

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASKERİ GEMİLERDE ISI VE YANGIN YALITIMININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Canan İZER**

**Anabilim Dalı : Gemi İnşaatı ve Gemi Mak. Müh.**

**Programı : Gemi İnşaatı ve Gemi Mak. Müh.**

**EYLÜL 2011**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASKERİ GEMİLERDE ISI VE YANGIN YALITIMININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Canan İZER  
508081002**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Mayıs 2011**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Eylül 2011**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Selma ERGİN (İTÜ)**

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Osman Azmi ÖZSOYSAL  
(İTÜ)**

**Doç. Dr. Yasin ÜST(YTÜ)**

**EYLÜL 2011**



## ***TEŞEKKÜR***

“Askeri Gemilerde Isı ve Yangın Yalıtımının İncelenmesi” konulu tezimi hazırlarken, benden yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Selma Ergin’e ve bugünlere gelmemde bana maddi manevi sonsuz destek olan aileme teşekkür etmek isterim. Tezimin, gelecekte bu konuyla ilgili çalışma yapacak olanlara yardımcı olmasını temenni ederim.

Canan İZER

Eylül 2011, İstanbul



## ÖNSÖZ

Ülkemizde son yıllarda ulusal savunma sanayi projelerinin özel sektör aracılığıyla yürütülmesi politikası sonucu, gemi inşaat mühendisleri, ticari gemi dizaynında dikkate aldıklarından daha farklı sahalarda araştırmalar yapmaya yönelmişlerdir. Yalıtım konusu da bu sahalardan bir tanesidir. Geçtiğimiz yıllarda ticari gemilerde alışlageldik tekniklerle yalıtım uygulamaları yapılırken, savaş gemisi dizaynında titizlikle dikkate alınan, ağırlık, hacim, akustik ve termal iz vs gibi kavramlar nedeniyle, bu konuda daha ayrıntılı çalışmalar yapılmaktadır.

Tez kapsamında, tehlike ve kısıtlayıcı faktörlerin en düşük seviyeye indirgenmesi için, karakol botu sınıfı bir gemi ile bir tank çıkarma gemisi için yaklaşık olarak yalıtım ağırlığı, hacmi ve maliyeti hesaplanmış olup, her iki gemi birbiriyle kıyaslanmıştır. Ayrıca ısı ve yangın yalıtımı için değişik malzemeler kullanılmı durumunda, ağırlık, hacim ve maliyette oluşan değişimler grafiklerle sunulmuştur.

Tez çalışmamı yürütürken, yalıtım konusunun, gemi dizayn sürecinin ilk aşamalarında dikkate alınması durumunda ne gibi kazanımlar getireceğini, destekleyici çizelge ve grafiklerle anlatmaya çalıştım. Günümüzde sıkça kullanılan mineral yünü yalıtım malzemesinin, yangın, akustik ve ısı yalıtımı konusunda az maliyetle yüksek performans göstermesi yönünden diğer malzemelere üstünlük sağladığını gösterdim. Üzerinde uğraştığım tez çalışmasının, ilerideki dönemlerde bu konuda çalışma yapanlara referans olmasını temenni ediyorum.

Eylül 2011

Canan İzer

Gemi İnşaat Mühendisi



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
KISALTMALAR .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY .....	xvii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı.....	3
<b>2. ASKERİ GEMİLERDE YALITIM TÜRLERİ .....</b>	<b>5</b>
2.1 Isı Yalıtımı.....	5
2.1.1 Isı Yayılımı .....	6
2.1.2 Malzemelerin Termal İletkenliği .....	7
2.1.3 Malzemelerin Isı Geçirgenlik Katsayısı (U) .....	9
2.2 Akustik Yalıtım.....	9
2.3 Yangın Yalıtımı.....	10
2.4 Gemilerde Yangının Yayılması.....	12
<b>3. YALITIM MALZEMELERİ.....</b>	<b>13</b>
3.1 Genel.....	13
3.2 Mineral Esaslı Malzemeler .....	14
3.2.1 Cam Yünü .....	15
3.2.2 Taş Yünü .....	16
3.2.3 Ultimate Mineral Yünü Yalıtım Malzemesi .....	18
3.2.4 Seramik Battaniye (Fire Blanket) .....	19
3.3 Sentetik Esaslı Malzemeler.....	20
3.3.1 Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS) .....	20
3.3.2 Ekstrüde Polistiren Köpük (XPS) .....	21
3.3.3 Poliüretan Köpük (PUR).....	21
<b>4. YALITIM MALZEMESİ SEÇİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....</b>	<b>23</b>
4.1 Yalıtım Malzemesi Seçilirken Dikkate Alınan Kriterler .....	23
4.2 Gemi Dizaynında Kullanılan Yalıtım için İş Akış Şeması .....	25
<b>5. ASKERİ GEMİLERDE YALITIM SEÇİMİNDE REFERANS ALINAN KURALLAR VE TÜRK LOYDU KURALLARININ YALITIM GEREKLİLİKLERİ .....</b>	<b>27</b>
5.1 Türk Loydu Askeri Gemi ve ya SOLAS Kurallarına Göre Dikkate Alınması Gereken Tanımlar .....	28
5.2 Türk Loydu Tarafından Tüm Gemiler için İstenen Yanmazlık Kısıtlamaları .....	31
5.3 Türk Loydu Tarafından SFP (Yangından Yapısal Korunma) Ek Klaslama İşaretli Gemiler için Karşılınması Gereken İlave İstekler .....	32
5.4 Türk Loydu Kurallarına Göre Mahallerin Sınıflandırılması .....	32

<b>6. KARAKOL BOTU TİPİ BİR GEMİNİN YALITIM SİSTEMİNİN AĞIRLIK, HACİM VE MALİYET YÖNÜNDEN İNCELENMESİ.....</b>	<b>37</b>
6.1 Yalıtım Malzemelerinin Ağırlık Yönünden Karşılaştırılması.....	38
6.1.1 Ultimate Mineral Yünü Ağırlık Hesabı.....	38
6.1.2 Ultimate Mineral Yünü - Cam Yünü Ağırlık Hesabı.....	42
6.1.3 Seramik Battaniye (Fire Blanket) - Köpük Ağırlık Hesabı.....	44
6.1.4 Yalıtım Malzemelerinin Ağırlık Dağılımları .....	47
6.2 Yalıtım Malzemelerinin Hacim Yönünden Karşılaştırılması.....	48
6.2.1 Ultimate Mineral Yünü için Hacim Hesabı.....	48
6.2.2 Ultimate Mineral Yünü için Hacim Hesabı.....	51
6.2.3 Seramik Battaniye (Fire Blanket) – Köpük Hacim Hesabı .....	53
6.2.4 Yalıtım Malzemelerinin Kapladıkları Hacimlerin Dağılımları .....	55
6.3 Yalıtım Malzemelerinin Maliyet Yönünden Karşılaştırılması.....	56
6.3.1 Ultimate Mineral Yünü Maliyet Hesabı.....	56
6.3.2 Ultimate Mineral Yünü ve Cam Yünü Yalıtım Malzemeleri için Maliyet Hesabı.....	57
6.3.3 Seramik Battaniye (Fire Blanket) ve Köpük Malzeme için Maliyet Hesabı.....	58
6.3.4 Yalıtım Malzemelerinin Maliyet Dağılımları .....	59
<b>7. TANK ÇIKARMA GEMİSİ TİPİ BİR GEMİNİN YALITIM SİSTEMİNİN AĞIRLIK, HACİM VE MALİYET YÖNÜNDEN İNCELENMESİ.....</b>	<b>61</b>
7.1 Yalıtım Malzemelerinin Ağırlık Yönünden Karşılaştırılması.....	61
7.2 Ultimate Mineral Yünü - Cam Yünü Malzeme için Ağırlık, Hacim ve Maliyet Hesabı.....	62
7.3 Seramik Battaniye (Fire Blanket) – Köpük Malzeme için Ağırlık, Hacim ve Maliyet Hesabı .....	63
7.4 Tank Çıkarma Gemisine Ait Ağırlık Değerlendirmesi .....	64
7.5 Tank Çıkarma Gemisine Ait Hacim Değerlendirmesi .....	64
7.6 Tank Çıkarma Gemisine Ait Maliyet Değerlendirmesi .....	65
<b>8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>67</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>71</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>73</b>
<b>EK A .....</b>	<b>74</b>

## **KISALTMALAR**

<b>IMO</b>	: International Maritime Organization (Uluslararası Denizcilik Örgütü)
<b>ISO</b>	: International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilâtı)
<b>SOLAS</b>	: Safety of Life At Sea (Denizde Can Güvenliği Uluslararası Konvansiyonu)
<b>NSTM</b>	: Naval Ship's Technical Manual (Askeri Gemiler Teknik Kılavuzu)
<b>HSC</b>	: High Speed Craft (Yüksek Süratli Tekne)
<b>TL</b>	: Türk Loydu
<b>DNV</b>	: Det Norske Veritas
<b>LRS</b>	: Lloyd's Register
<b>GL</b>	: Germanischer Loyd
<b>FTP</b>	: Fire Test Procedure (Yangın Test Prosedürü)
<b>HVAC</b>	: Heating, Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme)
<b>EPS</b>	: Expanded Polystyrene (Genleştirilmiş Polistiren)
<b>XPS</b>	: Extruded Polystyrene (Haddeden Çekilmiş Polistiren)
<b>PUR</b>	: Ekstrüde Poliüretan Köpük
<b>SFP</b>	: Yangından Yapısal Korunma



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 1.1 : Yanma eşik değerleri (Kendiliğinden 30 saniye içinde) .....	2
Çizelge 1.2 : Sıcaklığın insan üzerindeki etkileri .....	2
Çizelge 1.3 : Radyasyon ısısının etkileri .....	2
Çizelge 2.1 : Materyallerin 10°C'deki termal iletkenlik katsayıları.....	8
Çizelge 2.2 : Materyallerin değişik ortalama sıcaklıklardaki termal iletkenlik katsayıları.....	8
Çizelge 3.1 : Taş yünü ve cam yünü malzemelerin fiziksel özellikleri .....	18
Çizelge 3.2 : Sentetik esaslı yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması .....	20
Çizelge 6.1 : Karşılaştırma çizelgelerinde kullanılan malzemelere ait yoğunluk ve kalınlık bilgileri.....	38
Çizelge 6.2 : Karakol Botu Sınıfı bir Gemi için Ultimate Mineral Yünü Ağırlıkları (yangın yalıtımı için) .....	39
Çizelge 6.3 : Karakol Botu Sınıfı bir Gemi için Ultimate Mineral Yünü Ağırlıkları (yangın yalıtımı için) (devamı) .....	40
Çizelge 6.4 : Karakol botu sınıfı bir gemi için ultimate mineral yünü ağırlıkları (ısı yalıtımı için).....	41
Çizelge 6.5 : Ultimate mineral yünü ağırlık dağılımı .....	41
Çizelge 6.6 : Karakol botu sınıfı bir gemi için cam yünü ağırlıkları (ısı yalıtımı için) .....	43
Çizelge 6.7 : Mineral yünü ve cam yünü ağırlık dağılımları .....	43
Çizelge 6.8 : Karakol Botu Sınıfı bir Gemi için Seramik Battaniye (fire blanket) Ağırlıkları (yangın yalıtımı için).....	45
Çizelge 6.9 : Karakol Botu Sınıfı bir Gemi için Köpük Malzeme Ağırlıkları (ısı yalıtımı için).....	46
Çizelge 6.10 : Seramik malzeme ve köpük malzeme toplam ağırlık dağılımları.....	46
Çizelge 6.11 : Karakol botu sınıfı bir gemi için ultimate mineral yünü hacim değerleri (yangın yalıtımı için).....	48
Çizelge 6.12 : Karakol botu sınıfı bir gemi için ultimate mineral yünü hacim değerleri (ısı yalıtımı için) .....	50
Çizelge 6.13 : Ultimate mineral yünü hacim dağılımları .....	50
Çizelge 6.14 : Karakol botu sınıfı bir gemi için cam yünü hacim değerleri (ısı yalıtımı için) .....	52
Çizelge 6.15 : Ultimate mineral yünü ve cam yünü hacim dağılımları .....	52
Çizelge 6.16 : Karakol botu sınıfı bir gemi için seramik battaniye (blanket) malzeme hacimleri (yangın yalıtımı için) .....	53
Çizelge 6.17 : Karakol botu sınıfı bir gemi için köpük malzeme hacimleri (ısı yalıtımı için) .....	54
Çizelge 6.18 : Seramik battaniye ve köpük malzeme hacim dağılımları .....	55
Çizelge 6.19 : Ultimate mineral yünü malzeme tipleri için maliyet tahmini.....	57
Çizelge 6.20 : Cam yünü için maliyet tahmini .....	58
Çizelge 6.21 : Seramik battaniye ve köpük için maliyet tahmini .....	58

<b>Çizelge 7.1</b> : Ultimate mineral yünü malzeme için ağırlık hesabı.....	61
<b>Çizelge 7.2</b> : Ultimate mineral yünü malzeme için hacim hesabı .....	61
<b>Çizelge 7.3</b> : Ultimate mineral yünü malzeme için hacim hesabı .....	62
<b>Çizelge 7.4</b> : Ultimate mineral yünü ve cam yünü malzeme için ağırlık hesabı .....	62
<b>Çizelge 7.5</b> : Ultimate mineral yünü ve cam yünü malzeme için hacim hesabı .....	62
<b>Çizelge 7.6</b> : Ultimate mineral yünü ve cam yünü malzeme için maliyet hesabı.....	62
<b>Çizelge 7.7</b> : Seramik battaniye ve köpük malzeme için ağırlık hesabı.....	63
<b>Çizelge 7.8</b> : Seramik battaniye ve köpük malzeme için hacim hesabı.....	63
<b>Çizelge 7.9</b> : Seramik battaniye ve köpük malzeme için maliyet hesabı .....	63
<b>Çizelge 8.1</b> : Karakol botu ve tank çıkarma gemisi için karşılaştırma.....	69

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : Malzemelerin termal iletkenliği .....	7
Şekil 2.2 : Malzemelerin ısı geçirgenliği .....	9
Şekil 3.1 : Yalıtım malzemelerinin ham maddelerine göre sınıflandırılması .....	14
Şekil 3.2 : Cam yünü imalatı gösterimi .....	15
Şekil 3.3 : Cam yünü örneği .....	16
Şekil 3.4 : Askeri bir gemide taş yünü yalıtım uygulaması .....	17
Şekil 3.5 : Ultimate mineral yünü yalıtım malzemesi .....	18
Şekil 3.6 : Ultimate mineral yünü yalıtım malzemesinin değişik frekans aralıklarındaki akustik sönümlenmesi .....	19
Şekil 3.7 : Seramik battaniye .....	19
Şekil 3.8 : Genleştirilmiş polistiren köpük (EPS).....	20
Şekil 3.9 : Ekstrude polistiren köpük (XPS).....	21
Şekil 3.10 : Ekstrude poliüretan köpük (PUR) .....	22
Şekil 4.1 : Yalıtım malzemelerinin aynı yalıtım özelliğini sağlamaları için sahip olmaları gereken kalınlıkların karşılaştırılması .....	24
Şekil 4.2 : Yalıtım malzemelerinin aynı yalıtım özelliğini sağlamaları için sahip olmaları gereken kalınlıkların karşılaştırılması .....	24
Şekil 4.3 : Yalıtım malzemelerinin aynı yalıtım özelliğini sağlamaları için sahip olmaları gereken kalınlıkların karşılaştırılması .....	26
Şekil 5.1 : Bölme Perdeleri ve Güverteleri için Yapısal Korunma Süreleri.....	35
Şekil 6.1 : Ultimate mineral yünü yalıtım malzemesi ağırlığının mahallere göre dağılımının grafiksel gösterimi .....	42
Şekil 6.2 : Ultimate mineral yünü yalıtım malzemesi ağırlığının mahallere göre dağılımının grafiksel gösterimi .....	44
Şekil 6.3 : Ultimate mineral yünü yalıtım malzemesi ağırlığının mahallere göre dağılımının grafiksel gösterimi .....	47
Şekil 6.4 : Karakol botu için incelenen yalıtım uygulama modellerinin ağırlık (kg) yönünden karşılaştırılması .....	47
Şekil 6.5 : Mahallerdeki ultimate mineral yünü hacim dağılımının grafiksel gösterimi .....	51
Şekil 6.6 : Mahallerdeki ultimate mineral yünü ve cam yünü malzemelerin hacim dağılımının grafiksel gösterimi .....	53
Şekil 6.7 : Mahallerdeki ultimate mineral yünü ve cam yünü malzemelerin hacim dağılımının grafiksel gösterimi .....	55
Şekil 6.8 : Karakol botu için incelenen yalıtım uygulama modellerinin hacim (m <sup>3</sup> ) yönünden karşılaştırılması .....	56
Şekil 6.9 : Karakol botu için incelenen yalıtım uygulama modellerinin maliyet (tl) yönünden karşılaştırılması .....	59
Şekil 7.1 : Tank çıkarma gemisi için incelenen yalıtım uygulama modellerinin ağırlık (kg) yönünden karşılaştırılması .....	65

<b>Şekil 7.2</b> : Tank çıkarma gemisi için incelenen yalıtım uygulama modellerinin hacim (m <sup>3</sup> ) yönünden karşılaştırılması.....	65
<b>Şekil 7.3</b> : Tank çıkarma gemisi için incelenen yalıtım uygulama modellerinin maliyet (TL) yönünden karşılaştırılması.....	66
<b>Şekil A.1</b> : Yangının metal sınırlardan yayılması (zamana göre sıcaklık olarak) .....	74
<b>Şekil A.2</b> : Yangının metal sınırlardan yayılması (zamana göre radyasyon ısısı olarak).....	74
<b>Şekil A.3</b> : Yangının metal sınırlardan yayılması (tutuşma eşik değeri olarak) .....	75
<b>Şekil A.4</b> : Yangının metal sınırlardan yayılması (ısı toleransları olarak) .....	75

## ASKERİ GEMİLERDE ISI VE YANGIN YALITIMININ İNCELENMESİ

### ÖZET

Son yıllarda, savaş gemilerine olan ilginin giderek artmasına paralel olarak, yalıtım teknolojisi de giderek gelişmektedir. Bu gelişmeyle birlikte, daha efektif yalıtım çözümleri geliştirilmiştir. Dünyada bu konuda araştırma yapan uzman kuruluşlar, daha hafif, yangın dayanımı yüksek, ısı iletim katsayısı düşük ve kalınlığı oldukça az olduğu için iç hacimlerde kazaç sağlayan materyallerin geliştirilmesine yönelik AR-GE çalışmalarını yürütmektedirler. Bu çalışmaların devamı olarak materyaller, “FTP Code” gibi prosedürlerin gerektirdiği çeşitli testlere tabi tutulmakta ve eğer başarılı olurlarsa sertifika alabilmektedirler. Ancak yeni oluşturulan bir ürün için onay makamlarından sertifika alabilmek çok zorlayıcı olmaktadır. Sertifikası olmayan bir ürün de savaş gemisinde kullanılamayacağı için, yalıtım malzeme tercihi yapılırken, konvansiyonel çözümler ilk aşamada daha problemsiz gözükmektedir.

Denizde emniyet ve konfor sağlanabilmesi için, gemi inşa ile ilgili klas kurallarında geniş kapsamlı tedbirler alınmaktadır. Yangın konusunda, sadece yalıtım materyalleri değil, aynı zamanda yapının kendi yangın dayanımı da önem arz etmektedir. Materyaller gibi, geminin yapısal bütünlüğü de, klas kuruluşları veya çeşitli organizasyonlar tarafından kontrol edilip onaylatılmaktadır.

Isı yalıtımı için literatürde çok fazla bağlayıcı kural ve ya prosedür olmasa da; enerji ekonomisi, personelin konforu ve ekipmanların verimli çalışabilmesi bakımından konu ile ilgili hesapların yapılmasıyla beraber, gemide gerekli yerlere ısı yalıtımı yapılması gerekmektedir.

Akustik yalıtım ise, daha çok makina mahalleri gibi yüksek gürültü seviyesine sahip bölmeler ile, makina içermeyen ancak savaş hareket merkezleri gibi görev fonksiyonu nedeniyle sessiz olması gereken bölmelerde önem kazanmaktadır. Delikli sac kullanımı ile sönümlenme yapılmasının yanısıra, yangın ve ısı yalıtımı için kullanılan materyaller de içlerinde bulundurduğu sönümlenme mekanizmalarından dolayı akustik yalıtım amaçlı tercih edilmektedirler.

Tez kapsamında, tehlike ve kısıtlayıcı faktörlerin en düşük seviyeye indirgenmesi için, karakol botu sınıfı bir gemi ile bir tank çıkarma gemisi için yaklaşık olarak yalıtım ağırlığı, hacmi ve maliyeti hesaplanarak, her iki gemi birbiriyle karşılaştırılmıştır. Yalıtım uygulamalarının optimizasyonu için hesap sonuçları değerlendirilmiş olup, tank çıkarma gemisi sınıfı bir gemi için bulunan ağırlık ve hacim değerlerinin, karakol botu tipi bir gemiden yaklaşık % 60, maliyet değerinin ise % 70 daha fazla olduğu gösterilmiştir. Ayrıca hem yangın hem ısı yalıtımı için mineral yünü kullanmak yerine, yangın yalıtımı için mineral yünü, ısı yalıtımı için cam yünü ile yangın yalıtımı için seramik malzeme, ısı yalıtımı için köpük malzeme kullanılma durumunda, ağırlık, hacim ve maliyette oluşan değişimler grafiklerle sunulmuştur.



# **INVESTIGATION OF THE HEAT AND FIRE INSULATION ON NAVAL SHIPS**

## **SUMMARY**

Since the recent years, significant interest has been shown in naval ship design, and in parallel with that, ship insulation technology has been developed gradually. More efficient insulation solutions have been arisen in accordance with these developments. Research organizations have been carrying out research and development activities for advanced insulation materials which have properties of less weight, fire retardant for high temperatures, less heat convection coefficient and less thickness providing much more interior space. Following these activities, challenges for new advanced materials are testing them in accordance with the mandatory procedures such as FTP Code and getting approvals. As materials not having any certification can not be used on naval ships, while making choice of the insulation materials, conventional solutions seem to have less challenge.

Comprehensive precautions are taken part within the scope of shipbuilding classification rules to provide for the safety and comfort on board. Not only insulation materials, but also structural fire integrity of the ship has a significant importance. As well as the insulation materials, structural fire integrity of the ship is controlled and approved by classification societies or organizations.

Although there are not much mandatory rules for the heat insulations, depending on the calculations for the energy economy, personnel's comfort and equipments to work efficiently, heat insulation is needed to be applied.

Acoustic insulation is also applied more likely in the compartments which have high level of noise such as engine rooms, and compartments should have low noise for their mission function such as combat information center. In addition to the perforated plates to damp, materials which are used for fire and heat insulation can also be applied as an acoustic insulation with their damping mechanism.

Approximate insulation weights, volumes and costs for a patrol boat and landing ship tank, are estimated and compared with each one in order to reduce unsafe and restricting factors to the minimum level, in the scope of the thesis. By assessing the calculation results to optimize the insulation applications, it is shown that the weight and volume values for landing ship tank are 60 % and cost is 70 % higher than the patrol boat. Rather than using for both fire and heat insulation, in case of the usage of the mineral wool for fire insulation and glass wool for heat insulation or, ceramic blanket for fire insulation and foam for heat insulation, weight, volume and cost differences are presented by graphics.



## 1. GİRİŞ

Gemilerde oluşabilecek yangın, en hayati ve ölümcül sonuçlara neden olabilecek felaketlerin başında gelir. Askeri gemilerde yangın gibi ölümcül tehditlerle mücadelede ilk tedbir, insan emniyetinin sağlanmasıdır. Askeri gemilerin teknolojisi ne kadar gelişmiş olursa olsun, bu teknolojilere sahip sistemleri kullanan gemi personelinin kaynaklanabilecek her aksaklık, geminin savaş gücünü azaltacak veya risk altına sokacaktır. Yangın mahalinde ortaya çıkan yüksek ısı, yoğun duman, boğucu ve zehirleyici gazlar; yangına müdahale eden personelin yüksek ısı baskısı, zehirlenme tehlikesi ve kısıtlayıcı görüş şartları ile mücadele etmesine neden olmaktadır. Yangın sonucunda, özellikle yangının en şiddetlendiği an olan parlama safhasında, kompartmanlardaki sıcaklık  $1093^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşabilmektedir. Çalışmalar göstermiştir ki, sıcaklığın  $66^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşması insan sağlığı için tehlike oluşturmakta, insan cildi üzerinde  $71^{\circ}\text{C}$ 'lik bir sıcaklığın 60 saniye boyunca teması, ikinci derece yanık oluşmasına sebep olmaktadır. Bu konuyla ilgili, çeşitli çalışmalar sonucunda oluşturulan çizelgeler, Çizelge-1.1, Çizelge 1.2 ve Çizelge-1.3'de ayrıntılı olarak verilmiştir [7]. Ayrıca yangın sonucu oluşan yüksek sıcaklığın, yangının başladığı mahalden bitişik kompartmanlara sıçraması tehlikeyi çok daha ölümcül hale getirebilmektedir. Bu kısıtlamalar altında yangının oluşturduğu risklerin en aza indirgenebilmesi için yapılan araştırmalar halen güncelliğini korumaktadır. Bu çalışmaların içinde en önemlilerinden biri de askeri gemilerde yangına karşı etkin yapısal önlemlerin alınması konusundadır. Yapısal önlemler kapsamında en yaygın uygulama, yalıtımdır. İlerleyen bölümlerde bu konu hakkında detaylı açıklamalar verilecektir.

Gemilerde yangının personel üzerindeki yukarıda değindiğimiz olumsuz etkilerinden başka ayrıca iklimsel koşullardan dolayı oluşan sıcaklığın da personel üzerinde ısı baskısı (heat stress) oluşturduğu ve olumsuz etkiler yarattığı gözlemlenmiştir. Gemilerde bu maksatla "Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme (HVAC) Sistemleri" kullanılmaktadır. Ancak gemilerin yapısal elemanlarını oluşturan materyallerin çelik sac olması ve dış ortamla iç ortam arasındaki sıcaklık farklılığı

sonucunda ısının çelik sac tarafından hızlı transfer edilmesi, iklimlendirme sistemi ile gemide oluşturulmaya çalışılan koşulları olumsuz etkilemekte ve fazladan yakıt sarf edildiği için maliyet etkinliği sağlanamamaktadır. Bunun önüne geçebilmek için gemilerde ısı yalıtımı uygulanmaktadır.

Isı yalıtımı kadar, insan sağlığı ile personelin görev performanslarını ve özellikle gemilerin tespit edilebilirlik açısından gizlilik performansını da olumsuz etkilediği için, gürültü ve buna karşı uygulanan akustik yalıtım tedbirlerine de kısaca değinilecektir.

**Çizelge 1.1 : Yanma eşik değerleri (Kendiliğinden 30 saniye içinde)**

Malzeme	Sıcak Hava (Fırın Etkisi)	Sıcak Metal Teması (Kızartma Tavas Etkisi)	Radyasyon Isı Akışı
Kağıt	230°C (450°F)	250°C (480°F)	20 kW/m <sup>2</sup>
Kumaş	250°C (480°F)	300°C (570°F)	35 kW/m <sup>2</sup>
Ağaç	300°C (570°F)	350°C (660°F)	40 kW/m <sup>2</sup>
Kablo	370°C (700°F)	450°C (840°F)	60 kW/m <sup>2</sup>

**Çizelge 1.2 : Sıcaklığın insan üzerindeki etkileri**

Sıcak Havanın Etkileri	
90°C (200°F)	35 dakika maruz kalındığında kısmi felç, 60 dakikada ölümlerle sonuçlanır.
150°C (300°F)	5 dakika maruz kalındığında kısmi felç, 30 dakikada ölümlerle sonuçlanır
190°C (380°F)	Ani kısmi felç, 15 dakikada ölümlerle sonuçlanır
200°C (400°F)	Solunum yapmak imkansızlaşır
340°C (650°F)	Ani ölümlerle sonuçlanır

**Çizelge 1.3 : Radyasyon ısısının etkileri**

Radyasyon Isısının Etkileri	
1 kW/m <sup>2</sup>	Güneşli bir günde deniz seviyesinde öğle vakti gelen güneş ısı değeri
5 kW/m <sup>2</sup>	Çıplak derinin maruz kalması durumunda acı verme eşik değeri
10 kW/m <sup>2</sup>	Ani cilt kabarması

## 1.1 Tezin Amacı

Tez çalışmasına konu olan gemi tipi PB (Patrol Boat) “Karakol Botu” sınıfı gemiler, ülkelerin karasularında deniz sınırlarının güvenliğini sağlamak, limanların savunmasını yapmak, deniz hak ve menfaatlerini kollamak, kaçakçılık ile mücadelede sahil güvenlik kuvvetine destek sağlamak, arama kurtarma görevleri icra etmek ve çeşitli refakat görevleri için kullanılmak üzere tasarlanmış askeri gemilerdir. Askeri gemilerde hareket kabiliyetinin ve savaş görev unsurlarının kısıtlanması sonucu ortaya çıkabilecek riskler bir devletin savunma gücünü zafiyete düşürebilecektir. Yangın gerek harp zamanı gerekse de barış zamanında gemileri tehdit eden en ciddi tehlikelerden birisidir. Yüksek ısı, nem, yoğunlaşma ve gürültü ise kısıtlayıcı faktörlerdir. Bu tehlike ve kısıtlayıcı faktörlerin en düşük seviyeye indirgenmesi için gemilerde alınan yapısal önlemler kapsamında yukarıda bahse konu sınıf askeri gemideki yalıtım uygulamalarının optimizasyonu için yapılan değerlendirme çalışmaları bu tez çalışmasının asıl konusunu oluşturmaktadır. Karakol botu sınıfı bir gemi için hazırlanan çalışmalara ilave olarak, bir tank çıkarma gemisi için de yaklaşık olarak yalıtım uygulaması hesapları yapılarak, her iki gemi birbiriyle karşılaştırılmıştır. Ancak bu karşılaştırma çalışmasına geçmeden önce, askeri gemilerde uygulanan ısı, yangın, ses yalıtım malzemeleri ve ilgili kural/standart kriterleri detaylı olarak anlatılacaktır.



## **2. ASKERİ GEMİLERDE YALITIM TÜRLERİ**

### **2.1 Isı Yalıtımı**

Isı yalıtımı, çevre sıcaklığına oranla daha sıcak veya daha soğuk olan bölme/kompartman yüzeylerinde ısının transferini azaltmak amacıyla uygulanır. Isı yalıtımları, düşük ısı iletkenlik özelliğine sahip malzemelerden oluşur. Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2’de çeşitli malzemelerin tipik ısı geçirgenlik katsayısı değerleri görülmektedir. Isı iletim katsayısı düşük olan malzemeler daha az ve yavaş ısı transferi sağlarken, yüksek olan malzemeler daha fazla ve hızlı ısı transferi sağlamaktadır. Bu nedenle etkin ısı yalıtımı sağlamak amacıyla katsayı değeri daha düşük olan malzemeler kullanılmaktadır.

Savaş gemileri görevleri gereği değişik iklim koşullarına sahip bölgelere intikal edebildiğinden değişen iklim koşullarından kaynaklanan havadaki nem oranı değişikliği nedeniyle gemi içindeki kompartmanlarda önemli oranda yoğuşma (terleme) oluşabilmektedir. Yüksek oranda nem gerek personel sağlığı (dolayısı ile görev performansları) ve gerekse de cihazlar (özellikle elektronik ve elektrikli cihazlar) ile ambarlarda stoklanan malzemeler (özellikle cephane, payroteknik malzemeler ve nemden etkilenen yiyecek maddeleri) açısından olumsuz etkiler oluşturmaktadır.

Gemilerin içinde bulunduğu bir diğer önemli ortam deniz suyudur. Gemilerin özellikle su kesimi altında kalan alanlarında çelik kaplama sacının yüksek ısı geçirgenlik özelliği nedeniyle daha fazla yoğuşma oluşmaktadır. Çünkü deniz suyu sıcaklığı her zaman kompartman ortam sıcaklığından daha düşük seviyededir. Sac yüzeylerde oluşan yoğuşma, metal aşınması (korozyon) etkisini hızlandırmaktadır. Isı yalıtımının bir diğer fonksiyonu da metal yüzeylerde yoğuşmadan kaynaklanan terlemenin önlenmesi ve böylelikle metal korozyonunun artış hızının önlenmesidir.

Kompartmanlarda oluşan yoğuşmayı önlemek ve gemi içindeki nem miktarını düşürmek maksadıyla gemilerde havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri

kullanılmaktadır. Isı yalıtımı, kompartmanlarda yapılan havalandırma, soğutma ve ısıtma maksadıyla gereksinim duyulan hava miktarını ve buna bağlı olarak da sarf edilen enerji miktarını düşürür. Isı yalıtımı sayesinde kompartman içindeki ısının hapsedilerek, ortam ısısının daha uzun süre sabit tutulabilmesi mümkün olmaktadır. Böylece kompartmana iklimlendirme ve havalandırma maksadıyla basılan havayı ısıtmak için sarf edilen enerji daha az tüketilmekte ve önemli oranda enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Gemilerde kullanılan çeşitli makina, sistem ve cihazların belirli kısımlarında ve bunlara ait hava, gaz ve sıvı akışkan devrelerinde yüksek sıcaklık değerine sahip yüzeyler mevcuttur. Bu yüksek sıcaklıklara sahip yüzeylere de ısı yalıtımı uygulanmakta ve ısı kaybı önlenerek ilgili sistemin çalışma performansı arttırılmakta, bu sayede sistemlerin enerji tüketiminde de tasarruf elde edilmektedir. Ayrıca güvenlik açısından bu yüzeylere personel teması önlenerek, yaralanma riski de azaltılmaktadır. Bir diğer açıdan da; bu tür sıcak yüzeylerin yalıtılması, özellikle bu sıcak yüzeylere yakın mesafeden geçen yakıt devrelerinde oluşabilecek sızıntılar sonucunda, basınç altında püsküren yakıtın doğrudan sıcak yüzeylerle temasının önlenmesini sağlayarak, yangın riskini minimize etmektedir.

Genel olarak ısı yalıtım kullanımının ana nedenlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Enerji tasarrufu sağlamak
- Isı kaybını azaltmak
- Yoğuşmayı önlemek ve korozyonu geciktirmek
- Konforlu çevre şartları yaratmak
- Personeli elverişsiz hava şartlarından korumak

### **2.1.1 Isı Yayılmı**

Isı; iletim, taşınım ve ışınım yoluyla olmak üzere 3 (üç) değişik şekilde transfer edilebilir.

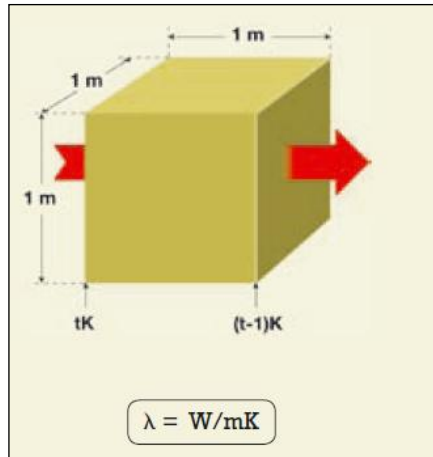
Isı iletimi, ısı gradyeni etkisi altında, ısının moleküler düzeyde taşınmasıdır. İletim, birim zamanda bir tabaka boyunca olan ısı akısı miktarının, sıcaklık farkının gradyanına olan oranıdır [14]

Taşınmada ise, akışkan içindeki akımlar vasıtası ile ısı transfer edilir. Akışkan içindeki veya akışkanla sınır yüzey arasındaki sıcaklık farklarından ve bu farkın yoğunluk üzerinde oluşturduğu etkiden doğabilmektedir. Yoğunluk değişimlerinin diğer kaynakları, değişken tuzluluk oranı veya dış kaynaklı zorlayıcı kuvvet uygulanması gibi sebepler de olabilir.

Radyasyon ise, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji yayılımı yada aktarımıdır. Atmosfere verilen ısı ve atmosferden kazanılan ısı taşınım ve ışınlım yoluyla olurken, yalıtım malzemesindeki ısı transferi sadece iletim yoluyla olur. Isı iletim oranı da malzemenin termal iletkenliğine bağlıdır. [1]

### 2.1.2 Malzemelerin Termal İletkenliği

Termal iletkenliği belirten “ $\lambda$ ” değeri, malzemenin ısıyı ne kadar iyi iletmediğinin göstergesidir. Şekil 2.1’de gösterildiği gibi, 1 m kalınlığında,  $1\text{m}^2$  yüzey alanına sahip karşılıklı yüzeyler boyunca, bu yüzeyler arasındaki ısı farkı 1 K (veya  $1^\circ\text{C}$ ) olduğu durumda iletilen ısı miktarıdır. Pratikte “ $\lambda$ ”,  $\text{W}/(\text{mK})$  oranını tanımlayan numerik değerdir. “ $\lambda$ ” değerinin düşük olması, materyalin yalıtım özelliğinin daha iyi olması demektir. Şekil 2.1’de malzemelerin termal iletkenliğine ait bir gösterim verilmiştir [10]



Şekil 2.1 : Malzemelerin termal iletkenliği

Çizelge 2.1’de,  $10^\circ\text{C}$  için, bazı materyallerin termal iletkenlikleri verilmiştir [7]. Bu çizelgeden de çıkarılabileceği gibi, malzemenin yoğunluğu arttıkça, termal iletkenliği de artmaktadır. Sıcaklık arttıkça genellikle materyallerin termal iletkenlikleri artmaktadır.

**Çizelge 2.1 :** Materyallerin 10°C'deki termal iletkenlik katsayıları

Materyal	Termal İletkenlik ( $\lambda$ ) [W/mK]
Çelik	50
Beton	1,6
Cam	1,1
Hava	0,17
Tahta	0,12
Taş Yünü	0,033

Yukarıda verilenler dışında, değişik ortalama sıcaklıklar için tipik materyallerin termal iletkenlikleri Çizelge 2.2'de gösterilmiştir [7].

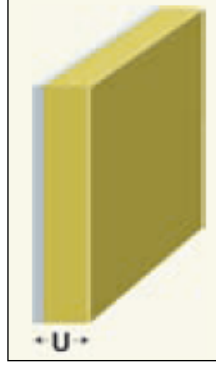
**Çizelge 2.2 :** Materyallerin değişik ortalama sıcaklıklardaki termal iletkenlik katsayıları

Materyal	Ortalama Sıcaklık (°C)	Termal İletkenlik ( $\lambda$ ) [W/mK]
Beton	15,5	3.24
Lastik	15,5	1.20
Tahta	15,5	0.84
Fiber Glas	23,8	0.23
Polyimide Köpük	23,8	0.32
Kalsiyum Silikat	93	0.42
Taş yünü	32	0.276
Aluminyum	37,8	1464.0
Bakır	37,8	2640.0
Çelik	37,8	300.0
Su	37,8	3.5

Termal iletkenlik katsayısı düşük olan malzemeler, bünyesinde fazla sayıda hava boşluğu barındırırlar. Bu boşluklar, ısının, taşınım veya ışınım yoluyla iletilmesi için yeterince büyük değildir ve ısı akış miktarını azaltırlar. Yoğunluğu düşük olan, diğer bir deyişle bünyesindeki hava boşluğu miktarı fazla olan yalıtım malzemelerinin, düşük ve orta derecedeki sıcaklıklar için en iyi ısı yalıtım özelliğine sahip olduğunu söylemek mümkündür. Buna karşın, daha yüksek sıcaklıkların oluşabileceği ortamlarda, hava boşluklarındaki ısı iletimini düşürmek amacıyla, daha yüksek yoğunluğa, dolayısıyla daha az boşluğa sahip olan malzemelerin kullanılması gerekir [11].

### 2.1.3 Malzemelerin Isı Geçirgenlik Katsayısı (U)

Isı enerjisinin, yapısal yolla taşınımı, “U” katsayısıyla ifade edilir. Bu katsayı, Şekil 2.2’de gösterildiği gibi, 1 m<sup>2</sup>’lik yüzey alanına sahip bir yapıyla, ve bu yapıyı çevreleyen yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı 1°C (veya 1°K) olduğudaki ısı akışımı temsil eder [10]



Şekil 2.2 : Malzemelerin ısı geçirgenliği

Termal geçirgenlik katsayısı “U”, W/m<sup>2</sup>K olarak ifade edilir. Birim kalınlıktaki ısı iletimi olarak da düşünülebilir ( $\lambda$ /kalınlık). “U” katsayısının düşük olması, yapının daha fazla oranda yalıtıldığını gösterir

## 2.2 Akustik Yalıtım

Akustik yalıtım, gemi içindeki hava kaynaklı gürültü seviyesini düşürmek ve personelin yaşam konforu ile görev performansını artırmak için kullanılır. Savaş gemilerinde çok çeşitli ses kaynakları mevcuttur. Ancak, ülkemizin de içinde bulunduğu NATO üyesi donanmalara ait gemilerin dizaynlarında, STANAG 4293’te belirtilen gürültü seviyelerinin aşılmaması beklenmektedir. Gelişen teknoloji sayesinde yeni nesil sistem ve cihazların çalışmaları esnasında çevreye yaydıkları gürültü seviyesi her ne kadar eski nesil cihazlara oranla çok daha düşük seviyelere ulaşmışsa da özellikle makina daireleri, yeke daireleri ve HVAC sistemlerinden kaynaklanan gürültü seviyeleri halen savaş gemileri için belirlenen standartların üzerinde olabilmektedir. Bu durum özellikle komuta ve kontrol merkezleri ile, içerisinde sürekli insan bulunan çalışma ve yaşam mahallerinde görev performansını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca çalışmaya konu olan karakol botu gibi denizaltı tehdidine karşı kullanılan savaş gemilerinde, akustik yalıtım oldukça büyük öneme sahiptir.

Gemilerde, dekoratif amaçlı olarak veya akustik sönümlenme amacıyla, yalıtım malzemesinin üzerine, kaplama sacı uygulanmaktadır. Dekoratif kaplama sacı, genellikle yaşam mahallerinde kullanılırken, ana ve yardımcı makina daireleri gibi gürültü oluşturma riski yüksek ekipmanları içeren mahallerde, akustik sönümlenme amaçlı uygulanmaktadır. Genellikle çelik ve alüminyum malzeden imal edilen kaplama sacı, tek başına gürültüyü sönümlemek için yeterli olmasa da, yüksek yoğunluklu yalıtım malzemesi ile birlikte kullanıldığında oldukça başarılı sonuçlar vermektedir.

### **2.3 Yangın Yalıtımı**

Tüm gemilerde olduğu gibi, yangın, askeri gemilerde de en büyük tehlikedir. Birçok gemi ve personeli, yangın nedeniyle kaybedilmiştir. Savaş gemileri, ticari ve diğer maksatlı gemilere kıyasla daha kompleks yapılara sahiptirler. Bu nedenle savaş gemilerinde yangın, en büyük tehdit olarak kabul edilmekte ve yangına karşı çok çeşitli önlemler alınmaktadır.

“*SOLAS Bölüm II-2, Kısım-A, Kural-2*” de açıklandığı üzere, yangına karşı önlem almak için aşağıda belirtilen güvenlik hedefleri dikkate alınmalıdır;

- a. Yangın ve patlamanın oluşmasını engellemek;
- b. Yangının yol açabileceği can kaybı riskini azaltmak;
- c. Yangının; gemiye, yüküne ve çevreye verebileceği zarar riskini azaltmak;
- d. Yangın ve patlamayı; başladığı bölmede tutmak, kontrol altına almak ve boğmak; ve,
- e. Yolcular ve mürettebat için yeterli ve önceden belirlenmiş kaçış yollarını sağlamaktır.

Bu hedefler doğrultusunda gemilerde uygulanması gereken fonksiyonel gereklilikler ise aynı kuralın 2. paragrafında aşağıdaki maddeler ile açıklanmıştır;

- a. Geminin, termal ve yapısal engellerle, yatay ve dikey ana bölmelere ayrılması,
- b. Yaşam mahallerinin, termal ve yapısal engellerle diğer bölümlerden ayrılması,
- c. Patlayıcı maddelerin kullanımının kısıtlanması,
- d. Herhangi bir yangının başladığı bölgede tespit edilmesi,

- e. Herhangi bir yangın başlangıcının başladığı bölmede hapsedilmesi ve söndürülmesi,
- f. Yangından kaçış ve yangına müdahale yollarının korunması,
- g. Yangınla mücadele ekipmanlarının kullanıma hazır bulundurulması,
- h. Yanıcı yük buharının patlama olasılığının minimize edilmesi.

Yangın yalıtımı konusunda uyulması gereken kurallar ve geçerli kriterler Bölüm 6'da açıklanmıştır [4].

Yukarıda sıralanan fonksiyonel gerekliliklerden, "a" ve "b" maddelerinde belirtilen istekleri sağlayabilmek amacıyla, gemilerde, yangın yalıtımı uygulanır. Yukarıdaki maddelerde ifade edildiği üzere, gemilerde, yatay ve dikey ana bölmeler oluşturularak, yangına karşı yapısal engel sağlanır. Oluşturulan bölmelerin çelik sac perdeleri; aleve, dumana, suya karşı tam sızdırmazlık sağlamak üzere tasarlanır ve inşa edilir. Böylelikle, yangının ilk başladığı yerden tüm gemi içine yayılmasını geciktirmek ve hatta önlemek için, gemi bünyesinde yapısal önlemler alınmış olunur. Ancak, tek başına çelik sac perdelerle oluşturulmuş bölmeler yangın sonucu ortaya çıkan ısıyı başladığı yerde hapsedemez. Çizelge 2.1'de görüleceği üzere çeliğin ısı iletkenlik katsayısı oldukça yüksektir. Bu nedenle eğer ilave tedbirler alınmaz ise yangın, ısının temas yoluyla yayılımı prensibiyle, bir yangın bölgesinden diğerine veya bir yangın mahallinden, bitişik ve üst bölmelerdeki diğer kompartmanlara taşınır. Bunun için çeşitli aktif ve pasif koruma tedbirleri uygulanır. Çalışma konusu çerçevesinde kalmak için, burada sadece pasif tedbirler kapsamındaki yangın yalıtımı uygulamaları ele alınacaktır.

Yangın yalıtımı; yangının başladığı kompartman içinde oluşan yüksek ısının yan ve üst bitişik kompartmanlara tehlike yaratacak şekilde yayılmasını önlemek için uygulanır. Bunun için her kompartmanın yangın riski ve bitişik kompartmanların yangın riski göz önüne alınarak ne tür yalıtım uygulanacağı belirlenir. Yangın yalıtım malzemesi bu kompartmanların kurallarla belirlenmiş olan yangın sınıflarına göre seçilerek hemen her yüzeyine ve bu yüzeylerde bulunan yapısal elemanlarına, tam örtünme sağlayacak şekilde kaplamak suretiyle uygulanır. Bu malzemelerin ısı geçirgenlik katsayılarının çok düşük olması, yüksek ısı ve aleve karşı dayanıklı olması, düşük yoğunluklu hafif malzemelerden üretilmiş olması gerekmektedir.

## 2.4 Gemilerde Yangının Yayılması

Eğer bir kompartmanda başlayan yangına erken ve etkin bir müdahale yapılabilirse, yangının boyutunu sınırlandırmak mümkün olabilir. Fakat geç kalınır ve kontrol dışı kalırsa, süratle büyüyüp yayılarak çok büyük miktarda ısı açığa çıkartır ve bitişik kompartmanlara da sıçrayarak ulaşabildiği her yerde yeni yangınlar çıkartıp tüm gemiyi sarar. Kompartmanların sınırlarını oluşturan çelik perdeleri ve üzerlerinde bulunan yalıtımlar, yangın sonucu ortaya çıkan ısının bitişik kompartmanlara transferini geciktirebilirler ancak bunun da sınırı vardır. Bir kompartmandaki yangın parlama aşamasından sonra tam gelişmiş yangın safhasına ulaştığında öncelikle kompartmanda bulunan sızdırmazlığı tam sağlanamamış kapı, kaporta, havalandırma kanalı, kablo yolu ve boru devre geçişleri gibi açıklıklardan bitişik kompartmanlara hızla yayılmaya başlar. Diğer bir yol olarak da perde ve güverte saclarından ısı transferi aracılığıyla yayılabilir. Yangınlar genellikle dikey olarak daha hızlı yayılır ve bir üst kompartmana geçmeye meyillidir. EK A'da, sızdırmaz çelik perdelerden temas yoluyla bitişik kompartmanlara iletilen sıcaklık ve radyasyon ısı akışı ile malzemelerin tutuşmaya başlaması için geçen zaman değerleri verilmiştir. Bahsi geçen değerleri ölçmek için, 2,5 m x 2,5m x2,5m boyutlarında çelik sacdan bir küp içinde yanma testi uygulanmış olup, elde edilen tipik değerlerin, kompartmanın boyutlarına, uygulanan yalıtıma, havalandırma özelliklerine, malzeme karakteristikleri ve su ile soğutma işleminin uygulanmasına göre değişiklik gösterdiği gözlenmiştir.

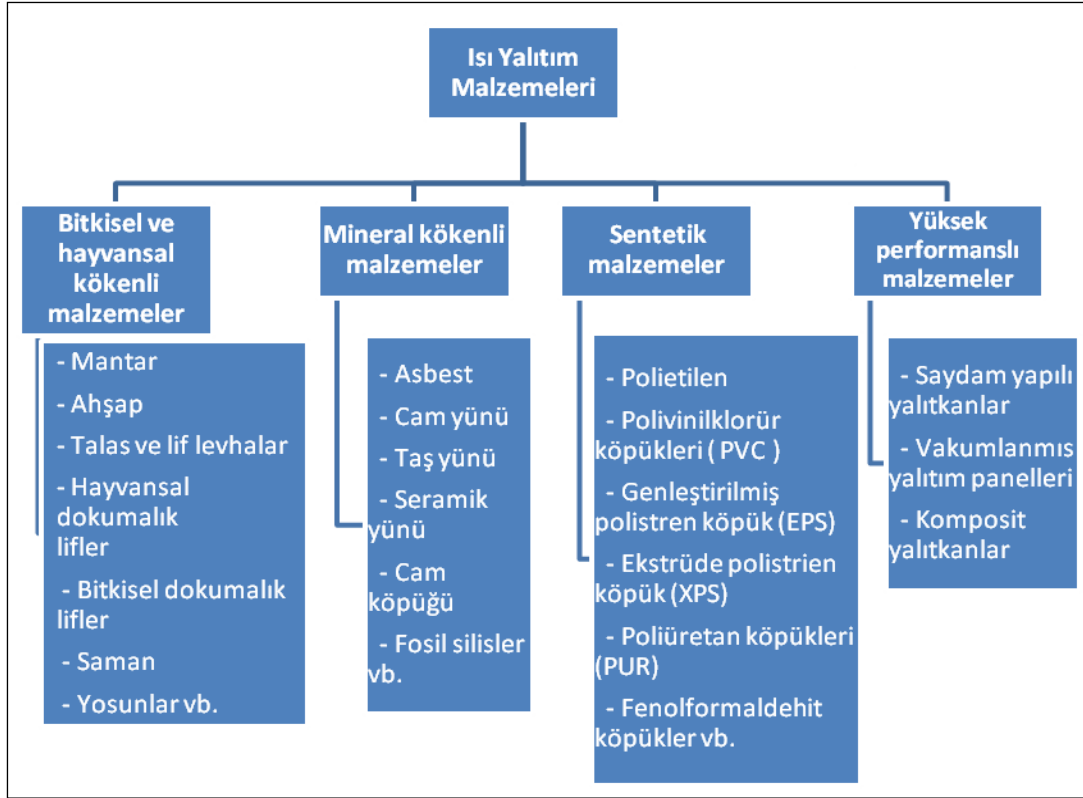
### 3. YALITIM MALZEMELERİ

#### 3.1 Genel

Isı yalıtım malzemeleri farklı sıcaklığa sahip iki ortam arasında ısı geçişini azaltmak amacı ile kullanılan malzemelerdir. Diğer bir ifadeyle; ısı kaybı ve kazançlarının azaltılmasında kullanılan, yüksek ısı direnci ve düşük ısı iletim katsayısına sahip özel malzemelere ısı yalıtım malzemeleri denmektedir. Isı yalıtım malzemelerinde iyi bir seçim yapabilmenin en önemli şartı, kullanılacak malzemeyi her yönü ile tanımak ve bu malzemenin uygulama özelliklerini iyi bilmektir. Bu nedenle, ısı yalıtım malzemelerinin performansı ısı iletkenlik ve ısı direnci katsayısı, basınç mukavemeti, çekme mukavemeti, buhar difüzyon direnci, su ve nemden etkilenmezlik, yanmazlık ve alev geçirmezlik, yoğunluk, boyutsal kararlılık, kimyasal kararlılık gibi temel özelliklere göre değerlendirilmektedir. Bunlara ek olarak uygulama kolaylığı ve maliyet de incelenen kriterler arasında yer almaktadır.

Gemilerde ısı yalıtımının temel amacı, gemi bünyesindeki güverte ve perdelerin ısı iletim direncini artırmaktır. Bu nedenle, ısı yalıtım ürünlerinin yalıtım özelliğini ısı iletim katsayıları belirlemektedir. Isı iletim katsayısı ne kadar düşükse, o ürünün yalıtım özelliği o kadar iyidir. Bu nedenle yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayılarının düşük olması gerekmektedir. Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı (International Organization for Standardization – ISO) ve Avrupa Standardizasyon Komitesi (European Committee for Standardization – CEN) standartlarına göre ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden düşük olmalıdır.

Isı yalıtım malzemelerini farklı yönlerine göre çeşitli şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Isı yalıtım malzemeleri temelde yalıtkanın yapıldığı ana malzemeye göre ve yalıtkanın iç yapısına göre olmak üzere iki grupta incelenir. Bu çalışma kapsamında, ısı yalıtım malzemeleri incelenirken yalıtkanın hammaddesine göre yapılan sınıflandırma baz alınmış olup, bahse konu sınıflandırma Şekil 3.1’de sunulmuştur [12].



**Şekil 3.1 :** Yalıtım malzemelerinin ham maddelerine göre sınıflandırılması

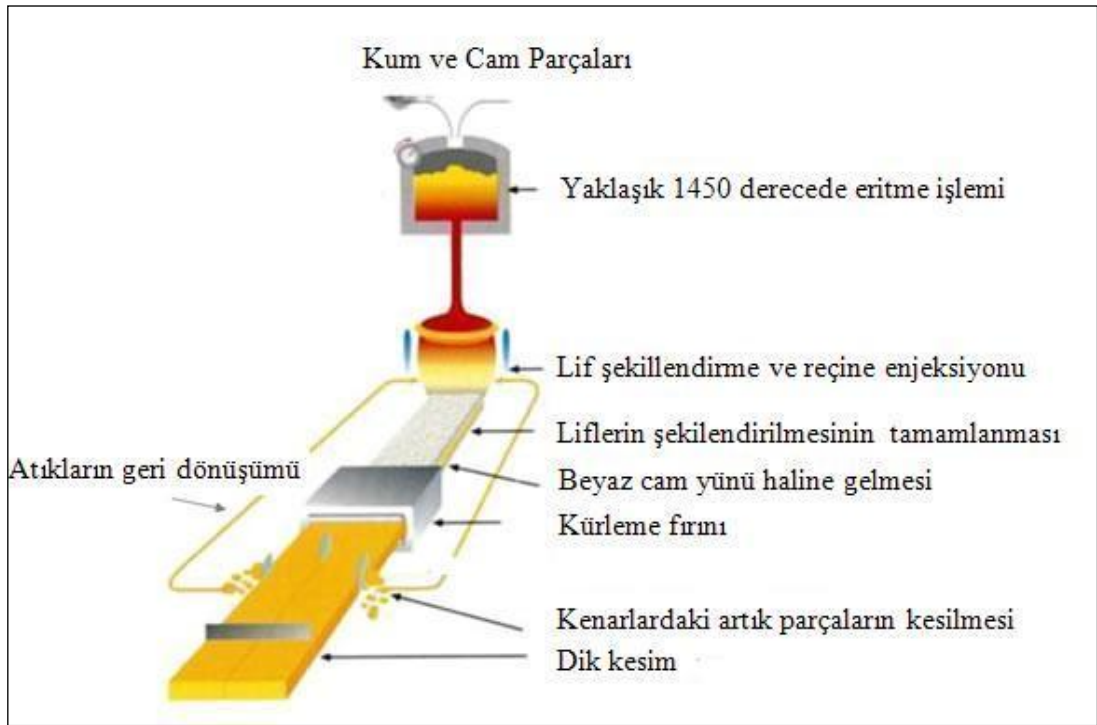
Bu çalışma kapsamında, yukarıda listelenen malzemelerden günümüzde en fazla kullanılan mineral kökenli malzemeler (cam yünü ve taş yünü) ile sentetik malzemeler (genleştirilmiş polistiren köpük (EPS), ekstrüde polistren köpük (XPS) ve poliüretan köpük) incelenmiştir.

### 3.2 Mineral Esaslı Malzemeler

Mineral esaslı malzemelerden cam yününün 230°C-250°C, taş yününün 700°C-850°C, seramik fiber yününün ise 1200°C'lere kadar dayandığı, bugüne kadar yapılan testler sonucu ispatlanmıştır. Cam yünü ve taş yünü, yüksek sıcaklıkta eriyik haldeki hammaddeden şekillendirilen düzgün fiberler barındırmaları açısından benzerdir. Aralarındaki en önemli fark ise, taş yününün cam yerine, volkanik taşlardan oluşmasıdır. Taş yünü imalatı için, 2000°C fırın sıcaklığı gerekirken, cam yünü imalatında 1450°C yeterli olmaktadır. Taş yünü, cam yünüyle kıyaslanınca, doğası gereği daha yüksek sıcaklıklara dayanabilmektedir ve daha yüksek yangın dayanımına sahiptir. Akustik yalıtım sönümlenmesinde, iki malzemede benzer etkilere sahiptir ve her ikisi de akustik yalıtım uygulamalarında kullanılır.

### 3.2.1 Cam Yünü

Hammadde olarak silis kumu, kireçtaşı, rafine boraks, sodyum karbonat ve sodyum sülfatın yüksek sıcaklıklarda eritilerek santrifüjlerde veya üfleçlerde elde edilen liflerin fenol formaldehit reçine (bakalit) sayesinde birbirlerine yapışmasıyla elde edilmektedir. Cam, yalıtım malzemesi olarak; çapları 3-5 mikron boyutunda olan ince lifler haline getirilerek kullanılmaktadır. Cam yünü imalatının aşamaları Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : Cam yünü imalatı gösterimi

Cam yünleri gemi inşaatında ısı yalıtımı amaçlı kullanılabilirler. Şilte olarak kullanımları yaygın olsa da günümüzde özel sistemlerle yerinde sprey olarak da uygulanabilirler.

Isı iletkenlik değeri 0,030-0,040 W/mK'dır. Cam yünü ekonomik yapısıyla ve yüksek ısı yalıtım özelliği ile genel olarak ekonomik olan ısı yalıtım malzemeleri arasında yer alır. Malzemenin fiyatı yoğunluğuyla doğrudan ilgili olduğu için az yoğunluklu rulo malzemeler oldukça ekonomik sayılabilirken, yoğunluğun artması ile fiyat da yükselir. Bu nedenle yoğunluğu yüksek levha tipi cam yünlerinde ekonomiklik ayrıca incelenmelidir. Pratikte, cam yünü uygulamalarına alternatif olarak, genellikle taş yünü veya plastik köpükler kullanılmaktadır. Ancak cam yünü, taş yününe göre daha maliyet etkin bir çözüm olma eğilimindedir.

Şekil 3.3’de üzeri alüminyum kaplı bir cam yünü örneği verilmiştir.



**Şekil 3.3 :** Cam yünü örneği

### 3.2.2 Taş Yünü

Hammadde olarak bazik magmatik taş karakterli bazalt, dolomit, kalker, kum gibi maddelerin 1500°C’ye yakın sıcaklıklarda ısıtılarak eritilir. Eriyik haldeki ham madde bükme haznesindeki hızlı dönen çarka dökülür. Merkez kaç kuvveti ham maddeyi lif haline getirir. Savrulan lifler uçuşurken soğur ve hareketli bant üzerine gelir. Hareketli bandın hızını, ürünün kalınlığı ve yoğunluğu belirler. Bu işlem sırasında liflere tamamlayıcı nitelik kazandırmak için reçine ve küçük bir miktar yağ eklenerek çok ince bağlayıcı film ile sarılır. Bu reçine taşıyününün kullanım yerine göre seçilir. Lifler düroplastik reçinenin polimerizasyonu için fırına girer. Daha sonra istenen boylarda taş yünü otomatik olarak kesilir ve ambalajlanmadan önce tamamlayıcı işlemler yapılır.

Taş yününün ısı iletkenlik değerinin çok düşük olması onu iyi bir ısı yalıtım malzemesi yapmaktadır. Sıcaklıklardaki değişimler taş yününde genleşme ve büzülme gibi sorunlar yaratmaz. Bu nedenle sıcaklıklardaki dalgalanmalar, levhaların birleşim noktalarında boşluklar yaratıp ısı kaybına ve nem kondansiyonuna neden olmaz.

Kullanım yerine, amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleriyle, şilte, levha, dökme, boru şeklinde üretilmektedir. Düşük yoğunluklu taş yünü rulo şeklinde, yüksek yoğunluklar ise levha şeklindedir.

Şekil 3.4’te askeri bir gemideki taş yünü uygulaması gösterilmiştir.



**Şekil 3.4 : Askeri bir gemide taş yünü yalıtım uygulaması**

Taş yünü için; basınç, kopma mukavemeti gibi mekanik özellikler yoğunluklara göre değişirken, mukavemet değerleri, düşük yoğunluklar için az, yüksek yoğunluklar için genellikle fazladır. Ayrıca taş yünü çok iyi bir ses yalıtımına sahiptir. Taş yünü yoğunluğu arttıkça gürültüyü sönümleme özelliği de aynı ölçüde artmaktadır.

Kullanım alanları cam yünü ile benzerdir. Cam yünü ısı yalıtım ürünleriyle benzer özellikler taşıyan taş yünü ısı yalıtım ürünleri, cam yününe göre ısıya daha dayanıklıdır. Isı iletkenlik değeri 0,033-0,045 W/mK'dır.

Taş yünü ve cam yünü malzemelerin yaklaşık maksimum dayanma sıcaklıkları, yoğunluk değerleri ve ısı iletkenliklerinin aralıkları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1 :** Taş yünü ve cam yünü malzemelerin fiziksel özellikleri

Materyal	Yaklaşık Maksimum Dayanma Sıcaklığı, [°C]	Yoğunluk Aralığı [kg/m <sup>3</sup> ]	Isı İletkenliği Aralığı [W/mK]
Mineral Cam Yünü	230-250	9-120	0,032-0,040 (20°C için)
Mineral Taş Yünü	700-850	23-200	0,033-0,035 (10°C için)

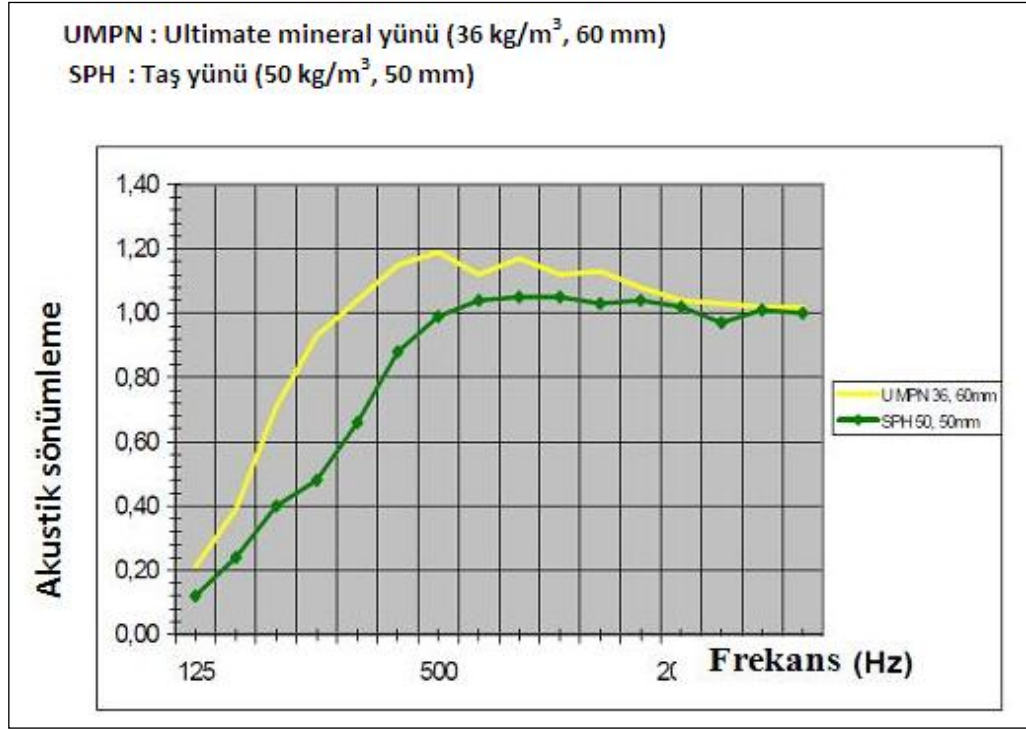
### 3.2.3 Ultimate Mineral Yünü Yalıtım Malzemesi

Günümüzde, gelişen teknolojiyle birlikte, hem taş yünü hem de cam yünü bir arada barındıran ve bazı üreticiler tarafından “ultimate” olarak isimlendirilen, IMO kurallarına ve gerekli yangın test prosedürlerine uygun malzemeler de imal edilmektedir. Bu şekilde gemi inşaatı alanında, daha düşük ağırlıkta, geleneksel yalıtım malzemelerinin dayandığından daha yüksek sıcaklıklara karşı dayanabilen materyaller kullanmak mümkün olmaktadır. Şekil 3.5’de ultimate mineral yününe ait bir uygulama gösterilmiştir.



**Şekil 3.5 :** Ultimate mineral yünü yalıtım malzemesi

Cam yünü ve taş yünü birlikte kullanılarak elde edilen bu malzemenin ses yalıtım yeteneği de yüksektir. Şekil 3.6’da, yoğunluğu 36 kg/m<sup>3</sup> olan ultimate malzeme (U MPN 36) ile, yoğunluğu 50 kg/m<sup>3</sup> olan geleneksel taş yünü malzemelerine (SPH 50) ait frekans-akustik sönümlleme grafiği verilmiştir. Grafikte; daha az yoğunluğa sahip olmasına rağmen, ultimate malzemenin ses yalıtımı bakımından daha üstün olduğu görülmektedir.



Şekil 3.6 : Ultimate mineral yünü yalıtım malzemesinin değişik frekans aralıklarındaki akustik sönümlenmesi

### 3.2.4 Seramik Battaniye (Fire Blanket)

Seramik içerikli yalıtım malzemesi, Amerikan savaş gemileri ve denizaltılarla ilgili teknik bilgi sağlamak amaçlı oluşturulan Naval Ship's Technical Manual (NSTM) standartlarında belirtildiği üzere, Amerikan savaş gemilerinde yangın yalıtımı amaçlı kullanılmaktadır.

Yüksek sıcaklıktaki kullanım alanlarında yalıtım sağlamak amacıyla kullanılmakta olan seramik elyaf battaniyeler geniş spektrumlarda etkili çözüm olanakları sunmaktadır. Bununla birlikte üretim ortamında oluşabilecek nemli, buharlı, yağlı ve asitli ortamlar battaniyelerin termal ve fiziksel özelliklerine büyük oranda etki etmediğinden kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Şekil 3.7'de seramik battaniyeye ait bir gösterim verilmiştir.



Şekil 3.7 : Seramik battaniye

### 3.3 Sentetik Esaslı Malzemeler

Isı yalıtımı performansı açısından, sentetik esaslı malzemeler mineral esaslı malzemelere oranla daha ince kesitlerle daha yüksek özelliklere sahiptirler. Örneğin, mineral esaslı yalıtım malzemelerinin yüksek ısı iletkenliğine sahip olmalarından ötürü tamamen dolu bir yapıya sahip olmasını gerektirirken, sentetik esaslı ürünler kısmi boşluklu bir yapıya sahiptirler. Ancak yangın yalıtımı açısından, sentetik esaslı ürünler çok düşük yangın dayanımına sahiptirler. Çizelge 3.2’de sentetik esaslı yalıtım malzemelerinin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması verilmiştir.

**Çizelge 3.2 :** Sentetik esaslı yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması

Materyal	Yaklaşık Maksimum Dayanma Sıcaklığı, [°C]	Yoğunluk Aralığı [kg/m <sup>3</sup> ]	Isı İletkenliği Aralığı [W/mK]
EPS	80	15-30	0,033-0,040 (10°C için)
XPS	80	15-35	0,025-0,033 (10°C için)
PUR	110	30-160	0,023 (20°C için)

#### 3.3.1 Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS)

Polistiren taneciklerin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması yoluyla elde edilmektedir. Bu ürünlerde taneciklerin şişirilmesi ve köpük elde edilmesi için kullanılan şişirici gaz pentan'dır. Pentan tanecikler içinde çok sayıda küçük gözeneklerin oluşmasını sağladıktan sonra, üretim sırasında ve üretimi takiben çok kısa sürede hava ile yer değiştirir. Malzemenin % 98'i hareketsiz ve kuru havadır. Genleştirilmiş polistiren köpüğe (EPS) ait bir gösterim Şekil 3.8’de verilmiştir.

Bu malzeme dış duvarlarda, bodrum duvarlarında, çatılarda, döşemelerde ve tavanlarda ısı yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır. Isı iletkenlik değeri 0,029-0,041 W/mK olan EPS, en ekonomik yalıtım malzemeleri arasında sayılmaktadır.



**Şekil 3.8 :** Genleştirilmiş polistiren köpük (EPS)

### 3.3.2 Ekstrüde Polistiren Köpük (XPS)

Şekil 3.9'da gösterilen ekstrüde polistiren levha, polistiren hammaddesinin ekstrüzyonla levha halinde çekilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Malzemenin hammaddesi olan tanecikler halindeki polistiren, üretim hattına girdikten sonra eritilir, başka katkı maddeleri eklenip ve köpük yapısının sağlanabilmesi için şişirici gaz olarak genellikle HCFC kullanılmaktadır. Bu karışım belirli ısı ve basınç koşulları altında bir hat boyunca istenilen kalınlıkta çekilmektedir. Hatta çıkan malzemenin boyunun ve yüzey yapısının (kenar binileri, kanallar, pürüzlendirme) ihtiyaçlar doğrultusunda düzenlenmesiyle son ürün elde edilmektedir.



Şekil 3.9 : Ekstrüde polistiren köpük (XPS)

Bu malzeme gemi inşaatında sık kullanılan malzemelerden olmayıp, daha çok binaların dış duvarlarında, toprakla ilişkili temel duvarlarında, çatılarda ve döşemelerde ısı yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır. Isı iletkenlik değeri 0,025-0,035 W/mK'dır.

### 3.3.3 Poliüretan Köpük (PUR)

Poliüretan, poliöl ve izosiyonat adı verilen iki ayrı kimyasal bileşenin bir araya getirilmesi sırasında, havanın yardımıyla bu iki maddenin köpürüp sertleşmesi ile üretilmektedir. Levha, sandviç panel ve püskürtme yöntemiyle kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir. Şekil 3.10'da poliüretan köpüğe ait bir gösterim verilmiştir.



**Şekil 3.10** : Ekstrude poliüretan köpük (PUR)

Özellikle boşluğun sınırlı olduğu ancak yüksek ısı yalıtımı istenen yerlerde kullanılabilir. Poliüretanın ısıl iletkenlik değeri 0,020-0,027 W/mK'dır.

## 4. YALITIM MALZEMESİ SEÇİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

### 4.1 Yalıtım Malzemesi Seçilirken Dikkate Alınan Kriterler

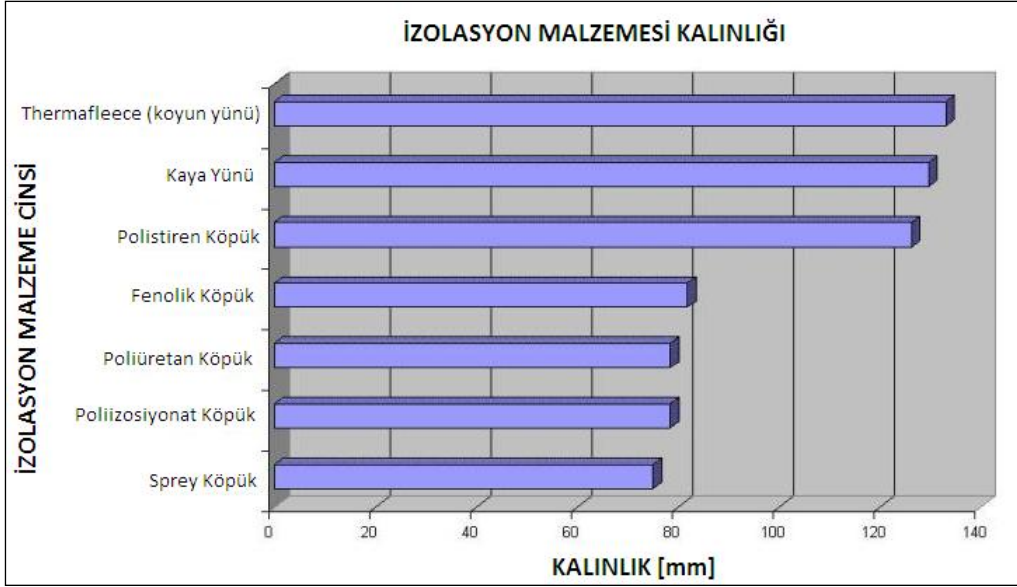
Yalıtım materyallerinin aşağıdaki maddelerdeki gibi birbirinden farklı isterleri karşılayacak nitelikte olması beklenir

- IMO/SOLAS veya muadili kuralların minimum yalıtım isterlerini karşılamak
- Gemide bulunan mahallerde her hangi bir yüzeyde aşırı sıcaklıklar oluşmasını önlemek
- HVAC ve benzer sistemler için, akışkanların belirtilen sıcaklıklarda kalmasını sağlamak
- Gemideki sistemlerin ve cihazların çalışmasını engelleyecek ayrıca personelin sağlığını etkileyecek aşırı düşük/yüksek sıcaklıkları engellemek

Yalıtım malzemesinin seçimi sırasında dizayner tarafından dikkate alınması gereken detaylar genel anlamda şöyledir:

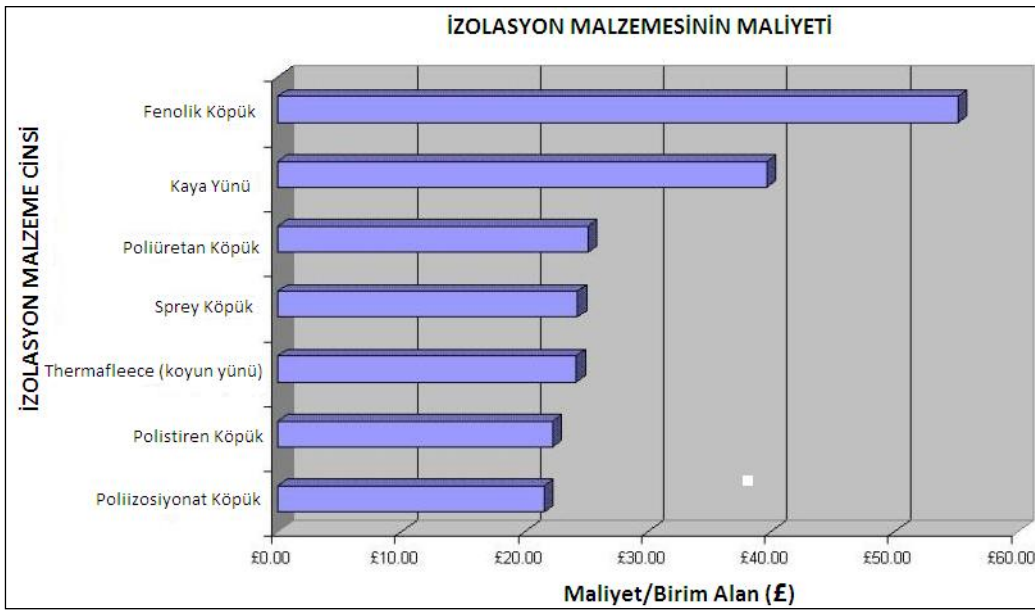
- Yangın koruma sınıfı
- Operasyon sıcaklığı
- Termal iletkenlik
- Akustik sönümleme
- Su buharı geçirgenliği
- Mekanik Dayanım (basınç, titreşim, genleşmeye karşı dayanım, korozyonu önlemek ya da sınırlamak, montajdan önce, sonra ve montaj esnasında fiziksel özelliklerinin sürdürülebilir olması)
- Montaj konfigürasyonu
- Kalınlık
- Ağırlık
- Yoğunluk
- Maliyet

Malzeme seçimine etki eden kriterlerden en önemlilerinden biri, kalınlık kriteridir. Şekil 4.1'deki karşılaştırma grafiğinden de görüleceği üzere, aynı yalıtım yeterliliğine sahip olması için, taş yünü malzemenin, köpük malzemenin yaklaşık 1,5 katı kadar daha kalın olması gerektiği görülmektedir.



Şekil 4.1 : Yalıtım malzemelerinin aynı yalıtım özelliğini sağlamaları için sahip olmaları gereken kalınlıkların karşılaştırılması

Şekil 4.2'de gösterilen maliyet karşılaştırmasına göre ise, köpük malzemenin birim m<sup>2</sup>'si için gereken yaklaşık maliyetin, taş yününün 1,5 katı olduğu belirtilmektedir.



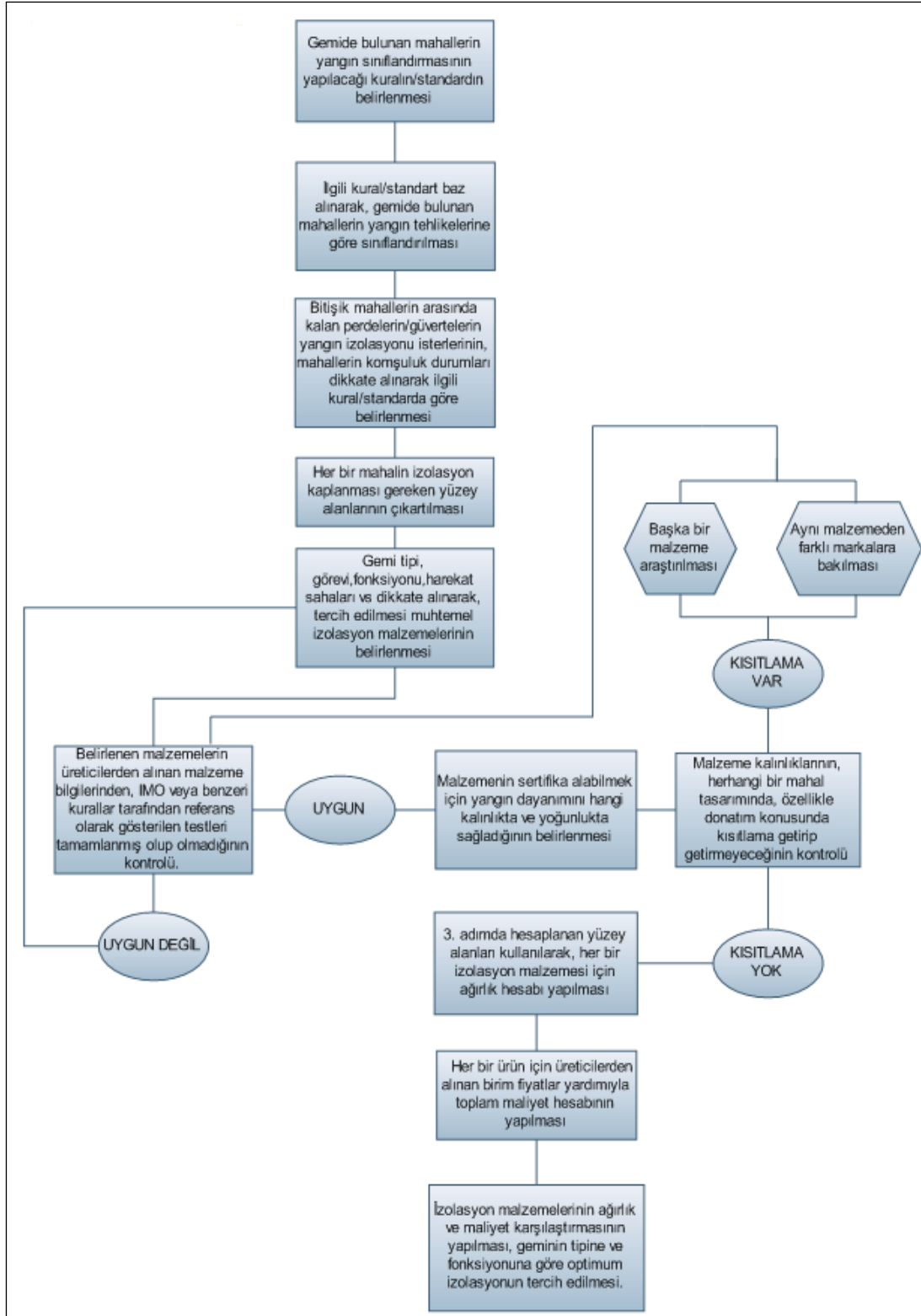
Şekil 4.2 : Yalıtım malzemelerinin aynı yalıtım özelliğini sağlamaları için sahip olmaları gereken kalınlıkların karşılaştırılması

## 4.2 Gemi Dizaynında Kullanılan Yalıtım için İş Akış Şeması

Gemi dizayn sürecinin ilk aşamalarından itibaren dikkate alınan yalıtım planının, hazırlanması ve gemide kullanılacak yalıtım malzemelerine karar verilmesi için takip edilen bir akış şeması oluşturulması faydalı olmaktadır.

Her kural veya standart aynı sınıflandırma kriterlerine sahip olmadığı için, ilk olarak gemideki mahallerin yangın sınıflarının hangi standarda/kurala göre belirlenmesi gerektiğine karar verilmelidir. Seçilen kural veya standarda göre, her bir tip mahal için yangın kategorileri belirlenmeli ve belirlenen yangın kategorileri baz alınarak, bitişik her bir yüzeyin hangi yangın sınıfına sahip olması gerektiğine karar verilmelidir. Ancak, kurallar ve standartlara bakıldığında, isterler çoğunlukla yangın yalıtımını içermektedir. Isı ve ses yalıtımını, gemi dizaynının gereksinimlerine bırakmaktadırlar. Askeri gemilerde; özellikle elektronik ekipmanları içeren kontrol mahallerinde, mahal içerisindeki ısının belli bir değerin üstüne çıkmaması gereken cephanelik ve makina daireleri gibi mahallerde ve geminin muhasım tarafından tespit ve teşhisini zorlaştırmak amacıyla infrared izi azaltmak için, gemide ısı yayan ekipmanların olduğu mahallerde, ısı yalıtımına gerek duyulmaktadır. Ayrıca, yine askeri gemilerde, gürültü yayan ekipmanların bulunduğu mahallerde ve kriterlerin üstünde gürültü tahmini/ölçümü yapılan mahallerde ses yalıtımına ihtiyaç duyulmaktadır. Yangın, ısı ve ses yalıtımı yapılacak yüzeyler belirlendikten sonra, yalıtılacak yüzey alanlarını içeren çizelgeler oluşturulup, değişik yalıtım malzemeleri için ağırlık, hacim ve maliyet kontrolleri yapılmalı ve seçilen malzemelerin, vaat ettiği yangın sınıfını karşıladığına dair bir sertifikası olup olmadığı teyit edilmelidir. Yapılan çizelgeler karşılaştırılarak, geminin tipine ve ihtiyacına göre en uygun olan malzeme seçilebilir.

Şekil 4.3'de, yalıtım malzemesi seçim sürecinde göz önünde bulundurulması gereken kriterlere ilişkin bir akış diyagramı verilmiştir. Bölüm 5'te değişik yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması yapılan karakol botunun yalıtım planının oluşturulması süreci de benzer aşamaları kapsamaktadır.



**Şekil 4.3 :** Yalıtım malzemelerinin aynı yalıtım özelliğini sağlamaları için sahip olmaları gereken kalınlıkların karşılaştırılması

## **5. ASKERİ GEMİLERDE YALITIM SEÇİMİNDE REFERANS ALINAN KURALLAR VE TÜRK LOYDU KURALLARININ YALITIM GEREKLİLİKLERİ**

Ticari ve askeri gemilerin tümü için, pasif yangın koruma amaçlı alınacak tedbirlerin tasarımı yapılırken, ulusal/uluslararası kurumlar tarafından saptanmış ve kabul görmüş emniyet kriterlerinin karşılanması zorunluluğu vardır. Bu kurumlar genelde Det Norske Veritas (DNV), Lloyd's Register (LRS), Germanischer Lloyd (GL) gibi klas kuruluşları olmakla birlikte, IMO bünyesinde yürürlüğe sokulan, yeni şartlara ve teknolojik gelişmelere göre iyileştirilen SOLAS kuralları da, uluslararası kabul görmüş ve karşılanması gereken kuralların başında gelir.

Pasif koruma sistemlerinin tasarımına ek olarak, malzeme tedarikçileri de ürünlerinin, bahsedilen kuralları ve standartları sağladığını ispat etmek durumundadırlar. Klas kuruluşlarının verdiği tip onayı, tüm kısıtları içerecek şekilde, belirli bir materyalin veya yapının kullanılabilme durumunu belgelemektir. Eğer spesifik detaylarla ilgili farklı kurallar mevcutsa, diğer otoritelerin kurallarından yararlanmak gerekmektedir.

Materyallerin, yerli yada yabancı otoritelerine yada klas kuruluşlarına uygunluğunun ispatlanması için, konuyla ilgili kabul görmüş test laboratuvarlarında bir takım testler yürütülmektedir. Testler sırasında, yangına dayanımı onaylanacak materyaller, kurallarda belirtilen en kötü yangın senaryosuna maruz bırakılır. Klas kuruluşları, malzemelerin yanma karakteristiklerini, tutuşma, ısı yayılımı, toksik gaz ve duman gelişimi özelliklerinin test edilmesini beklemektedir.

Gemi yangın emniyeti ile ilgili kuralların isterleri; dizayn hesapları, estetik, fonksiyonellik, maliyet vs gibi komponentleri içeren ve tüm dizayn sürecini etkileyebilecek majör bir husustur.

Önceki dönemlerde, SOLAS’da yer alan “Denizde Can Güvenliği Kuralları”, çelik veya muadili malzeme dışındaki, yani yanıcı parlayıcı özelliği olmayan, inorganik bileşikler içeren malzemeler dışındaki yapı malzemelerini içermiyordu. Bununla birlikte, SOLAS (10. Bölüm), yüksek süratli gemiler için yayımladığı HSC kurallarında, yanıcı ve parlayıcı yapı malzemelerinin kullanımını, bu malzemelerin yangını sınırlayıcı özellikte olması koşuluyla, serbest bırakmıştır. Bu malzemeler ISO 9705’e uygun olarak, oda köşesi (room corner) yangın düzeneği kullanılıp, yangının etkisi ve oluşan dumanın miktarı bakımından test edilmelidir. HSC yönetmeliği ilk olarak 1994 yılında yayımlanmıştır ve gemilerin ihtiyacına uygun olarak zaman için geliştirilmiştir. Bu bağlamda SOLAS’ın diğer kısımlarına göre, en azından yeni yapı malzemelerinin kullanımını olanaklı kılması bakımından daha modern olduğu düşünülmektedir

Ayrıca SOLAS kuralları kapsamında, sıkı kurallara dayalı tasarım yerine, işlevsellik bazlı güvenlik tasarımını olanaklı kılan “Alternatif Tasarım ve Düzenlemeler” yayımlanmıştır.

Klas kuruluşları, ısı yalıtımı ve akustik yalıtımı konusunda standart kurallara sahip değildir. Ancak yangın, enerji karakteristiği gereği daha kuvvetli bir korunma gerektirdiği için, klas kurallarında bu konuda geniş çaplı kural içeriği görmek mümkündür. Bu nedenle, yalıtım gereklilikleri incelenirken, Türk Loydu ve Solas kurallarına göre sadece yangından korunma gerekliliklerine değinilecektir.

## **5.1 Türk Loydu Askeri Gemi ve ya SOLAS Kurallarına Göre Dikkate Alınması Gereken Tanımlar**

Yangın sınırlayıcı malzemeler; TL tarafından kabul edilen bir standarda göre yangın geciktirici özelliği olan malzemelerdir.

Yanmaz malzeme; TL tarafından kabul edilen bir standarda göre belirlenmek koşuluyla, yaklaşık 750 °C’a kadar ısıtıldığında, yanmayan ve kendinden tutuşma için yeterli olacak şekilde yanıcı buhar çıkarmayan bir malzemedir. Bunun dışındaki her malzeme yanıcı malzemedir.

Düşük alev yayma; TL tarafından kabul edilen bir standarda göre belirlenmek koşuluyla, bu şekilde tanımlanan yüzeyin alevin yayılmasını yeterince sınırlaması anlamındadır.

“Çelik veya diğer eşdeğer malzeme” ifadesinde yer alan, **eşdeğer malzeme**, kendi özelliği veya yalıtımı sayesinde, standart yangın testinde alev maruz kalma süresi sonunda çeliğe eşdeğer yapısal ve bütünlük özellikleri gösteren herhangi bir yanmaz malzeme anlamındadır (örneğin; uygun yalıtımlı alüminyum alaşımı).

Duman geçirmez ifadesi; dumanın geçişini önleyebilen yanmaz veya yangın sınırlayıcı malzemelerden yapılan bir bölme anlamındadır.

“A” sınıfı bölmeler; çelik ya da eşdeğer malzemedен imal edilmiş, yeterince güçlendirilmiş, ateşe maruz bulunmayan yüzeyin ortalama sıcaklığı, normal ortam sıcaklığından 140° daha fazla; veya bağlantı noktaları da dahil olmak üzere, hiçbir noktası;

“A-60” bölmeler için, 60 dakika

“A-30” bölmeler için, 30 dakika

“A-15” bölmeler için, 15 dakika

“A-0” bölmeler için, 0 dakika sonunda,

normal ortam sıcaklığından 180° daha fazla sıcaklıkta olmayacak şekilde onaylı ve yanmaz malzeme ile yalıtılmış, duman ve alevin geçişini, bir saatlik standart yangın testi sonuna kadar engelleyebilen, perde ve güvertelerin oluşturduğu bölmelerdir.

“B” sınıfı bölmeler; onaylı yanmaz malzemedен imal edilmiş, ateşe maruz bulunmayan yüzeyin ortalama sıcaklığı, normal ortam sıcaklığından 140° daha fazla, veya; bağlantı noktaları da dahil olmak üzere hiçbir noktası;

“B-15” bölmeler için, 15 dakika

“B-0” bölmeler için, 0 dakika sonunda,

normal ortam sıcaklığından 180° daha fazla sıcaklıkta olmayacak şekilde yalıtım değerine sahip olan, duman ve alevin geçişini, standart bir yangın testinin ilk yarım saatlik kısmının sonuna kadar engelleyebilen, alabanda, güverte, perde ve tavanların oluşturduğu bölmelerdir. [4]

Sığınma mahalli, geminin emniyetini tehlikeye düşürme olasılığı olan koşullarda, bir geminin veya gemideki kişilerin sığınma yeri olarak kullanabileceği doğal ve yapay korunaklı alandır.

Makina Mahalleri Dışındaki Mahaller, Yaşam mahalleri; yemek salonları, dinlenme

salonları, koridorlar, kamaralar, revirler, ofisler, tuvaletler ve benzeri mahallerdir.

Hizmet mahalleri; içinde açık ısıtma yüzeyleri bulunan pişirme cihazlarını içermeksizin, sadece yiyecek ısıtma donanımını içeren büfeleri, dolapları, mağazaları, makina mahalleri içinde yer alanların dışındaki atölyeleri ve benzeri mahaller ile bu mahallerin tanklarını içeren mahallerdir.

Kuzineler; açık ısıtma yüzeyleri bulunan pişirme cihazlarını veya gücü 5 kW'dan büyük olan her türlü pişirmeveya ısıtmadonanımını içeren kapalı mahallerdir.

Kargo mahalleri; özel kategori mahaller ve ro-ro kargo mahalleri hariç, kargo için kullanılan tüm mahaller ve bu mahallerin tanklarını içeren mahallerdir.

Özel kategori mahaller; kapalı ro-ro mahalleri, aynı zamanda bakım işlerinin yapıldığı kapalı helikopter ve sabit kanatlı uçak hangarları, bindirilen birliklerin girdiği, çıkarma gemilerinin, küçük denizaltıların vb.'nin kapalı bölümleridir. Özel kategori mahaller; araçlar, uçaklar vb. için toplam net yükseklik 10 m. yi geçmemek üzere, birden fazla güverteyi içerebilir.

Ro-ro mahalleri; normalde herhangi bir surette bölünmemiş olan ve hareket etmeleri için depolarında yakıt bulunan motorlu araçların, tankların, saldırı araçlarının ve diğer askeri araçların ve/veya askeri malzemelerin, treylerlerin, konteynerlerin, paletlerin, sökülebilir tankların veya benzeri yük üniteleri veya kaplarının, normalde yatay doğrultuda yüklenebildiği ve boşaltılabildiği geminin boyunun önemli bir kısmı veya tamamı boyunca devam eden mahallerdir.

Açık ro-ro mahalleri, aşağıda belirtilen ro-ro mahalleridir

- Her iki ucu da açık olan  
veya,
- Bir ucu açık olan ve tüm uzunlukları boyunca dış kaplamaya yada güverteye dağıtılmış olup; toplam alanı, mahallin toplam borda alanının en az %10'una eşit olan açıklıklara sahip olan mahallerdir

Kontrol istasyonları; köprüüstü, telsiz odası, muharebe bilgi merkezi (CIC), makina kontrol merkezi (MCC), hasar kontrol merkezi (DCC), uçuş kontrol merkezi (FCC), cayro pusula ve benzeri mahaller, acil durum güç kaynağı ve acil durum tevzi tablosunun veya eşdeğeri sistemlerin yer aldığı mahaller ile yangın kayıt ya da yangın kontrol donanımının merkezileştirildiği, sevk kontrolü, genel haberleşme,

dengeleme sistemleri, vb. gibi geminin emniyetli işletimi için esas oluşturan diğer işlevlerin yer aldığı mahallerdir.

İçinde sürekli insan bulunan kontrol istasyonları; gemi normal hizmetini görürken sorumlu bir gemi mürettebatının sürekli olarak bulunduğu bir kontrol istasyonudur.

Toplanma istasyonu; acil bir durumda bindirilmiş birliklerin bir araya gelebildiği, talimatlar aldığı ve gerekirse gemiyi terk etmeye hazırlandığı bir alan veya mahaldir.

Makina mahalleri; Makina mahalleri ana mahaller; toplam gücü 110 kW'dan büyük olan içten yanmalı makinaları, jeneratörleri, yakıt ünitelerini, sevk makinalarını, ana elektrik makinalarını içeren mahaller ile benzeri mahaller ve bu mahaller trunklarıdır.

Yardımcı makina mahalleri; gücü 110 kW'a kadar (110 kW dahil) olan içten yanmalı makinaları, tahrik jeneratörlerini, sprinkler, yağmurlama veya yangın pompalarını, sintine pompalarını vb.ni, yakıt doldurma istasyonlarını, toplam kapasitesi 800 kW'ı geçen tabloları içeren mahaller ile benzeri mahaller ve bu mahallerin trunklarıdır.

Düşük yangın tehlikesi olan veya hiç yangın tehlikesi bulunmayan yardımcı makina mahalleri; soğutma, dengeleme, havalandırma ve iklimlendirme makinalarını, toplam kapasitesi 800 kW veya daha az olan tabloları içeren mahaller ile benzeri mahallerin trunklarıdır [13].

## **5.2 Türk Loydu Tarafından Tüm Gemiler için İstenen Yanmazlık Kısıtlamaları**

Türk Loydu Kuralları, tekne, üst yapı, bünyesel perdeler, güverteler, güverte evleri ve punteller, yeterli yapısal özelliklere sahip yanmaz malzemelerden ve tüm bölme perdeleri, tavanlar veya kaplamaların ise yanmaz veya yangını sınırlayıcı malzemelerden yapılmasını gerektirmektedir. Ayrıca tüm termal ve akustik yalıtımlar yanmaz veya yangına dayanıklı malzemedir olacaktır.

Koridorların, merdiven muhafazalarının ve perdelerin (pencereler dahil) açık yüzeylerinin, tüm yaşama ve hizmet mahalleri ile kontrol istasyonlarındaki duvar ve tavan kaplamalarının asgari bir standart olarak, onaylı düşük alev yayma özellikli malzemelerden yapılması gerekmektedir. Bunlara ek olarak, bahsi geçen yüzeyler yangına maruz kaldıklarında, onaylı yangın testi prosedürü ile belirlenmek üzere, aşırı miktarda duman ve zehirli madde üretmeyecektir

Tekne, üst yapı ve güverte evleri; her iki taraftan da 60 dakikalık yangından yapısal korunma süreli yangına dayanıklı bölmelerle ana düşey bölgelere ayrılacaktır.

### **5.3 Türk Loydu Tarafından SFP (Yangından Yapısal Korunma) Ek Klaslama İşaretli Gemiler için Karşılanması Gereken İlave İstekler**

Tekne, üst yapı ve güverte evleri; her iki taraftan da 60 dakikalık yangından yapısal korunma süreli yangına dayanıklı bölmelerle ana düşey bölgelere ayrılacaktır. Bir ana düşey bölgenin eni ve boyu, bu bölgeyi çevreleyen perdelerin en dış noktaları arasındaki mesafeyi maksimum olacak şekilde alarak, 48 m.ye kadar arttırılabilir. Ana düşey bölgelerin sınırlarını oluşturan perdeler, güverteden güverteye ve bordaya veya diğer sınırlara kadar uzatılacaktır.

Amfibik savaş gemileri veya uçak gemileri gibi özel amaçlar için dizayn edilmiş gemilerde, özellikle ro ro ve araç güvertesi mahallerinde, ana düşey bölge perdeleri oluşturmak geminin çalışma amacına ters düşerse, bu mahallerde yatay bölge kavramı esas alınarak ve etkili bir yangın söndürme sistemi kurularak eşdeğer bir korumanın elde edilmesi gerekir.

### **5.4 Türk Loydu Kurallarına Göre Mahallerin Sınıflandırılması**

Yangın tehlikesi büyük olan alanlar (“A” Sınıfı Mahaller)

- Makine mahalleri,
- Roket siloları veya benzeri yerler,
- Ro-ro mahalleri,
- Tehlikeli yükleri içeren mahaller,
- Özel kategori mahaller,
- Yanıcı sıvıları içeren mağazalar,
- Kuzineler,
- Uçak hangarları, yakıt doldurma ve bakım düzenleri,
- Yukarıdaki mahallere ait trunklar.

Yangın tehlikesi orta derecede olan alanlar (“B” Sınıfı Mahaller)

- Yardımcı makina mahalleri,
- Ranzaları içeren yaşama mahalleri,

- Hizmet mahalleri,
- Yukarıdaki mahallere ait tranklar.

#### Yangın tehlikesi az olan alanlar (“C” Sınıfı Mahaller)

- Yangın tehlikesi az olan veya hiç olmayan yardımcı makina mahalleri
- Kargo mahalleri
- Cephanelikler, torpido, mayın, uçak füzeleri vb. elleçleme ve depolama odaları,
- Tanklar, boş mahaller ve yangın tehlikesi az olan veya hiç olmayan alanlar,
- Yakıt tank bölmeleri,
- Yaşama mahalleri ve merdiven muhafazalarındaki koridorlar,
- “B” sınıfı mahallerinde tanımı belirlenenlerin dışındaki yaşama mahalleri,
- Yukarıdaki mahallere ait tranklar.

#### Kontrol istasyonları (“D” Sınıfı Mahaller)

Türk Loydu Kurallarına göre, “D” Sınıfı Mahal sınıflandırmasına giren tek mahal tipi, kontrol mahalleridir.

#### Tahliye istasyonları ve harici kaçış yolları (“E” Sınıfı Mahaller)

- Kaçış yolları olarak kullanılan harici merdivenler ve açık güverteler,
- İç ve dış toplanma istasyonları,
- Bot ve can salı binme ve bunları indirmek için kullanılan açık güverte mahalleri,
- En az yüklü seyir durumunda, su hattına kadar olan bordalar, can sallarının ve kaçış sisteminin binme alanlarının altındaki ve yanındaki üst yapı ve güverte evi yanları.

#### Açık mahaller (“F” Sınıfı Mahaller)

"Açık mahaller", tahliye istasyonları ve harici kaçış yolları ile kontrol istasyonları dışındaki açık mahalleri içerir.

Yangından yapısal korunma detaylarının onaylanmasında, Türk Loydu gerekli termal bariyerlerin kesişme ve bitim noktalarındaki ısı iletimi tehlikesini dikkate almaktadır. Yangın tehlikesi büyük olan alanlarda ve orta derecede olan alanlardaki ana yük taşıyıcı yapılar ve kontrol istasyonlarını destekleyen yapılar, ilgili yangından koruma süresince yangına maruz kaldıklarında, tekne ve üst yapı konstrüksiyonunda bir bozulma oluşmayacak şekilde yükü dağıtacak tarzda düzenlenmelidir. Yangına dayanıklı bölmelerdeki tüm kapıların ve kapı kasalarının konstrüksiyonu; kapatıldıkları durumdaki emniyete alma düzenleri ile birlikte, yangına, duman ve alev geçişine, üzerinde yer aldıkları perdelerinkine eşdeğer düzeyde direnç göstermelidir. Ancak çelik su geçirmez kapıların yalıtılmasına gerek yoktur.

Genelde, uçuş güvertesinin yapısı çelik veya eşdeğeri malzemedен inşa edilir. Eğer uçuş güvertesi bir güverte evi veya üst yapının güvertesini oluşturuyorsa, bu güverte onaylı 60 dakika yangından koruma standardına göre yalıtılmalıdır.

Aşağıda Türk Loydu kurallarına ait, bölmelerin ve perdelerin yangından yapısal korunma sürelerine ilişkin tablo verilmiştir. Bu tabloda, diyagonal çizginin her bir tarafında yer alan rakamlar, bölmenin ilgili tarafındaki korunma sistemi için gerekli yangından yapısal korunma süresini ifade eder. Çelik yapı kullanıldığında ve tablodaki bir bölme için iki farklı yangından korunma süresi gerektiğinde, büyük olanının uygulanması gerekmektedir.

		Kullanılan mahallin sınıflandırılması					
		A	B	C	D	E	F
Kullanılan mahallin sınıflandırılması	Bir taraf						
	Diğer taraf						
	A Yangın tehlikesi büyük olan alanlar	60 (1),(2)	30 (1)	(3)	(1),(3),(4)	(3)	-
	B Yangın tehlikesi orta derecede olan alanlar	60 (1),(2)	60 (1)	60 (1),(8)	60 (1)	60 (1)	60 (1),(7),(9)
	C Yangın tehlikesi az olan alanlar		(1),(2),(6),(10)	(3),(10)	(1),(3),(4)	(3)	-
	D Kontrol istasyonları		(1),(2),(6),(10)	(1),(6),(10)	60 (1)	(1),(6)	(3)
E Tahliye istasyonları ve kaçış yolları			(2),(3),(10)	(1),(3),(4)	(3)	(3)	
F Açık mahaller				(1),(2),(3),(4)	(3)	-	
				(1),(2),(3),(4)	(1),(3),(4)	(3)	
					(2),(3)	-	
					(2),(3)	(3)	
						-	

**Şekil 5.1** : Bölme perdeleri ve güverteleri için yapısal korunma süreleri

Mahallerin yapısal yangından korunma süreleri ile ilgili tablo için ilave açıklamalar, aşağıdaki gibidir:

- (1) Mahallerin güvertelerinin üst kısımlarının yalıtımına gerek yoktur.
- (2) Bitişik olan mahallerin aynı alfabetik kategoride olması durumunda, (2) indisi varsa, ulusal kurallara göre gereksiz bulunuyorsa, bu mahaller arasında bir perde veya güverte konulmasına gerek yoktur. Örneğin; iki depo arasında perde konulmasına gerek yoktur. Ancak, bir makina mahali ile bir özel kategori mahal arasında, bunlar aynı kategoride yer alsalar dahi, bir perde gereklidir.
- (3) Yangından yapısal korunma isteği yoktur, ancak yanmaz veya yangın sınırlayıcı malzemeden yapılan duman-geçirmez bölme gereklidir.

- (4) Aynı zamanda yardımcı makina mahalleri olan kontrol istasyonları için, 30 dakikalık yangından yapısal koruma sağlanacaktır.
- (5) Tabloda sadece (-) varsa, sınırların malzemesi veya bütünlüğü ile ilgili özel bir istek yoktur.
- (6) Yangından koruma süresi 0 dakikadır ve standart yangın testinin ilk 30 dakikası ile belirlenen şekilde, duman ve alevin geçişini önleme süresi 30 dakikadır.
- (7) Yangına dayanıklı bölmelerin A.2.1.6.5'e uygun olmasına gerek yoktur.
- (8) Boş mahallere bitişik yangına dayanıklı bölmelerin A.2.1.6.5'e uygun olmasına gerek yoktur.
- (9) Acil bir durumda mürettebatın girmesine gerek olmayan, geminin ana yük taşıyan yapısını oluşturmayan, açık ro-ro mahallerindeki kısımlar için yangından koruma süresi 0 dakikaya kadar indirilebilir.
- (10) Eğer bölmeler; her iki taraftan, koridorları, yaşama mahallerini veya yaşama mahallerindeki yalıtılmış dolapları ve küçük depoları ayırıyorsa (alanı 4 m<sup>2</sup>'den küçük ve içinde yanıcı sıvı bulunmayan dolaplar ve depolar), duman geçirmezlik gerekli değildir

## **6. KARAKOL BOTU TİPİ BİR GEMİNİN YALITIM SİSTEMİNİN AĞIRLIK, HACİM VE MALİYET YÖNÜNDEN İNCELENMESİ**

Karakol Botu sınıfı bir geminin yalıtım malzemesi seçimi yapılırken en önemli kriterlerden biri ağırlıktır. Teknenin sınıfı ve hareket kabiliyeti gereği, genellikle 25 knot ve üstü sürat yapması beklendiği için, sadece yalıtım seçimi yaparken değil, diğer tüm dizayn komponentleri için, ağırlık, önemle üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur. Maliyet ve hacim ikinci planda düşünülmesi gereken kriterlerdir.

Karakol Botu sınıfı bir geminin yalıtım planı hazırlanırken dikkate alınan hususlar aşağıdaki gibidir. Ayrıca, değişik tip malzemelerin karşılaştırmalarının yapılabilmesi için de aşağıdaki maddeler dikkate alınmıştır.

- 1) Teknenin genel planı referans alınarak, “Türk Loydu Yüksek Süratli Tekneler Kuralları” ‘na göre, her bir mahalin yangın riski belirlenmiştir
- 2) İlk aşamadaki veriler kullanılarak, tekneye ait yangın yalıtım planı üzerinde, her bir bitişik bölme ya da güvertenin hangi tip yangın yalıtımına sahip olması gerektiği işaretlenmiştir.
- 3) Yüzeyle ait alan ve yalıtım tipi (yangın yada ısı yalıtımı) bilgilerini içeren veriler çizelgelerle gösterilmiştir.
- 4) Piyasada ilgili yalıtım sınıfına ait ürünler araştırılıp, öncelikle ağırlık yönünden en uygun malzeme tercih edilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak Bölüm 3.1.2’de özellikleri açıklanan taş yünü malzemesine göre hesap yapılmıştır. İkinci olarak ise, 3.1.4’de özellikleri açıklanan seramik esaslı yalıtım malzemesine ait ağırlık hesapları yapılmıştır. (3) No’lu aşamada oluşturulan çizelgelerde, her iki malzemeye ait ağırlık değerleri hesaplanmıştır.
- 5) Karşılaştırma sonuçları, ağırlık, hacim ve maliyet bakımından karşılaştırılarak, daha iyi anlaşılabilmesi açısından grafiklerle sunulmuştur.

6) Karşılaştırma çizelgelerinde kullanılan malzemeler ve bu malzemelere ait fiziksel özellikler, Çizelge 6.1’de gösterilmiştir:

**Çizelge 6.1 :** Karşılaştırma çizelgelerinde kullanılan malzemelere ait yoğunluk ve kalınlık bilgileri

YALITIM MALZEMESİ	YALITILAN YÜZEY	YANGIN SINIFI	YOĞUNLUK VE KALINLIK
ULTIMATE MALZEME (Düşey Perdeler İçin)	Eleman Üzerinde	A60	66 kg/m <sup>3</sup> 30 mm
	Sac Yüzeyinde	A60	66 kg/m <sup>3</sup> 60 mm
	Eleman Üzerinde	A30	66 kg/m <sup>3</sup> 30 mm
	Sac Yüzeyinde	A30	36 kg/m <sup>3</sup> 60 mm
ULTIMATE MALZEME (Güverteler İçin)	Eleman Üzerinde	A60	66 kg/m <sup>3</sup> 30 mm
	Sac Yüzeyinde	A60	36 kg/m <sup>3</sup> 60 mm
	Eleman Üzerinde	A30	66 kg/m <sup>3</sup> 30 mm
	Sac Yüzeyinde	A30	24 kg/m <sup>3</sup> 50 mm
CAM YÜNÜ	Eleman ve Sac Yüzeyinde	-	240 kg/m <sup>3</sup> 12 mm
SERAMİK BATTANIYE (Fire Blanket)	Eleman ve Sac Yüzeyinde	-	116 kg/m <sup>3</sup> 47 mm
SERAMİK BATTANIYE (Fire Blanket)	Eleman ve Sac Yüzeyinde	-	113 kg/m <sup>3</sup> 31,3 mm
KÖPÜK MALZEME	Eleman ve Sac Yüzeyinde	-	29,2 kg/m <sup>3</sup> 25 mm

## 6.1 Yalıtım Malzemelerinin Ağırlık Yönünden Karşılaştırılması

### 6.1.1 Ultimate Mineral Yünü Ağırlık Hesabı

Hem yangın hem de ısı yalıtımı için ultimate mineral yünü kullanılması durumundaki yalıtım ağırlıkları ve mahal bazındaki ağırlık dağılımları Çizelge 6.2 ve 6.3’de gösterildiği gibidir.

**Çizelge 6.2 :** Karakol Botu Sınıfı bir Gemi için Ultimate Mineral Yünü Ağırlıkları (yangın yalıtımı için)

	MAHALİN ADI	YANGIN SINIFI	YÜZEY ALANI [m <sup>2</sup> ]	ELEMAN ALANI [m <sup>2</sup> ]	SAC YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	PROFİL YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	TOPLAM YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	
A	Makina Mahalleri (Perde)	A60	62,54	27,52	247,66	54,48	302,14	673,10	
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Makina Mahalleri (Güverte)	A60	122,38	53,85	264,34	106,62	370,96		
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Kuzine (Perde)	A60	24,20	10,65	95,83	21,08	116,92	135,88	
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Kuzine (Güverte)	A60	6,26	2,75	13,51	5,45	18,96		
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Tehlikeli madde içeren mahaller (Perde)	Tehlikeli madde içeren mahaller (Perde)	A60	60,00	26,40	237,59	52,27	289,86	298,95
			A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Tehlikeli madde içeren mahaller (Güverte)	A60	3,00	1,32	6,48	2,61	9,09	
			A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
B	Yardımcı Makina Mahalleri (Perde)	A60	6,40	2,82	25,34	5,58	30,92	30,92	
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Yardımcı Makina Mahalleri (Güverte)	A60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Yataklı Yaşam Mahalleri (Perde)	A60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,14	
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Yataklı Yaşam Mahalleri (Güverte)	A60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	A30	3,93	1,73	4,72	3,42	8,14			
C	Yangın tehlikesi olmayan mahaller (Perde)	A60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92,05	
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Yangın tehlikesi olmayan mahaller (Güverte)	A60	21,90	9,64	47,30	19,08	66,38		
		A30	12,39	5,45	14,87	10,79	25,66		

**Çizelge 6.3 :** Karakol Botu Sınıfı bir Gemi için Ultimate Mineral Yünü Ağırlıkları (yangın yalıtımı için) (devamı)

	MAHALİN ADI	YANGIN SINIFI	YÜZEY ALANI [m <sup>2</sup> ]	ELEMAN ALANI [m <sup>2</sup> ]	SAC YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	PROFİL YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	TOPLAM YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	
C	Koridorlar (Perde)	A60	10,58	4,66	41,90	9,22	51,11	88,73	
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Koridorlar (Güverte)	A60	2,98	1,31	6,44	2,60	9,03		
		A30	13,80	6,07	16,56	12,02	28,58		
	Depolama Mahalleri (Perde)	A60	8,50	3,74	33,66	7,41	41,07	84,42	
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Depolama Mahalleri (Güverte)	A60	6,00	2,64	12,96	5,23	18,19		
		A30	12,15	5,35	14,58	10,59	25,17		
	D	Yataksız Yaşam Mahalleri (Perde)	A60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88,51
			A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Yataksız Yaşam Mahalleri (Güverte)		A60	14,20	6,25	30,67	12,37	43,04		
		A30	21,95	9,66	26,34	19,12	45,46		
D	Kontrol İstasyonları (Perde)	A60	4,51	1,98	17,86	3,93	21,79	330,88	
		A30	98,60	43,38	212,98	85,90	298,88		
	Kontrol İstasyonları (Güverte)	A60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
		A30	4,93	2,17	5,92	4,30	10,21		

**Çizelge 6.4 :** Karakol botu sınıfı bir gemi için ultimate mineral yünü ağırlıkları (ısı yalıtımı için)

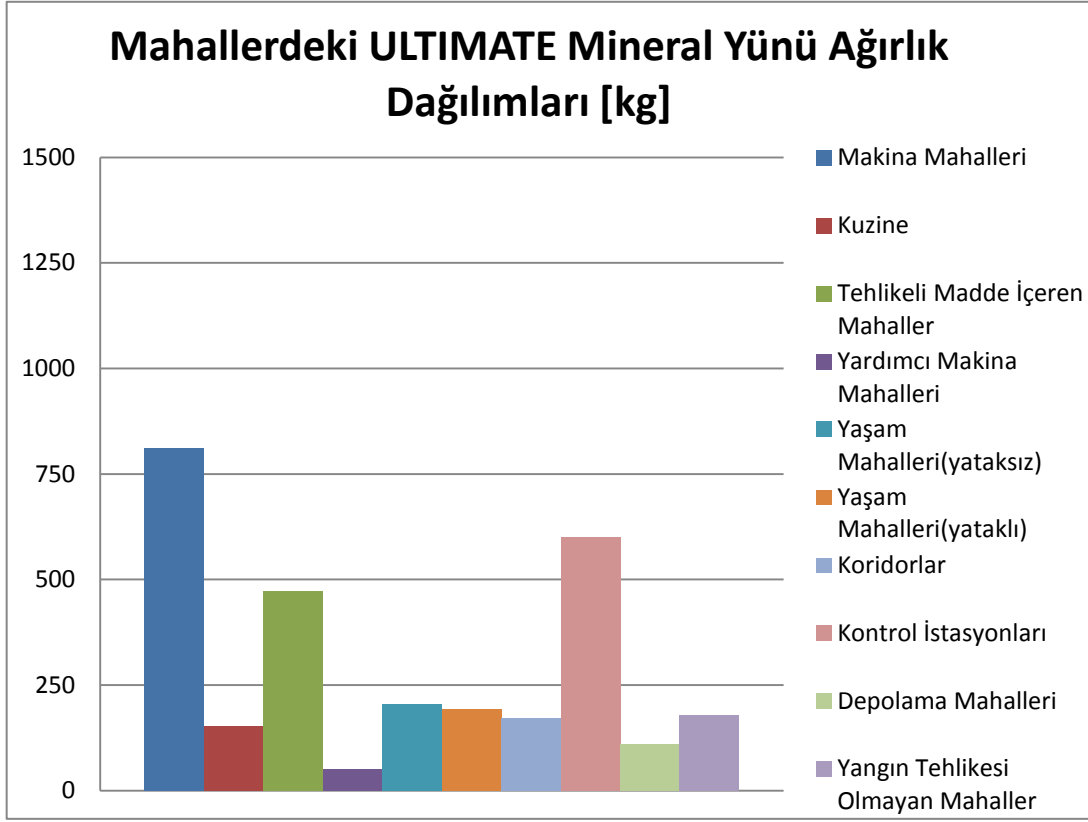
	MAHALİN ADI	YANGIN SINIFI	YÜZEY ALANI [m <sup>2</sup> ]	ELEMAN ALANI [m <sup>2</sup> ]	SAC YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	PROFİL YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	TOPLAM YALITIM AĞIRLIĞI [kg]
A	Makina Mahalleri	B0	80,03	35,21	96,04	42,26	138,29	138,29
	Kuzine	B0	10,00	4,40	12,00	5,28	17,28	17,28
	Tehlikeli madde içeren mahaller	B0	100,65	44,29	120,78	53,14	173,92	173,92
B	Yardımcı Makina Mahalleri	B0	11,80	5,19	14,16	6,23	20,39	20,39
	Yataklı Yaşam Mahalleri	B0	107,24	47,19	128,69	56,62	185,31	185,31
C	Yangın tehlikesi olmayan mahaller	B0	49,85	21,93	59,82	26,32	86,14	86,14
	Koridorlar	B0	48,07	21,15	57,68	25,38	83,06	83,06
	Depolama Mahalleri	B0	15,14	6,66	18,17	7,99	26,16	26,16
	Yataksız Yaşam Mahalleri	B0	66,67	29,33	80,00	35,20	115,21	115,21
D	Kontrol İstasyonları	B0	156,01	68,64	187,21	82,37	269,59	269,59

Karakol Botu tipi bir askeri gemide, hem yangın hem de ısı yalıtımı için ultimate mineral yünüden oluşan malzeme kullanıldığında, Çizelge 6.4’de gösterildiği gibi % 62’si yangın yalıtımı (1832 kg) ve % 38’i ısı yalıtımından (1115 kg) gelmek üzere, toplam 2947 kg yalıtım bulunmuştur.

**Çizelge 6.5 :** Ultimate mineral yünü ağırlık dağılımı

MAHALERDEKİ ULTIMATE MİNERAL YÜNÜ AĞIRLIK DAĞILIMLARI [kg]	
Makina Mahalleri	811,39
Kuzine	153,16
Tehlikeli Madde İçeren Mahaller	472,88
Yardımcı Makina Mahalleri	51,31
Yaşam Mahalleri (yataksız)	203,71
Yaşam Mahalleri (yataklı)	193,45
Koridorlar	171,79
Kontrol İstasyonları	600,46
Depolama Mahalleri	110,58
Yangın Tehlikesi Olmayan Mahaller	178,19
TOPLAM=	2947

Şekil 6.1’de ultimate mineral yünü yalıtım malzemesi kullanıldığında, mahallere göre ağırlık dağılımları verilmiştir.



**Şekil 6.1 :** Ultimate mineral yünü yalıtım malzemesi ağırlığının mahallere göre dağılımının grafiksel gösterimi

2947 kilogram ağırlığındaki toplam yalıtımın mahallere göre dağılımı yukarıdaki Şekilde gösterilmiştir. Bu grafiğe göre, en çok yalıtım malzemesi kullanılan mahaller; makina ve yardımcı makina mahalleri, kontrol istasyonları ve tehlikeli madde içeren mahallerdir. Bahse konu mahallerdeki yalıtım miktarı, toplam yalıtımın yaklaşık % 66’sı kadardır.

### 6.1.2 Ultimate Mineral Yünü - Cam Yünü Ağırlık Hesabı

Yangın yalıtımı olarak ultimate mineral yünü, ısı yalıtımı olarak ise cam yünü kullanılması durumundaki yalıtım ağırlıkları Çizelge 6.5’deki gibidir. Cam yünü yalıtım malzemesi, tek başına yangında oluşabilecek sıcaklıklara karşı dayanıklı bir malzeme olmadığı için, yangın yalıtımı olarak Çizelge 6.2’de hesaplanan ultimate mineral yünü ağırlık tablosu dikkate alınacaktır.

**Çizelge 6.6 :** Karakol botu sınıfı bir gemi için cam yünü ağırlıkları (ısı yalıtımı için)

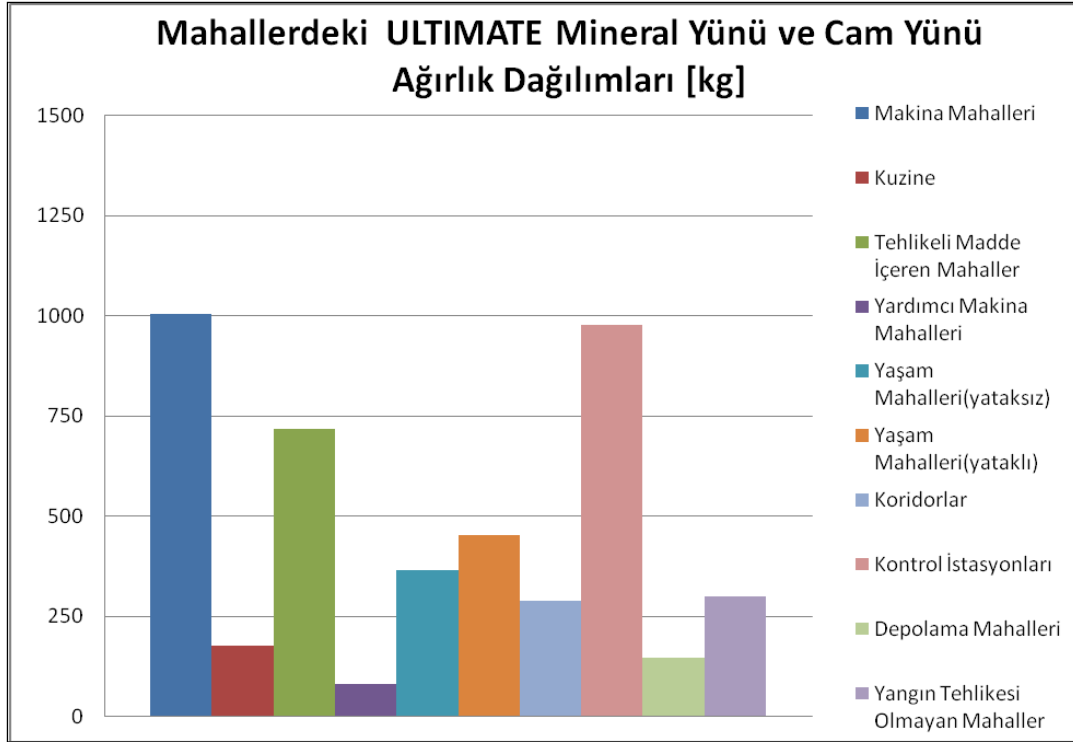
	MAHALİN ADI	YANGIN SINIFI	YÜZEY ALANI [m <sup>2</sup> ]	ELEMAN ALANI [m <sup>2</sup> ]	SAC YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	PROFİL YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	TOPLAM YALITIM AĞIRLIĞI [kg]
A	Makina Mahalleri	B0	80.03	35.21	230.49	101.41	331.90
	Kuzine	B0	10.00	4.40	28.80	12.67	41.47
	Tehlikeli madde içeren mahaller	B0	100.65	44.29	289.87	127.54	417.42
B	Yardımcı Makina Mahalleri	B0	11.80	5.19	33.98	14.95	48.94
	Yataklı Yaşam Mahalleri	B0	107.24	47.19	308.85	135.89	444.75
C	Yangın tehlikesi olmayan mahaller	B0	49.85	21.93	143.57	63.17	206.74
	Koridorlar	B0	48.07	21.15	138.44	60.91	199.36
	Depolama Mahalleri	B0	15.14	6.66	43.60	19.19	62.79
	Yataksız Yaşam Mahalleri	B0	66.67	29.33	192.01	84.48	276.49
D	Kontrol İstasyonları	B0	156.01	68.64	449.31	197.70	647.00

Çizelge 6.5 dikkate alınarak yapılan hesap sonucunda, toplam cam yünü ısı yalıtımı ağırlığı 2676,85 kg olarak bulunmuştur. Çizelge 6.2’de belirtilen tablonun verilerine göre ise ultimate mineral yünü yangın yalıtımı 1831,57 kg olarak bulunmuştur. Yani toplam yalıtım 4508,42 kg olacaktır.

Çizelge 6.6’da ve Şekil 6.2’de, yangın yalıtımı için mineral yünü, ısı yalıtımı için cam yünü kullanıldığında, mahal bazındaki yalıtım ağırlık dağılımları verilmiştir.

**Çizelge 6.7 :** Mineral yünü ve cam yünü ağırlık dağılımları

<b>MAHALLERDEKİ ULTIMATE MİNERAL YÜNÜ ve CAM YÜNÜ AĞIRLIK DAĞILIMLARI [kg]</b>	
Makina Mahalleri	1005,00
Kuzine	177,35
Tehlikeli Madde İçeren Mahaller	716,37
Yardımcı Makina Mahalleri	79,86
Yaşam Mahalleri (yataksız)	365,00
Yaşam Mahalleri (yataklı)	452,89
Koridorlar	288,09
Kontrol İstasyonları	977,88
Depolama Mahalleri	147,21
Yangın Tehlikesi Olmayan Mahaller	298,78
TOPLAM=	4508



**Şekil 6.2 :** Ultimate mineral yünü yalıtım malzemesi ağırlığının mahallere göre dağılımının grafiksel gösterimi

Şekil 6.2 incelendiğinde, makina mahalleri için yapılan toplam 1005 kg yalıtım ile kontrol istasyonlarındaki toplam 978 kg yalıtım ağırlığının, toplam yalıtım ağırlığının yaklaşık %50 sini oluşturduğu görülmektedir.

### 6.1.3 Seramik Battaniye (Fire Blanket) - Köpük Ağırlık Hesabı

Bu bölümde, karakol botu sınıfı bir gemi için; yangın yalıtımı olarak seramik malzeme, ısı yalıtımı olarak köpük kullanıldığındaki mahal bazında yalıtım ağırlıkları hesaplanmış olup, Çizelge 6.7’de seramik malzeme için, Çizelge 6.8’de köpük malzeme için ağırlık hesapları gösterilmiştir.

**Çizelge 6.8 :** Karakol Botu Sınıfı bir Gemi için Seramik Battaniye (fire blanket) Ağırlıkları (yangın yalıtımı için)

	MAHALİN ADI	YANGIN SINIFI	YÜZEY ALANI [m <sup>2</sup> ]	ELEMAN ALANI [m <sup>2</sup> ]	SAC YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	PROFİL YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	TOPLAM YALITIM AĞIRLIĞI [kg]
A	Makina Mahalleri	A60	184,92	81,36	1008,18	443,60	1451,78	1451,78
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Kuzine	A60	30,46	13,40	166,05	73,06	239,11	239,11
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Tehlikeli madde içeren mahaller (Perde)	A60	63,00	27,72	343,46	151,12	494,59	494,59
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
B	Yardımcı Makina Mahalleri	A60	6,40	2,82	34,89	15,35	50,25	50,25
		A30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Yataklı Yaşam Mahalleri	A60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,70
		A30	3,93	1,73	14,27	9,43	23,70	
C	Yangın tehlikesi olmayan mahaller (Perde)	A60	21,90	9,64	119,40	52,54	171,93	246,64
		A30	12,39	5,45	44,99	29,72	74,71	
	Koridorlar	A60	13,56	5,97	73,93	32,53	106,46	189,67
		A30	13,80	6,07	50,11	33,10	83,21	
	Depolama Mahalleri	A60	14,50	6,38	79,05	34,78	113,84	187,10
		A30	12,15	5,35	44,11	29,15	73,26	
	Yataksız Yaşam Mahalleri	A60	14,20	6,25	77,42	34,06	111,48	243,83
		A30	21,95	9,66	79,70	52,66	132,35	
D	Kontrol İstasyonları	A60	4,51	1,98	24,59	10,82	35,41	659,66
		A30	103,53	45,55	375,90	248,36	624,25	

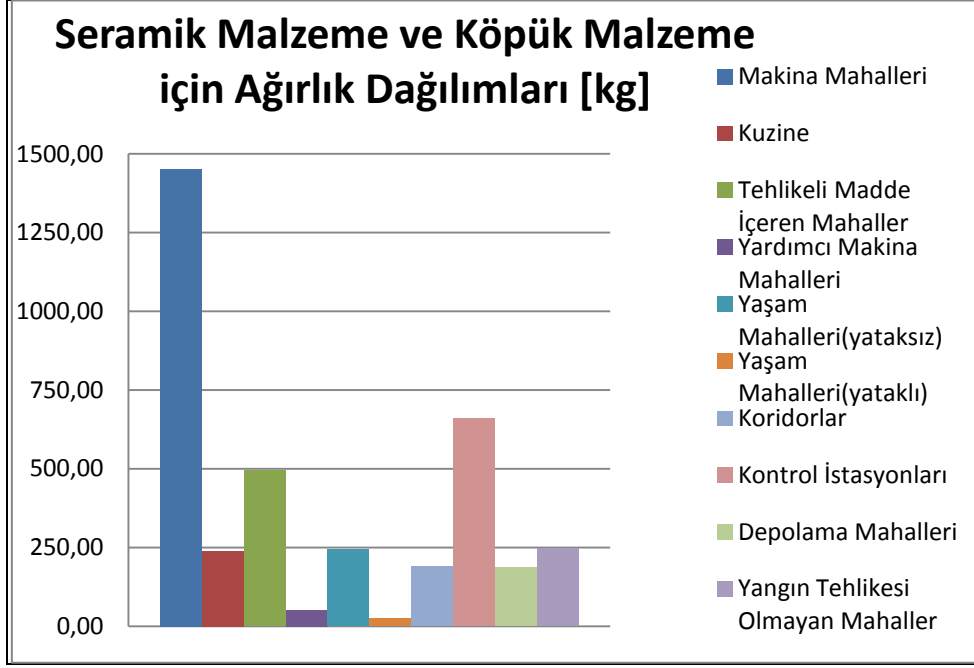
**Çizelge 6.9 :** Karakol Botu Sınıfı bir Gemi için Köpük Malzeme Ağırlıkları (ısı yalıtımı için)

	MAHALİN ADI	YÜZEY ALANI [m <sup>2</sup> ]	ELEMAN ALANI [m <sup>2</sup> ]	SAC YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	PROFİL YALITIM AĞIRLIĞI [kg]	TOPLAM YALITIM AĞIRLIĞI [kg]
A	Makina Mahalleri	80,03	35,21	109,83	48,33	158,16
	Kuzine	10,00	4,40	13,72	6,04	19,76
	Tehlikeli madde içeren mahaller	100,65	44,29	138,13	60,78	198,91
B	Yardımcı Makina Mahalleri	11,80	5,19	16,19	7,13	23,32
	Yataklı Yaşam Mahalleri	107,24	47,19	147,18	64,76	211,93
C	Yangın tehlikesi olmayan mahaller	49,85	21,93	68,41	30,10	98,52
	Koridorlar	48,07	21,15	65,97	29,03	95,00
	Depolama Mahalleri	15,14	6,66	20,78	9,14	29,92
	Yataksız Yaşam Mahalleri	66,67	29,33	91,50	40,26	131,76
D	Kontrol İstasyonları	156,01	68,64	214,11	94,21	308,32

Çizelge 6.9’da ve Şekil 6.3’de mahallerdeki toplam yalıtım ağırlıkları, mahal bazında değerlendirilmiştir.

**Çizelge 6.10 :** Seramik malzeme ve köpük malzeme toplam ağırlık dağılımları

<b>MAHALLERDEKİ SERAMİK MALZEME ve KÖPÜK MALZEME AĞIRLIK DAĞILIMLARI [kg]</b>	
Makina Mahalleri	1609,94
Kuzine	258,87
Tehlikeli Madde İçeren Mahaller	693,50
Yardımcı Makina Mahalleri	73,57
Yaşam Mahalleri (yataksız)	375,59
Yaşam Mahalleri (yataklı)	235,63
Koridorlar	284,67
Kontrol İstasyonları	967,98
Depolama Mahalleri	217,02
Yangın Tehlikesi Olmayan Mahaller	345,16
<b>TOPLAM=</b>	<b>5062</b>

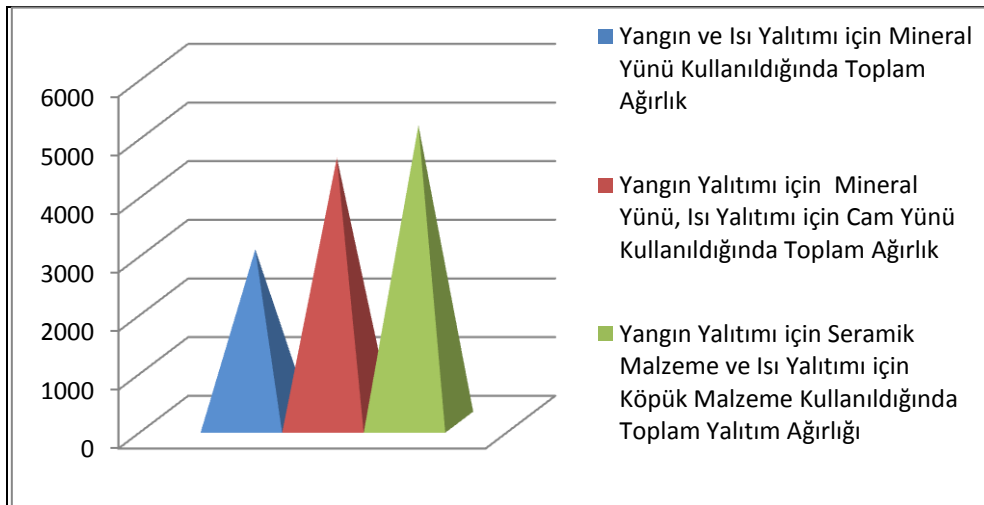


**Şekil 6.3 :** Ultimate mineral yünü yalıtım malzemesi ağırlığının mahallere göre dağılımının grafiksel gösterimi

Şekil 6.3'e göre, yangın yalıtımı için seramik malzeme, ısı yalıtımı için köpük malzeme kullanıldığında, makina mahallerindeki yalıtım ağırlığı, mineral yününe göre % 90 oranında artmaktadır. Daha çok ısı yalıtımı kullanılan kontrol mahallerinde ise yalıtım ağırlığı düşmektedir.

#### 6.1.4 Yalıtım Malzemelerinin Ağırlık Dağılımları

Şekil 6.4'de karakol botu için incelenen değişik yalıtım malzemeleri, ağırlık bakımından değerlendirilmiştir.



**Şekil 6.4 :** Karakol botu için incelenen yalıtım uygulama modellerinin ağırlık (kg) yönünden karşılaştırılması

Şekil 6.4'e göre, en fazla ağırlık, seramik malzemenin yangın izolasyonu olarak, köpük malzemenin de ısı yalıtımı olarak kullanıldığı durumda ortaya çıkmaktadır. Cam yünü için de seramik malzemeye yakın bir ağırlık değeri çıkmakta olup, en az ağırlık, mineral yünü kullanımıyla elde edilmektedir.

## 6.2 Yalıtım Malzemelerinin Hacim Yönünden Karşılaştırılması

### 6.2.1 Ultimate Mineral Yünü için Hacim Hesabı

Yangın ve ısı yalıtımı için hem taş yünü hem de cam yünü özelliklerini içeren ultimate malzeme kullanılması durumunda, yalıtım malzemelerinin kapladığı hacim değerleri Çizelge 6.10'da ve Çizelge 6.11'de gösterildiği gibidir.

**Çizelge 6.11** : Karakol botu sınıfı bir gemi için ultimate mineral yünü hacim değerleri (yangın yalıtımı için)

	MAHALİN ADI	YANGIN SINIFI	YÜZEY ALANI [m <sup>2</sup> ]	ELEMAN ALANI [m <sup>2</sup> ]	SAC YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]	PROFİL YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]	YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]	TOPLAM YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]	
A	Makina Mahalleri (Perde)	A60	62.54	27.52	3.75	0.83	4.58	13.54	
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Makine Mahalleri (Güverte)	A60	122.38	53.85	7.34	1.62	8.96		
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Kuzine (Perde)	A60	24.20	10.65	1.45	0.32	1.77	2.23	
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Kuzine (Güverte)	A60	6.26	2.75	0.38	0.08	0.46		
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Tehlikeli madde içeren mahaller (Perde)	A60	60.00	26.40	3.60	0.79	4.39	4.61	
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Tehlikeli madde içeren mahaller (Güverte)	A60	3.00	1.32	0.18	0.04		0.22
	A30		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
B	Yardımcı Makina Mahalleri (Perde)	A60	6.40	2.82	0.38	0.08	0.47		0.47
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Yardımcı Makina Mahalleri (Güverte)	A60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Yataklı Yaşam Mahalleri (Perde)	A60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Yataklı Yaşam Mahalleri (Güverte)	A60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	A30	3.93	1.73	0.20	0.05	0.25			

**Çizelge 6.11 : Karakol botu sınıfı bir gemi için ultimate mineral yünü hacim değerleri (yangın yalıtımı için) (devamı)**

C	Yangın tehlikesi olmayan mahaller (Perde)	A60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.39	
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Yangın tehlikesi olmayan mahaller (Güverte)	A60	21.90	9.64	1.31	0.29	1.60		
		A30	12.39	5.45	0.62	0.16	0.78		
	Koridorlar (Perde)	A60	10.58	4.66	0.63	0.14	0.77		1.86
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Koridorlar (Güverte)	A60	2.98	1.31	0.18	0.04	0.22			
	A30	13.80	6.07	0.69	0.18	0.87			
C	Depolama Mahalleri (Perde)	A60	8.50	3.74	0.51	0.11	0.62	1.83	
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Depolama Mahalleri (Güverte)	A60	6.00	2.64	0.36	0.08	0.44		
		A30	12.15	5.35	0.61	0.16	0.77		
	Yataksız Yaşam Mahalleri (Perde)	A60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		2.43
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Yataksız Yaşam Mahalleri (Güverte)	A60	14.20	6.25	0.85	0.19	1.04			
	A30	21.95	9.66	1.10	0.29	1.39			
D	Kontrol İstasyonları (Perde)	A60	4.51	1.98	0.27	0.06	0.33	7.86	
		A30	98.60	43.38	5.92	1.30	7.22		
	Kontrol İstasyonları (Güverte)	A60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		A30	4.93	2.17	0.25	0.07	0.31		

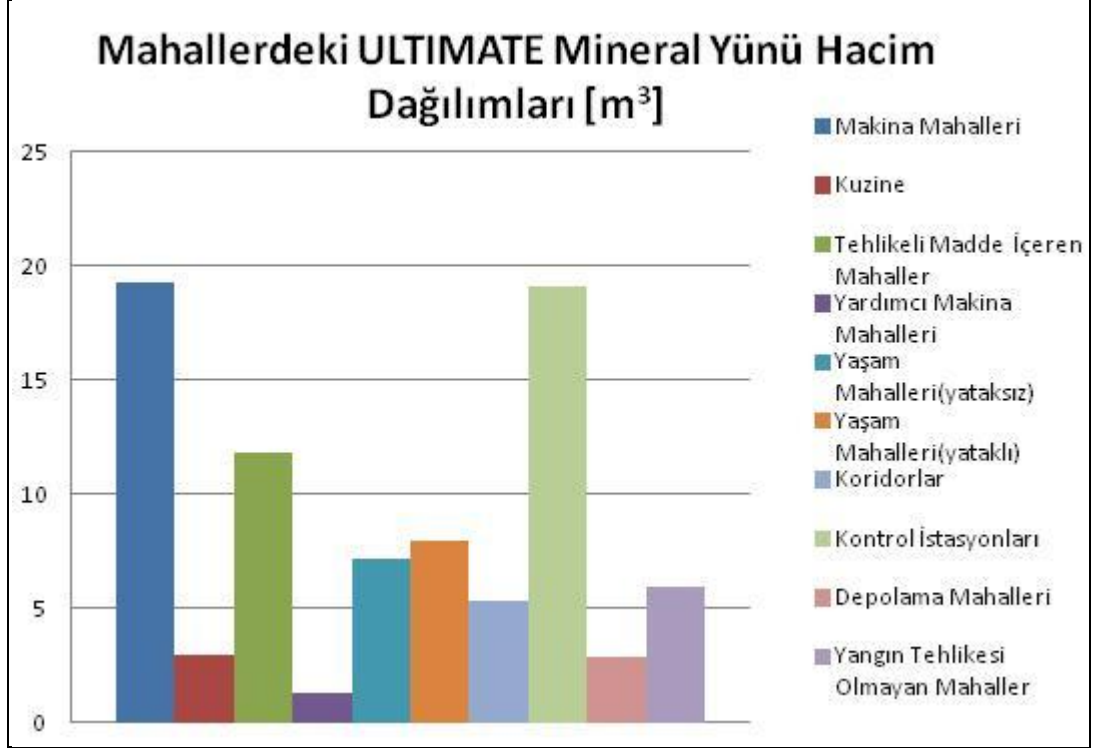
**Çizelge 6.12 :** Karakol botu sınıfı bir gemi için ultimate mineral yünü hacim değerleri (ısı yalıtımı için)

	MAHALİN ADI	YANGIN SINIFI	YÜZEY ALANI [m <sup>2</sup> ]	ELEMAN ALANI [m <sup>2</sup> ]	SAC YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]	PROFİL YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]	YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]
A	Makina Mahalleri	B0	80.03	35.21	4.00	1.76	5.76
	Kuzine	B0	10.00	4.40	0.50	0.22	0.72
	Tehlikeli madde içeren mahaller	B0	100.65	44.29	5.03	2.21	7.25
B	Yardımcı Makina Mahalleri	B0	11.80	5.19	0.59	0.26	0.85
	Yataklı Yaşam Mahalleri	B0	107.24	47.19	5.36	2.36	7.72
C	Yangın tehlikesi olmayan mahaller	B0	49.85	21.93	2.49	1.10	3.59
	Koridorlar	B0	48.07	21.15	2.40	1.06	3.46
	Depolama Mahalleri	B0	15.14	6.66	0.76	0.33	1.09
	Yataksız Yaşam Mahalleri	B0	66.67	29.33	3.33	1.47	4.80
D	Kontrol İstasyonları	B0	156.01	68.64	7.80	3.43	11.23

Çizelge 6.12’de ve Şekil 6.4’de mahal bazında ultimate mineral yünü malzemesinin ağırlık dağılımları verilmiştir

**Çizelge 6.13 :** Ultimate mineral yünü hacim dağılımları

MAHALLERDEKİ ULTIMATE MİNERAL YÜNÜ HACİM DAĞILIMLARI [m <sup>3</sup> ]	
Makina Mahalleri	19.30
Kuzine	2.95
Tehlikeli Madde İçeren Mahaller	11.86
Yardımcı Makina Mahalleri	1.32
Yaşam Mahalleri (yataksız)	7.23
Yaşam Mahalleri (yataklı)	7.97
Koridorlar	5.33
Kontrol İstasyonları	19.09
Depolama Mahalleri	2.92
Yangın Tehlikesi Olmayan Mahaller	5.98
TOPLAM=	83.9



**Şekil 6.5 :** Mahallerdeki ultimate mineral yünü hacim dağılımının grafiksel gösterimi

Şekil 6.5'e göre, makina mahalleri, kontrol istasyonları ve tehlikeli madde içeren mahallerde, yalıtım malzemesinin kapladığı hacim, toplam yalıtım hacminin % 60'ı kadardır. Bu nedenle bu mahallerde yalıtım malzemesi seçilirken, mahalın yerleşimine dikkat edilmelidir.

### 6.2.2 Ultimate Mineral Yünü için Hacim Hesabı

Yangın yalıtımı olarak ultimate mineral yünü, ısı yalıtımı olarak ise cam yünü kullanılması durumundaki yalıtım hacimleri Çizelge 6.13'deki gibidir. Cam yünü yalıtım malzemesi, tek başına kullanıldığında, yangında oluşabilecek sıcaklıklara karşı dayanıklı bir malzeme olmadığı için, yangın yalıtımı olarak Çizelge 6.10'da gösterilen ultimate mineral yünü hacim tablosu dikkate alınacaktır.

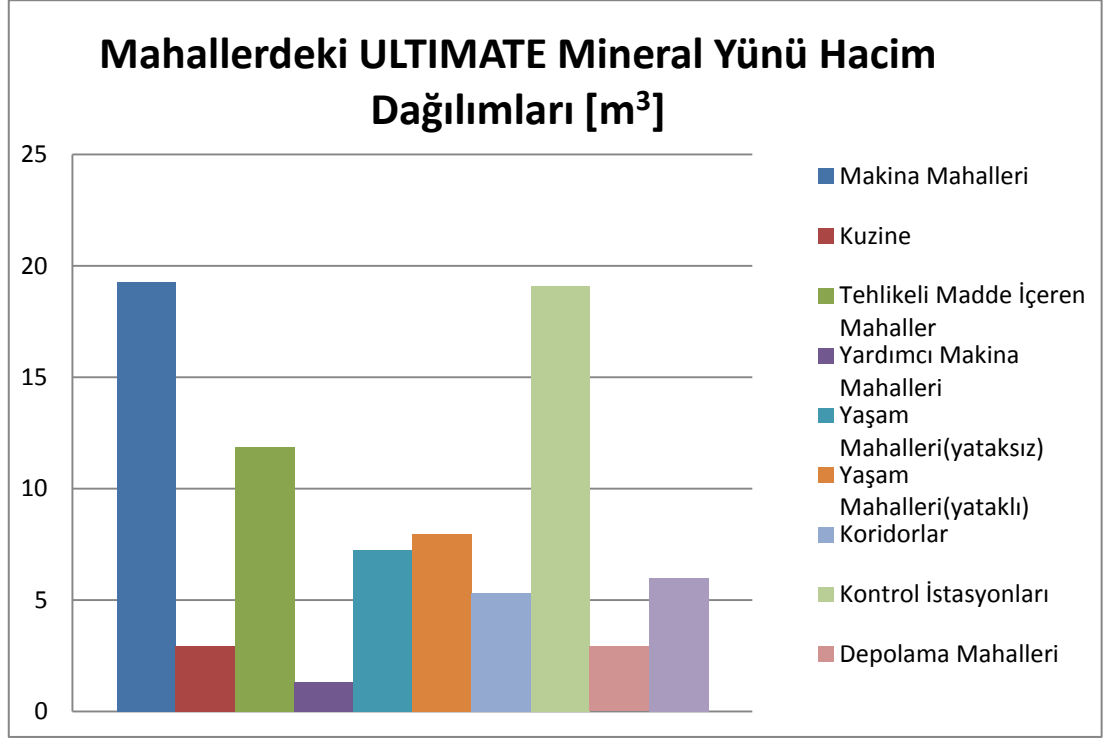
**Çizelge 6.14 :** Karakol botu sınıfı bir gemi için cam yünü hacim değerleri (ısı yalıtımı için)

	MAHALİN ADI	YÜZEY ALANI [m <sup>2</sup> ]	ELEMAN ALANI [m <sup>2</sup> ]	SAC YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]	PROFİL YALITIM HACMİ [[m <sup>3</sup> ]	TOPLAM YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]
A	Makina Mahalleri	80.03	35.21	0.96	0.42	1.38
	Kuzine	10.00	4.40	0.12	0.05	0.17
	Tehlikeli madde içeren mahaller (Perde)	100.65	44.29	1.21	0.53	1.74
B	Yardımcı Makina Mahalleri	11.80	5.19	0.14	0.06	0.20
	Yataklı Yaşam Mahalleri	107.24	47.19	1.29	0.57	1.85
C	Yangın tehlikesi olmayan mahaller (Perde)	49.85	21.93	0.60	0.26	0.86
	Koridorlar	48.07	21.15	0.58	0.25	0.83
	Depolama Mahalleri	15.14	6.66	0.18	0.08	0.26
	Yataksız Yaşam Mahalleri	66.67	29.33	0.80	0.35	1.15
D	Kontrol İstasyonları (Perde)	156.01	68.64	1.87	0.82	2.70

Çizelge 6.14’de ve Şekil 6.6’da mahal bazında ultimate mineral yünü malzemesinin ağırlık dağılımları verilmiştir

**Çizelge 6.15 :** Ultimate mineral yünü ve cam yünü hacim dağılımları

MAHALLERDEKİ CAM YÜNÜ HACİM DAĞILIMLARI [m <sup>3</sup> ]	
Makina Mahalleri	16.03
Kuzine	2.58
Tehlikeli Madde İçeren Mahaller	6.73
Yardımcı Makina Mahalleri	0.71
Yaşam Mahalleri (yataksız)	4.02
Yaşam Mahalleri (yataklı)	2.16
Koridorlar	3.00
Kontrol İstasyonları	11.25
Depolama Mahalleri	2.37
Yangın Tehlikesi Olmayan Mahaller	3.58
TOPLAM=	52.4



**Şekil 6.6 :** Mahallerdeki ultimate mineral yünü ve cam yünü malzemelerin hacim dağılımının grafiksel gösterimi

### 6.2.3 Seramik Battaniye (Fire Blanket) – Köpük Hacim Hesabı

Yangın yalıtımı olarak seramik malzeme kullanıldığındaki yalıtım hacimleri Çizelge 6.15’de, ısı yalıtımı olarak köpük kullanılması durumundaki yalıtım hacimleri Çizelge 6.16’daki gibidir.

**Çizelge 6.16 :** Karakol botu sınıfı bir gemi için seramik battaniye (blanket) malzeme hacimleri (yangın yalıtımı için)

	MAHALİN ADI	YANGIN SINIFI	YÜZEY ALANI [m <sup>2</sup> ]	ELEMAN ALANI [m <sup>2</sup> ]	SAC YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]	PROFİL YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]	YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]	TOPLAM YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]
A	Makina Mahalleri	A60	184.92	81.36	8.69	3.82	12.52	12.52
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Kuzine	A60	30.46	13.40	1.43	0.63	2.06	2.06
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Tehlikeli madde içeren mahaller (Perde)	A60	63.00	27.72	2.96	1.30	4.26	4.26
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
B	Yardımcı Makina Mahalleri	A60	6.40	2.82	0.30	0.13	0.43	0.43
		A30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Yataklı Yaşam Mahalleri	A60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27
		A30	3.93	1.73	0.18	0.08	0.27	

**Çizelge 6.16 :** Karakol botu sınıfı bir gemi için seramik battaniye (blanket) malzeme hacim değerleri (yangın yalıtımı için) (devamı)

C	Yangın tehlikesi olmayan mahaller (Perde)	A60	21.90	9.64	1.03	0.45	1.48	2.32	
		A30	12.39	5.45	0.58	0.26	0.84		
	Koridorlar	A60	13.56	5.97	0.64	0.28	0.92	1.85	
		A30	13.80	6.07	0.65	0.29	0.93		
	Depolama Mahalleri	A60	14.50	6.38	0.68	0.30	0.98	1.80	
		A30	12.15	5.35	0.57	0.25	0.82		
	Yataksız Yaşam Mahalleri	A60	14.20	6.25	0.67	0.29	0.96	2.45	
		A30	21.95	9.66	1.03	0.45	1.49		
	D	Kontrol İstasyonları	A60	4.51	1.98	0.21	0.09	0.31	7.31
			A30	103.53	45.55	4.87	2.14	7.01	

**Çizelge 6.17 :** Karakol botu sınıfı bir gemi için köpük malzeme hacimleri (ısı yalıtımı için)

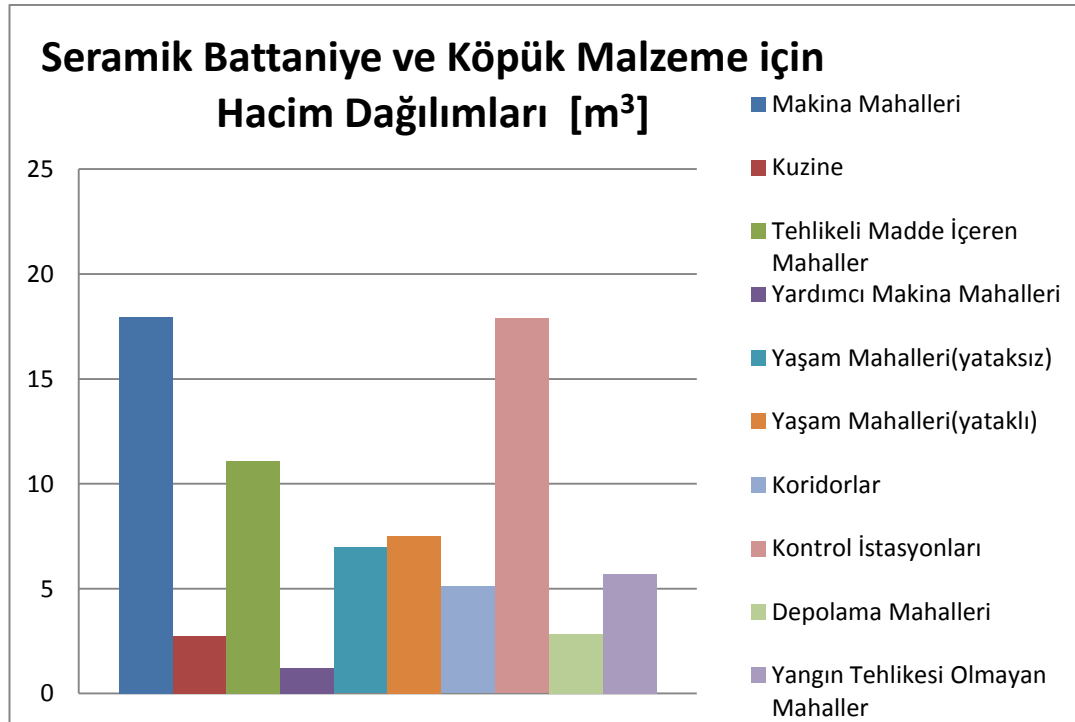
	MAHALİN ADI	YÜZEY ALANI [m <sup>2</sup> ]	ELEMAN ALANI [m <sup>2</sup> ]	SAC YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]	PROFİL YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]	YALITIM HACMİ [m <sup>3</sup> ]
A	Makina Mahalleri	80.03	35.21	3.76	1.66	5.42
	Kuzine	10.00	4.40	0.47	0.21	0.68
	Tehlikeli madde içeren mahaller	100.65	44.29	4.73	2.08	6.81
B	Yardımcı Makina Mahalleri	11.80	5.19	0.55	0.24	0.80
	Yataklı Yaşam Mahalleri	107.24	47.19	5.04	2.22	7.26
C	Yangın tehlikesi olmayan mahaller	49.85	21.93	2.34	1.03	3.37
	Koridorlar	48.07	21.15	2.26	0.99	3.25
	Depolama Mahalleri	15.14	6.66	0.71	0.31	1.02
	Yataksız Yaşam Mahalleri	66.67	29.33	3.13	1.38	4.51
D	Kontrol İstasyonları	156.01	68.64	7.33	3.23	10.56

Çizelge 6.17’de ve Şekil 6.7’de mahal bazında, seramik malzeme ve köpük için toplam yalıtım ağırlık dağılımları verilmiştir

**Çizelge 6.18 : Seramik battaniye ve köpük malzeme hacim dağılımları**

<b>MAHALLERDEKİ SERAMİK-KÖPÜK MALZEME HACİM DAĞILIMLARI [m<sup>3</sup>]</b>	
Makina Mahalleri	17.93
Kuzine	2.74
Tehlikeli Madde İçeren Mahaller	11.08
Yardımcı Makina Mahalleri	1.23
Yaşam Mahalleri(yataksız)	6.96
Yaşam Mahalleri(yataklı)	7.52
Koridorlar	5.11
Kontrol İstasyonları	17.87
Depolama Mahalleri	2.83
Yangın Tehlikesi Olmayan Mahaller	5.69
TOPLAM=	79

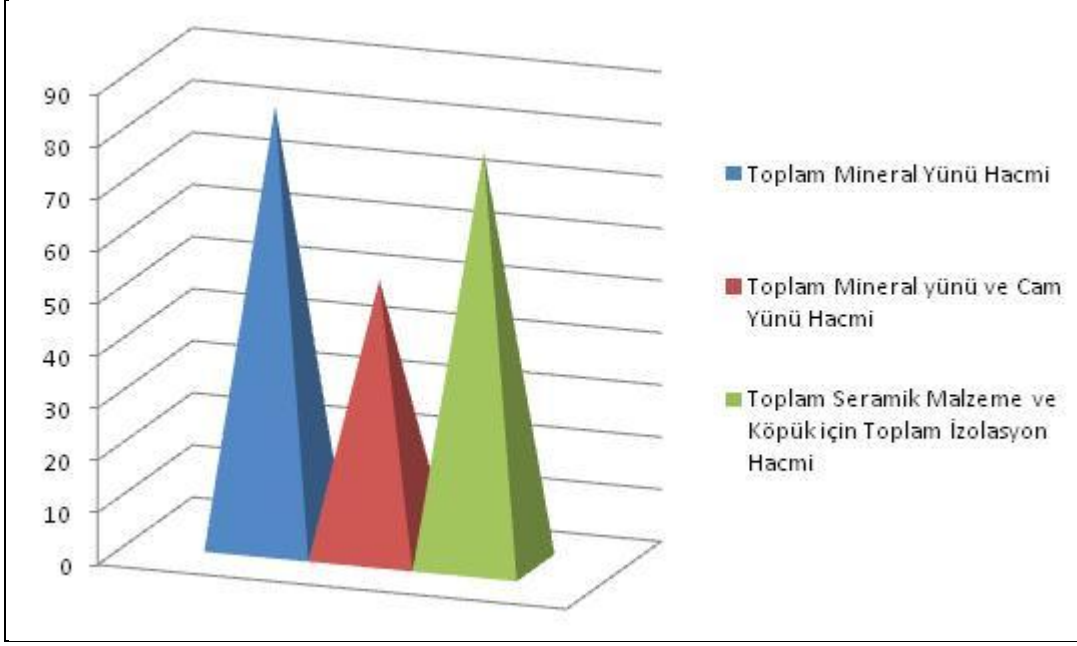
Çizelge 6.17’de, makina mahalleri, kontrol mahalleri ve tehlikeli madde içeren mahallerin yalıtım hacimlerinin, gemideki diğer tüm yalıtım malzemesi hacimlerinin % 60’ını oluşturduğu görülmektedir.



**Şekil 6.7 : Mahallerdeki ultimate mineral yünü ve cam yünü malzemelerin hacim dağılımının grafiksel gösterimi**

#### **6.2.4 Yalıtım Malzemelerinin Kapladıkları Hacimlerin Dağılımları**

Şekil 6.8’de karakol botu için incelenen değişik yalıtım malzemeleri, hacim bakımından değerlendirilmiştir.



**Şekil 6.8 :** Karakol botu için incelenen yalıtım uygulama modellerinin hacim (m<sup>3</sup>) yönünden karşılaştırılması

Şekil 6.8'e bakıldığında; cam yününün, diğer malzemelere göre daha yüksek yoğunluklu olmasından ötürü, daha az kalınlığa sahip olduğunu görülmektedir. Mineral yünü ve seramik-köpük malzemelerin kapladıkları hacim değerleri birbirine yakındır.

### 6.3 Yalıtım Malzemelerinin Maliyet Yönünden Karşılaştırılması

Bu bölümde, daha önce ağırlık ve hacim yönünden karşılaştırılan yalıtım malzemeleri, maliyet bakımından karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırmanın yapılabilmesi için, bahse konu yalıtım malzemelerini üreten firmalardan birim maliyet fiyatları temin edilmiş olup, ilk aşamalarda hazırlanan toplam yüzey alanları kullanılarak, toplam maliyetler bulunmuştur.

#### 6.3.1 Ultimate Mineral Yünü Maliyet Hesabı

Ultimate mineral yünü yalıtım malzemesi, üretici firma tarafından 4 değişik kalınlık ve yoğunlukta verilmiştir. Karakol botu yalıtımında kullanılan ultimate malzeme türleri için maliyet tahmini Çizelge 6.18'deki gibidir.

**Çizelge 6.19** : Ultimate mineral yünü malzeme tipleri için maliyet tahmini

<b>MPN 36/60</b>	
BİRİM FİYAT (EURO/m <sup>2</sup> )	BİRİM FİYAT (TL/m <sup>2</sup> )
13.85	31.6
TOPLAM ALAN (m <sup>2</sup> )	TOPLAM MALİYET
275.32	8694.1 TL (3811 Euro)
<b>MPN 66/30</b>	
BİRİM FİYAT (EURO/m <sup>2</sup> )	BİRİM FİYAT (TL/m <sup>2</sup> )
9.73	22.2
TOPLAM ALAN [m <sup>2</sup> ]	TOPLAM MALİYET
229.33	5087.5 TL (2230 Euro)
<b>MPN 24/50</b>	
BİRİM FİYAT (EURO/m <sup>2</sup> )	BİRİM FİYAT (TL/m <sup>2</sup> )
7.65	16.9
TOPLAM ALAN [m <sup>2</sup> ]	TOPLAM MALİYET
929	15670 TL (7093 Euro)
<b>MPN 66/30x2</b>	
BİRİM FİYAT (EURO/m <sup>2</sup> )	BİRİM FİYAT (TL/m <sup>2</sup> )
27.7	61.1
TOPLAM ALAN [m <sup>2</sup> ]	TOPLAM MALİYET
176.73	10793.9 TL (4893,5 Euro)

Yukarıdaki hesaba göre, hem yangın hem de ısı yalıtımında ultimate mineral yünü malzeme kullanılması durumunda toplam maliyet yaklaşık olarak 40245 TL olacaktır.

### **6.3.2 Ultimate Mineral Yünü ve Cam Yünü Yalıtım Malzemeleri için Maliyet Hesabı**

Yangın yalıtımı olarak ultimate mineral yünü malzemesi, ısı yalıtımı olarak ise cam yünü malzeme kullanılması durumunda toplam yalıtım malzemesi maliyeti Çizelge 6.19'daki gibi olacaktır.

**Çizelge 6.20 : Cam yünü için maliyet tahmini**

<b>CAM YÜNÜ</b>	
<b>BİRİM FİYAT (pound/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BİRİM FİYAT (TL/m<sup>2</sup>)</b>
38.31	95.4
<b>TOPLAM ALAN (m<sup>2</sup>)</b>	<b>TOPLAM MALİYET</b>
929,00	88619,1 (TL) (35587 Pound)

MPN 24/50 kodlu mineral yünü dışında diğer tüm malzemeler yangın yalıtım malzemesi olarak kullanıldığı dikkate alınarak, Çizelge 6.3.1’de hesaplanan yangın yalıtımı ile birlikte toplam maliyet;

88619,1+8694.1+5087.5+10793.9=113.195,00 TL olarak hesaplanmıştır.

### **6.3.3 Seramik Battaniye (Fire Blanket) ve Köpük Malzeme için Maliyet Hesabı**

Seramik battaniye ve köpük malzeme için piyasadaki üretici firmalardan temin edilen birim fiyat bilgileri ve karakol botu için öngörülen yalıtım alanları dikkate alınarak hesaplanan maliyet bilgileri Çizelge 6.20’deki gibidir.

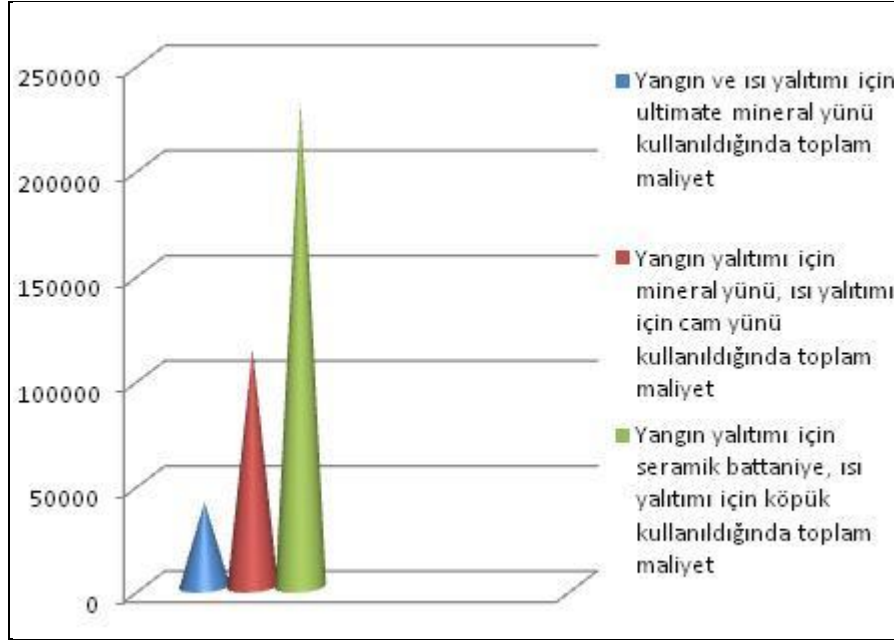
**Çizelge 6.21 : Seramik battaniye ve köpük için maliyet tahmini**

<b>SERAMİK BATTANIYE</b>	
<b>BİRİM FİYAT (EURO/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BİRİM FİYAT (TL/m<sup>2</sup>)</b>
11	25,1
<b>TOPLAM ALAN (m<sup>2</sup>)</b>	<b>TOPLAM MALİYET</b>
750,00	18810,0 TL (8243 Euro)
<b>KÖPÜK</b>	
<b>BİRİM FİYAT (EURO/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BİRİM FİYAT (TL/m<sup>2</sup>)</b>
100	228,0
<b>TOPLAM ALAN (m<sup>2</sup>)</b>	<b>TOPLAM MALİYET</b>
929,00	211812,0 TL (92900 Euro)

Seramik malzeme ve köpük için toplam maliyet 230.622,00 TL olarak öngörülmektedir. Köpük malzemenin maliyetinin toplam maliyetin % 82’lik bölümünü oluşturduğu görülmektedir. Köpük için hesaplanan maliyet, ısı yalıtımı için köpük malzeme yerine mineral yünü kullanıldığında hesaplanan maliyetten % 85 daha fazladır.

### 6.3.4 Yalıtım Malzemelerinin Maliyet Dağılımları

Şekil 6.9’da karakol botu için incelenen değişik yalıtım malzemeleri, maliyet bakımından değerlendirilmiştir.



**Şekil 6.9 :** Karakol botu için incelenen yalıtım uygulama modellerinin maliyet (TL) yönünden karşılaştırılması

Şekil 6.9’a bakılırsa, seramik ve köpük malzemelerden oluşan bir yalıtım sisteminin en maliyetli çözüm olduğu görülmektedir. Maliyet bakımından en avantajlı olan sistem, hem yangın hem de ısı yalıtımı için mineral yünü kullanılmasıdır.



## 7. TANK ÇIKARMA GEMİSİ TİPİ BİR GEMİNİN YALITIM SİSTEMİNİN AĞIRLIK, HACİM VE MALİYET YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Çıkarma gemisi sınıfına ait bir “Tank Çıkarma Gemisi (LST)” gemisinde mahal bazında kullanılan yalıtım malzemeleri ve miktarlarına ait bilgiler sınırlı olmakla beraber, karakol botu tipi bir tekneyle karşılaştırma yapılabilmesi için gerekli ve yeterli olan toplam yalıtılacak yüzey alanı bilgisi, muadil gemilerin yalıtım planları incelenerek yaklaşık 5500 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Bu alanın, 500 m<sup>2</sup>'lik bir kısmında yangın yalıtımı, geri kalan 5000 m<sup>2</sup>'lik kısmında ise ısı yalıtımı yapılmıştır.

Aşağıda, bu alan bilgisine dayanarak, ağırlık, hacim ve maliyet karşılaştırmaları için öngörülen değerler verilmektedir. Tank Çıkarma Gemisi için kullanılan yalıtım malzemeleri de Çizelge 6.1’de olduğu gibidir.

### 7.1 Yalıtım Malzemelerinin Ağırlık Yönünden Karşılaştırılması

Bu bölümde tank çıkarma gemisi tipi bir gemide, hem yangın hem de ısı yalıtımı için mineral yünü kullanıldığında; Çizelge 7.1’de ağırlık, Çizelge 7.2’de hacim ve Çizelge 7.3’de maliyet tahminleri verilmiştir.

**Çizelge 7.1 :** Ultimate mineral yünü malzeme için ağırlık hesabı

Yalıtım Malzemesinin Yoğunluğu	Yalıtım Malzemesinin Kalınlığı	Yalıtılacak Toplam Alan	Toplam Yalıtım Malzemesi Ağırlığı
[kg/m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[kg]
66	0,06	1000	3960
24	0,05	4500	5400

**Çizelge 7.2 :** Ultimate mineral yünü malzeme için hacim hesabı

Yalıtım Malzemesinin Yoğunluğu	Yalıtım Malzemesinin Kalınlığı	Yalıtılacak Toplam Alan	Toplam Yalıtım Malzemesi Hacmi
[kg/m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
66	0,06	1000	60
24	0,05	4500	225

**Çizelge 7.3 : Ultimate mineral yünü malzeme için hacim hesabı**

Yalıtım Malzemesinin Yoğunluğu	Yalıtım Malzemesi Birim Alanının Fiyatı	Yalıtılacak Toplam Alan	Toplam Yalıtım Malzemesi Maliyeti
[kg/m <sup>3</sup> ]		[m <sup>2</sup> ]	[TL]
66	61,1 TL (27,7 Euro)	1000	61100 (27700 Euro)
24	16,9 TL (7,65 Euro)	4500	76050 (34425 Euro)

Çizelge 7.1, 7.2 ve 7.3 incelendiğinde; mineral yünü için toplam yalıtım ağırlığının 9360 kg, toplam hacmin 285 m<sup>3</sup>, toplam maliyetin ise, 137150 TL olduğu görülmektedir.

## 7.2 Ultimate Mineral Yünü - Cam Yünü Malzeme için Ağırlık, Hacim ve Maliyet Hesabı

Bu bölümde tank çıkarma gemisi tipi bir gemide, yangın yalıtımı için mineral yünü, ısı yalıtımı için cam yünü kullanıldığında, ağırlık (Çizelge 7.4), hacim (Çizelge 7.5) ve maliyet (Çizelge 7.6), tahminleri verilmiştir.

**Çizelge 7.4 : Ultimate Mineral Yünü ve Cam Yünü Malzeme için Ağırlık Hesabı**

Yalıtım Malzemesinin Yoğunluğu	Yalıtım Malzemesinin Kalınlığı	Yalıtılacak Toplam Alan	Toplam Yalıtım Malzemesi Ağırlığı
[kg/m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[kg]
66	0,06	1000	3960
240	0,012	4500	12960

**Çizelge 7.5 : Ultimate Mineral Yünü ve Cam Yünü Malzeme için Hacim Hesabı**

Yalıtım Malzemesinin Yoğunluğu	Yalıtım Malzemesinin Kalınlığı	Yalıtılacak Toplam Alan	Toplam Yalıtım Malzemesi Hacmi
[kg/m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
66	0,06	1000	60
240	0,012	4500	54

**Çizelge 7.6 : Ultimate Mineral Yünü ve Cam Yünü Malzeme için Maliyet Hesabı**

Yalıtım Malzemesinin Yoğunluğu	Yalıtım Malzemesi Birim Alanının Fiyatı	Yalıtılacak Toplam Alan	Toplam Yalıtım Malzemesi Maliyeti
[kg/m <sup>3</sup> ]		[m <sup>2</sup> ]	[TL]
66	61,1 TL (27,7 Euro)	1000	61100 (27700 Euro)
240	95,4 TL (38,31 Pound)	4500	429300 (173395 Euro)

Yangın yalıtımı için mineral yünü, ısı yalıtımı için cam yünü kullanıldığında, toplam

ağırlık olan 16920 kg'ın %23'ü mineral yününden, %77'si cam yününden gelmektedir. Hacim kıyaslaması yapıldığında, toplam hacim olan 114 m<sup>3</sup>'ün % 53'ü mineral yününden, % 47'si cam yününden gelmektedir. Maliyet olarak ise; toplam maliyetin % 12,5'ini mineral yününün, % 87,5'inin ise cam yününden geldiği görülmektedir.

### 7.3 Seramik Battaniye (Fire Blanket) – Köpük Malzeme için Ağırlık, Hacim ve Maliyet Hesabı

Bu bölümde tank çıkarma gemisi tipi bir gemide, yangın yalıtımı için seramik malzeme, ısı yalıtımı için köpük kullanıldığında, ağırlık (Çizelge 7.7), hacim (Çizelge 7.8) ve maliyet (Çizelge 7.9), tahminleri verilmiştir.

**Çizelge 7.7 :** Seramik battaniye ve köpük malzeme için ağırlık hesabı

Yalıtım Malzemesinin Yoğunluğu	Yalıtım Malzemesinin Kalınlığı	Yalıtılacak Toplam Alan	Toplam Yalıtım Malzemesi Ağırlığı
[kg/m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[kg]
116	0,047	1000	5452
29,2	0,025	4500	3285

**Çizelge 7.8 :** Seramik battaniye ve köpük malzeme için hacim hesabı

Yalıtım Malzemesinin Yoğunluğu	Yalıtım Malzemesinin Kalınlığı	Yalıtılacak Toplam Alan	Toplam Yalıtım Malzemesi Hacmi
[kg/m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
116	0,047	1000	47
29,2	0,025	4500	112,5

**Çizelge 7.9 :** Seramik battaniye ve köpük malzeme için maliyet hesabı

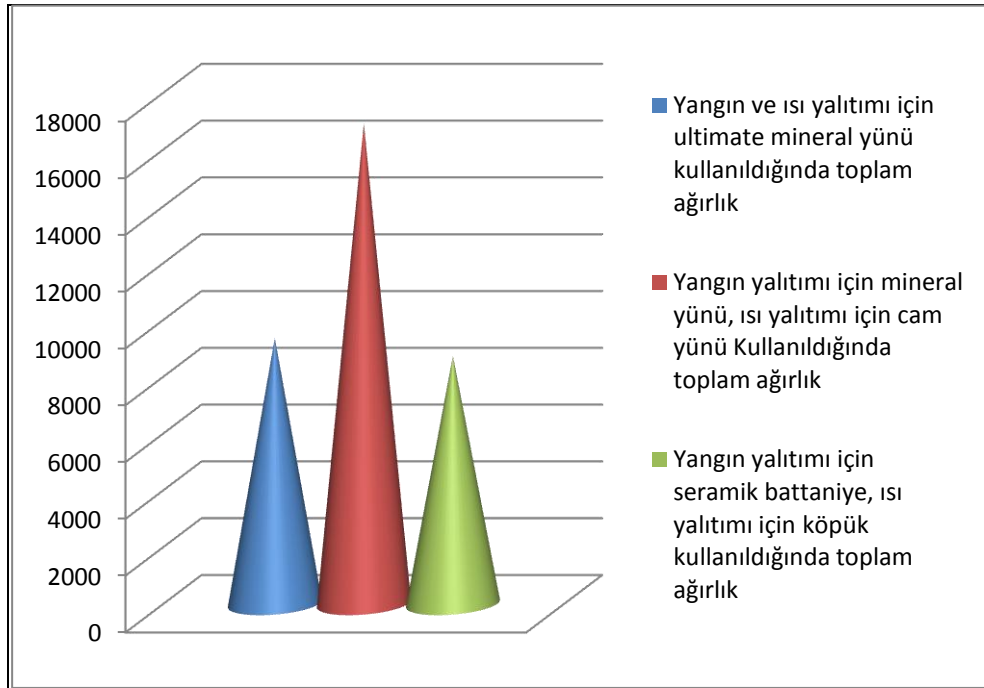
Yalıtım Malzemesinin Yoğunluğu	Yalıtım Malzemesi Birim Alanının Fiyatı	Yalıtılacak Toplam Alan	Toplam Yalıtım Malzemesi Maliyeti
[kg/m <sup>3</sup> ]		[m <sup>2</sup> ]	[TL]
116	25,1 TL (11 Euro)	1000	25100 (11000 Euro)
29,2	228 TL (100 Euro)	4500	1026000 (450000 Euro)

Köpük malzeme ve seramik battaniye beraber kullanıldığında, seramik malzeme ile yalıtılacak alanın, köpükle kaplanacak yüzey alanından 4,5 kat daha az olmasına rağmen, 8737 kg olan toplam ağırlığın % 67'sinin seramik malzemedan geldiği görülmektedir. Yalıtım malzemelerini kapladıkları hacim bazında değerlendirecek olursak; toplam 160 m<sup>3</sup>'lük hacmin % 30' unun seramik malzemedan, % 70'lik bir

kısının köpük malzemeden kaynaklandığı görülmektedir. Bu bağlamda, seramik malzemenin, düşük kalınlıklarda gösterdiği yangın dayanımından dolayı, makina dairesi gibi hem yangın riski yüksek olan hem de ekipman ve makinaların yerleşim kısıtlarından dolayı, ağırlık problem olmaması durumunda tercih edilebilir olduğu değerlendirilmektedir. Köpükle kaplanacak yüzey alanı fazla olduğu için, köpük malzeme maliyeti, toplam yalıtım maliyetinin % 98' i kadar olduğu için, maliyet bakımından dezavantajlı olduğu görülmektedir.

#### 7.4 Tank Çıkarma Gemisine Ait Ağırlık Değerlendirmesi

Şekil 7.1'de, tank çıkarma gemisi için hazırlanan ağırlık karşılaştırma grafiği görülmektedir.

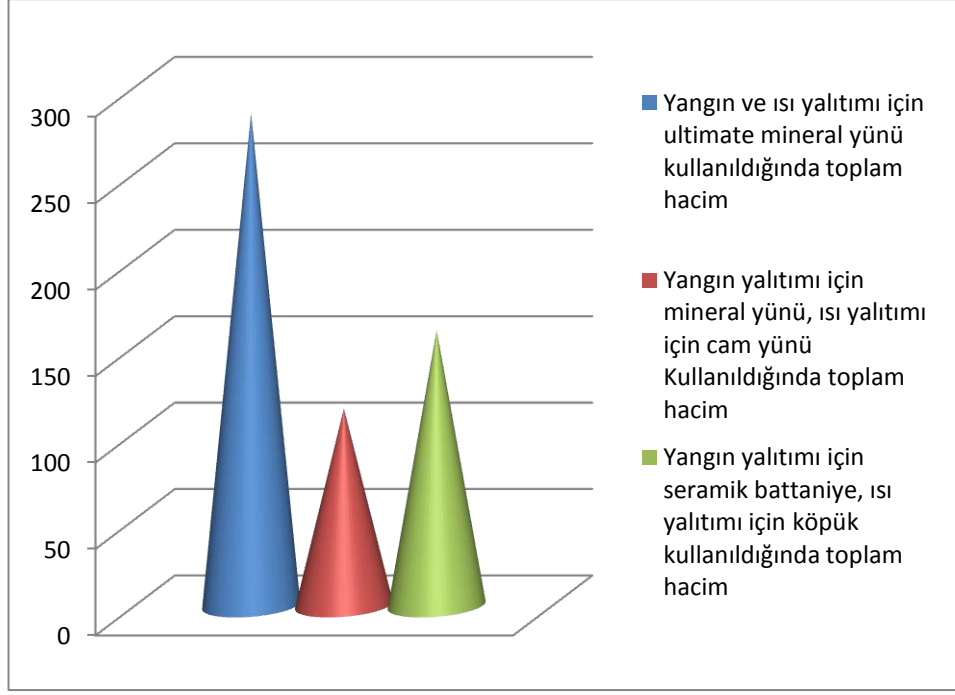


**Şekil 7.1 :** Tank çıkarma gemisi için incelenen yalıtım uygulama modellerinin ağırlık (kg) yönünden karşılaştırılması

Şekil 7.1'e göre, tank çıkarma gemisi için yangın yalıtımı için taş yünü, ısı yalıtımı için cam yününden oluşan yalıtım sisteminin en ağır çözüm olduğu değerlendirilmektedir.

#### 7.5 Tank Çıkarma Gemisine Ait Hacim Değerlendirmesi

Şekil 7.2'de tank çıkarma gemisi için hazırlanan hacim karşılaştırma grafiği görülmektedir.

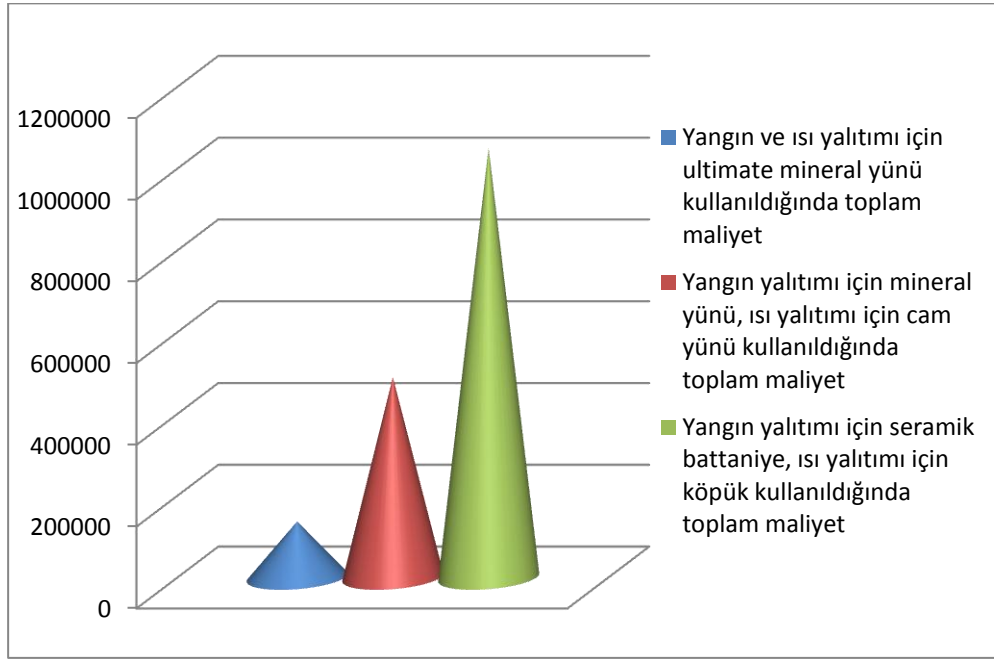


**Şekil 7.2 :** Tank çıkarma gemisi incelenen yalıtım uygulama modellerinin hacim (m<sup>3</sup>) yönünden karşılaştırılması

Şekil 7.2'ye göre, tank çıkarma gemisi için en çok hacim kaplayan malzemenin taş yünü olduğu görülmektedir. En az yer kaplayan malzeme ise cam yünüdür.

## 7.6 Tank Çıkarma Gemisine Ait Maliyet Değerlendirmesi

Şekil 7.3'de, tank çıkarma gemisi için hazırlanan maliyet karşılaştırma grafiği görülmektedir. Burada; seramik ve köpükten oluşan yalıtım sisteminin en maliyetli sistem olduğu, hem yangın hem de ısı yalıtımı için mineral yünü kullanılarak oluşturulan yalıtım sisteminin ise, en maliyet-etkin yöntem olduğu değerlendirilmektedir.



**Şekil 7.3 :** Tank çıkarma gemisi için incelenen yalıtım uygulama modellerinin maliyet (TL) yönünden karşılaştırılması

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, askeri gemilerin yalıtım sistemleri incelendi. Değişik yalıtım malzemelerinin ağırlık, hacim ve maliyete olan etkileri gösterildi. Karakol botu tipi bir gemi için ve tank çıkarma gemisi tipi bir gemi için ayrı ayrı yalıtım hesabı yapıldı. Sonuçlar, grafikler ve çizelgelerle desteklenecek şekilde sunuldu.

Bu kapsamda; piyasada çok fazla çeşitte yalıtım malzemesi bulunmasına rağmen, gemi inşaatında yaygın olarak kullanılan, taş yünü, cam yünü, seramik esaslı malzemeler ve köpük malzeme üzerinde durulmuştur. Uygulama alanları, dezavantaj ve avantajları değerlendirilip, karakol botu tipi bir askeri gemi ve bir çıkarma gemisi için 3 değişik yalıtım modeli hazırlanmıştır. Karakol Botu için Türk Loydu mahal sınıflandırmasına göre, mahaller yangın sınıflarına ayrılıp, mahallerin her bir yüzeyi için yaklaşık alan değerleri bulunmuştur. Bu çalışmalar yapılırken, kurallarla ilgili kriterleri farklı olduğu için, yangın ve ısı yalıtımı ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Benzer, ancak daha genel bir çalışma da çıkarma gemisi için yapılmış olup, sonucunda her iki gemi için bulunan değerler, ağırlık, hacim ve maliyet yönünden karşılaştırılmıştır.

Bu kapsamda, Şekil 6.4'de değerlendirildiğinde; NSTM kriterleri dikkate alınarak hesaba katılan yalıtım materyallerinden köpük malzemenin yoğunluğunun düşük olmasına rağmen, seramik esaslı malzemenin yoğunluğunun çok yüksek olması ve gemide yangın yalıtımına fazla olmasından dolayı, toplam ağırlığın arttığı gözlemlenmiştir. Ağırlık değişimlerini sayısal olarak açıklayacak olursak, cam yünü malzemenin kullanıldığı durumda, ağırlık, ultimate malzemeye göre % 35 oranında arttığı, seramik-köpük malzemeler kullanıldığında ise, % 42 oranında arttığı görülmektedir.

Şekil 6.4'de verilen grafikten, günümüzde gemi inşaatında sıkça kullanılan ve yapısında ağırlıkla taş yünü ihtiva eden mineral yününün, ağırlık bakımından en uygun yalıtım malzemesi olarak değerlendirilmesi mümkündür. Sadece taş yünü kullanıldığında, yaklaşık 400 ton ağırlığa sahip bir karakol botunun toplam ağırlığının % 0,7'si yalıtım malzemesinden oluşurken; bu değer, taş yünü-cam yünü kullanıldığında % 1,1'e, seramik malzeme-köpük kullanıldığında ise % 1,3'e çıkmaktadır.

Şekil 6.8'de ise karakol botu için hazırlanan bir hacim değerlendirme grafiği sunulmuştur. Hacimleri sayısal olarak karşılaştıracak olursak, cam yünü kullanımında, ultimate mineral yünü kullanımına oranla % 38 azalma, seramik-köpük malzemeler kullanıldığında ise % 6 azalma görülmektedir. Buradaki verilere göre, ısı yalıtımı için cam yünü kullanılması durumunda, hacimden ciddi oranda kazanç sağlanacağı görülmektedir. Özellikle karakol botu ve hücumbot tipi gemilerde yaşam mahalleri, makina, haberleşme, kontrol istasyonları vb mahallerin iç yerleşiminde hacim sorunu yaşanmaktadır. Dizaynın ilerleyen süreçlerinde, önceden öngörülmeven donatım problemleri nedeniyle, genellikle ilave hacimlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle seçilecek yalıtım malzemesinin kalınlığının düşük olması, ileride yaşanacak hacim problemlerin önüne geçilmesini sağlayabilmektedir.

Şekil 6.9'a bakıldığında, en maliyet etkin çözümün mineral yünü malzeme olduğu görülmektedir. Yoğunluğu son derece düşük olan köpük malzemenin ise en maliyetli çözüm olduğu gösterilmiştir. Maliyet değişimlerini sayısal olarak inceleyecek olursak, cam yünü malzemenin maliyetinin, ultimate mineral yünü malzemeye oranla % 64 daha maliyetli olduğu, köpük-seramik malzemelerin ise % 83 daha maliyetli olduğu görülmektedir.

Karakol botu için yapılan değerlendirmelere ilave olarak, aşağıda, bir Tank Çıkarma Gemisi'ne ait olan ağırlık, hacim ve maliyet karşılaştırmaları sunulmuştur. Şekil 7.1'de görülebileceği üzere, tank çıkarma gemisi için incelenilen modeller değerlendirildiğinde, mineral yünü-cam yünü kombinasyonunun uygulanması durumunda, ultimate malzemesine kıyasla, ağırlığın % 45 ve maliyetin % 72 arttığı, ancak malzemesinin kapladığı hacmin % 60 azaldığı görülecektir. Seramik battaniye ile köpük malzemelerin kullanılma durumunda ise, ağırlığın % 7 ve hacmin % 44 azaldığı görülürken maliyet kaleminin % 87 arttığı belirlenmiştir.

Şekil 7.2'ye göre hacim yönünden en yüksek değere sahip olan malzeme mineral yünü iken, hacim bakımından en az yer kaplayan malzemenin cam yünü olması, Şekil 6.8'de karakol botu için hazırlanan grafikte paralellik göstermektedir.

Şekil 7.3'de sunulan grafiğe göre, en maliyet etkin çözümün mineral yünü, en yüksek maliyetli çözümün ise köpük ve seramik yalıtım uygulaması olması, Şekil 6.4'te karakol botu için hazırlanan grafikte benzerlik göstermektedir.

Her iki tip gemi için yapılan hesaplama sonuçları, Çizelge 8.1'de tek bir tablo halinde özetlenebilir.

**Çizelge 8.1:** Karakol botu ve tank çıkarma gemisi için karşılaştırma

		MİNERAL YÜNÜ	CAM YÜNÜ	SERAMİK-KÖPÜK
KARAKOL BOTU	AĞIRLIK [kg]	2947	4508	5062
	HACİM [m <sup>3</sup> ]	83.9	52.4	79.0
	MALİYET	40245 TL (17651 Euro)	113195 TL (49647 Euro)	230622 TL (101150 Euro)
TANK ÇIKARMA GEMİSİ	AĞIRLIK [kg]	9360	16920	8737
	HACİM [m <sup>3</sup> ]	285	114	159.5
	MALİYET [TL]	137150	490400	1051100

Çizelge 8.1 incelendiğinde; tank çıkarma gemisinin, karakol botu tipi bir savaş gemisine göre, yaklaşık % 60 daha fazla yalıtım ağırlığına ve hacmine sahip olduğu görülmektedir. Çizelge 8.1'den hareketle; yalıtım malzemesi ağırlığının, yaklaşık olarak 3780 ton ağırlığa sahip bir tank çıkarma gemisi ağırlığına oranı; taş yünü için % 0,3, taş yünü-cam yünü için % 0,5, seramik malzeme-köpük için % 2,3 çıkmaktadır.

Maliyet değerlerine bakıldığında, bir tank çıkarma gemisinin maliyetinin karakol botu tipi bir gemiye kıyasla;

sadece mineral yünü kullanıldığında, % 70

yangın yalıtımı için mineral yünü, ısı yalıtımı için cam yünü kullanıldığında, % 77

yangın yalıtımı için seramik malzeme, ısı yalıtımı için köpük kullanıldığında, % 78

oranında daha fazla yalıtım maliyetine sahip olduğu görülmektedir.

Her iki gemi tipi için yapılan bu karşılaştırma çalışması göstermektedir ki, günümüzde sıkça kullanılan taş yünü veya yüksek oranda taş yünü ihtiva eden yalıtım malzemeleri hem maliyet hem de ağırlık yönünden optimum özellikler taşımaktadır.

Köpük malzeme ise hafif olduğu için ağırlık sorunu olan gemi tiplerinde ısı ve ses yalıtımı amaçlı olarak tercih edilebilir olsa da, yüksek maliyeti nedeniyle dezavantaj taşımaktadır.

Cam yünü ise, yoğunluğu yüksek bir malzeme olduğu için, kalınlığı genelde diğer malzemelere göre düşük olmakla beraber, maliyet yönünden çok yüksek risk taşımamaktadır. Ancak genellikle 400°C'a kadar ısıya dayanımı olduğu için, günümüzde sadece ısı yalıtımı olarak kullanılmaktadır.

Çalışmaların sonucunda, taş yünü malzemenin ağırlık yönünden en uygun malzeme olduğu değerlendirilmiştir. Seramik ve cam yünü yalıtım materyalleri ise yüksek yoğunluklu malzemeler olduğu için, yüksek ağırlık değerlerine sahip oldukları gösterilmiştir. Yüksek yangın dayanımına sahip olması, hafifliği ve iyi bir akustik yalıtıma sahip olmasından dolayı, genellikle gemi inşaatı piyasasında en çok taş yünü kullanılmasının doğruluğu, bu çalışmayla bir kez daha ispatlanmıştır. Diğer materyaller, gemi inşaatında çok sınırlı sayıda uygulamalarda kullanılmakta olsa da, genellikle tercih edilmemektedir.

## KAYNAKLAR

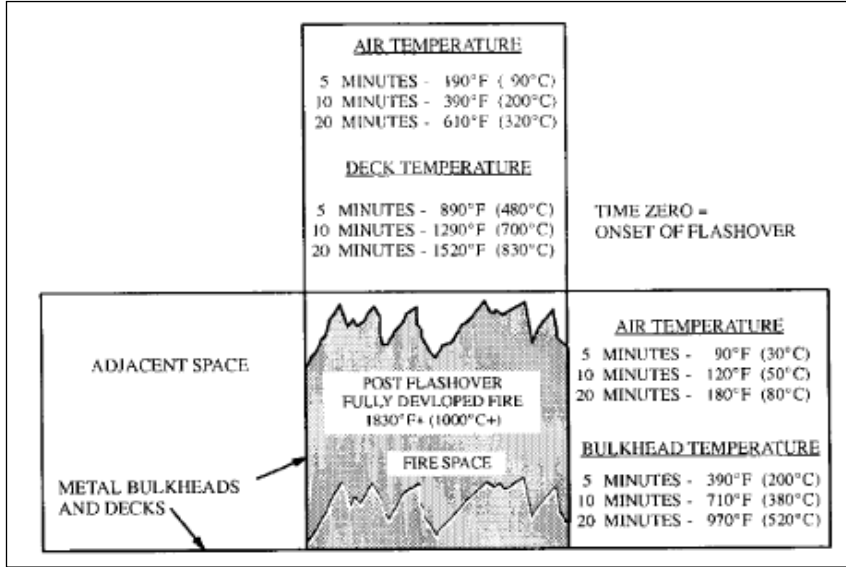
- [1] **Association of Architectural Aluminium Manufacturers**, Nisan 2001. Thermal Insulation Handbook, Lyttelton
- [2] **Ceramic Fiber** <<http://www.ceramicfiberonline.com/home.php/>>, alındığı tarih 15.04.2011
- [3] **Evonik Foams** <<http://www.evonikfoams.com/>>, alındığı tarih 15.04.2011
- [4] **IMO-SOLAS**, 1974. Denizde Cam Emniyeti Sözleşmesi, Londra
- [5] **ISOVER**, U MPN 36 Mineral Yünü Teknik Bilgi Kataloğu
- [6] **Karlsson B. Quintiere G.**, 1999. Enclosure Fire Dynamics, Florida
- [7] **NSTM 555**, 06 March 1998. Surface Ship Firefighting, *Naval Ship's Technical Manual*, US
- [8] **NSTM 635**, 28 July 1998. Thermal, Fire and Acoustic Insulation, *Naval Ship's Technical Manual*, US
- [9] **Promaguard** <<http://www.promathti.be/files/cms1/PROMAGUARD%201.pdf>>, 27.04.2011
- [10] **Rockwool** <<http://www.rockwool.com/>>, alındığı tarih 15.04.2011.
- [11] **Thermal Insulation Handbook**, April 2001. The Thermal Institution Association of Southern Africa, Lyttelton.
- [12] **Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı**, Ocak 2011. Yaşam Döngüsü Malzemeleri ve Bina Isı Yalıtım Uygulamaları, İstanbul
- [13] **Türk Loydu Askeri Gemi Kuralları**, Yangından Korunmak için Yapısal Önlemler, *Bölüm 20*
- [14] **Yunus A. Çengel**, 2003. Heat Transfer, New York



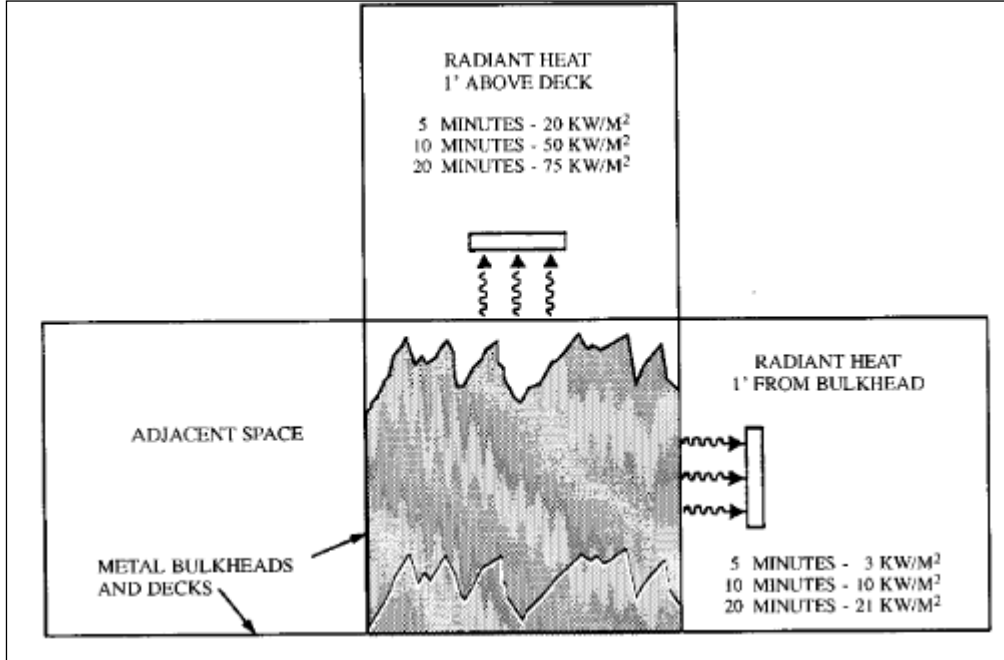
## **EKLER**

**EK A : Yangının Metal Sınırlardan Yayılması**

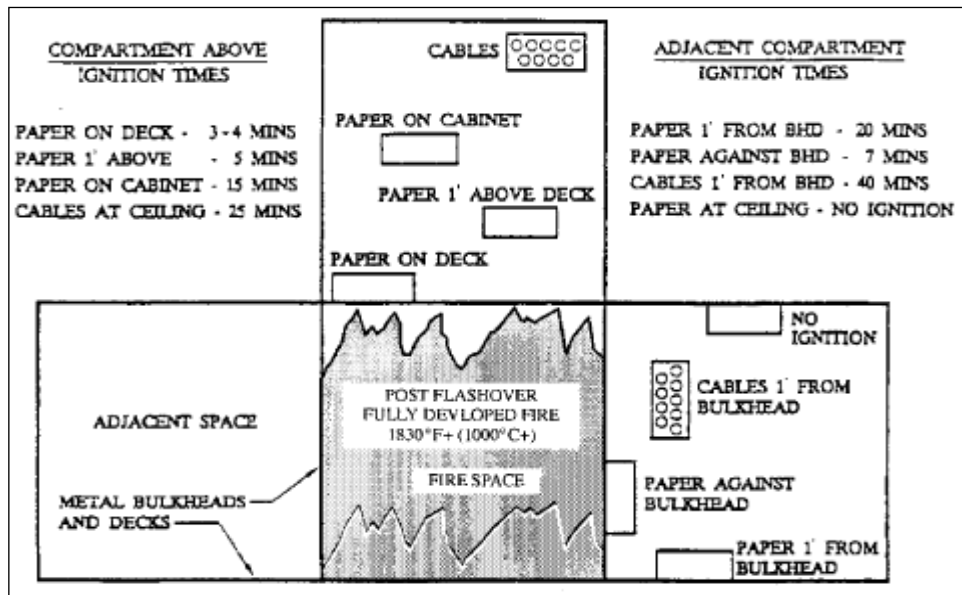
EK A



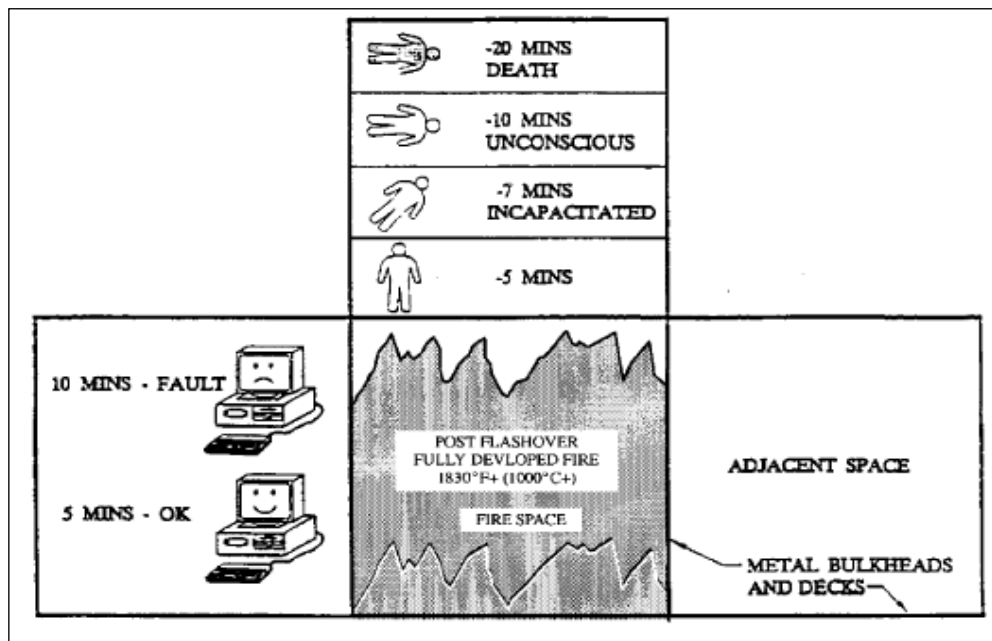
Şekil A.1 : Yangının metal sınırlardan yayılması (zamana göre sıcaklık olarak)



Şekil A.2 : Yangının metal sınırlardan yayılması (zamana göre radyasyon ısısı olarak)



Şekil A.3 : Yangının metal sınırlardan yayılması (tutuşma eşik değeri olarak)



Şekil A.4 : Yangının metal sınırlardan yayılması (ısı toleransları olarak)



## ÖZGEÇMİŞ

Canan İZER, 12.08.1985 tarihinde Çorlu'da doğdu. 2002 yılında başladığı İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümünden, 2007 yılında mezun oldu. 2009 yılında, yine aynı fakültede, Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Yüksek Lisans Programına başladı. Yüksek öğrenimi sırasında, öğrenci değişim programı kapsamında, İngiltere Southampton Üniversitesi'nin Gemi Bilimleri Bölümünde eğitim aldı.

İngilizce ve Almanca bilen Canan İZER, Dearsan Tersanesi'nde inşa edilen "Yeni Tip Karakol Botu" projesinde dizayn mühendisliği görevini 2007-2010 yılları arasında sürdürmüş olup, halen RMK Marine tersanesinde Proje Mühendisi olarak görev almaktadır.