



*Ulaşırma ve Altyapı Bakanlığı  
Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel MüdürlüĐü*



**Gemi Sanayi ve Kıyı Yapıları Bülteni**

*Haziran 2023  
Ankara*

## Bülten İçeriği

Yeşil Gemiler ve Ülkemizdeki Gelişmelerinin İncelenmesi ...	3
Kıyı ve Liman Yapılarının Performansa Dayalı Sismik Tasarımı .....	11
Gemi İnşa Projelerinde Kaynak Teknolojisi .....	17
Kaynaklar.....	23







## Yeşil Gemiler ve Ülkemizdeki Gelişmelerinin İncelenmesi

### 1. Giriş

Yeşil gemi, gemiler ve diğer deniz yapılarında, çevreye duyarlı teknolojilerin kullanımındaki tüm faaliyetleri içine alan bir tanımdır<sup>1</sup>. Bir diğer ifade ile yeşil gemiler, sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği kavramları çerçevesinde gemilerin işletme faaliyetlerinin azami şekilde çevreye duyarlı ve asgari düzeyde yakıt sarfiyatı altında tamamlanmasının amaçlandığı gemilerdir.



**Kaynak:**<http://themarineexpress.com/wp-content/uploads/2019/02/ttt.jpg>

<sup>1</sup> EMEC 2009; Andersen 2012.

Bu durum son zamanlarda, uluslararası denizcilik sektörlerindeki öncü kuruluşların filolarında çeşitli yöntemlerle sürekli olarak uygulanmakta ve geliştirilmektedir. Gemilerin başlıca tekne, sevk ve manevra, makine ve sefer verimliliklerini konu olan bu çalışmalar birçok alt başlıklara ayrılarak yürütülmektedir. Nihayet buna benzer çalışmalar IMO ve diğer uluslararası kuruluşlar haricinde, öncü firmaların bir araya gelmesi ile farklı boyutlara ulaşarak sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde ortaya konulmaya başlanmıştır.

Ticaret hacminin artması ile yeni gemiler sisteme dahil edilecek, daha fazla yakıt tüketilecek ve bu durum daha fazla emisyonla neden olacaktır. Bu yüzden, IMO, gemilerden kaynaklı olumsuz etkileri azaltmak ve enerji tasarruf potansiyellerini





ortaya çıkarmak amacıyla enerji verimliliği faaliyetlerine dikkat çekmekte ve sektörü bu konuda teşvik etmektedir<sup>2</sup>.

## 2. IMO Nezdinde Yürütülen Faaliyetler

IMO, deniz taşımacılığında ortaya çıkan CO<sub>2</sub> emisyonlarının miktarını azaltmak için zorunlu teknik ve operasyonel enerji verimliliği önlemlerini gündemine almıştır. Bu minvalde, EEDI/SEEMP gereklilikleri 1 Ocak 2013 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Ayrıca, 5.000 gros ton ve üzeri gemilerin, kullandıkları her tür akaryakıt için tüketim verilerinin takibi açısından IMO bünyesinde “Gemi Akaryakıt Tüketim Veritabanı” oluşturulmuştur. Bunlara ek olarak, IMO öncülüğünde GIA (Global Industry Alliance), GEF (Global Environment Facility),

UNDP (United Nations Development Programme)’nın katılımı ile GLOMEEP (Global Maritime Energy Efficiency Partnerships) kurulmuştur.



**Kaynak:** <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/PartnershipsProjects/PublishingImages/Pages/GloMEEP/GloMEEP%20photo%20and%20logo.jpg>

Bu ortaklık kapsamında, piyasada önde gelen armatörler ve operatörler, klas kuruluşları, motor ve teknoloji üreticileri ve tedarikçileri, büyük veri sağlayıcıları, petrol şirketleri ve limanlar, enerji verimliliği teknolojilerinin benimsenmesi ve uygulanmasının önündeki ortak engelleri ele almak için toplu olarak yenilikçi çözümler

<sup>2</sup> GMO Journal of Ship and Marine Technology  
Gemi ve Deniz Teknolojisi Issue 214 - December  
2018





belirlemek ve geliştirmek amacıyla GIA altında işbirliği yapmışlardır.

### 3. Alternatif Uygulamalar

Gemi ve deniz teknolojisinin tarihsel gelişimine bakıldığında ana tahrik ve güç sistemlerine dair geçmiş çağlardan günümüze değin ciddi aşamalar kat edildiği görülmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte sanayileşme hızına paralel olarak enerji ihtiyacı her geçen gün artmakta, işletmeye yönelik daha ekonomik ve etkin yaklaşımlara dayalı modellerin benimsenmesi hususundaki eğilimlerde artış gözlemlenmektedir.

Ekonomik kaygıların beraberinde getirmiş olduğu bazı yaklaşımlar, çevre hassasiyetini ikinci plana atmakta, işletme maliyetlerinin daha da düşük seviyelere çekilmesi gayesiyle doğal çevre ve insan sağlığı açısından zafiyet yaratabilecek

uygulamalara yönelim gerçekleşebilmektedir.

### 4. Emisyonlara Dayalı Alternatif Sevk Sistemleri

#### 4.1. Yakıt Pili Barındıran Sistemler

Yakıt ve oksitleyicisinin elektrokimyasal tepkimesi neticesinde kimyasal enerjinin elektrik enerjisine çevrildiği yakıt hücresi teknolojisi, gemilerde enerji ve operasyon verimliliğinin sağlanmasına ilişkin sektörel atılımların başında gelen çağımızın önemli teknolojileri arasında yer almaktadır.

Deniz taşımacılığında yakıt pillerinin kullanılması fikri her ne kadar farklı teknoloji gereksinimlerini beraberinde getirmiş olsa da IMO'nun koyduğu kıstaslar ve yapılan yeni ticari anlaşmalar ışığında çevre dostu sistemlere eğilim





noktasındaki yakıt pili kullanım düşüncesi yaygınlaşmıştır.

İlk yakıt pili çalışmaları, 1838 yılında William Groove tarafından başlatılmıştır<sup>3</sup>. İlerleyen senelerde farklı bilim insanlarının deneysel çalışmaları neticesinde şekillenen bilimsel süreçte kullanım oranları her geçen sene artış gösteren yakıt pillerinden, denizcilik alanında faydalanılmasına ilişkin hatırı sayılır ölçüde araştırmalar yapılmakta ve gemi inşa modernizasyon projeleri geliştirilmektedir<sup>4</sup>.

Gemi ana tahrik sistemlerinin enerji ihtiyacı kapsamında dezavantajları da göz önünde bulundurularak geliştirilmesine ihtiyaç duyulan yakıt pilleri teknolojisi, sıfır emisyonlu sevk gücü sağlanması itibariyle ilgi odağı haline gelmiştir. Yakıt pillerinde ana enerji kaynağı

olarak hidrojen kullanılmaktadır ancak uygulanan dönüştürme teknolojileri sayesinde bünyesinde hidrojen bulunan doğalgaz, LPG, metanol ve benzin gibi diğer yakıtlar da yakıt pillerinde alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabilir<sup>5</sup>.

#### 4.2. LNG Uygulamaları

Sıvılaştırılmış gaz yakıtların gemi tahrik sistemlerinde yakıt olarak kullanım maliyetinin, diğer fosil yakıtlara (HFO, MDO ve MGO gibi) nazaran çok daha ucuz olması itibariyle alternatif sevk modellerinin geliştirilmesi noktasında LNG (sıvılaştırılmış doğal gaz) kullanımı yaygınlaşmıştır. Yanma neticesinde ortaya çıkan zehirli gaz emisyonunun oldukça düşük seviyelerde olması, daha az yakıt tüketimi ve bakım kolaylıkları

<sup>3</sup> <https://www.tesepam.org/yakit-pili/>

<sup>4</sup> DNV-GL. Study on the use of fuel cells in shipping. <http://www.emsa.europa.eu/emsa-homepage/2-news-a-press-centre/news/>

<sup>5</sup> Çetinkaya, M., Karaosmanoğlu, F. (2003). Yakıt Pilleri. Tesiat Mühendisliği Dergisi, 18-30.





açısından diğer fosil yakıt kullanan sistemlere göre önemli avantajları barındırması, sıvılaştırılmış gaz yakıtlardan yararlanma hususunda belirleyici etkenler olmuştur.

IMO'nun gemi kökenli emisyon değerlerine yönelik getirmiş olduğu kısıtlamalar ve paralelinde ülkeler nezdinde hazırlanan düzenlemeler neticesinde bazı bölgelerde emisyon sınırlamalarına bağlı olarak fosil yakıt kullanılan sevk sistemlerinin iptali gerekmiş, bu hususu yerine getirmeyen işletmecilerin bahse konu bölgelerde denizcilik faaliyetleri yürütmesi yasaklanmıştır.

Teşvik edici unsur mahiyetinde, emisyon kısıtlamalarına bağlı olarak ilgili sistemlerini modernize eden ve çevre dostu gemileri filosuna kazandıran gemi işletmecilerine

vergilendirme kolaylıkları sağlanmıştır<sup>6</sup>. Her ne kadar farklı tür makinaların LNG dönüşümleri mümkün olsa da gemilerin cinsine bağlı olarak maliyetler değişim gösterebilmektedir.

LNG ve diğer fosil yakıtların kullanımını aynı gemide mümkün kılan esnek çözümler, dual-fuel makinaların geliştirilmesi noktasında belirleyici olmuş, LNG kullanımı ile birlikte egzoz emisyonu azaltılarak IMO Seviye-III (TierIII) kriterlerine uygunluk sağlanması mümkün hale getirilmiştir. Gemi bünyesinde LNG tanklarının ortaya çıkardığı alan sorunu, tasarımcıları farklı çözümler aramaya itmiş, yeni tekne formları oluşturularak alternatif bakış açıları geliştirilmiştir.

<sup>6</sup> OECD. (2019). Maritime Subsidies: Do They Provide Value for Money?, International Transport Forum







### 4.3. Hibrit Tahrik Sistemleri

Gemi kökenli emisyonların azaltılarak önlenmesine dair yapılan düzenlemeler nezdinde getirilen kısıtlamalar her geçen sene artmaktadır. Yakıt tasarrufuna dayalı etkin ve verimli bir güç planının oluşturulması noktasında geçmişten günümüze değin yapılan Ar-Ge çalışmaları ve edinilen tecrübeler göstermiştir ki; elektrikli ve hibrit sevk sistemleri, dizellerin egzoz emisyonlarının azaltılması bakımından çok önemli gelişmelere vesile olmuştur<sup>7</sup>.

Pek çok gemi işletmecisi, yakıt tüketimine dair verimin arttırılabilmesi ve daha yüksek güç elde edilebilmesi bakımından, işletme masrafları ile bakım/tutum giderleri gibi ana kalemler söz konusu olduğunda tahrik sistemlerine

dair tercihlerini zaman içerisinde değiştirmek durumunda kalmıştır. Elektrikli tahrik sistemiyle klasik mekanik sistemin bütünleşik bir yapıya kavuşturulması neticesinde oluşturulan hibrit sistemler, geminin seyri süresince ihtiyaç duyacağı hız isteklerine göre ana tahrik ünitesi ve jeneratörler üzerinden alternatifli bir şekilde itici güç sağlanmasını mümkün kılmaktadır.

Bilhassa savaş gemileri açısından yüksek güç ihtiyacının söz konusu olduğu elektronik silah sistemlerinin kullanımı ve yüksek sürat isteklerine yönelik etkin güç planlaması gerektiren operasyon koşulları için hibrit sistemler teşkil edilmektedir.

Gemilerdeki güç yönetiminin daha verimli yapılabilmesi için ihtiyaç durumuna göre gemi hotel yüküne ve tahrik

<sup>7</sup> Geertsma, R. D., Negenborn, R. R., Visser, K., & Hopman, J. J. (2017). Design and control of hybrid

power and propulsion systems for smart ships: A review of developments, Applied Energy, vol. 194, 30-54.





sistemlerine gücün etkin bir şekilde dağıtılması gerekmektedir. Yüksek teknoloji ve mühendislik gerektiren hibrit sistemlerin geliştirilme sürecinde zehirli gaz emisyonları ile ham madde tüketiminin azaltılması gibi önemli kriterler gözetilerek geleceğe dönük çevre dostu çözümler üzerinde çalışılmaktadır<sup>7</sup>.

## Ülkemizde Yapılan Yeşil Gemi Projelerine Örnekler

Türkiye yeşil gemi projelerini yakından takip etmektedir. Son yıllarda ülkemiz tersanelerinde üretimi tamamlanan yeşil gemilerin özellikle kuzey Avrupa olmak üzere dünyanın birçok yerinde faaliyet vermekte olduğu bilinmektedir.

Bunlar arasında;

- \* Sefine Tersanesi tarafından üretilen hibrit feribot olma

özelliği taşıyan “Basto Electric NB42” isimli gemisi,



**Kaynak:**<https://www.denizcilikdergisi.com/denizcilik-gundem-haberleri/basto-electric-teslim-edildi/>

- \* Tersan Tersanesi tarafından üretilen “NB1098 Østerfjord” isimli balıkçı gemisi ile Samlafjord” isimli yolcu gemisi,
- \* Cemre Tersanesi tarafından üretilen “Wind of Chance” isimli hibrit off shore gemisi,
- \* Sanmar Tersanesi tarafından üretilen “Boğaçay 38” isimli hibrit römorkörü ile dünyanın ilk LNG yakıtlı Borgøy ve Bokn römorkörleri,





ülkemizde üretilen yeşil gemilere örnek olarak verilebilir.



**Kaynak:**<https://yachtlifetravel.com/wp-content/uploads/2021/03/bogacay-38-kapak-sanmar.jpg>







## Kıyı ve Liman Yapılarının Performansa Dayalı Sismik Tasarımı

Kıyı ve liman yapılarının tasarımında deprem kayıtları kullanılması özellikle son yıllarda yaygınlaşan bir hal almıştır. Bu tasarımlarda modellenen sistemin deplasmanları ve sistemde oluşan kesit tesirlerinde deprem kayıtlarının etkisi büyüktür.

Deprem etkilerinin yapı tasarımında dikkate alınması ile genellikle yüksek maliyetli yapılar olan kıyı ve liman yapıları için daha ekonomik ve emniyetli çözümler üretilmesi sağlanmaktadır. Ülkemiz, deprem etkisinin sık yaşandığı bir bölgede olup meydana gelen depremler insan yaşantısında sosyal ve ekonomik açıdan oldukça olumsuz etkiler yaratmaktadır.

Depremsellik açısından sadece kritik bölgelerimizde değil düşük risk barındıran bölgelerimizde dahi oldukça önemli sonuçları olduğu bilinmektedir. Depremlerde oluşan olumsuz etkilerin azaltılması ve karşılaşılan zararların ortadan kaldırılması amacıyla sismik tasarım yöntemleri geliştirilmiştir.

Bu yöntemler ülkelerin bölgesel koşullarına uygun olarak hazırlanmış ve sismik kodlar olarak tasarım esasları haline gelmiştir. Kıyı ve liman yapıları tasarımlarında doğrusal olmayan analizler yardımıyla tasarım yöntemleri geliştirilmiş ve bu kapsamda ülkemizde “Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği (2020)” tasarım esasları dikkate alınmaktadır.





## Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB) tarafından hazırlanarak 2020 yılında yayımlanan yönetmelik kapsamında “Deprem Etkisi Altında Kıyı ve Liman Yapıları Tasarımı İçin Esasları” belirlenmiş, bu kapsamda kıyı yapılarının deprem hareketleri altında performansa dayalı bir tasarım ortaya konmuştur. Buna göre, her deprem seviyesi için yapı üzerinde oluşabilecek hasar sayısal olarak belirli sınırlar içerisinde kalması gerekmektedir.

Şartnamede çeşitli deprem seviyeleri için yapıda meydana gelebilecek kabul edilebilir hasarlar tespit edilmiştir. Tasarımcı bu sınır koşullarını aşmamak kaydıyla sayısal olarak ortaya koyacağı analiz sonuçları ile tasarımını gerçekleştirebilir.

Yapıların performansa göre tasarımında esas alınacak deprem düzeyleri Tablo 1 tanımlanmıştır.

**Tablo 1:** Deprem düzeyleri ve kabuller<sup>8</sup>

Deprem Düzeyi	Kabuller
DD-1	Yapıların maruz kalabileceği en şiddetli deprem yer hareketini ifade etmektedir. Bu düzeyindeki bu çok seyrek depremin 50 yılda aşılma olasılığı %2, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 2475 yıldır.
DD-2	Yapıların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı çok fazla olmayan, seyrek ancak şiddetli deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. Bu düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %10, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 475 yıldır.
DD-2a	Yapıların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı çok fazla olmayan, seyrek ancak şiddetli deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. Bu düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %30, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 144 yıldır.
DD-3	Yapıların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı fazla olan, görece olarak sık ancak şiddeti çok yüksek olmayan deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. Bu düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %50, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 72 yıldır.

<sup>8</sup> UAB, 2020

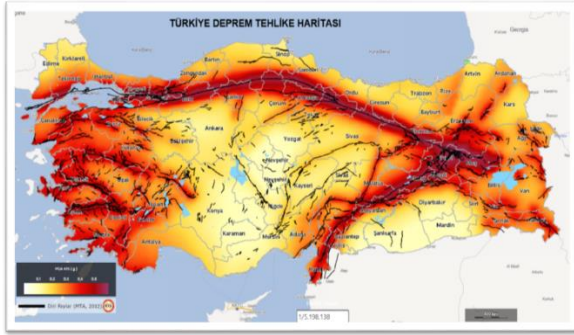






Tasarım Esaslarında, yukarıdaki tabloda verilen her deprem seviyesi için de kısa (0.2 saniye) ve 1.0 saniyelik doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral ivme değerleri ( $S_s$  ve  $S_1$ ) “Türkiye Deprem Tehlike Haritaları” nda tanımlanmıştır.

Şekil 1: Türkiye Deprem Tehlike Haritası<sup>9</sup>



Tasarım spektral ivme katsayıları ise (SDS) A, B, C, D ve E zemin sınıfları için ise aşağıdaki denklemler yardımı ile hesaplanmaktadır. Burada kısa periyod için  $F_s$ , 1 saniyelik periyod için ise  $F_1$  yerel zemin katsayıları olarak tanımlanmış Tablo 2 ve Tablo 3’deki değerler kullanılmaktadır.

Tablo 2: Kısa periyot zemin katsayısı  $F_s$ <sup>10</sup>

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_s$					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8

Tablo 3: 1.0 s periyodu zemin katsayısı  $F_1$ <sup>11</sup>

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_1$					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0

Deprem tasarım spektrumları, aşağıdaki şekilde ve denklemlerde tanımlanmıştır.

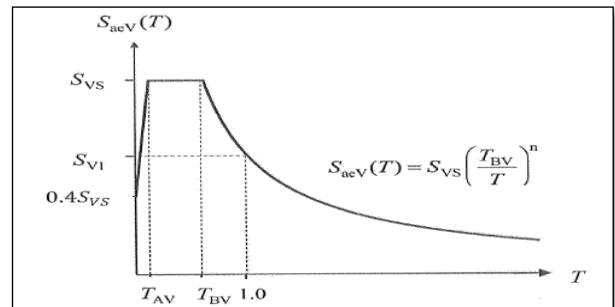
$$S_{ae}(T) = 0.4S_{DS} + 0.6(S_{DS} \times T / T_A) \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

$$S_{ae}(T) = S_{D1} / T \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

$$S_{ae}(T) = (S_{D1} \times T_L) / T^2 \quad (T_L \leq T)$$

Şekil 2: Tasarım ivme spektrumu<sup>12</sup>



<sup>9</sup> AFAD, 2018

<sup>10</sup> UAB, 2020

<sup>11</sup> UAB, 2020

<sup>12</sup> UAB, 2020



Deprem kayıtları seçimi yukarıda belirtilen kriterlere göre yapıldıktan sonra, kıyı ve liman yapısı tasarımı sayısal olarak gerçekleştirilebilir. Bu analizler neticesinde ise her deprem seviyesi için farklı hasar seviyeleri beklenmektedir. Örnek olarak “Ağırlık Tipi Rıhtım Duvarları” performans düzeyleri Tablo 4 de listelendiği gibidir.

**Tablo 4:** Çeşitli deprem düzeylerinde hedeflenen performans düzeyleri<sup>13</sup>

Kıyı ve Liman Yapısı Performans Hedefi			
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Kıyı ve Liman Yapısı Önem Sınıfı		
	KLÖS=1	KLÖS=2	KLÖS=3
DD-3	—	KK	KH
DD-2a	KK	—	—
DD-1	KH	—	—

KLÖS: Kıyı ve Liman Yapısı Önem Sınıfı  
 KK: Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi  
 KH: Kontrollü Hasar Performans Düzeyi

KLÖS 1 (Önemli Yapılar) yapılarda; güvenlik savunma bakımından stratejik öneme sahip yapılar, deprem sonrasında acil yardım ve kurtarma amacı

ile kullanılması gereken yapılar, toksit, patlayıcı ve parlayıcı özellikleri olan maddelerin tahmil tahliyesinin yapıldığı liman vb. yapıları,

KLÖS 2 (Normal Yapılar); deprem sonrasında onarılması/güçlendirilmesi veya yeniden yapımı zor, pahalı ve zaman kaybına neden olacak yapıları,

KLÖS 3 (Basit Yapılar); Depremden sonra kolaylıkla yeniden yapılabilecek yapılar, şiddetli depremlerde ileri derece hasar görmesi kabul edilebilir yapılar, yanaşma yapılmayan yapılar (güneşlenme iskeleleri gibi), kıyı tahkimatları ve dalgakıran yapıları temsil etmektedir.

Tablo 4 de görüldüğü yapı önem sınıfı 1 olan yapılarda, yüksek deprem şiddetinde (DD-1) KH (Kontrollü Hasar) düzeyi

<sup>13</sup> UAB, 2020





istenmekte, yapının işletiminin devam edilmesi istenmektedir.

Yapı önem sınıfı 3 olan yapılarda ise, daha düşük olan deprem şiddetinde (DD-3) KH (Kontrollü Hasar) düzeyi istenmiş, yapının afet durumlarında acil kullanımı düşünülmendiğinden dolayı yüksek deprem şiddetlerine dayanması beklenmemektedir.

Yukarıda belirtilen yapılarda istenen performans düzeyleri kapsamında ilgili yönetmelik 2 tasarım yöntemi benimsenmiştir.

**1. Dayanım Göre Tasarım (DGT):** Elastik deprem kuvvetleri veya elastik ötesi sünek davranış dikkate alınarak azaltılan eşdeğer kuvvetler altında yapılan doğrusal elastik analize göre, sistemlerin stabilitesinin ve yapısal elemanların dayanım yeterliliklerinin sağlanması esasına dayanır.

**2. Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım (ŞGT):** Bu yaklaşımda, belirli düzeylerdeki deprem yer hareketleri altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek hasar sayısal olarak belirlenir ve bu hasarın ilgili elemanlar için kabul edilebilir hasar limitlerinin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen hedef performans düzeyleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır.

Eleman düzeyinde hesaplanması öngörülen deprem hasarı, şiddetli depremlerde genel olarak doğrusal elastik sınırlar ötesinde meydana gelen doğrusal olmayan şekil değiştirmelere veya bunlarla uyumlu yer değiştirmelere karşı geldiğinden bu yaklaşım, “Şekil değiştirmeye



(Yer değiştirmeye) Göre Tasarım” yaklaşımı olarak adlandırılır. ŞGT Yöntemleri, modern tasarım yaklaşımı “Performansa Göre Tasarım”ın temel yöntemleridir.

Bu kapsamda ulusal ve uluslararası şartname esasları ile nümerik yazılımla modellenen sistemlerin davranışlarının karşılaştırılması, depreme karşı daha dayanıklı kıyı yapılarının yapımını kolaylaştıracaktır.

Türkiye Kıyı ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği, ağırlık tipi ve palplanşlı rıhtım duvarlarının deprem etkisi altında tasarımı incelendiğinde, DGT ve ŞGT yaklaşımları dikkate alınarak tasarımların yapılabileceği görülmektedir. Genel olarak kıyı ve rıhtım yapılarında yapılacak performansla ilgili tasarımların, tasarım esaslarını ortaya koyan Yönetmeliğin yol gösterici bir referans olacağı düşünülebilir.

Bunun yanı sıra kıyı ve liman yapılarının deprem yer hareketleri etkisi altında performansla ilgili tasarımda kılavuz olarak kullanılan uluslararası şartnameler de bulunmaktadır.







## Gemi İnşa Projelerinde Kaynak Teknolojisi

Gemilerin inşası tersanelerin kapalı ve açık imalat alanlarında yapılmaktadır. Kapalı alanlarda yapılan imalat adımları; sac kesim, şekillendirme, panel imalatı ve blok imalatıdır. Açık alanlarda yapılan imalat süreçleri ise genellikle; blok montajı, blok birleştirme, boyama, test tecrübeleri ve akabinde geminin teslimidir. Plakalar, destek elemanları, profil ve borular kaynak ile birleştirilmekte, sonrasında icra edilen tüm çatım, montaj, panel ve blok birleştirme adımlarında da kaynak ana imalat yöntemi olmaktadır<sup>14</sup>.

Birbirinin aynı veya ergime sıcaklıkları birbirine yakın olan iki veya daha fazla metal veya termoplastik malzemelerin; ısı, basınç veya her ikisi birden kullanılarak ve aynı cinsten bir

malzeme ilave edilerek veya edilmeden birleştirme tekniğine kaynak denir<sup>15</sup>. Kaynak yöntemleri genellikle kaynak bölgesinin atmosferik şartlardan korunma şekline bağlı olarak adlandırılmaktadır.

Günümüz gemi inşa sanayisinde gemi üretim süreçleri içerisinde en önemli proseslerden biri olan kaynak işleminde doğru ve ileri teknoloji kaynak sistemlerini kullanmak ve bu alandaki iş gücünün verimli olmasını sağlamak önemlidir.



*Kaynak:* <https://www.umatpaslanmaz.com/kaynak-nedir-kaynak-cesitleri-nelerdir/>

<sup>14</sup> <https://www.magmaweld.com.tr/gemi-insa-sanayi-ua-9>

<sup>15</sup> <https://malzemebilimi.net/gazalti-mig-mag-kaynagi-nedir.html>



## Kaynak Yöntemleri

Gemi inşa projelerinde kullanılan kaynak yöntemleri incelendiğinde gaz altı kaynağı (MIG-Metal Inert Gas, MAG-Metal Active Gas, TIG-Tungsten Inert Gas), toz altı kaynağı (SAW-Submerged Arc Welding) ve elektrik ark kaynağı (SMAW-Shielded Metal Arc Welding) uygulamalarının sıklıkla tercih edildiği görülmektedir.

Ayrıca, kaynakçı faktörünün kaynak dikişi kalitesi üzerinde etkisini azaltmak için günümüz teknolojisinde otomatik veya mekanize kaynak yöntemleri olan toz altı kaynağı ve gaz altı kaynağı (MIG ve MAG) yoğun bir şekilde kullanılmaktadır<sup>16</sup>. MIG ve MAG kaynağı, eriyen elektrotla yapılan gaz altı ark kaynağı devamlı beslenen kaynak teli ile iş parçası arasında

yapılan bir ark kaynağı yöntemidir. Kullanılan koruyucu gaza göre MIG ve MAG ismini alırlar. MIG kelimesi “Metal Inert Gas” kelimelerinin, MAG kelimesi ise “Metal Active Gas” kelimelerinin baş harflerinden meydana gelmiştir. Burada “Inert” kelimesi asal, “Active” kelimesi ise aktif anlamına gelmektedir. Asal gaz olarak argon veya helyum, aktif gaz olarak karbondioksit gazı kullanılır<sup>17</sup>. MAG kaynağında dolgu malzeme olarak kullanılan kaynak telinin özlü olması durumunda bu kaynak yöntemi özlü telle gaz altı kaynağı (FCAW) olarak adlandırılır.



*Kaynak:* <https://malzemebilimi.net/gazalti-mig-mag-kaynagi-nedir.html>

<sup>16</sup>[https://www.tersanederjisi.com/yayin/767/gemi-insa-sanayiinde-kaynak-teknolojilerindeki-yenilikler\\_23114.html](https://www.tersanederjisi.com/yayin/767/gemi-insa-sanayiinde-kaynak-teknolojilerindeki-yenilikler_23114.html)

<sup>17</sup>[http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Mig%20Kayna%C4%9F%C4%B1.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mig%20Kayna%C4%9F%C4%B1.pdf)





TIG (argon) kaynağında ergimeyen tungsten elektrot ile iş parçası arasında ark oluşturulur ve bu ark, havanın tesirinden argon veya helyum gazı atmosferiyle korunur. Kaynak dolgu malzemesi kaynakçı tarafından manuel olarak eritilerek kaynak işlemi yapılır. TIG kaynağında asal (inert) gaz olan argon ve helyum kullanılmaktadır.



*Kaynak:* <https://malzemebilimi.net/tig-argon-kaynagi.html>

Toz altı kaynak yönetiminde ise ark, otomatik olarak kaynak yerine sürülen ve devamlı beslenen çıplak elektrot ile iş parçası arasında meydana gelir ve ayrı bir kanaldan kaynak yerine dökülen toz yığını altında

işlevine devam eder. Kaynak arkının toz yığını altında oluşmasından dolayı bu yöntemde toz altı kaynak yöntemi denilmiştir.



*Kaynak:* <https://www.canadianmetalworking.com/canadianfabricatingandwelding/article/welding/submerged-arc-welding-tech-tips-and-fundamentals>

Elektrik ark kaynağı, kaynak için gerekli ısının, örtü kaplı tükenen bir elektrot ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıktığı, elle yapılan bir ark kaynak yöntemidir. Elektrotun ucu, kaynak banyosu, ark ve iş parçasının kaynağa yakın bölgeleri, atmosferin zararlı etkilerinden örtü maddesinin yanması ve ayrışması ile oluşan gazlar tarafından korunur.



Ergimiş örtü maddesinin oluşturduğu cüruf, kaynak banyosundaki ergimiş kaynak metali için ek bir koruma sağlar. İlave metal (dolgu metali), tükenen elektrotun çekirdek telinden ve bazı elektrotlarda da elektrot örtüsündeki metal tozları tarafından sağlanır<sup>18</sup>.



Kaynak: <https://istanbulkaynak.com/kaynak-nedir/>

## Kaynak Yönteminin Seçimi

Kaynak yöntemi imalatın türüne, birleştirilenin şekline ve yerine, ayrıca saha ve hava koşullarına göre seçilmektedir. Ayrıca günümüz dünyasındaki rekabetçi ortamda imalatın daha hızlı ve hataların oluşmasını

engelleyerek kaliteli imalat uygulaması için kaynak yönteminin seçimi önem arz etmektedir.

Gemi inşa projelerinde özellikle kapalı ortamlarda yapılan ön imalat ve panel imalatlarında üretimi hızlandırmak adına sacların alın altına tam nüfuziyetli kaynaklarında toz altı kaynağı tercih edilmektedir. Bunun sebebi, tozaltı kaynağında kullanılan dolgu malzemesi telinin daha kalın seçilebilmesi ve yüksek voltaj değerlerinde telin daha çok eritilmesi sağlanarak hem hızlı hem de daha kalın malzemeleri 1-2 pasoda rahatlıkla hata oranı düşürülerek kaynak yapılabilmesidir. Bahse konu imalatlarda köşe kaynakları ile kaynak bölgesi metrajının kısalığı ve birleştirme şeklinin tozaltı kaynağına uygun olmadığı durumlarda diğer

<sup>18</sup><https://www.magmaweld.com.tr/ark-kaynak-yontemleri-i-12>







kaynak yöntemlerine kıyasla gaz altı kaynağı (MAG) yöntemi tercih edilmektedir.

Tersanelerde açık alanda yapılan imalatlarda atmosferik ortam kaynak yapılan bölgeyi daha çok etkileyeceği için özlü telle gaz altı kaynağı (Flux Cored Arc Welding (FCAW)), kaynak bölgesinde koruyucu gaza ilave olarak dolgu malzemesinin içeriğinde bazik öz ile de koruma sağlaması ve elektrik ark kaynak yöntemine göre daha hızlı bir kaynak yöntemi olması nedeniyle günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir.

Bunun yanında kaynak yapılabilirliği zor olan birleştirmelerde, tek taraflı kaynatılacak ve özellikle basınçlı akışkanlar için kullanılacak boruların imatları ile kaynak tamir uygulamalarında TIG kaynağı yaygın olarak kullanılmaktadır.

## Otomatik-Robotik Kaynak

Tersanelerin bir kısmında imatlarının önemli bir bölümünde robotlu otomasyon sistemleri kullanıyor olsa dahi gemi inşa sanayi emek yoğun bir endüstri dalıdır. Özel tasarım üzerine gemi inşa eden, gemi tamiri, bakımı ve revizyonu yapılan tersanelerde imalat kısmi olarak otomasyon ile yapılabilmektedir.



Kaynak: <https://intecro.com.tr/tr/migmag/>

Gemi inşa projelerinin özellikle panel imatlarında sacların tam nüfuziyetli kaynakları ile ön imalatta yatay pozisyondaki stiffiner, t-kiriş, profillerin köşe kaynaklarında otomatik-robotik

kaynak teknolojisi kullanılmaktadır. Kaynağı yapılacak parçaların CAD/CAM sistemleri bilgisayar ortamında hazırlandıktan sonra taşıyıcı sistem üzerindeki kumanda paneline yüklenir. Bu sayede kaynak esnasında kaynakçı tarafından yapılabilecek hatalar ortadan kaldırılarak kaynak prosesi esnasında operatör sadece kumanda panelinden üretimin akışkanlığını kontrol eder. Kaynak hatalarını minimize etmenin yanı sıra üretimin zaman açısından daha hızlı ve verimli tamamlanmasına katkı sağlar.





## Kaynaklar

1. EMEC 2009; Andersen 2012.
2. GMO Journal of Ship and Marine Technology Gemi ve Deniz Teknolojisi Issue 214 - December 2018
3. Yakıt Pili. <https://www.tespam.org/yakit-pili/> (Erişim: 19.05.2023)
4. DNV-GL. Study on the use of fuel cells in shipping. <http://www.emsa.europa.eu/emsa-homepage/2-news-a-press-centre/news/>
5. Çetinkaya, M., Karaosmanoğlu, F. (2003). Yakıt Pilleri. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 18-30.
6. OECD. (2019). Maritime Subsidies: Do They Provide Value for Money?, International Transport Forum.
7. Geertsma, R. D., Negenborn, R. R., Visser, K., & Hopman, J. J. (2017). Design and control of hybrid power and propulsion systems for smart ships: A review of developments, Applied Energy, vol. 194, 30-54.
8. <https://www.denizcilikdergisi.com/denizcilik-gundem-haberleri/basto-electric-teslim-edildi/>
9. <https://tersanshipyard.com/tr/haberler/nb1098-osterfjord-denize-indirildi>
10. <https://www.marinedealnews.com/tersan-samlafjordu-denize-indirdi/>
11. <https://www.denizhaber.net/cemre-tersanesinin-nb57-wind-of-change-gemisi-londrada-birincilik-odulu-aldi-haber-86889.htm>
12. <https://www.uab.gov.tr/haberler/bogacay-38-romorkoru-dunyanin-ilk-ileri-seviye-degisken-sevk-sistemine-sahip>
13. Türkiye Kıyı Ve Liman Yapıları Deprem Yönetmeliği Resmi Gazete No: 31266,2020
14. Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliği, Resmi Gazete No: 27092, 2008
15. <https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi>
16. ARSLAN B. 2019, "Kıyı ve Liman Yapılarının Deprem Kayıtları Kullanarak Performansa Dayalı Tasarımı", İstanbul Üniversitesi
17. <https://www.magmaweld.com.tr/gemi-insa-sanayi-ua-9>
18. <https://malzemebilimi.net/gazalti-mig-mag-kaynagi-nedir.html>
19. [https://www.teranedergisi.com/yayin/767/gemi-insa-sanayiinde-kaynak-teknolojilerindeki-yenilikler\\_23114.html](https://www.teranedergisi.com/yayin/767/gemi-insa-sanayiinde-kaynak-teknolojilerindeki-yenilikler_23114.html)
20. [http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Mig%20Kayna%C4%9F%C4%B1.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mig%20Kayna%C4%9F%C4%B1.pdf)
21. <https://www.magmaweld.com.tr/ark-kaynak-yontemleri-i-12>