



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



TÜBİTAK



DENİZCİLİK
TEKNOLOJİLERİ
YOL HARİTASI



BURSA TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ



T.C. ULAŞTIRMA VE
ALTYAPI BAKANLIĞI



UDHAM

Gemi İnşaatı Teknolojisi ve Gemi Teçhizatında Millileştirme

Prof. Dr. Erine DOBRUCALI



Erinç DOBRUCALI

Prof.Dr.

Gemi İnşaatı Teknolojisi ve Gemi

Teçhizatında Millileştirme Alan

Uzmanı

1993-1997 Deniz Lisesi

1997-2001 Deniz Harp Okulu, Makine Mühendisliği-*Lisans*

2001-2005 TCSG 81, TCG RÜZGAR, TCG GÖKSU (II.Çarkçılık/Makine Subaylığı)

2005-2007 **İTÜ** Gemi İnşa Müh.Bölümü- *Yüksek Lisans*

2007-2011 Gölcük Tersanesi Komutanlığı-Tekne Proje subayı (Denizaltı/Sahil güvenlik/Hücumbot inşa projeleri)

2008-2013 **İTÜ** Gemi İnşa Müh.Bölümü- *Doktora*

2011-2013 **Dz.K.K.** Teknik Bşk. Gemi inşa Daire- **Denizaltı Proje Subaylığı** (Reis Sınıfı D/A)

2013-2017 Deniz Harp Okulu Gemi İnşa Müh.Bölümü-**Öğr.Üyesi** (Yrd.Doç.)

2016-2017 Michigan Üniversitesi- **Doktora Sonrası Araştırmacı**

2017-2021 İstanbul Tersanesi Komutanlığı- **Gemi İnşa Proje Subaylığı** (MİLGEM, İ-sınıfı Fırkateyn projeleri)

2021-Devam Bursa Teknik Üniversitesi-Denizcilik Fakültesi- **Öğ.Üyesi** (Prof.Dr.)

Uzakyol Vardiya Mühendisi-Kaynak Mühendisi

İÇİNDEKİLER

ÖZET

Türkiye'nin gemi inşa sanayii, geleneksel üretimden yüksek katma değerli teknoloji üretimine geçiş sürecindedir. Bu sunum, **millileştirme** konusunu birbirini tamamlayan **dört temel başlık** altında ele almaktadır:

Tasarım ve mühendislik ekosistemi, gemi teçhizatında millileştirme, inşa teknolojileri ve sürdürülebilirlik, son olarak savunma sanayiinden sivil denizciliğe teknoloji aktarımı.

Çalışma, **Prof. Dr. Erinç DOBRUCALI** ve **Arş. Gör. Burcu ÖZSELEK** tarafından yürütülmektedir.

01 | Türkiye'de Gemi Tasarımı ve Mühendislik Ekosistemi

02 | Gemi Teçhizatında Millileştirme

03 | Gemi İnşa Teknolojileri ve Sürdürülebilirlik

04 | Savunma Sanayiinden Sivil Denizciliğe Teknoloji Aktarımı

05 | Stratejik Sonuç ve Millileştirme Yol Haritası

Türkiye'de Gemi Tasarımı ve Mühendislik Ekosistemi

- Son çeyrek asırda Türkiye,
Geleneksel gemi inşasından  yüksek katma değerli tasarım ve ileri mühendislik
- **2003'te**
Tersane sayısı: 37 iken
İstihdam: 2800  **2026'da**
Tersane sayısı: 85
İstihdam $\approx$ 94.000
- **2025 yılsonu** itibarıyla; **4,79 milyon DWT gemi inşa** proje kapasitesi bulunmaktadır.
- Tersanelerde **2025** yılında **42,4 milyon DWT bakım-onarım**, **35 bin DWT yeni gemi ve yat** teslim edilmiştir.
- **2025** yılı gemi ve yat **ihracatı** **3,06 milyar USD**; ithalat **1,31 milyar USD**; **1,75 milyar USD** dış ticaret fazlası.
- Türkiye'de **yerli gemi tasarımı yapan firma sayısı**, sektör talebine paralel olarak **artmaktadır.** 
- Türkiye'de aktif olarak gemi tasarımı, mühendisliği ve danışmanlık hizmeti sunan **tescilli ofis sayısı 100'ün üzerinde** olduğu görülmektedir.
- Bu firmalar, **Tuzla ve Pendik** ile **Yalova ve Altınova** bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Özellikle **Teknopark İstanbul**, çok sayıda **ileri mühendislik firmasına** ev sahipliği yapmaktadır.

[1] TKYGM (2026). Tersaneler ve Kıyı Yapıları İstatistikleri. <https://tkygmistatistikleri.uab.gov.tr> (Erişim tarihi: Mart 2026).

[2] Teknopark İstanbul (2026). Ar-Ge Firmaları. <https://www.teknoparkistanbul.com.tr> (Erişim tarihi: Mart 2026).

[3] OECD (2021). Peer Review of the Turkish Shipbuilding Industry. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/43354abf-en>

Türkiye'de Gemi Tasarımı ve Mühendislik Ekosistemi

Askeri Gemi Tasarımı

- **MİLGEM** ADA sınıfı korvetlerle başlayan tasarım serüveni,
- Türkiye'nin ilk milli fırkateyni olan TCG İSTANBUL (F-515) ile yeni bir aşamaya geçmiş ve özel tersanelerdeki inşa ile devam etmekte,
- **TF-2000** Hava savunma harbi muhribi ve
- Milli Uçak gemisi (**MUGEM**) ile Milli Denizaltı (**MİLDEN**) projeleri ile tasarım faaliyetleri hız kazanmıştır.
- Türkiye'nin **yalnızca askeri gemilerini işleten değil**, aynı zamanda **tasarlayan** ve **ihraç** eden seçkin ülkeler arasındaki konumunu pekiştirmektedir.



Ticari Gemi Tasarımı

- Özel amaçlı gemilerde "**niş pazarda**" kabiliyetimiz artıyor.
- SEFT Mühendislik 500'den fazla proje tamamladı:
- **Balıkçı gemisinden Ro-Ro'ya, kimyasal tankerden açık deniz destek gemilerine** geniş bir yelpaze mevcut.
- **Yeşil denizcilik** alanında da **ilerleme katediyoruz**.

NAVTEK'in **ZEETUG** (Zero Emission Electric Tug) *dünyanın ilk sıfır emisyonlu **şarj edilebilir** liman römorkörü, 2021 Green World Awards

Sanmar'ın **ElectRA** serisi *ABB teknolojisi, 6.102 kWh batarya, 70 ton bollard pull

- Türkiye'nin **elektrikli gemi tasarımında** erken hareket **avantajı** görülmekte !!!!

Türkiye'de Gemi Tasarımı ve Mühendislik Ekosistemi

Yat Tasarımı

- Türkiye, mega yat inşasında dünyada 2. sıradadır (İtalya'nın ardından); **üretim kapasitemiz güçlüdür.**
- Buna karşın tasarım dışa bağımlılığımız devam etmektedir: 24 m üzeri 225 yat projesinde iç ve dış tasarımın yaklaşık **%55'i yabancı stüdyolarca** yapılmıştır. Yabancı tasarımlı yatlar daha büyük ebatlı (dış tasarımda yabancı: 46,93 m; yerli: 37,75 m).
- Yatırımlarının prestijini ve yeniden satış değerini güvence altına almak için, dünyaca **ünlü yat tasarımcılarına yönelinmesi**, sektörün yapısal bir özelliğidir. H2 Yacht Design (İngiltere), Vripack (Hollanda) ve Frank Mulder (Hollanda) gibi firmaların Türk tersaneleriyle yoğun biçimde çalışmasını açıklamaktadır.
- Yerli katma değer, **yat boyutu büyüdükçe artar**: 40 m üzeri yatlarda marangozluk, mobilya ve boya işçiliği büyük ölçüde Türk çalışanlardır. (Örnek:Bilgin Yachts işçiliğin %90'ını kendi bünyesinde yürütmektedir.) **15–35 m** segmentte ise **seri üretim** ağırlıklı olduğundan **yerli katkı düşüktür.**
- ★ Uluslararası tanınırlığa sahip **yerli tasarımcı sayısı** (Taka Yacht, Tansu Yachts, Unique Yacht Design) **sektörün potansiyeline kıyasla sınırlıdır.**

Dünya 2.'si

mega yat inşasında (İtalya'nın ardından)

%55

24 m üzeri yat projelerinde iç ve dış tasarım yabancı stüdyoda

ÜRETİM MERKEZİ



TASARIM MERKEZİ

Stratejik hedef: yerli tasarımcıların uluslararası görünürlüğünü artırarak **Türkiye'yi “üretim merkezi” konumundan “tasarım merkezi” konumuna taşımak.**

Gemi Tasarımında Dijital Araçlar

Gemi tasarımı, her aşamanın bir öncekini beslediği “spiral tasarım” mantığıyla ilerler; süreç boyunca farklı **CAD ve analiz yazılımları** kullanılır.

- **CAD yazılımları:** **AVEVA** çelik yapı ile donatımı tek 3B modelde birleştirir; **NAPA** hidrostatik ve stabilitede dünya lideridir; **Rhino/Orca3D** yat ve serbest yüzey tasarımında, **AutoCAD** ve **NUPAS-CADMATIC** detay çizimde kullanılır.
- **İleri analiz:** HAD/CFD direnci, trimi ve pervane-gövde etkileşimini; SEA/FEA yapısal mukavemet ile yorulma ömrünü hesaplar (**STAR-CCM+, Ansys, Abaqus**).
- ★ **Kritik tespit:** Türkiye’nin **milli bir 2B CAD yazılımı dahi bulunmamaktadır**. Yazılım lisansları sektör genelinde kayda değer bir **döviz çıkışı oluşturmaktadır**.
- **Yerleşme çabaları:** Bazı tersaneler açık kaynak HAD çözümleyiciler (**OpenFOAM**) ile kendi analiz süreçlerini kuruyor; **Türk Loydu** (Hull Scantling, Beam Analyzer, CSR tabanlı yapısal analiz) ve **Ayden Marine** (yerli stabilite programı) öne çıkan örneklerdir. Ancak bu girişimlerin **arttırılması ve yaygınlaştırılması** gerekmektedir.
- ➔ **Öneri:** Öncelikle farklı sektörlerde de kullanımı olan (Makine imalat/otomotiv vb.), genel amaçlı bir **2B CAD yazılımı** geliştirilmeli; **orta vadede** denizcilik modülleri ve 3B analiz yetenekleri eklenmelidir. Ayrıca açık kaynak kodlu yazılım konusuna ağırlık verilmeli.

Başlıca Yazılımlar ve Tek Lisans Maliyeti !!!

Yazılım	Tek Lisans Bedeli
RHINO	1.000 €
AUTOCAD	1.600 € / yıl
NUPAS	1.250 € / ay
AVEVA	1.100 € / ay
NAPA	30.000 €
STAR-CCM+	25.000 € / yıl

Tek bir tasarım ofisinin yazılım altyapısı **yıllık on binlerce avroyu** bulmaktadır.

Türkiye'de Gemi Tasarımı ve Mühendislik Ekosistemi

Dijital İkiz ve Tersanelerde Endüstri 4.0

- **Dijital ikiz**, fiziksel bir varlığın sensörlerle gerçek zamanlı güncellenen sanal kopyasıdır; fiziksel ürün, sanal eşdeğeri ve veri bağlantısının birleşiminden oluşur.
- Literatürdeki bir yolcu gemisi (**Geleneksel inşa**)-kruvaziyer inşası (**Digital Twin**) örneğinde dijital ikiz; **donatım, iş güvenliği ve montaj kalitesi ve verimlilikte çarpıcı iyileşmeler** sağlamıştır.

%52 → %70

Donatım öncesi (on-block)
tamamlanma oranı

– %43

İş kazası sıklığında azalma

– %50–90

Montaj hatalarında azalma

+%20

Gemi inşa sürecinde verimlilik ve enerji
tasarrufu

- Türkiye’de: Sedef Tersanesi **TÜBİTAK destekli bir tersane operasyonu** dijital ikizi kurmuş, SEFT Mühendislik retrofit projelerinde **nokta bulutu (Point Cloud) taramasıyla** uygulamaktadır.
- Operasyonel tarafta ise, tam **otonom seyir optimizasyonuna** yönelik bir gemi dijital ikizi (Ship Digital Twin) mimarisi geliştirilmiş; pervane ve dümen kontrolü için PID algoritmaları simülasyon ortamında doğrulanarak teknolojinin yerli yetkinlikle geliştirilebileceği gösterilmiştir.
- Dijital ikiz pazar büyüklüğü **2024'te 205,27 milyon \$'a** ulaşmış olup **2033'e kadar 1,5 milyar \$'ı aşması** bekleniyor.
- **Kritik tespit:** Türkiye'de operasyonel dijital ikiz uygulamalarının henüz yeterli seviyeye ulaşmadığı görülmektedir.

Gemi Teçhizatında Millileştirme

Teçhizat Bağımlılığı ve Tedarik Zinciri

- Bir **geminin maliyetinde** ana tahrik, sevk, navigasyon, güverte yardımcıları ve boru-valf sistemleri **kritik bir pay** tutar.
- Türkiye’de makine-sevk sistemi, çelik sac ve profiller, boya/kaplama ve elektrik-elektronik ithalatı, gemi maliyetinin **yaklaşık %70-75’ini** oluşturur; teçhizatın ortalama **yalnızca % 25-30’u yerlidir**.
- Maliyet dağılımı:** çelik sac ve profil **%20-25**, makine-teçhizat **%40-45**, işçilik ve genel gider **%30-35**.
- Gemi sevk sisteminin** tek başına toplam maliyet içindeki payının %15 ile %20 arasında.
- Armatörler **küresel servis ağına sahip markaları** (MAN, MTU, Wärtsilä, Caterpillar) tercih eder; bu, **yerli üreticinin önündeki en büyük yapısal engeldir**.
- Ülkemizdeki başlıca yan sanayi **üretimleri**: **çelik döküm malzeme, kaynak ve kesme gereçleri, dizel jeneratör, güverte makinaları** (ırgat, vinç vb.), **kazan, pompa ve kompresör, valf ve boru devreleri, havalandırma sistemleri, elektrik teçhizat ve kabloları, ambar kapakları, kapı, lumbuz ve marangozluk ürünleri**
- Başlıca yan sanayi **ithalatları**; **çelik sac ve profiller, elektronik seyir yardımcıları, haberleşme sistemleri, sevk sistemleri, baş ve kış iticileri** (Bow thruster) olarak sıralanmaktadır.
- Millileştirme yalnızca bir dış ticaret meselesi değil, aynı zamanda **büyük bir istihdam ve katma değer fırsatıdır**.

%70-75

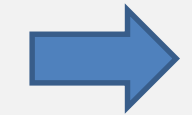
İthalatın gemi maliyeti içindeki payı

~%25-30

Gemilerde yerli teçhizat oranı

2.300 → 94.000+

Sektör istihdamı (1996 → 2026)



Gemi Teçhizatında Millileştirme

Malzeme: Çelik

- Çelik, gemi tekne ağırlığının büyük bölümünü oluşturur (DWT'nin ~%30'u) ve Türkiye **güçlü bir üretim altyapısına sahiptir**.
- **Erdemir** gemi inşa sanayii için **yıllık** ~350.000 ton levha çelik üretmekte (Türkiye'nin tek entegre çelik levha üreticisi) **İsdemir** de, yerli gemi inşa çelik ihtiyacını karşılayan ana üreticilerden biridir. (HABAŞ, Özkan Çelik vb.)
- Milli Uçak Gemisi (MUGEM) için Erdemir **~40.000 ton gemi sacı tedarik anlaşması** imzalamış, ilk sevkiyat Ocak 2026'da yapılmıştır.
- **Stratejik başarı:** önceden Almanya'dan alınan **HY-80 ve HY-100** denizaltı çelikleri, Erdemir–Miilux OY ortaklığıyla artık **yerli imkânlarla üretilmektedir**; MILDEN denizaltıları için saclar teslim edilmiş, testlerin 2026 sonunda tamamlanması planlanmaktadır.
- **Sorun:** yerli kapasite **yeterli değil**, ayrıca sivil sektör **ekonomik nedenlerle** veya **termin süresi sebebiyle** çeliği zaman zaman yurt dışından tedarik edebilmektedir. Ayrıca çelik üretiminin bir kısmı da farklı sektörlere (İnşaat, raylı ulaşım vb.) kaymaktadır.

350.000 ton/yıl

Erdemir'in gemi inşa levha üretimi

~1.500.000 ton/yıl

Gemi inşa sektörü ihtiyacı

~%35

Yerli sac kullanım oranı

HY-80 / HY-100

Denizaltı çeliği artık milli imkânlarla üretiliyor !!!

~40.000 ton

MUGEM için imzalanan gemi sacı anlaşması

Gemi Teçhizatında Millileştirme

Malzeme: Alüminyum

- Alüminyum, **hızlı tekneler ve üst yapılarda kritik bir malzemedir**: yoğunluğu çeliğin yaklaşık üçte biri kadardır, bu da ağırlığı azaltıp yakıt verimliliğini artırır.
- Denizcilikte başlıca **5000 ve 6000 serisi** alüminyum alaşımları kullanılır.
- **Türkiye yassı mamul üretiminde güçlüdür** (ASSAN lider konumda; ASAŞ ve Eti Alüminyum da üretim yapmaktadır.), Ancak üretim altyapısı TAMAMEN **soğuk hadde teknolojisine** dayanmaktadır.
- **Kritik açık**: gemi inşada yapısal kullanım için gereken, sıcak haddeden üretilen 5000/6000 serisi deniz alaşımlarında **dışa bağımlıyız**.
- **Sıcak hadde altyapısı yatırımı**, bu segmentteki dışa bağımlılığı ortadan kaldırmak için **net bir fırsat alanıdır**.

✓ Soğuk Hadde — VAR (yerli)

Assan, ASAŞ ve Eti Alüminyum üretiyor; ancak ürün yalnızca yat direği, yürüme yolu gibi parçalarda kullanılabilir.

✗ Sıcak Hadde — YOK (ithal)

Gemi inşada yapısal kullanım için gereken 5000/6000 serisi deniz alaşımları tamamen dışa bağımlı.

Gemi Teçhizatında Millileştirme

Malzeme: Kompozit ve Eklemeli İmalat Teknolojisi (3B Baskı)

Kompozit Malzemeler

- Cam fiber (GFRP), karbon fiber (CFRP) ve aramid kompozitler; **yüksek özgül mukavemet, korozyon direnci ve tasarım esnekliği** sunar. Askeri gemi yapılarında **gemi ağırlığını %30-40 azaltabildiği** raporlanmıştır.
- Kompozitler **tuzlu suya ve ultraviyole ışınlarına karşı dayanımlıdır**.
- Türkiye, yat ve küçük tekne **üretiminde** kompozit teknolojilerini **etkin biçimde kullanmaktadır** (Antalya, Muğla, İstanbul).
- **Doğal fiber takviyeli kompozitler/Biyokompozitler**, Türkiye'nin doğal (tarım/hayvansal vb.) kaynaklarıyla önemli bir yerli üretim fırsatıdır.
- Yüksek yoğunluklu polietilen (**HDPE**), küçük tekne segmentinde **alternatiftir**. Korozyon direnci, darbe dayanımı, bakım gerektirmemesi, kaynaklanabilirliği ve %100 geri dönüştürülebilir olması başlıca avantajlarıdır.

Eklemeli İmalat (3B Baskı)

- Denizcilikte **karmaşık parça üretimi, bakım-onarım ve talep üzerine yedek parça** için önemli avantaj sağlar.
- **WAAM** (Wire Arc Additive Manufacturing) ve **DED** (Directed Energy Deposition) teknolojileri büyük metal parçalarda (pervane, dümen) öne çıkmakta; WAAMPeller dünyanın **ilk klas onaylı 3B baskılı gemi pervanesidir**. (RAMLAB, Damen Shipyards, Promarin, Autodesk ve Bureau Veritas ortaklığı)
- Eklemeli İmalat Yöntemleri kullanım alanına göre çeşitlenir: **FDM** düşük maliyetli plastik parça ve kalıplarda, **SLS** pervane ve vana gibi kompleks bileşenlerde tercih edilir; soğuk sprej (**CSAM**) ise deniz suyu korozyonuna dayanıklı parçaların gemi üzerinde, sahada üretimine olanak tanır.
- Türkiye'de eklemeli imalat firmaları mevcut, ancak **tersane düzeyinde uygulama henüz yok; personel eğitimi ve klas sertifikasyonu öncelikli adımlar** olarak düşünülebilir. 

[8] Saravanan, M. & Kumar, D. B. (2021). Advanced composite materials in naval ship structures. Materials Today: Proceedings, 46(Part 9), 4381-4386. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.427>

Gemi Teçhizatında Millileştirme

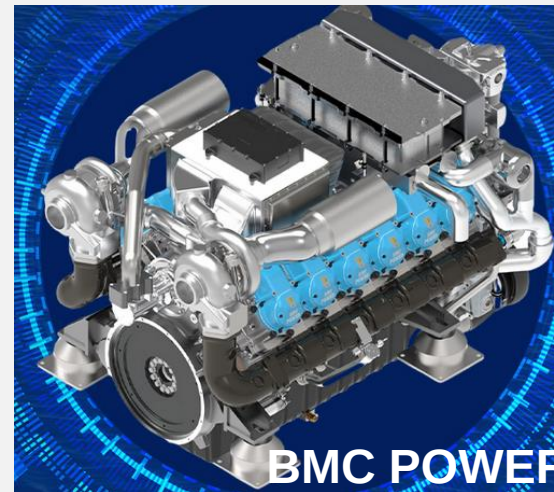
Kritik Ekipmanlar: Ana Tahrik Sistemleri

- Ana dizel motorlar ve gaz türbinleri **büyük ölçüde ithal edilmektedir**, Gemi maliyetindeki en kritik kalemidir.
- **Yerli atılım:**
 - ✓ **BMC Power** (Mavi Batu, Levend),
 - ✓ **Tümosan** (TMSN M7 marin motor ailesi _ULAQ SIDA'da kullanımda, yerlilik ~%70; ancak henüz klas onayı yok)
 - ✓ **TÜBİTAK RUTE** (8V160B, hidrojenli versiyon geliştiriliyor) bu alanda öne çıkmaktadır.
 - ✓ Gaz türbininde **GE Marine** ile **TEI** (TUSAŞ Motor Sanayii) lisansı ile **LM2500** deniz gaz türbinleri **bakım-onarımı yerleşmiştir**.
 - ✓ **Erin Motor** %100 yerli sermaye ve özgün tasarımıyla geliştirdiği **marin dizel motorlarla** (tek silindir, 25 BG, 10.000 saat ömür testi tamamlanmış) küçük tekne ve balıkçı segmentinde önemli bir boşluğu doldurmaya çalışmıştır. **Ancak** firma, **deniz tipi dizel motor üretim faaliyetlerini sonlandırmıştır**.
 - ✓ **Yavuz Motor** ise endüstriyel, otomotiv ve marin sektörlerine yönelik motor üretiminde özellikle **jeneratör ve yardımcı makinelerde** çözümler sunmaktadır.

SSB Milli Dizel Deniz Motorları Yol Haritası (2024)

Sıfırdan motor yerine mevcut karasal motorların deniz uyumlandırması esas alınmış; 2050'ye kadar 6 stratejik proje belirlenmiştir.

- 350–500 kW deniz tipi dizel motor geliştirilmesi
- 2+ ve 4+ litre/silindir deniz tipi dizel motor
- MILDEN projesi kapsamında dizel jeneratör geliştirilmesi vb.



Gemi Teçhizatında Millileştirme

Sevk Sistemleri ve Yardımcı Makineler

Sevk Sistemleri (Pervane, Su Jeti, Şaft)

- **Küçük ve orta çaplı pervanede yerli üretim/döküm mevcut** (Eriş, Gemtaş, Gürmarin).
- Büyük çaplı (3 m+) yüksek verimli pervaneler, CPP pervaneler, su jetleri ve azimuth iticiler **tamamen ithal**; şaft Türkiye’de üretilmiyor.
- Aktarma organlarında **Baysan Marine** yerli deniz şanzımanı üretmektedir.

Pompa, Valf ve Güverte Makineleri

- **En geniş yerli yan sanayi segmenti:** pompa, vana, kreyn, ırgat, ambar kapağı.
- GÜRDESAN, Dikkan (60+ ülkeye ihracat) ve Standart Pompa gibi **klas onaylı, önemli üreticilerdir**.
- **Engel:** marka bilinirliği düşük; armatörler küresel servis ağı markaları tercih ediyor. Separatör gibi görece basit ürünler bile ithal edilmektedir.

★ **Gemi dizel motorunda yerli üretime geçildiği ve sevk sistemi bileşenlerinin yerleştirildiği takdirde, ticari gemilerde yerli katkı oranının %65–70’in üzerine çıkması beklenmektedir.**

Gemi Teçhizatında Millileştirme

Elektronik Sistemler

Navigasyon ve elektronik sistemlerde **askeri ile sivil sektör** arasında **belirgin bir fark** bulunmaktadır.

Askeri — Güçlü Yerli Ekosistem

- ASELSAN, HAVELSAN, ROKETSAN ve YALTES öncülüğünde geniş bir yerli yetkinlik oluşmuştur.
- ALPER seyir ve CENK 3B hava arama radarları, ADVENT savaş yönetim sistemi, MİTOS ve DİKONS operasyoneldir.
- Sektörün en güçlü yanını oluşturmaktadır.

Sivil — Büyük Ölçüde İthal

- Ticari gemilerde seyir radarı, ECDIS, AIS, VDR ve GMDSS terminalleri ithal edilmektedir.
- Furuno, JRC, Kongsberg, Raytheon Anschütz gibi yabancı üreticiler pazara hakimdir.
- **Yerli yetkinlik** bu segmente henüz taşınabilmiş değildir.

Aktarım fırsatı: Askeri alanda kazanılan radar ve navigasyon yetkinliğinin sivil versiyonlara dönüştürülmesi en somut millileştirme fırsatıdır.

Gemi İnşa Teknolojileri ve Sürdürülebilirlik

Düzenleyici Çerçeve ve yeşil gemi inşa tersaneler

IMO'nun 2050 net sıfır hedefi ile AB'nin FuelEU Maritime ve Emisyon Ticaret Sistemi düzenlemeleri, gemi inşa sektörünü tasarım–operasyon–geri dönüşüm ekseninde köklü bir dönüşüme zorlamaktadır. Türkiye, **hibrit ve elektrikli sevk sistemli gemi inşasında** küresel ölçekte rekabetçi bir tedarikçi konumundadır.

Sanmar Tersanesi — İstanbul

- Römorkör inşasında dünya çapında referans; 2014'te dünyanın **ilk LNG yakıtlı**, 2019'da **ilk hidromekanik hibrit** römorkörünü üretmiştir.
- **ElectRA** serisi (Kanada ile ortak gerçekleştirilen) tam elektrikli batarya römorkörlerinde dünya pazarında önde gelen üretici; **2026 başında 14. tam elektrikli römorkörünü** tamamlamıştır.

Cemre Tersanesi — Yalova / Altınova

- **Düşük ve sıfır emisyonlu gemi inşasında** küresel ölçekte tanınmakta; üretiminin tamamına yakınına Avrupa'ya ihraç etmektedir.
- Dünyanın **ilk batarya-LNG balıkçı gemisini** ve **ilk e-metanol açık deniz hizmet gemisini**; ayrıca **en büyük lityum-iyon bataryalı** RoPax feribotunu (MV Futura) inşa etmiştir.

Uzmar Tersanesi — Kocaeli

- Ağır hizmet, eskort ve **metanol-batarya hibrit römorkörlerde** uzmanlaşmıştır.
- **Hibrit offshore römorkörü (RAmpage 4100BB-H)** Ocak 2025'te Kuzey Denizi operasyonlarına katılmıştır.

Norveç, Danimarka, Kanada ve İskoçya gibi en talepkâr pazarlara, dünyada “ilk” niteliğinde gemiler teslim eden Türk tersanelerinin yeşil gemi inşasında rekabetçi bir konuma ulaştığını söyleyebiliriz.

Gemi İnşa Teknolojileri ve Sürdürülebilirlik

Sürtünme Direnci Azaltma Teknolojileri

Sürtünme direncini azaltmada dünyanın yoğunlaştığı altı teknoloji alanı:

CFD Tabanlı Tasarım Araçları

Gemi formunun bilgisayar destekli hidrodinamik optimizasyonu.

İleri Kaplama ve Antifouling

Yüzey pürüzlülüğünü ve biyolojik kirlenmeyi azaltan kaplamalar.

Hava Yağlama Sistemleri

Gövde altında hava tabakası oluşturarak direnci düşürme.

Geçit Dümeni Sistemi (Gate Rudder S.)

Pervane verimini artıran özel dümen konfigürasyonu.

Enerji Tasarrufu Cihazları (ESD)

Pervane öncesi/sonrası akışı düzenleyen cihazlar.

Yapay Zekâ Karar Destek

Rota ve sürat optimizasyonu ile yakıt tasarrufu.

- Türkiye **deniz boyaları pazarının ~%75'i** ithal olsa da **TÜBİTAK MAM**, ülkemizin zengin bor rezervlerine dayalı yerli antifouling formülasyonları geliştirmiştir. Türkiye'nin dünya bor rezervlerinin yaklaşık %73'üne sahip olduğu düşünüldüğünde, **stratejik bir hammadde-teknoloji eşleşmesi** sunmaktadır.
- DYO Transocean**: '**Cleanship**' (kalaysız, hibrid reçine, hidrolyzing-polishing) ve '**Optima**' (kalaysız, kendiliğinden aşınabilen) yerli antifouling ürünleri.
- Polisan Marin Grubu**: Sert ve self-polishing antifouling ürün serisi (yerli üretim).
- Ecelak Boya Kimya** (İzmir-Menderes): Marin astarlar, son kat deniz boyaları ve karina antifouling ürünleri.

Gemi İnşa Teknolojileri ve Sürdürülebilirlik

Enerji Verimliliği ve Yeni Nesil Sevk Sistemleri

- Sürtünme direncinin azaltılması denklemin **yalnızca mekanik tarafıdır**; sevk sisteminin **enerji kaynağı ve emisyonları** belirleyici diğer bileşendir.
- **Hibrit ve tam elektrikli sevk sistemleri** (dizel-jeneratör + batarya + enerji yönetim yazılımı), düzenli rotalı gemilerde, liman içi römorkörlerde, kısa hat feribotlarında ve balıkçı gemilerinde yüksek verimlilik göstermektedir.
- Denizcilikte **Lityum-iyon NMC (Nikel-Manganez-Kobalt)** ve son dönemde **LFP (Lityum-Demir-Fosfat)** batarya kimyası hâkimdir; ancak **batarya hücresi üretimi Türkiye’de henüz mevcut değildir**.

LNG

En olgun düşük karbonlu yakıt; **CO₂’yi ~%20, kükürt ve partikülü %80’e kadar azaltır**. Metan kaçağı temel sorundur.

Metanol

Oda sıcaklığında sıvı, mevcut altyapıya yakın; **e-metanol ile karbonsuzlaşabilir**. Konteyner gemilerinde hızla yaygınlaşıyor.

Amonyak

Karbonsuz; uzun mesafe için en güçlü aday. **Şiddetli toksisite ve güvenlik mühendisliği zorlu bir tasarım problemidir**.

Hidrojen

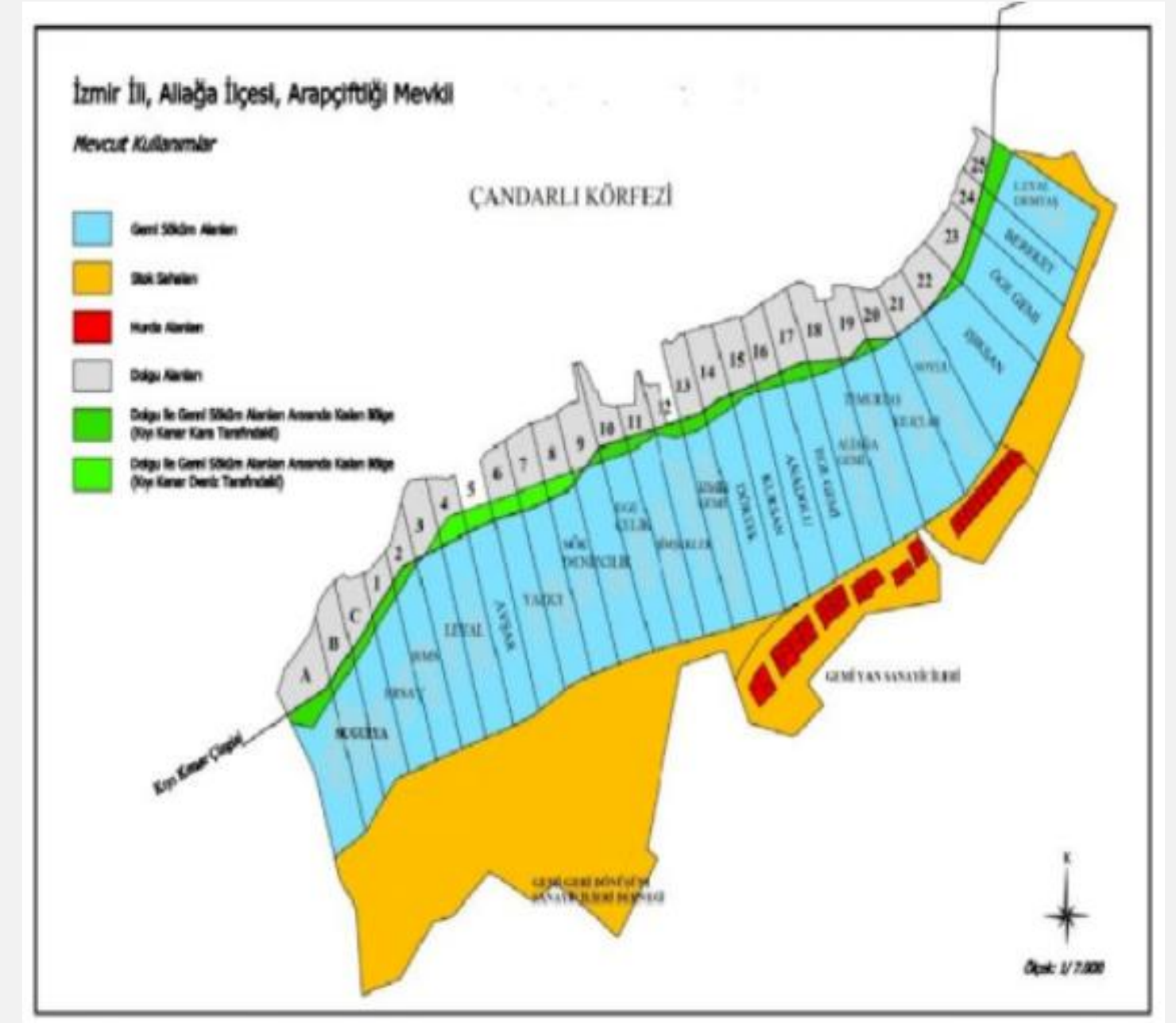
Kütle başına en yüksek enerji; yakıt hücresiyle sıfır emisyon. **Depolama ve altyapı yaygınlaşmayı sınırlar**.

Dünyadan öncü örnekler: MF Hydra (ilk sıvı hidrojen yakıt hücreli feribot, **%95 emisyon azaltımı**), Yara Birkeland (ilk otonom tam elektrikli konteyner gemisi) ve **Laura Mærsk** (ilk metanollü büyük konteyner gemisi) bu dönüşümün somut kanıtlarıdır.

Gemi İnşa Teknolojileri ve Sürdürülebilirlik

Gemi Sökümü ve Sürdürülebilir Geri Dönüşüm

- Gemi geri dönüşümü **yalnızca atık yönetimi değil**, çelik hammadde için **stratejik bir ekonomik faaliyettir**: hurda çelikten üretim, cevhere kıyasla emisyonları ~%76 azaltır ve sökülen çeliğin %95'i ekonomiye geri kazandırılır.
- Dünya gemi söküm pazarı**; Güney Asya (Bangladeş, Hindistan, Pakistan), Türkiye ve Çin arasında yoğunlaşmıştır. Gros ton (GT) bazında Bangladeş %37,2, Hindistan %32,3, Pakistan %14,1, **Türkiye %6,4**, Çin %4,9 ve diğer ülkeler %5,1 şeklinde dağılmıştır. (Menteş, 2023).
- Türkiye küresel söküm pazarında ~%6,4 paya sahiptir**; AB bayraklı gemilerin yaklaşık %85'i Aliğa'da sökülmemektedir, **bu, geri dönüşümde millileşmenin güçlü bir zemini olduğunu gösterir**.
- Aliğa'da **25 aktif tesis** faaliyet gösterir; 9'u AB Onaylı Tesisler Listesi'ndedir ??
- Öncelikli adım**: dijital hurda izleme, tehlikeli atık ayrıştırma ve robotik kesim teknolojilerine yatırımın desteklenmesi uygun olacaktır.



<https://aliagaliman.uab.gov.tr/gemi-sokum-tesisleri>

Savunma Sanayiinden Sivil Denizciliğe Teknoloji Aktarımı

Savunma Sanayiinde Kazanılan Yetkinlik

- Türk savunma sanayii, deniz platformlarında **son yirmi yılda** yerlilik oranını **%20'den % 75-80 seviyesine** taşıyarak küresel bir yetkinlik merkezine dönüşmüştür.
- Bu dönüşümün odağındaki **MİLGEM projesi**, yazılımdan mühimmeta uzanan bir yerli teknoloji ekosisteminin kurucusudur; kazanılan yetkinlikler İ-sınıfı fırkateyn, TF-2000, MUGEM ve MİLDEN projelerine taşınmaktadır.

ASELSAN

ALPER seyir ve CENK 3B hava arama radarları, ECDIS, DİKONS ve LN-270 ataletsel navigasyon gibi **500'ü aşkın ürünlük deniz portföyü** mevcuttur.

HAVELSAN

GENESİS ve ADVENT savaş yönetim sistemleri; **30'dan fazla platformda aktif ve ihracat referanslıdır.**

ROKETSAN

ATMACA gemisavar füzesi ve MİDLAS Milli Dikey Atım Lançer Sistemi ile **uçtan uca yerli silah entegrasyonu.**

YALTES

Entegre Platform Kontrol ve İzleme Sistemi (EPKİS); **9 ülkede 80'e yakın platformda operasyoneldir.**

Sivil Denizciliğe Aktarım Fırsatı

- Ticari gemilerde navigasyon ve iletişim ekipmanları (seyir radarı, ECDIS, AIS, VDR, GMDSS) büyük ölçüde ithal edilmektedir.
- ➔ • Askeri alanda kazanılan radar ve navigasyon yetkinliğinin **sivil sektöre aktarılması**, en somut millileştirme fırsatıdır.
- **ASELSAN MİTOS** bu yönde en güçlü örnektir: askeri WECDIS ile sivil ECDIS ortak bir donanım mimarisi üzerine kuruludur, SOLAS ve IMO standartlarıyla uyumludur ve Türk Loydu tip onayı almıştır.
- **ASELSAN DİKONS**, dinamik konumlandırma sistemi ile **YALTES EPKİS**'in sivil versiyonu da **benzer aktarım potansiyeli** taşımaktadır.
- **Yaygınlaşma için uluslararası IMO tip onayı** süreçlerinin tamamlanması ve kapsamlı bir ticarileştirme stratejisi gereklidir.

Somut Örnek: ASELSAN MİTOS

WECDIS (Askeri)



ECDIS (Sivil)

Ortak Donanım Mimarisi

- MİTOS'un askeri ve sivil versiyonları aynı donanım üzerine kuruludur.
- TCG Anadolu (LHD) projesinde fabrika kabul testlerinden başarıyla geçmiştir, sivil pazara açılmaya hazır bir yerli yetkinliktir.

Stratejik Sonuç ve Millileştirme Yol Haritası

Millileştirme yol haritası, teknoloji alanlarını dört olgunluk düzeyinde ele almayı gerektirir:

✓ Rekabetçiyiz,
yerleşme
arttırılabilir.

○ Ürünleştirmeliyiz.

△ Ar-Ge ve Yatırım
yapmalıyız.

○ Mevzuat geliştirilmeli.

Savunma sanayiindeki ~%80 yerlilik oranı, doğru hedeflenmiş bir strateji ve devlet desteği ile sivil denizcilikte de ulaşılabilir bir hedef olduğu düşünülmektedir.



DENİZCİLİK
TEKNOLOJİLERİ
YOL HARİTASI



BURSA TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ

TEŞEKKÜRLER