



T.C. SANAYİ VE  
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



TÜBİTAK



DENİZCİLİK  
TEKNOLOJİLERİ  
YOL HARİTASI



T.C. ULAŞTIRMA VE  
ALTYAPI BAKANLIĞI



UDHAM

# Denizcilik Sektöründe Teknoloji Yol Haritası

Otonom ve İnsansız Deniz Taşıtları Teknolojileri Alanı

Doç. Dr. İsmail KURT



## Doç. Dr. İsmail Kurt

*İzmir Katip Çelebi Üniversitesi  
Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi*

### Proje Ekibi

**Doç. Dr. İsmail Kurt**, denizcilik teknolojileri ve otonom gemi sistemleri alanında çalışmalar yürüten bir akademisyendir. Araştırmaları; otonom deniz araçları, liman operasyonları ve denizcilikte dijital dönüşüm konularına odaklanmaktadır. Özellikle otonom gemilerin operasyonel ve ekonomik etkileri ile limanlarla entegrasyonu üzerine yaptığı çalışmalarla literatüre katkı sağlamaktadır.

|           |                                                                              |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------|
| Lisans    | 2011 - İstanbul Üniversitesi – Deniz Ulaştırma İşletme Müh.                  |
| Y. Lisans | 2013 - Newcastle University – Marine Transport with Management               |
| Doktora   | 2018 - University of Strathclyde – Naval Architecture, Ocean and Marine Eng. |

**Doç. Dr. Gökhan Budak**, 2013-2021 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi'nde görev yapmıştır. Şu an İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi'nde öğretim üyesi olarak çalışmalarına devam etmektedir. Çalışma alanları: Gemi Hidromekaniği özellikle de Gemi Hareketleri ve Manevra Kontrol Sistemleridir.

|           |                                                                      |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|
| Lisans    | 2010 - İstanbul Teknik Üniversitesi – Gemi ve Deniz Teknolojisi Müh. |
| Y. Lisans | 2015 - İstanbul Teknik Üniversitesi – Gemi ve Deniz Teknolojisi Müh. |
| Doktora   | 2021 - İstanbul Teknik Üniversitesi – Gemi ve Deniz Teknolojisi Müh. |

**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kafalı**, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi'nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Araştırmaları; gemi üretim sistemlerinin optimizasyonu, iş gücü planlaması, tersane tesis yerleşim düzeni tasarımı, karar verme yöntemleri ve denizcilik uygulamalarında sayısal modelleme konularına odaklanmaktadır. Ayrıca küçük tekne tasarımı, HDPE malzemelerin mekanik davranışları ve gemi hidrodinamiği alanlarında çalışmalar yürütmektedir.

|           |                                                                             |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Lisans    | 2008 - Karadeniz Teknik Üniversitesi - Gemi İnşaatı Müh.                    |
| Y. Lisans | 2014 - Karadeniz Teknik Üniversitesi - Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Müh. |
| Doktora   | 2020 - İstanbul Teknik Üniversitesi - Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Müh.  |

# İÇİNDEKİLER

## ÖZET

Denizcilik sektörü, dijitalleşme ve otomasyon teknolojilerinin etkisiyle önemli bir dönüşüm sürecinden geçmektedir.

Otonom ve insansız deniz taşıtları teknolojileri, operasyonel verimlilik, emniyet ve sürdürülebilirlik açısından sektörün geleceğini şekillendiren kritik alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada, söz konusu teknolojilerin dünyadaki gelişim eğilimleri ile Türkiye açısından ortaya çıkan fırsat ve ihtiyaçlara yönelik genel bir çerçeve ele alınacaktır.

Bu çalışmanın, denizcilik sektörü için çizilecek teknoloji yol haritasına katkı sağlayacak bir değerlendirme zemini oluşturması amaçlanmaktadır.

01 | Genel Durum

02 | Sektörel Durum

03 | Çalışma Kapsamı

04 | Yöntem

05 | Anahtar Kelimeler

# Otonom ve İnsansız Deniz Taşıtları Teknolojileri Alanı

## Genel Durum

Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından 2026'da kabul edilen yeni **MASS Kodu (Otonom Gemiler Güvenlik Kodu)** ile küresel standartlar belirlenmeye başlamıştır.

Mevcut durum 4 farklı otonomi derecesi (Karar Destekten - Tam Otonomiye) çerçevesinde gelişim göstermektedir. İlk ticari kısa mesafe taşımaları başarılı şekilde test edilmektedir.

**Türkiye'nin Durumu:** Türkiye özellikle askeri alanda ULAQ ve MARLIN gibi İnsansız Deniz Araçları (İDA) projeleriyle dünyadaki lider üretici ülkelerden biri haline gelmiştir. Bu askeri yetkinliğin sivil alana da aktarılması beklenilmektedir.



# Otonom ve İnsansız Deniz Taşıtları Teknolojileri Alanı

## Genel Durum

### IMO MASS OTONOMİ SEVİYELERİ



Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından tanımlanan Otonom Deniz Araçları (MASS) için otonomi seviyeleri, geminin insan müdahalesine olan ihtiyacına göre dört ana seviyede sınıflandırılır.



#### MASS NEDİR?

MASS (Maritime Autonomous Surface Ship), otonom veya uzaktan kontrol edilebilen deniz araçlarıdır. Bu seviyeler, teknolojik gelişim ve regülasyonlara bağlı olarak kademeli bir dönüşümü temsil eder.



#### AMAÇ

Emniyetli, güvenilir ve çevresel açıdan sürdürülebilir denizcilik operasyonları için teknolojinin insanla uyum içinde geliştirilmesini sağlamak.



EMNİYET



ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK



TEKNOLOJİK İNOVASYON



İNSAN-MAKİNE İŞ BİRLİĞİ



# Otonom ve İnsansız Deniz Taşıtları Teknolojileri Alanı

## Genel Durum

### IMO MASS KODU:

#### Otonom Gemiler İçin Uluslararası Güvenlik Çerçevesi

IMO'nun yapay zeka destekli ve uzaktan kumandalı gemilerin küresel sularda güvenli entegrasyonu için geliştirdiği, teknolojik hızla uyum sağlarken insan denetimini ve çevresel korumayı merkeze alan hedef bazlı bir düzenleme çerçevesi.



#### MASS KODU NEDİR?

MASS (Maritime Autonomous Surface Ship), otonom veya uzaktan kontrol edilebilen deniz araçlarıdır.

IMO MASS Code, mevcut uluslararası denizcilik düzenlemelerini tamamlayıcı nitelikte geliştirilen, hedef bazlı (goal-based) ve teknoloji bağımsız (technology-neutral) bir düzenleyici çerçevedir.

#### MASS KODU VE TEMEL İLKELER



##### Hedef Bazlı Güvenlik Çerçevesi

AI ve uzaktan kumandalı gemiler için teknolojik hızla uyum sağlayan küresel bir düzenleme.



##### Neden Gerekli?

Teknolojik hızla uyum sağlamak, yasal boşlukları doldurmak ve deniz güvenliğini korumak.



##### Kaptanın Sorumluluğu ve İnsan Denetimi

Gemi otonom olsa dahi kaptan her zaman sorumludur; risk yönetimi esastır.



##### İnsan Müdahalesi Esastır

Gemi üzerindeki veya uzaktan insan denetimi ve müdahalesi her zaman mümkün olmalıdır.

#### UYGULAMA YOL HARİTASI



##### EMNİYET

Deniz emniyeti her şeyin önündedir.



##### ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Çevrenin korunması temel bir hedeftir.



##### TEKNOLOJİK İNOVASYON

İnovasyonu teşvik eder, ancak insanı merkezde tutar.



##### İNSAN-MAKİNE İŞ BİRLİĞİ

Otonomi, insan denetimiyle birlikte güvenli işletilir.



##### TEMEL AMAÇ

Emniyetli, güvenilir ve çevresel açıdan sürdürülebilir denizcilik operasyonları için teknolojinin insanla uyum içinde geliştirilmesini sağlamak.

# Otonom ve İnsansız Deniz Taşıtları Teknolojileri Alanı

## Genel Durum

## Sivil, Askeri ve Ticari Operasyonlar



### Ticari Kullanım

Kısa mesafe rotalarda otonom konteyner besleme (feeder) hatları, otonom nehir/kanal taşımacılığı ve liman içi insansız römorkör faaliyetleri.



### Askeri Uygulamalar

İstihbarat, gözetleme ve keşif (ISR), mayın harbi, liman/üs savunması, sürü taktikleri ile deniz sınır güvenliği devriyeleri.



### Sivil ve Bilimsel Araştırma

Arama kurtarma (SAR) destek operasyonları, okyanus kirliliği analizi, deniz tabanı haritalama ve derin deniz bilimsel araştırmaları

# Otonom ve İnsansız Deniz Taşıtları Teknolojileri Alanı

## Sektörel Durum

### Sektör Oyuncularının Hedefleri

#### Rolls-Royce

Stratejik hedefleri:

**2030:** Uzaktan kumandalı insansız gemilerin operasyonel kullanımı

**2035:** Tam otonom ve insansız gemilerin ticari kullanımı

Dijital seyir sistemleri ve gemi otomasyonu üzerine çalışmalar yürütmektedir.

#### Kongsberg Maritime

Dünyanın ilk elektrikli ve otonom konteyner gemisi **Yara Birkeland** projesinin ortaklarından biri Rolls-Royce ile iş birliği içerisinde otonom gemi teknolojileri geliştirmektedir.

- Uzaktan Operasyon Merkezleri (Remote Operation Centers)
- Çarpışma Önleme Sistemleri (Collision Avoidance Systems)
- Otonom seyir teknolojileri
- Mürettebatsız gemilerin sertifikasyonu ve güvenlik standartları

# Otonom ve İnsansız Deniz Taşıtları Teknolojileri Alanı

## Sektörel Durum

### The Nippon Foundation

1962 yılında Japonya'da kurulmuş bir vakıf kuruluşudur.

#### Amaçları:

- Lojistik altyapısında yenilikçiliği desteklemek
- Denizcilik teknolojilerinin gelişimini teşvik etmek
- Otonom gemi teknolojilerinin ticarileşmesini hızlandırmak

### MEGURI2040 Tam Otomatik Gemi Programı

Çok paydaşlı konsorsiyum yapısı ile yürütülmektedir.

#### 1. Aşama (2020–2022)

6 farklı gemi ile otonom seyir gösterim testleri gerçekleştirildi.  
Otonom navigasyon sistemlerinin uygulanabilirliği başarıyla gösterildi.

#### 2. Aşama (2023 ve sonrası)

- Çatışma önleme sistemlerinin geliştirilmesi
- Otomatik yanaşma teknolojileri
- Otomatik ayrılma (unberthing) teknolojileri
- Tam otomatik gemi operasyonlarına yönelik entegrasyon çalışmaları

# Otonom ve İnsansız Deniz Taşıtları Teknolojileri Alanı

## Sektörel Durum

### Küresel Otonom Gemi Pazarı

Allied Market Research verilerine göre otonom gemi pazarının büyüklüğü:

**2023:** 89,3 milyar ABD doları

**2033 (öngörü):** 217,6 milyar ABD doları

**2024–2033 döneminde yıllık ortalama büyüme oranı (CAGR): %9,5**

Pazar büyümesini destekleyen öne çıkan unsurlar:

Yapay zekâ ve otomasyon teknolojilerindeki gelişmeler

İşletme maliyetlerini azaltma ihtiyacı

Emniyet ve verimlilik beklentileri

Sürdürülebilir ve akıllı deniz taşımacılığına geçiş

# Otonom ve İnsansız Deniz Taşıtları Teknolojileri Alanı

## Sektörel Durum – Dünya'daki Otonom Gemi Çalışmaları

| Proje                   | Türü                                                     | Ülke             | Organizasyon/Kurum                               |
|-------------------------|----------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------|
| MUNIN                   | İnsansız Gemi Araştırma Platformu                        | Avrupa Ülkeleri  | Avrupa Birliği ve çok sayıda ortak (konsorsiyum) |
| AAWA                    | Uzaktan ve Otonom Gemi Tasarımı                          | Finlandiya       | Finlandiya finansman kuruluşu ve Rolls-Royce     |
| SVAN                    | Otonom feribot Falco                                     | Finlandiya       | Finferries ve Rolls-Royce                        |
| Svitzer Herold          | Uzaktan kumandalı römorkör                               | Danimarka        | Rolls-Royce ve Svitzer                           |
| RAmora                  | Otonom İtfaiye ve römorkör                               | Norveç ve Kanada | Robert Allan Ltd. ve Kongsberg                   |
| C-worker                | Açık deniz insansız gemisi (petrol ve gaz operasyonları) | UK/USA           | Autonomous Surface Vehicles Ltd                  |
| ReVolt                  | Otonom konteyner gemisi (100 TEU)                        | Norveç           | DNV GL, Transnova desteğiyle                     |
| YARA Birkeland          | Tamamen Otonom 120 TEU konteyner gemisi                  | Norveç           | Norway Yara ve Kongsberg                         |
| PILOT-E                 | Sıfır emisyonlu ve tamamen elektrikli Otonom feribot     | Norveç           | Kongsberg ve PILOT-E                             |
| Hrönn                   | Açık deniz hizmet gemisi                                 | Norveç           | Automated Ships Ltd., Kongsberg ve BOURBON       |
| Jindoyuyn O Hao (UCSDA) | İnsansız kargo gemisi (sadece uzaktan kumandalı)         | Çin              | Yunhang Intelligent, CCS, Yunzhou Tech, ABS      |
| AUTOSHIP                | Kısa Mesafe ve İç Su Yolları otonom gemisi               | Avrupa Ülkeleri  | Avrupa Birliği ve çeşitli ortaklar               |
| Massterly               | Otonom Denizcilik Şirketi                                | Norveç           | Wilhelmsen ve Kongsberg                          |

# Otonom ve İnsansız Deniz Taşıtları Teknolojileri Alanı

## Sektörel Durum

### Türkiye'deki Otonom Gemi Çalışmaları

| Proje      | Türü                                | Organizasyon/Kurum                   |
|------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| ULAQ       | Silahlı İnsansız Deniz Aracı        | Ares Tersanesi ve Meteksan Savunma   |
| MARLIN     | Silahlı İnsansız Deniz Aracı        | Sefine Tersanesi ve Aselsan          |
| SALVO      | Silahlı İnsansız Deniz Aracı        | Dearsan Tersanesi, Roketsan, Aselsan |
| SANCAR     | Silahlı İnsansız Deniz Aracı        | Yonca-Onuk Tersanesi ve Aselsan      |
| MİR SİDA   | Silahlı İnsansız Deniz Aracı        | AELSAN                               |
| ALBATROS-S | İnsansız Deniz Aracı Sürüşü Sistemi | Aselsan                              |
| PIRANA     | Kamikaze İnsansız Deniz Aracı       | MKE                                  |
| AUTOPLAN   | Pilot Botu                          | UZMAR ve Avrupalı ortaklar           |

## Sektörel Durum

### Sektörel Etki: Avantajlar ve Riskler

#### ✓Sağlanan Avantajlar

**Ekonomik Verimlilik:** Mürettebat alanlarının kaldırılmasıyla artan kargo alanı ve optimize yakıt tüketimi (%15-20 OPEX tasarrufu).

**Güvenlik:** İnsan hatasından (yorgunluk, dikkatsizlik vb.) kaynaklanan kazaların sıfırlanması.

**Çevresel Katkı:** Akıllı rota planlaması ile CO<sub>2</sub> emisyonlarının düşürülmesi ve alternatif temiz yakıt entegrasyonu.

**Sosyal Etki:** Tehlikeli operasyonlarda can kaybı riskinin sıfıra indirilmesi.

#### ⚠Kritik Riskler

**Siber Tehditler:** Uzaktan kontrol edilen veya yapay zekaya bağlı gemilerin hacklenme ve kaçırılma riski.

**Bağlantı Kaybı:** Uydu sistemlerinde veya GPS sinyallerinde yaşanacak kesintilerde geminin karar mekanizmasının sınanması.

**Yasal Belirsizlik:** Uluslararası sularda sorumluluk ve kaza anındaki sigorta tazminat süreçlerinin henüz netleşmemesi.

**Sosyal Direnç:** Klasik denizci iş gücünde yaşanabilecek istihdam kaygıları.

# Otonom ve İnsansız Deniz Taşıtları Teknolojileri Alanı

## Sektörel Durum

### Yaygınlaştırma için Temel İhtiyaçlar



#### Teknolojik Altyapı

Gerçek zamanlı sensör füzyonu, kesintisiz ultra geniş bant uydu haberleşmesi (LEO takımları), COLREG uyumlu yapay zeka karar algoritmaları ve yüksek siber dayanıklılık mimarisi



#### Yeni Nesil İnsan Kaynağı

Gemideki mürettebat yerine Karada Uzaktan Operasyon Merkezlerinde (ROC) görev yapacak, veri analitiği, otonom seyrüsefer ve siber güvenlik bilgisine sahip yeni nesil "Kara Denizcileri"



#### Uyumlu Hukuki Altyapı

SOLAS, COLREG ve STCW sözleşmelerinin MASS sistemlerine uyarlanması; bayrak devletlerinin ve liman otoritelerinin otonom gemi kabul yönetmeliklerinin oluşturulması

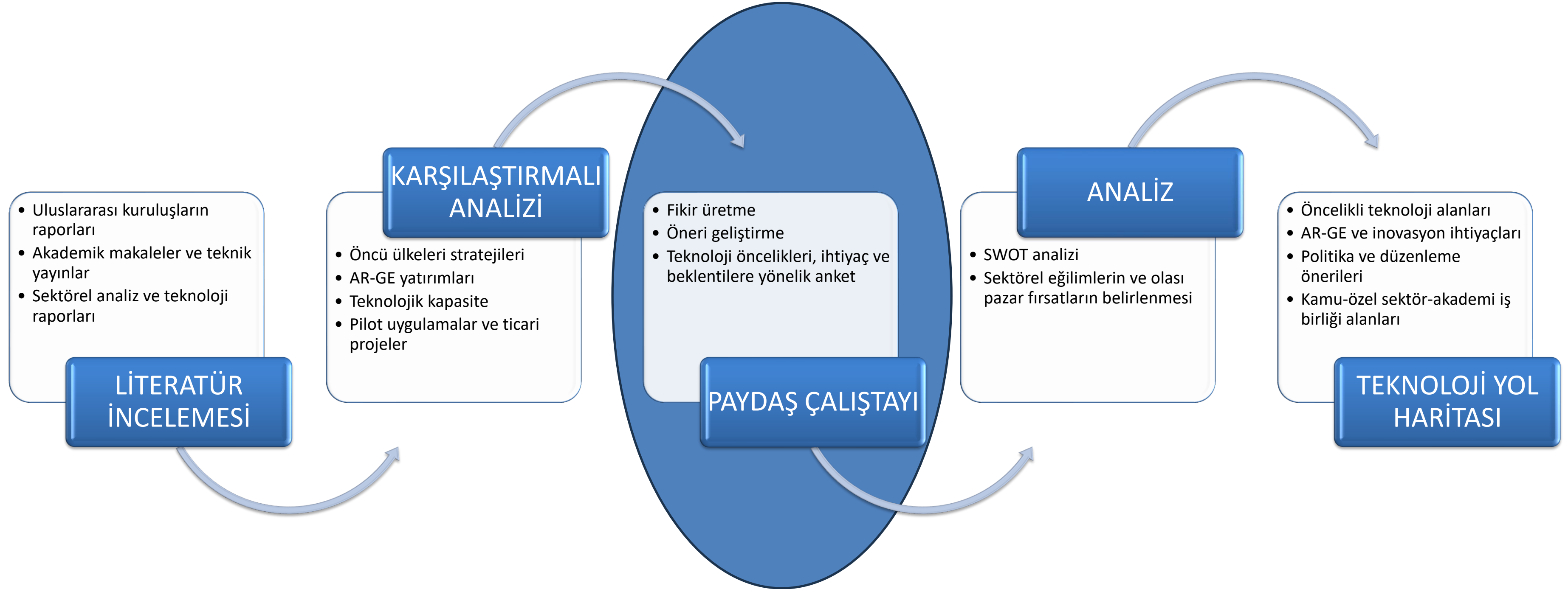
## Çalışma Kapsamı

Bu çalışma, denizcilik sektöründe giderek önem kazanan otonom ve insansız deniz taşıtları (Maritime Autonomous Surface Ship - MASS) teknolojilerinin mevcut durumunun analiz edilmesi, gelecekteki gelişim eğilimlerinin değerlendirilmesi ve Türkiye için stratejik bir teknoloji yol haritasının oluşturulmasını amaçlamaktadır.

Çalışma kapsamında aşağıdaki başlıkların ele alınması planlanmaktadır.

1. Mevcut Durum Analizi
2. Teknolojik Bileşenlerin İncelenmesi
3. Operasyonel ve Sektörel Uygulama Alanları
4. Hukuki ve Düzenleyici Çerçevenin Değerlendirilmesi
5. İnsan Kaynağı ve Yetkinlik Analizi
6. Fırsatlar, Riskler ve Stratejik Öncelikler
7. Teknoloji Yol Haritasının Oluşturulması

## Yöntem



# Otonom ve İnsansız Deniz Taşıtları Teknolojileri Alanı

## Anahtar Kelimeler

- Otonom Seyir Sistemleri
- Yapay Zekâ ve Karar Destek Mekanizmaları
- Uzaktan Kumanda ve Operasyon Merkezleri
- İnsansız Deniz Araçları (MASS)
- Sensör Füzyonu ve Durumsal Farkındalık
- Denizcilik Mevzuatı ve Sertifikasyon
- Gemiden-Kıyıya ve Gemiler Arası Haberleşme
- Dijital İkiz ve Simülasyon Teknolojileri





**DENİZCİLİK**  
**TEKNOLOJİLERİ**  
**YOL HARİTASI**

# TEŞEKKÜRLER