roket motor- ları, sıvı yakıtlı roket motorları ve hibrit roket motorlarıdır, şekil 1. Hibrit roket motorlarında sıvı oksitleyici katı yakıt içerisinde yer alan kanala püskürtülerek, yanmanın ısı ile pirolize uğrayan yakıt ile karışarak yanmayı sağlar ve itki üre- tir [5,7].



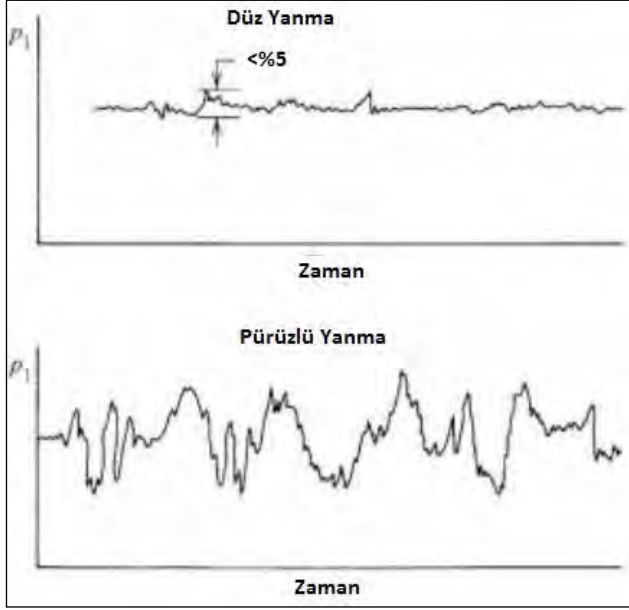
Şekil 1. Kimyasal Roket Motorları [7]

1.2. Hibrit Roket Motorlarında Basınç Dalgalanmaları

Yanma olayı durağan rejimde gerçekleşmemektedir. Yanma sırasındaki basınç değişimleri stokastik olduğu ve %5'in altında kaldığı durumda yanma düz yan- ma olarak sınıflandırılabilir. [7] Ancak basınç çalkalanması %5 değerini geçtiğinde, çalkalanmaların stokastik karakterini koruması durumunda yanma

pürüzlü olarak nitelendirilmektedir. %5 değerinden daha büyük olarak gerçekleşen çalkalanmalar düzenli bir karakter sergilemeye başladığında yanma instabilitesinden bahsedilebilmektedir [7].

Şekil 2. Düz ve Pürüzlü Yanma [7]



Yanma instabilitesi frekanslarına göre üçe ayrılabilir. 100 Hz frekansa kadar düşük frekanslı yanma instabilitesi, 100 Hz -1000 Hz arası orta frekanslı yanma instabilitesi ve 1000 Hz üzeri yüksek frekanslı yanma instabilitesi olarak adlandırılmaktadır [6].

Karabeyoğlu [4] ve Whitmore [8] yaptıkları çalışmalarda, hibrit roket motorlarında %6 ile %9 arasında değişen basınç dalgalanmalarını raporlamışlardır. Karabeyoğlu tarafından yapılan çalışmada, basınç dalgalanmalarının spektrumunda 30 Hz ve 350 Hz frekanslarında tepe noktaları bulunmuş ve 30 Hz'deki tepe düşük frekanslı hibrit motor basınç dalgalanmaları olarak aktarılmıştır.

Sliphorst [6] ve Karabeyoğlu [5] düşük frekanslı instabilitenin kaynakları olarak besleme sistemi ile olan etkileşimleri, sıvı oksijen kullanılan motorlarda oksitleyici buharlaşması gecikmesini ve hibrit roketlerdeki yanma mekanizmasının kendisini belirtmiştir.

2. DÜŞÜK FREKANSLI BASINÇ DALGALANMALARININ ÖNLENMESİ

Düşük frekanslı basınç çalkalanmalarının önlenmesi için kullanılan yöntemler pasif yöntemler ve aktif kontrol yöntemleri olarak ikiye ayrılabilir. Burada pasif yöntemlerden kasıt, tasarımda bir değişiklik yapılması ya da yeni

bir işlev eklenmesidir. Aktif yöntemlerde ise geri bildirim alınarak kapalı devre kontrol sistemi ile basınç dalgalanmaları önlenmektedir.

2.1. Pasif Yöntemler (Tasarım Değişiklikleri)

Pasif yöntemler; yakıt ve motor geometrisinin değiştirilmesi, ısıtıcı kullanımı, kimyasal kullanımı ve enjektör tasarımı olarak sıralanabilmektedir. Yakıt ve motor geometrisi değiştirilerek, enjektör ile yakıt çekirdeğinin başladığı kısım arasındaki hacmin ve yakıt çekirdeğinin bittiği yer ile nozul boğazı arasındaki hacmin değiştirilmesi ile düşük frekanslı basınç dalgalanmalarının azaltılabileceği Greiner [2] tarafından yapılan çalışmada gösterilmiştir.

Karabeyoğlu [4] Lockheed Martin'in sıvı oksijenin buharlaştırılması için hibrit ısıtıcılar kullanıldığını ve enjektör çıkışına yakın bölgeye sıcak gaz püskürtüldüğünü, AMROC motorlarında ise trietilalüminyum kullanılarak sıvı oksijenin buharlaştırıldığını aktarmıştır. Karabeyoğlu [4] ayrıca enjektör tasarımı ile bu yöntemlere gerek kalmaksızın basınç dalgalanmalarının azaltılabileceğini önermiştir.

2.2. Aktif Kontrol Yöntemleri

Düşük frekanslı yanma instabilitesinin aktif kontrolü ilk olarak gaz türbinlerinde denenmiştir. Hermann [3] 260 MW güçteki gaz türbini üzerinde yaptığı çalışmada 24 ateşleyicinin tamamında, piezoelektrik sensörler ile basınç ölçümü olarak geri bildirim olarak kullanan ve yakıt debisini kontrol eden aktif sönümlenme yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda Hermann aktif ve pasif yöntemleri birlikte kullanmanın daha faydalı olacağı sonucuna varmış ve aktif kontrolün mevcudiyetinin daha esnek bir kullanım sağlayacağını belirtmiştir [3].

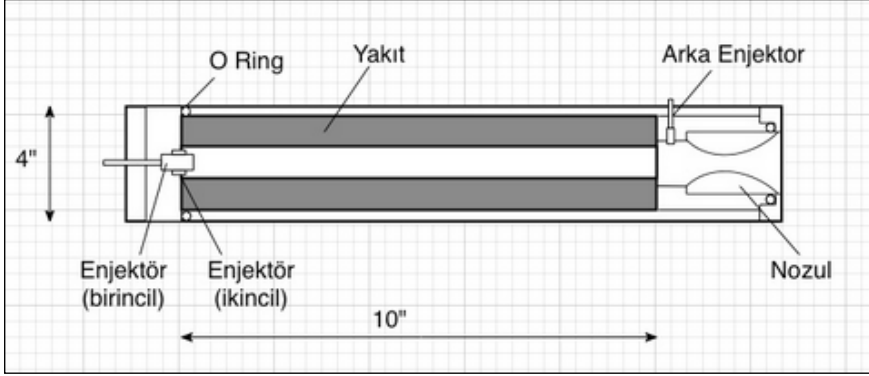
Hermann [3] tarafından kullanılan prensiplerin hibrit roket motorlarına uygulanmasını yapan Whitmore [7], çalışmasında N₂O ve HTPB kullanılan bir hibrit roket motorunda basınç ölçümünden alınan geri bildirim enjektöre beslenen oksitleyici hattı üzerindeki vanayı süren servo motorun PID kontrolcü ile kontrolünde kullanılmıştır. Çalışmada ticari olarak bulunabilir ekipmanlar kullanılmıştır.

3. BASINÇ DALGALANMALARININ AKTİF KONTROLÜNÜN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Basınç dalgalanmalarının deneysel olarak incelenmesi kapsamında bir test motorunun tasarımı, test düzeneği kurulması, sistem modellemesi ve karakterizasyonu, kontrolcü tasarımı ve aktif kontrole etki eden parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir.

3.1. Test Motoru

Proje kapsamında kullanılacak test motorunun laboratuvar ortamında ateşlenebilmesi, yakıt üretimi ve test maliyetlerinin düşük olması ve güvenli olması tercih edilecektir. Bu nedenle 1 kN altında itkiye sahip benzer çalışmaların yapıldığı motorlar ile aynı boyutlarda azami 4" çapında bir motor kullanılması uygun olacaktır. Yakıtın ucuz olarak üretilebilmesi için HTPB yerine parafin bazlı bir yakıt kullanılması uygun olacaktır. Oksitleyici olarak ise depolama ve temin için ek maliyetler gerektirecek sıvı oksijen yerine toksik olmayan ve depolanabilen N_2O kullanımı uygundur. Test motorunun kavramsal resmi şekil 3'de verilmiştir.

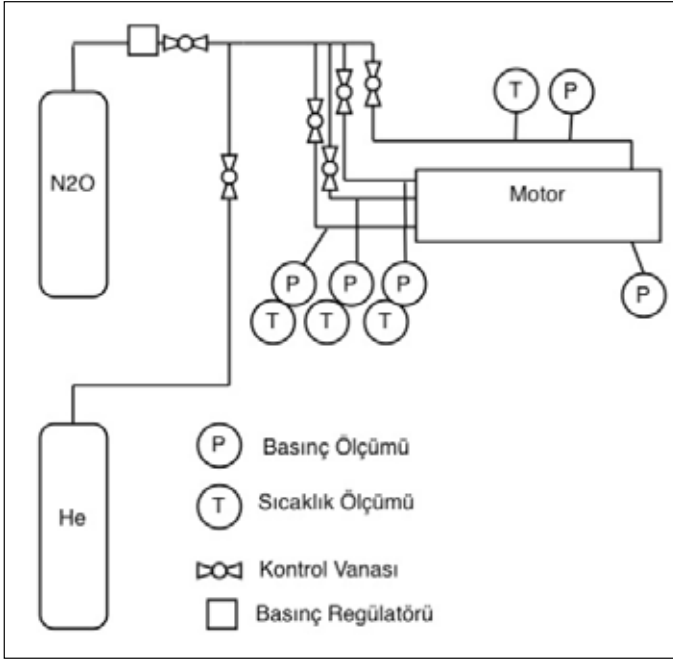


Şekil 3. Test Motoru Kavramsal Resmi

Enjektördeki oksitleyici debisinin kontrolünün yanı sıra daha düşük debilerde oksitleyici püskürtülen ikincil enjektörlerin kontrolünün ve nozul öncesindeki boşluğa oksitleyici enjeksiyonunun da etkilerinin incelenebilmesi için ikincil ve arka enjektörler de kullanılacaktır.

3.2. Test Düzeneği (Besleme Sistemi ve Enstrumantasyon)

Test düzeneğinde oksitleyici besleme sistemi ve enstrumantasyon bulunacaktır. Oksitleyici besleme sistemi birincil, ikincil ve arka enjektörlere giden hatlardaki debileri kontrol edecektir. Hatların test sonrasında boşaltılması için inert bir gaz ile boşaltma hattı yapılacaktır. Tüm hatlar üzerinden basınç ve sıcaklık, motor içinden de basınç ölçümü yapılacaktır. Test düzeneğinin şematik çizimi Şekil 4'te verilmiştir.

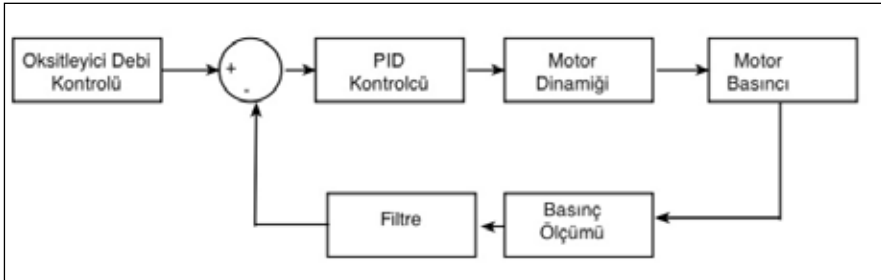


Şekil 4. Test Düzeneği Şematik Çizim

Basınç ölçümleri için Kulite XTME-100 yüksek sıcaklığa dayanıklı ve yüksek frekans cevabı olan piezoelektrik sensörler kullanılacaktır. Motor içinden yapılacak ölçümde sıcak gazların zarar vermemesi için uzun bir tüp ile sensör motora bağlanacaktır. Bu tüpün ölçümü etkilememesi için çap ve boyu Helmholtz frekansı dikkate alınarak seçilecektir. Kontrol için NI Compact RIO donanımı kullanılacaktır.

3.2. Testler

Testler; motor dinamiğinin belirlenmesi ve transfer fonksiyonunun bulunması, yalnızca ana enjektör kullanıldığı durumda oksitleyici debisi PID kontrolcü parametrelerin doğrulanması, ikincil ve arka enjektörlerin kullanımının incelenmesi amaçları ile yapılacaktır.



II. PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ

Hibrit roket motorlarında basınç çalkalanmaları oldukça sık karşılaşılan bir sorundur. Bu soruna çözüm olarak, yakıt geometrisinin değiştirilmesi ve ısıtıcı kullanılması gibi roket motorunun tasarımını büyük ölçüde etkileyecek kısıtlayıcı çözümler ya da trietilalüminyum gibi zararlı kimyasalların kullanımı yerine aktif sönümleme sistemlerinin kullanılması tasarım sürecini kolaylaştıracak ve kullanımda güvenliği arttıracaktır. Literatür taraması sırasında, yanma odasındaki düşük frekanslı basınç dalgalanmalarının aktif olarak, kapalı devre kontrol ile sönümlenmesinin hibrit roketlere uygulamaları konusunda 2012 yılı öncesi yayına rastlanmamıştır. Buradan da önerilen yöntemin güncel olarak çalışılmakta olduğu anlaşılmaktadır.

III. PROJENİN MALİYETİ

Proje kapsamındaki ekipman, malzeme ve personel gereksinimi aşağıda listelenmiştir. Bu gereksinime göre ekipmanlar için 800.000 TL, malzemeler için 250.000 TL ve araştırmacı personel için 300.000 TL olmak üzere toplam proje maliyeti 1.350.000 TL olarak öngörülmüştür. Proje kapsamında 4 araştırmacının çalışması öngörülmüştür.

Proje kapsamında gerekli olan ekipmanlar:

- 1) Test motoru
- 2) National Instruments Compact RIO Kontrol Donanımı
- 3) Parafin yakıt hazırlama ekipmanları
- 4) Yakıt için kalıp
- 5) Kulite piezoelektrik basınç sensörleri
- 6) Diğer muhtelif sensörler
- 7) Oksitleyici tankı
- 8) Oksitleyici besleme ekipmanları, vanalar ve servo motorlar
- 9) Kontrol için MATLAB ve Simulink lisansı
- 10) Üç boyutlu modelleme, akışkan analiz ve yapısal analiz yazılımı lisansları
- 11) Proje kapsamında gerekli malzemeler:
- 12) Oksitleyici
- 13) Yakıt malzemeleri
- 14) Çeşitli metalik malzemeler

IV. PROJENİN KULLANIM ALANI

Günümüzde pek çok özel şirket uzaya daha ucuz ve güvenli ulaşım yolları aramaktadır. Halihazırda birden fazla şirket uzaya turistik seyahat düzenlemek-

tedir. Ülkemizde dahi çeşitli firmalar reklam amacı ile uzaya turistik seyahat bileti ödülleri vermektedir. Uzaya ucuz ve güvenli ve sivil ulaşımı imkanı kılan teknolojilerin en önemlilerinden biri hibrit roket motorlarıdır. Yakın zamanda AMROC ve Scaled Composites şirketleri yaptıkları denemeler ile hibrit roketlerin uzaya ulaşım için kullanılabilirliğini gözler önüne sermiştir. Hibrit roket motorlarının uzaya ulaşımın yanı sıra uydu itki sistemleri, ya da gezegenlere iniş motorlarında da kullanılmaları planlanmaktadır. Proje ile hibrit roket motorlarında karşılaşılan basınç dalgalanmaları azaltılacağından, uzay araçlarının motorlarının tasarımında kullanım imkanı bulabilecektir.

V. PROJENİN YAPILABİLİRLİĞİ / UYGULANABİLİRLİĞİ

Projenin gerçekleşmesi için gereken insan gücü, yüksek hızda ölçüm yapan basınç sensörleri, kontrol donanımları ve vanalar mevcut teknolojik seviye ile yapılabilmektedir. Bu konudaki çalışmaların geçmişi 1984 yılına kadar gitmekte ve Anuradha'ya gıre [1] yanmanın aktif kontrolünün yapılabilir ve sonuç veren bir teknoloji olduğu görüşü yaygınlaşmaktadır.

Projede kullanılabilir nihai ürün değil, uygulamaya yönelik deneysel bilgi birikimi geliştirilecektir.

VI. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür taramasına ilk olarak roket motorları ve hibrit roket motorları ile ilgili genel bilgi veren kaynaklar araştırılarak başlanmıştır. Bu amaçla Sutton [7] tarafından yazılan kitap kullanılmıştır. Daha sonra hibrit roket motorlarındaki basınç dalgalanması sorunlarının tespit edilebilmesi için hibrit roket konularındaki deneysel çalışmalar ve hibrit roket motorlarının dinamik modelleri ile ilgili makaleler araştırılmıştır. Bu kapsamda Karabeyoğlu [4,5] ve Greiner [2] tarafından yapılan çalışmalar incelenmiştir. Sorunun tespitinin ardından hibrit motorlardaki uygulamalardan önce benzer yanma odalarındaki sorunların incelendiği ve aktif kontrolünün yapıldığı makaleler taranmış ve gaz türbinleri ile ilgili olarak Hermann [3] ve sıvı yakıtlı roket motorları ile ilgili olarak Sliphorst [6] tarafından yazılan makale ve doktora tezi kullanılmıştır. Son olarak aktif kontrol uygulamalarının hibrit roketlerde kullanımı araştırılmış ve Whitmore'un [8] 2013 yılına ait yüksek lisans tezi ve makalelere ulaşılmıştır. Yazar bu çalışmalarına ait makalede hibrit roket motorları için benzer bir uygulamaya rastlamamış olduğunu belirtmektedir. Son olarak, yanmanın aktif kontrolü konusundaki temel bilimsel kavramları ve genel değerlendirmeyi incelemek amacı ile Anuradha'nın [1] MIT Makine Mühendisliği Bölümü'ndeki yanma instabilitesinin aktif kontrolünde teori ve pratikler konulu ders notlarından faydalanılmıştır.

VII. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışma yeterli bütçe bulunduğu takdirde deneysel olarak gerçekleştirilebilecek hibrit roket motorlarında yanmanın kapalı devre kontrol ile aktif olarak kontrol edilmesi ve düşük frekanslı basınç dalgalanmalarının azaltılması çalışmalarının amaç, kapsam ve yöntemini anlatmaktadır.

Hibrit roket motorlarında yanma instabilitesi olarak yorumlanabilecek, 100 Hz değerinin altındaki düşük basınç dalgalanmaları sıklıkla görülmektedir. Bu dalgalanmaların pasif olarak giderilmesinde kullanılan geometrinin değişmesini gerektiği için tasarımı kısıtlayıcı, ısıtıcı kullanılması gibi motorun tasarım ve çalışma prensibini değiştiren ya da zehirli kimyasalların kullanımını gerektiren yöntemlere alternatif olarak kapalı devre kontrol kullanılarak aktif kontrol yapılması karmaşıklığı çok arttırmadan tasarım kısıtlarının genişlemesine katkıda bulunacaktır.

Aktif kontrol konusunda farklı yanma odalarında kullanılan yöntemler umut vaat etmekte ve faydalı sonuçlar doğurmaktadır. Ancak olumlu sonuçlar alınan örneklerde, bu sonuçların alınmasını sağlayan mekanizmalar henüz tam anlamıyla anlaşılmamıştır. Ayrıca konunun hibrit motorlara uygulaması henüz oldukça kısıtlıdır. Literatürde yer alan çalışmada enjektördeki oksitleyici debisini kontrol edilmesinin yanı sıra, farklı enjektörlerin de kullanımı değerlendirilmiştir. Ayrıca literatürdeki çalışmalarda yanmanın aktif kontrolü için kullanılan yöntem klasik PID kontrol yöntemleridir. Aktif kontrolün daha güvenilir ve daha geniş şartlarda uygulanabilir olması amacıyla zaman gecikmeli ya da adaptif kontrol yöntemleri gibi güncel yaklaşımların kullanımı da incelenmelidir.

SONUÇ

Bu araştırmanın sonucunda hibrit roket motorlarındaki düşük frekanslı basınç dalgalanmalarının aktif kontrolün yapılabilmesi amacıyla gerçekleştirilecek deneysel çalışmaların amacını, kapsamını ve yöntemini belirlenmiştir. Böylece hibrit motor tasarımı gelişen sensör, aktüatör ve kontrol teknolojilerinin yardımı ile daha az kısıt ile yapılabilir olacaktır. Ayrıca bu çalışmaların sonucunda hibrit motorların daha güvenilir olmasına katkıda bulunulmuş olacaktır. Son olarak, kurulacak test altyapısı ile yanmanın aktif kontrolünde kullanılacak modern kontrol yöntemlerinin de çalışılabileceği bir altyapı kazanılmış olacaktır.

VII. KAYNAKÇA

1. Anuradha M. A., Ghoniem A.F. "Active Control of Combustion Instability: Theory and Practice", Ders Notu, MIT Makine Mühendisliği Bölümü
2. Greiner B., Frederick R. A. Jr., "Results of Labscale Hybrid Rocket Motor Investigation", (1992), AIAA/SAE/ASME/ASEE 28th Joint Propulsion Conference and Exhibit, AIAA92-3301
3. Hermann J., Orthmann A., Hoffmann S., Berenbrink P., "Combination of Active Instability Control and Passive Measures to Prevent Combustion Instabilities in a 260MW Heavy Duty Gas Turbine" (2000) RTO MP-051.
4. Karabeyoglu A., Zilwa S., Cantwell B., ve Ziliac G., "Transient Modeling of Hybrid Rocket Low Frequency Instabilities", (2003), AIAA-2003-4463
5. Karabeyoglu A., "Hybrid Rocket Propulsion for Future Space Launch" (2008), Sunum, Aero/Astro 50th Year Anniversary
6. Sliphorst, Mark, "High Frequency Combustion Instabilities of LOx/CH4 Spray Flames in Rocket Engine Combustion Chambers" (2011) Doktora Tezi, Delft University
7. Sutton, G.P., Biblarz, O., "Rocket Propulsion Elements", (2001) seventh edition. John Wiley & Sons, Inc.
8. Whitmore, Stephen and Peterson, P. Z., "Closed-Loop Precision Throttling of a Hybrid Rocket Motor" (2013).Mechanical and Aerospace Engineering Faculty Publications. Paper 35.

**LAZER KAYNAKLI UÇAK MOTOR
PARÇALARINDA KAYNAK HASSASİYETİ İÇİN
VARESTRAINT TEST DÜZENEGİ**

SİNEM ÇEVİK ÜZGÜR, MELİH CEMAL KUŞHAN
sinemu@omu.edu.tr, mkushan@ogu.edu.tr

Sinem Çevik ÜZGÜR

2001 yılında ODTÜ, Metalurji ve Malzeme Mühendisliğinden mezun olan araştırmamız, yüksek lisansını Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Metalurji Mühendisliğinde 2003 yılında tamamlamıştır ve halen doktorasına Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Makine Mühendisliği, İmalat ve Konstrüksiyon Bilim Dalında devam etmektedir. Uzmanlık alanları; süperalaşım, metallerde korozyon, kaynaklı malzemelerde sıcak ve soğuk çatlak hassasiyeti ve ince film teknolojileridir. 2007 yılından bu yana Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliğinde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Amerika ve İngiltere de 6 ile 12 ay arasında ki sürelerde araştırmacı ve proje araştırmacısı olarak görev almıştır. Uluslar arası ve ulusal hakemli dergilerde yayınlanmış 8 makalesi, 3 adet kitap bölümü, uluslar arası ve ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan 25'den fazla bildirisi bulunmaktadır. Uluslar arası ve ulusal olmak üzere 4 projede görev almıştır.

İÇİNDEKİLER

Ön Söz

Özet

Giriş

Lazer VarestRAINT Test Tasarımı

Projenin Yenilikçi Yönü

Projenin Maliyeti

Projenin Kullanım Alanı

Projenin Yapılabilirliği/ Uygulanabilirliği

Literatür Araştırması

Tartışma ve Sonuç

Kaynakça

ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR

Projenin temel amacı; havacılık, uzay, petrokimya, otomotiv /gemi / lokomotif ve nükleer reaktör gibi endüstrilerde kullanılan süper alaşımlarda kaynak işlemi sırasında, erime ve ısı tesiri altındaki (ITAB) bölgede sıcak çatlamların meydana gelebilmesi ve bunların analiz edilebilmesini sağlamaktır. Bu malzemelerden oluşan parçaların çeşitli ve şiddetli çevresel veya mekanik etkilerde çalışma ömürlerinin uzun olması gerekliliği nedeniyle: nikel- esaslı süper alaşımların ITAB’ ında sıcak çatlama hassasiyetinin incelenebilmesi için bir Varest- raint test düzeneğinin tasarlanmasıdır. TIG kaynaklı malzemeler için kullanılan bu test düzeneğinin Lazer kaynaklı malzemelere uygun hale getirilmesi projenin temel amaçlarından biridir. Böylece malzemenin ITAB’ında oluşan mikro çatlakların çeşitli karakterizasyon teknikleri kullanılarak incelenebilmesidir.

Malzeme temini konusunda yardımcı olan TEİ Tusaş Motor Sanayi A.Ş’ne, test düzeneğinin imalatında ki çalışmalarından dolayı Tomris Makine’ye, varest- raint test düzeneğinin baskı koçlarının imalatını gerçekleştiren ETİ Makine San. Tic. A. Ş’e Teşekkürü bir borç bilirim.

Deneysel çalışmalarımı ESOGÜ 2011/ 15020 no’lu proje olarak kabul edip maddi destek sağlayan ESOGÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna Teşekkür ederim.

Ağustos 2013
Sinem Çevik Üzgür

ÖZET

Teknolojinin hayatın kaçınılmaz bir parçası olduğu günümüzün küreselleşen dünyasında, uzay ve uçak sanayinde ki gelişmeler geleceğin mühendislik mimarisinin oluşumuna ışık tutmaktadır. Havacılık sektörü bazında bakıldığında, uçak gaz türbin motorlarının güvenilirlik, mukavemet/ağırlık oranı, performans ve servis ömrü gibi en yüksek standartları karşılaması beklenmektedir. Dolayısıyla; gemi, lokomotif, petrokimya ve nükleer reaktör sanayileri gibi, hizmet ettiği sadece uzay ve uçak sektörü olmayan ekonomik maliyetli, sağlam, yüksek sıcaklıklara, korozyon ve oksitlenmeye dayanıklı malzemelere olan ihtiyaç güncelliğini sürekli korumaktadır. Bu malzemeler üstün özelliklerine rağmen, çok yüksek çalışma sıcaklıklarına ve şiddetli işletim ortamlarına maruz kaldıkları için, aşınma, yırtılma ve çatlamalardan sıkıntı çekmektedirler. Bu nedenle, ekonomik olarak tamir kaynaklarının yapılması daha uygun olmaktadır. Maalesef, bu yüksek sıcaklık parçalarının ITAB ve birleşme bölgelerinde oluşabilen mikro çatlaklar yüzünden kaynaklanması zor olmaktadır.

Bu proje kapsamında; işlenebilirliği ve kaynaklanabilirliği oldukça iyi olan, yüksek servis sıcaklıklarına dayanabilen ve iyi sürünme özellikleri gösteren yeni teknoloji Nikel-esaslı süper alaşımlar ele alınmaktadır. Lazer Kaynağı kullanılarak birleştirilen malzemenin ITAB'ın da oluşan mikro çatlakların miktarsal olarak incelenebilmesi için de, dünya çapında henüz standartlaştırılmamış bir Vareststraint test düzeneği tasarımının oluşturulması amaçlanmaktadır. Böylece, yeni teknoloji malzemelerin kaynak ve tamir kaynakları sonucunda çatlaklardan arınmış, kalitesi yüksek ve maliyeti düşük ürünlerin elde edilmesi sağlanarak ülke ve bölge havacılık ve diğer ilgili endüstrilere katkı sağlanmaya çalışılacaktır. Bu projenin, malzeme ve makine mühendisliği alt yapısı birleştirilerek, disiplinler arası ve endüstrinin bire bir katkısı alınarak yürütülmesi planlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Süperalaşım, Vareststraint, Lazer Kaynak, Kaynak Hassasiyeti

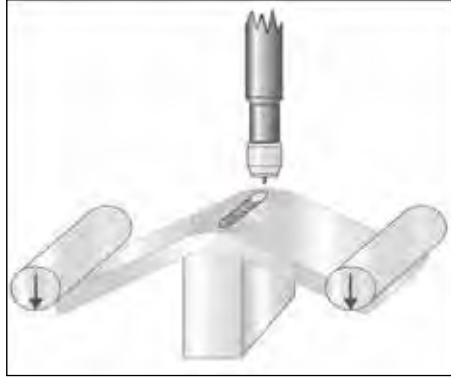
I. GİRİŞ

Varestraint (VARIABLE RESTRAINT- Değişken Sınırlama) testi, bir alaşımın katılaşma çatlama hassasiyetini ölçmek için ilk olarak Savage ve Lundin tarafından 1965 yılında geliştirildi. Varestraint testi başlangıçta çatlama olayından sorumlu metalurjik ve bileşimsel faktörleri, kaynak işlemi değişkenlerinden ayırmak için direk ve göreceli olarak basit bir teknik olarak geliştirilmiştir. Test birçok malzemeye uygulanabilmektedir ve kantitatif sonuçlar vererek, malzemelerin katılaşma çatlama hassasiyeti kolaylıkla tayin edilebilmektedir. Varestraint kavramının şematığı, silindirlerle desteklenen kiriş olarak Şekil’ de gösterilmektedir. Yükleme silindirlerine kuvvet uygulanarak, iki yandan aşağı doğru bükülen numune boyunca otojen kaynak yapılmaktadır. Uygulana bu kuvvet ile malzeme kalıp başlıklarının yarıçapına uyum sağlamaya zorlanmaktadır. Farklı yarıçaplarda kalıp başlıkları kullanılarak ve hidrolik koçun darbesinin uzunluğunu daha önceden hesaplanan bir uzunluğa değiştirerek, test numunesinin dış fiberlerinde ki arttırılmış gerinim aşağıda ki bağıntıya göre ayarlanabilmektedir.

$$\varepsilon = \frac{t}{2R}$$

Burada; ε , arttırılmış gerinimi (deformasyon), t , numunenin kalınlığını ve R kalıp başlığının eğrilik yarıçapını tanımlamaktadır.

Belirli bir gerinim aralığında testler yapılarak, gerinim ve çatlama hassasiyeti arasında ki ilişki tayin edilebilmektedir.



Şekil 1. Enine varestraint test

Ayrıca, çatlak hassasiyeti verilen gerinimde test edilen numunenin yüzeyinde ki maksimum çatlak uzunluğu (MCD) ölçülerek de bulunabilir. Katılaşma çatlama gözlemlendiği en düşük gerinim “eşik gerinimi” olarak adlandırılır. Maksimum çatlak uzunluğunun daha fazla artmadığı gerinim seviyesi ise “doymuş gerinim” olarak adlandırılmaktadır. Çünkü bu seviyede katılaşma çatlama sıcaklık aralığında tamamen ilerlemesini mecbur etmek için yeterli gerinim uygulanmaktadır.

Gerininim MCD'ye bağılı grafiğı çizilerek de, katılaşma çatlağı sıcaklık aralığı (SCTR) bulunabilir. SCTR önemli bir parametredir. Çünkü katılaşma çatlak hassasiyetinin, sadece çatlak uzunluğuna göre değil, sıcaklığa göre de miktarsal olarak tayinini sağlamaktadır. Sonuç olarak, o direk olarak gevrek sıcaklık aralığı (BTR) ile ilişkilidir. BTR genelde katılaşma çatlağının oluştuğu sıcaklık aralığını tanımlamakta kullanılmaktadır. SCTR aşağıda ki eşitlik kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$SCTR = \frac{MCD}{V_w} \times CR$$

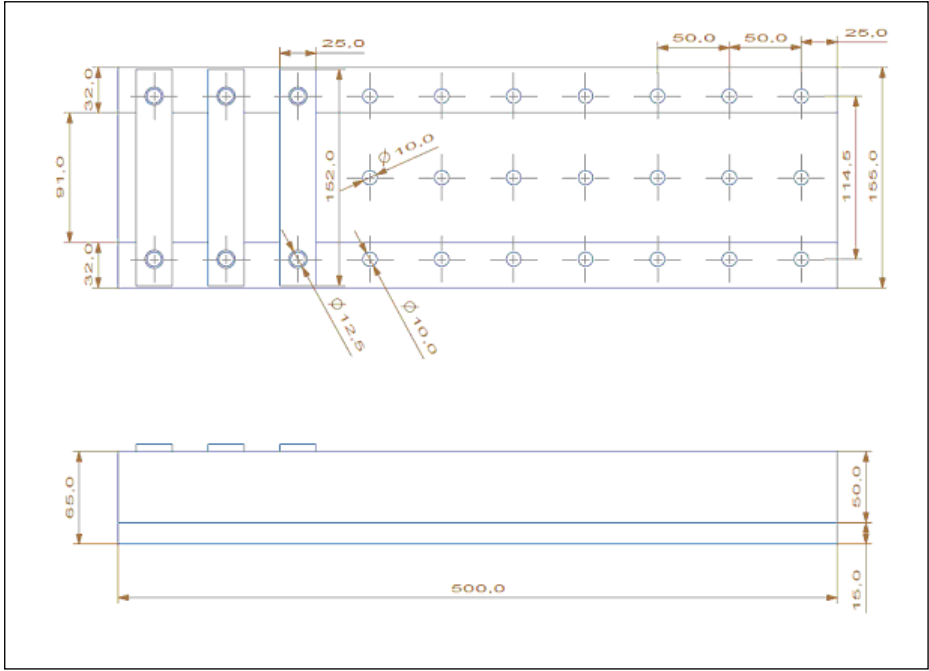
Burada; MCD, doymuş gerinimde maksimum çatlak uzunluğunu, V_w , kaynak hızını ve CR, katılaşma sıcaklık aralığında ki soğuma hızını tanımlamaktadır.

SCTR yaklaşımı kullanılarak, kaynak katılaşma çatlamasının hem sıralama derecesi, hem de miktarsal ölçümü elde edilebilmektedir

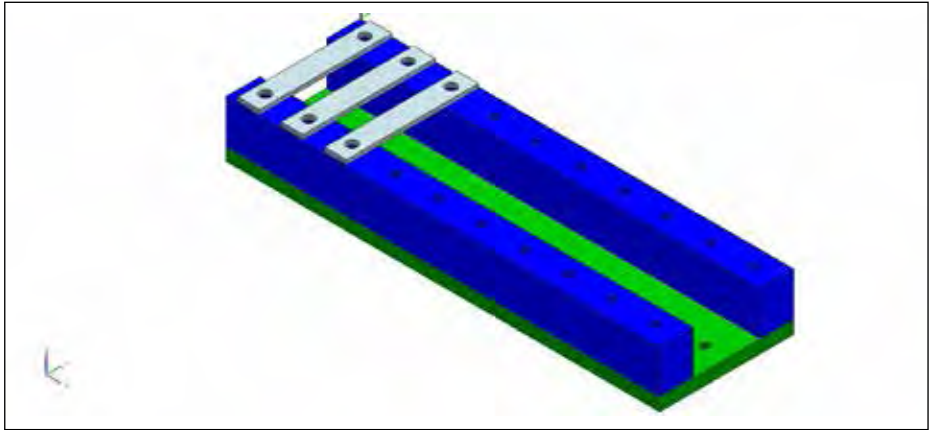
1. LAZER VARESTRAINT TEST TASARIMI

Daha önceden de bahsedildiği gibi, vareststraint test düzeneği sadece GTAW kaynaklı numuneler için kullanılabilir. Elektron ışını kaynağı ve lazer kaynağına uygun olabilmesi için test düzeneği yeniden tasarlanmıştır. Bu tasarımı sırasında önem arz eden ilk konu düzeneğin vakum ortamında çalışan elektron ışını kaynağının vakum odasına girebilecek bir büyüklükte boyutlandırılması olmuştur. Bu nedenle, öncelikle Şekil 2'de görüldüğu üzere düzeneğin iki boyutlu teknik çizimleri hazırlanmıştır.

İki boyutlu teknik resimleri elde edilen vareststraint test düzeneğinin üç boyutlu resimlerini elde etmek için SOLIDWORKS bilgisayarlı çizim programı kullanılmıştır. Vareststraint test düzeneğinin ergonomik, fonksiyonel ve seri kullanımı kolay olabilmesi açısından 10 adet numunenin bir kere de kaynaklanabilmesini sağlayacak Şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle üzerinde 10 adet numuneyi bağlamaya hazır 10 adet bölmeden oluşmaktadır. Bilgisayar programı ile elde edilen üç boyutlu izimler Şekil 3'te değişik açılardan görülmektedir.



Şekil 2. Varestaint test düzeneğinin iki boyutlu teknik resimleri



Şekil 3. Varestaint test düzeneğinin üç boyutlu (3D) teknik resimleri

İki boyutlu ve üç boyutlu teknik çizimleri hazırlanan varestaint test düzeneği Organize Sanayi de imalat ettirilmiştir. Varestaint test düzeneğinin imalatında Tomris Makine İşletmesinde kullanılan artık çelik malzemelerden yararlanılmıştır. Parçalar gaz altı kaynağı kullanılarak birleştirilmiştir. Numunelerin düzeneğe tutturulmasını sağlamak için 8.8 kalite vidalar ve M8 civatalar kullanılmıştır. İmalatı tamamlanan test düzeneğinin son halini gösteren fotoğraf Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. İmalatı tamamlanan v restraint test düzeneğinin fotoğrafı

II. PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ

Uçak motoru tasarımında, içinden seçim yapılabilecek geniş bir süperalaşım malzeme yelpazesi mevcuttur.

Uçak moturu için tasarlanan birçok parçanın üretim yöntemleri arasında kaynak prosesi de yer almaktadır. Uçak motor sanayi uygulamaların da Tungsten Inert Gas (TIG), Electron Beam Welding (EBW) ve Laser Welding yöntemleri tercih edilir durumdadır. Bu kaynak çeşitlerinin herbiri ile değişik cinsteki malzemeler kaynatılabilmektedir. Dahası bu malzemelerin farklı kalınlıklarda olmak üzere kaynatılmaktadır.

Uçak motoru parçası tasarımı açısından bir kaynak prosesi sonrası parça üzerinde gerçekleşen kalıntı gerilmelerin, distorsiyonların, malzeme sertliğinin, elastisite modülünün, çekme ve basmada akma ve kopma mukavemetlerinin, mikro çatlakların sayısı ve boyutlarının tahmin edilebilmesi gereklidir. Tasarım aşamasında bu bilgilere ve öngörülere sahip olunması, daha güvenilir, daha ekonomik ve daha verimli motorların tasarımına yardımcı olacaktır.

Bu çerçevede havacılık endüstrisinde yaygın olarak kullanılan süperalaşım malzemeler durumundaki INCO 625, INCO 718, Waspaloy, Hastelloy ve Rene 41 malzemelerinin, yine yaygın olarak kullanılan TIG, EBW ve Laser Welding işlemlerine reaksiyonlarının araştırılması büyük önem arz etmektedir.

Mikro çatlaklar uçak motoru parçaları için risk arz eden durumlardır. Bu çalışma ile hangi malzeme cinsinde hangi kaynak yönteminin daha fazla sayıda

ya da hangi uzunluklarda mikro çatlaklar oluşturduğu saptanabilecektir. Bunun yanında akma ve kopma mukavemetleri ile malzeme sertliğinin belirlenecek olması, tasarımda malzeme seçimi konusunda büyük avantaj sağlayacaktır. Bu sayede daha güvenilir uçak motor tasarımları gerçekleştirilebilecektir.

III. PROJENİN MALİYETİ

1- Numune malzemeleri (çeşitli süperalaşımalar)	70.000 TL
2- Metalografik inceleme malzemeleri (zımpara, parlatma çuhası, elmas suyu, vb)	15.000 TL
3- Metalografik inceleme malzemeleri (dağlama kimyasalları: HCl, aseton, okzalik asit vb)	10.000 TL
4- Yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemeler (eldiven, gözlük ve fırın maşası vb)	5.000 TL
5- Laboratuar malzemeleri (beher, piper vb)	2.000 TL
6- Lazer kaynağı uygulamaları (1 saat 100 euro)	10.500 TL
7- Vareststraint test düzeneği imalatı	2.000 TL
8- SEM-EDX –İnceleme ve Değerlendirme	3.600 TL
9- TEM ince numune hazırlama	12.000 TL
10- TEM–İnceleme ve Değerlendirme	12.000 TL
11- XRD- İnceleme ve Değerlendirme	6.200 TL
12- Çekme Deneyi	23.400 TL

TOPLAM BÜTÇE= 171.700 TL

IV. PROJENİN KULLANIM ALANI

Proje konusu itibarı ile havacılık, uzay, petrokimya, otomotiv /gemi / lokomotif ve nükleer reaktör gibi endüstrilere ve imalat sanayinin her alanına doğrudan veya dolaylı olarak hitap etmektedir.

Lazer vareststraint test düzeneğinin oluşturulması ile hem uçak gaz türbin motorlarında kullanılabilecek yeni teknoloji süperalaşımların, hem de bu alaşımlara has test düzeneğinin, çalışmanın yapılacağı üniversitenin bulunduğu şehirde (Eskişehir), gelişmiş bir sanayi dalı olan uçak motor sanayisine kazandırılması sağlanmaya çalışılacaktır. Ayrıca, endüstrinin en önemli kolu olan savunma sanayine katkısı da yadsınamaz. Aynı test düzeneğinin çeşitli alaşımlar ve çeşitli kaynak teknikleri için kullanılabilip, standartlaştırılabilmesine yardımcı olabilecek Türkiye ve dünyadaki diğer akademik çalışmaların ve projelerin önü açılabilecektir. Süper alaşımlar, yüksek sıcaklıklarda ki korozyon ve oksidasyon direnci, mukavemet ve sürünme ömrü nedeniyle havacılık ve uzay endüstrisinde kullanımları göz ardı edilemeyecek malzemelerdir.

Ayrıca, vareststraint test düzeneği sadece TIG kaynağı için oluşturulmuş bir test metodudur. Dünyadaki akademik literatürde ve endüstrideki kullanımında, diğer kaynak işlemlerine uygulandığına dair bir veriye rastlanmamıştır. Bu proje kapsamında bu test düzeneği Lazer kaynağına uygulanacaktır. Bunun için de tabi ki çeşitli modifikasyonlar yapılacaktır. Sonuç olarak da, proje sonunda Lazer vareststraint test düzeneği için patent alabilme şansı doğacaktır.

V. PROJENİN YAPILABİLİRLİĞİ / UYGULANABİLİRLİĞİ

Proje çalışmaları sırasında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi laboratuvar olanaklarından yararlanılması düşünülmektedir. Bu üniversitenin Makine Mühendisliği laboratuvar olanakları şöyledir; çekme-basma uygulama cihazları, Metalografik inceleme, Makroskobik inceleme yöntem ve uygulamaları, Çentik darbe cihazı. Deformasyon sertleşmesi, Metallerin kaynaklanabilirliği ve kaynak sonrası oluşan ısı etkili bölgenin incelenmesi, Yeniden kristalleşme deneyleri, Jominy sertleşebilirlik deneyleri, Jominy deneyleri uygulamaları.

Ayrıca Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi olanakları ile yeni kurulmakta olan üniversite merkez laboratuvarının olanakları da projenin Türkiye de sağlıklı bir şekilde yürütülmesi için yeterli olacaktır.

Lazer kaynaklarının yapılmasında Eskişehir ve Bursa da bulunan Lazer Kaynak firmalarından yararlanılabilecektir.

VI. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Teknolojinin temel taşı savunma, uzay ve uçak sanayinde ki gelişmeler oluşturmaktadır. En kapsamlı çalışmalar ise modern uçak motorları için üretilen malzemeler olmaktadır. Bunlardan en önemlisi, toplam uçak motor ağırlığının % 50'sini oluşturan süper alaşımlardır. Yüksek sıcaklık dayanımları, korozyon ve oksitlenmeye karşı dirençleri nedeni ile yanma ve türbin kısımları için vazgeçilmez malzemelerdir. Her ne kadar bu malzemelerin fiziksel metalurjisi ve kaynaklanması hakkında literatürde çeşitli bilgiler bulunsa da, yeni teknolojiler ile ortaya çıkan imalat teknikleri nedeniyle halen optimum kaynak parametreleri, bu parametreler ile mikro çatlaklar arasında ki ilişkiler, kaynak öncesi ve sonrası ısıl işlemlerin mekanik özelliklere etkisi, sertleştirme mekanizmaları ve kaynak sonrası oluşan kalıntı gerilimlerinin son ürüne etkileri gibi konularda halen data eksikliği bulunmaktadır. Ayrıca malzemelerin çatlak hassasiyeti ve çatlak hassasiyetinin ölçülmesi ile ilgili kapsamlı araştırmaların endüstri ve akademik açıdan gerekliliği, projenin ilgi alanını bu konuya yoğunlaştırmıştır. Literatürde NASA dahil olmak üzere birçok uçak endüstrisinin Ar-Ge'sinde bu konu ile ilgili çalışmalara rastlanmaktadır. Bununla birlikte, malzeme de ki

kaynaklanmadan doğan çatlak oluşumu; mekanik ve metalurjik faktörlerin bir birleşimidir. Mekanik faktörlerin kontrol edilmesi çok zor olduğu için, kaynaklanabilirliği etkileyen metalurjik faktörlerin en önemlisi olan mikroyapı mutlaka karakterize edilmelidir. Bunun için son derece gelişmiş Taramalı ve Geçirimli Elektron Mikroskobu ile XRD karakterizasyon çalışmaları yapılarak literatürde ki eksiklikler bu proje ile giderilebilecektir.

Projenin özgün yanında ise, varestaint test düzeneğinin yeni teknoloji imalat tekniklerine uyarlanmak istenmesidir. Her ne kadar standartlaştırılmamış olsa da Varestaint testi 1960' lardan beri (Savage ve Lundin) malzemelerin kaynak katılma ve sıvılaşma çatlak hassasiyetini miktarsal olarak ölçmede kullanılmaktadır. En son teknolojik çalışmaların Amerika Birleşik Devletlerinde yürütüldüğü bilinmekte ise de Rusya' dan Japonya' ya kadar birçok ülkede araştırmaların devam ettiği gözlenmektedir.

Önümüzde ki yıllarda gaz türbin motorlarında temel bir değişiklik öngörülmesi de yeni tasarımlar ile performanslar arttırılmaya, maliyetler düşürülmeye çalışılacaktır. Bunun da malzeme, imalat ve kaplama teknolojilerindeki ilerlemeler ile sağlanacağı yaygın olarak literatürde belirtilmektedir.

VII. TARTIŞMA ve SONUÇ

Üretim ve tamir tekniklerinden endüstride yaygın kullanıma sahip olan kaynaklama tekniği de, yine süper alaşımların üretim ve onarımları için vazgeçilmez bir metottur. Fe-Ni esaslı süper alaşımlara eritme kaynağı tekniklerinden GMA, TIG, Elektron bombardıman kaynağı (EB), Lazer kaynağı ve Plazma ark kaynağı uygulanabilmektedir. Bu proje konusu kapsamında kaynak işlemi ve kaynak değişkenlerinin hassas kontrolünün sağlanması için en uygun olarak Lazer kaynak yönteminin kullanılması öngörülmektedir. Bu bağlamda, uçak motor sanayinde yaygın olarak kullanılan Tungsten Inert Gas (TIG) kaynağına göre, Lazer kaynak yöntemi dar kaynak genişliği ve yüksek nüfuziyet ile mükemmel bir metottur. Lazer kaynak yönteminin modern yüksek sıcaklık malzemelerinin birleştirilmesinde en çekici ve gelişmiş kaynak yöntemi olduğu endüstride kabul edilmiş bir gerçektir. Endüstride hemen hemen her türlü ve şekildeki parça için kullanımı uygun olmaktadır. Kalın metalik parçalar bile çok düşük ısı girişi ile birleştirilebilmektedir. Ayrıca bu yöntem ile kaynaklanan bağlantılar, yüksek kaliteli, güvenilir olmakla birlikte, yöntemin sanayide ki üretim maliyetlerini azaltmaya devam etmesi, yaygın kullanım nedenlerinden olmaktadır.

Bu proje kapsamında, kaynak katılma ve sıvılaşma çatlakları gibi "sıcak çatlama" hassasiyetinin miktarsal olarak test edilebildiği bir yöntem olan Varestaint testi kullanılarak toplam çatlak uzunluğu, maksimum çatlak uzunluğu, ışın fokusu, çatlakların sayısı, çatlak oluşumu için eşik gerinimi ve son araştırmaların sonucu olarak çatlakların oluştuğu sıcaklık aralığı kalitatif ve kantitatif

olarak ölçülebilecektir. Varetstraint testinde, numunenin eğilmesi ile ekstra bir mekanik germe meydana getirilmektedir. Isıl durumların gözlenebilmesi için gerçek kaynak dikişi oluşturulmaktadır. Böylece laboratuvar ortamında oluşan mikro yapılar ile imalat sonucunda oluşan mikro yapılar arasında hiçbir farklılık olmamaktadır. Bu test yöntemi ile sıcak çatlama neden olan metalurjik ve mekanik faktörler gözlemlenebilmektedir. Varetstraint test, düzeneğinden dolayı sadece TIG kaynaklı malzemeler için uygulanabilen bir test yöntemidir ve Lazer kaynaklı malzemeler için uygulanabilmesi için test düzeneğinin yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Bu yeniden tasarlanma işleminde değiştirilebilecek parametreler; deformasyon yöntemi, kaynak işleminin uygulanma çeşidi, numune boyutları ve yeniden tasarımıdır.

Kaynaklanan numunelerin ITAB'ında ki mikro-çatlakların ve mikro-kusurların değerlendirilmesinde malzeme karakterizasyon teknikleri (Görüntü analizörü, Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ve Geçirimli Elektron Mikroskopu (TEM) vb.) kullanılarak kaynaklı parçaların yapısal ve mekanik karakterizasyonu yapılabilecektir. Süperalaşım çalışmaları nedeniyle çok uzun süreli olarak yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarından, depolanan büyük gerinim enerjileri, tane ve ikiz sınırlarında, ayrıca taneler içinde aşırı miktarda δ fazının oluşumuna neden olmaktadır. Bahsedilen bölgelerde bu fazın çökmesi, çentik kopma dayanımını büyük ölçüde negatif olarak etkilemektedir. Ayrıca yapılar malzemede beklenenden daha düşük çekme ve kopma dayanımlarının oluşmasına neden olmaktadır. Birçok süperalaşım çeşidi henüz yeni geliştirilmiş olduğu için, bu ilişkiler henüz literatürde açık değildir. Ciddi akademik çalışmaların yürütülmesi gerektiği, süperalaşım üretici firmaları tarafından da desteklenmektedir.

Sıcak çatlama ve özellikle ısıdan etkilenen bölgede (ITAB) sıvılaşıma çatlak oluşumu Ni- bazlı alaşımdan üretilmiş parçalarda ve tamir kaynağında çok büyük bir öneme sahiptir. Laves fazı gibi topolojik sıkı paketlenmiş fazların ve MC ötektiklerinin sıvılaşmasının ve oluşumunun, tane sınırlarının ıslanması nedeniyle sıcak çatlama üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğuna inanılmaktadır; sıcaklık süresinin uzadığında malzemenin iç ve dış kaynaklardan gelen herhangi bir gerinime daha fazla dayanamaması gibi. Isınma da Laves fazının sıvılaşması birçok fazın katılaşma sıcaklığını bastırmaktadır. Sonuç olarak kaynaklanabilirlikteki en önemli etkiyi oluşturmaktadır. Kaynak sırasında ITAB' da oluşan çatlama, sıvının tane sınırlarının ıslatması olayıdır. Tane sınırlarında ki ötektik fazların içsel olarak erimesi ile ya da dışsal olarak kaynak havuzundan düşük sıcaklık ötektiklerinin beslenmesi ile oluşabilir. Şüphesiz, gerçek çatlak oluşumu, tane sınırlarının ayrışmasına neden olan gerçek gerilim/gerinim ile oluşmaktadır. Çatlak oluşumunu provoke etmek nedeniyle gerinimi büyütme/ abartmak için, kaynak sırasında oluşan iç gerinim, dışarıdan empoze edilen gerinimler ile artırılabilir. Bunun için 1960'lardan beri kullanılan Varetstraint test yöntemi (Savage ve Lundin), günümüzde de halen yaygın olarak kullanılmaktadır.

SONUÇ

Bu bağlamda, projenin konusu, yeni geliştirilmiş süperalaşımın, Lazer ile kaynaklanması ile ITAB'ında meydana gelen mikro çatlakların incelenmesi için henüz standartlaştırılması mümkün olmamış Varetstaint test düzeneğinin tasarlanması (test düzeneği şu ana kadar sadece TIG kaynağı için uygulanabilmektedir) ile bu malzemelerin ve test düzeneğinin Türk uçak sanayi başta olmak üzere endüstriye kazandırılması ile Türk ve dünya literatüründe ki boşlukların doldurulmasıdır.

VII. KAYNAKÇA

- 1- Vishwakarma, K.R, Richards N.L and Chaturverdi, M.C, Haz Microfissuring In EB Welded Allvac718 Plus™ Alloy, Superalloys 718, 625, 706 and Derivatives 2005 Edited by E.A. Loria TMS (The Minerals, Metals & Materials Society), (2005)
- 2- Lippold, C, J., Recent Developments In Weldability Testing For Advanced Materials, ASM International, Joining of Advanced and Specialty Materials VII, (2005)
- 3- (Huang, C, A., Wang, T, H., Lee, C, H., Han, C, W., A Study Of The Heat- Affected Zone (HAZ) Of An Inconel 718 Sheet Welded With Electron-Beam Welding (EBW, Materials Science and Engineering, A 398 (2005) pp: 275–281

**OTONOM/UZAKTAN KUMANDALI PARAŞÜT
SİSTEMİ İLE FAYDALI YÜK İNDİRME PROJESİ**

SÜLEYMAN SOYER
soyers@itu.edu.tr

Süleyman SOYER

Süleyman SOYER, 20 Eylül 1987 tarihinde Eskişehir’de doğmuştur. İlk, orta ve lise eğitimini Eskişehir’de tamamlamasına müteakip 2004 yılında girdiği Hava Astsubay Meslek Yüksek Okulu’nu 2006 yılında başarı ile bitirerek 2006 yılında Avionik (Havacılık Elektrik ve Elektronik) Test Sistemleri Makinisti olarak Hava Kuvvetleri saflarına katılmıştır. 2006 yılında girdiği Dikey Geçiş Sınavı’nda Türkiye altmış dokuzuncusu olarak İstanbul Teknik Üniversitesi Uzay Mühendisliği’ni kazanmıştır. Bu süreçte Malatya’da görev yaptığı için okulunu dondurarak 2010 yılında öğrenimine başlamıştır ve halen devam etmektedir. Aynı zamanda Anadolu Üniversitesi İİBF İktisat Bölümü’nden 2013 yılında mezun olmuştur. 2009 yılında İTÜ öğrencileri tarafından kurulan UYARI Model Uydu Takımı’nda 2010 yılından beri Takım kaptanlığı ve mekanik ekip sorumluluğu görevlerini yürütmektedir. 2011 yılında ESA(Avrupa Uzay Ajansı) ve CNES (Fransa Uzay Ajansı) tarafından Fransa’da yapılan Avrupa Model Uydu Yarışması’nda ikinci, 2012 yılında NASA (ABD Uzay Ajansı) ve AIAA tarafından düzenlenen “Annual CanSat Competition 2012” yarışmasında dünya birincisi olan takımın takım kaptanlığını yapmıştır. 2012 yılında Genelkurmay Başkanı Sayın Orgeneral Necdet ÖZEL tarafından “Genelkurmay Başkanlığı Bilim ve Başarı Ödülü” ile taltif edilmiştir. İş yaşamında F-4, F-4 2020, ve F-16 bakım tecrübesi bulunan SOYER, Paraşüt, Balıkadam ve Komando Temel brövelerine sahiptir. Hava Harp Okulu Komutanlığı Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölüm Başkanlığı’nda çalışan SOYER, burada FFD-2011 ve FFD-2013(Future Flight Design) isimli geleceğin insansız hava araçları yarışmalarında organize komitesinde yer almıştır. Akademik gelişimini Paraşüt mühendisliği üzerine geliştirmeyi hedefleyen SOYER özellikle uzay iniş ve kurtarma sistemleri konusunda başlangıç seviyesi araştırmalar yapmaktadır. Süleyman SOYER, Saliha hanımefendi ile evli olup İngilizce bilmektedir.

Yayınlanan makaleleri:

- Small Space Can: CanSat, RAST 2011, [Süleyman SOYER](#)
- Mission Analysis and Planning of a CANSAT, RAST 2011 Cihan ÇABULOĞLU, Hüseyin AYKIŞ, Resul YAPACAK, Erhan ÇALIŞKAN, Ömer AĞIRBAŞ, Şaban ABUR, [Süleyman SOYER](#), Assoc.Prof.Dr.Halit TÜRKMEN, Maj.Serdar AY, Capt.Yasin KARATAŞ, Asist.Prof.Dr.Maj.Emre AYDEMİR, Capt. Mansur ÇELEBİ;
- UYARI Team: The first model satellite team in Turkey Çağlar Ünal, Deniz-Gezmiş Taş, Metehan Çetin, Muhammed Sözer, [Süleyman Soyer](#), Veysel-Yağmur Saka - C’Space 2011 Scientific Description of CanSat Projects dergisi (CNES (Fransa Uzay Ajansı) Planet Sciences tarafından düzenlenen model uydu yarışması)

İÇİNDEKİLER

Ön Söz / Teşekkür
Özet(1)
Giriş (2)
Proje Alt Sistemlerinin Tanıtılması
Paraşüt(n)
Yönlendirme Ünitesi
Taşıma Ünitesi
Yardımcı Sistemler
Sistem Yönelim Doğruluğu
Projenin Yenilikçi Yönü
Projenin Maliyeti
Projenin Kullanım Alanı
Projenin Yapılabilirliği
Literatür Araştırması
Tartışma ve Sonuç
Kaynakça

ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR

Bu proje ile ilgilenmemi sağlayan amaçlardan bir tanesi bir Türk genci olarak şimdiye kadar yabancı ulusların dolaylı olarak bize söyledikleri “Siz bunları yapamazsınız biz yapalım siz kullanın” zincirinin kırılmaya başladığı bu günlerde bir parça bu oluşumun içerisinde yer almak ve layıkıyla devam ettirmektir. Özellikle ileri teknoloji gerektirmeyen fakat birçok alanda ülkemizi birkaç basamak yukarı çıkartabilecek olan bu gibi projelerin milli imkânlar ile geliştirilmesi ülke politikası olarak öncelikli hedefimiz olmalı diye düşünüyorum.

Ben bu araştırmayı ve proje çalışmalarını yaparken birebir yaşadığım acı tecrübelerden, benden daha önce bu alanda çalışma yapmış değerli bilim adamlarından ve ülkemize katmak istediğim küçük bir katkı umudunun gücü ile hareket ettim. Özellikle şu an projenin önemini anlatabilmek ve kendi adıma destek alabileceğim insanlar ile karşılaşabilmek adına olabildiğince detayların derinine inmeden yalın bir dil kullanmaya çaba gösterdim.

Bu vesile ile öncelikle hayatımda var olduğu sürece bana ışık olan kıymetli eşime bana olan desteği, sabrı, tüm iyilikleri ve bana hala ilk günkü gibi baktığı için teşekkür etmek istiyorum. Hayatımın tüm anına tanıklık eden ve geçtiğim her yolda bana destek olan değerli annem, babam ve ablama ve değerli kardeşlerime de teşekkürlerimi borç bilirim. Bu çalışmayı yapmam için beni cesaretlendiren değerli büyüğüm ve amirim Sayın Profesör Doktor Abdurrahman HACIOĞLU’na (HHO Hvc. ve Uzay Müh. Böl. Bşk.), güler yüzü ve değerli fikirleri ile Doç. Dr. Zafer KAZANCI’ya (HHO Hvc. ve Uzay Müh. Böl. Bşk.lığı Öğr. Gör.), proje başlangıç seviyesinde beraber bilgi paylaşımında bulunduğum Ümit MERCAN ve Sertaç KIRAZ’a(HvKK), iş yaşantımda bana destek ve bir abi olan değerli Cihangir KOCA(HvKK) abime de sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca böyle güzel bir proje yarışmasında bana yer verdiğiniz için siz sayın jüri üyelerimize de saygı ve şükranlarımı sunuyorum. Umarım şu an teorik olarak üzerinde emek harcadığım bu projeyi bitmiş bir halde ülkemizin hizmetine sunabilme şerefine nail olabilirim.

27 Eylül 2013
Süleyman SOYER

ÖZET

Projeden özet olarak bahsetmek gerekirse bu sistem ile kargo uçağından atılacak bir faydalı yükü içindeki yazılım marifetiyle otonom olarak Ram-Air (parafoil kanat) tipinde bir paraşütle istenilen noktaya yüz metreden daha hassas bir mesafe ile indirebilmek mümkün olmaktadır. Sistem ayrıca radyo kontrollü olarak havadan ya da yerden kontrol edebilmeye de olanak tanımaktadır. Projeyi basit bir dille anlatmak gerekirse havadan atılacak bir faydalı yükü, önce-



den belirlenen koordinata otonom yönelim ile ya da uzaktan kumanda kontrolü ile indirebilmeyi sağlayan bir insansız hava aracının tasarlanmasıdır.

Projede temel amaç doğal afetler gibi (deprem vb.) kara ulaşımının tıkanıdığı ve acil müdahale gerektiren durumlarda arama kurtarma ekiplerine gereken yükü (makine/teçhizat/insani yardım malzemesi/yaşam kiti) havadan hızlı bir şekilde ulaştırarak zamanın çok

önemli olduğu bu tür görevlerde başarı oranını ve teknik personelin teknolojik kabiliyetini arttırmaktır.

Proje ile sağlanacak diğer önemli faydalar;

- İnsansız hava aracı sınıfında bulunan aktif kontrollü uzaktan kumandalı paraşüt sistemleri teknolojisinde dışa bağımlılığı azaltmak,
- Bu projeden elde edilecek tecrübe ile insansız hava araçlarının otonom yönlendirilmesi alanına doğrudan destek olacak bir ürün ortaya çıkartmak,
- Sistem ile birlikte AR-GE yapılacak paraşüt yapısının geliştirilerek ülkemizde milli imkânlarla üretilmesini ve kullanıma sunulmasını sağlamak,
- Ülkemizin coğrafi koşulları gereği potansiyel doğal afet riski içerisinde olmasından ötürü olası kötü durumlar için hazır bekleyen arama kurtarma ekiplerimize her türlü kolaylık ve üstünlüğü sağlayacak teknolojiyi kullanımlarına sunmak,
- Bir ülkeye itibar kazandıran bir hava görevi geliştirerek Türkiye'nin hava gücü yüksek ülkeler arasındaki yerini perçinlemek,



- Türkiye’de henüz kullanımı bulunmayan yeni nesil GPADS ürün çeşitleri, kullanım alanları, teknik bilgi ve özellikleri, çalışma prensipleri, bakım ve idame şartları konularında genel bir bilgiye sahip olabilecek,



- **Projenin ekonomik olarak sağlayacağı katkı üç başlıkta ele alınabilir;**

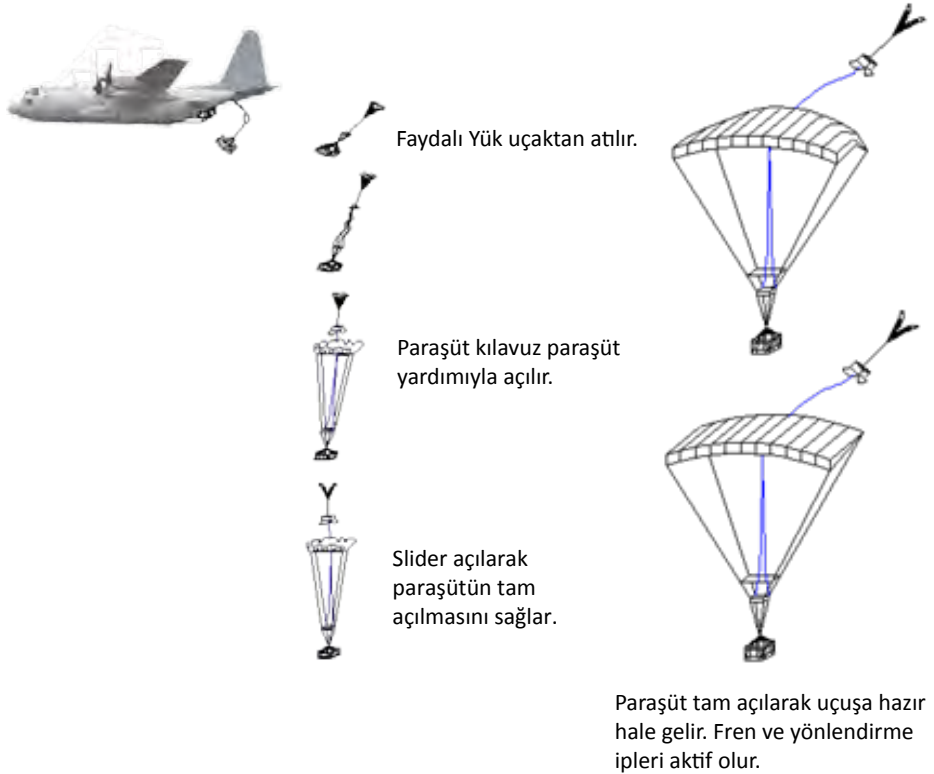
- İhtiyaç duyulacak malzemenin yurtdışı teminini ortadan kaldırarak ülkemizden döviz çıkışına engel olmak,
- Ürünün daha ucuz bir fiyata imal edilmesini sağlayarak mali ve kaynak tasarrufu sağlamak ve teknolojik altyapı yatırımı ile kazanım sağlanması,
- Geliştirilen bu teknoloji ile uluslararası pazarda rekabet edebilecek bir ürün ortaya koyarak ihracat yoluyla ülkemiz ekonomisine katkı sağlanması,

Anahtar kelimeler: Otonom, Paraşüt, PADS, Kargo Paraşüt, Faydalı Yük,



I. GİRİŞ

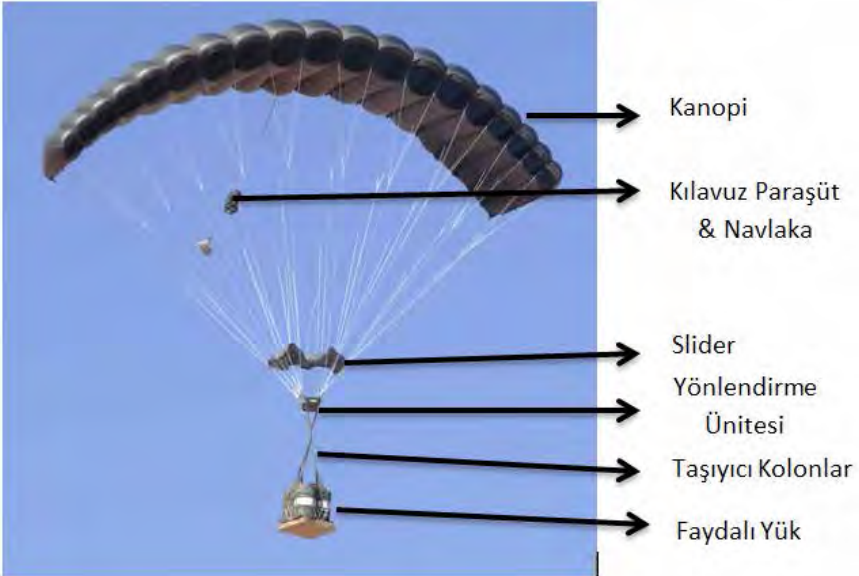
“Otonom/Uzaktan Kumandalı Paraşüt Sistemi ile Faydalı Yük Atma Projesi” arazi koşullarının vb. olayların karadan nakliye imkânı vermediği durumlarda uygun bir hava aracından atılan faydalı yükün havadan kesine yakın bir doğruluk ile istenilen yere ulaştırılmasını sağlayan bir sistemdir. Proje sivil ve askeri alanda birçok göreve hitap edebilmektedir. Birkaç örnek vermek gerekirse, bu proje sayesinde doğal afet gibi karadan ulaşımın güç olduğu ve gerekli duyulan her türlü makine, malzeme ve teçhizatın en kısa sürede ve en etkin bir şekilde ulaştırılmasını sağlanabilir. Projenin kullanımı ile özel yüklerin nakliyesinde özellikle zaman mefhumunu azaltmak ve karadan karşılaşılabilecek coğrafi zorluklardan kurtulmak gibi avantajlara sahiptir. Askeri olarak özel kuvvetler denilen küçük aktif savaşan birliklere gerektiğinde hızlı ve etkin bir şekilde malzeme, silah ve teçhizat ikmali yapmada oldukça faydalı bir sistemdir.



Şekil 1. Sistemin Genel Gösterimi

Bu sistemi başlıca üç ana kısımda ve ana kısımları tamamlayıcı alt kısımlar olarak incelemek daha doğru olacaktır, Bunlar:

- 1) Paraşüt
 - a. Kanopi
 - b. Pilot (Kılavuz) Paraşüt ve Navlaka
 - c. Taşıma, Fren ve Yön İpleri
 - d. Slider
 - e. Taşıyıcı Kolonlar
- 2) Yönlendirme Ünitesi
 - a. Yönelim Elemanları
 - b. Yönlendirici Yazılım
 - c. Uzaktan Kumanda
- 3) Taşıma Ünitesi (Konteynır ya da Plate)
- 4) Yardımcı Sistemler
 - a. Yer İstasyonu
 - b. Rüzgâr Sondası
 - c. GPS Sinyal Dağıtıcısı
 - d. Görev Planlayıcısı



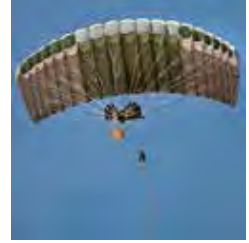
Şekil 2. Otonom/Uzaktan Kumandalı Paraşüt Sistemi

2. PROJE ALT SİSTEMLERİNİN TANITILMASI

2.1. Paraşüt

Paraşüt sistemde yönlendirilebilen bir hava aracı olarak işlev görmektedir. Paraşütümüz yönlendirme ünitesinden aldığı komutlar ile otonom bir şekilde hedefe doğru faydalı yükü taşır. Yönelim otonom olabileceği gibi kullanıcı personel tarafından havadan ya da yerden uzaktan kumanda marifetiyle de kontrol edilebilir.

Paraşütler on kadar değişik çeşide sahip olmakla birlikte en yaygın iki tip paraşüt kullanılmaktadır. Bunlardan ilki kubbe tipi dediğimiz daha çok bölgesel iniş amaçlı yönelim kabiliyeti düşük dairesel paraşütlerdir. Bu paraşütler ile insan ya da yükü istenilen bölgenin herhangi bir yerine indirmek için kullanılır. Diğer tip paraşütler ise parafoil bir kanat yapısına sahip olan ve aerodinamik olarak uçak kanadına benzer yapıda olan ram-air tipi paraşütlerdir.



Şekil 3. Ram-Air tip Paraşüt

Bunlar genellikle insanlı uçuşlarda serbest atlayış paraşütü olarak kullanılmaktadır. Bu paraşütler yüksek yönelim kabiliyeti ile personeli ya da yükü nokta hassasiyette hedefe indirebilme kabiliyetine sahiptir. Bizde sistemimizde yönelim kabiliyeti yüksek ve süzülme oranı yüksek olan bu paraşüt tipini kullanacağız. Şu sıralar çok gündemde olan yamaç paraşütleri bu yapıya benzer bir şekle sahip olsa da tam olarak parafoil yapıda bir kanada sahip olmadığından sistemimiz için kullanılmaması daha doğrudur.

Paraşütümüz Şekil 2'de görüldüğü üzere beş alt sistemden meydana gelmektedir;

- a. **Kanopi:** Kanopi paraşütümüzün kanat olarak isimlendirdiğimiz kısmıdır. Kumaştan imal edilen kanadımız aerodinamik yapı olarak parafoil yapıdadır. Kanadımızda cell olarak tabir edilen hava ağızları mevcuttur. Bunlara hücre de denir. Her bir hücre iki adet hava girişinden meydana gelmektedir. Bu hücreler kanadın her iki tarafa da eşit eğri bir yapıda olması için daima tek sayıdır. (7,9,11 gibi) Cell sayıları kanadın büyüklüğüne göre artar. Taşınacak yük fazla ise hücre sayısı da o oranda artacaktır. Kanada hücrelerden girerek dolan hava kanadın imal edildiği kumaşın hava geçirgenlik oranına göre taşıyıcılığa etki eder. Hücre ağzından giren hava hücreler arası geçişi sağlayan hava delikleri ile kanadın her tarafına eşit oranda dağılır.

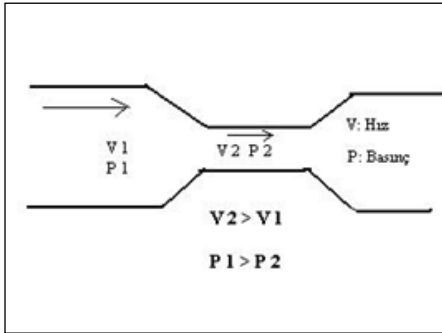


Şekil 4. Hücre ağzı ve hücreler arası geçişi sağlayan hava delikleri

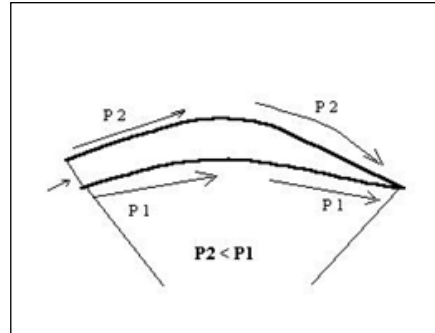
- b. **Pilot (Kılavuz) Paraşüt ve Navlaka:** Kılavuz paraşüt yük uçaktan atıldıktan sonra ilk olarak açılan ve ana paraşütün en kısa sürede açılmasına ve doğru bir şekilde dolmasına yardımcı olan paraşüttür. Genellikle içlerinde bulunan yaylı düzenekler ile ana paraşütün açılışında kolaylık sağlarlar.
- c. **Taşıma, Fren ve Yön İpleri:** Paraşüt ile yük arasındaki bağlantı görevi gören iplere taşıyıcı ipler, paraşütü yönlendirmeye ve yavaşlatmaya yarayan ip grubuna ise yön/fren ipleri denilmektedir.
- d. **Taşıyıcı Kolonlar:** Taşıyıcı ipler yüke bağlanacakları noktanın bir metre yukarısında bir araya gelerek taşıyıcı kolonlara bağlanırlar. Sağlam bir yapıda olan taşıyıcı kolonlar yüke bağlanarak emniyet artırılmaktadır.
- e. **Slider:** Ana paraşütün açılış anında meydana gelen şoktan etkilenmemesi için taşıyıcı kolonları hemen üstünde bulunan kumaştan yapılmış bir yapıdır. İlk açılış anındaki şok kuvvetinin sönümlerken ana paraşüt iplerinin birbirine dolanmadan sağlıklı bir şekilde açılmasını sağlar.

Ram-Air Tipi Paraşütlerin Aerodinamik Yapıları:

Ram-air tipi parafoil yapıdaki paraşüt tiplerinin aerodinamik yapılarını kolay bir dille anlatmak gerekirse uçak kanadı ile aynı aerodinamik yapıda olduklarını söylemek doğru olur. Şekil 5’de görülen fizik kuralında geniş bölgeden dar bölgeye giren havanın hızı artar basıncı düşer. Şekil 6’da bulunan parafoil yapıdaki kanat tipinde bu fizik kuralını uyguladığımızda üst kısımdan ve alt kısımdan geçen hava aynı zamanda arkada birleştiğini ve bu durumda üstten geçen havanın hızı daha fazla basıncı daha az olduğunu görürüz. Kanadın altından geçen havanın basıncı kanadın üstünden geçen havanın basıncından fazla olduğundan kanat havada kalır. Böylece kaldırma kuvveti oluşur.

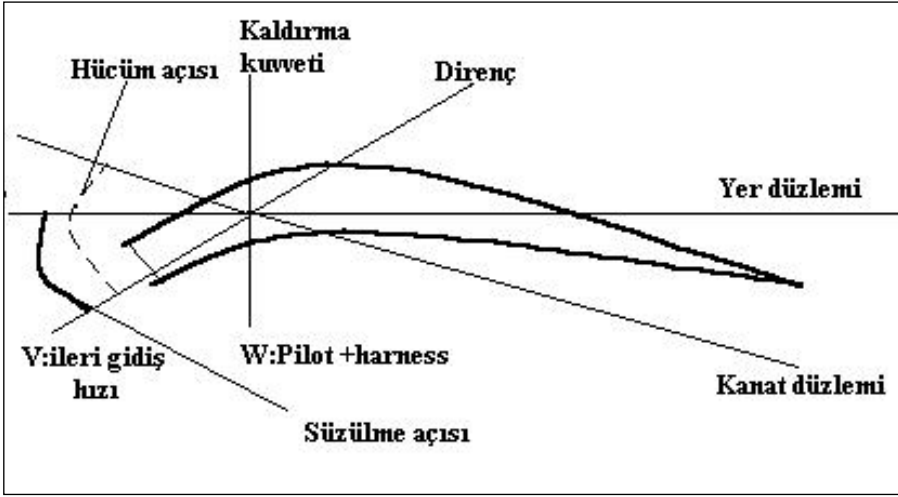


Şekil 5. Basınç Kıyaslaması



Şekil 6. Kanadın üstündeki hava akışları

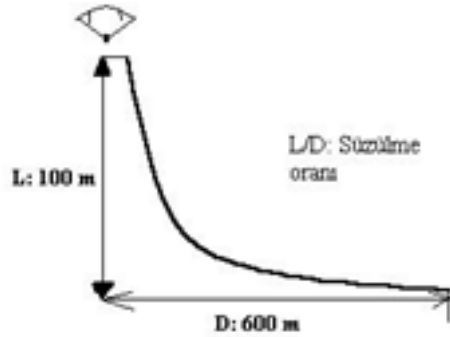
Kanadın üstüne binen yükleri Şekil 7’de görmekteyiz. Paraşütün ileri gidiş hızını etkileyen kuvvetler kanadın sağladığı kaldırma kuvveti (ki bu paraşüt kumaşının hava geçirgenliği ile doğru orantılıdır), “Drag” olarak da bahsedilen sürüklenme yani direnç kuvveti, yükün ağırlığıdır.



Şekil 7. Kanadın üzerine etki eden kuvvetler

Paraşüte etki eden diğer parametreler ise sırayla şu şekildedir;

Süzülme oranı: Bir paraşütte ana özelliklerden biri de süzülme oranıdır. Bir kanat uçmaya başladığı yer ile indiği yer arasındaki yükseklik ile gidebildiği uzaklık arasındaki oran süzülme oranıdır. Örneğin Şekil 8’de gösterildiği gibi 100 m yükseklikten kalkan kanat 600 m ileride yere iniyorsa bu oran $1/6$ ’dır. Bu oran ancak sabit hava koşullarında ve termiğin (ısınıp yerden koparak yükselen bir hava kütlesi) olmadığı durumlarda söz konusudur. $1/9$ oranına sahip kanatlar performans kanatlarıdır. Kanatta hücrelerin büyüklüğü performansı etkiler küçük hücreli kanatlar performans kanatlarıdır. Burada bahsettiğimiz performansın anlamı hız, çabuk cevap verme gibi özelliklerdir. Hız arttıkça güvenlik azalır.

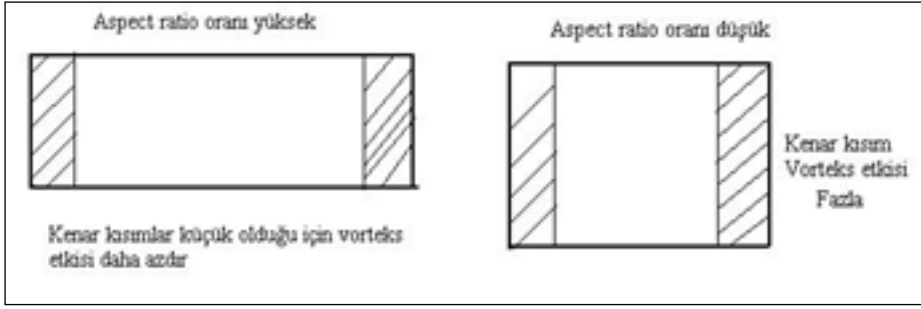


Şekil 8. L/D Süzülme oranı

Çökme oranı: Paraşütün saniyede aşağıya inme oranıdır. Sabit ortamlarda bu saniyede 1.2 metredir.

Aspect ratio: Kanadın boyunun enine veya boyun karesinin alana oranıdır. 3.5 den küçük aspect ratio ilk kullanım için uygundur.

Vorteks etkisi: Paraşüt kanadının kenar kısımlarında rüzgârın oluşturduğu düzensiz hava dolaşımıdır. Bunlar kanadın performansını olumsuz etkiler.



Şekil 9. Aspect Ratio Oranı

Kanat Performansını etkileyen özellikler:

1. Süzülme oran (L/D) büyükse,
2. Aspect ratio oranı büyükse,
3. Sellerin sayısı fazlaysa,
4. Çökme miktarı düşükse, kanadın performansı fazladır.

2.2. Yönlendirme Ünitesi: Yönlendirme ünitesi iki alt sistemde incelenebilir. İlki mekanik hareketlenmeyi sağlayan yönelim elemanları diğeri ise bu yönelim elemanlarının kontrolünü sağlayarak otonom seyrüsefer yapacak şekilde paraşütün hedefe ulaşmasını sağlayan yönelim yazılımlarından oluşmaktadır. Yönlendirme ünitesi ortam şartlarından elde ettiği veriler ile daha önceden kaydedilmiş olan bilgiler ışığında havada paraşüte yönelme komutları verir. Uçuştan önce mevcut hali ile uçuş rotası ve diğer ilgili parametreler planlanır. Dışarıdan etki eden ve uçuş karakteristiğini değiştiren en önemli etken rüzgârdır. Rüzgâr şiddeti nispetinde paraşütün hareketini etkilemektedir. Bu açıdan rüzgâr bilgisini doğru bir şekilde ve güncel olarak elde edebilmek bu sistem için hayati öneme sahiptir.

Yönelim Elemanı olarak genelde büyük dc motorlar ya da bu iş için özel olarak üretilmiş servo motorlar kullanılmaktadır. Genelde sağa ve sola dönüş hareketlerini sağlamak için iki adet hareketlendirici kullanılmaktadır, fakat sistem tasarımına göre bir adet motor ile de gerekli yönelimler yapılabilmektedir. Sistemin otonom bir şekilde gideceği yere karar vermesi ve bunun en üst doğruluk ile yapması gerekmektedir. Buradaki en hassas konu bu yönelimi sağlayacak yazılımı doğru bir şekilde yapabilmek ve bu yazılımın değişen ortam şartlarına uygun olarak sürekli olarak kendini güncelleyebilmektir. Yönelim elemanı seçimi ve yönelim programı faydalı yükün ağırlığına uygun olarak programlanarak uygun görev elemanları kullanılmalıdır.

Uzaktan Kumanda kullanımı çok tercih edilmese de bazı görevler için kullanılabilir. Bu projede önemli olan faydalı yükümüzün bizden bağımsız olarak verdiğimiz hedef bilgisine otonom bir şekilde gidebilmesidir. Bazen değişen durumlar karşısında kontrolün kullanıcıya geçmesi gerektiğinde ya da sistemin devre dışı kalabilme ihtimaline karşılık sistemin kontrol mekanizmasında uzak-

tan kumanda seçeneği de ilave edilmiştir. Uzaktan kumanda ile faydalı yükün arkasından atlayan bir paraşütcü havadan, yerde bulunan personel ise yerden yükün kontrolünü sağlayabilmektedir. Bu durumlar zaman zaman avantaj da sağlayabilir. Ancak personelin sistem kullanımı konusunda ileri seviye bilgi ve beceri elde etmesi gerekmektedir. Özellikle insan faktörünün olduğu durumlarda faydalı yüke dair kaza riski fazlalaşmaktadır.

2.3. Taşıma Ünitesi (Konteynır): Faydalı yük sistem içerisinde en fazla korunması gereken bölümdür. Çünkü tüm sistem bu faydalı yüke herhangi bir zarar gelmeden hedefe ulaştırabilmek için vardır. Dolayısıyla faydalı yükümüzü uçuş şartlarından ve iniş esnasındaki darbelere karşı koruyacak bir yapıya ihtiyaç duymaktayız. Bu taşıma ünitelerini yaparken bu sistem için kullanılması düşünülen uçakların ebatlarının ve karakteristiklerinin bilinmesi zaruridir. Çünkü taşıma ünitesinin kullanacağınız hava aracına sığmadığı bir durumda havadan yük atma işlemini de gerçekleştiremeyeceksiniz demektir. Bu nedenle bu bilgi bileşenleri unutulmamalıdır. İkinci en önemli şey ise taşıma ünitemizin faydalı yükümüzü her türlü ortam şartlarından, iklim koşullarından koruyacak bir yapıda olmasıdır. İklim koşullarından minimum etkilenmesi için faydalı yük termal battaniye vb. ürünler ile korumaya alınabilir. Ayrıca yere çarpma anındaki darbeyi emecek ve bunu kesinlikle faydalı yüke iletmeyecek şekilde tasarlanmış olmalıdır. Bu konuda 2.nci Hava İkmal Bakım Merkezi bünyesinde yürütülen çalışmalar ile HCU-6E adı verilen ve yurtdışından alınan örneklerinden daha sağlam ve çok daha az maliyetli bir taşıma ünitesi yapılmıştır. Bu taşıma ünitesi faydalı yük indirme projemiz için de yeterli teknik özellikleri karşılamaktadır.



Şekil 10. HCU-6E Taşıma Sistemi, 2. nci HİBM K.lığı

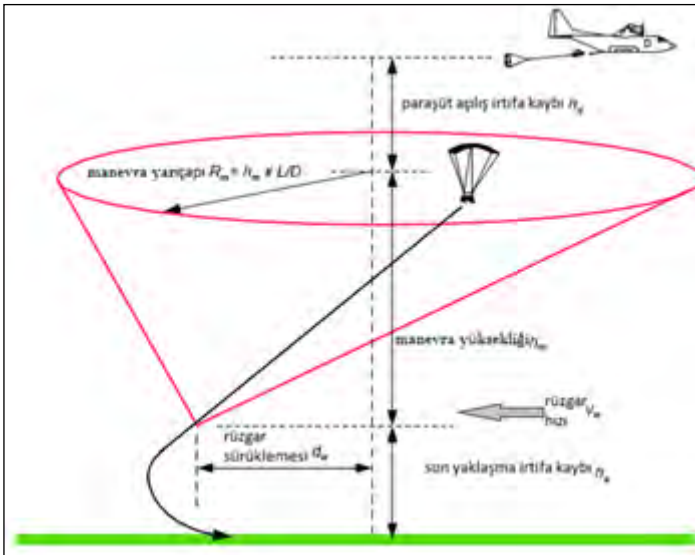
2.4. Yardımcı Sistemler

- a. **Yer İstasyonu:** Yer istasyonu sistemimizi anlık olarak nerede olduğunu izlemimize yarar. Bu sayede sürekli olarak kontrolde tuttuğumuz sistemimizi olası durumlar karşısında müdahale şansı elde etmiş oluruz. Aynı zamanda yer istasyonumuzu geliştirerek insansız hava araçlarında olduğu gibi uzaktan merkezi yönlendirme sağlanabilmektedir. Özellikle anlık değişen meteorolojik şartların da sistem yazılımında anlık olarak güncelleme yapılması sağlanabilir. Özellikle sistem üzerine yerleştirilecek sensör takımları ile o bölgenin yaklaşık rüzgar profili, meteorolojik koşulları gibi bilgilere de anlık olarak yer istasyonunda görüntüleyebiliriz.

- b. Rüzgâr Sondası:** Rüzgâr bilgisi sistem içerisinde ulaşılması en güç bilgi ve sistemi en fazla etkileyen bir kuvvettir. Özellikle yüksek irtifa uçuşlarında sürekli yön ve şiddet değiştiren rüzgârlar sisteme anlık müdahale edilmediği takdirde hedeften uzaklaştıracak, dolayısıyla görev başarı şansını düşürecektir. Bu nedenle şartların elverişli olduğu durumlarda faydalı yükümüzü uçaktan atmadan yaklaşık yirmi dakika kadar önce hava sondasını atarak uçuş yapılacak bölgenin rüzgar profili bilgisi elde edilir ve bu uçuştan önce yönlendirme yazılımına aktarılır. Yalnız bu sistem çok pahalı ve zaman kaybettiren bir sistemdir. Maliyetli oluşunun yanında zaman olarak da görev süresini uzattığı ve görevi tehlikeye düşürdüğü için normal zamanlar haricinde çok fazla kullanılmaz. Bu sistemin yerine meteoroloji genel müdürlüklerinden alınan rüzgâr bilgileri kullanılabilir. Bu sistemin etkin bir şekilde fayda sağlayabilmesi için ülkemiz meteoroloji çalışmalarının gelişmesi ve bu alanda da kendine yer bulması gerekmektedir.
- c. GPS Sinyal Dağıtıcısı:** GPS sinyal dağıtıcı ile tüm bileşenlere kablosuz bir biçimde GPS verileri aktarılabilir. Uçak durum bilgi hava görevlerinde mürettebata, kargo bırakma zamanında ve ek güvenlik önlemleri konusunda yardımcı bir sistemdir.

3. Faydalı Yük İndirme Projesinde Hedef Yönelim Doğruluğu

Otonom/Uzaktan kumandalı paraşüt sistemi ile yük atma projesinde sistem kısıtları, meteorolojik şartları ve ehil personel tarafından kullanılıp kullanılmadığına bağlı olarak hedef doğruluğu değişmektedir. Eğer tecrübeli bir personel ile uygun koşullarda ve sistem gereksinimleri göz önüne alınarak uçuş gerçekleştirilirse görev doğruluk oranı %99'un bile üzerine çıkmaktadır. [1]



Şekil 11. Faydalı Yük İndirme Sistem Hedef Hesabı

II. PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ

Projede hedeflenen üründe iki farklı yenilik öngörülmektedir. Mevcut sistemler ram air tip paraşütlerle herhangi bir itki sistemi olmaksızın hedefe yönelen bir yapıdadır. Bu sisteme entegre edilebilecek paramotor tarzında bir itki sistemine sahip ram-air tip paraşüt ile yükün daha uzak mesafelerden, daha yüksek doğrulukla rüzgardan minimum derecede etkilenen bir yapı ile uçuş limitlerini arttırarak sistemi daha etkin bir yapıya kavuşturmak mevcut sistemler üzerinde yapılabilecek ilk yenilik olarak öngörülmektedir. İkinci öngörülen yenilik ise sistem üzerine yerleştirilecek LIDAR (Light Detection and Ranging) sistemi ile şu an <50 m olan iniş alanını daha hassaslaştırarak 10 metre hassasiyete düşürmek ve son inişte uygun boş alana otonom yönelimi sağlamak olarak ifade edilebilir.

III. PROJENİN MALİYETİ

Projenin yurt dışı alım maliyeti dört adetlik set halinde alımlar için yaklaşık olarak beş - altı milyon dolar civarında maliyeti vardır. Yurt dışı alımların önemli bir dezavantajı bu ürünü etkin bir biçimde kullanabilmek için elinizde yedek parça ve sarf malzeme bulundurma zorunluluğudur. Bu da mevcut maliyete ek bir maliyet getirmektedir.

Projenin Ar-Ge yapılarak yerli imkânlarla üretilmesinde öngörülen tahmini maliyet tablosu ise aşağıdaki gibidir. Emsallerine nazaran daha kabiliyetli bir sistem tasarlanabileceği öngörülen özgün sistemlerin projeye katılması da artı bir yan fayda olarak göz önünde bulundurulmalıdır.

MALİYET TABLOSU	
1. Çalışan Maaşları & Bursiyer Masrafları (*)	2000 TL x 10 kişi x 36 ay = 720.000 TL
2. Malzeme Giderleri	750.000 TL
3. Test Masrafları	350.000 TL
4. Sertifikasyon Giderleri	500.000 TL
5. Danışmanlık Hizmet Alımları	150.000 TL
6. Alt Yüklenici Giderleri	500.000 TL
7. Makine, Teçhizat Alımları	750.000 TL
8. Diğer (Öngörülemeyen Giderler)	250.000 TL
TOPLAM	3.250.000 TL

(*) Toplam 10 personele (Proje Yürütücüsü, Araştırmacılar ve Bursiyerler) ortalama 2000 TL maaş ya da burs verildiği öngörülmüştür.

IV. PROJENİN KULLANIM ALANI

Proje kullanım alanlarına göre iki farklı bölümde ele alınabilir. Projenin hem askeri hem de sivil kullanım alanları mevcuttur.

Projenin sivil kullanımına ilişkin bazı örnekler aşağıdadır;

a) Deprem, sel vb. doğal afet olaylarında karadan naklin zor/imkansız olduğu ve zaman kaybına yol açtığı durumlarda faydalı yük indirme projesi ile istenilen her türlü arama kurtarma araçları, ekipman, teçhizat, ilkyardım malzemesi, barınma ihtiyaçları istenilen bölgeye en kısa sürede ulaştırılabilecektir. Arama kurtarma personelinden ehil olan kişilerde paraşüt ile doğal afet bölgesine hızlı ve etkin bir şekilde ulaşacaklardır.



b) Yüksek irtifada mahsur kalan ve konumu bilinen dağcı ya da dağcılara hayati idame kitinin ya da gerekli diğer malzemelerin ulaştırılmasında,

c) Kaza kırırma uğramış bir hava aracına coğrafi ve hava koşulları sebebiyle karadan ulaşılabilen durumda sağ kalan kişiler için hayati idame ve sağlık kiti gönderilmesi (Örneğin Isparta'da düşen Atlas Jet'e ait uçakta hayatta kalan bazı yolculara hava koşulları ve coğrafi koşullar sebebiyle ulaşılabilen ve can kaybının artmasının önüne geçilememiştir.)



d) Kış şartlarında kapanan ve karadan ulaşılması mümkün olmayan köy, kasaba, radar, karakol, anten/verici istasyonları gibi bölgelere ihtiyaç duyulması halinde yiyecek, tıbbi malzeme ulaştırılması,



e) Bir üst maddede belirtilen koşullarda malzeme ile birlikte paraşütçü ve sağlık personelini de paraşüt ile istenilen bölgeye indirerek görev etkinliği artırılırken nüfuz edilebilir alanın genişletilebilir.



Örneğin meteorolojik şartların çetin geçtiği doğu ve güneydoğu Anadolu bölgelerinde kapanan köy ve okul yollarından ötürü oluşan mağduriyetleri giderilmesi adına faydalı yük indirme projesi kullanılabilir. İhtiyaç duyulan köye ya da bölgeye içinde tıbbi malzeme, hayati idame malzemesi, karadan geri dönmeyi kolaylaştıracak bir kar motorunun olduğu bir malzeme yükü ile birlikte bir paraşütçü ve ona bağlı olarak (tandem) bir sağlık personeli o köye indirilebilir. Gerekli müdahalelerin ardından kar motoru kullanılarak hastanın en yakın bölgeye sevki sağlanabilir.

Bu sayede kapanan köylere ulaşım sağlama yönünde vakit, insan ve makine gücü kaybının ciddi oranda önüne geçilebilir.

- f) Ticari olarak malzeme naklinin güç olduğu bölgelere faydalı yük indirme projesi ile havadan malzeme nakli yapılarak taşıma maliyetleri düşürülürken zaman kaybının önüne geçilir.

Örneğin yüksek rakımlarda ve dağlık bölgelerde kurulacak radyo link haberleşme istasyonları için malzeme naklinde fayda sağlanabilir ya da baraj vb. yapıların inşasında malzeme naklini kolaylaştırabilir.

- g) Açık denizlerde ihtiyaç duyulacak arama kurtarma faaliyetlerinde malzeme (hücum bot vb.) ve arama kurtarma personel nakli, hayat kurtarma kiti nakli (can simidi, yeleği, su ve yiyecek)

Projenin askeri kullanımına ilişkin bazı örnekler aşağıdadır;

- a) Projenin askeri manada da öncelikli kullanım alanı arama kurtarma faaliyetleridir. Bu faaliyetlere verilebilecek ilk örnek açık denizlerde yapılan arama kurtarma görevlerinde (zaman kısıtlamasının yüksek olduğu bir görev türüdür.) bu sistemin kullanılabilirliğidir. Deniz üstü arama kurtarma görevlerinde uçaktan otonom yönelimli paraşüt sistemi ile atılacak arama kurtarma hücum botu arama kurtarma sahasında istenilen bölgeye istenilen irtifadan atılır. Hücum botu ile birlikte arama kurtarma ihtisaslı personelde kendi paraşütü ile atlayışını yapar ve botun yakınına inerek deniz üstü kurtarma görevlerini icra ederler.



- b) Kış şartlarında dağlık bölgelerde yapılacak arama kurtarma faaliyetlerinde kar motoru ve gerekli teçhizatı istenilen bölgeye otonom yönelimli paraşüt sistemi ile inmesini sağlayarak arama kurtarma personeline kar üstünde arama kurtarma görevini icra edilebilmesine olanak tanır.



- c) Düşman bölgesinde bulunan birliklere istenilen malzeme, yiyecek, mermi, ağır silah gibi ihtiyaçlarını havadan otonom yönelimli paraşüt sistemi ile ulaştırmak ve bu birlikleri lojistik olarak desteklemek mümkündür.



- d) İç karışıklık içinde bulunan müttefik ülkelere yapılacak insani yardımları tehlike bölgesine girmeden 20 kilometre uzaktan ihtiyacı olan sivil insanlara ulaştırılabilir. Bu sayede dostu güven, düşmana korku verilmesi sağlarken uluslararası itibar getiren bir harekât kabiliyeti kazandırılmış olur.

V. PROJENİN YAPILABİLİRLİĞİ / UYGULANABİLİRLİĞİ

Projenin gerçekleşmesi için gereken insan gücü, teknoloji ve malzemelerin günümüzde milli imkânlar ile gerçekleştirilebilir seviyededir. Ülkemizde teşvik ve desteklemelerin ardından büyük bir hızla gelişen hava ve uzay teknolojileri marifetiyle projenin iki ya da üç yıl gibi bir süre zarfında üniversite-sanayi ortak çalışması ile yapılacağı öngörülmektedir. Özellikle son yıllarda İnsansız hava araçlarında yaşanan milli kabiliyet kazanımının bu projenin ortaya çıkmasına da önemli derecede katkı yapacaktır. Proje Ar-Ge aşamasını müteakip ortak çalışılan sanayi kolunun becerileri ile ürüne dönüştürülerek rahatlıkla potansiyel kullanıcıların hizmetine sunulabilir. Mevcut sistemler yurtdışında aktif olarak kullanılmaktadır.

VI. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Projeye yönelik literatür taraması yapıldığında yurtdışında bu alanda faaliyet gösteren firmalar olduğu görülebilir. Bu alanda araştırmalar yaparken aktif olarak askeri hareketlarda ve sivil kullanım alanlarında faaliyet gösteren iki firma ve bunların ürünleri üzerinde durulmuştur.

Bu firmalar;


- *Bir Kanada firması olan “Mist Mobility Integrated Systems Technology Inc. (MMIST Inc.)” ve bu firmaya ait Sherpa Equipment serisinin “Provider” ve “Ranger” modelleri*

SHERPA RANGER (100 – 2,200 LBS.)

The Sherpa™ Ranger is sold in three (3) different payload variants, defined by maximum payload in pounds. The three (3) payload variants are referred to as the Sherpa™ Ranger 700, 1,200 and 2,200 respectively.



Simply stated, the Sherpa™ Ranger guidance unit is smaller and lighter than alternative guidance units that can only fly 700 lb, yet it can also fly up to 2,200 lbs with optional larger parachute system. The Ranger is a competitive and flexible 700 lbs solution that can easily be expanded to a 2,200 lbs system by operators in the field.

**Sherpa™ Ranger
Guidance Unit**





**Payload:
100 – 2,200 lbs.**



+

=

Ranger 700
Payload: 100 – 700 lbs

=

Ranger 1200
Payload: 400 – 1200 lbs

=

Ranger 2200
Payload: 700 – 2200 lbs

VII. TARTIŞMA ve SONUÇ

Elde edilen bulgular ışığında yeni varsayımlarda bulunuldu ancak bu varsayımların özellikle bu sisteme dâhil edilecek LIDAR sistemi ile ürünün performans değerlerinde önemli ölçüde verim artışı gerçekleştirilebilir. Ayrıca yenilik olarak

SHERPA EQUIPMENT

The Sherpa™ family of products consists of:

1. Flying unit:
 - a. Parachute system (700, 1200, 2200 or 10,000) with interface kit;
 - b. Airborne Guidance Unit (AGU) (Provider or Ranger);
2. Ancillaries:
 - a. Deployment kit;
 - b. Battery charger;
 - c. Hand held remote control kit
 - d. Transportation / storage container(s);

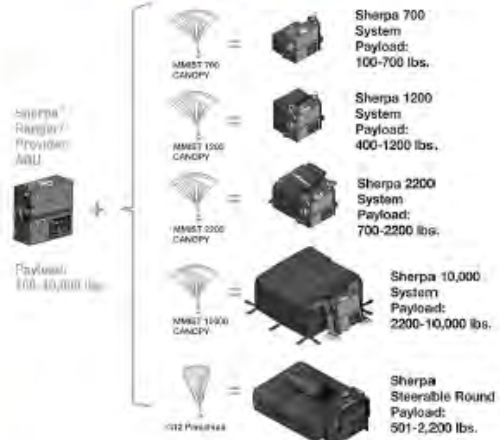


Sherpa™ Provider

SHERPA PROVIDER (100 - 10,000 LBS.)


The Sherpa™ Provider is designed to easily integrate to multiple parafoils to support payloads up to 10,000 lbs. The Provider offers the lowest cost per pound of cargo delivered compared to any other aerial delivery system available, including LCADS and ICDS. It easily interfaces with 463L, Type-V platforms, Enhanced Container Delivery Systems (ECDS), as well as custom payloads and containers.

Simply stated, the Sherpa™ Provider guidance unit is smaller and lighter than alternative guidance units that can only fly 2K lb, yet it can also fly 10K lbs. For customers who have confirmed 2K requirements and are still studying potential 10K requirements, the Provider is a competitive and flexible 2K solution that can easily be expanded to a 10K system. The Sherpa™ Provider is sold in four (4) different payload variants, defined by maximum payload in pounds. The four (4) payload variants are referred to as the Sherpa™ Provider 700, 1200, 2200 and 10,000 respectively.



düşünülen paramotor tarzı bir yapıya dönülmesi de rüzgâr faktörünü azami seviyeye indirerek sistemin daha kararlı bir hale gelmesi sağlanabilir. Bu bölüm projenin en zor yazılan kısmıdır. Tartışma şu sorulara yanıt vermelidir.

Önceden yapılan çalışmalarda bu yapıya benzer bir yapı kullanılmasına gerek duyulmamış, daha çok rüzgar bilgisini anlık olarak elde edebilmek üzerine çalışmalar yoğunlaştırılmış. Etkisi azami seviyeye indirilebilecek rüzgar faktörü için bu sistemlerin denenmesi ve geliştirilmesi daha uygun olabileceği değerlendirilmektedir. Çalışma uluslararası ortam için aslında hiç de yeni değil. Birkaç ülke operasyonel koşullarda ve sivil ortamda bu projeden faydalanmaktadır. Yalnız ülkemiz adına yeni sayılabilecek ve geliştirilmesi ülke menfaatine olacak bir proje olduğu konusu üstünde ısrarcı bir şekilde durmak istiyorum. Buradan elde edilecek bilgi ve tecrübe ile gelecekte ülkemiz adına düşünülen insanlı




AS AIRBORNE SYSTEMS

WWW.AIRBORNE-SYS.COM
EMAIL: SALES@AIRBORNE-SYS.COM

FIREFLY™


GUIDED PRECISION AERIAL DELIVERY SYSTEM



Control Unit
The Remote Control Unit allows a user to remotely program the system for a mission and can be used to monitor the status of systems while onboard the aircraft prior to drop.
After the FireFly™ is dropped, the Remote Control Unit can be used to monitor the location and heading while in flight. If desired, an operator may override the Airborne Guidance Unit and fly the system manually.

Family of Systems
The FireFly™ is part of a family of GPADS platforms developed and manufactured by Airborne Systems. The MicroFly™, FireFly™, and DragonFly™ systems are capable of delivering payloads from 100 lb (45 kg) to 10,000 lb (4,500 kg). Airborne Systems is also developing the MegaFly™ and the GigaFly™ which will increase the payload range to over 40,000 lb (18,100 kg). All operate with a common algorithm, user interface, and mission planner. The packing methodology for all systems is identical, so little additional training is required to qualify riggers on different systems.

FIREFLY™ TECHNICAL DATA	
Payload Capacity	700 - 2,200 lb (315 kg) - (1,000 kg)
System Weight	167 lb (75 kg)
Span	56 ft (17 m)
Chord	18 ft (5,5 m)
Cell Count	19
Opening Shock (Max)	4.5 g's
Max Release Altitude	25,000 ft (7620 m)
Min Release Altitude	3500 ft (1067 m)
Max Glide, L/D (no wind)	4.0 : 1



Airborne Systems North America
400 Maguire Avenue • Fort Worth, TX 76102 • USA (817)
Tel: (817) 435-1279 • Fax: (817) 435-1283

Airborne Systems Canada Ltd.
4040 King Ave. • Toronto, Ontario • Canada M3J 1K7
Tel: (416) 491-9999 • Fax: (416) 491-9998

Airborne Systems Europe
Channon • 8 Rye Hill • Luton • Bedfordshire
UK • LU1 1RH • Tel: +44 (0)1525 533333

Projeyle ilgili bazı konferanslardan ve bu konferanslarda sunulan makalelerden literatür taraması da yapılmıştır. Bu konferanslardan en önemli "AIAA" tarafından yapılan "Aerodynamic Decelerator Systems Technology Conference and Seminar" isimli konferanstır. Bu konferanslarda yapılan yayınlardan azami ölçüde faydalanılmıştır.

- 154 -

uzay görevlerinde kullanılmak üzere iniş kurtarma sistemleri (Space Recovery System) geliştirilmesi için bir altyapı oluşturulmuş olacaktır.

Çalışmanın birçok yerinde hesaplamalardan ve detayların derinliğinden uzak durmaya çalıştım. Önsözde de belirttiğim gibi bu yazı ile amaçlarımdan bir tanesi de bu projenin önemini ve ülkemiz adına yararını yalın bir dille anlatabilmektir.

Bunları yaparken kendi kendime sorduğum ve üzerinde düşünülmesi gerektiğine inandığım soruları cevaplamaya çalışırken kendi düşüncemi sizlere açmayı amaçladım. Bu sorulardan bir iki tanesine burada değinmek gerekirse;

AR-GE ve Maliyet dengesi göz önüne alındığında kullanıcı açısından ne gibi avantajlar sağlayabilir?

AR-GE maliyetinin yaklaşık olarak 3 Milyon civarında bir maliyet ile gerçekleşmesi ön görülmektedir. 40 adet öngörülen ilk etap üretimin 20 adet olacağı varsayılarak çıkarılan hesapta bir ürün başına düşecek AR-GE maliyeti 150.000 TL olacaktır. Yurtdışından alınacak ürünün ilk alım maliyetinin 400.000 TL olduğu ve sürekli olarak artı masraflar doğuracağı göz önüne alındığında bir ürünün üretim maliyetinin 200.000 TL olması bile doğrudan daha az bir maliyet ile üretilmesine olanak tanıyacaktır. Her uçuş başına kullanılan sarf malzemeler, bakım giderleri, bakıma gidecek malzemelerin yurtdışına gidip-gelme masrafları ve alınacak ülkeye ödenecek vergi dikkate alındığında sistemin AR-GE yapılmış halinin masrafları yaklaşık olarak yarı yarıya düşüreceği tahmin edilmektedir.

İlk etapta kaç adet ürüne ihtiyaç duyulmaktadır?

Bu sayıyı belirlerken dikkate alınacak husus hangi kurumların ihtiyacı olacağına öngörülmesi

Muhtemel ihtiyaç duyacak kurumlar:

- Hava Kuvvetleri Komutanlığı – İlk Aşamada 10 adet kesin ihtiyaç bildirilmiştir.
- Özel Kuvvetler Komutanlığı – 5 adet ihtiyaç olacağı öngörülmektedir
- Deniz Kuvvetleri Komutanlığı – 5 adet ihtiyaç olacağı öngörülmektedir.
- Kara Kuvvetleri Komutanlığı -5 ila 15 arasında ihtiyaç olacağı öngörülmektedir.
- AFAD ve diğer Arama Kurtarma Ekipleri – 10 adet ihtiyaç olacağı öngörülmektedir.
- Kargo Taşıma Şirketleri

SONUÇ

Sonuç olarak bu proje ile amaçlanan en önemli istek insansız hava aracı kategorisinde değerlendirilebilecek bu projede yurtdışına bağımlı olmadan milli imkânlar ile ülke kabiliyetlerine katkıda bulunmaktır. Yetmişmiş insan gücümüz

ve etkin düşünen mühendislerimiz sayesinde yurt dışında örnekleri olan bu projeyi daha kullanışlı ve daha etkin bir şekilde üreterek elinde bu imkânı bulunan ülkelerin dahi dikkatini çekebileceğimizi düşünüyorum.

Bu araştırma yapılması ile ülkemizce ihtiyaç olan fakat farkında olunmayan bir konu hakkında bir eksiklik giderilmiştir. Bu araştırmanın en büyük yeniliği ve amacı bu farkındalığı ortaya koyarak zaman içerisinde gerçekleyebilmektir. Bu konuda oluşturulan bilinç bu alana ilgi duyabilecek yeni çalışma arkadaşları kazanabilmekte projenin en önemli faydalarındandır. Muhtaç olduğumuz kudretin damarlarımızdaki asil kanda mevcut olduğu bilinciyle bu projede kendime ve bir başkasına özellikle de ülkeme faydalı olabilmek ümidiyle saygılarımı sunuyorum. Proje raporunu okumuş olarak beni onore ettiğinizden ötürü bir kere daha şükranlarımı sunuyorum.

Arz Ederim...

VIII. KAYNAKÇA

1. “Advanced Features for Autonomous Parafoil Guidance, Navigation and Control” Thomas Jann, 18th AIAA Aerodynamic Decelerator Systems Technology Conference and Seminar, AIAA 2005-1642
2. “Aktif Kontrollü Faydalı Yük Taşıma Sistemlerinin Paraşüt, Yapı ve Mekanizma Açısından İncelenmesi” Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü yüksek lisans tezi, Ümit MERCAN
3. AS Airborne Systems firmasına ait ürün kataloğu, <http://www.airbornesys.com/>
“Autonomous Precision Delivery of 42,000 Pounds (19,000 kg) Under One Parachute” Jean-Christophe Berland and Justin Barber and Bill Gargano Brian P. Bagdonovich, 20th AIAA Aerodynamic Decelerator Systems Technology Conference and Seminar
 4 - 7 May 2009, Seattle, Washington, AIAA 2009-2928
4. “Autonomous Guidance, Navigation, and Control of Large Parafoils”, David Carter, Sean George, Philip Hattis, and Leena Singh and Steven Tavan, 18th AIAA Aerodynamic Decelerator Systems Technology Conference and Seminar, AIAA 2005-1643
5. Mist Mobility Integrated Systems Technology Inc. (MMIST Inc.)” firmasına ait ürün kataloğu, <http://www.mmist.ca/>
6. “Precision Airdrop System”, Robert Wright and Richard Benney and Jaclyn McHugh, 18th AIAA Aerodynamic Decelerator Systems Technology Conference and Seminar AIAA 2005-1644
“Ram-Air Parachute Design”, J.Stephen Lingard, 13th AIAA Aerodynamic Decelerator Systems Technology Conference, Clearwater Beach, May 1995. (6)

**SABİT KANATLI MİNİ İNSANSIZ HAVA
ARACINA, ÇEVREYE DUYARLI ELEKTRİKLİ
HİBRİT İTKİ SİSTEMİ YAKLAŞIMIYLA DİKEY
İNİŞ KALKIŞ KABİLİYETİ KAZANDIRILMASI VE
VERİM ARTIŞI SAĞLANMASI**

MİRAC K. AKSUGÜR
mirac@aksugur.com

Miraç K. AKSUGÜR

18 Eylül 1983 yılında Tekirdağ'da doğan Miraç Aksugür, 2007 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Uzay Mühendisliği bölümünden mezun oldu; 2010 yılında Uçak ve Uzay mühendisliği yüksek lisans derecesini aldı.

2004 yılından 2010 yılına kadar aktif olarak Amerikan Havacılık ve Uzay Enstitüsü'nün ABD'de düzenlediği Tasarla/Yap/Uçur adıyla düzenlenen model uçak/insansız hava aracı yarışması ekiplerinde aerodinamik tasarım, üretim, test ve itki sistemleri bölümlerinde çalıştı; 2005-2010 yılları arasındaki takımlara da test/yarışma pilotluğu yaptı.

2006 yılından 2010 yılına kadar İTÜ Kontrol ve Aviyonik laboratuvarında araştırmacı mühendis olarak çalışan Miraç Aksugür; burada insansız hava araçlarıyla ilgili çalışmalarda bulundu. Yazarın yayın isimleri şöyledir; "Design Methodology of a Hybrid Propulsion Driven Electric Powered Miniature Tailsitter Unmanned Aerial Vehicle", "Hybrid Propulsion System Design of a VTOL Tailsitter UAV", "Design, Build And Flight Testing Of a VTOL Tailsitter Unmanned Aerial Vehicle With Hybrid Propulsion System", "A Design Approach and Optimization Techniques for the Aircraft Design Contest with a Constrained Propulsion System, Wing Span and Take-Off Distance", "The Autonomy of Fixed-Wing Aerial Vehicles and Experimental Design Steps on Implementing Autonomous Navigation, Landing and Take-Off Operations for the Trainer 60 Model Aircraft", "Design and Hardware-in-the-Loop Integration of a UAV Micro Avionics System in a Manned-Unmanned Joint Airspace Flight Network Simulator", "Aricopter: Aerobotic Platform for Advances in Flight, Vision Controls and Distributed Autonomy", "Design of a Distributed C2 Architecture for Interoperable Manned/Unmanned Fleets", "Öğrenci Yarışma Projelerinin Mühendislik Gelişimine Katkıları".

Kontrol ve aviyonik laboratuvarından sonra, üç yıl boyunca kurucularından biri olduğu Atlantis UVS şirketinde yöneticilik ve mühendislik yapan Miraç Aksugür; aynı şirkette iki adet Tübitak ve bir adet KOSGEB projesinin yürütücülüğünü yaptı ve bir insansız hava aracının ürünleşme safhasına yöneticilik etti. Yürütücülüğünü yaptığı dört pervaneli dikey iniş kalkış yapan insansız hava aracı projesi, 2012 yılında yapılan TESİD'in (Türk Elektronik Sanayicileri Derneği) proje yarışmasında finale kaldı.

Atlantis UVS şirketinden sonra 6 ay MİLPER firmasında Ar-Ge Projesi Yürütücülüğü görevi aldı ve 100 m sınıfı Korvet gemisi için (MİLGEM) değişebilir hatveli pervane ve sevk sistemi ön tasarım aşamasının proje yöneticiliğini üstlendi ve projeyi öngörülen zaman içinde proje ekibiyle birlikte tamamladı. Şu anda Türk Hava Yolları'nda Tasarım, Geliştirme ve Projeler bölümünde Tasarım Mühendisi olarak çalışmakta ve insansız araçlarla ilgili çeşitli çalışma gruplarında çalışmalar yürütmektedir.

İÇİNDEKİLER

- I. Giriş
 1. Problem: Görev Esnekliği, Sessizlik, Kullanım Ve Bakım Kolaylığı
 2. Mevcut Çözümler: Helikopter, Multikopter Ve Organik Hava Aracı
 3. Önerilen Çözüm: Hibrit İtki Sistemi Yaklaşımı Filozofisi
 - 3.1 İtki Sisteminin Temelleri
 - 3.2 Hibrit İtki Sistemi Filozofisi Ve Tailsitter Tipi Bir İHA'ya Uygulanışı
 - 3.3 Hesaplamalar Ve Sonuçlar
- II. Projenin Yenilikçi Yönü
- III. Projenin Maliyeti
- IV. Projenin Kullanım Alanı
 1. Genel Kullanım Alanları
 2. Uygulamalar
 - 2.1 İnşaat/Emlak
 - 2.2 Güvenlik Uygulamaları
 - 2.3 Askeri Uygulamalar
 - 2.4 Bilimsel Uygulamalar
 - 2.5 Sivil Savunma Ve Doğal Afet Uygulamaları
 - 2.6 Sivil Kullanım Uygulamaları
 - 2.7 Resmi Kurumlar Ve Yerel Yönetimlerle İlgili Uygulamalar
- V. Projenin Yapılabilirliği / Uygulanabilirliği
- VI. Literatür Araştırması
- VII. Tartışma Ve Sonuç
- VIII. Kaynakça

Semboller ve Kısaltmalar

- İHA : İnsansız Hava Aracı
Nano : Nano sınıfı İHA
Mikro : Mikro Sınıf İHA
Mini : Mini sınıfı İHA
CR : Yakın menzilli İHA
SR : Kısa menzilli İHA
MR : Orta menzilli İHA
MRE : Orta menzilli İHA
LADP : Düşük irtifa derin nüfuzlu İHA
LALE : Alçak irtifa kısa menzilli İHA
MALE : Orta yükseklikteki irtifada uçabilen kısa menzilli İHA
HALE : Yüksek irtifadan uçan uzun menzilli İHA
UCAV : İnsansız savaş uçağı
STRA : Strosferik yükseklikte uçan İHA
EXO : Egzosferik yükseklikte uçan İHA
VTOL : Dikey iniş-kalkış
 V_0 : Pervane dönüş eksenine paralel gelen veya bir kanat üzerine gelen havanın hızı (m/s)
 V_2 : Pervane kesitinin çizgisel hızı (m/s)
 V_1 : V_0 ve V_2 hızlarının vektörel toplamı, pervane kesiti üzerine gelen toplam hız (m/s)
 C_l : İki boyutlu kanat profili taşıma katsayısı
 α : Hücum açısı (derece)
 θ : Pervane profilinin hatve açısı (derece)
 β : Pervane profilinin efektif hücum açısı (derece)
 C_t : İtke katsayısı
 C_p : Güç katsayısı
 a_{T_r} , b_{T_r} , c_{T_r} : İtke sisteminin itke katsayısının ilerleme oranı cinsinden fonksiyonunun katsayıları
 a_{G_r} , b_{G_r} , c_{G_r} : İtke sisteminin güç katsayısının ilerleme oranı cinsinden fonksiyonunun katsayıları
T : İtke (N)
P : Güç (W)
n : Devir/saniye (1/s)
D : Pervane veya fanın çapı (m)
 ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m³)
J : Pervanenin ilerleme oranı

ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR

Bu proje kapsamında, son yıllarda artan ivmeyle gelişim gösteren ve boyutları günden güne küçülen ve kendilerinden bir çok işlevsellik beklenen insansız hava araçlarının ne gibi özelliklerde olmaları gerektiği çıkarımı yapıldıktan sonra çözüm önerimiz olan hibrit itki sistemi anlatılmaya çalışılmıştır.

Proje, bir insansız hava aracının veriminin, güvenilirliğinin, bakım aralığının artırılması; bunun yanı sıra karbon emisyonunun, ses seviyesinin, geliştirme maliyeti ve geliştirme süresinin azaltılması üzerine kuruludur.

Bahsi geçen proje, 2008-2010 yılları arasında İ.T.Ü. Kontrol ve Aviyonik Laboratuvarı bünyesinde, yazarın Yüksek Lisans Bitirme projesi olarak başlamış; proje dahilinde iki adet prototip araç üretilmiştir.

Bu projenin başlamasına ve işleyişine yardımcı olan, Yüksek Lisans tez danışman hocam Doç Dr. Gökhan İNALHAN'a (İ.T.Ü, Uçak ve Uzay Bil. Fak.), ROTAM'ın imkanlarını proje boyunca kullanmamızı sağlayan Prof. Dr. Alim Rüstem ASLAN'a (İ.T.Ü, Uçak ve Uzay Bil. Fak.), Trisonik Araştırma Merkezi'nin rüzgar tüneli ve üretim imkanlarını sunan Yrd. Doç. Dr. Hayri Acar ve Yard. Doç. Dr. Duygu Erdem'e (İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bil. Fak.); geceli gündüzlü çalışmalarımızda birbirimize destek olduğumuz ve çalışmalarını keyifli hale getiren, testlerde yardım eden Y. Müh. Serdar Ateş'e ve Proje dahilinde üretilen insansız hava prototipinde çalışan, şimdi mühendis olarak havacılık, otomotiv gibi birçok sektörde çalışan isimlerini sayamayacağım arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Eylül 2013
Miraç K. Aksugür

ÖZET

İnsansız hava araçları, gelişen teknolojiye paralel olarak havacılığa yeni bir soluk kazandırmışlardır. Gelişirken ucuzlayan, küçülen ve kabiliyeti artan komponentler sayesinde, prototipleme kolaylığının da gelişmesiyle üniversitelerin, firmaların ve amatör kişilerin ilgisini çeken bu minyatür hava araçları hızla kabiliyet kazanmış; ülkeler insansız hava aracı geliştirmek için birbirleriyle yarışa girmişlerdir. Zira ülkelerin havacılık ile istihbarat ve gözlem altyapısını tamamen değiştiren bu araçlar, olmazsa olmaz bir donanım haline gelmiş ve yıldan yıla kullanıcılar tarafından kabiliyet beklentileri artırılmıştır. Sessiz, bakım gerektirmeyen, kullanım kolaylığı olan, kolayca taşınabilen, piste ihtiyaç duymadan iniş-kalkış yapabilen ve uzun süre havada kalabilen sistemler tercih edilme-ye başlanmış ve bu yolda çeşitli konseptler geliştirilmiştir; geliştirilen konseptler de bu makalede anlatılmış ve artılarıyla eksileriyle değerlendirilmiştir. Yenilikçi ve çevreci bir çözüm olarak elektrikle çalışan ve iki farklı itki sisteminin farklı rejimlerde ayrı ayrı aktive edilmesiyle oluşturulan ve her uçuş rejiminde yüksek verim elde etmeyi ve böylece uçuş süresini uzatmayı hedefleyen hibrit itki sistemi konsepti öne sürülmüştür. Gerekli hesaplamalar metodolojileriyle birlikte verilmiş ve hibrit itki sistemi yaklaşımı bir mini İHA üzerine uygulanmıştır.

Sonuç olarak Toplamda 10 kg kalkış ağırlığı olan, dikey iniş-kalkış kabiliyetine sahip ve 1 kilogram faydalı yük (kamera ve/veya sensör) ile birlikte 2.5 saatin üzerinde uçuş yapabilecek; dünya üzerinde kendi boyut ve ağırlığındaki sınıftaki rakiplerinden çok daha üstün bir insansız hava aracı elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: İHA, İnsansız, İtki, Hibrit

I. GİRİŞ

İnsansız araçların temeli, 8 Kasım 1898 yılında Nikola Tesla'nın "*Method of and Apparatus for Controlling Mechanism of Moving Vessels or Vehicles*" adlı, Amerikan Patent Enstitüsü'nden aldığı 613809 sayılı patenti ile atılmıştır [12]. Nikola Tesla'nın patenti sayesinde uzaktan kontrolün temelleri atılmış, 1900'lü yılların başından itibaren havacılığın da gelişmesine paralel olarak ilk insansız hava aracı 1. Dünya savaşından hemen sonra kullanılmaya başlanmıştır. 20. Yüzyılın son çeyreğinde, kontrol sistemlerinin gelişmesi ve elektronik komponentlerin küçülmesi ve ucuzlamasıyla birlikte, insansız hava araçlarının sayıları hızla artmış ve ülkelerin askeri havacılığında özellikle istihbari açıdan önem kazanmış ve kullanılmaya başlanmıştır.

Yirmibirinci yüzyılın başlarından itibaren küçülen ve ucuzlayan mikro elektro mekanik sensörler sayesinde otonom minyatür (nano, mikro ve mini sınıflarını içeren) İHA'ların geliştirilebilmesinin önü açılmıştır.

UVS-International adlı, kar amacı gütmeyen ve insansız hava araçlarının sivil hava sahasına entegrasyonu konularında çalışmalar yapan kuruluşun 2012 yılı itibariyle hazırladığı rapora göre 2005 yılında 544 olan insansız hava aracı tipi 2012 yılında 1581'e ulaşmıştır^[18].

İHA sayılarındaki artış, İHA'lardan beklenen görevleri de daha zorlu hale getirmiş; sessiz, kolay taşınabilir ve modüler, görev esnekliğine sahip İHA'lar tercih sebebi olmuştur.

Yıllardır gürültülü bir şekilde pistolu ve türbinli motorlar ile uçan insansız hava araçları, son on yılda artan ivme ile gelişen lityum pil teknolojisi sayesinde elektrik motorlu hale getirilebilmiş; elektronik bileşen ve sensör teknolojisi sayesinde boyutları küçültülebilmiş, böylelikle de bakım, ayar ve kullanım zorluklarından kurtulduğu gibi; platformlara sessizlik, güvenilirlik ve tek kişi tarafından taşınabilme sayesinde kişisel istihbarat aracı olma özelliği de kazanmıştır.

Diğer tercih edilen kriter olan görev esnekliği ise son 20 yılda gelişen ve son 10 yılda üstel bir gelişim hızına sahip olan mikro elektro-mekanik sensörler ve işlemci teknolojisi sayesinde olmuştur. Böylelikle dikey iniş kalkış yapabilen, kontrol açısından zor bir problem olan araçların kontrol problemleri mikro bilgisayarlar aracılığıyla çözülmüş, komponentler ucuzladığı için birçok kişi bu konu üzerinde çalışabilmiş ve bu sayede sayıları ve kabiliyetleri de hızla artmış ve gelişmiştir.

Sonuç olarak sessizlik ve bakım kolaylığını elektrikli itki sisteminden, görev esnekliğini ise dikey iniş kalkış yapabilmesinden (VTOL) alan; böylece havada asılı kalarak bir hedefi sabit açıyla gözlemleyebilen ve istendiğinde belirli bir hızla havada seyredabilen İHA'lar önem kazanmış ve tercih sebebi olmuşlardır.

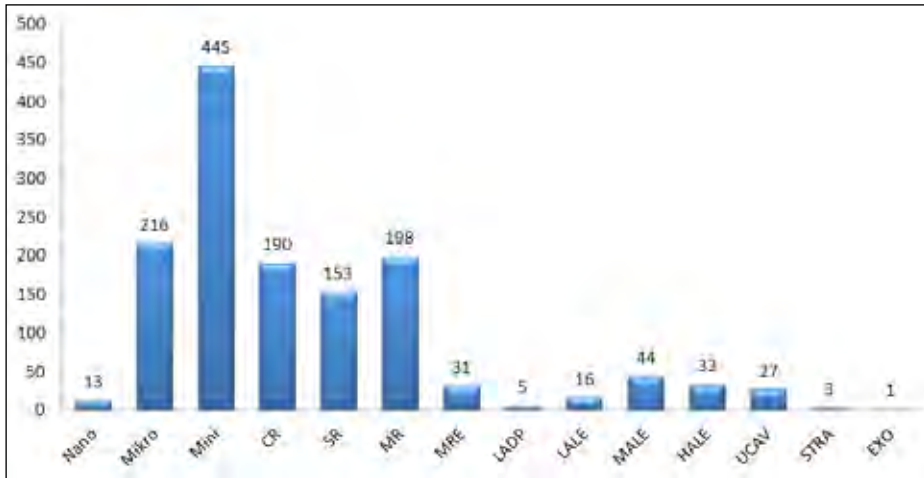
Diğer taraftan, elektrik itki sistemli ve dikey iniş kalkış özelliklerini bir arada barındıran araçların uçuş verimi ve buna bağlı olarak uçuş süresi, sabit kanatlı diye tabir edilen konvansiyonel uçuş yapabilen; yani havada tutunabilmesi için belirli bir seyir hızına sahip olması gereken hava araçlarına nazaran daha düşük kalmıştır. Bunun nedeni bir hava aracının havada asılı kalırken tükettiği enerji gereksiniminin fazlalığıdır.

İlk başlarda helikopter konseptinde geliştirilen mini VTOL insansız hava araçları, görev esnekliğinin artırılması talepleri karşısında, seyir etme verimlerinin de düşüklüğü nedeniyle evrim geçirmeye başlamış ve sonuç olarak birkaç farklı konsept ortaya çıkmıştır.

Takip eden bölümlerde varolan elektrikli VTOL konseptlerinden bahsedilecek, problem ortaya konacak ve bu probleme yönelik getirilen çözümden bahsedilecek ve hibrit itki sistemi ile getirilen çözüm, hesaplama ve deneylerle ispatlanacaktır.

1. PROBLEM: GÖREV ESNEKLİĞİ, SESSİZLİK, KULLANIM VE BAKIM KOLAYLIĞI

Giriş kısmında da belirttiği gibi teknolojiye paralel olarak nano, mikro ve mini sınıfı, yani tek kişi tarafından taşınip kullanılabilme özelliği olan İHA'ların sayısı 21. Yüzyılın başından itibaren hızla artmıştır. Şekil 1'de de görüleceği üzere, 2012 yılı itibariyle kullanımda olan 1375 farklı tip İHA içinde 13 adet nano, 216 adet mikro ve 445 adet mini sınıf İHA çeşidi vardır^[18]. Bu perspektiften bakıldığı zaman da, günümüzde kişisel istihbarat için kullanılan İHA'ların sayısının, yani nano, mikro ve mini sınıfı İHA çeşitlerinin toplamının tüm İHA çeşitlerine oranla %50 civarında olduğunu görmek mümkündür.



Şekil 1. Sınıflarına Göre 2012 Yılı İtibariyle Dünyadaki İHA Sayısı

Sayıları artan mini sınıf İHA'lar, boyut ve itki sistemleri nedeniyle daha büyük boyuttaki İHA'lara göre daha alçaktan uçarlar ve yakın mesafeden bilgi toplarlar; görevlerini icra ederken de, fark edilmemeleri açısından sessiz olmaları ve gerektiğinde bir noktaya bir açıdan bakabilmeleri de istenir.

Mini İHA'lardan istenen diğer bir özellik ise bakım ve kullanım kolaylığıdır. Zira pistonlu ve türbinli motorlarda kullanılan yakıtın taşınması, aktarımı, yakıtlı motorun her irtifada ayarının ve temizliğinin yapılması, havada durma ihtimali, yakıt pompası arızaları, karbüratör sorunları gibi problemler, kullanıcıları bakım derdi olmayan, uzun ömürlü ve en önemlisi de güvenilir ve çevreci olan elektrikli itki sistemi kullanmaya zorlamıştır.

Tüm bu istenenler bir araya getirildiğinde aslen problemin sessiz, esnek ve bakım gerektirmeyen, verimli bir İHA geliştirmek olduğu açıkça görülür.

Sessizlik istendiği zaman, elektrikli itki sistemi kaçınılmazdır. Görev esnekliği ise piste ihtiyaç duymadan kalkış ve iniş yapabilme; gerektiğinde bir noktada bekleyerek bilgi/görüntü toplama ve gerektiğinde de hızlıca uçabilme kabiliyeti ile gerçekleştirilebilir. Bu da dikey iniş kalkış yapabilen ve aynı zamanda hızlı da uçabilen bir İHA ile mümkündür.

2. MEVCUT ÇÖZÜMLER: HELİKOPTER, MULTİKOPTER VE ORGANİK HAVA ARACI

Kullanımda olan elektrik motorlu dikey iniş kalkış yapabilen insansız hava araçları üç konsept halinde öne çıkmaktadır. Bunlar helikopter, multikopter ve organik hava aracı (OAV) konseptleridir.

Döner kanatlı konseptler olarak da adlandırılan helikopterler mekanik olarak oldukça karmaşık bir yapıya sahiptirler. Bu açıdan tasarımı zor, üretimi zahmetli ve maliyetlidir. Bir kaza durumunda bire bir uyan yedek parça olmaksızın tamirine imkan yoktur. Ayrıca her uçuş sonrası ciddi kontroller yapılması gerekir zira mini sınıf bir insansız helikopterinin palaları (helikopterinin taşıyıcı pervanesi) dakikada 1500-2000 kez döner; kinetik enerjisi yüksek tehlikeli olabilecek araçlardır. Tasarım-üretim zorluğu, maliyeti ve bakım zahmeti bir yana, elektrik motorundan alınan tahrik, palalara ve moment dengeleyici kuyruk pervanesine, birçok dişli ve/veya kayış ile yüksek redüksiyon oranlarıyla aktarılır. Bu da güç aktarımında verim kaybına yol açar. Fonksiyonel olarak incelendikleri zaman helikopterler, yüksek pala çaplarıyla, havada asılı kalma görevi için oldukça verimli hava araçlarıdır. Çünkü pala alanı ne kadar artarsa pala yüklemesi (pala alanı/hava aracının ağırlığı) o kadar azalır; bu da havada asılı kalma verimini artırır^[9]. Fakat helikopterlerin seyir hızı ve seyir verimi, sabit kanatlı hava araçlarına nazaran çok daha düşüktür, çünkü seyir uçuşunda konvansiyonel bir hava aracının itki sistemi uçağın parazit ve indüklenmiş sürüklemesi kadar itki üretmesi gerekirken, helikopterlerdeki itki sistemi, hava aracının ağırlığı kadar

itki üretmesi gerekir.

Döner kanatlı İHA'lara örnek olarak Şekil 2, A kısmında görülen RS20 helikopteri verilebilir. Üretici firmanın verdiği teknik özelliklere göre^[14], 10 kilogramın üstünde kalkış ağırlığı olan aracın 1.5 kilogram faydalı yük ile 50 dakika kadar uçuş yapabildiği; maksimum hızının da 40 km/s olduğu verilmektedir.

İncelenen diğer bir İHA türü olan multikopteler, son 5 yılda pazarı hızla kaplayan hava aracı çeşitlerinden en popüler olanıdır. Aerodinamik prensip bakımından helikopterlere benzeyen bu konsept, mekanik olarak helikopterlerle karşılaştırıldığında oldukça yalındır. Helikopterlerde düzgün ve dengeli bir seyir uçuşu yapmak amacıyla palaların hatvesini her dönüşte değiştiren swash-plate mekanizması varken; multikopterlerde 3 ila 16 adete kadar değişen sayıda motor-pervane çifti vardır. Pervaneler doğrudan dış kısmı dönen (outrunner olarak da bilinen) fırçasız motorlara dişli kutusu olmadan bağlanır. Bu tür bir itki sistemi de, dişli kutusunu ortadan kaldırdığı ve sadece rulmanlar dışında bir oynar parçası olmayan fırçasız motorların kullanıldığı bir itki sistemi olduğundan; bakım-işletim kolaylığı ve güvenilirlik sağlar. Havada asılı kalma verimi, seyir uçuşu verimi ve maksimum seyir hızları oldukça düşüktür. Şekil 2'de B kısmında görülen Microdrones firmasının 15 kilogram kalkış ağırlığına sahip MD4-3000 modelidir. Bu modelin maksimum uçuş hızı 57 km/s; uçuş süresi 45 dakikadır.



Şekil 2. A: Rotomotion firmasının SR20 helikopter modeli[5],
B: Microdrones firmasının MD4-1000 multi kopter modeli [6],
C: AVID firmasının EDF-8 Organik hava aracı modeli [2]

İncelenen bir diğer konsept olan Organik hava araçları (OAV) da bu projede öne sürülen "tailsitter" tipi bir İHA olarak sınıflandırılabilir. OAVler, prensipte bir veya aynı ekseninde iki adet (coaxial) taşıyıcı pervane etrafına bir kanal inşa edilerek oluşturulmuş konseptlerdir. Pervane etrafında bulunan, "duct" veya "shroud" diye de bilinen kanal, pervanenin uç kısımlarında oluşan girdapları azaltır ve bu bağlamda pervanenin harcadığı gücü azaltırken verimini de artırır. Böylelikle aynı çapta palaya sahip helikopterlere nazaran aynı güçte %30'dan fazla itki elde edilebilir^[4]. Diğer taraftan, havada asılı kalırken performans arttıran kanal seyir uçuşuna geçildiği zaman hava aracının sürüklenmesini artırır

ve pervaneye gelen hava akımını bozarak stabilitesini azaltır. 2000-2008 yılları arasında üretilen birçok prototip ürünleşmemiştir. Ürünleşmiş ve halen piyasada olan iki OAV'den biri Avid firmasının EDF-8 modelidir. Uçuş ağırlığı 1.3 kilogram civarında olan bu hava aracının 25 dakika uçuş süresi ve 0.45 kg faydalı yük taşıma kapasitesi vardır^[2]. Hava aracının form faktöründenden dolayı, pil teknolojisi de yetersiz kaldığı için elektrik itki sistemli, daha büyük boyutlu, daha uzun uçabilen ve daha fazla faydalı yüke sahip OAV araçlar üretilmemektedir.

3. ÖNERİLEN ÇÖZÜM: HİBRİT İTKİ SİSTEMİ YAKLAŞIMI FİLOZOFİSİ

Birinci kısımda da belirtildiği gibi problemin; elektrik itki sistemli, dikey iniş kalkış yapabilen ve aynı zamanda hızlı da uçabilen bir sistem olduğu öne sürülmüştür. Bir araçta yüksek verimli dikey iniş kalkış ve hızlı uçuş yeteneklerini bir arada toplayabilmek için her uçuş rejiminin kendi içinde yüksek verimde olması gerekir. Yani dikey iniş kalkış ve havada asılı kalma esnasındaki uçuş verimi de; yüksek hızda seyir ederkenki itki sistemi verimi de yüksek olmalıdır.

Varolan çözümler kısaca hatırlanacak olursa, Helikopterler ve multikopterlerin havada asılı kalma verimleri yüksek olmasına karşın yüksek hızda seyir etme verimleri oldukça düşüktür. Organik hava araçlarının havada asılı kalma verimleri yüksek olmasına karşın form faktörlerinden dolayı belirli bir boyutun üstünde elektrikli hale getirilemezler ve yatay uçuş hızları oldukça düşüktür; belirli bir hızın üzerinde akım ayrılması nedeniyle uçuş dengeleri belirsizleşir ve kontrol imkansız hale gelebilir.

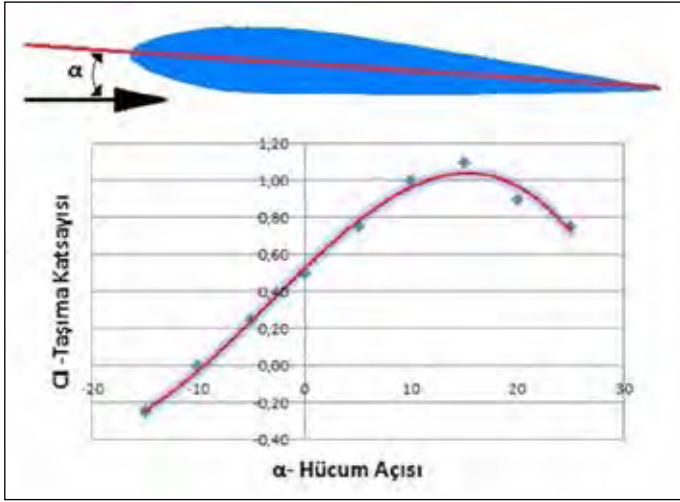
Hibrit itki sistemi yaklaşımında her iki farklı uçuş rejimi için iki farklı itki sistemi kullanılır. Yani hibrit itki sistemli İHA'da toplam iki farklı itki sistemi vardır ve her itki sistemi kendi verimli olduğu uçuş aralığında çalışır.

Bundan sonraki alt bölümde pervanelerle ilgili genel teorik bilgi verilecek ve sonraki alt bölümlerde seçilen itki sistemleri ve bunların entegrasyonu ile oluşturulan hibrit itki sistemi detaylandırılacaktır.

3.1 İtki Sisteminin Temelleri

Pervaneler, motorun tahrik ettiği dönel hareketi kuvvete çeviren ve hava araçlarının gerek havada asılı kalmalarını; gerekse hava içinde belirli bir hıza ulaşmalarını sağlayan itki kuvvetini üreten aerodinamik yapılarıdır.

Uçak kanatları taşımayı nasıl yapıyorsa, pervaneler de itkiyi aynı şekilde, yani kanat profili şekli sayesinde üretir. Şekil 3'te bir kanat profili ve ilgili kanat profiline ait temsili bir "Taşıma katsayısı – Hücum açısı" grafiği görülmektedir. Mavi renkli kanat profilinin ön ve arka kısmını birleştiren temsili hatta veter hattı denir ve şekilde de kırmızı renkle gösterilmiştir. Veter hattının hava akımıyla (Şekilde siyah ok ile temsil edilmiştir) yaptığı açıya ise profilin hücum açısı denir.

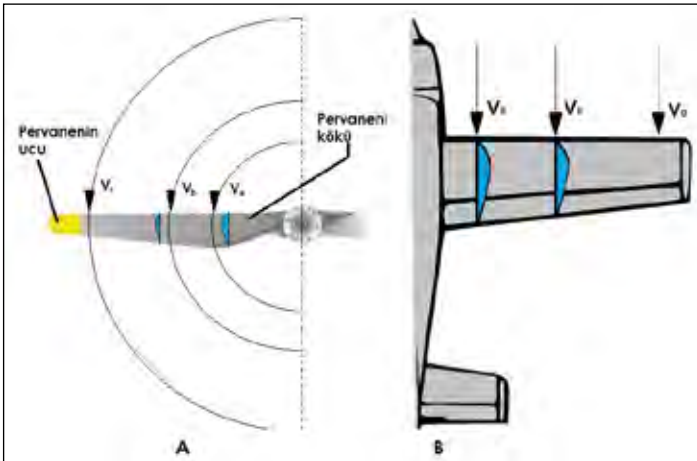


Şekil 3. Kanat profili hücum açısı ve taşıma katsayısının temsili gösterimi

X ekseninin hücum açısı, Y ekseninin de taşıma katsayısını temsil ettiği “Taşıma katsayısı – Hücum açısı” grafiğinde görüldüğü gibi, hücum açısı arttıkça taşıma katsayısı bir yere kadar artar; belirli bir açıdan sonra ise akım ayrılması dolayı “stall” oluşur ve taşıma düşer; sürükleme artar.

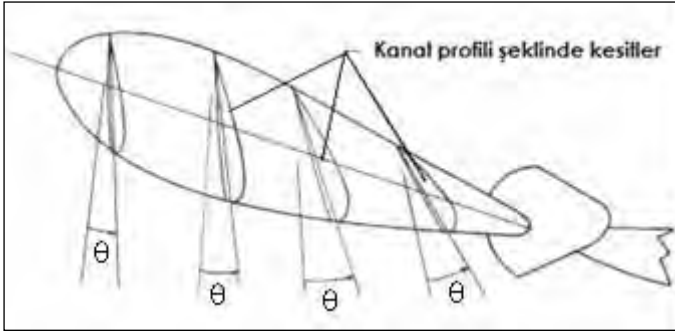
Her kanat profilinin maksimum taşıma/sürükleme oranına sahip bir hücum açısı vardır ve bu hücum açısı, genellikle sıfır derece ile maksimum taşıma elde edilen hücum açısı arasında bir değerdedir.

Pervaneyi kanattan ayıran tek özellik kanadın kökünden ucuna kadar her kesitine aynı hava hızı etkiren; pervaneler döndükleri için, havanın çizgisel hızı kökten uca kadar her kesitte değişir.



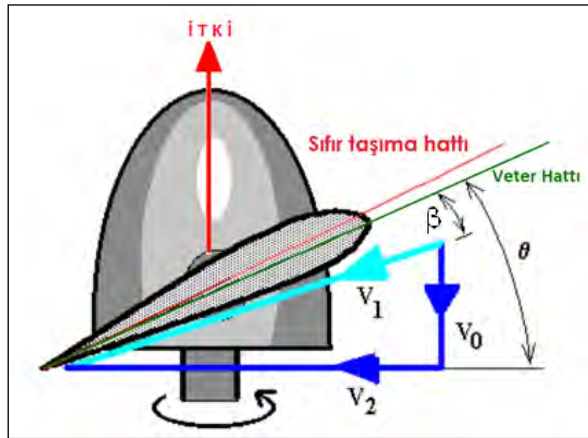
Şekil 4. Pervane ve kanat gösterimi

Pervanenin kökü, dönme eksenine en yakın olan yeri; ucu ise dönme eksenine en uzak ol an yeridir. Pervaneler dönel hareket yapmaları nedeniyle kökten Şekil 4'te V_a , V_b ve V_c hızları, pervanenin her kesiti üzerine gelen ayrı çizgisel hızlardır ve büyüklükleri $V_a < V_b < V_c$ olarak sıralanabilir ; fakat aynı şeklin B kısmına bakılacak olursa, uçak kanadında hız dağılımları (V_0) eşittir. Şekil 5'te de görüldüğü üzere pervanelerin kökten uca kadar olan her kesitindeki kanat profili şeklinin, uzunluğunun ve hatve açısının farklı olmasının sebebi de her kesitinde hız dağılımının farklı olması ve verimli bir pervane tasarımı için eliptik yük dağılımına ihtiyaç duyulmasıdır.



Şekil 5. Pervanenin Kesit Yapısı

Daha iyi anlaşılması açısından Şekil 6'da sabit hatveli bir pervanenin kesiti verilmiştir. Burada pervanenin kesiti, dönüş eksenine Θ (theta) açısı yapmaktadır. Bu açıya pervane kesitinin geometrik hatve açısıdır. Pervane kesitine gelen, pervanenin devri ve kesitin dönüş ekseninden uzaklığına bağlı bir fonksiyon olan yani havanın çizgisel hızı V_2 ; pervanenin hava içerisindeki aksel hızı ise, yani konvansiyonel pervaneli bir uçağın havada yaptığı hız veya helikopterin tırmanma hızı, V_0 ile gösterilmiştir. β (Beta) sembolüyle gösterilen açı ise pervane kesitinin efektif hücum açısıdır. Daha önce de belirtildiği üzere, her kanat profilinin maksimum verime ulaştığı tek bir hücum açısı vardır; o açı da Şekil 6'da görülen V_0 ve V_2 hızlarının vektörel toplamı ile oluşturulur.



Şekil 6. Pervane kesiti, kesit açıları ve üzerindeki hız profilleri^[13]

Bir hava aracının havada asılı kalması esnasında pervanenin aksel hızı, yani V_0' hızı yoktur. Şekil 6 üzerinden gidilecek olursa, pervane kesitinin açısı doğrudan theta açısıdır. Bu yüzden, havada asılı kalma veya düşük hızda tırmanma için seçilecek verimli olması istenen bir pervanenin;

- I. Disk yüklemesinin düşük olması; yani pervane çapının olabildiğince **BÜ-YÜK** olması gerekir.
- II. Pervane kesitinin hücum açısının, yani pervane hatvesinin **DÜŞÜK** olması gerekir.

Diğer taraftan, bir hava aracını yüksek bir hızda uçuracak pervanenin üretmesi gereken itki hava aracının ağırlığı değil de sürüklenme kuvvetine eşit olması gerektiği için, üretmesi gereken itki kuvveti göreceli olarak düşüktür. Ek olarak Şekil LL'den hatırlanacağı gibi hızlı uçan bir hava aracının hızı, yani V_0 hızı yüksek olacağı için pervanenin verimli kısımda çalışabilmesi için hatve açısının ve dönüş hızının yüksek olması beklenir. Bu sebeplerden dolayı, hava aracının yüksek hızda seyir uçuşu yapabilmesi için bir pervanenin;

- I. Gerekli itki miktarı düşük olacağı için pervane çapının havada asılı kalma görevi için kullanılacak pervaneye nazaran daha **KÜÇÜK** olması gerekir. Aksi taktirde gerekli itkiyi sağlamak için gerekli olan pervane yapısal olarak çalışması mümkün olmayan incelikte bir pervane olabilir.
- II. Pervane kesitinin hücum açısının, yani pervane hatvesinin **YÜKSEK** olması gerekir.

3.2 Hibrit İtki Sistemi Filozofisi ve Tailsitter Tipi Bir İHA'ya Uygulanışı

Bir önceki bölümde pervanelerin yapısı ve ne tür uçuş rejimi için ne özelliklerde bir pervane seçilmesi gerektiği konusu açıklanmaya çalışılmıştır. Bu bölümde hibrit itki sisteminin bir İHA üzerinde uygulanışı anlatılacaktır.

Yapılan çalışmada uygulama, kuyruğu üzerine iniş kalkış yapan, "tailsitter" kategorisine giren bir İHA üzerinde yapılmıştır. Şekil 7'de görülen İHA, kuyruk kısmında bulunan uçuş dengeleyicilerinin üzerinden kalkış yapıp, gene aynı dengeleyiciler üzerine dikey vaziyette iniş yapan bir konsepttir.



Şekil 7. Dikey İniş Kalkış Yapan bir İHA üzerindeki Hibrit İtki Sistemi

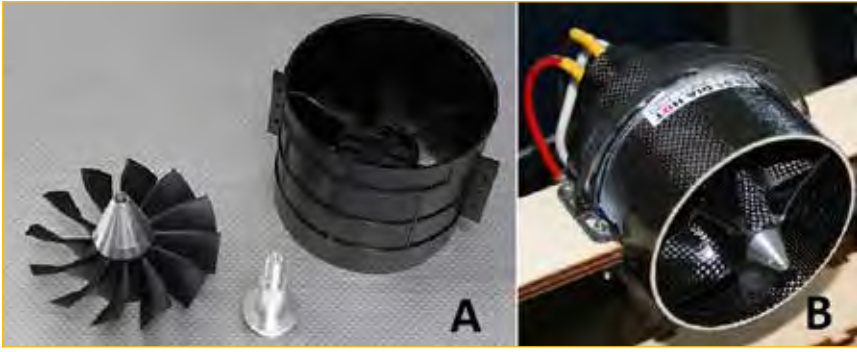
Bu İHA'da, Şekil 7'de 1 numarayla gösterilen burun kısmında bulunan ve dikey iniş-kalkış ve gerektiğinde havada asılı kalma görevlerinde kullanılacak olan, 0.7 metre çapında, katlanabilen bir pervane bulunmaktadır. Kullanılan katlanabilir pervane, dönmediği zaman önden gelen hava sürüklemesi nedeniyle gövde üzerine katlanır; motor pervaneyi döndürdüğü zaman merkezci kuvvetten dolayı dönüş eksenine dik bir şekilde açılır ve işlev görmeye başlar.



Şekil 8. Katlanabilir pervanenin çalışma prensibi; pervane dönmezken gövde üzerine katlanır (üst fotoğraf) ve sürüklemeyi azaltır; dönüşe başladığı zaman açılır ve görevini yerine getirir (alt fotoğraf)

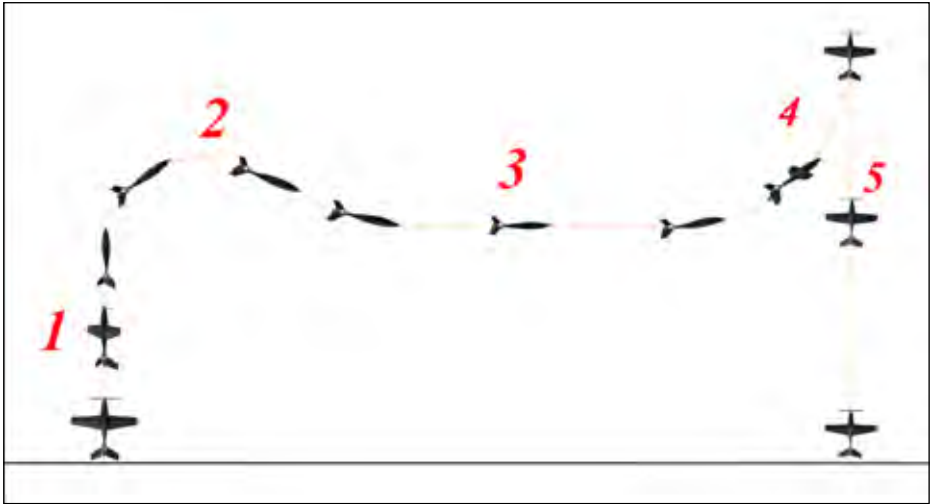
Burun kısmında bu tür pervaneli itki sisteminin kullanılmasının amacı büyük çapı sayesinde verimli bir dikey uçuş yapmak; yüksek hız uçuşuna geçildiğinde ise burun motorunun durdurulmasıyla gövde üzerine katlanarak sürüklemeyi minimuma indirmektir. Katlanabilir pervanenin detayı Şekil 8'de görülebilir.

Şekil 7'de 2 numarayla gösterilen ve uçağın kuyruk kısmında bulunan itki sistemi ise göreceli olarak küçük çaplı olan elektrikli fan sistemidir (EDF: Electric Ducted Fan). Şekil 9'da detaylı biçimde görülen elektrikli fan sistemi, çok sayıda yüksek hatveli kanatlarıyla yüksek süratli uçuşlarda yüksek verim göstermekle birlikte çok düşük hızlı uçuşlarda veya statik durumda ($V_0 = 0$ m/s) palalarının hatve açısının (Bkz. Şekil 6, Θ açısı) çok yüksek olmasından dolayı, efektif hücum açısı da hatve açısına eşit veya çok yakın bir değerde olacağı için fan palaları stall olur ve fan bu durumlarda verimsiz çalışır.



Şekil 9. Elektrikli Fan itki sistemi

Şekil 10'da tailsitter tipi İHA'nın görev filozofisi görsellenmiştir. Burada 1 numaralı fazda hava aracı burun kısmındaki büyük çaplı katlanabilir pervaneli itki sistemi yardımıyla yerden dikey bir şekilde yükselir, 2 numaralı kısım dikey uçuştan yatay uçuşa geçiş aşamasıdır ve bu aşamada burun kısmındaki pervane yavaşlar; kuyruk kısmındaki fan devreye girer. 3 numaralı kısım seyir uçuşu kısmıdır; bu kısımda tamamen fanlı itki sistemi yardımıyla uçuş gerçekleşir; burundaki pervane durur ve gövde üzerine katlanarak. 4 numaralı kısım seyir uçuşundan dikey uçuşa geçiş manevrasıdır ve bu manevra esnasında burun kısmındaki pervane gövde üzerinden açılarak itki üretmeye başlar. 5 numaralı son kısım ise dikey iniş kısmıdır ve bu aşamada fan itki sistemi devre dışı kalmıştır; burun kısmındaki pervaneli itki sistemi asıl görevi üstlenir.



Şekil 10. Tailsitter İHA'nın görev profili

3.3 Hesaplamalar ve Sonuçlar

Hibrit itki sistemi konseptinin iŖe yarar bir fikir olduğunu kanıtlamak amacıyla öncelikle hava aracında kullanılacak olan itki sistemleri piyasadan seilmiŖtir. Dikey iniŖ- kalkıŖ ve havada asılı kalma görevlerinde kullanılmak üzere 710 mm çapında RASA marka katlanabilir pervane, NEU marka motor ve uygun bir fırçasız motor sürücüsünün kullanılmasına; fan itki sistemi için ise Schuebeler marka 91 mm çapında bir fan ve ona uygun motor- kontrolcü çiftinin kullanılmasına karar verilmiŖtir.

Dikey iniŖ kalkıŖ itki sistemi karakteristikleri, İ.T.. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Trisonik AraŖtırma Laboratuvarı'ndaki rüzgar tüneli boyutlarındaki kısıt dolayısıyla deneyle grlememiŖ; eldeki pervane üzerinde veter ve hatve açısı ölçümleri yapılarak pala elemanı modeli yardımıyla modellenmiŖtir.

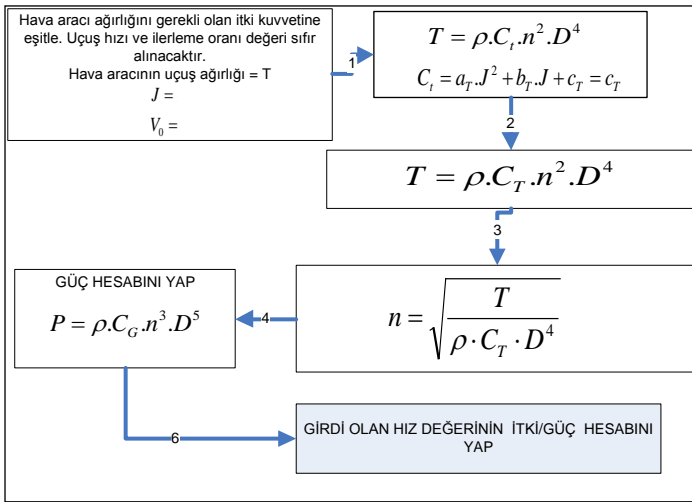
Fanlı itki sistemi için ise İ.T..'de rüzgar tüneli testleri yapılmıŖ ve test verileri kullanılmıŖtır. Elde edilen verilerden yola çıkarak her itki sisteminin verimli olduğu aralığı bulmak ve birbirleriyle karŖılaŖtırmak için leklendirilmıŖ itki/g değerlendirmesi yapılmıŖ ve sonuçlar karŖılaŖtırılmıŖtir.

leklendirilmıŖ itki/g hesaplaması için, iki farklı uuŖ kondisyonu seilmiŖ ve her kondisyonda her iki itki sistemi de karŖılaŖtırılmıŖtir. Ŗyle ki, hava aracının sıfır hava hızında olduğu durum, yani hava aracının dŖey olarak havada asılı kaldığı durum bir uuŖ kondisyonu; stall hızından maksimum uuŖ hızına kadar olan aralık da diğer bir uuŖ kondisyonu olarak varsayılmıŖ; her bir uuŖ kondisyonunda her iki itki sistemi için de hesaplar yapılmıŖtir. Böylece her iki itki sistemi de her iki uuŖ kondisyonunda, eŖit Ŗartlar altında test edilmiŖtir.

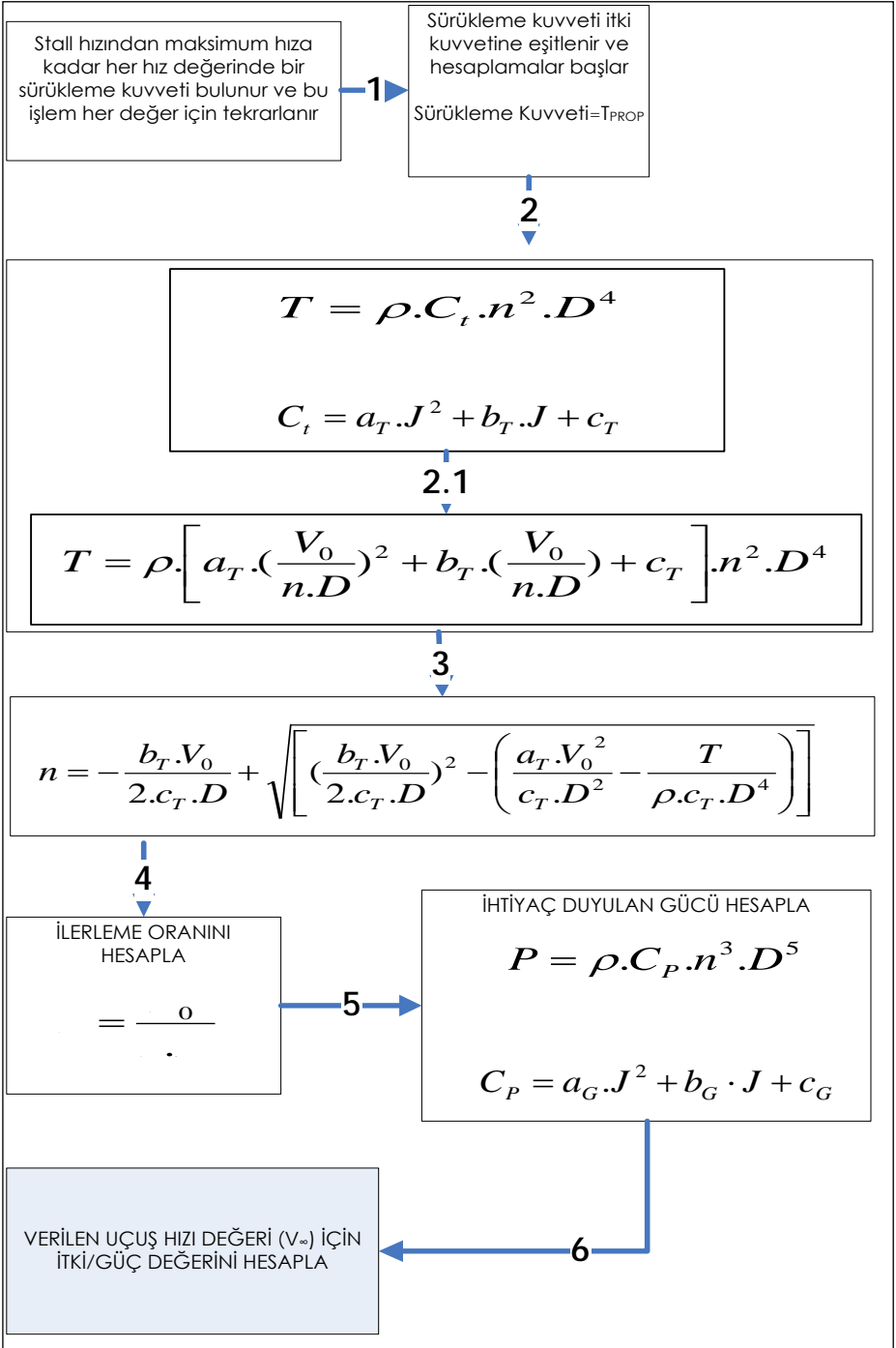
Havada asılı kalma durumu hesaplarında, itki/güç değeri hesaplamak göreceli olarak kolaydır. Bu kondisyonda, hava aracı dŖey vaziyette olacağı için dŖey kuvvetler eŖitlenmeli; pervane veya fanın itkisi (hangi sistem için hesaplama yapılacaksa) uçağın ağırlığına eŖit olmalıdır. Her iki itki sisteminin de aerodinamik ve g karakteristikleri belli olduğu için (Ŗekil 12'deki a_T , b_T , c_T ve a_G , b_G , c_G değerleri), belirli bir akıŖ hızı da söz konusu olmadığı için ($V_\infty=0$ m/s alınır) ilerleme oranı da sıfır alınır ve Ŗekil 11'deki adımlarla hesaplanabilir. Stall hızından maksimum uuŖ hızına kadarki durumda her iki itki sistemi için Ŗekil 12'de görülen hesaplama diyagramı izlenmiŖtir. Buradaki alt indisi T ve G olan a, b ve c katsayıları, itki sistemlerinin rüzgar tüneli deneyleri veya yapılan hesaplamalar sonucu bulunan, sırasıyla itki ve g katsayısının ilerleme oranı cinsinden çıkarım yapılan fonksiyonun katsayılarıdır. Ŗekil 13'te görülen grafikte, her iki itki sistemi de benzer uuŖ kondisyonlarında karŖılaŖtırılmıŖtir. Grafikte biri sıfır m/s hızın hemen sağ tarafında, diğeri de 15 m/s olan hava aracının stall hızının hemen sağ tarafında kalan dŖey turuncu hattın arasında kalan, gri renkli ve "X" ile iŖaretlenen yerdeki sonuçlar dikkate alınmamalı; karŖılaŖtırmada aslen havada asılı kalma durumu olan 0 m/s hızdaki uuŖ rejiminde ve 16 m/s olan

stall hızından maksimum hız kadar aralıkta kalan uçuş rejiminde hesaplar yapılarak karşılaştırma yapılmıştır. Grafik yorumlandığı zaman, havada asılı kalma durumunda fanlı itki sisteminin itki/güç oranı sıfıra yaklaşırken, pervaneli itki sisteminin itki/güç oranı 0.1 seviyelerine çıkmıştır, yani bu uçuş rejiminde pervaneli itki sistemini kullanmanın fanlı itki sistemi kullanmaya nazaran oldukça verimli olduğu gözlemlenebilir. Diğer taraftan da, stall hızından maksimum hız kadar olan uçuş rejiminde, yani taşımayı hava aracının kanatlarının yaptığı durumda fanlı itki sisteminin pervaneli itki sisteminden çok daha verimli olduğu görülebilir.

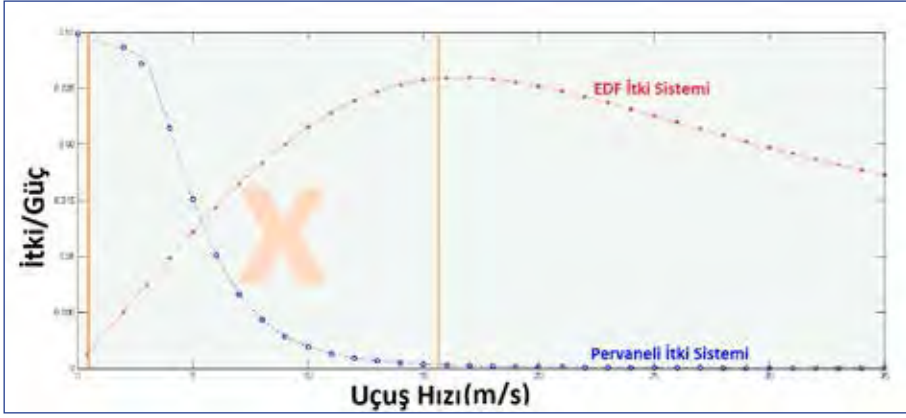
Yapılan itki sistemi, tasarım metodolojisi ilgili makalede verilen^[1]. Tailsitter bir İHA üzerinde uygulanmıştır. Orjinal tasarım üzerinde parametre değişiklikleri yapılmış ve çıktı olarak Tablo 1'deki hava aracı tasarım parametreleri ve Tablo 2'deki temel performans parametreleri elde edilmiştir;



Şekil 11. Havada asılı kalma durumu için itki/güç hesabı



Şekil 12. Stall-maksimum hız arası itki sistemlerinin karşılaştırılması için kullanılan itki/güç



Şekil 13. Farklı uçuş koşullarında her iki sistemin İtki/Güç oranlarının karşılaştırılması

Tablo 1. Tailsitter tipi İHA boyutları

Değişkenler	Değerler
Tam yüklü kalkış ağırlığı	100 N
Boş ağırlık	36.73 N
Kanat Yükleme	200 N/m ²
Kanat Açıklığı	2 m
Yatay dengeleyici moment kolu	1.38 m
Açıklık oranı	4.49
Gövde uzunluğu	1.86 m
Kanat alanı	0.89 m ²

Tablo 2. Hibrit itki sistemi uygulanmış İHA'nın temel performans parametreleri

Değişkenler	Değerler
Seyir hızı	25 m/s (90 km/sa)
Stall hızı	16 m/s (58 km/sa)
Havada asılı kalma süresi	5 dk
1.5 kg payload ile uçuş süresi	136 (2 sa 16 dk)
1.0 kg payload ile uçuş süresi	157 (2 sa 37 dk)
0.5 kg payload ile uçuş süresi	180 (3 sa)
0.25 kg payload ile uçuş süresi	190 (3 sa 10 dk)

Tablo 2'deki performans verileri incelendiğinde, havada asılı kalma süresinin sadece dikey kalkış ve iniş manevralarında kullanılacağı farzedilmiş ve bu yüzden 5 dakika alınmıştır. Ek olarak aynı tabloda, örnek olması açısından dört farklı faydalı yük değeri ile bunlara karşılık gelen dört farklı uçuş süresi verilmiştir. Hava aracının maksimum kalkış ağırlığı sabit alındığından dolayı seyir ve stall hızları değişmemektedir. Zira yapılan çalışma, faydalı yükün azalmasıyla kullanılan batarya ağırlığının artırılacağı; faydalı yükün artırılmasıyla kullanılan batarya ağırlığının azaltılacağı düşüncesine göre yapılmıştır.

II. PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ

Helikopter ve çok rotorlu sistemler dışında da dikey iniş kalkış yapabilen birçok konsept bulunmaktadır; fakat bu konseptler tek bir itki sistemi kullandığından dolayı ya yüksek hızda verimsizleşen ya da hatvesi değişebilen pervanelere sahip olmaları nedeniyle tasarım karmaşıklığına, ağırlığa ve maliyete sahip olan sistemlerdir.

Hibrit itki sistemi yaklaşımıyla, farklı uçuş rejimlerinde her zaman yüksek verim elde etmek amacıyla iki farklı itki sistemi birleştirilmiş; böylece hava aracına konvansiyonel bir uçağın erişeceği uçuş hızına ve verimine erişmesinin yanı sıra, dikey iniş-kalkış ve havada asılı kalabilme özellikleri kazandırılmıştır.

Ayrıca bu yeni itki sistemi yaklaşımı yapılırken pazarda hali hazırda geliştirilmiş ve satın almaya hazır bileşenlerin de kullanılabilirliği düşünülmüş; hesaplamalar ticari olarak satılan parçalar üzerinden yapılmış; üretim ve geliştirme maliyeti düşük, konsept olarak dünya üzerinde henüz geliştirilmemiş bir insansız uçak kavramı elde edilmiştir.

III. PROJENİN MALİYETİ

Bu bölümde projenin yaklaşık maliyeti çıkarılmaya çalışılmıştır. Maliyet hesabı yaparken, projede çalışacak kişilerin daha önce de benzer alanlarda tecrübeli olduğu göz önüne alınmış; işbirliği yapılacak firmaların bilindiği ve öngörüldüğü varsayılmıştır. Ayrıca projeyi üstlenecek şirketin proje sürecindeki adi aylık giderleri için de bir tutar belirlenmiş ve proje maliyetine eklenmiştir. Proje takvimi için Şekil 14'te görülen bir yaklaşım yapılmıştır;

2. UYGULAMALAR

2.1 İnşaat/Emlak

- Arsa-Arazi-Bina Fotoğraflama
- Yüksek yapıların proje evresinde değişik katlardan görülecek panorama ve çevre görüntüsü çekimleri
- Çok katlı binalarda, baraj, köprü gibi yapılarda bina kabuğunda veya taşıyıcı sistemde oluşabilecek sorunların periyodik kontrolü ve takibi

2.2 Güvenlik Uygulamaları

- Kaza veya Suç mahallinde görsel kayıt ve belgeleme
- Kent içi ve kent dışı toplumsal olaylarda güvenlik güçlerinin, havadan gözlemleyerek, operasyonları koordinasyonu
- Suçluların araçla kaçışlarının takibi
- Maden ocakları, Baraj inşaatları, Çiftlik veya büyük arazilerin sınırlarının gözlenmesi ve güvenliği
- Kara ve deniz sınırlarında insan kaçakçılığının takibi ve güvenlik operasyonlarının koordinasyonu.
- Sınır ihlallerinin, karadan ve denizden insan ve mal kaçırılma olaylarının gizlilik içinde gözlenmesi ve güvenlik güçlerinin operasyonlarının koordinasyonu

2.3 Askeri Uygulamalar

- Teröre karşı kırsal alan operasyonlarının havadan gözlenerek koordinasyonu
- Baskın öncesi ve sonrası alan keşfi
- Sıcak çatışma bölgesi keşfi
- Gece keşif görevleri
- Konvoy izleme görevi
- Sınır gözlemi
- Sınır karakolları etrafındaki güvenliğin sağlanması
- Uyuşturucu ile savaşta sınır bölgelerinin kontrolü ve takibi
- Küçük eşyaların taşınması

2.4 Bilimsel uygulamalar

- Kıyı profilinde oluşan değişikliklerin tespiti ve haritalandırılması
- Yer yüzeyi inceleme
- Deniz memelilerini takip (Fok ve yunuslar gibi)
- Yaban Yaşam Takibi
- Meteorolojik veri toplama

- Doğal yaşamda canlıların nüfus verilerinin toplanması
- Arkeolojik Alanların haritalarının çıkartılması, kazı bölgesinin sınırlarının kontrolü ve güvenliğinin sağlanması
- Kıyı bölgelerinde doğal değişimlerin ve bitki örtüsü ile ilgili incelemelerin yapılması
- Ziraat alanlarında periyodik gözleme ve sorunların tespiti

2.5 Sivil Savunma ve Doğal Afet Uygulamaları

- Deprem sonrası afet bölgelerinin tespiti ve ilk kurtarma çalışmalarının yönlendirilmesi
- Görsel medyanın afet ve kaza bölgelerinde, insanlı helikoptere ihtiyaç olmadan, havadan canlı yayıncılık yapabilmesi
- Doğal afet bölgelerinde zarar gören alanların tespiti ve haritalandırılması
- Karada ve Denizde kayıp arama
- Sel baskınlarında kayıp arama ve kurtarma operasyonlarının havadan koordinasyonu
- Nükleer kazaların güvenli yükseklikten gözlem altında tutulması ve kontrol operasyonlarının takibi ve koordinasyonu
- Çığ kontrolünde gözlem ve takip, çığ sonrası kurtarma operasyonlarının havadan koordinasyonu
- Su ve sel baskınlarını anında gözleme, kurtarma operasyonlarının havadan koordinasyonu ve baskın alanlarının haritalanması

2.6 Sivil Kullanım Uygulamaları

- Ro-Ro gemilerinde konteynırların tespit kontrollerini, insan yaşamını riske atmadan, gerçekleştirilebilme.
- Havadan video çekimi
- Havadan fotoğraf çekimi
- Karayolları ve kavşaklarda trafik akışının gözlenmesi ve veri toplama
- Arazi haritasının çıkarılması
- Doğalgaz yakma kulelerinin Gözlemlenmesi ve Kontrolü
- Spor karşılaşmalarının havadan çekimi

2.7 Resmi Kurumlar ve Yerel Yönetimlerle ilgili Uygulamalar

- Karayolları ve kavşaklarda trafik akışının gözlenmesi ve veri toplama
- Yasadışı avcılığı kontrol
- Orman yangınları ile mücadelede yangını fark etme, gözlem altına alma ve söndürme çalışmalarının havadan koordinasyonu
- Endüstri bölgelerinde ve İskân alanlarında Yangın Söndürme operasyonlarının koordinasyonu

- Yangın alanlarında söndürme sonrası gözlem ve kontrol
- Ormancılıkta ekim alanlarında büyüme, yayılma ve olası hastalıkların tespiti ve kayıt altına alınması
- Kırsal kesimde arazi haritalarının güncellenmesi
- Enerji nakil ve dağıtım hatlarında oluşabilecek sorunların periyodik olarak gözlenmesi ve tespiti
- Kıyılarda kaçak yapılaşmanın denetlenmesi ve belgelenmesi
- Kentlerde kaçak yapılaşmanın havadan kontrolü ve belgelenmesi

V. PROJENİN YAPILABİLİRLİĞİ / UYGULANABİLİRLİĞİ

Projede kullanılan malzeme ve bileşen ve alt sistemlerin tamamı satışa açık, temin edilebilecek durumdadır. İHA'nın kontrol yazılımı, projeyi en çok zorlayacak konu olup; ülkemiz ve dünyada benzer şekilde uçan İHA'ların kontrol yazılımlarını yapan kişi ve kurumlarla irtibata geçilip yardım alınabilir ve/veya ülkemizde bu konuda ileride olan şirketlerle bir Ar-Ge ortaklığına gidilebilir.

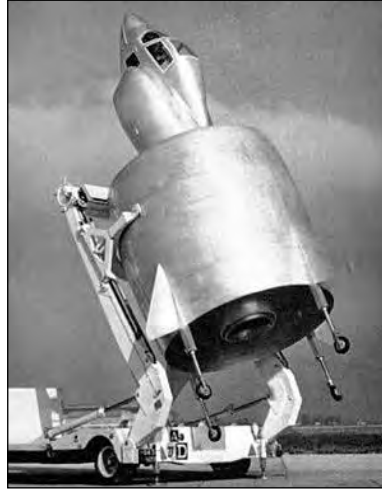
VI. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür araştırması kısmı I. Kısım içinde anlatılarak verilmiştir. Yapılan benzer ürün araştırmalarında elektrik itki sistemli dikey iniş kalkış yapan hava araçlarına nadiren rastlanmıştır. Tailsitter tip İHA'lar olarak bakıldığı zaman da, bu konseptin yeni değil, aslında aynı konsept "insanlı" araçların 1950-1960 yılları arasında geliştirildiğini görebiliriz^[17]. Lockheed firmasının geliştirdiği XFV-1 insanlı tailsitter tipi birinin aksi yönde dönen eş eksenli iki pervane içeren itki sistemli hava aracı Şekil 15'te görülebilir.



Şekil 15. Lockheed firmasının XFV-1 insanlı tailsitter tipi hava aracı^[10]

Günümüz insansız OAV'lere benzeyen konsept olarak, Şekil 16'da görülen SNECMA firmasının Coleoptere isimli insanlı hava aracı verilebilir. Bu hava araçlarından 1959 yılında iki adet üretilmiş ve deneysel olarak kalmıştır [8].



Şekil 16. SNECMA firmasının insanlı tailsitter tipi uçağı^[16]

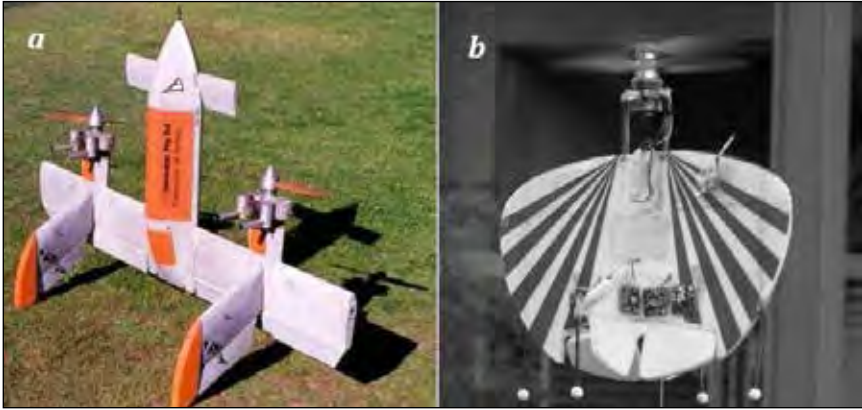
İnsanlı tailsitter hava araçları kısa bir süre ayakta kalabilmiş; pilot üzerine binen iş yükü dolayısıyla insan faktörü ve kontrol sistemlerinin yetersizliği nedeniyle deneysel olarak kalmışlar; ürünleşmemişlerdir. İnsansız tailsitter tip İHA'lara ürünleşmiş tek örnek olarak, Şekil 17'de görülebilen MBL firmasının V-BAT modeli verilebilir.



Şekil 17. MLB firmasının V-BAT tailsitter İHA modeli^[11]

V-BAT İHA'sı, kuyruğunda bulunan büyük bir pervaneli itki sistemi sayesinde dikey iniş-kalkış ve uçuş yapmaktadır. Benzin ile çalışan 150 cc hacimli pistonlu motorla tahriklenen hatvesi değişebilen pervane sayesinde düşük ve yüksek hızlarda verimle çalışan; fakat büyük, ağır ve çok gürültülü bir sistemdir. 25 kiloluk kalkış ağırlığına sahip hava aracının, 2.5 kg faydalı yük ve 10 saat uçuş kabiliyeti vardır.

Şekil 18'de de her kanadının önünde birer adet 50 cc iki zamanlı benzinli patlar motor bulunan, Sydney üniversitesinde geliştirilen T-Wing ile Arizona üniversitesinde geliştirilen ve kontrol problemlerinin çözüm platformu olarak kullanılan mikro tailsitter İHA görülmektedir. Her iki platform da deneysel olarak kalmıştır.



Şekil 18. a: Sydney Üniversitesi'nin T-wing adlı İHA'sı^[3]; b: Arizona Üniversitesi'nin micro tailsitter İHA'sı^[15]

VII. TARTIŞMA ve SONUÇ

Dokümanda, proje konusu dahilinde İHA'ların tarihine kısaca değinilmiş ve günümüzde özellikle mini sınıf İHA'ların artan sayılarından ve onlardan görev esnekliği, sessizlik, bakım ve kullanım kolaylığı beklendiği anlatılmıştır.

İdealde ulaşılmaması gereken İHA için ihtiyaç duyulan özellikler belirtilmiş ve günümüzde bu özelliklere ulaşmaya çalışan ne tür konseptler olduğu açıklanmış ve bu konseptlerin artıları eksileri değerlendirilmiştir.

Sonrasında yaklaşımımız olan hibrit itki sistemi, pervanelerin çalışma prensibi de başta olmak üzere anlatılmış ve yapılan bir İHA tasarımına uygulanarak performans çıktıları elde edilmiştir.

Pervaneli itki sistemi ile rüzgar tüneli deneyleri yapılmadığı için kesin sonuçlar elde edilemese de, güvenli tarafta kalarak, onu belki de varolan sistemden daha düşük performansta olan bir sistem gibi kabul edip hesaplama çıktıları tasarıma dahil edilmiştir.

Hibrit itki sistemi ve benzeri bir yaklaşıma, yapılan literatür taraması sonucunda rastlanmamıştır. Sadece filozofik olarak benzer yaklaşım F-35B; STOVL (kısa mesafede kalkış dikey iniş) özellikli uçakta görülmüştür. Zira F35B'de kuyruk kısmında bir adet turbofan motoru kullanılmakta; dikey iniş manevrası esnasında gövde ortasında bulunan fan, gövdenin alt ve üstündeki kapaklar açılarak görev yapmakta; gövdenin ortasında bulunan fan ana motora bir debriyaj ve dişli sistemiyle bağlanmaktadır.

Bu açıdan savunulan hibrit itki sistemi fikrinin ve uygulanış biçiminin, itki sistemlerinin hazır olarak alınıp kullanılabilmesine de imkan kıldığı için orjinal ve yenilikçi bir fikir olduğunu savunabiliriz.

Bu bağlamda hibrit itki sistemi ile dikey iniş kalkış özelliği kazandırılmış bir İHA'nın avantajlarını sıralayacak olursak;

- Her itki sistemi kendi verimli olduğu aralıkta çalıştığı için uzun süre uçuş.
- Hibrit itki sistemi sayesinde diğer VTOL konseptlere nazaran daha uzun süre ve yüksek hızda seyir uçuşu; diğer sabit kanatlı İHA'lara göre de dikey iniş kalkış üstünlüğü.
- Dikey iniş-kalkış kabiliyeti.
- İki farklı itki sistemi sayesinde birinin arızalanması durumunda diğeri ile uçuş yapılabilmesi.
- Elektrik itki sisteminin oynar parça sayısının az olmasından dolayı mekanik güvenilirlik, bakım gereksiniminin olması ve ayar gerektirmesi
- Elektrik itki sisteminin çevreci oluşu.
- Operasyon esnasındaki ses seviyesinin düşük olması
- Batarya değişimi yakıt ikmalinden kolay, güvenli ve temiz olması
- Kontrol sisteminin kabiliyetine bağlı olarak otonom olarak şarj edilebilir bir sistem haline dönüştürülebilme imkanı.

Hibrit itki sisteminin, projede bahsedilen elektrikli itki sistemi yerine patlar motorlu itki sisteminde de uygulanabileceği de düşünülmüştür. Zira günümüzde ulaşılan pil teknolojisinin 200 Wh/kg; benzinin de 12000 Wh/kg enerji yoğunluğuna sahip olduğu bilinmektedir ^[7].

Elektrik motorunun da tipik olarak %85; 2 zamanlı bir UAV motorunun da %15 verimde çalıştığı farzedilirse, yakıtlı itki sistemi ile, elektrikli itki sistemine nazaran yaklaşık 10 kat daha uzun bir uçuş süresi elde edilebileceği çıkarımı yapılabilir. Bu bağlamda sonraki projelerde hibrit itki sistemi, farklı mekanizmalar tasarlanarak patlar motorlu hale de getirilebilir; belki de günümüz yer araçlarında olduğu gibi, yaygın olarak bilinen; batarya ve motorları besleyen bir patlar motor ve patlar motorca beslenen bir veya birkaç elektrik motoru içeren itki sistemli İHA'lar tasarlanabilir.

SONUÇ

Bu raporda, son yıllarda sayıları hızla artan ve bu sebeple sivil hava sahasına entegrasyonları konusundaki kanunların oluşturulması için bir çok ülkenin üzerinde birkaç yıldır ciddi anlamda çalıştığı, ülkelerin istihbarat ve gözlem kaynaklı bilgi edinme mekanizmasının bel kemiği olduğu gibi birçok sivil alanda da kullanılan insansız hava araçlarının geldiği ve gideceği nokta konusunda tespitler yapılmıştır. Yapılan özellik tespitinden sonra hibrit itki sistemi çözümünün ne demek olduğu anlatılmış, bir hava aracına uygulama yapılarak kazanılan performans parametreleri tablanmıştır. Raporda anlatılan hibrit itki sistemi yardımıyla, benzer konseptlerin başaramadığı; hem dikey iniş-kalkış yapan hem de yüksek hızda verimli bir şekilde uçabilen İHA konseptinin mümkün olduğu gösterilmiştir.

Proje çıktısı olarak kabiliyet ve verim artışının yanı sıra, bu tür bir modifikasyon veya entegrasyonun, pazarda hazır olarak bulunan ve önceden geliştirilmiş itki sistemleriyle yapılabileceği de gösterilmiştir. Sonuç olarak hibrit itki sistemi yardımı ile kısa sürede geliştirilebilen, ucuz, verimli, kullanım ve bakım kolaylığı olan, çevreci bir İHA'nın da geliştirebileceği gösterilmeye çalışılmıştır.

VII. KAYNAKÇA

1. Aksugur, M., Inalhan, G., *Design Methodology of a Hybrid Propulsion Driven Electric Powered Miniature Tailsitter Unmanned Aerial Vehicle*, Journal of Intelligent and Robotics Systems, vol. 57, n.1-4, Ocak 2010, p. 505-529, issn 0921-0296 (Print) 1573-0409 (Online), doi 10.1007/s10846-009-9368-0, Springer, 2009.
2. Avid aerospace firmasının OAV ile ilgili bilgileri içeren internet sayfasının bağlantısı, <http://www.avid-aerospace.com/featured-news/avid-edf-8-debuts-in-yorktown>, Eylül 2013 tarihinde alıntı yapılmıştır.
3. Beard, R., et.al., *Autonomous vehicle technologies for small fixed wing UAVs*, AIAA Journal of Aerospace, Computing, Information, and Communication, 2(1):92–108, 2005.
4. Bo,W., et. al., *Investigation of the Aerodynamic Characters of Ducted Fan System*, World Academy of Science, Engineering and Technology, Sayı 69, s.836-839, 2012.
5. Rotormotion markasının SR20 model İHASının bilgilerini içeren internet sayfası bağlantısı, http://www.rotomotion.com/r_product_2_sr20.html, Eylül 2013 tarihinde alıntı yapılmıştır.
6. Microdrones MD4-3000 modeli bilgilerini içeren internet sayfasının bağlantısı, <http://microdrones.com/company/media-relations/press-releases/microdrones-unveils-the-new-microdrone-md4-3000.php>, Eylül

- 2013 tarihinde alıntı yapılmıştır.
7. Danielson, D., *The BEEST:An Overview of ARPA-E's Program in Ultra-High Energy Batteries for Electrified Vehicles*, NDIA Workshop to Catalyze Adoption of Next-Generation Energy Technologies, Eylül 12, 2011.
 8. Haimes, Brian J., *"The coleopter – a revolutionary experimental aircraft"*, New Scientist, 18 Kasım 2006.
 9. Leishman, Gordon J., *Principles of Helicopter Aerodynamics*, ss 65-66, Cambridge University Press,2. Baskı, 2006.
 10. Lockheed XfV-1 uçağı bilgilerini içeren internet sayfası bağlantısı, <http://vstol.org/VSTOLWheel/LockheedXFV-1.htm>, Eylül 2013 tarihinde alıntı yapılmıştır.
 11. [11]MLB firmasının V-BAT İHASının bilgilerini içeren internet sayfası bağlantısı, <http://spyplanes.com/products-v-bat>, Eylül 2013 tarihinde alıntı yapılmıştır.
 12. Nikola Tesla'nın ilgili patentini içeren internet sayfası bağlantısı, <http://www.google.com/patents/US613809>, Eylül 2013 tarihinde alıntı yapılmıştır.
 13. Pervane figürünün alındığı internet sayfası bağlantısı, http://www-mdp.eng.cam.ac.uk/web/library/enginfo/aerothermal_dvd_only/aero/propellers/prop1.html, Eylül 2013 tarihinde alıntı yapılmıştır.
 14. Rotomotion SR20 helikopter teknik özelliklerinin bulunduğu internet sayfası, http://www.rotomotion.com/datasheets/SR20_uav_sheet.pdf, Eylül 2013 tarihinde alıntı yapılmıştır.
 15. Shakarayev, S., et.al., *Aerodynamic design of micro air vehicles for vertical flight*, Journal of Aircraft , 45(5):1715–1724, 2008.
 16. SNECMA firmasının Coleoptere hava aracının bilgilerini içeren internet sayfası bağlantısı, http://en.wikipedia.org/wiki/SNECMA_Coleoptere, Eylül 2013 tarihinde alıntı yapılmıştır.
 17. Tailsitter hava aracı konsepti için genel bilgiler içeren internet sayfası bağlantısı, <http://en.wikipedia.org/wiki/Tailsitter>, Eylül 2013 tarihinde alıntı yapılmıştır.
 18. Uvs-International, 2012 RPAS Yearbook, Reference Section, s. 151-155.

VI. NECDET ERASLAN PROJE YARIŞMASI
HAVACILIK ve UZAYDA YENİLİKÇİ TASARIMLAR

**TEK YAKICI YAKIT TANKLI KATI YAKIT
KADEMELİ KARMA ROKET MOTORU**

AYHAN YAĞCI, NAZMİ ERDİ COŞKUNPINAR
yagciay@gmail.com, n.edricoskunpinar@gmail.com

Ayhan YAĞCI

Ağustos 1991'de Eskişehir'de doğmuştur. 2005 yılında Eskişehir Anadolu Lisesi'ne başladı. 2009 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Uzay Mühendisliği'ni kazanarak eğitimine devam etmektedir. 2010 yazında Türk Hava Kurumu İnönü Planör Eğitim Merkezi'nde Planör başlangıç eğitimi ve sertifikası almıştır. 2010-2011 Eğitim Yılında DEVRİM Deneysel Roket Takımında, Takım Kaptanı olarak görev almış ve İtalya'da uluslararası roketçilik etkinliğine katılmıştır. Mayıs 2012'den itibaren ise PARS Roket Grubunun oluşumu için çalışmıştır. Halen PARS Roket Grubu Kurucu Liderliğini yürütmektedir. Tripoli Rocketry Association üyesidir.

Nazmi Erdi COŞKUNPINAR

1992 yılında İstanbul'da doğmuştur. Lise öğrenimini Kâğıthane Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. Liseyi ikincilik derecesiyle tamamlamasıyla birlikte 2010 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Uzay Mühendisliği bölümünü kazandı. 2010-2011 döneminde hazırlanan UYARI Model Uydu Takımında aktif olarak çalıştı. Aynı dönem DEVRİM Deneysel Roket Takımı'nda da aktif olarak görev aldı. 2011'de Türkiye'de bir ilk olarak takımıyla birlikte TRİPOLİ İtalya kuruluşundan Seviye 1 roketçilik sertifikası almıştır. 2011 yılı Ağustos ayında Birleşik Krallık Glasgow'da düzenlenen Uluslararası Roketçilik Haftası(IRW'11) etkinliğine katılmıştır. 2011-2012 güz ve bahar dönemlerinde DEVRİM Takımı Kaptanlığını yürüttü. 2011-2012 PARS Roket Grubu'nun kuruluşunda yer almış ve görevine Yapısal Ekip Sorumlusu olarak devam etmektedir.

İÇİNDEKİLER

Önsöz / Teşekkür

Özet

I. Giriş

1. Yöntemler

1.1 Sistem İşleyişi

1.2 Verimlilik Analizleri

1.3 Ayrılma Sistemleri İle Püskürteç Durum Değiştirme Sistemi İşleyişi

1.4 Püskürteç Seçim Yöntemi Deneyleri

1.5 Sistemin Verimlilik Analizleri

2. Bulgular

2.1 Roketin İç Hacminde Yer Kazanımı

2.2 Ekstra Ara Sistemlerden Kurtulma / Basitlik

2.3 Ekstra İrtifa Kazanma Ve Sürtünme Kaybının Azalması – İstikrarlılık

2.4 Benzetim Programında Kullanılan Ve İrtifa Hesabında Büyük Etkisi Olan Sürtünme Katsayısı Hesabı

II. Projenin Yenilikçi Yönü

III. Projenin Maliyeti

IV. Projenin Kullanım Alanı

V. Projenin Yapılabilirliği/Uygulanabilirliği

VI. Literatür Araştırması

VII. Tartışma Ve Sonuç

VIII. Kaynakça

Ek 1- Uçuş Profili

Ek 2 – Kararlılık

Ek 3 – Sürtünme katsayısı ve Mach Sayısı

ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR

Tek yakıcı yakıt tanklı katı yakıt kademeli karma roket motoru projesi ile gelecek itki sistemleri olarak görülen karma roket motorlarının daha verimli olarak kademeli bir şekilde kullanılabilmesi sağlanması amaçlanmaktadır. Bu tasarım bir kavramsal tasarım olup kritik ve detay tasarımlar ilerleyen süreçte yapılacaktır. Yapılan bu çalışmada ses üstü bir hızda seyir yapan aracın analiz edilmesi kritik ve detay tasarım sürecini kavramsal tasarım sürecine oranla çok daha uzun kılacaktır. Bu yüzden kavramsal tasarımın hata payı, yapılacak olan detay ve kritik tasarımlarla azalacak optimizasyonlar bu şekilde gerçekleştirilecektir.

Yapılan çalışmalar genel olarak karşılaştırmalı yaklaşım ve geçmiş örneklerle benzetme yaklaşımı ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar tam ampirik olarak gerçekleştirilmemiştir. Deneyler sadece programlar aracılığı ile yapılmıştır. Gerçek yer deneyleri projenin detay ve kritik tasarımlarında yapılacaktır. Çalışmalar iki farklı deney grubunun karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bu deney grupları analiz ve benzetim programlarında karşılaştırılarak elde edilen sonuçlara bağlı olarak çalışma geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelenerek nedenleri araştırılmıştır. Böylece sorunların çözümüne ulaşmak daha kolay hale gelmiştir. Yaptığımız çalışmalar esnasında bize destek olan Prof. Dr Arsev ERASLAN'a (BOUN) ,Prof. Dr. Alim Rüstem ASLAN'a (İTÜ) ve Kaan ÖZEN'e (İTÜ) teşekkür ederiz. Sayın Prof. Dr. Eraslan'ın yarışmadan çok daha öncelerde fikir aşamasındayken gerçekleştirdiğimiz sohbetlerde verdiği örnekler projemizi daha ileriye götürmek açısından zihnimizi daha berrak hale getirmiştir. Sayın Prof. Dr. Aslan hocamız ile alan teorisi hakkında gerçekleştirdiğimiz bilgi alışverişi elde ettiğimiz irtifa verimini açıklama konusunda bize yol göstermiştir. Kaan ÖZEN (İTÜ) arkadaşımızın bilgisayar destekli teknik çizim konusunda sağladığı destekler daha hızlı ilerlememizi sağlamıştır.

Eylül 2013

Ayhan YAĞCI

Nazmi Erdi COŞKUNPINAR

ÖZET

Projenin amacı, çok kademeli fırlatma araçlarında tasarımı özgün olarak tarafımızdan yapılmış tek yakıcı yakıt tanklı katı yakıt kademeli karma roket motoru kullanılarak roket tasarımının önemli ölçütlerinden olan ağırlık, hacim ve ıslak yüzey alanının verimli kullanılmasını sağlamaktır. Çünkü fırlatma araçlarının ağırlıkça yaklaşık olarak % 90'ı yakıt, % 2'si faydalı yük geriye kalan % 8'lik kısmını fırlatma aracını işlevsel hale getirebilecek malzeme ve sistemler oluşturuyor. Bununla birlikte yakıt ile faydalı yüke düşen oranı arttırabilmek ise çok önemlidir. Biz projemizde, bu % 8'lik dilimi küçülterek daha fazla yakıtın kullanılmasını ya da faydalı yükün taşınabilmesini sağlamayı hedefliyoruz. Sistemin işleyişi: Yakıcı yakıt, üst kademe katı yakıtın yanma alanından geçen özel tasarlanmış bir boru yardımı ile alt kademeye aktarılır. Alt kademeye yakıcı yakıt aktarılırken hızlı geçiş için üst kademe püskürteci 1. durumdadır. Alt kademe ayrılırken boru da sistemden ayrılır ve üst kademe püskürteci 2. duruma geçerek yayımlı püskürtme gerçekleştirir. Deneylerde karşılaştırmalarımızı temel olarak iki grup arasında yapacağız: İki yakıcı yakıt tanklı gövde çapı değişmeyen roketler ile tek yakıcı yakıt tanklı gövde çapı katı yakıtta gelince azalan roketler. Deney gruplarından da anlaşılacağı üzere gerçekleştireceğimiz proje sayesinde, roketin ağırlık ve basınç merkezlerinin birbirine olan konumunu da optimize ederek verim arttırılacaktır. Bu kapsamda, ilgili analiz ve benzetim programları kullanılacaktır. Deneyler sırasında toplam itki, lüle yapısı ile yakıt çeşitleri aynı tutulacaktır. Yapılacak deneyler sonucunda motor tasarımının ıslak yüzey yapısı ve alan açısından diğer deney grubuna oranla daha verimli bir yakıt tüketimini sağlaması, aynı hacimdeki roketlere oranla faydalı yük veya yakıt için daha fazla yer kalmasını sağlaması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Karma Roket Motorları, Püskürteç Sistemi, Kademeli Roketler, Ayrılma Sistemleri

I. GİRİŞ

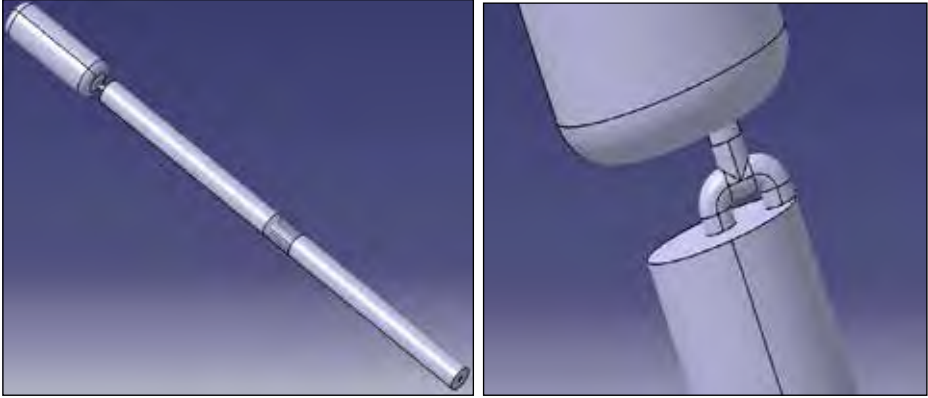
Karma Roket Motorları sıvı ve katı yakıtlı roket motorlarının kombine uygulaması olan roket motorlarıdır. Olabildiğince sıvı ve katı yakıtlı roket motorlarının avantajları bir araya getirilmeye çalışılmıştır. Genel olarak karma roket motorları, sıvı oksitleyici ve katı yakıtlardan oluşmaktadır. Tersi de az sayıda da olsa kullanılmaktadır. Sistemin işleyişi sıvı oksitleyicinin katı yakıtla bir püskürteç aracılığı ile püskürtülmesi sonucu oluşan yanmanın kontrollü bir şekilde lülede itkiye dönüştürülmesine dayanmaktadır. Sonda roketlerinde ve uzay roketlerinde sistemin daha işlevsel hale gelebilmesi için kademeli sistemler geliştirilmiştir (2 – 3 Kademeli Roketler). Bu kapsamda bakıldığında karma roket motorları henüz kademeli sistemlere uyarlanmamıştır. Bu açıdan bakıldığında uzay roketlerinde kullanım sıklığı oluşmamıştır. Projemiz kapsamında geliştireceğimiz püskürteç sistemi, tek sıvı yakıcı yakıt tanklı katı yakıt kademeli karma roket motoru tasarımıımızı verimli olarak mümkün kılmaktadır. Böylece karma roket motorlarını kademeli roketlerde uygulayarak hem bu çeşit roket motorlarının işlevsel açıdan önü açılmış olacak hem de roket iç hacminin daha verimli kullanılması sağlanacak. Tek yakıcı yakıt tanklı katı yakıt kademeli karma roket motorunun başlıca kısımlarını üç başlık altında toplayabiliriz;

- 1. Yakıcı Yakıt Tankı:** Yakıcı yakıt tankı karbon elyaf kompozit malzemeden yapılacaktır. Tanka bağlı özel enjektör ve ona bağlı borunun ayrılması için bir ayrılma sistemi olacaktır. Sistemin detaylı işleyişi yöntem kısmında anlatılacaktır.
- 2. Özel Püskürteç Sistemi:** Optik mikroskoplarda kullanılan mercek değiştirme sistemine benzeyen bir sistem ile 2 farklı konuma gelebilen bir püskürteç olacaktır. Bu püskürteç direk yakıcı yakıt tankına bağlı olacaktır. Bu püskürtece de özel bir boru bağlı olacak ve alt kademe katı yakıtla yakıcı yakıtın iletilmesini sağlayacaktır. Alt kademe katı yakıtın püskürteci bu özel borunun sonuna bağlı olacaktır. Sistemin detaylı işleyişi yöntem kısmında açıklanmıştır.
- 3. Kademeli Katı Yakıt Kovan Sistemi:** Kademeli katı yakıt kovan sistemi 3 parçadan oluşmaktadır. Üst kademe kovani, ayrılma sistemi ve alt kademe kovan. Bu iki kademe arasında belli bir mesafe olacak ve bu mesafede ayrılma sistemi ile paraşüt olacaktır. Sistemin detaylı işleyişi yöntemler kısmında açıklanmıştır.

1. YÖNTEMLER

1.1 Sistem işleyişi

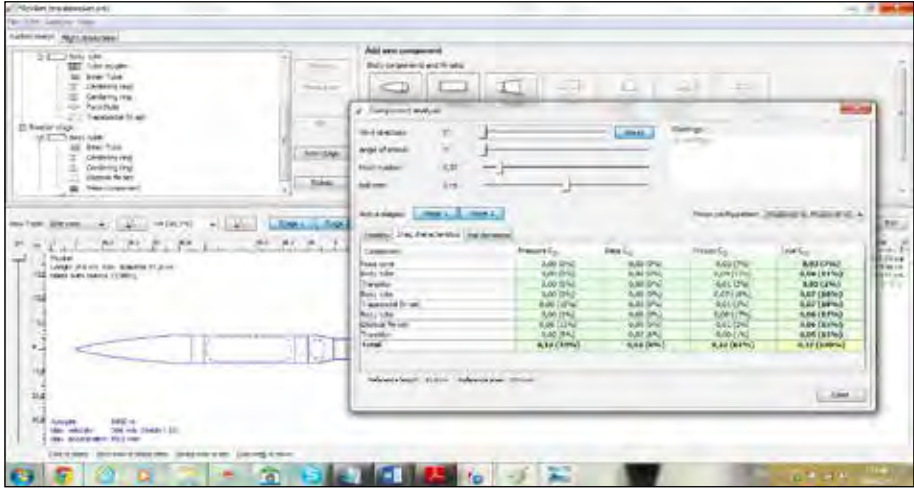
Yakıcı yakıt, katı yakıt üst kademenin yanma alanından geçen özel tasarlanmış bir boru yardımı ile alt kademeye aktarılır. Roket yerdeyken yakıcı yakıt tankının dolumu esnasında püskürteç 1. Durumdadır ve böylece borunun da içi doldurularak tankın basıncını alt kademeye aktarılmış olacak (Aktarım esnasında alt kademe püskürteci kapalı konumda olacaktır). Böylece ekstra bir basınç tankının kullanılmasına gerek kalmayacak. Alt kademeye yakıcı yakıt aktarılırken hızlı geçiş için üst kademe püskürteci (direk yakıcı yakıt tankına bağlı olan püskürteç, özel boru bu püskürtece direk monte haldedir) 1. Durumdadır¹. Alt kademe ayrılırken boru da sistemden ayrılır ve üst kademe püskürteci 2. duruma² geçerek yayımlı püskürtme gerçekleştirir. Deneylerde karşılaştırmalarımızı temel olarak iki grup arasında yapacağız: İki yakıcı yakıt tanklı gövde çapı değişmeyen roketler ile tek yakıcı yakıt tanklı gövde çapı katı yakıtta gelince azalan roketler.



Şekil 1. Tasarımın görselleştirilmesi için yapılan çizimler

1.2 Verimlilik analizleri

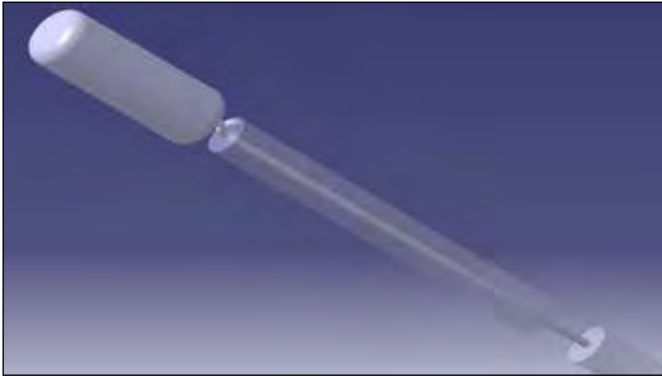
Deney grupları açık kaynak kodlu bir yazılım olan “open rocket” ile karşılaştırılacaktır. Bu yazılım gerekli parçaların boyutları ve malzemeleri ile seçilmesiyle oluşan sistemin istenilen güçte seçilen bir roket motoru ile uçuşunu benzetim yapmakla birlikte gerekli sürtünme katsayısı ve diğer hesaplamaları yaparak bize döküm halinde sunmaktadır. Yapılan analiz kısa basit sonuçlar verse de iki farklı sistemi karşılaştırmak açısından daha karmaşık detaylı yazılımlara yakın bir oran sunmaktadır. Bu yüzden verilen hazırlık sürecinde (1 aylık hazırlanma süreci) hızlı ve pratik olması açısından bu yazılım tercih edilmiştir.



Şekil 2. Açık kaynak kodlu OpenRocket programının ekran görüntüsü

1.3 Ayrılma sistemleri ile püskürteç durum değiştirme sistemi işleyişi

Katı yakıt kovanları birbirine bir ayrılma sistemi aracılığı ile bağlanmıştır. Bu ayrılma sistemi parçaları yakıcı yakıt tankına direk bağlı olan püskürtece monte edilmiş özel boruya merkezlenmiştir. Alt kademe katı yakıtın bitmesi sonucu hem bu ayrılma sistemi hem de özel borunun yakıcı yakıt tankından ayrılma sistemi çalışır. Böylece alt kademe katı yakıt ve özel boru sistemden ayrılmış olur. Daha sonra tekrar kullanılmak üzere bir paraşüt aracılığı yere yavaş bir hızda (kontrollü bir şekilde istenilen konuma) düşmesi sağlanır. Katı yakıt kademelelerinin boyunun uzunluğuna bağlı olarak özel borunun sistemden ayrılma süresi yapılan deneylerle belirlenir. Belirlenen bu sürenin ardından da üst kademe püskürteci ikinci duruma geçiş yapar. Böylece ikinci kademe de ateşlenmiş olur. Ayrılma sistemleri basit elektrik motorları ile kontrol edilir. Katı yakıt kademelelerinin ayrılma sistemi yaylı bir mekanizma olacaktır.



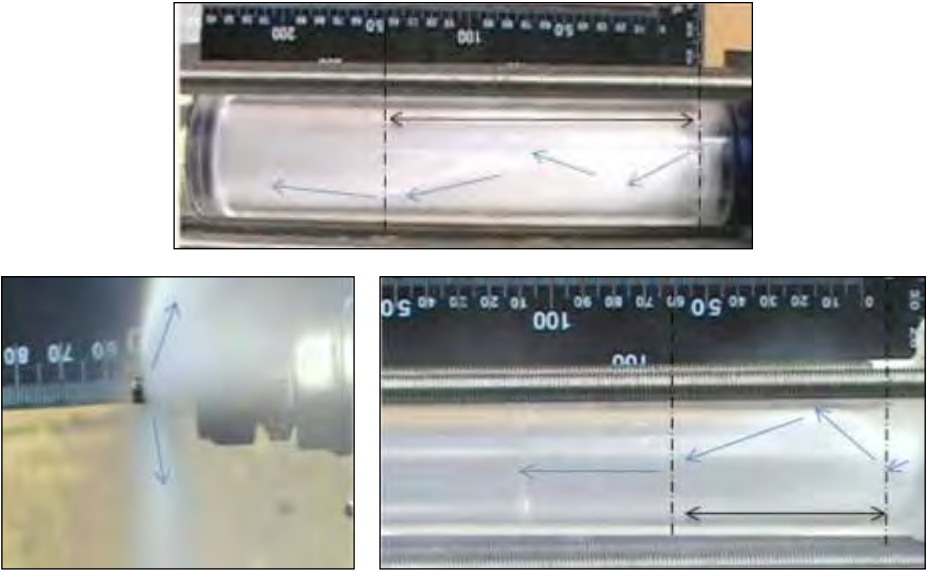
Şekil 3. Özel borunun motor içindeki konumu



Şekil 4. Püskürtecin gösterimi

1.4 Püskürteç seçim yöntemi deneyleri

Belirlenen özel püskürteç tasarımlarının işlevselliği basit ve özel bir sistem aracılığı ile gözlemlenebilir. Cam bir boruya püskürteç bağlanır ve renklendirilmiş su borunun içine püskürtülür. Bu esnada farklı açılardan 3 yüksek çözünürlüklü ve kare kapasiteli kamera kayıt yapar. Daha sonra bu kayıtlar kare kare incelenerek püskürtülen suyun ne kadar düzenli olarak yanma yüzeyine ulaştığı incelenir. Bu analiz ve sonuçlara bağlı olarak gerekli sistem belirlenir veya yeni bir sistem tasarlanırıp tekrar aynı sistem ile denir.[1]



Şekil 5. Cam boru deneyinin fotoğrafları

1.5 Sistemin verimlilik analizleri

Planlanan sistemin “Open Rocket” programında deney gruplarıyla incelemesi gerçekleştirilmiştir. Analizler yapılırken toplam boy, ağırlık ve motor sabit tutulmuştur. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda üç temel alanda verimlilik sağlandığı gözlemlenmiştir. Bu verimlilik başlıkları detaylı olarak bulgular kısmında incelenecektir.

- Roket iç hacminde yer kazanımı
- Ekstra ara sistemlerden kurtulma/Basitlik,
- Ekstra irtifa ve sürtünme kaybının azalması - Stabilitate

2. BULGULAR

2.1 Roket iç hacminde yer kazanımı

Analiz programında yapılan tasarım sonucunda iki roket sistemi karşılaştırıldığına toplam tüm roket hacminde yüzde 6, faydalı yüke ayrılan kısım bazında bakıldığında yüzde 20’lik bir artış gözlemlendi. Bu artış sayesinde ilk başta ön görüldüğü şekilde ya daha fazla yakıt kullanılarak daha yüksek yörüngelere aynı boyutta faydalı yük taşınabilecek ya da daha alçak irtifalara daha fazla faydalı yük taşınabilecek. Bunun yanında elde edilen irtifa artışı sayesinde (alt başlık olarak bu bölümde açıklanacaktır) gerekli optimizasyon çalışmalarının gerçekleştirilmesi sonucu aynı irtifadaki yörüngeye aynı motor gücüyle daha fazla faydalı yük taşınabilecektir.

2.2 Ekstra ara sistemlerden kurtulma/Basitlik

Yapılan sistem aracılığı ile iki ayrı sıvı yakıcı yakıt tankı kullanımından kurtularak sistem teke indirgenmiş olacaktır. Böylece sistem daha da basitleştirilerek kullanımı rahat hale gelecektir. Tabi ki sistemin tek yakıcı yakıt tankına düşmesinden dolayı yeni özel ara sistem tasarımları yapılmıştır. Ancak bu tasarımlar iki yakıt tanklı sistem ile karşılaştırıldığında daha basit olacağı yapılan çizimlerden anlaşılmaktadır. Bu ekstra sistemler yöntemler kısmında çizimleriyle birlikte açıklanmıştır.

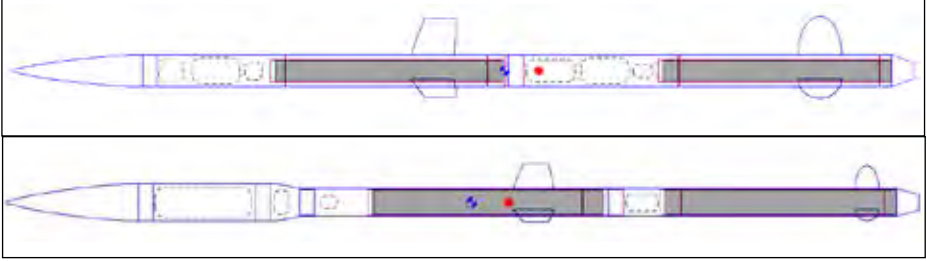
2.3 Ekstra irtifa kazancı ve sürtünme kaybının azalması – İstikrarlılık

Analiz programlarında iki farklı deney gruplarının benzetimleri gerçekleştirildiğinde iki roket arasında yüzde 14’lük bir irtifa farkı oluşmaktadır. Çapı azalan tek yakıcı yakıt tanklı ön gördüğümüz sistem tasarımının çapında azalma gerçekleşmeyen iki yakıt tanklı sisteme oranla daha fazla irtifa aldığı tespit edilmiştir. Bu oran yüzde 14’tür. Böyle bir farkın oluşmasını Alan Kuralı ile açıklayabiliriz. Öngördüğümüz sistem sonucu roketin çapı büyük başlayıp Von-Karman bir geçiş hunisi aracılığı ile azalarak daha küçük bir çapla tamamlanması şok dalgalarının sayısını ve gücünü azaltmaktadır. Bu yüzden de aerodinamik etkilerden

kaynaklanan kayıplar azalmaktadır. Bununla birlikte bu kayıpların azalmasına ıslak yüzey alanında azalması etki etmektedir. Böylece roketin daha istikrarlı bir hal aldığı düşünülmektedir.

2.3.1 Alan Kuralı

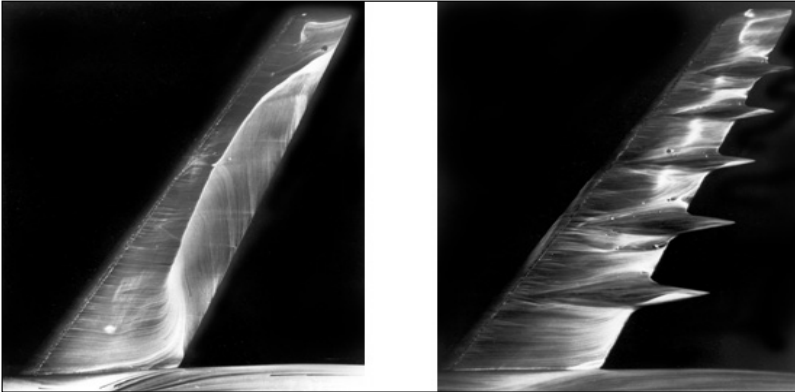
Bu kurala göre 0,7 ile 1.2 M hızlarında uçan bir araçta oluşan şok dalgalarının etkisinin aracını kesit alanın yumuşakça azaltılması aracılığı ile azaltılabilir. Bu kesit alan azaltma geometrisi Sears - Haack Gövde denklemlerine göre yapılır. Bu kural aracılığı ile tasarlanan Boeing 747'nin aynı güçle daha fazla yolcu taşıması sağlanmıştır.[2]



Şekil 6. Karşılaştırılan roketlerin modelleme görüntüsü



Şekil 7. Alan kuralının etkin şekilde kullanıldığı Boeing 747 uçağı[3]



Şekil 8. Alan kuralının yüzey üzerindeki etkisinin analizlerle gösterilmesi[4]

2.4 Benzetim programında kullanılan ve irtifa hesabında büyük etkisi olan sürtünme katsayısı hesabı [5]

$$(C_D)_{base} = \begin{cases} 0.12 + 0.13M^2, & \text{if } M < 1 \\ \frac{0.25}{M}, & \text{if } M > 1 \end{cases}$$

II. PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ

- ✓ Proje sayesinde ya aynı yakıt miktarıyla aynı mesafeye daha fazla faydalı yük taşınabilecek ya da daha fazla yakıtla aynı faydalı yük daha uzak mesafelere ulaştırılabilecektir.
- ✓ Yeni püskürteç tasarımı
- ✓ Daha optimize bir ağırlık merkezi ve basınç merkezi konumları, böylece roketin kontrolü daha rahat olacaktır
- ✓ İlk kademenin yakıt tankının üst kademeye taşınarak üst kademenin yakıt tankıyla birleşmesi sonucu, katı yakıtlar ile yakıcı yakıt yankı arasında çap farkı oluşacaktır. Bu değişim bölgesinde geçiş hunisi kullanılarak aerodinamik etki ile ilave kaldırma kuvveti sağlanacaktır.

III. PROJENİN MALİYETİ

Teknoloji geliştirme, test sistemleri, testler ve üretim için yaklaşık 250.000 TL gerekmektedir.

IV. PROJENİN KULLANIM ALANI

Proje sadece karma roket motorlu roketlerde ayrılma sisteminde yenilik amaçlı kullanılabilir. Dolaylı yoldan ise roket içerisinde daha fazla faydalı yük yeri ve verimin artırılması alanlarında kullanılabilir.

V. PROJENİN YAPILABİLİRLİĞİ/UYGULANABİLİRLİĞİ

Projenin uygulanabilmesi gerekli kalifiye insan gücü bulunmaktadır. Ortalama 10 kişilik bir ekiple uygun zaman planlaması ile proje gerçekleştirilebilir. Karma roket motorları günümüz için de yeni bir teknolojidir. Bu çeşitteki roket motorları için ayrılma sistemi tasarımı ilk kez bizim tarafımızdan olacağı düşünülmektedir. Genel olarak roketler için kademe ayrılma sistemleri bulunsa da karmaşık ve yöntemlerinin farklı olduğundan dolayı verimlilikleri azdır. Proje'nin anahtar

ürünü olan püskürteç (enjektör) ise tarafımızdan tasarlanıp üretileceğinden dolayı yeni bir araç olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte tasarım içerisinde kullanılması ön görülen özel boru ayrılma sistemi, püskürteç durum değiştirme sistemi, katı kademe ayrılma sistemi küçük elektrikli motorları ile yapılacaktır. Bu sistemlerin kontrolü ana bilgisayar tarafından M2M iletişim aracılığı ile olacaktır. Böylece sistem için gerekli donanım sayısında azalma olacaktır.

VI. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

- Sıvı roketlerden daha basit bir tesisata sahip olması ve katı roketlerden daha az kırılma ve güçlü itki geometrileriyle karma roketler daha güvenlidir.
- Kontrol edilebilir işletim sistemi şartlandırmasına dayanan tepki profili, yüksek manevra kabiliyeti sağlar.[6]

Tablo 1. Karma motorların, sıvı ve katı yakıtlı roket motorları karşılaştırılması

Kıyas	Hibritler	Sıvılar	Katılar
Çalışma	√		
Çevreye etkisi	√	√	
İşlemsel esneklik	√	√	
Zehirlilik	√		
Üretim maliyeti	√		
İşlemsel güvenlik	√		
Uçuş güvenliği	√		
İşlemsel basitlik	√		√
Veritabanı	?	√	√
olumlu = √			

Olumsuz Yanları

- Karma roket yanma verimliliği (genellikle %93-%98) sıvı roketlerinkinden daha azdır.
- Karma roket tepki yoğunluğu sıvı roketlerinkinden daha azdır.
- Karma roketlerde efektif katı-yakıt kütle oranı cüzi derecede azaltıldığında motor işlemlerinin sonunda yanma yerinde hala yakıttan hala olduğu gibi kalan kısımlar bulunabilir.
- Karma motorun çalışma süresi içerisinde, özgül tepkide çok az değişim meydana getirebilecek farklı oksitleyici- yakıt kütle oranı bulunabilir.

- e. Katı yakıtlı motorlarla karşılaştırıldığında karma motorların geri yanma oranı daha düşüktür bu da yakıt geometrilerini boyutlandırmayı etkiler.
- f. Gerçekçi modellerin olmayışı ve bu konuda fazla deneysel çalışmanın yapılmamasından kaynaklanan veri yetersizliğinden ötürü öngörücü matematiksel ve analitik sayısal kodlama yeterince iyileşmiş bir düzeye ulaşamamıştır [6]

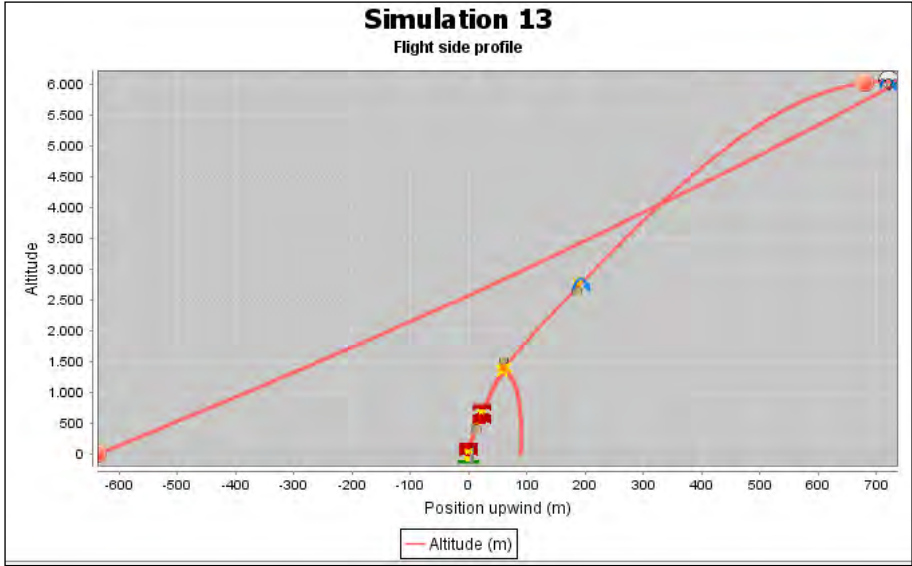
VII. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan analizler sonucu %14'lük bir irtifa artışı elde edilmiştir. Ancak analiz yapılan program hata payı diğer karmaşık detaylı incelemeler yapan programlara göre daha fazladır. Bununla birlikte ses üstü bir hızda seyir gerçekleştiği için oluşan şok dalgaları 3 boyutlu olarak incelenmelidir. Analitik olarak incelenmesi pek mümkün değildir. Bu yüzden daha iyi analiz ve benzetim programları kullanılarak daha uzun bir süreçte kavramsal ve detay tasarımları ile optimizasyonu yapılarak gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilir. Fakat alan kuralından dolayı bir irtifa artışı ve istikrarlılık daha yüksek olacak olmasına kesin gözüyle bakılmaktadır. Yapılacak tüm detaylı analizler, tank seçimleri, yakıt seçimlerinden sonra en uygun birleşim belirlenerek optimizasyon gerçekleştirilebilir.

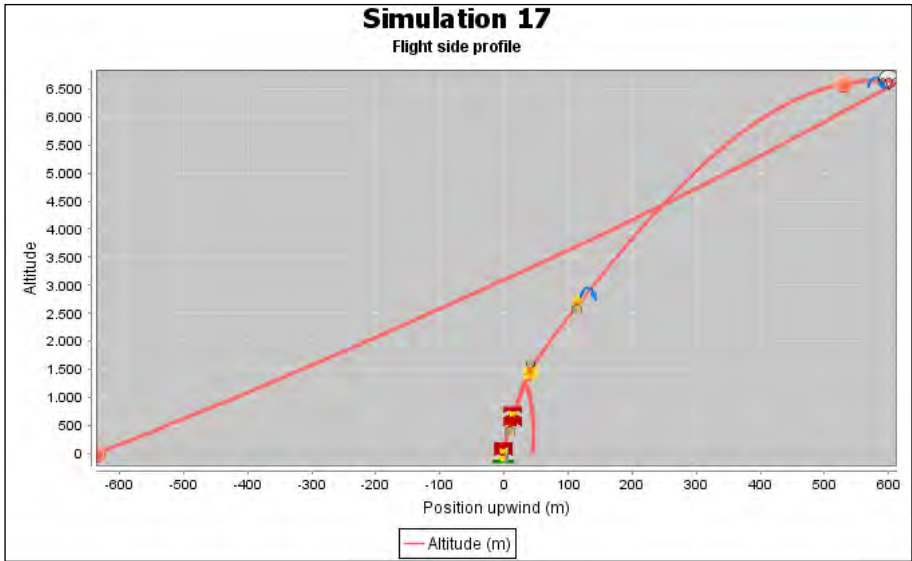
VIII. KAYNAKÇA

1. Jason McHugh, nd. , University of Hertfordshire, "Flow Visualisation of the Oxidiser Injection in a Hybrid Rocket Motor"
2. Wallace, Lane E. (1998) In Pamela E. Mack. "The Whitcomb Area Rule: NACA Aerodynamics Research and Innovation"
3. <http://widebodyaircraft.nl/b747-85.htm>
4. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Antishock_Bodies_Visualization.jpg
5. Sampo Niskanen,(2009) Helsinki University Of Technology, "Development of an Open Source model rocket simulation software"
6. Chiaverini, M. J., Serin, N., Johnson, D. K., Lu, Y. C., and Kuo, K. K.,(1997) "Instantaneous Regression Behavior of HTPB Solid Fuels Burning with GOX in a Simulated Hybrid Rocket Motor", Challenges in Propellants and Combustion 100 Years After Nobel

Ek 1 Uçuş Profili

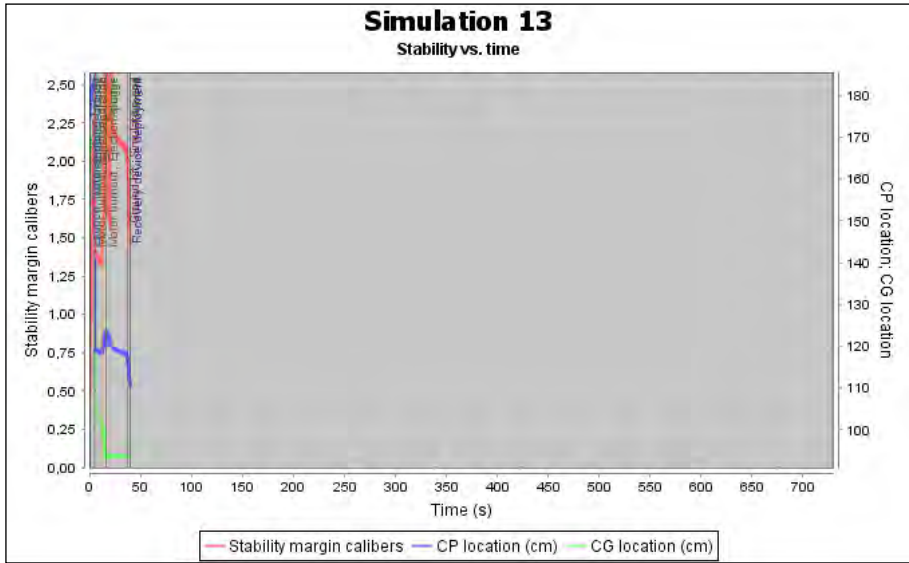


Çapı azalmayan roketin uçuş profili

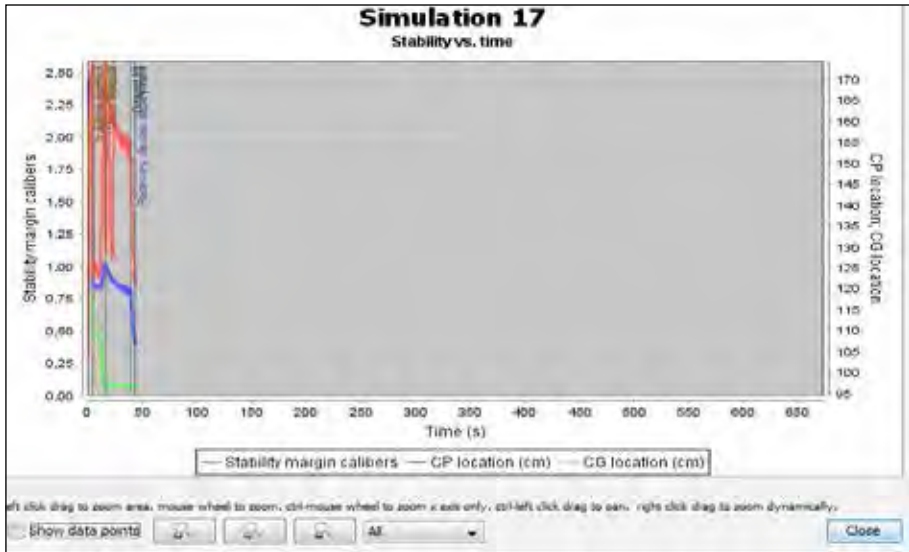


Tasarımımızın kullanıldığı roketin uçuş profili

Ek 2 Kararlılık

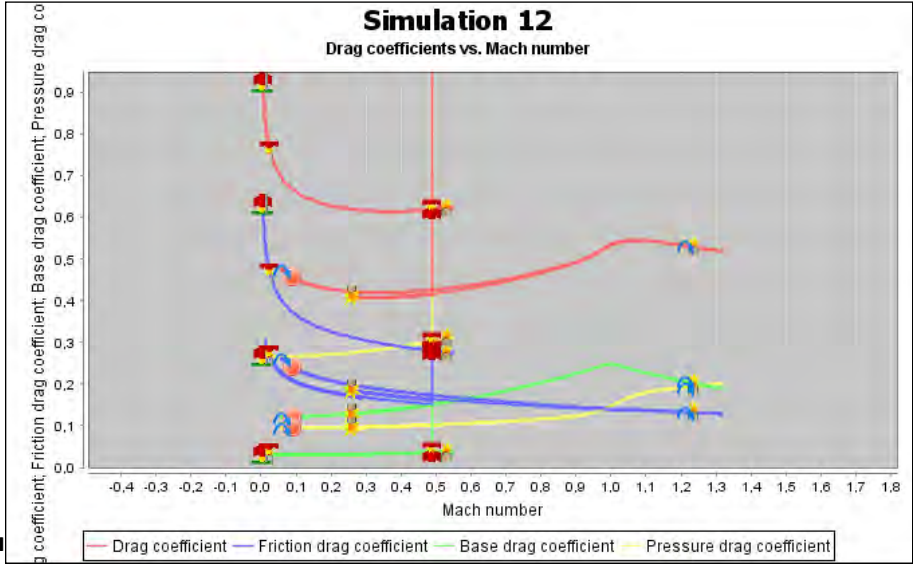


Çapı azalmayan roketin kararlılık grafiği

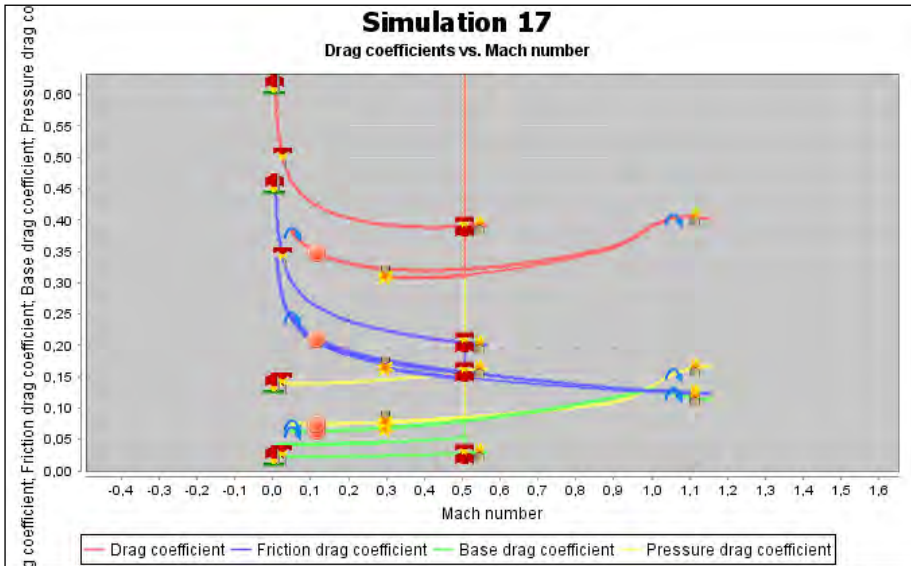


Tasarımımızın kullanıldığı roketin kararlılık grafiği

Ek 3 Sürtünme katsayısı ve Mach Sayısı



Çapı azalmayan roketin sürtünme katsayısı ve Mach sayısı



Tasarımımızın kullanıldığı roketin sürtünme katsayısı ve Mach sayısı

