

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**METAL YÜZEYLERİN BOR MADDESİYLE
KAPLANIP YANGINA OLAN DAYANIKLILIK VE ISI
YALITIMININ İZLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ULVI TOPÇU

Enstitü Anabilim Dalı : YANGIN VE YANGIN GÜVENLİĞİ
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hakan Serhad SOYHAN

Mart 2022

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**METAL YÜZEYLERİN BOR MADDESİYLE
KAPLANIP YANGINA OLAN DAYANIKLILIK VE ISI
YALITIMININ İZLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ULVI TOPÇU

Enstitü Anabilim Dalı : YANGIN VE YANGIN GÜVENLİĞİ

Bu tez .../...2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Ulvi TOPÇU

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli hocam Prof. Dr. Hakan Serhad SOYHAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma süresince desteğini ve sabrını benden esirgemeyen aileme sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLOLAR LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu	2
1.2. Problemin Soru Cümlesi	3
1.3. Tezin Amacı	3
BÖLÜM 2.	
YANGIN ÖNLEME VE YANGINLARLA MÜCADELE.....	5
2.1. Yanma Nedir?	5
2.1.1. Oksijen (O ₂).....	5
2.1.2. Isı.....	6
2.1.3. Yanıcı madde.....	8
2.2. Gemilerde çıkan yangınlar	8
2.2.1. Geçmişte yaşanmış gemi yangınları.....	8
2.3. Gemilerde Aktif Yangın Güvenlik Önlemleri.....	10
2.3.1. Genel yangın emniyeti	10
2.3.1.1. Açık alevler.....	11
2.3.1.2. Elektrik	12

2.3.1.3. Aşırı ısı.....	12
2.3.1.4. Kendi kendine tutuşma	12
2.3.1.5. Kıvılcım	12
2.3.1.6. Statik elektrik.....	12
2.3.1.7. Sürtünme.....	13
2.3.1.8. Bitişik gemiler	13
2.3.1.9. Çöpler ve sigara	13
2.3.1.10. Sabotaj	13
2.3.1.11. Kazalar	14
2.3.1.12. Doğal afetler	14

BÖLÜM 3.

GEMİLERDE YANGIN SÖNDÜRÜCÜ SİSTEMLER	15
3.1. Gemilerde Yangın Söndürücü Sistemler	15
3.1.1. Sabit Yangın söndürme sistemleri.....	15
3.1.2. Kimyasal köpük söndürücüler.....	15
3.1.3. Karbondioksit (CO ₂) söndürücüler.....	16
3.1.4. Sprinkler sistemi.....	17
3.1.5. Yangın hortumları ve yangın devresi	18
3.1.6. Portatif yangın söndürücüler	19
3.1.7. Yangın battaniyesi.....	21
3.1.8. Yangın pompaları.....	22
3.2. Gemilerde Pasif Yangın Güvenlik Önlemleri	23
3.2.1. Gemilerde çıkan yangın alanları	23
3.2.1.1. Makine dairesi yangınları	26
3.2.1.2. Açık güvertede yangın riski, önlemler ve yangına müdahale yöntemleri	27
3.2.1.3. Gemi mutfaklarında ve büfelerde yangın riski ve yangına müdahale yöntemleri.....	28
3.2.1.4. Malzeme ambarlarında yangın riski önlemleri ve yangına müdahale yöntemleri.....	29

3.2.1.5. Gemi yaşam alanlarında yangın riski, önlemler ve yangına müdahale yöntemleri.....	30
3.3. Gemilerde Yangın Yalıtımı	31
3.3.1. Denizde can emniyeti uluslararası sözleşmesi	31
3.3.2. Gemilerde solas kuralları	31
3.4. Gemilerde Korozyonla Mücadele	32
3.4.1. Gemilerde korozyon önleyici tedbirler	32
3.4.1.1. Gemilerde katodik koruma	33
3.5. Gemilerde Kullanılan Boyalar	34
3.5.1. Antikorozyf boyalar (Astarlar).....	34
3.5.2. Sentetik faça boyası.....	35
3.5.3. Sentetik borda üst yapı boyası.....	35
3.5.4. Güverte boyası.....	36
3.5.5. Anti-fouling boyalar	36
3.5.5.1. Anti-fouling boyaların zararları nelerdir?.....	38
3.5.5.2. Geleceğin anti-fouling boyaları (çevre ve deniz kirliliği etkisi)	39
3.5.5.3. Bor katkılı boyanın anti fouling etkisi	39
BÖLÜM 4.	
BOR MİNERALİ	41
4.1. Bor Mineralinin Tanımı	41
4.2. Bor Mineralinin Önemi	41
4.3. Bor Minerallerinin Kullanım Alanları.....	43
4.4. Bor Minerali ve Bileşikleri Hakkında Yazılan Makaleler.....	45
4.5. Bor Minerali ve Bileşikleri Hakkında Yapılan Bazı Araştırmalar	46
4.5.1. Yangın geciktiriciler.....	46
4.5.1.1. Yangın geciktiricilerin etki prensipleri	48
4.5.2. Geleneksel yangın geciktiriciler	49
4.5.3. Borlu yangın geciktiriciler	50
4.5.3.1. Borat Bileşikleri.....	51
4.6. Yangın geciktiriciler hakkında yapılmış olan bazı uygulamalar	52

4.7. Bor Katkılı Boyalar ile Yapılan Gözlemler.....	54
4.7.1. Bor katkılı gemi boyası hazırlanması.....	54
4.7.2. Bor katkılı boyaların yanma alanlarının karşılaştırılması	56
4.7.3. Isı geçirgenlik deneyi	59
4.7.3.1. Kullanılan araç-gereçler.....	59
4.7.3.2. Uygulama.....	59
4.7.4. Yangın söğuma deneyi.....	65

BÖLÜM 5.

TARTIŞMA VE SONUÇ	69
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	76

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

°C	: Santigrat Derece
CO ₂	: Karbondioksit
dk	: Dakika
DSC	: Diferansiyel Termal Analiz
EPA	: Environmental Protection Agency
°F	: Fahrenheit derece
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü
kw	: Kilowatt
LOI	: Limiting Oxygen Index
m ²	: Metrekare
O ₂	: Oksijen
s	: Saniye
SOLAS	: Safety of Life at Sea
t	: Sıcaklık
TBT	: Tributyltin
TGA	: Termogravimetrik Analiz

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yangın üçgeni	5
Şekil 2.2. İletim ile ısı transferi [5].	7
Şekil 2.3. Taşınım ile ısı transferi [5].	7
Şekil 2.4. Işınım ile ısı transferi [5].	8
Şekil 2.5. İndipendenta gemi yangını	9
Şekil 2.6. İndipendenta gemi yangını sonrası çevre kirliliği	10
Şekil 3.1. Otomatik çalışan sprinkler sistemi	17
Şekil 3.2. Manuel çalışan sprinkler sistemi	18
Şekil 3.3. Dry powder (Kuru kimyasal toz) söndürücüler	19
Şekil 3.4. Karbondioksit (CO ₂) söndürücüler	20
Şekil 3.5. Köpük (Foam) söndürücüler	21
Şekil 3.6. Ana Yangın Pompaları	22
Şekil 3.7. Gemi bölmelerinde çıkan yangınlar [9].	24
Şekil 3.8. Gemide çıkan yangın alanları [9].	25
Şekil 3.9. Gemi makine dairesi	26
Şekil 3.10. Gemi güverte yangını	28
Şekil 3.11. Gemi tutyası	34
Şekil 3.12. Astarlama işlemi	35
Şekil 3.13. Gemi karinası	37
Şekil 4.1. Doğada bulunan önemli bor mineralleri: (a) Boraks, (b) Kolemanit, (c) Üleksit.	42
Şekil 4.2. Dünya Bor Rezervleri [43]	43
Şekil 4.3. Dünya bor kullanımı sektörel dağılımı [43].	43
Şekil 4.4. Bor mineralleri ve bileşiklerinin kullanım alanları	44
Şekil 4.5. Ülkelere göre bor hakkında yazılmış akademik makale dağılımı [48].	45

Şekil 4.6. 2008 Yılı akademik makale dağılımı ile bor rezervi karşılaştırması [47].....	45
Şekil 4.7. Yangına sebep olan parametreler	48
Şekil 4.8. Polimerlerde kömürleşme mekanizması	49
Şekil 4.9. LOI test cihazı	52
Şekil 4.10. %45, %50, %55 oksijen konsantrasyonu ile yakılan numuneler	53
Şekil 4.11. Yanmayı geciktirici özellikli bor minerali karışımı.....	55
Şekil 4.12. Numune boyalarımızla en etkili boya karışım çalışması	56
Şekil 4.13. Soldan sağa en az katkılıdan en çok katkılı olan numuneler	57
Şekil 4.14. Yanma alanlarının (cm^2) Kıyaslanması	58
Şekil 4.15. Soldaki Similatör 1 (Turuncu) Sağdaki Similatör 2 (Sarı)	60
Şekil 4.16. t: 30 Anı Soldaki Similatör 1 (Turuncu) Sağdaki Similatör 2 (Sarı)	60
Şekil 4.17. t:30 Anı	61
Şekil 4.18. t:60 Anı Soldaki Similatör 1 (Turuncu) Sağdaki Similatör 2 (Sarı)	61
Şekil 4.19. t:60 Anı	62
Şekil 4.20. t:120 Anı Soldaki Similatör 1 (Turuncu) Sağdaki Similatör 2 (Sarı) ...	62
Şekil 4.21. t:120 Anı	63
Şekil 4.22. 400 °C de dış mahaldeki durum.....	63
Şekil 4.23. t:300 Anı Soldaki Similatör 1 (Turuncu) Sağdaki Similatör 2 (Sarı) ...	64
Şekil 4.24. t:300 zamanı.....	64
Şekil 4.25. %0 katkılı boya numunesi soğuma ölçüm işlemi başlangıç	66
Şekil 4.26. %0 katkılı boya numunesi soğuma ölçüm işlemi bitiş	66
Şekil 4.27. % 30 Katkılı boya numunesi soğuma ölçüm işlemi bitiş.....	67

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Yanma eşik değerleri (kendiliğinden 30 saniye içinde).....	3
Tablo 1.2. Radyasyon ısısının etkileri.....	3
Tablo 2.1. Önemli gemi yangınları	9
Tablo 2.2. Sıcaklığın zamanla artması [6].	11
Tablo 2.3. Sıcaklığın insan üzerindeki etkisi [7].	11
Tablo 3.1. Zaman içinde değişen anti-fouling olayları	40
Tablo 4.1. Bor katkılı boyaların yüzey sıcaklıklarının kıyaslanması.....	58
Tablo 4.2. Bor katkılı boyaların iç ortam sıcaklıklarının kıyaslanması	65
Tablo 4.3. Bor katkılı boyaların metalde soğuma hızı	68
Tablo 5.1. SWOT Matrisi	69

ÖZET

Anahtar kelimeler: Bor, bor katkılı boya, gemilerde yangın emniyeti, korozyon

Bu çalışmada, denizcilik sektörünün yüzen unsurları olan gemilerde yangın emniyeti ve yangını geciktirme üzerine araştırma ve geliştirme yapılmıştır. Gemide alınabilecek yangın emniyetinden, geminin yangın bakımından tehlike arz eden bölmelerinden, gemilerde korozyonun etkilerinden ve çözüm önerilerinden bahsedilmiştir. Gemilerin yalıtımları yangın ve ısı emniyeti bakımından değerlendirilmiştir. Burada hedef gemilerde yangını çıkmadan önce önlemek ya da çıktıktan sonra yavaşlatarak kontrol altına almaktır. Bu amaçla ülkemizde bol miktarda bulunan Bor minareli incelenmiş olup denizcilik sektöründe nasıl fayda sağlayabileceği araştırılmıştır. Özellikle savaş gemilerinde yangın emniyeti ve korozyon önlemleri bakımından Bor mineralinin ısıyı tutucu ve korozyonu önleyici özelliği ön plana çıkarılarak incelenmiştir.

Yapılan denemelerde, gemiler için geliştirilen bor katkılı boyaların, gemilerde halen kullanılan boyalara kıyasla, yangın geciktiriciliği bakımından nasıl katkı sağlayacağı, simülör üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde ortaya çıkan sonuçlar üzerinden değerlendirilmiştir. Gemi metalinden yapılan simülörlerimizden, normal boyalı simülör ile bor katkılı boyalı olan simülör aynı ortamlarda birkaç farklı yöntemle karşılaştırılmıştır. Birinci denemede her iki simülör de yüksek sıcaklığa maruz bırakarak iç yüzeyin zamanla artan sıcaklık seviyesi ölçülmüştür. İkinci denemede boyalara aynı şartlar altında yüksek sıcaklık verilerek (500 °C) sıcaklığa maruz kalan yüzeyler üzerindeki yanma reaksiyonunun farklı durumları karşılaştırılmıştır. Üçüncü denemede her iki simülöre aynı şartlar altında yüksek sıcaklık verdikten sonra aniden ısı kaynağı kesilerek sıcaklığın zamanla düşüş hızı incelenmiştir.

Gemiler için geliştirilen bor katkılı boya kullanılmasının; yangın riskini azaltacağı, yangın durumunda yangının büyüme hızını yavaşlatacağı, yangın sonrası yanan malzemenin hızlıca kendiliğinden soğuma sağlayacağı, korozyon ve çevre kirliliği gibi etmenleri minimum seviyeye indirebileceği savunulmuştur.

MONITORING FIRE RESISTANCE AND THERMAL INSULATION BY COATING METAL SURFACES WITH BORON SUBSTANCE

SUMMARY

Keywords: Boron, Boron Additive Paint, Fire Safety on Ships, Corrosion

In this study, research and development was carried out on fire safety and fire retardation on ships, which are the floating elements of the maritime industry. The fire safety that can be taken on the ship, the fire-hazardous compartments of the ship, the effects of corrosion on the ships and solution suggestions are mentioned. The insulations of the ships were evaluated in terms of fire and heat safety. Here, the goal is to prevent the fire on ships before it starts or to take it under control by slowing it down after it starts. For this purpose, the Boron mineral, which is abundant in our country, has been examined and how it can be beneficial in the maritime sector has been investigated. In terms of fire safety and corrosion measures, especially in warships, the heat-retaining and anti-corrosion properties of the boron mineral were highlighted.

In our experiments, how boron-added paints developed for ships can contribute compared to the paints used in ships, the study conducted on the Simulator and the results obtained were evaluated. Our simulators made of ship metal, normal painted simulator and boron-added simulator have been compared with several different methods in the same environments. First, by exposing both simulators to high temperature, the temperature level of the inner surface that increases over time was measured. Second, the areas where the paints moved on the surface by giving high temperature under the same conditions were compared. Third, after giving high heat to both simulators under the same conditions, the heat source was cut off and the rate of decrease of the temperature over time was examined.

Using boron added paint developed for ships; It was argued that it would reduce the risk of fire, slow down the growth rate of the fire in case of fire, provide rapid self-cooling of the burning material after the fire, and minimize factors such as corrosion and environmental pollution.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte denizcilik sektörü ve gemiler, ticari anlamda her geçen gün daha büyük önem arz etmeye başlamıştır. Dünyanın hızla globalleştiği günümüzde gemiler deniz aşırı limanlara ulaşmada en etkili araçlar olmuştur. 2016 Uluslararası ticaret raporuna göre dünya ithalat ihracat taşımacılığının % 75'i deniz yoluyla yapılmaya başlanmıştır.

Gemiler çoğunlukla Lojistik amaçlı kullanılmasının yanı sıra askeri alanda kullanılan birçok farklı savaş gemileri de bulunmaktadır. Bu çalışmada askeri gemilerde savaş durumu ya da normal durumda yangın olayı yaşanmasının engellenmesi ve kısa sürede kontrol altına alınması hedef alınmıştır. Bir savaş gemisinde yangın olayı yaşanması sivil gemiden farklı olarak, geminin savaş gücünü azaltacak veya risk altına sokacak ve ayrıca gemilerin yerine getirmekte olduğu fonksiyonlarının durmasına, daha da ötesinde ise deniz rotalarında büyük bir karmaşaya neden olmaya başlayacaktır.

Türkiye bir denizcilik ülkesi olarak denizlerde yük ve yolcu taşımacılığı, askeri ve ticari uygulamalar ile özel sektör, kamu ve askeri kurumlar açısından büyük önem vermesine rağmen denizlerimizde her yıl çok sayıda yangın çıkmıştır. Bu yangınlarda çok büyük maddi ve manevi kayıplar yaşanmıştır. Yapılan bir istatistiksel çalışmada gemide ölümle sonuçlanan kazaların yüzde 10'u yangınlar ve yangının neden olduğu zararlardan dolayı olduğu tespit edilmiştir [1].

Gemilerin her sektörde büyük önem arz etmesi ve gittikçe daha büyük gemilerin yapılması, denizlerde yaşanan kazaları ve kayıpları arttırmıştır. Şüphesiz ki, karadan bağımız ve kısıtlı imkânlar ile zorlukları aşmaya çalışan denizcilerin, doğa ile savaşının yanı sıra, olası kazalar ile de mücadelesi başlamıştır.

Denizlerde meydana gelen kaza, yangın ve istenmeyen olayların, maddi ve manevi kayıplarının önüne geçebilmek için devletler tarafından önlem almak, kaçınılmaz hale gelmiştir. Gemilerde iş güvenliği ve emniyeti farkındalığı Londra ‘da 1914 yılında Denizde Can Emniyeti Uluslararası Sözleşmesi “*Safety of Life at Sea*”(SOLAS) gündeme alınmıştır. Bu sözleşme ile deniz araçlarının güvenlikleri ve olası kaza ve olaylar ile mücadelede hız kazanılmasını sağlamıştır.

1.1. Problem Durumu

Gemilerde tespit edilen problemlerden bir tanesi de gemide kullanılan boyalardır. Gerek depolanması gerek yanıcılık özellikleri nedeniyle risk teşkil etmektedir. Gemi dış yüzeyinde astar üzerine kullanılan boyalar sentetik esaslı boyalardır. Bu boyaların Material Safety Data Sheet (MSDS) yani Malzeme Güvenlik Bilgi Formu (MGBF) bakıldığında H226 kodu görülmektedir ki bu da alevlenebilir sıvı ve gazları anlamına gelmektedir. Parlama noktası 36 °C olarak belirtilen bu boyalar “*Parlayıcı Sıvılar*” sınıfına girmektedir. Bu sıvının buharı kapalı bir ortamda belirtilen sıcaklık derecesine geldiğinde tutuşma meydana getirebilir ve bu durum da yangın riski açısından tehlike arz etmektedir. Boyanın içinde kullanılan çeşitli kimyasallar, yüzeye uygulanmış ve tamamen kurumuş boyanın içinde yüksek sıcaklıkta tekrar sıvı ve gaz durumuna geçebilirler. Yangın durumunda ısınan yüzey sentetik boyayı yakarak ilerleyebilir [2].

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik’e uygun olarak; “*Türk Silahlı Kuvvetleri İkmal Esasları Yönergesinde*” ambarlama esasları belirlenmekte ve bu kurallara uyulmaktadır. Bu kapsamda depolanan boya ve solventler hem yangın oluşumu açısından hem de yangın durumunda yükselen sıcaklık ile artan risk açısından tehlike arz etmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalar göstermiştir ki, ortam sıcaklığının 660 °C’ye ulaşması aynı zamanda insan sağlığı için de tehlikeli durum oluşturmaktadır. Örneğin insan cildi üzerinde 710 °C ‘lik bir sıcaklığın 60 saniye boyunca teması, ikinci derece yanık oluşmasına sebep olmaktadır. Bu konuyla ilgili, çeşitli çalışmalar sonucunda oluşturulan Tablolar, Tablo 1.1. ve Tablo 1.2.’de ayrıntılı olarak verilmiştir [3].

Tablo 1.1. Yanma eşik değerleri (kendiliğinden 30 saniye içinde)

Malzeme	Sıcak Hava (Fırın Etkisi)	Sıcak Metal Teması (Kızartma Tavasısı Etkisi)	Radyasyon Isı Akışı
Kağıt	2300 °C (4500 °F)	2500 °C (4800 °F)	20 kW/m ²
Kumaş	2500 °C (4800 °F)	3000 °C (5700 °F)	35 kW/m ²
Ağaç	3000 °C (5700 °F)	3500 °C (6600 °F)	40 kW/m ²
Kablo	3700 °C (7000 °F)	4500 °C (8400 °F)	60 kW/m ²

Tablo 1.1.'de görüldüğü üzere örneğin yangın alanındaki bir kumaş parçası 2500 °C sıcaklığa maruz kalmış gibi kendiliğinden yanmaya başlayacaktır.

Tablo 1.2. Radyasyon ısısının etkileri

Radyasyon Isının Etkileri	
1 kW/m ²	Güneşli Bir Günde Deniz Seviyesinde Öğle Vakti Gelen Güneş Isısı Değeri
5 kW/m ²	Çıplak Derinin Maruz Kalması Durumunda Acı Verme Eşik Değeri
10 kW/m ²	Ani Cilt Kabarması

Tablo 1.2.'de görüldüğü üzere 10 kW/m² radyasyon ısı etkisine maruz kalan bir canlıda ani cilt kabarması olacaktır.

1.2. Problemin Soru Cümlesi

Gemilerde, yangın riskinin azaltılması ve maddi ve manevi kaybın en düşük seviyeye indirilmesi için ne tür inovatif bir çalışma yapılabilir?

1.3. Tezin Amacı

Tezin ana amacı gemilerde yangın çıkmasının önlenmesi veya çıkan yangının büyümeden kontrol altına alınmasına katkıda bulunmaktır. Bu amaçla gemilerin dış güvertesinden başlayıp neredeyse her bölmesinde kullanılan gemi boyaları incelenmiştir. Gemi boyalarının yangına karşı daha dayanıklı hale getirebilmek için çalışmalarda bulunulmuştur. Aynı zamanda amaç, Türkiye’de bol miktarda bulunan Bor mineralinin katma değerini arttırmak, ülkemiz için pozitif değerler sunmak ve gemilerde bor katkılı boyaları kullanmamızın olası sonuçlarını araştırmaktır.

Yapılan çalışmada Bor mineralinin yapısal özelliklerinden birisinin “yangın geciktirici, ısıyı absorbe edici” olduğu tespit edilmiştir. Bor mineralinden faydalanılarak yapılan boyanın, bir gemide yangını nasıl geciktirebileceği,

korozyonu nasıl önleyebileceği ve doğaya nasıl daha az zarar verebileceği değerlendirilmiştir. Bu tezde yapılan bütün araştırma deney ve gözlem çalışmalarında şu soruların cevaplarını bulmaya çalışılmıştır.

- Soru1: Yanma nedir? Gemilerde yangın emniyeti neden oldukça önemlidir?
- Soru2: Gemi yangınlarında yangın hızının yavaşlaması personele ne kazandırır?
- Soru3: Gemilerde kullanılan boya ların yangın öncesi ve yangın sırasındaki olumlu/olumsuz yönleri nelerdir?
- Soru4: Bor minerali nedir? Bor'un bilinen hangi özellikleri vardır?
- Soru5: Bor'un hangi özelliği üzerine araştırma geliştirme çalışması yapılmıştır?
- Soru6: Araştırmasını ve uygulamasını yaptığımız Bor katkılı boya ile Gemilere ne tür bir katma değer sağlanabilir?

BÖLÜM 2. YANGIN ÖNLEME VE YANGINLARLA MÜCADELE

2.1. Yanma Nedir?

Yanma; yanıcı maddenin, oksijen ve ısı etkisi altında belirli oranda birleşmesi sonucu meydana gelen kimyasal bir reaksiyondur. Başlangıçta endotermik (ısı alan), daha sonra ekzotermik (ısı veren) özelliktedir. Yanmanın gerçekleşebilmesi için; 3 temel unsur olan ve yangın üçgenini oluşturan yanıcı maddenin, oksijenin ve ısıнын uygun şartlar altında bir araya gelmesi gerekmektedir [4].



Şekil 2.1. Yangın üçgeni

2.1.1. Oksijen (O₂)

Nefes alabildiğimiz ortalama bir yerde havanın içinde %21 oranında Oksijen bulunmaktadır. Bu oran yanmanın başlaması için yeterli olmaktadır. Yanmanın devam edebilmesi için ortamda, gaz yangınlarında %12, katı ve sıvı yangınlarında ise %16 oranında oksijen olması gerekmektedir.

2.1.2. Isı

Isı maddenin mekaniksel, kimyasal veya elektriksel olarak meydana gelen ve moleküllerin yüksek titreşimlerinden doğan bir enerji türü olup, aynı zamanda sıcaklığın fonksiyonudur. Maddeyi oluşturan moleküllerin sürekli hareket halinde olması nedeniyle bütün maddeler belirli bir ısıya sahiptir.

Yanmanın meydana gelebilmesi için gerekli olan en önemli etkidir. Çünkü günlük hayatta yanıcı madde ve oksijen teması sürekli vardır. Ancak yanmayı başlatacak etken ısıdır.

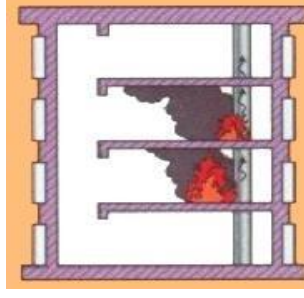
Maddeler arası sıcaklık farkı nedeniyle, maddeler arasında ısı geçişleri oluşmaktadır. Isının yayılması olarak adlandırılan bu transfer üç farklı yolla gerçekleşir.

- İletim: (Conduction)
- Taşınım: (Convection)
- Işınım: (Radiation)

a) İletim (Conduction):

Isının kaynaktan iletken yardımıyla başka bir maddeye iletilmesidir.

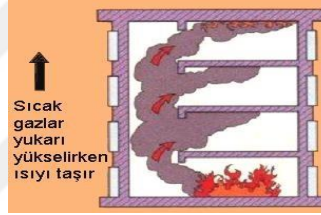
Örneğin; geminin bir bölmesinde meydana gelen yangın, metal yüzeyi ısıtarak ısıyı diğer bölmeye iletir. Bölmenin diğer tarafındaki yanıcı maddeleri ısıtarak, yangın başka bölmelere taşınabilir. Gemide meydana gelen olası bir yangında, henüz yanma belirtisi olmayan sacın diğer tarafına su ile soğutma yapmak gerekir. Bu yangın savunmasında/müdahalesinde perde soğutma olarak adlandırılır. Bu nedenle gemilerde yangına müdahale esnasında yan bölme soğutması yapmak büyük önem taşımaktadır.



Şekil 2.2. İletim ile ısı transferi [5].

b) Taşınım (Convection):

Isı, moleküllerin birbirleri ile etkileşimi sonucu taşınabilir. Gemilerde, duman perdesi kullanılarak buharın ısı taşınması engellenir. Ayrıca kaporta geçişleri ve bölmelerdeki havalandırmalar kapatılarak yalıtım sağlanabilmektedir.



Şekil 2.3. Taşınım ile ısı transferi [5].

c) Işınım (Radiation):

Herhangi bir ısı kaynağının, ışınlara dönüşerek ortamda doğru boyunca ilerlemesi, bir cisme temas ettiğinde ise madde üzerinde ısıya dönüşerek cismi ısıtması olayıdır. Isının bu yolla taşınmasına ışıınım denilmektedir.

Güneş ışınlarının, güverte üzerinde bulunan yanabilir maddeleri tutuşturması buna örnek verilebilmektedir.



Şekil 2.4. Işınım ile ısı transferi [5].

2.1.3. Yanıcı madde

Isıtıldığında oksijen ile birleşerek yanan maddelerdir. Endotermik olarak başlayan bu olay yanma başladığında etrafa ısı vererek ekzotermik bir reaksiyona dönüşebilmektedir.

Yangın yanma reaksiyonunun kontrolden çıkarak meydana gelmesidir. Yangın maddi manevi zararlar verdiği gibi bazı durumlarda psikolojik travma, çevre kirliliği, alerjik reaksiyonlar gibi alternatif zararlar da verebilmektedir.

2.2. Gemilerde Çıkan Yangınlar

Gemilerde yangın genellikle insan hatasından kaynaklanmaktadır. Özellikle Seyir durumunda Açık ateşle dolaşılması kıvılcım çıkarabilecek işlerden uzak durulması elektrik panolarının korunaklı olması gibi durumlar kontrol edilmelidir. Bazı durumlarda farkındalığın yetersiz olması, dikkatsizlik, tecrübesizlik sonucu yangın çıkabileceği gibi sigara içen bir insanın dikkatsizliği veya dalgınlığı da yangın çıkmasına sebebiyet vermektedir.

2.2.1. Geçmişte yaşanmış gemi yangınları

Tarih boyunca gemiler var olduğundan beridir her daim gemilerde yangın olayları görülmüştür. İlk gemilerin ağaç malzemeden yapılmış olması yangın ihtimalini daha da arttırmış olsa da günümüzde gemi çeliğinden yapılan gemilerde çeşitli sebeplerle yangınlar çıkmıştır. Kayıtlara geçmiş olan bazı büyük gemi yangınları tabloda verilmiştir.

Tablo 2.1. Önemli gemi yangınları

1800	İngiliz savaş gemisi Queen Charlotte	700 ölü.
1840	Steamship Lexington in Long Island Sound	139 ölü
1865	SS Sultana on the Mississippi River, near Memphis, Tennessee	1,547 ölü.
1893	Nakliye gemisi Cabo Machichaco ,İspanya	500 ölü
1904	Buharlı vapur General Slocum ,New York	1,021 ölü
1917	Cephane gemisi Mont-Blanc,	2,000 ölü
1949	Noronic , Toronto, Kanada	139 ölü
1967	USS Forrestal	134 ölü
1990	MS Scandinavian Star ,Norveç	159 ölü
2007	Cutty Sark, Londra'da 19.yüzyıldan kalma gemi restorasyon sırası çıkan yangında büyük hasar aldı.	
1979	İstanbul Boğazı Romen Independenta tankerinin çarpması sonucu çıkan yangın	43 ölü

Burada 1979 yılında İstanbul Boğazında yaşanmış olan tanker yangını Türkiye’de görülmüş en büyük gemi yangınıdır.



Şekil 2.5. Independenta gemi yangını

Boğazdan geçmeye çalışan tanker gemisi sabahın erken saatlerinde karşıdan gelen gemiye olanca gücüyle çarpmış, çarpışmanın etkisiyle yangın başlamış ve 96 bin ton motorin denize dökülmüştür. Yangın denizin üzerinde de devam ederken boğaza yakın birçok ev hasar almıştır. Yangında gemi mürettebatından sadece 3 kişi mucize olarak kurtulmuştur. 43 Personel yangında hayatını kaybetmiştir. Yangın söndürme çalışmaları 30 gün sürmüştür. Olası bir tanker yangınının yol açabileceği tehlikeler burada örnek niteliğindedir. Gerek can kayıpları gerek maddi kayıplar gerekse çevreye verilen zararlar bakımından çok büyük sonuçlara neden olmuştur.



Şekil 2.6. Independenta gemi yangını sonrası çevre kirliliği

2.3. Gemilerde Aktif Yangın Güvenlik Önlemleri

Her gemi belli bir amaca hizmet etmek için inşa edilmektedir. Büyük maddi ve manevi değerler içeren gemilerin görevlerini en iyi şekilde yapabilmesi için Emniyet ve İş güvenliği konuları her zaman temel prensip olmalıdır. Bu konuları çok iyi bilmek yetmeyebilir, eksiksiz uygulama yapılarak tam anlamıyla kriz durumlarına hazırlıklı olunmalıdır. Öncelikle gemilerde yangın çıkmasına neden olabilecek tehlike arz eden yapıları incelemek gerekmektedir.

2.3.1. Genel yangın emniyeti

Günümüze gelene kadar gemilerde yangınlara karşı birçok önlem alınmıştır. Bu önlemlerin en ilkel olanlarından en gelişmiş olanına kadar, yaşanan tecrübeler sonucu ortaya çıktığı bilinmektedir. Geminin amacına uygun olarak faaliyet gösterebilmesi için eğitilmiş personel, düzenli bakım, sağlam materyal üçlüsü her daim üst seviyede olmalıdır. Bütün gemilerde emniyet her şeyden önce gelmelidir.

Isınan metal hem personel hareket tarzı için hem yangının yayılması açısından istenmeyen bir durum olarak nitelendirilmektedir. Gemiler su üstünde ilerleyebilen demir yığınları olarak görülse de gemide çıkan yangınlar karada çıkan yangınlarla kıyaslandığında birçok yönden zorlukları bulunmaktadır. Gemilerde yangınla mücadelede genel olarak; yangın çıkmaması için alınması gereken önlemler ve

yangın çıktıktan sonra en kısa sürede yangının söndürülmesi olarak sıralanmaktadır. Çünkü gemilerde oluşabilecek yangınlara müdahale etmek için özel bir eğitim gerekmektedir. Sadece özel eğitim yeterli değil ayrıca özel ekipmanlar ve tecrübeli personel de önemli bir kıstas olmaktadır.

Tablo 2.2. Sıcaklığın zamanla artması [6].

Zaman (dakika)	Sıcaklık (°C)
5	705 (°C)
10	760 (°C)
15	800 (°C)
20	820 (°C)
25	877 (°C)
40	905 (°C)

Gemide çıkabilecek yangınlarda zamanla değişen ortam sıcaklığı grafikte olduğu gibi 5 dakikanın sonunda 700 °C 'ye çıkmaktadır. Tablo 2.3.'de görüldüğü üzere bu da insan için 1 dakikadan daha az yaşam süresi anlamına gelmektedir.

Tablo 2.3. Sıcaklığın insan üzerindeki etkisi [7].

65°C Isıya	Sınırlı bir süre dayanır
120°C Isıya	15 dakika dayanır
143°C Isıya	5 dakika dayanır
177°C Isıya	1 dakikadan az dayanır

Gemilerde yangın çıkmasına sebep olan etkenler başlıklar halinde listelenmesi durumunda şu şekilde bir grupta yapılabilmektedir.

2.3.1.1. Açık alevler

Alevini gözle gördüğümüz ısı kaynaklarına genel olarak açık alevler denilmektedir. Örneğin; Oksijen-asetilen kaynağı yapılırken çıkan alev, mum alevi, kibrit alevi, yanıcı sıvı ve gaz borularından meydana gelen kaçakların tutuşması sonucu ortaya çıkan alevlerdir.

2.3.1.2. Elektrik

Cihaz ve sistemler için gerekli olan elektriğin kontrol dışına çıkması sorun yaratmaktadır. Çıplak elektrik kabloları ve elektrik kıvılcımı, jeneratörler, elektrikli ısıtıcılar ve elektrikli cihazlar yangını başlatmaya yeterli ısı açığa çıkarabilmektedir.

2.3.1.3. Aşırı ısı

Sıcak işlemlerin yapıldığı yerlerde ısıнын gereğinden fazla artması sonucu meydana gelir. Makine dairesi, baca gibi yerler aşırı ısıнын en riskli alanlarıdır. Kaynak, taşlama, raspa gibi işler de yapılan yerin özelliğinden dolayı sıcak çalışma sayılır.

2.3.1.4. Kendi kendine tutuşma

Maddelerin kendi üzerlerinde depolanan ısı enerjisinin etkisiyle herhangi bir dış etki olmaksızın yanmaya başlamasıdır.

2.3.1.5. Kıvılcım

Mekanik aletlerden, duman bacalarından, egzoz borularından, elektrik kaynağından, metal kesme işlemlerinden vs. oluşan ateş parçalarıdır. Bazen gözle görünemeyecek kadar küçük olan kıvılcım, malzemeyi içten içe yakarak yangın oluşumuna neden olabilir.

2.3.1.6. Statik elektrik

Maddelerin yüzeyleri üzerinde oluşacak sürtünme sonucu üretilen elektriksel yükten dolayı oluşur. Aşırı yüklenen madde, üzerindeki elektriksel yükü herhangi bir sebeple deşarj etmesi esnasında oluşan kıvılcım çıkarabilir.

2.3.1.7. Sürtünme

İki ya da daha çok maddenin birbirine sürtünmesiyle açığa çıkan ısı enerjisidir. Bu olay yanma olayını başlatabilir.

2.3.1.8. Bitişik gemiler

Bir tankerin bordasına yanaşacak gemilerin sayısı ve kalış süreleri azami tutulmaktadır. Uzun süre bitişik durması halinde sürtünmeden kaynaklı yangınlar oluşa bilmekte ayrıca yangının diğer gemilere sıçramasına sebebiyet vererek yangının büyümesine neden olabilecektir. Bu yüzden tankerlerin bitişğinde bulunan gemiler ve özellikle tankerler için söz konusu olan geniş güvenlik kurallarını uygulama yükümlülüğü başka tip gemilere de uygulanmaktadır.

2.3.1.9. Çöpler ve sigara

Bazı kirli atıklar, havasız bozunma sonucu parlayıcı karışımları tutuşturmaya yetecek ölçüde ısınabilmekte ve yanabilmektedir. Ayrıca sönmeden atılmış sigara, çöp yangınlarının ana nedeni olmaktadır. Sigara içme mahalli gemilerde sadece kontrollü ve belirli alanlar olmalıdır.

Oluşabilecek bir yangının önlenmesi için hızlı ve etkin müdahale, hayati önem arz etmektedir. Bu husus, günümüz yangın söndürme teknik ve sistemlerinin geliştirilmesinde kritik rol oynamaktadır.

2.3.1.10. Sabotaj

Birçok yangında olduğu gibi gemilerde çıkabilecek olan yangınlarda da Sabotaj riskleri bulunmaktadır. Sabotaj bilinçli bir şekilde, zarar vermek, hasar yaratmak, karmaşa çıkarmak maksadıyla kötü niyetli yapılan eylemlere denilmektedir. Sabotajı yapan kişiler gemi personeli ya da gemi dışından birisi de olabilir. Sabotaj için önlem

almak mümkün olmayabilir. Ancak sabotaj yapan kişiler etkisiz hale getirilirse tekrarlaması önlenmiş olabilir.

2.3.1.11. Kazalar

Gemi kazaları; gemiler arasında çarpışmalar, karaya çarpmalar, deniz dibindeki yükseltilere çarpmalar olarak ayrıştırılabilmektedir. Bunlar istenmeyen durumlardır ve gemiyi her durumda risk altına sokabilmektedirler. Kazalar çarpışma şeklinde olduğunda ani sarsılmalara, yangınlara, yaralanmalara, ölümle sonuçlanabilecek durumlara yol açmaktadır.

2.3.1.12. Doğal afetler

Gemide yaşanabilecek doğal afetlere örnek fırtına, hortum, kasırga, yıldırım düşmesi depremler, yangınlar vs. olarak sıralanabilmektedir. Doğal afetler sırasında gemi karada ya da denizde olabilir. Her iki durumda farklı sonuçlar doğurabilmektedir. Denizde yaşanabilecek doğal afetler, gemiye ve personele çok daha fazla zarar verebilmektedir.

BÖLÜM 3. GEMİLERDE YANGIN SÖNDÜRÜCÜ SİSTEMLER

3.1. Gemilerde Yangın Söndürücü Sistemler

Gemilerde kullanım şekline göre iki çeşit yangın söndürücü sistemler bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi sabit yangın söndürme sistemleri bir diğeri ise portatif (taşınabilir) yangın söndürücü sistemlerdir. Bunlarla birlikte çeşitli yangın tespit ve ihbar sistemleri de bulunmaktadır. Yangın söndürücüler kullanılırken yangını söndürme amacının dışında; çevreye ve malzemeye en az zararı veren, içeride yaşayan canlı olması ihtimaline karşı zehirlenme ihtimali en düşük olan tercih edilmelidir.

3.1.1. Sabit yangın söndürme sistemleri

Sabit yangın söndürücü sistemler ihtiyaç duyulan belirli bölgelere monte edilebilen sabit ve etkin söndürme kapasitesine sahip olan sistemlerdir. Gemilerde farklı bölmeler için tasarlanmış farklı çeşit ve mekanizmalara sahip sistemler bulunmaktadır. Kontrol edilme biçimleri kendiliğinden devreye giren veya manuel olarak aktifleşen sistemlerden oluşmaktadır. Genel olarak kontrol sistemleri uzaktan kontrol şeklindedir.

3.1.2. Kimyasal köpük söndürücüler

Alkol bazlı ve protein bazlı olmak üzere iki tip kimyasal köpüklü yangın söndürücü vardır. Alkol bazlı köpük sentetik köpük olarak da adlandırılır. Daha çok kapalı ya da yarı kapalı alanlarda kullanılır. Sıvı temasından etkilenecek alanlarda zorunlu olmadıkça kullanılamaz. Düz zeminler için uygulanabilir. Protein bazlı köpüklerin içeriğinde hayvan kanı bulunabilir. Yüzey yapışkanlığı ve kalıcılığı yüksektir. Ayrıca

köpük kalitesi tercihen yüksek veya düşük olarak ayarlanabilir. Bunun için valf ve pompa tertibatı kullanılabilir. İdeal köpük için gerekli olan su oranı %96 sıvı köpük oranı %4-6 arasındır. Bu oran otomatik veya manuel olarak ayarlanabilir. Düşük genleşmeli köpük genellikle açık güvertelerde veya diğer açık alanlarda kullanılmaktadır.

Adından da anlaşılacağı gibi, düşük genleşmeli köpüklü bir yangın söndürücü kullanıldığında, köpük düşük oranda genişir ve küçük bir hacim kazanır. Bu nedenle gemilerin açık alanlarında kullanılır. Uygulamasında genellikle "*Fom topu*" adı verilen özel nozullar kullanılmaktadır. Ancak kendi hortumları ve nozulları güvertedeki özel devreler için de kullanılabilir. Bu hortumlar ve nozullar köpük topların ulaşamadığı alanlarda kullanılmaktadır. Yüksek genleşmeli köpüklü yangın söndürücüler genellikle gemilerin kapalı mahallerinde kullanılmaktadır. Bu alanlar petrol tankeri makine dairesi, pompa dairesi ve diğer alanlardır. Bu alanlar gemiden gemiye değişiklik göstermektedir. Köpük tabakası kullanım sırasında nispeten büyük bir hacme sahip olduğu için "yüksek genleşme" olarak tercihen iç mekan kullanımına uygun olmaktadır.

3.1.3. Karbondioksit (CO₂) söndürücüler

Bir yangın reaksiyonu için üç faktör gerekmektedir. Yanıcı maddeler, oksijen ve ısı. Karbondioksit boğucu ve serinletici özelliğinden dolayı yangın üçgeninde oksijeni ve sıcak kenarları ortadan kaldırarak yangın söndürme işlemini gerçekleştirebilmektedir. Karbondioksit ayrıca, yüksek genleşmeli köpüklü yangın söndürücüler gibi gemilerin kapalı kısımlarında da kullanılmaktadır. Konteynır gemileri ve dökme yük gemileri gibi bazı gemilerde, yangın söndürme maddesi olarak karbondioksit kullanılmakta ve bu da kargoya minimum zarar vermektedir. Karbondioksitli yangın söndürücüler sadece depolarda değil bilgisayar odaları gibi alanlarda da kullanılmaktadır. Elektrik sistemlerinin su ve köpük sistemlerinin kullanılmadığı alanlarda karbondioksit kullanılabilir. Karbondioksitin uçuculuğu ve kalıntı bırakmama özelliğinden dolayı yangın sonrasında yanma odasının içindeki

malzemeler zarar görmemektedir. Ancak bu gaz boğucu bir gaz olduğundan içerisinde insanların olduğu kapalı mahallerde kullanımı uygun olmamaktadır.

3.1.4. Sprinkler sistemi

Sprinkler sistemleri gemilerde öncelikle yaşam mahallerinde kullanılmaktadır. Temel çalışma mantığı, bir su şemsiyesi oluşturmak için su serperek sıcaklığı düşürmektir. Gemilerde genellikle çalıştırılabilen iki farklı tipte sprinkler sistemi bulunmaktadır. Sprinkler sistemi 3 ayda bir periyodik olarak test edilmektedir.



Şekil 3.1. Otomatik çalışan sprinkler sistemi

Otomatik olarak çalışan sprinkler sisteminin çıkış nozulunun önünde sıvı ile dolu bir cam kapsül bulunmaktadır. Kapsül, nozul ile nozuldan akan suyu dağıtan ve sprinkler formuna dönüştüren bir cihaz arasında kurulmaktadır. Şayet bu alanda bir yangın meydana gelirse, kapsül içindeki sıvı genişler ve genişleyen sıvı, kapsülü kırarak dışarı çıkış yapar. Aynı zamanda nozuldaki basınçlı su, püskürtme cihazına çarparak dağılmaktadır. Çarparak dağılan bu basınçlı su, gemide soğutma sağlamaktadır.



Şekil 3.2. Manuel çalışan sprinkler sistemi

Manuel çalışan sprinkler sistemindeki nozulun önünde emniyet kapsülü bulunmamaktadır. Yangın olduğunda manuel olarak açılan sistem valfleri sayesinde uzaktan kontrol ile sisteme basınçlı su verilmektedir. Nozulun önünde herhangi bir kapsül olmadığı için basınçlı su doğrudan yağmurlama aparatına çarparak yangın söndürmeye başlamaktadır.

3.1.5. Yangın hortumları ve yangın devresi

Gemilerde yangın devresi, gemiyi baştan sona en aşağıdan en yukarıya kadar çevreleyen çeşitli çaplara sahip basınçlı suyun sürekli devir daim yaptığı bir sistemdir. Köprüden pruvaya ve makine dairesine kadar geminin her noktasına basınçlı suyu iletme kapasitesine sahiptir. Yangın söndürme devrelerinde deniz suyu kullanılmaktadır. Denizden emdirilen su basınçlı olarak yangın söndürme boru hattına basılarak devre üzerinde bulunan yangın musluğuna bağlı hortum vasıtasıyla müdahale gereken bölgeye uygulanmaktadır. Yangın söndürme devresi sadece deniz suyu değil aynı zamanda köpük sistemi de kullanır. Köpük sistem devresi bağımsızdır. Bu devre üzerinde köpük mikser adı verilen, köpük devresi adı verilen özel bir nozul sistemi bulunmaktadır. Güverteye verilen köpük daha önce bahsettiğimiz düşük genleşmeli sünger olup kendine has nozulu ve hortumu ile kullanılmaktadır. Yangın hortumları gemilerde yangın devresindeki basınçlı suyu söndürücü personelin elinde gezdirebildiği en uç noktalara kadar uzatabildiği değişiklik çaplardaki dayanıklı hortumlardır.

3.1.6. Portatif yangın söndürücüler

Çelik tüpler içine basınçla sıkıştırılmış sıvı katı ya da gaz maddelerle dolu olan taşınabilir yangın söndürücüleridir. Bulunduğu yerler kullanım amacına göre değişebilmektedir. Ağırlıkları ve hacimleri ihtiyaç duyulan bölgeye göre değişiklik göstermektedir. 2 kg olandan 50 kg olana kadar farklı ağırlıklarda ve boyutlarda portatif tüpler mevcuttur. Portatif yangın söndürücülerin bakım ve kontrolleri binaların yangından korunması yönetmeliği dördüncü bölüm madde 7'deki "TS ISO 11602-2" standardına göre yapılmaktadır. Yangın söndürme cihazlarının cinsine göre aylık, altı aylık, bir yıllık, beş yıllık, on yıllık bakım ve kontrolleri bulunmaktadır. Kontrol esnasında genel görsel, nozul, ağırlık, emniyet pimi, basınç gibi unsurlar kontrol edilmektedir. Portatif söndürücülerin çok fazla çeşidi bulunmakta ve kullanılmaktadır. Gün geçtikçe söndürücü tüplerin çeşitleri ve içerisindeki söndürücü maddeler değişebilmektedir.



Şekil 3.3. Dry powder (Kuru kimyasal toz) söndürücüler

Kuru kimyevi tozlar genel olarak parlayıcı sıvı yangınlarında kullanılmaktadır. Elektriksel olarak yalıtkan olduklarından enerji yüklü sistemlerdeki parlayıcı sıvı yangınlarında da kullanılmakta fakat yapışkanimsı ve kirletici özelliği nedeniyle hassas makine ve motor elektronik cihazlar gibi hassas yerlerde çıkan yangınlarda tercih edilmemektedirler. Bu tür söndürücüler genellikle yaşam mahalli içerisinde, kameraların olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Kullanım amacına ve

geminin türüne göre belirlenen bölgelerde ve miktarlarda bulunabilir. Kimi kimyasal toz söndürücüler gemilerde dolum imkanı sağlarken kimileri dolum için servise gönderilmelidir. Makine dairesi içerisinde 50 kg tekerlekli söndürücüler görülebilmektedir.



Şekil 3.4. Karbondioksit (CO₂) söndürücüler

Karbondioksit söndürücüler genellikle 5 kg tüp olarak gemilerde kullanılmaktadır. Soğutma ve boğucu özelliği mevcuttur. Aşırı soğukluğa neden olduğu için kullanıcıya zarar vermemesi açısından özel bir nozul yapısına sahiptir. Nozulu ahşap veya sert plastikten yapılmıştır. Bu sayede nozulu tutan kişinin eline zarar vermez. Vücuda kullanıldığında soğuk yanıklarına sebep olabilmektedir. Kapalı alanlarda daha etkilidir. Ancak karbondioksit söndürücüyü kullanan personel boğulmaya karşı önlem almalıdır. Bu tür söndürücüler yoğun olarak elektrik sistemlerinin bulunduğu bölgelerde kullanılmaktadır. Bu bölgelere örnek verecek olursak makine kontrol odası, kontrol panolarının olduğu bölümler, köprü üstü veya makine kontrol odası gibi hassas bölgeleri kapsamaktadır.



Şekil 3.5. Köpük (Foam) söndürücüler

Söndürücü köpük, yanan maddenin üzerini kaplayarak oksijeni keser ve yangını söndürmektedir. Bu özelliğinden dolayı özellikle yanıcı parlayıcı sıvı yangınlarında çok etkilidir ve gemilerde yakıt ve dolum istasyonlarında veya tiner, boya depolarında tercih edilen yangın söndürücülerin başında gelmektedir. Su bazlı olduğundan dolayı elektrik yangınlarında kullanılmamalıdır. Genellikle 6 kg olan boyutları kullanılır ancak, duruma göre farklı boyutlarda olanlar da kullanılabilmektedir.

3.1.7. Yangın battaniyesi

Yangın battaniyesi aşçı hane ve benzeri yerlerde bulunmaktadır. Yüksek ısıya dayanıklı malzemeden yapılmıştır. Üretim malzemesi farklı materyallerden olabilmektedir. Temel mantığı yanıcı madde ile oksijenin temasını kesmek üzerinedir. Örneğin tencere içerisinde alev almış yağ olduğunu düşünürsek, yangın battaniyesi tencere üzerine örtülerek yağın hava ile teması kesilerek alevin boğulması sağlanır. Böylece yangın söndürülmüş olur. Sadece kullanım alanı bununla sınırlı değildir. Üzerine alev sıçramış personel kıyafetini çıkaramayacak durumdaysa yangın battaniyesini üzerine sararak ve yerde yuvarlanıp üzerindeki ateşin söndürülmesini sağlayabilmektedir.

3.1.8. Yangın pompaları

Gemilerde sabit ve seyyar olmak üzere denizden su çekerek sabit yangın devresini besleyen pompalar vardır. Sabit ana yangın tulumbaları genellikle elektrik gücüyle çalışan sistemlerdir. Seyyar yangın tulumbaları ise yakıtla çalışan motopomp tulumbalardır. Bu pompalar sayesinde her zaman yangın devresinde basınçlı su mevcuttur. Suyun basıncı geminin her köşesine suyu ulaştırabilecek seviyede olmalıdır [8].



Şekil 3.6. Ana Yangın Pompaları

Şekil 3.6.'da görülen büyük tip ana yangın pompasıdır. Gemilerde yangınla mücadelenin ana ögesi yangın pompalarıdır. Bu görselde iki farklı pompanın aynı hatta su basması işlemi görülmektedir. Daha büyük gemilerde 4 ya da daha fazla pompalı sistemler mevcuttur. Bu tulumbalar birbirini desteklemekte, 24 saat esasına göre çalışmakta denizden çektiği deniz suyunu geminin yangın suyu devrelerine göndermekte ve devir daim ederek yangın suyu devresinde her daim basınçlı su bulunmasını sağlamaktadır. Olası bir yangın durumunda yangın devresinden yangın alanına doğru çekilen hortumlarda, zaten sürekli devrede olan pompalar sayesinde vakit kaybetmeden yüksek basınçlı deniz suyu olmaktadır. Pompaların basınç kontrolleri düşük ve yüksek basınç sensörleriyle takip edilmelidir. Düzenli periyodlarla bakımları yapılması gerekmektedir.

3.2. Gemilerde Pasif Yangın Güvenlik Önlemleri

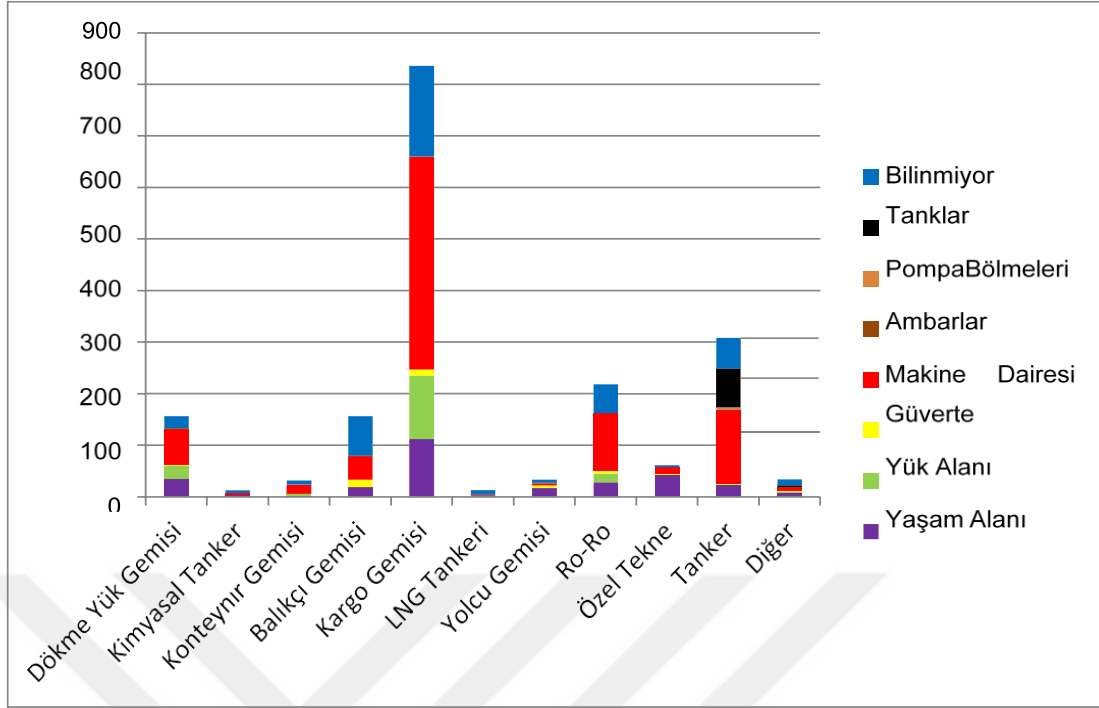
Gemide pasif yangın güvenliği denilince aklımıza gelen yangın çıkmaması durumunu korumak için kriz öncesi alınması gereken yapısal önlemlerdir. Yangın risk analizlerini her bölme için ayrı ayrı yapılmış olması, önlemlerin buna göre doğru uygulanması gemide yangın çıkma olasılığını minimuma indirecektir. Öncelikle gemi yangın istatistikleri incelenmeli ve risk analizleri bu veriler doğrultusunda oluşturulmalıdır.

3.2.1. Gemilerde çıkan yangın alanları

Karadan uzakta ve açık denizde olan bütün gemilerde yangın riski şüphesiz daha fazla olmaktadır. Çünkü denizdeki bir geminin yol gidebilmesi için makineleri çalışmakta, elektrik gücü üretebilmesi için dizelleri çalışmakta geminin statik enerjisi artmaktadır. Ayrıca yapı malzemeleri, insan faktörleri, taşınan yükler, teknik hatalar ve oluşabilecek kazalar da yangın riskini arttıran etmenlerdir. Ayrıca askeri gemilerde bulunan cephane ve bu tarz patlayıcı maddeler yangın riskini arttırmaktadır. Savaş gemisinde olası ateş sonucu geminin yara alması doğrudan alevli ve büyük bir yangın çıkmasının nedenlerinden birisidir.

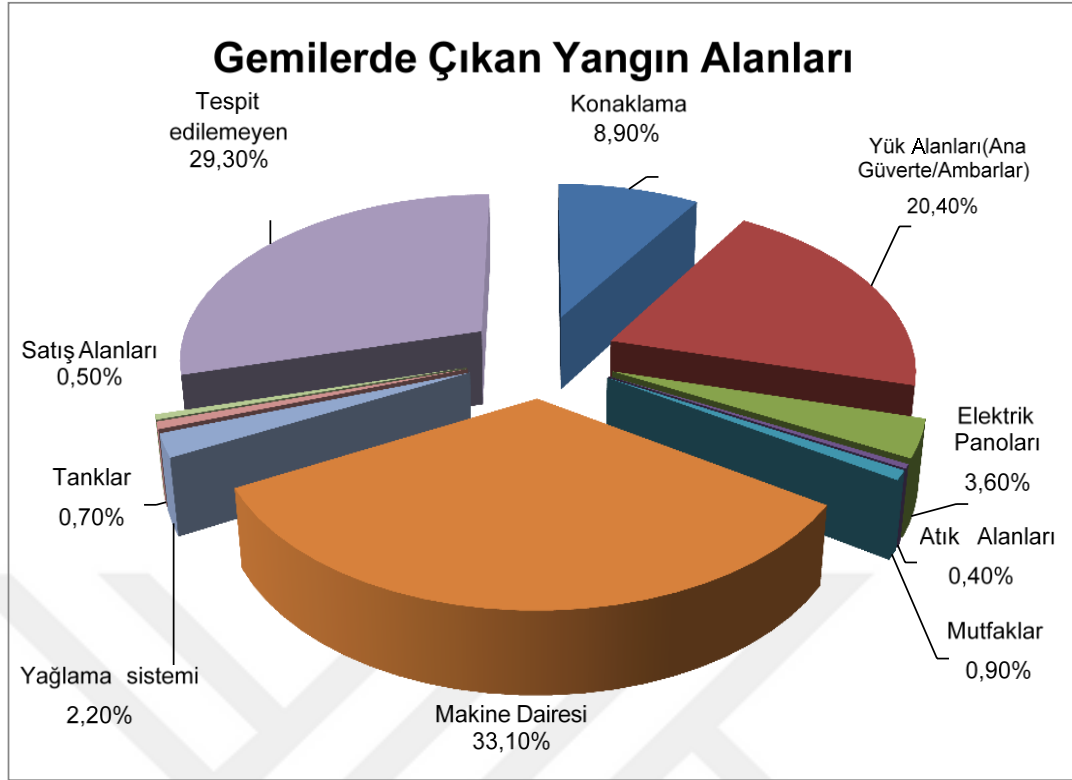
Denizler üzerinde yüzen çok sayıda gemi olsa da hemen her gemide ortak olarak bulunan alanları ele alınmıştır. Gemilerde çıkan yangınlarda geminin büyüklüğü ile yangın doğrudan kıyaslanamaz. Geminin yapıldığı malzeme, geminin türü, geminin işlevi, geminin yapılması gereken bakım tutumları, gemilerdeki bölmelendirmelerin doğru kullanılması, personel eğitimleri, seyir süresi, rotalar, taşıdığı yükler ve bunun gibi birçok faktör yangın ile doğrudan ya da dolaylı olarak ilgilidir.

Gemide yangın çıkabilecek alanlar; makine daireleri, ana güverte ve ambarları, gemi mutfakları, malzeme ambarları, yaşam alanları, atık alanları, elektrik panoları yağlama sistemleri vb olarak sıralanabilmektedir. Gemi çeşitlerine göre en çok yangın çıkan bölmeler Şekil 3.7.'de görülmektedir.



Şekil 3.7. Gemi bölmelerinde çıkan yangınlar [9].

Şekil 3.7.'de gemi tiplerine göre, geminin bölmelerinde meydana gelen yangınların kıyaslaması verilmektedir. Yapılan bu araştırmada farklı tip gemilerin bölmelerdeki yangın risklerinin farklı olduğu anlaşılmaktadır. Ancak tüm gemi tiplerinde bazı ortak bölmelerde çıkan yangınların ortak benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Gemi bölmelerine göre yangın öncesi alınması gereken önlemler farklılık gösterebilmektedir. Örneğin makine dairesinde yakıt yağ ve diğer yanıcı parlayıcı sıvılar bulunduğu için buralarda köpük içeren özel söndürme sistemleri bulunmalıdır. Yine aşçıhane gibi yağ ve türevlerinin bulunduğu bir ortamda direk ocağın üstüne monte edilebilen özel söndürücü sistemler bulunmaktadır. Elektrik panoları ya da bilgi işlem alanları için ise yine sisteme zarar vermeyecek şekilde planlanmış olan fm200 gazlı söndürücülerin kullanılması uygun olmaktadır.



Şekil 3.8. Gemide çıkan yangın alanları [9].

Şekil 3.8.'de gemilerin çeşitlerine bakılmaksızın bölmelerde meydana gelen yangınlar incelendiğinde, yük alanlarında, makine dairesinde, yaşam alanlarında ve mutfaklarda çıkan yangınların, gemilerde çıkan toplam yangınların yaklaşık olarak yüzde 70'ini oluşturduğu tespit edilmektedir.

Gemilerde meydana gelen yangın riskleri bakımından en riskli bölge başta olmak üzere sıralama yapmak istersek;

- Makine daireleri
- Ana güverte ve ambarları
- Gemi mutfakları
- Malzeme ambarları
- Yaşam alanları olarak sıralayabiliriz.

3.2.1.1. Makine dairesi yangınları

IMO'nun, bildirilen kaza raporlarından ve sigorta şirketi bilgilerinden derlediği çalışmalara göre istatistiksel olarak gemide meydana gelen yangın olaylarının %60'ı makine dairelerinde oluşmaktadır. Makine dairelerindeki en büyük risk faktörü makinelerin sıcaklığının yüksek olması ve yanıcı gazların oluşturduğu yanıcı patlayıcı buharlardır. Makine dairelerinde kirli yakıt yağ ve suyun biriktiği sac altı yere Sintine denilir. Sintineler yangın riski bakımından büyük risk içermektedirler. Uzun süre tahliye edilmeyen yanıcı maddeler zamanla yapışkan balçık hale gelmektedirler. Sonrasında bu birikintiyi tahliye etmek çok zordur. Ancak kimyasal çözücüler kullanarak daha akışkan hale getirilebilirler. Makine dairelerinin büyük bir kısmı ve bazı cihazlar galvanizli boya dediğimiz ısıya dayanıklı boyalar ile boyalıdır. Makine daireleri yangınlarına müdahale zor ve karmaşık bir olaydır [10].



Şekil 3.9. Gemi makine dairesi

Şekil 3.9.'da örneği gösterilen makine dairesinde olası bir yangında baca kısımlarının yüksek olması ve havalandırma kepenklerinin dışarıya açık olması durumu oksijenle olan temasın kesilmesi konusunda sorun yaratmaktadır. Bu kısımda yangına müdahale ederken metal boyalarının da yangını körüklediği ve hatta boyanın yüksek

sıcaklıkta eriyerek yangına yaklaşma tulumlarına ya da personelin vücuduna yapışması olasıdır.

Makine dairelerinde olası yangınlar için önlem olarak sabit CO₂ sistemleri ve sabit köpük sistemleri mevcut bulunmaktadır. Ayrıca yeterli sayıda KKT ve CO₂ tüplerinin de olması büyük önem arz etmektedir. Yağmurlama (sprinkler) sistemleri ve yangın istasyonlarının bakımları zamanında yapılmalı ve sorumlu personelin eğitimleri yeterli seviyede olmalıdır.

Makine dairesinde genelde B sınıfı (Yanıcı sıvı yangınları) yangınlar meydana gelmektedir. Bu nedenle yangına müdahalede öncelikle taşınabilir köpüklü yangın söndürücüler kullanılmaktadır. Bu müdahalenin yetersiz kaldığı durumlarda köpük aplikatörleri ve son olarak sabit köpük sistemleri devreye alınmaktadır. Büyük çaplı yangınlarda ise tüm sistem ve cihazlar devreye alınarak yangına müdahale edilebilmektedir.

3.2.1.2. Açık güvertede yangın riski, önlemler ve yangına müdahale yöntemleri

Gemilerin, yapım amacına uygun işlemlerin yapıldığı üstü açık alanlara gemilerin ana güvertesi denir. Dökme yük gemilerinin güverte kısmının altında ambar adı verilen yük taşıma bölmeleri bulunmaktadır. Karadaki yükler vinçler yardımıyla ambarlara yüklenmektedirler. Gemilerde ticari yükler ambarlarda taşınabileceği gibi uygun şartlar sağlanarak güverte üzerinde de taşınabilmektedir [11].

Açık güverte yangınları arasında yük işlemleri, güverte üzerinde sıcak çalışmalar ve akaryakıt ikmali esnasında oluşan kazalar ve aktiviteler ana güverte ve ambar yangınlarının nedenleri arasındadır. Açık güvertede oluşacak bir yangın kısa süre içinde geminin iç bölmelerine ilerleyebilmektedir. Bu sebepten yangına müdahale hem içerden hem dışarıdan olacak şekilde yapılmalıdır.



Şekil 3.10. Gemi güverte yangını

Şekil 3.10.'da açık güverte yangını görülmektedir. Askeri gemilerde ayrıca savaş durumunda yara alması sonucu çıkabilecek yangınlar göz önüne alınmalıdır. Savaşta yara alan gemilerde yangını önlemek mümkün değildir. Ancak hızlı ve kontrollü bir şekilde yangını büyümesini önlemek mümkün olabilmektedir. Bunun için öncelikli olarak risk değerlendirmesi yapılmalı ve tespit edilen risk bölgelerine gerekli emniyet önlemlerinin alınması sağlanmalıdır. Alınan önlemlerin yanı sıra yangın eğitimleri ve tatbikatları yapılarak kriz anında personelin doğru karar verebilmesi sağlanmalıdır.

3.2.1.3. Gemi mutfaklarında ve büfelerde yangın riski ve yangına müdahale yöntemleri

Mutfakta çıkan yağ yangınları genellikle yemeklik yağın alev alması sonucu ortaya çıkar, bu nedenle mutfaklarda mutlaka bir yangın battaniyesi ve çalışanların kolayca erişebilecekleri bir yerde yangın söndürme ekipmanlarının bulundurulması gerekmektedir. Unutulmamalıdır ki çıkan küçük çaptaki bir yangın bile ilk anda müdahale edilemez ise geminin diğer alanlarına da kolayca yayılabilmektedir.

Mutfakta çıkan yangınlara su ile müdahale edilmemelidir. Örneğin yanan kızgın tavanın üstüne doğru su dökülürse yanan yağ etrafa saçılıp yangını daha da

büyütecektir. En iyi söndürücü yangın battaniyesi ya da ıslatılmış ve sıkılmış bezle örtme işlemidir. Ayrıca mutfaklarda ocağın üstüne sabit yangın söndürme sistemleri kurulmalıdır. Bu sistemler uzaktan aktif hale getirilerek yangının üzerine boşalır, bir film tabakası gibi örter ve oksijenle teması keserek yangını büyümeden söndürürler.

Mutfak yangınlarını önlemeye yönelik yapılması gerekenler;

- Mutfak bacaları sık sık temizlenmeli,
- Gemilerde kullanılan gazlı ocakların yerine elektrikli kuzineler kullanılmalı,
- Prizlere kapasiteyi aşan aletler bağlanmamalı,
- Gazlı ocaklar kullanılacaksa gaz sızıntılarını tespit edecek dedektör kullanılmalı,
- Sorumlu personel dışında mutfakta kimse çalıştırılmamalı,
- Mutfakta uygun bir alanda mutlaka yangın battaniyesi olmalıdır,
- Mutfaklarda ocak üstüne sabit yangın söndürme sistemleri kurulmalıdır.

3.2.1.4. Malzeme ambarlarında yangın riski önlemleri ve yangına müdahale yöntemleri

Depolama faaliyetlerinde yangın riskini azaltmaya yönelik öncelikle yapılması gereken malzeme türüne göre yer seçimidir. Çünkü ambarlanacak malzemeler belli bir düzene göre saklanması yanında iki ya da daha fazla malzemenin aynı ortamda bulunması bazı kimyasal tepkimeler sonucunda yangınlara sebep olmaktadır.

Malzeme ambarları yangınları ambar çeşidine göre değişebilmektedir. Soğuk gıda ürünlerinin saklandığı ambarlarda yangın riski düşük olurken boya ve tiner gibi son derece yanıcı parlayıcı malzemelerin depolandığı ambarlarda çıkabilecek yangın riski büyüktür. Çıkan bir yangının B sınıfı bir yangına dönüşebileceği ve diğer bölmeleri etkileyebileceği unutulmamalıdır. Ambar yangınlarının başlıca çıkma nedenleri ambarın kullanım sıklığı, dikkatsizlik, ihmal, tecrübesizliktir. Bu yangınları önlenmesi için yapılması gereken doğru malzemenin doğru şekilde ve yerde malzemenin türüne göre muhafaza edilmesi gerekmektedir.

Gemide ambarlarda çıkabilecek yangınlar için bölmede sabit karbondioksit sistemleri ve sabit köpük sistemleri olması ve yeterli sayıda KKT ve CO₂ tüplerinin de bulunması gerekmektedir.

3.2.1.5. Gemi yaşam alanlarında yangın riski, önlemler ve yangına müdahale yöntemleri

Gemilerde yaşam mahalleri denilince aklımıza yatakhaneler, banyo, tuvaletler, ofisler, yemekhaneler, dinlenme salonları, spor salonu gibi bölümler gelmektedir. Bu kısımlarda yangınlar daha çok elektrik aksamlarından ya da ısıtım işlem sırasında meydana gelebilecek olan kazalardan oluşmaktadır. Yaşam mahallerinde yangın tehlikesi metalin üstündeki kaplamaların yanması sonucu büyümektedir. Bu kaplamalar bazen kalın boyalar ya da ağaç kaplama olabilmektedir. Gemi metal sac aksamının arasında bulunan yalıtım malzemeleri oluşabilecek yangınları büyümeden söndürülmesine yardımcı maddelerdir. Isı iletkenlikleri çok düşük olduğu için olası bir yangında yangına müdahale için zaman kazandırır.

Yaşam alanlarında yangına ilk müdahale seyyar yangın tüpleri ile yapılmakta ancak yetersiz kalınması durumunda sabit deniz suyu sistemi devreye alınmaktadır. Su ile müdahaleden sonra dikkat edilmesi gereken konu aşırı su kullanımından kaçınmak olmalıdır. Aksi halde yaşam mahalleri kullanılamaz hale gelebilir.

Gemilerin yaşam alanlarında, risk değerlendirmesi yapılarak olası risk alanları tespit edilmelidir. Tespit edilen riskler üzerine önlemler alınarak, personele gerekli emniyet talimatları verilmelidir. Riskli bulunan mahallerde gerekli ikaz işaretleri koyulmalı ve personelin bilinçlenmesi sağlanmalıdır. Yaşam alanlarında kullanılan cihaz ve sistemlerin periyodik bakımları yapılarak, onarıma ihtiyaç duyan ve kullanım ömrünü doldurmuş cihazlar tespit edilerek yetkililere bilgi verilmelidir. Kullanılan sistem ve cihazlar sorumlu personel dışında kullanılmamalı ve gerekli kullanım talimatları çıkartılmalıdır.

3.3. Gemilerde Yangın Yalıtımı

Gemilerde yangın yalıtımı geminin inşa aşamasından başlayıp yüzer duruma gelene kadar devam edebilmektedir. Hatta ihtiyaç duyulduğunda yalıtımı güçlendirecek bir bakım onarım düşünülebilir.

Ancak yalıtım için yapılan her işlem gemi mühendisleri tarafından onay alınarak yapılmalıdır. Sadece yangın emniyetini düşünerek değil aynı zamanda geminin yüzebilirliğinin, denge unsurlarının, ısı ve ses geçirgenliğinin de düşünülmesi gerekmektedir. Yapılacak bütün tasarım işlemleri belli kurallar çerçevesinde planlanmaktadır.

3.3.1. Denizde can emniyeti uluslararası sözleşmesi

1 Kasım 1974 senesinde yürürlüğe giren “*Denizde Can Güvenliği Uluslar arası Sözleşmesi*” ya da kısaca “*SOLAS 74*” gemilerin inşaat aşamasından başlamak üzere can ve mal emniyeti için; elektrik, donanımların dizaynlarını, ve makine, yangın emniyet tedbirlerini, can kurtarma araçlarının özelliklerini, telsiz haberleşmesini, seyir güvenliğini, tehlikeli yüklerin taşınma prensiplerini, gemilerde bulunması gereken belge ve dokümanların isim ve kapsamını açıklayan ve kuralların uygulanması konusunda kontrol metotlarını belirleyen, IMO üyesi ülkeler tarafından imza altına alınan, yasal bir dokümandır [12]. Buna göre tüm üye ülke gemilerinde yapım aşamasından itibaren SOLAS kuralları geçerlidir. Bu kurallardan askeri gemiler de sorumludur.

3.3.2. Gemilerde solas kuralları

Solas’a göre İnşaat-yangından korunma, yangın ihbar ve yangın söndürme onarım, değişiklik, tadilat veya donatım safhasında bulunan bütün gemiler, en az; bu gemilere daha önce uygulanan gerekliliklere uymaya devam edeceklerdir.

Bu Bölüm'deki yangın güvenliği hedefleri;

- Yangın ve patlamanın oluşmasını önlemek,
- Yangının yol açabileceği can kaybı ve mal kaybı tehlikesini en aza indirmek,
- Yangının; gemiye, yüküne ve çevreye verebileceği zarar riskini düşürmek,
- Yangın ve patlamayı; başladığı bölgede tutmak, kontrol altına almak ve boğmak,
- Yolcular ve mürettebat için yeterli ve önceden belirlenmiş kaçış yollarını sağlamaktır [13].

3.4. Gemilerde Korozyonla Mücadele

Korozyon malzeme yüzeyinde meydana gelen ve malzemede istenmeyen bir değişikliğe yol açan değişim sürecidir [14]. Korozyon farklı ortamlarda, farklı hızlarda gerçekleşebilir. Bu ortamlardan korozyon olasılığı en yüksek yerlerden birisi deniz suyudur. Deniz suyunda bulunan yüksek klor iyonları ve klor bileşikler, yüksek nem oranı, havada ve suda bulunan mevcut oksijen gibi etkenlerden dolayı korozyon oluşumu denizlerde daha çok görülür [15].

3.4.1. Gemilerde korozyon önleyici tedbirler

Gemilerde korozyon dolayısıyla meydana gelen aşınmalar; gemilerin inşasından önce, inşa sürecinde ve işletmeciliği döneminde alınacak önlemlerle kontrol edilmeye çalışılmalıdır. Korozyon oluşumu, geminin kış bölgesinde, pervanenin hareketi ve su akımı dolayısıyla daha yüksek seviyelere ulaşır ve özellikle bu bölgelerde korozyonla mücadele etmek için katodik koruma uygulanmasını gerekli hale getirir. En etkili Korozyon önleme şekilleri katodik koruma ve zehirli boya diye bilinen Anti-fouling boya uygulanmasıdır. Her iki uygulama da gemi kızakta iken suyla temas etmeyecek durumda yapılmalıdır [16].

3.4.1.1. Gemilerde katodik koruma

Doğada bulunan elementler elektron alma eğilimlerine göre kuvvetli ve zayıf element olarak sınıflandırılmaktadırlar. Elektron alma, kimyasal olarak elektronegatiflik şeklinde adlandırılmaktadır. Elektronegatifliği yüksek olan elementler elektronegatifliği düşük olan elementlerden elektron koparırlar ve bu şekilde zayıf olan elementi korozyona uğratmaktadırlar. Bu şekilde elektronegatifliği düşük olan elementleri korozyondan korumak için elektronegatifliği yüksek olan elementlere dışarıdan elektron verilerek denge sağlanmakta veya elektron alışverişinin olduğu ortam ile yapı arası polarizasyon sağlanarak bağlantısı kesilmektedir. Bu olaya katodik koruma adı verilmektedir [17, 18].

Katodik koruma ilk olarak 1824 yılında Sir Humphry Davy tarafından Samarang isimli bir harp gemisi üzerinde denenmiştir. Davy yapmış olduğu çalışmalar neticesinde çinko veya demir bloklarla bakırı katodik olarak koruyabileceğini keşfetmiştir [19]. Katodik koruma sistemleri ile bir yüksek giriş akım direnci ve elektrot kullanılarak, yapının elektrolit potansiyel ölçümü etkili bir şekilde izlenebilmektedir. Ölçümler standart, bakır/bakır sülfat, gümüş /gümüş klorür/deniz suyu, gümüş /gümüş klorür/potasyum klorür ve çinko elektrotları referans alınarak yapılmaktadır [20]. Denizcilik sektöründe Galvanik Anod kullanılmaktadır çünkü bunlar Elektro-Kimyasal olarak daha aktif metaller sayesinde aktif voltajı arttırmaktadırlar. Tepkimeyi açıklarsak eğer, tuzlu su çözeltisinde gemi metali elektron kaybedecek ve bu elektronlarda daha aktif olan metal Şekil 2.17.'de görünen (Tutya) tarafından gemi metali bünyesine gönderilecektir. Böylece her iki taraftaki elektron kaybı aynı olup sabit bir elektriksel akım meydana gelecektir [21].



Şekil 3.11. Gemi tutyası

3.5. Gemilerde Kullanılan Boyalar

Gemiler sürekli denizde hareket eden büyük yapılar oldukları için her bir bölgesinde farklı kaplama işlemleri uygulanmaktadır. Örneğin ambar dipleri ve çeperleri fiziksel darbelere dayanıklı boyalar ile kaplanmakta iken karina bölgesi daha çok korozyona ve fouling engelleyici boya çeşitleriyle kaplanmaktadır.

Korozyon, gemilerde boya seçiminde en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Korozyon, fiziksel, elektro-kimyasal, çevresel ve kimyasal kaynaklı olmak üzere üç maddeye ayrılmaktadır. Devamlı olarak basınç değişimlerine uğrayan ve farklı noktalardan kuvvetlere maruz kalan bir bölgenin korozyona uğraması kaçınılmazdır. Sürtünme nedeniyle koruyucu yüzeyin aşınması metallerde oksitlenmeye neden olup metalik özelliklerini kaybetmelerine neden olmaktadır. Bu durum gemilerde istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir.

3.5.1. Antikorozif boyalar (Astarlar)

Çelik malzemelerin korunmasında kullanılacak olan en önemli boya Astar boyalardır. Bunun için çelik üzerine havayla temas etmeyecek şekilde koruyucu astar boya (shop primer) uygulaması yapılmaktadır. Çeşitli metal yüzeylere çok iyi yapışıp, tuzlu suya uzun süre direnç göstermektedir. Yapısal özelliği nedeniyle tek kat astar olarak veya spreyci macun olarak dahi kullanılmaktadır. Yüzey toleranslı bir

astar olduğundan çok fazla yüzey hazırlama gereği bulunmamaktadır. Şekil 3.12.’de gemi ham çeliği üzerine astarlama boyası yapılmaktadır.



Şekil 3.12. Astarlama işlemi

3.5.2. Sentetik faça boyası

Alkid bağlayıcı esaslı, kolofan reçine takviyeli, hava kurumalı parlak bir son kat faça boyasıdır. Denizde en ağır şartlara karşı çok iyi bir koruyucudur. Yüzeye çok iyi yapışmaktadır. Su, yağ ve sürtünmeye dayanıklıdır. Yeşil, kırmızı kahve renkte olup parlak dokulu, alkid-fenolik esaslı son kat faça boyasıdır. 1.21 – 1.41 kg/l yoğunluğa sahiptir. Tatbikten önce, astar boya vurulmuş yüzeylerin, kuru, tozsuz ve diğer kirlilerden arındırılmış olduğundan emin olunmalıdır. Hasarlı yüzeyler için antikorozyon astarlar sürüldükten sonra tatbik edilmelidir. +15°C’nin üzerindeki ortam ısısında uygulanabilir. +15°C ’nin altında kuruma süreleri % 70-100 uzar [22].

3.5.3. Sentetik borda üst yapı boyası

Gemilerin bordalarına, üst yapı ve iç kısımlarına uygulanabilen, alkid bağlayıcı esaslı, hava kurumalı son kat bir boyadır. Mükemmel dayanıklılığa, iyi parlaklık ve renk kalıcılığına sahiptir.

Alkid esaslı astarlar üzerine uygulanmalıdır. Uygulanacak astar yüzeyinde yağ, kir, tuz olmamalı, varsa tiner ile silinerek iyice temizlenmelidir. Uygulanacak yüzeyler nemsiz ve kuru olmalıdır. Astar üzerine iki kat olacak şekilde uygulanmalıdır.

3.5.4. Güverte boyası

Deniz suyuna periyodik batmaya dayanıklı olması için modifiye edilmiş, yüksek kaliteli, alkid bağlayıcı esaslı güverte son kat boyasıdır. Çok iyi renk ve parlaklık kalıcılığının yanında, yürüme alanlarında da aşınmaya dayanıklıdır. Çeşitli antikoroziyon astarlara iyi yapışma özelliğine ve esnekliğine sahiptir. Ancak beton, inorganik çinko ve galvaniz yüzeylere doğrudan tatbik edilmemelidir.

Tatbikten önce, astar boya vurulmuş yüzeylerin, kuru, tozsuz ve diğer kirlere arındırılmış olduğundan emin olunmalıdır. Hasarlı yüzeyler için antikoroziyon astarlar sürüldükten sonra tatbik edilmelidir. Güverte boyası, alkid veya yağ esaslı antikoroziyon astarlar üzerine uygulanmalıdır. Uygulanacak astar yüzeyinde; yağ, kir, tuz olmamalı, varsa tiner ile silinerek iyice temizlenmelidir. Uygulanacak yüzeyler nemsiz ve kuru olmalıdır. Çok soğuk havalarda kuruma gecikeceği için uygulamadan kaçınılmalıdır [22].

3.5.5. Anti-fouling boyalar

Denizlerdeki canlıların, doğal yapı ve insan araç ve gereçlerin (gemi karinaları, boruları, atık su deşarj boruları, şamandıralar, elektrik kabloları ile balıkçılıkta kullanılan ağlar, petrol boru hatları vb.) yüzeylerinde tutunarak gelişen organizmaların oluşturduğu topluluğa fouling organizmalar ve bu organizma gelişim sürecine de genel olarak fouling olayı denir [23]. Anti-fouling boya, bir deniz aracının gövdesine ve pervanelerine uygulanan özel bir kaplamadır. Kaplama, midyeler, balçık, yosun ve yosun otu gibi deniz organizmalarının büyümesini yavaşlatmak için kullanılır. Anti-kirlenmeye ek olarak, kaplama metal gövdelerinde ve pervanede korozyonu önlemektedir. Aynı zamanda, teknenin gövdesinden geçen su akışını da iyileştirmekte ve hızlandırmaktadır. Anti-fouling boya, alt boya olarak

da bilinmektedir. Anti-fouling boya, metal gövdelere uygulandığında iki amaca hizmet etmektedir; korozyonun yanı sıra gövdeye mikroskopik deniz hayvanlarının, bitkilerin yerleşmesini ve büyümesini önlemektedir. Korozyon ve kirlenme kavramları, kötü korozyon direncinin boya filminin bozulmasına yol açması ve dolayısıyla kirlenme önleyici özelliklerin kaybına neden olması yüzünden, birbiriyle ilişkilidir. Tipik anti-kirlenme boyası, boyaya bir biyosit veya bir toksin içermektedir; bu, herhangi bir eklenmiş organizmayı zehirlemek ve başka organizmaların boyaya yapışmasını önlemek için çevreye salınmaktadır. Kirlenme önleyici boyaların dört temel maddesi; biyosit, reçine, çözücü ve pigmenttir [24, 25].



Şekil 3.13. Gemi karinası

Şekil 3.13.'de görüldüğü gibi gemi karinası yani su ile direk temas eden kısım korozyon ve yosunlanma sorunlarıyla hasar almaktadır. Günümüzde Tutyalama ve Anti-fouling boya uygulaması birlikte hemen hemen her gemiye uygulanmaktadır [26]. Dünyada yıllardan beri kullanılan çok çeşitli anti-fouling sistemler bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi TBT (Tributyltin)'dir. Alternatiflerine göre yoğun olarak tercih edilmesinin sebebi çok etkili ve dayanıklı olmasından kaynaklanmaktadır [27]. Geçmişte gemilerde oluşan fouling kireç, arsenik, cıva gibi maddeler kullanılarak önlenmiş, 1960'larda kimya endüstrisinin gelişmesiyle anti-fouling amacıyla birtakım metalik bileşikler ve özellikle de TBT keşfedilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır [28].

3.5.5.1. Anti-fouling boyaların zararları nelerdir?

Yapılan araştırmalar deniz organizmalarında sudakine oranla bin kat daha fazla TBT olduğunu belirlenmiştir. Doğada çok kalıcı olmasının yanında TBT bileşikleri çok düşük konsantrasyonlarda bile deniz organizmalarına toksik etkiler gösterebilmekte ve besin zincirine girerek organizmalarda birikebilmektedir. Ayrıca TBT kabuklu organizmaların kabuklarında deformasyon ve kalınlaşmalara neden olurken bazı organizmalarda cinsiyet farklılaşmalarına (imposex), balıkların ve deniz memelilerinin immün sistemlerinin bozulmasına da neden olabilmektedir [29].

Son düzenlenen IMO konvansiyonu, gemilerde kullanılan anti-fouling boyaların içinde TBT bulunmasını yasaklamakta ve anti-fouling sistem boyalar içinde bulunma riski olan diğer zararlı maddelerin de ileride olası kullanımlarını engellemektedir [30].

Tributyltin içerikli boyaların üretimi 2003 yılından, kullanımı ise 2008 yılından sonra IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü) tarafından yasaklanmıştır. TBT tüm dünyada yasaklandıktan sonra yerini bakır esaslı anti-fouling boyalar almıştır. Bakırlı boyalar TBT'ye benzer bir performans gösterdiğinden anti-fouling olarak etkinliğini kanıtlamışlardır ve günümüzde pazara hakim olan boyalar olmuşlardır. Bakırlı anti-fouling boyalarda, bakır pullar veya toz halinde de kullanılsa da içerik bakır oksittir [31, 32]. Günümüzde biyosit içermeyen boyalar maliyeti nedeniyle halen istenilen düzeyde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu nedenle, biyosit içeren boyaların geliştirilmesinde deniz ekosistemlerinde fouling organizmaların dışında kalan hedef olmayan organizmalara da özel önem gösterilmesi gerekmektedir. Çevre dostu anti-fouling boyaların geliştirilmesi aynı zamanda deniz ekosistemlerinde gerçekleştirilen yenilenme faaliyetler için önem taşımaktadır [33].

Son yıllarda bakırın çevre üzerinde negatif etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Bakırın su canlılarına zehirli olduğu, larva ve balık türlerine zarar verdiği görülmüştür. Bu nedenle İsveç ve Danimarka gibi Baltık ülkeleri bakır oksitli anti-fouling boyalara yasaklama getirmiştir. Ayrıca ABD Deniz Kuvvetleri boyalardaki bakır oksit

miktarının azaltılmasını istemiştir. Günümüzde çevre ile dost anti-fouling boya araştırmaları yoğun bir şekilde yapılmasına rağmen istenilen özelliklere sahip bir sonuç henüz elde edilememiştir [34]. Günümüzde çoğu gemide geminin su altında kalan kısmında halen bakır oksit içerikli anti-fouling boyalar kullanılmaktadır.

3.5.5.2. Geleceğin anti-fouling boyaları (çevre ve deniz kirliliği etkisi)

Dünya ticaretinin 2/3'ü deniz yoluyla yapılmakta olup, deniz araçlarında kullanılan zehirli boyalarından bazıları Uluslararası Denizcilik Organizasyonu (IMO) tarafından yasaklanmış ve diğer zehirli bakır içeren boyalar için de azaltılma hedefleri konulmuştur. Bakır içermeyen çevre dostu boyalarla deniz aracı yüzeyinde bakterileri tutmadığından ve çevreyle dost olduğundan sektör için oldukça önemli olmuştur.

Gemilerin alt gövdelerinin temiz yani mikro organizmalardan arınmış olması hem suda daha hızlı seyretmelerini hem de daha az yakıt tüketmelerini sağlamaktadır [35]. Milne fouling'e karşı uygulanan anti-fouling boyaların toplam deniz taşımacılığındaki etkisinin anti-fouling uygulanmadığı durumdakinden %40 daha az yakıt tüketimi olduğunu hesaplamıştır [36]. Peki bor katkılı boyalar gelecekte Anti-fouling olarak kullanılabilir mi? Bakır katkılı boyaların çevreye verdiği zararları bor katkılı boyalarla azaltabilir miyiz? 8 Şubat 2017 tarihinde Prof. Dr. Nuran AY/Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü/Anadolu Üniversitesi ve çalışma arkadaşlarının Marmara denizinde yaptığı deneylerde bor partiküllü nano teknoloji katkılı boyanın istenilen sonuçları verdiği gözlemlenmiştir [37].

3.5.5.3. Bor katkılı boyanın anti fouling etkisi

Yapılan deney Marmara Denizinde 270 gün süren gözlemden oluşmaktadır. Standart plakalara çeşitli Anti-fouling boya kaplanarak denize bırakılmış hedef olarak süre sonunda plakalardaki fouling miktarları ve tutunan organizma türleri belirlenmiştir. Deney sonunda çıkarılan sonuç bakır ve türevi içeren boyalarla kaplı plakalarda ilk başlarda güzel bir koruma sağlandığını ancak zamanla Deniz kirliliği ve ekosistemi

bozucu organizmaların bir tabaka oluşturduğu gözlemlendi. Bor kaplı olan tabakada ise çoğu kısımda hiçbir organizmanın barınmadığı bazı küçük kısımlarda daha az zararlı olan organizmaların tutunduğu tespit edilmiştir. Tavsiye olarak; deniz canlıları için oldukça toksik etkiye sahip bakır oksitin mevcut anti-fouling boyaların içinden kaldırılıp, toksik olmayan nano malzemeler (Bor ve türevleri) ya da çevre dostu bileşimler içeren farklı tür ve bileşimlerde üretilen boyaların kullanılması uygun görülmüştür [37].

Tablo 3.1. Zaman içinde değişen anti-fouling olayları

Zaman Aralığı	Önemli olaylar
1500-300 MÖ	Ahşap teknelerde kurşun ve bakır sacların kullanılması
1800-1900ler	Ağır metallerin (bakır, arsenik, cıva) boyaların içine katılması
1800ler-günümüz	Bakırın AF boyalarında kullanılmasına devam edilmesi
1960lar	Geleneksel TBT boyasının gelişimi
1974	İstiridye yetiştiricilerinin olağan dışı kabuk büyümesini rapor etmeleri
1977	İlk fouling giderici AF boya patenti
1980ler	Biyosit salma oranının kontrolüne olanak sağlayan TBT SPC boyasının gelişimi
1980ler	İstiridyelerdeki kabuk anormalliği ve Nucella lapillus'ta görülen imposeksin TBT ile ilişkilendirilmesi
1987-90	Fransa, İngiltere, ABD, Kanada, Avustralya, AB, Yeni Zelanda ve Japonya'da 25 m.'den küçük gemilerde TBT içeren boya kullanımının yasaklanması
1990lar-günümüz	Bakır salma oranı kısıtlamasının Danimarka'da uygulanması ve California, ABD'de gündeme alınması
2000ler	Çevre dostu AF alternatiflerine yönelik yapılan araştırmaların artması
2001	Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün (IMO) AF boyalarından ve gemilerden TBT'yi ortadan kaldırmaya yönelik olarak AFS Konvansiyonu'nu kabul etmesi
2003-	TBT'nin yeni uygulamalarının yasaklanması
2008-	Aktif TBT varlığının yasaklanması
2008	IMO AFS Konvansiyonu'nun zorunlu hale getirilmesi

Günümüzde fouling ile aktif bir şekilde mücadele edecek ve yüzey pürüzlülüğü açısından daha avantajlı, daha az sürtünme direncine neden olacak, daha uzun süre kullanılabilir, daha az bakım isteyen ve ayrıca doğaya zarar vermeyecek anti-fouling boya arayışları ve araştırmaları devam etmektedir. En son çalışma olarak Avrupa Birliği, 7. Çerçeve Programı kapsamında bir araştırma projesi başlatmış olup, proje sonunda tüm bu özelliklere sahip yeni bir anti-fouling boyanın üretilmesini hedeflemek.

BÖLÜM 4. BOR MİNERALİ

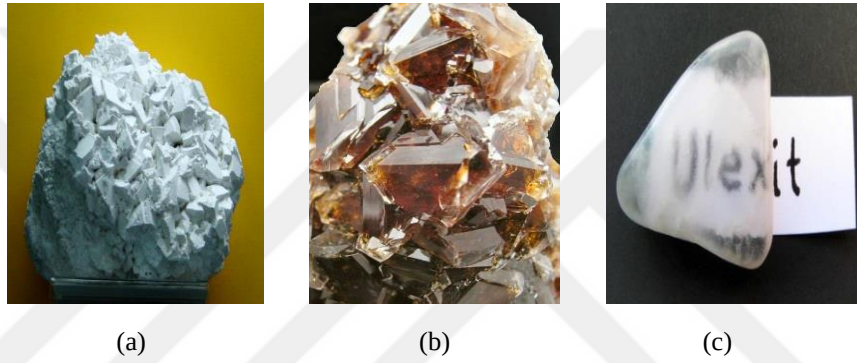
4.1. Bor Mineralinin Tanımı

Kimyasal simgesi “B” olan Bor, periyodik tabloda metalle ametal arasında, yarı iletken özellikte olan bir elementtir. Yüksek konsantrasyonda ekonomik önemi olan Bor yatakları, Türkiye ve ABD’nin kurak, volkanik ve hidrotermal etkinliğin fazla olduğu bölgelerinde bulunmaktadır. Hafifliği, gerilmeye olan direnci ve kimyasal etkilere dayanıklılığı sebebiyle; plastiklerde, sanayi elyafı üretiminde, lastik ve kağıt endüstrisinde, tarımda, nükleer enerji santrallerinde, roket yakıtlarında da kullanılmaktadır. Camın sıcaklık ile genişmesini önemli ölçüde indirdiği, camı asite ve çizilmeye karşı koruduğu, titreşim, yüksek sıcaklık ve sıcaklık şoklarına karşı dayanıklılığı sağladığı için sıcaklığa dayanıklı cam gereçler, elektronik ve uzay araştırmalarında kullanılacak üstün nitelikli camların üretiminde de önemli yeri vardır [38]. Bor’un saf elementi; ilk kez 1808 yılında Fransız kimyager J.L. Gay – Lussac ve Baron L.J. Thenard ile İngiliz kimyager H. Davy tarafından elde edilmiştir [39].

4.2. Bor Mineralinin Önemi

Şekil 4.2.’de Dünya bor rezervinin %73’ünü Türkiye’nin topraklarında bulunmaktadır. Türkiye’nin bor rezervlerinde başta gelen şehirleri arasında Eskişehir-Kırka, Kütahya-Emet, Bursa-Kestelek ve Balıkesir-Bigadiç bulunmaktadır. Ancak Bor mineralinin sadece ham madde olarak çıkarılması ve satılması tek başına yeterli olmamaktadır. Ticari anlamda üretilmesi ve çok farklı Bor bileşikleri olarak değerlendirilmesi gerekir. Bu amaçla Bor bileşiklerinin yurtiçi ve yurtdışı pazar payları araştırılmalı çok farklı alanlarda nasıl katma değer sağlayacağı araştırması yapılmalıdır. Türkiye’de Eti Maden tarafından çıkarılan Bor minerali daha sonra

yüksek teknoloji ile donatılmış konsantratör tesislerinde işlenerek zenginleştirilir ve öğütülmüş hale getirilir [40]. Bor mineralleri yapılarında farklı oranlarda bor oksit içeren doğal bileşiklerdir. Ticari açıdan en önemli bor mineralleri; Tinkal, Kolemanit, Kernit, Üleksit, Pandemit, Borasit, Szaybelit ve Hidroborasit bulunmaktadır. . Fakat bu mineraller içinde ticari olarak boraks, kolemanit ve üleksit daha fazla ön plana çıkmaktadır. (Şekil 3.1.). Bu üç mineral, dünya borat ihtiyacının yaklaşık % 90'ını karşılamaktadır. Türkiye ve Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere çok az sayıda ülkede üretilmekte olan bu mineraller ekonomik açıdan büyük önem arz etmektedir [41].



Şekil 4.1. Doğada bulunan önemli bor mineralleri: (a) Boraks, (b) Kolemanit, (c) Üleksit.

Dünyada yıllık bor tüketiminin kullanıldığı alanlar yüzde olarak; %41 izolasyon, fiberglas ve tekstil sanayisi, %13 seramik ve bileşikler sanayisi, %12 deterjan ve temizlik sanayisi, %8 metalürji sanayisi, %7 tarım sanayisi ve %19 diğer sahalarda olmak üzere kategorilendirilmiştir [42]. Dünya Bor rezervlerinin büyük bir çoğunluğunu elinde bulunduran Türkiye bu avantajını katma değeri yüksek ürünler üreterek çok daha ileri düzeylere taşınmalıdır. Bor katkılı ürünler üniversitelerimiz ve Arge merkezlerimiz sayesinde gün geçtikçe yeni bir alanda ve üründe bir ürünle karşımıza çıkmaktadır. Şekil 4.2.'de dünya bor rezervleri haritası verilmiştir. Buna göre dünya üzerinde çok geniş coğrafyalara yayılmış olan bazı ülkelerde bor minerali olduğu görülmektedir. Bu haritaya göre en düşük alana sahip olan kırmızı renkli ülkemiz, bor kapasitesi açısından birinci sıradadır.

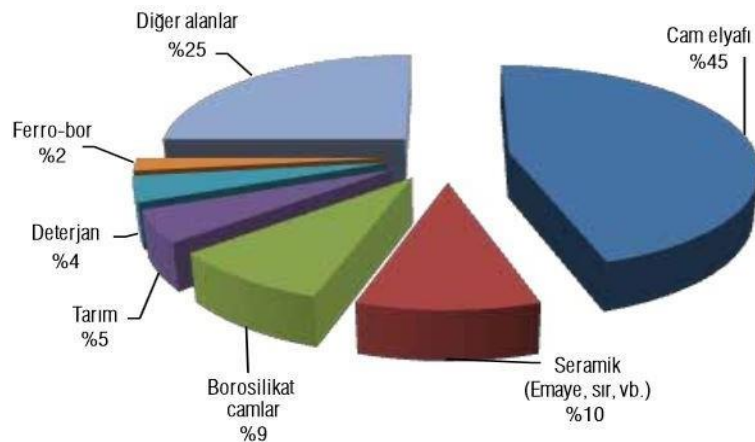


Şekil 4.2. Dünya Bor Rezervleri [43]

4.3. Bor Minerallerinin Kullanım Alanları

Bor, bor alaşımları, bor tuzları ve organometalik bor kompleksleri tek başına yüksek teknoloji malzemeler olarak kullanılmakta ve diğer malzemelere yüksek teknoloji malzemelerin performansını katmaktadır. Bor ürünleri hafif, strese ve kimyasal etkilere dayanıklıdır. Bu nedenle en çok kimya ve kozmetik endüstrilerinde, fotoğrafçılık, boya, deri ve çimento endüstrilerinde, plastikte, endüstriyel elyaf üretiminde, kauçuk ve kağıt endüstrisinde, ısıya dayanıklı cam üretiminde, tarımda, nükleer santrallerde, roket yakıtlarında, sert çelik üretiminde, emaye ve porselen sırların üretiminde kullanılmaları bulunmaktadır [44].

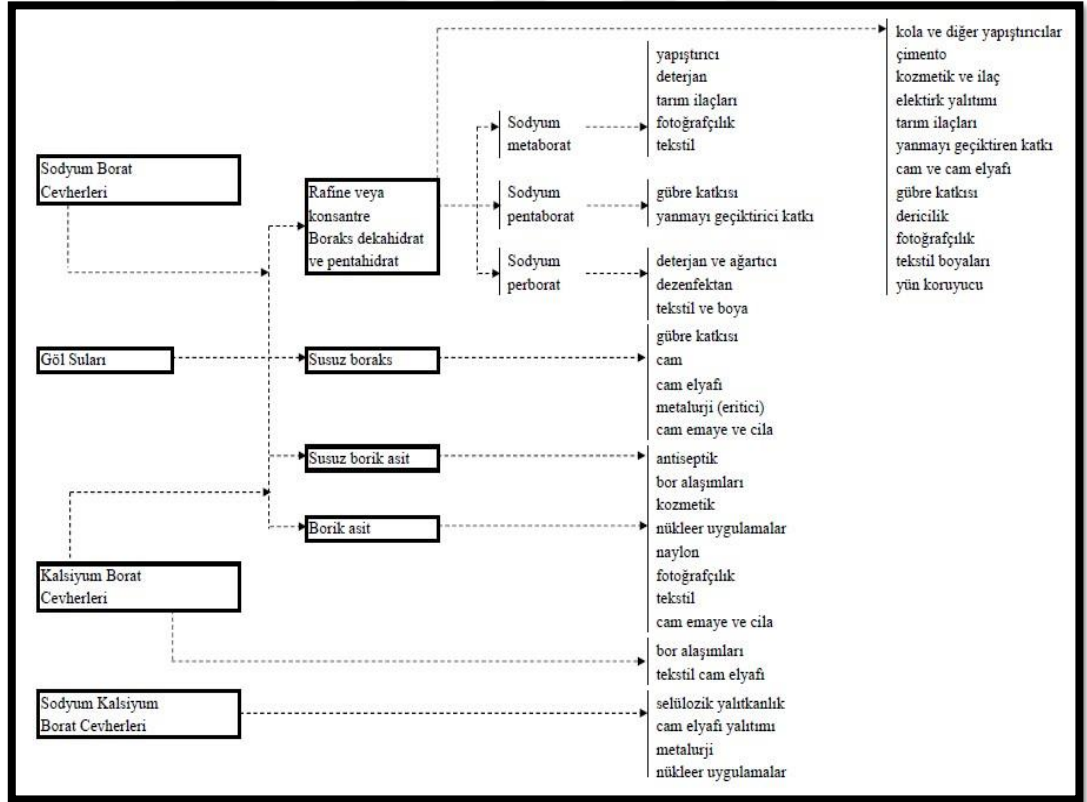
Dünyadaki genel Bor minerallerinin kullanımı Şekil 4.3.'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Dünya bor kullanımı sektörel dağılımı [43].

Tüketim alanı bölgeden bölgeye değişmektedir. Örneğin Avrupa'daki en fazla bor kullanımı sodyum perborat üretiminde görülmektedir. Sodyum perborat Avrupa'da daha çok deterjan üretiminde kullanılırken; Kuzey Amerika ve Orta Amerika'da daha çok cam ve elyaf alanında kullanılmaktadır. Japonya'da tüketimin tekstil ürünlerinde kullanılan bor lifi olduğu tahmin edilmektedir [45]. Ülkemizde bor mineralleri üretiminin % 80 -% 90'ı rafine bor ürünleri üretiminde kullanılmakta, geri kalan bor mineralleri ve ürünleri ağırlıklı olarak kimya ve cam sanayinde kullanılmaktadır. Dünya bor tüketiminin yaklaşık olarak % 80'ini A.B.D. ve Batı Avrupa ülkeleri yapmaktadır. Genel olarak ülkemizde bor tüketimi çok düşük ve bor cevherleri ile üretilen ürünlerin çoğu ihraç edilmektedir [46].

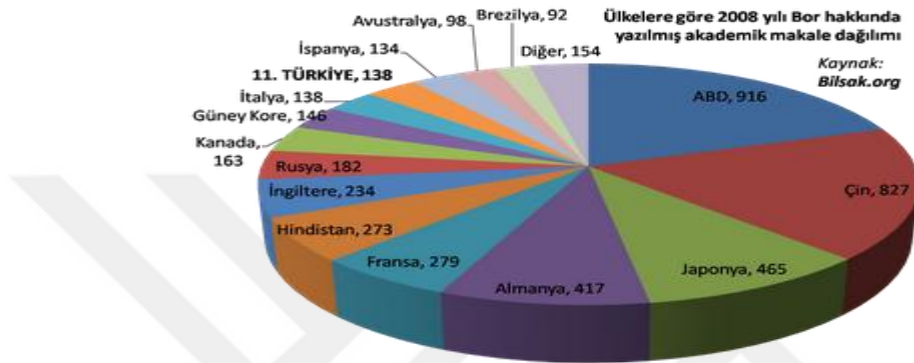
Şekil 4.4.'de genel olarak bor mineral ve bileşiklerinin kullanım alanları özetlenmiştir.



Şekil 4.4. Bor mineralleri ve bileşiklerinin kullanım alanları

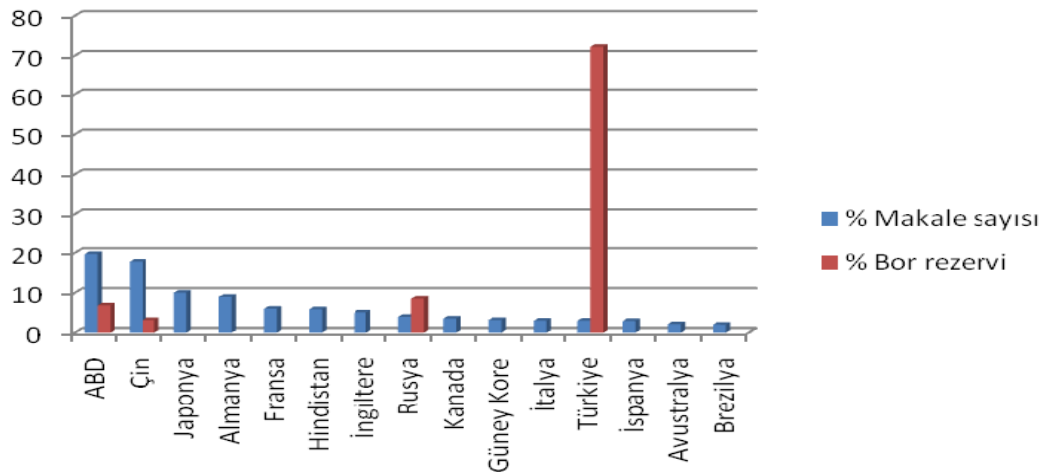
4.4. Bor Minerali ve Bileşikleri Hakkında Yazılan Makaleler

Bilim Stratejileri Araştırma Kurulu'nun 2008 yılında yaptığı araştırmaya göre bor ve bileşikleri üzerine dünyada 4656 adet makale yayınlanmış olup, ülkelere göre dağılımı Şekil 4.5.'de verilmiştir [47]. Şekil 4.5.'de görüldüğü üzere Türkiye'nin 138 adet makale ile tüm ülkeler arasında 11. sırada olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5. Ülkelere göre bor hakkında yazılmış akademik makale dağılımı [48].

Bor rezervi ile akademik makale sayısı karşılaştırması yapılan Şekil 4.6.'da ise, bor rezervi ülkemizden çok daha az olan ülkelerin bile, bor hakkında Türkiye'den daha fazla yayınladıkları görülmektedir.



Şekil 4.6. 2008 Yılı akademik makale dağılımı ile bor rezervi karşılaştırması [47].

4.5. Bor Minerali ve Bileşikleri Hakkında Yapılan Bazı Araştırmalar

Formicola ve çalışma arkadaşları; “çinkoborat” ve “çinko hidroksistanatları” epoksi bazlı ürünlerde denemiştir. Bu çalışmada ürünlerin toplam ısı salınımları sırasıyla %25 ve %30 oranında azaldığı, böylece ,bahse konu katkı maddelerinin “alev geciktirme” ve “duman bastırma” özellikleri bakımından ciddi katkılar sağladığı görülmüştür [48]. Ishii ve çalışma arkadaşları; “kalsiyum boratın” yangın geciktirici niteliği üzerine yaptıkları çalışmada “kalsiyum borat” katkısının az miktarlarda bile epoksi bazlı ürünlerde yangın geciktirici olarak görev yaptığını gözlemlemiştir [49]. Kaynak ve çalışma arkadaşları, “çinko borat”, “bor oksit” ve “borik asitin” polietilen hammaddeli kablo yalıtım ürünlerinde “yangın geciktirici” olarak uygulanabilirliğini incelemiştir. Yapılan denemelerde; bazı bor bileşikleri ile alüminyum hidroksitin yer değiştirmesi sonucunda birçok yangın geciktirici parametrelerde artışa sebep olduğu görülmüştür [50]. Schartel ve çalışma arkadaşları; “Melamin Boratın” epoksi bazlı reçinelerde yangın geciktirici özelliğini gözlemlemiştir. “Melamin borat” katkısının, LOI (Limiting Oxygen Index) değerinde artışa neden olduğunu, bu sebepten ürünün alev geciktirme özelliğini de arttırdığını söylemiştir [51]. Zhang ve çalışma arkadaşları; “borik asit”, “çinko borat” ve “amonyum boratın” yün kumaşta yangın geciktirici etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışmalar neticesinde ürünlerin ısı yalıtım bariyeri gibi davrandığı “karbon kalıntısının” arttığı ve alevin yayılma hızının yavaşladığı belirlenmiştir. Yünlü kumaşlar üzerine uygulanan Bor katkılı bileşiklerin, yangını geciktirdiği ve “termal dayanımı” arttığı sonucuna varılmıştır [52]. Atalay; “Magnezyum borat” katkılı boyaları çinko levhalar üzerinde denemiş, yangın geciktirici özelliğini incelemiştir. Ayrıca LOI cihazından aldığı sonuçlarda da “Magnezyum boratın” alev geciktirme özelliğinin boyalar üzerinde etkili olduğunu görmüştür [53].

4.5.1. Yangın geciktiriciler

Yangın geciktirici katkı maddeleri, hedefimiz doğrultusunda yanmanın geç başlamasını sağladığı gibi söndürmeye de yardımcı olmakta can ve mal kaybının önlenmesinde dolaylı yoldan çevrenin korunması konusunda etkili olmaktadır.

Yangın geciktirici katkı maddelerinin eklenmesi, yanıcı malzemelerin daha geç alev almasını sağlamak ve yanma sürecini önemli ölçüde azaltmak için kullanılabilir. Bor bileşikleri, yangın geciktiriciler olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Borun yangın geciktirici etkisi pek çok araştırmaya konu olmuştur. Çinko borat ve floroborat gibi bazı özel mineraller, yangın geciktirici bor bileşikleri olarak kullanılmaktadır. Öte yandan yüksek sıcaklığa dayanıklı pigmentler özelliği taşımaktadır [54]. Malzemenin yanma özellikleri çok önemlidir. Yanmanın başlangıç sıcaklığı olarak malzeme yandıktan sonra kendiliğinden yanma hızı önemlidir. Örneğin; Organik bir bileşik olarak plastik, yüksek alev hassasiyetine sahiptir. Genellikle termoplastiklerin çoğu aşırı sıcaklıklara maruz kaldıktan sonra yanma hızları değişkenlik gösterirler. Yanma hızı, bazı katkı maddeleri kullanılarak yavaşlatılabilir [55]. Ana amacımız olan yangınlarda can ve mal kaybını azalmak hedefiyle “plastikler”, “ağaç ürünleri”, “tekstil ürünleri”, “kağıt yapıştırıcılar”, “kaplama malzemeleri”, “havacılık ve elektronik endüstrilerinde” yaygın olarak kullanılan “epoksi reçine” vb. malzemelerin içine “yanmayı geciktirici” ve “dumanı bastırıcı” minerallerin katkı maddesi olarak kullanılması zamanla ihtiyaç duyulur hale gelmiştir.

Yangın geciktiriciler ilk başta alevi geciktirme etkisine sahip olmalı ve aynı zamanda içine katıldığı ana malzemenin yapısal özelliklerine zarar vermemelidir. Yangın geciktiriciler alevin, malzemenin üstünde ilerlememesi ve yanmayı geciktirmesi bakımından gereklilerdir. İyi bir yangın geciktiriciden beklentimiz düşük tutuşma hızını sağlayacak yapıda olmasıdır. Yanıcılığın şiddetini azaltmasının yanında dumanın hızını ve miktarını azaltabilmelidir. Belli bir oranda eklenen alev geciktirici katkı maddeleri sadece yanıcı ana malzemeyi seyreltmekle kalmaz, aynı zamanda ana malzemenin yanmaya devam etmesi için gereken oksijen miktarını da azaltır. Her yangın geciktirici katkı maddesi aynı alanda kullanılmaz. Özel alanlar ve özel ihtiyaçlar için bir ya da birkaç katkı maddesi karıştırılarak en iyi sonuç alınması beklenilir. Karbon molekülleri yangın sırasında bol miktarda ortaya çıkabilmekte ve gaz fazına geçtiklerinde yanma sürecini kuvvetlendiren serbest radikaller oluştururlar. Bir süre sonra yangın zincirleme reaksiyona dönüşür ve daha da çok serbest radikaller oluştururlar. Yangın geciktirici katkı maddeleri bu oluşan zincirleme reaksiyonu yavaşlatmakta ve serbest radikaller oluşturmamasını

engellemektedir. Böylece yangını bastırır ve geciktirir. Özellikle “Brom” ve “klorlu” yangın geciktiricilerin çalışma prensibi bu şekildedir [56].

4.5.1.1. Yangın geciktiricilerin etki prensipleri

Yangın geciktiricilerden beklentilerimiz;

- Yanıcı maddenin yanıcılık özelliğini azaltması,
- Tutuşma sıcaklığını artırması,
- Alevin yayılmasını önlemesi,
- Zehirli gaz oluşumunu engellemesi,
- Kaçış ve müdahale süresini uzatması.

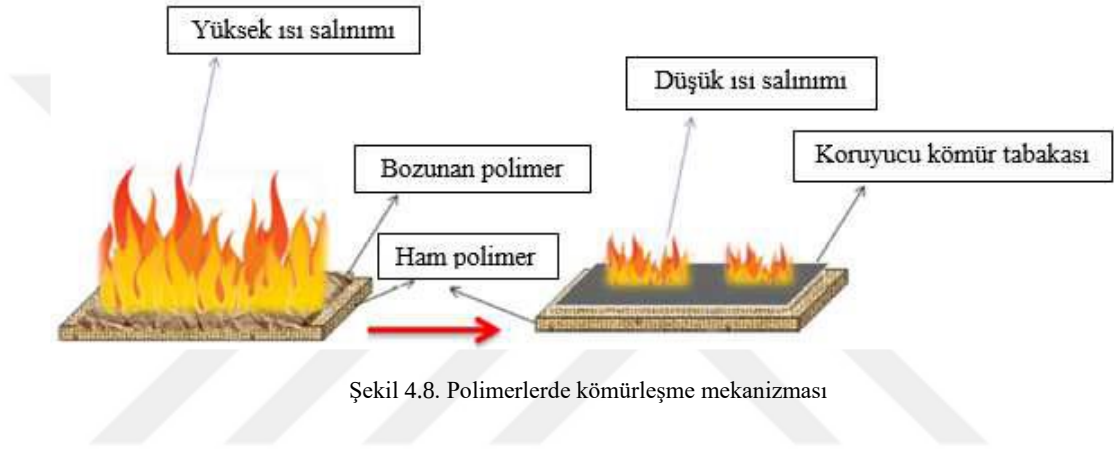
Şekil 4.7.'de yangına sebep olan parametreler gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Yangına sebep olan parametreler

Bazı tür yangın geciktiriciler malzemenin ısı kapasitesini arttırmaya ya da tutuşma sıcaklığına gelmeden önce fiziksel bir seyreltme prensibiyle çalışırlar. Bu kategoriye örnekler cam elyafı ve bazı minerallerdir. Ürün yanma işlemi sırasında ayrıştığında, belirli alev geciktirici türleri büyük miktarda yanmaz gaz üretecektir. Bu gazlar alev oksijen kaynağını veya yakıt konsantrasyonunu yanıcı sınırın altında seyreltir. Metal hidroksitler ve metal karbonatlar bu grubun örnekleridir. Gaz yan ürünleri ayrıca yanma bölgesindeki oksijen içeriğini de azaltır, böylece alev yayılmasını azaltır. Antimon trioksit ve magnezyum hidroksit, oksitler ve su üretmek için termal olarak

ayrıştırılır. Bu endotermik süreç polimer yüzeyini soğutur ve yangının yayılmasını bir süre geciktirir. Alev geciktirici hacimdeki su miktarı arttıkça alev geciktirici malzemenin etkinliği de artar. Kristal su molekülleri endotermik özelliklerinden dolayı ısıyı düşürür ve sıcaklık artışını geciktirir. Öte yandan malzemenin yüzeyinde oluşan özel katmanlar, malzemenin oksijen ile temasını keserler. Aynı zamanda oluşan bu tabaka yanma sırasında ortaya çıkan çeşitli gazların salınımını engellerler. Bu gazlardan tehlike arz eden Fosfor ve bileşikleri Fosforik aside dönüşerek yanıcılıkları azalır [57].



Şekil 4.8. Polimerlerde kömürleşme mekanizması

4.5.2. Geleneksel yangın geciktiriciler

Alev geciktiriciler olarak genellikle alüminyum oksit, magnezyum hidroksit ve antimon trioksit kullanılır. Ayrıca günümüze gelene kadar fosfor, bor, klor, nitrojen ve brom bileşikleri de yangın geciktirici katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Antimon-halojen sistemleri ile karşılaştırıldığında, metal hidroksitler düşük maliyetli alev geciktiricilerdir. İnorganik hidroksitlerin kontrolü daha kolaydır ve daha az toksiktir. Alüminyum trihidroksit, en yaygın olarak kullanılan inorganik alev geciktiricidir. Magnezyum hidroksit alev geciktiricidir ve daha yüksek sıcaklıklarda kullanım için daha uygundur. Metal hidroksit ilk önce endotermik ısı ile ayrışır ve çevreye su salınımı yapar. Bu ayrışma ortam sıcaklığını düşürür. Çevreye su enjekte etmek yakıtı sulandırır ve kritik yakıt / oksijen oranlarını engeller. İzolasyon oluşumunu artıran seramik esaslı bir tabakanın oluştuğu görülmüştür [58].

Antimon Oksit eskiden beri bilinen en iyi yangın geciktiricidir. Alev geciktirici madde olarak antimon oksit kullanıldığında yapılan araştırmalarda mevcut antimonun büyük kısmının gaz fazına geçtiği belirlenmiştir. Antimon oksidin zehir içerikli bir malzeme olması oluşan gazın tehlikeli olmasına neden olmuştur. Bu sebeplerden dolayı daha inovatif malzeme araştırmaları zorunlu kılınmıştır.

Sonraları Halojenli yangın geciktiriciler kullanılmaya başlanmıştır. Halojenli yangın geciktiricilerin etki prensibi yanma denklemini bozmak ve böylece yanmayı yavaşlatmaktır. Ancak bu katkı maddeleri aşırı duman çıkışına neden olmaktadır. Ayrıca bu yangın geciktiriciler plastiklerin yanmasını engelleyemezler.

Bazı yangın geciktirici bileşikler yanma anında karbon monoksit ile fosgen gibi zehirli bileşikler oluşturmaktadır. Yangın sırasında zehirli gaz salınımına sebep olduğu için Antimon trioksit ve halojenürlü bileşikler EPA (Environmental Protection Agency) tarafından yasaklanmıştır. Halojenürlü bileşiklerin birçok uygulamada zehirli gaz ve duman salınımından, korozyon oluşuna kadar tehlikeli durumlar ortaya çıkardıkları tespit edilmiştir. Halojenürlü bileşiklerin yasaklanmasıyla beraber daha efektif olduğu görünen sinerjistik bileşiklerin kullanımını artmıştır [59].

4.5.3. Borlu yangın geciktiriciler

Günümüzde Alev geciktirici olarak bor bileşiklerinin kullanımına yönelik araştırmalar artmaktadır. Bor bileşikleri alev geciktirici olarak kullanıldığında çevreye zararlı değildir. Zehirli gazların salınımına neden olmazlar. Düşük volatilite değerlerine sahiptirler. Borlu alev geciktirici, polimer zincirlerinin oksidasyonuna karşı bir bariyer görevi gören cam benzeri bir koruyucu tabaka oluşturur. Yanan malzemeyi örterler ve oksijenle temasını keserek yanmayı engellerler. Sadowska ve meslektaşları; boru, poliüretan ve poliizosiyanürat köpük yapımında kullanmışlar ve yaptıkları bu köpüklerin alev geciktirici etkisi olduğunu kanıtlamıştır [60].

Akarşan ise yaptığı çalışmada pamuklu kumaşlarda denediği Borik Asit'in alev geciktirici özelliğini incelemiş ve borik asitin pamuklu kumaştaki gerilme mukavemetini azalttığını ve alev geciktirme özelliğini artırdığını gözlemlemiştir [61].

4.5.3.1. Borat bileşikleri

Borat bileşikleri; kablolarda, elektrik/elektronik parçalarda, kumaşlarda, halojenli polyester ve naylonlarda, otomobil/uçak iç aksamalarında, tekstil ve kağıt endüstrisinde yanmaya dayanıklı boyalarda yangın geciktirici, duman örtücü, korozyon azaltıcı olarak polimerlerde kullanılabilir. Yüksek sıcaklıklara dayanıklı plastik malzemelerin imalatında Çinko borat kullanılması sebebi aşırı dehidrasyon sıcaklığına sahip olmasıdır. Çinko boratın diğer alev geciktiricilere olan üstünlüğü, çok daha etkili bir duman bastırıcı olması ve diğer alev geciktiricilere göre daha ucuz olması sonucunda kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Çinko boratın çok farklı sinerjik bileşiklerle çok geniş kullanım alanlarına sahip olması onu en yaygın kullanılan alev geciktirici yaptığı söylenebilir.

Çinko boratın başlıca özellikleri şöyledir; alev geciktirici olarak kullanılması dışında, mantar ve böcek önleyici olarak ahşap aksamaların korunmasında kullanılabilir. Duman emisyonunu azaltma özeliğine sahiptir ve kömürleşmeyi çabuklaştırmaktadır. Yangın ve duman bastırması zor olan plastik ürünlerde Çinko Borat etkili biçimde kullanılabilir. Bazı özel ihtiyaçlı ürünlerde Antimon ile birlikte kullanılabilir. Boyama (renk verme) kuvveti zayıftır, elektriksel özellikleri iyileştirir, metallerle plastikler arasında yapışma özelliğini artırır. Zehirleyici özelliğe sahip olmadığından dolayı, reçinelere ilave edilmeleri esnasında özel aletlere ve yöntemlere ihtiyaç yoktur. Nem salma özellikleri yoktur ve suda çözünmezler [62].

4.6. Yangın Geciktiriciler Hakkında Yapılmış Olan Bazı Uygulamalar

- Limiting Oxygen Index Testi;

LOI değeri, herhangi bir materyalin yanmaya reaksiyonuna devam etmesi için gereksinim duyduğu minimum % oksijen miktarını ifade eder. Şekil 3.9.'da LOI test cihazı labaratuvar ortamında ölçüm yapabilme kapasitesine sahiptir. Yüksek LOI değeri ortalama atmosfer ortamlarında, o malzemenin daha zor yanma karakterine sahip olduğunu göstermektedir. Bir malzemenin alev geciktirici olarak söylenebilmesi için, LOI cihazından çıkan limit % 28 ve daha üzeri LOI oranıdır. Yani bu malzemenin yanmaya devam etmesi için havdaki ortalama %14-16 olan Oksijen oranı yeterli gelmemektedir. Yanıcı malzemenin yanmaya devam etmesi için yeterli olan oksijen olmadığı için yanma reaksiyonu gerçekleşmeyecektir [63].



Şekil 4.9. LOI test cihazı

Bu çalışmada, ahşap numunelere çinko borat katkılı boya uygulanmış ve LOI değeri tespiti için test edilmiştir. İşlem görmemiş ahşap blokların alev testinde deney sonucunda % oksijen konsantrasyonu %23,7 olarak tespit edilmiştir. Çinko borat ile işlem görmüş ahşapta LOI değerinin oksijen konsantrasyonunun %55'inin üzerinde

olduğu tespit edilmiştir. Çinko borat bileşiği etkin bir alev geciktiricidir. TGA-DSC analizinde çinko borat pigmentinin çok yüksek sıcaklıklarda dahi bozulmadığı ve stabil bir yapı sergilediği gözlemlenmiştir. Kritik oksijen indeksi, malzemenin havada yanmaya devam etmesi için gereken oksijen yüzdesi olarak tanımlanabilir. Yüksek LOI değeri, malzemenin standart atmosferik koşullar altında yakılmasının daha zor olduğunu gösterir. LOI testinde çinko borat pigment boya ile kaplanmış ahşap bloğun LOI değerinin %55'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.10. %45, %50, %55 oksijen konsantrasyonu ile yakılan numuneler

Bu sonuç çinko boratın alev geciktiriciliğinin çok iyi olduğunu ve çinko borat ile eklenen kaplamanın yanıcı ahşap ürünler için yüksek yanmazlık sağladığını göstermektedir. Tekstil sektöründe ise alevle temas ettiğinde yanmazlık özelliği gösteren kumaşlar çinko borat katkılı boyalar ile boyanabilmektedir [59].

4.7. Bor Katkılı Boyalar ile Yapılan Gözlemler

Tez çalışmasının bu bölümünde bor katkılı boyaların yangın geciktirici özelliğinin gemi boyaları üzerinde kullanılması ve ortaya çıkan sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan uygulamalarda kullanılan metal numuneler, gerçek bir savaş gemisi yapımında kullanılan kesitler olduğu için, değerlendirmeler savaş gemileri üzerinde ele alınmıştır.

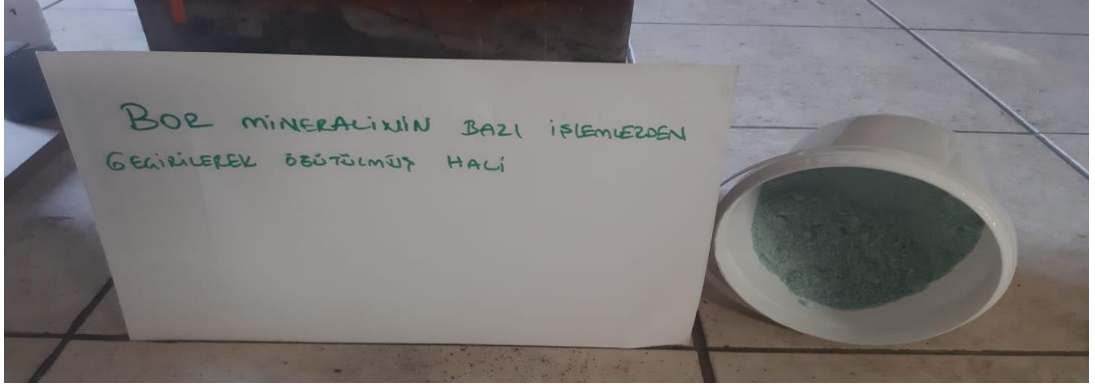
Savaş gemileri özel ya da askeri tersanelerde, tecrübeli kişiler tarafından, dikkatle ve gününün teknolojisine uygun olarak inşa edilmektedir. Bu gemilerin içerisinde birçok bölme vardır ve bu bölmeler arasında hava su ve ışık sızdırmazlığı vardır. Bunun nedenleri arasında olası bir darbe alma durumunda bölmeye su dolacağından, diğer bölmelere taşmadan o bölmeyi tamamen sızdırmaz yaparak gemiyi stabil duruma getirmek. Olası bir yangın durumunda o bölgeyi tamamen hava sızdırmaz duruma getirerek yangını kontrol altına almak. Bölümlendirme sayesinde hasar almış bir gemi deniz üzerinde stabil kalır ve en yakın dost limana gidebilmek için zaman kazanabilmektedir.

Savaş gemilerinde düzenli aralıklarla sızdırmazlık testleri yapılır [64]. Gemideki bölmeler arası sızdırmazlığın tam olması durumunda, içerideki oksijeni boğacağı için yangına müdahale etme şansı yüksek olacaktır. Savaş gemilerindeki bu sızdırmazlık bor katkılı boya ile boyanan bölmeler ile desteklenirse hem yanmanın etkilerinin gecikebileceği hem de yan bölmeye sıcaklık geçişini azaltacağı düşünülmektedir.

4.7.1. Bor katkılı gemi boyası hazırlanması

Bor madeni ilk bakışta beyaz bir kayayı andırır. Çok sert ve ısıya dayanıklı olup diğer elementlere olan yüksek kimyasal ilgisi nedeniyle doğada serbest bir element olarak değil, başka elementlerle bileşikler halinde, tuz şeklinde bulunur. Bor madenleri, topraktan çıkarıldıktan sonra kırma, eleme, yıkama ve öğütme işlemlerini müteakip kullanıma hazır hale getirilmektedir. Toz halindeki Borat tozları,

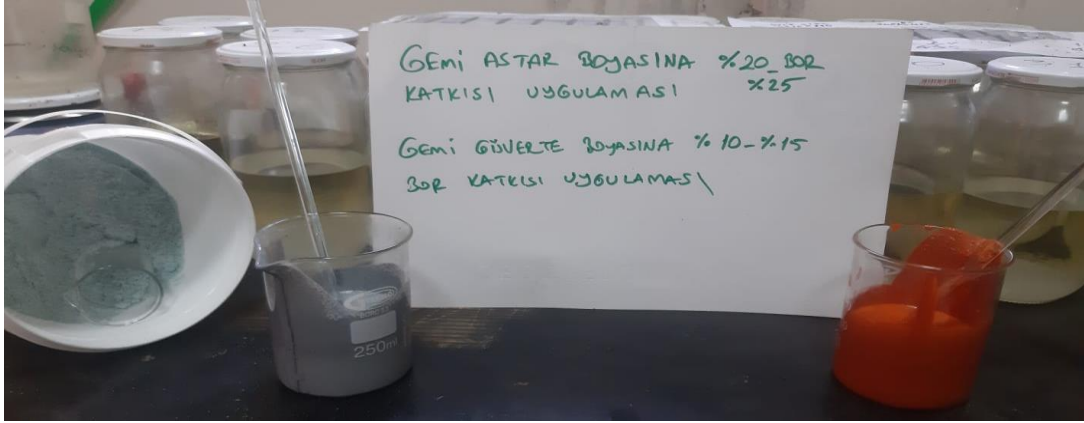
kullanılacak alana göre bazı kimyasal ve fiziksel işlemlerden daha geçirilir. Burada istenilen özelliğine göre mineral tuzları eklenebilir.



Şekil 4.11. Yanmayı geciktirici özellikli bor minerali karışımı

Şekil 4.11.'de görüldüğü gibi elde edilen bor mineralini ihtiyacımıza göre öğütme işlemlerinden geçirilmiştir. Ürünün çok ince partikül haline gelene kadar öğütülmesi, boya karışımı için en ideal etkinliği sağlayacağı için olabildiğince inceltildi.

Boyalar ile belirli oranlarda karıştırıldığında boyanın renginin ve akışkanlığının bozulmamasına dikkat edildi. Aynı zamanda yüzeyde oluşan tortulanma hem istenmeyen görüntüye neden olacağı hem de ürünün etki kuvvetini azaltabileceği için boyalar ile karıştırıldığında yüzeyde tortulanma oluşturmamasına özen gösterildi. Boyaların hazırlanma işlemleri Gölcük Tersanesi Komutanlığı Boya Fabrikası imkanları kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 4.12. Numune boyalarımızla en etkili boya karışım çalışması

Laboratuvarda yapılan denemelerde astar boyası ve güverte boyası için en ideal karışım oranları astar boya için %20 ile %25 oranında Güverte boyası için %10 ile %15 belirlendi. Burada istenilen özellikler boyanın kimyasal formülünün bozulmaması, kapaticılığının yeterli olması ve yüzeyde pürüz oluşturmaması olarak değerlendirilmiştir.

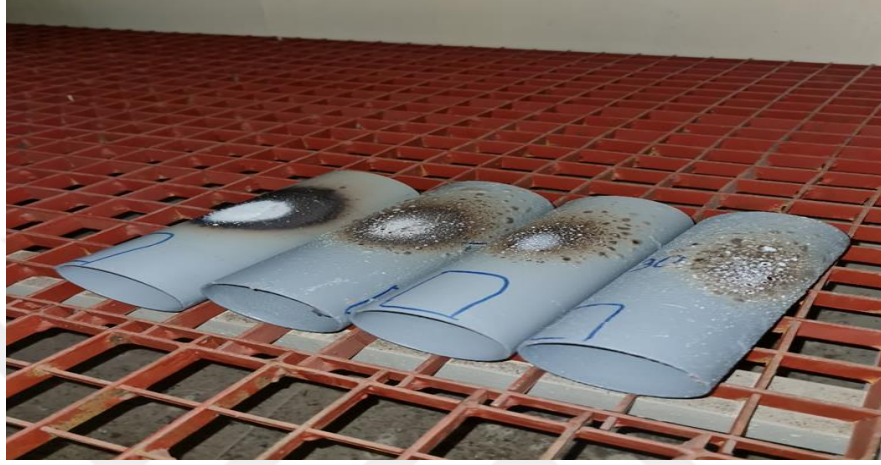
Proje üç farklı bakımdan uygulama yapılarak incelenmiştir. Birincisi eşit şartlarda eşit miktar ısı verilen numunelerin 300 saniye sonunda oluşan yanma alanlarının kıyaslanması, ikincisi eşit şartlarda eşit miktar ısı verilen numunelerin 300 saniye sonunda iç yüzeye geçirdikleri sıcaklık ölçümleri kıyaslanması, üçüncüsü eşit şartlarda eşit miktar ısı verilen numunelerin aynı sıcaklık değerinde iken ısı kaynağının kesilip 1 dakika beklenmesi ve yüzey soğuma sıcaklıklarının ölçülerek kıyaslanması işlemlerini içermektedir.

4.7.2. Bor katkılı boyaların yanma alanlarının karşılaştırılması

Fabrikada üretim yapılan boya numunelerini kıyaslayabilmek için tüm numuneler kapalı bir ortamda 5 dk. boyunca yüksek ısıya maruz bırakarak çıkan sonuçlar gözlemlenmiştir.

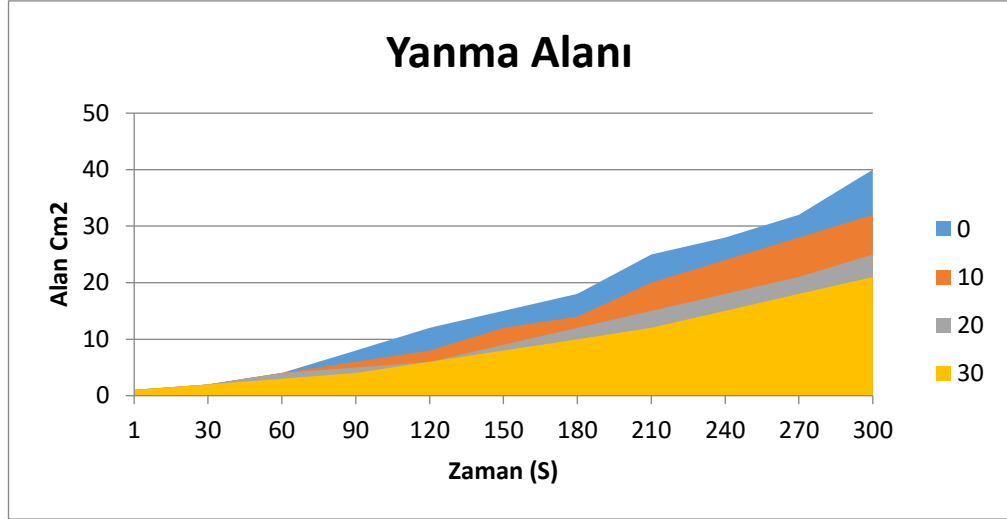
Şekil 4.13.'de görüldüğü üzere sol baştaki katkısız boya sağ baştaki %30 katkılı boya olarak sıralanmıştır.

Yanma sonucuna göre katkısız olan numunenin yanan yüzeyindeki beyazlık kısım yanmanın tam olduğunu göstermektedir. Ayrıca yanma alanının diğerlerine göre daha fazla olduğu açıktır. Bor katkı miktarı artıkça yanma alanının küçüldüğü görülmektedir. Burada bor katkısının yangın alanı ile ters orantılı olarak değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.13. Soldan sağa en az katkılıdan en çok katkılı olan numuneler

Tablo 4.13.'de görüldüğü üzere farklı bor katkılı numunelerin aynı şartlarda uygulama yapılarak kayıt altına aldığımız sonuçlar listelenmiştir. Buna göre katkısız (%0) boya numunesi sıcaklığı 300 saniye sonunda ulaştığı maksimum sıcaklık değeri 142.2 °C iken, %10 katkılı olan numune maksimum 126.4 °C, %20 katkılı numune 97.7 °C %30 katkılı numune maksimum 86.2 °C'i görmüştür. Bu sonuçlar bize bor katkılı boyaların yangının yanma alanını azalttığı ve yangını kontrol altına almada yardımcı olabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.14. Yanma alanlarının (cm²) Kıyaslanması

Yanma alanları sonuçlarına göre Şekil 4.14.'deki alansal grafikte bor katkısı olmayan (%0) numunenin yaklaşık olarak yanma alanı 40 cm² iken, %10 olan numunenin yanma alanı 30 cm², %20 olan numunenin 25 cm², %30 katkılı numunenin yanma alanı 20 cm² olarak ölçülmüştür.

Tablo 4.1.'de zamanla değişen sıcaklıklar listelenmiştir. Buna göre 300 sn sonunda numunelerin ulaştığı maksimum sıcaklık farkları açıkça görülmüştür.

Tablo 4.1. Bor katkılı boyaların yüzey sıcaklıklarının kıyaslanması

Zaman (sn)	%0 Katkılı Boya	%10 Katkılı Boya	%20 Katkılı Boya	%30 Katkılı Boya
0	12.1	12.1	12.1	12.1
30	18.6	15.8	15.6	14.2
60	29.6	18.8	18.1	17.3
90	34.4	26.7	23.6	21.8
120	49.1	32.8	29.1	27.5
150	60.6	40.7	36.8	33.6
180	74.1	51.2	49.1	41.1
210	90.1	66.6	59.8	50.5
240	107.5	82.4	71.2	61.2
270	127.1	101.5	82.3	73.9
300	142.2	126.4	97.7	86.2

Gemi güvertesinde başlayan yangın öncelikle sentetik boyaları yakıp yangının ilerlemesine ve daha fazla yüzeye yayılmasına neden olacaktır. Bu gözlemde boyanın kendiliğinden yanma alanlarının farklı olması, olası bir yüzey yangınında bor katkılı boyanın yanma alanının daha az olacağını ve böylece yayılımın azalacağını

göstermektedir. Bu da bize yangına müdahalede hem zaman kazandıracak hem de daha az söndürücü ile daha kontrollü söndürme imkanı sağlayacağı düşünülmektedir.

4.7.3. Isı geçirgenlik deneyi

Araştırmada, ortalama büyüklükte bir geminin içindeki bölmeyi temsil edilen, gemi sacından özel olarak imal edilen silindir simülatörler kullanılmıştır. Her iki simülatör aynı şartlar altında normal sentetik boya ile bor katkılı olan boya yüksek sıcaklıklara ulaşana kadar ısıtılmıştır. Dış yüzeyleri 500 °C'lere kadar çıkan bu ortamda simülatörlerin iç yüzeylerinin sıcaklıkları ölçülmüştür.

4.7.3.1. Kullanılan araç-gereçler

- Gemi metalini boyamakta kullanılan sentetik boya (Sarı renkli),
- Gemi metalini boyamakta kullanılan Bor katkılı boya (Turuncu),
- Asetilen gazı ile sağlanan yüksek ısı kaynağı,
- 2 adet kalibrasyonlu dijital termometre.

4.7.3.2. Uygulama

Gemi simülatörlerinden Bor katkılı boya (turuncu) ile boyalı olan Simülatör 1 iken bor katkısız olan yani normal boyalı olan (sarı) Simülatör 2'dir. Kalibrasyonu yapılmış olan termometreler başlangıçta 15 °C'i göstermektedir. 300 sn boyunca metalin en dip kısmına en yüksek ısıyı vererek metalin iç kısmına ulaşan sıcaklık değerleri gözlemlenmiştir. Uygulama eşit şartlar altında ve kayıt altına alınarak yapılmıştır. Uygulama sonrası ortaya çıkan kayıtlar grafikler ve tablolar şeklinde sunulmuştur.

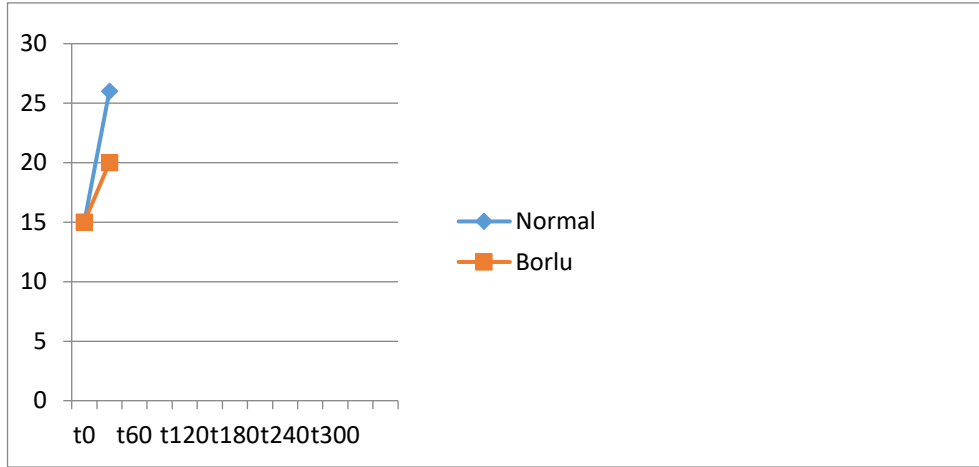


Şekil 4.15. Soldaki Similatör 1 (Turuncu) Sağdaki Similatör 2 (Sarı)

Şekil 4.15.'de görüldüğü gibi düzenekler hazırlandı. Aynı ortamda aynı şartlar altında yüksek ısıya maruz bırakılmıştır.



Şekil 4.16. t: 30 Anı Soldaki Similatör 1 (Turuncu) Sağdaki Similatör 2 (Sarı)

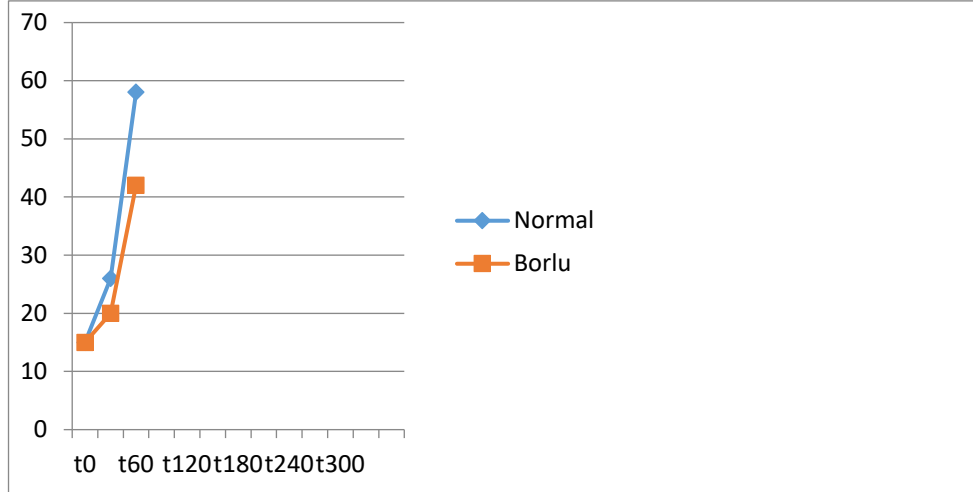


Şekil 4.17. t:30 Anı

Şekil 4.17.'de görüldüğü gibi 30. saniye sonunda alınan görüntüde sol taraftaki borlu simülâtörün iç sıcaklığı 20 °C'de kalırken Sağ taraftaki simülâtörde 26 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.18. t:60 Anı Soldaki Similatör 1 (Turuncu) Sağdaki Similatör 2 (Sarı)

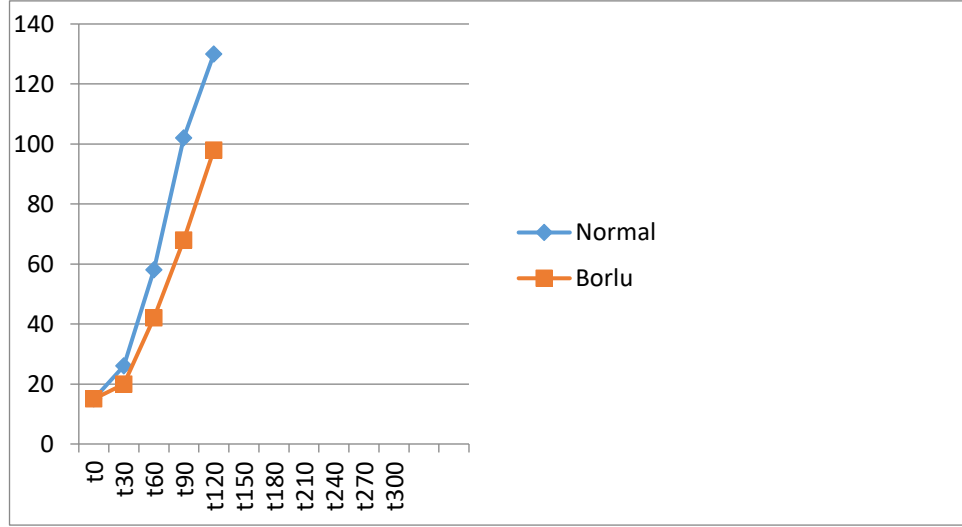


Şekil 4.19. t:60 Anı

Şekil 4.19.'da görüldüğü gibi Normal boyalı simülatör iç sıcaklığı süratle artmakta Borlu boyalı simülatörün iç sıcaklığı daha yavaş artmaktadır.



Şekil 4.20. t:120 Anı Soldaki Similatör 1 (Turuncu) Sağdaki Similatör 2 (Sarı)



Şekil 4.21. t:120 Anı

Şekil 4.21.'de görüldüğü gibi 120. saniyede Borlu boyalı Simülatör iç ısısı 98 °C de kalırken normal boyalı simülatör iç ısısı 130 °C'ye kadar çıkmıştır. Hissedilen bu sıcaklık canlılar için öldürücü etkisi olabilir. Bu aşamadan sonra içerde bulunan her türlü yapılar malzemeler sıcaklığın etkisiyle bozulmaya ve karbon salınımına başlayacaktır.



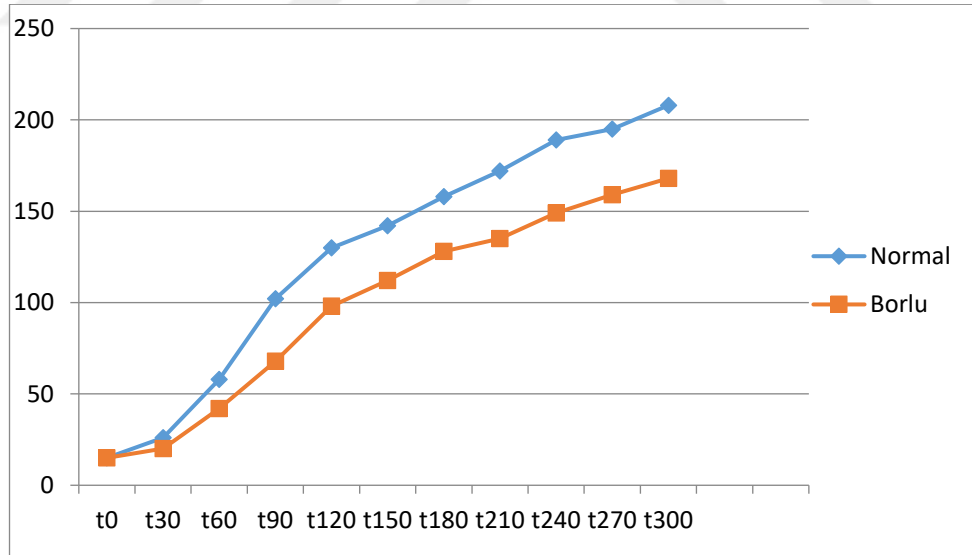
Şekil 4.22. 400 °C de dış mahaldeki durum

Şekil 4.22.'de 180. sn de alınan görüntüde dış mahalde ölçülen sıcaklık 400 °C'lere kadar çıkmıştır. Ölçülen değerlere göre oluşan bu dış sıcaklık iç ortam sıcaklığını giderek arttırmaktadır. Artan bu iç sıcaklık zamanla içerideki malzemeleri ısıtacak ve yangın çıkmasına sebep olacaktır. Gemide çıkan bir yangında sadece yangın mahali

değil diğer bitişik tüm kompartımanlar kontrol edilmeli ve soğutma işlemi yapılmalıdır.



Şekil 4.23. t:300 Anı Soldaki Similatör 1 (Turuncu) Sağdaki Similatör 2 (Sarı)



Şekil 4.24. t:300 zamanı

Şekil 4.24.'de 300 sn boyunca yoğun ısı verdiğimiz simülatörlerimizin iç ortam sıcaklık karşılaştırması verilmiştir.

Tablo 4.2. Bor katkılı boyaların iç ortam sıcaklıklarının kıyaslanması

Zaman (sn)	%0 Katkılı Boya	%10 Katkılı Boya	%20 Katkılı Boya	%30 Katkılı Boya
0	15.1	15.1	15.1	15.1
30	18.9	18.5	18.2	18.1
60	29.6	28.2	27.1	26.8
90	46.4	44.7	42.6	40.7
120	61.1	56.8	54.1	52.8
150	88.6	82.7	78.8	75.7
180	118.2	109.2	101.1	92.2
210	139.1	126.6	119.8	116.6
240	157.5	142.4	131.2	124.4
270	187.1	171.5	162.3	152.5
300	208.1	192.4	181.7	168.2

Tablo 4.2.'de zamanla değişen iç sıcaklıklar listelenmiştir. Buna göre 300 sn sonunda numunelerin ulaştığı maksimum sıcaklık farkları açıkça görülmektedir.

Uygulamanın sonunda iki simülatörün iç sıcaklıkları arasında yaklaşık 40 °C fark olduğu görüldü. Bu sonuç bize Borlu boyalı bir yüzeyde oluşacak büyük çaplı bir yangında, yangının bitişik bölmeyi etkilemesinde ve sıcaklık transferi oluşmasında normal boyalı yüzeye göre daha avantajlı olduğunu göstermektedir. Yangın sıcaklık artışının zamana yayılması bize sadece yangına müdahalede personele zaman kazandırmakla kalmayacak aynı zamanda diğer bölmede oluşabilecek bir yangını önlememize fayda sağlayacaktır.

4.7.4. Yangın soğuma deneyi

Gemilerde çıkan yangınlarda, demir materyalin aşırı ısınması sonucu yangına müdahalenin gemi dışından soğutma yapılarak devam etmesi gerekmektedir. Isınan gemi metali bir süre sonra sıcaklığı iç mahallere iletacaktır. Gemi metali oldukça iletken bir yapıya sahip olduğundan, soğutulması zaman alabilmektedir. Soğutma işlemi için kullanılacak olan su, metalle temas ettikten sonra yüksek sıcaklık etkisiyle hızlıca buharlaşacaktır. Suyun yangın söndürücü etkisini oldukça azaltacaktır. Eğer bahsedilen yangın bir tanker gemisinde çıkmışsa metalin aşırı ısınması bir felakete yol açabilecektir.

Üçüncü gözlemlememizde aşırı ısınmış olan gemi metalinin, yangın söndürme işleminin bitmesine müteakip kendiliğinden soğuma sürelerinin karşılaştırılmasıdır. Aynı şartlar altında yapılan bu denemede yangın yüzeyinin soğuma hızı kızılötesi termometre ile ölçülmüştür.



Şekil 4.25. %0 katkılı boya numunesi soğuma ölçüm işlemi başlangıç

Şekil 4.25.'de görünen işlem katkısız borlu boyanın maksimum 273 °C sıcaklığa çıkarılıp 1 dakika beklendikten sonra son ölçümünün yapılması işlemidir.



Şekil 4.26. %0 katkılı boya numunesi soğuma ölçüm işlemi bitiş

Yaklaşık 500 °C'ye ulaşan ısı kaynağı ile metalin üzerinde 300 °C'lere kadar sıcaklık değerleri ölçüldü. Aynı anda, ısı kaynakları kapatılarak 1 dakika boyunca metalin üzerindeki sıcaklık değişimi termal termometre ile ölçülmüştür.

Normal boyalı simülatörde 1 dakika sonunda ölçülen en düşük sıcaklık 140 °C'lerde görülmüştür. Bu sıcaklıkta bir maddeye çıplak elle temas etmek tehlikelidir ve ciddi yanıklara sebep olabilmektedir.



Şekil 4.27. % 30 Katkılı boya numunesi soğuma ölçüm işlemi bitiş

Borlu boyalı simülatörde 1 dakika sonunda ölçülen sıcaklık 86 °C olarak görülmüştür. Normal boyalı simülatörde 1 dakika sonunda elle temas etmek mümkün değilken, borlu boyalı simülatöre 1 dk. sonunda çıplak elle dokunulabildiği görülmüştür. Yangın soğuma deneyinin önemi, gemilerde dış güvertede çıkan yangına müdahale edildikten sonra personelin iç bölmelere kolayca girebilmesini sağlarken aynı zamanda yangın alevi ile kızan metalin söndürme suyu ya da köpüğü fiziksel yada kimyasal yönden olumsuz yönde etkilenmesini önleyebilmesi olarak düşünülmektedir.

Tablo 4.3. Bor katkılı boyaların metalde soğuma hızı

Zaman (sn)	%0 Katkılı Boya	%10 Katkılı Boya	%20 Katkılı Boya	%30 Katkılı Boya
0	273.3	273.3	273.3	273.3
5	263.6	260.5	259.1	257.1
10	252.6	248.2	243.1	242.8
15	242.4	239.7	232.6	228.7
20	235.1	229.8	224.1	218.8
25	223.6	219.7	212.8	207.7
30	211.2	209.2	201.1	197.2
35	200.1	197.6	191.8	189.6
40	180.5	175.4	169.2	162.4
45	171.1	161.5	152.3	148.5
50	160.7	152.4	141.7	131.2
55	150.9	133.1	123.1	113.1
60	142.7	113.1	103.1	86.2

Tablo 4.3.'de zamanla değişen dış yüzeylerin soğuma sıcaklıkları verilmiştir. Buna göre 60 sn sonunda numunelerin ulaştığı değerler kıyaslandığında yaklaşık 60 °C'lere varan sıcaklık farkı görülmektedir.

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de gemiler gerek özel sektörde gerekse askeri alanda büyük stratejik öneme sahiptir. Yapılan çalışmalarda denizcilik sektörünün ana unsurları gemilerde oluşabilecek yangınlarda, yangından doğacak kayıpların minimum seviyeye indirgenmesi hedeflenmiştir. Bor katkılı boyaların gemiyi adeta bir zırh gibi kaplayarak yanma reaksiyonunu geciktirdiğini gözlemlenmiştir.

Türkiye’de bol miktarda bulunan Bor mineraline katma değer sağlamak amacıyla yapılan bu çalışmada, geliştirilen bor katkılı boyaların, denizcilik sektöründe kullanılabilir olduğu savunulmuştur. Gemi boyalarına belirli miktarda katılan bor minerali karışımı gemi yangın riskini azaltacağı gibi aynı zamanda çıkabilecek yangında, yangına müdahaleyi kolaylaştıracağı düşünülmektedir. Maliyet fayda analizi bakımından bakıldığında ise maksimum fayda minimum maliyet sağlayacaktır.

Tablo 5.1. SWOT Matrisi

	GÜÇLER	ZAAFIYETLER
OLANAKLAR / İMKÂNLAR	- Ülke çapında ihtiyaç duyulacak hammadde rezervlerinin yeterli seviyede olması. - Bor katkısının kullanılması hali hazırda kullanılan bazı ithal katkı maddelerine bağımlılığı azaltacaktır. - Gemilerde kullanılan boyaların birçoğunun yurtiçi üretim fabrikalarının bulunması üretimde kolaylık sağlayacaktır. - Birçok boya firmasının Ar-Ge imkanlarının olması daha kaliteli ürünler ortaya çıkaracaktır. - Üretilcek bor katkılı boyaların yurtiçi ve yurtdışı pazarlarda yerini bulacaktır. - Bor katkılı boyalar korozyona karşı normal boyalardan daha dayanıklı olduğundan dolayı bakım maliyetleri azalacaktır.	- •Hammadde çıkarma maliyetlerinin yüksek olması. - Doğada bileşik halinde bulunan Bor mineralinin bir takım işlemlerden geçirilmesi sonucunda istenilen katkı maddesinin elde edilebilmesi. - Yangın geciktirici özelliği bor katkısının miktarına ve uygulanan alana göre değişebilmektedir. - Gemi boyalarının rengi bor katkılı boya rengi ile birebir uyumlu olmayabilir. - Yurtdışında bazı özel yerlerde bor katkılı boyaların kullanımına başlanılmıştır. Özellikle askeri alanda çok sık kullanıldığı bilinmektedir. - Gemilerde kullanılan boyalara göre ek maliyet getirecektir.

Tablo 5.2. (devamı)

	GÜÇLER	ZAAFIYETLER
TEHLİKELER / TEHDİTLER	- Borlu boyalar ile yapılan Ar-Ge çalışmaları arttırılmalıdır. - Konu ile ilgili gerek akademik personelin makaleleri gerek özel firmaların çalışmaları amaca uygun olarak değerlendirilmelidir. - Yurtiçi kaynakları ve üretim modelleri incelenerek en verimli şekilde üretim planlanmalıdır. - Yurtdışındaki Pazar alanları incelenmeli ve ihracat odaklı üretime geçilmelidir. - Savunma sanayi için önem arz eden boyalar diğer sektörler için de kullanılmalıdır.	- Yangın geciktirici olarak bor katkı boyalar için özel üretim şartları gerekebilir. - Boya üreticilerine devlet destekli teşvikler yapılmalı ve imkan sağlanmalıdır. - Savunma sanayinde pilot olarak gemiler ve cephanelik gibi özel yerlerde kullanıma başlanıp zaman içinde verimlilik gözlemlenmelidir. - Konu ile ilgili makaleler ve araştırmalar artırılmalı yurtdışı örnekleri takip edilmelidir.

Bor katkılı boyamızın hali hazırda kullanılan boyalardan artı yönleri;

Pasif yangın önlemi olarak yangın oluşumunu önlemesi, aktif yangın önlemi olarak yangın hızını yavaşlatması, genel itibari ile kullanım ömrünün daha dayanıklı olması, yüksek sıcaklıklardan düşük sıcaklıklara çok hızlı geçmesi, korozyon önleyici olması, çevre kirliliğine daha az sebep olması dolayısıyla ülkemiz adına fayda sağlayabilecek nitelikte olabileceği görülmektedir.

Bor katkılı boyalar uzun süre dayanıklı çevre dostu boyalardır. Günümüzde Çevre ve doğa bilincinin gitgide arttığı, farkındalığın büyük kitlelere ulaştığını bu dönemde, bor katkılı boyaların çevreye, dolayısıyla ekosisteme ve insana daha az zararlı olacağı bilinmektedir. Gelecekte bor ve türevleri katkılı boyaların daha çok geliştirilip sistemlere entegre edilmesi, farkındalığın daha çok arttırılması, pazar paylarının genişletilmesi başta ülkemiz ve denizcilik sektörü olmak üzere diğer alanlarda da önemli katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] http://www.tersanederigisi.com/yayin/737/denizde-yanigin-tehlikesi_23199.html #.YI9U8LUzYuU., Erişim Tarihi: 05.06.2020.
- [2] <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/202733>. Erişim Tarihi: 10.06.2021
- [3] İzer, C. (2011). Askeri Gemilerde Isı Ve Yangın Yalıtımının İncelenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [4] <https://ahmetsertkan.blogspot.com/search?q=yanma> 3 tem 2008., Erişim Tarihi: 10.06.2020.
- [5] Denizcilik, T.C.M.E.B., Ankara, 2015. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Yang%C4%B1n%20%C3%96nleme%20ve%20Yang%C4%B1nla%20M%C3%BCcadele%20Temel%20E%C4%9Fitimi.pdf, Erişim Tarihi: 15.06.2020.
- [6] Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Eğitim Merkezi, Yanma ve Yangın Bilgisi, Kocaeli, 2009
- [7] İstanbul B.Ş. Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı, İ. B. B. İ. D. (2013). Yangın ve kazalarla mücadele eğitim kitabı.
- [8] <https://imo.uab.gov.tr/tum-uygulama-talimatları> Yangından Korunma ve Mücadele 2013/237 Sayılı Sözleşme,. Erişim Tarihi: 15.05.2020
- [9] Zhang, S. (2000). Fire protection onboard: enhance fire safety by design.
- [10] Gözalan H. Kaan, 2011, Savaş Gemilerinde Makine Dairesi Yangınlarının Sayısal Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [11] MEGEP (Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), Yangın Önleme Ve Yangınla Mücadele, sf:23, Ankara, 2006.
- [12] https://imo.uab.gov.tr/solas_1974., Erişim Tarihi: 18.04.2020.
- [13] İmo-Solas,. Denizde Cam Emniyeti Sözleşmesi, Londra 1974.

- [14] N.Saklakoğlu, Korozyon Ders Notu, Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 2010.
- [15] Benjamin D. Craig, Richard A. Lane, David H. Rose, Corrosion Prevention and Control: A Program Management Guide for Selecting Materials, AMMTIAC, September, 2006.
- [16] H. Elçiçek , A. C. Karaoğlu ,B. Demirel Gemicilik Endüstrisinde Korozyon Problemi ve Katodik Koruma Uygulamaları 2011.
- [17] D.J. Tighe-ford, P. Khambhaita, S.D.H. Taylor A. Rayner Dynamic characteristics of ship impressed current cathodic protection systems Journal of Applied Electrochemistry 2001.
- [18] <http://www.karadenizkorozyon.com/gemiler> Erişim Tarihi: 10.05.2020.
- [19] W.von Baeckmann, W.Schwenk and W. Prinz, Editors, Handbook of Cathodic Corrosion Protection, Theory and Practice of Electrochemical Protection Processes, Third Edition, Elsevier Science, 1997.
- [20] A. Mathiazhagan, Design and Programming of Cathodic Protection for Ships, International Journal of Chemical Engineering and Applications, Ekim 2010.
- [21] <https://www.denizcilikbilgileri.com/katodik-koruma-ve-tutya-secimi/>, Erişim Tarihi: 20.11.2020.
- [22] <https://endustriyel.dyo.com.tr/sektorler/dyo-marine>, Erişim Tarihi: 11.06.2020.
- [23] Geldiay R.,Kocataş A., 2002 Deniz Biyolojisine Giriş Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi.
- [24] Nace Corrosion Costs Study”. Cor-Pro.com. NACE,. Erişim Tarihi: 21.05.2020.
- [25] Coating Systems For Underwater Hull Surfaces”. NSTCenter. Naval Surface Treatment Center., Erişim Tarihi: 21.05.2020.
- [26] Dafforn, Katherine A.; Lewis, John A.; Johnston, Emma L. (2011). “Antifouling strategies: History and regulation, ecological impacts and mitigation”. Marine Pollution Bulletin. s62.
- [27] Hunter, J.E. Antifouling coatings and the global environmental debate, PCE, Kasım 1997.

- [28] Haak, P.W. Antifouling Systems, current status and developments. In: The Present Status of TBT-Copolymer Antifouling Paints, Proceedings of the International Symposium on Antifouling Paints for Ocean-going Vessels, The Hague. Ocak 21, 1996.
- [29] Cefic., Harmful effects of the use of antifouling paints for ships: A review of existing antifouling paints and the development of alternative systems. International Maritime Organization's Marine Environmental Protection Committee, MEPC 38/14/4., 1996.
- [30] Imo-International Conference on the Control of Harmful Antifouling Systems for ships, Agenda item 8, Afs/Conf/26, Adoption of the Final Act of the Conference and Any Instruments, Recommendations and Resolutions Resulting from the Work of the Conference International Convention on the Control of Harmful Antifouling Systems on ships, 2001.
- [31] Magin, C. M., Cooper, S. P., & Brennan, A. B. Non- toxic antifouling strategies. Materials Today, (2010), 13(4), 36-44.
- [32] Yebra, D. M., Kill, S., & Dam-Johansen , K. Antifouling Technology past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. Progress in Organic Coatings, (2004), 50(2), 75-104.
- [33] Biler S., Cavas L. Possible danger of antifouling biocides in sports organised in aquatic ecosystems. 5th International Sports Sciences, Tourism and Recreation Congress, 7-9 Mayıs 2018, Manisa-Türkiye.
- [34] Ay N., Ay Gökçe., Göncü Y., Bor Nitrür: Üretimi ve Uygulamalardaki Son Gelişmeler, 2019. International Symposium on Boron Nevşehir Türkiye 225-226.
- [35] <http://borteknolojileri.com/deniz-tasitlari> , Erişim Tarihi: 01.06.2020.
- [36] Milne, A., 1990, "Roughness and Drag from the Marine Paint Chemist's Viewpoint". Marine Roughness and Drag Workshop, Paper 12, London.
- [37] <http://www.turkchem.net/bakir-icermeyen-cevre-dostu-yeni-nesil-anti-fouling-boyalar.html>, Erişim Tarihi: 03.06.2020.
- [38] Yiğitbaşoğlu, H. (2014). Türkiye için önemli bir maden: Bor. Coğrafi Bilimler Dergisi, 2(2), 13-25.
- [39] <https://www.boren.gov.tr/Sayfa/bor-elementi/23.>, Erişim Tarihi: 14.06.2020.
- [40] <https://www.etimaden.gov.tr/bor-mineralleri.>, Erişim Tarihi: 11.06.2020.

- [41] Özkan, Ş. G., Çebi, H., Delice, S., & Doğan, M. (1997). Bor minerallerinin özellikleri ve madenciligi, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu İzmir, 224-228.
- [42] TUBİTAK-MAM, “Borun Kullanım alanları”, (www.mam.gov.tr), Erişim Tarihi: 18.06.2020.
- [43] Neceti YENMEZ, 2009 Stratejik Bir Maden Olarak Bor Minerallerinin Türkiye İçin Önemi, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi Sayı 19, Sayfa 59-94, İstanbul, 2009
- [44] Özkan, Ş.G., Çebi, H., Delice, S., Doğan, M., 1997, “Bor Minerallerinin Özellikleri ve Madenciligi”, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 224-228, İzmir.
- [45] http://www.boren.gov.tr/ulusal_bor_arastirma_enstitusu., Erişim Tarihi: 17.06.2020.
- [46] F. Özmal, Y. Erdoğan, A. Olgun, N.Atar, İ.Kula, M.S. Erdoğan, O.M. Kalfa, 2005, Bor Endüstri Atıkları, Uçucu Kül ve Alünit İçeren Çimentoların Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin İncelenmesi, I.Ulusal Bor Çalıştay, Ankara.
- [47] T.Yavuz, Cafer., 2008, “Bor’u ne kadar tanıyoruz”, Bilim Stratejileri Araştırma Kurulu (BİLSAK).
- [48] Formicola C., Fenzo A. Zarelli M., Giordano M., Antonucci V., Zinc based compounds as smoke suppressant agents for an aerospace epoxy matrix, Polym. Int., 60(2), 304-311, 2011.
- [49] Ishii T., Kokaku H., Nagai A., Nishita T., Kakimoto M., Calcium borate flame retardation system for epoxy molding compounds, Polym. Eng. Sci., 46(6), 799- 806, 2006.
- [50] Ibibikcan E., Kaynak C., Usability of three boron compounds for enhancement of flame retardancy in polyethylene-based cable insulation materials, Journal of Fire Sciences, 32(2) 99–120, 2014.
- [51] Schartel B., Weiß A., Mohr F., Kleemeier M., Hartwig A., Braun U., J. Appl. Polym. Sci., 118(2), 1134- 1143, 2010.
- [52] Zhang Q., Zhang W., Huang J., Lai Y., Xing T., Chen G., Jin G., Liu H., Sun B., Flame retardance and thermal stability of wool fabric treated by boron containing silica sols, Materials and Design, 85, 796–799, 2015.

- [53] Atalay Ö., Magnezyum borat sentezi ve alev geciktirici pigment olarak kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2012.
- [54] Gürü M, Ayar B, Çakanyıldırım Ç, Özmen L, Aleve ve yüksek sıcaklığa dayanıklı boya ve üretim yöntemi incelemeli Patent TR 2007 02470 B, 2010.
- [55] Gürü M., Yalçın H., Malzeme Bilgisi, 2. Baskı, Palme Yayıncılık, Ankara, 2006.
- [56] Kaya M., Oz D., Mineral esaslı alev geciktirici ve duman bastına katkı maddeleri, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 14-15 Ekim, 1999.
- [57] Prabhakar M. N., Shah A., Song J., A review on the flammability and flame retardant properties of natural fibers and polymer matrix based composites, Composites Research, 28(2), 29-39, 2015.
- [58] Ayar B., Çinko borat sentezi ve yüksek sıcaklıkta pigment olarak kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.
- [59] Aydın, D. Y., Gürü, M., Ayar, B., & Çakanyıldırım, Ç. (2016). Bor bileşiklerinin alev geciktirici ve yüksek sıcaklığa dayanıklı pigment olarak uygulanabilirliği. Bor Dergisi, 1(1), 33-39.
- [60] Sadowska J. P., Czupryn'ski B., Liszkowska J., Boron-containing fire retardant rigid polyurethane– polyi- socyanurate foams, Part II – preparation and evaluation, Journal of Fire Sciences, 33(1), 48–68, 2015.
- [61] Akarslan F., Investigation on fire retardancy properties of boric acid doped textile materials, Acta Physica Polonica A, 128, 403-404, 2015.
- [62] Tektaş E., Mergen A., Eti Holding A.Ş. Genel Müdürlüğü Araştırma Geliştirme Dairesi Başkanlığı Çinko Borat Üretimi Ön Fizibilite Etüdü, 2003.
- [63] Giúdice C. A., Benítez J. C., Zinc borates as flame-retardant pigments in chlorine-containing coatings, Progress in Organic Coatings, 42 (1-2), 82-88, 2001.
- [64] Türk Loydu Askeri Gemi Kuralları Klaslama ve Sörveyler Cilt E Kısım 101 Sayfa 37-38.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ulvi TOPÇU

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Yangın ve Yangın Güvenliği	Devam Ediyor
Lisans	Anadolu Üniversitesi /İktisat Fakültesi Kamu Yönetimi	2009
Ön Lisans	Deniz Astsubay Hazırlama Okulu/Makine Bölümü	2002
Lise	İzmir Mersinli Anadolu Teknik Lisesi/Kimya Bölümü	2000

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2019-Halen	MSB Gölcük Tersanesi	Malzeme Şube Sözleşme Yönetim Ks.A.
2011-2019	Aksaz Ana Yangın Eğitim Merkezi	Yangın Eğitmen Astsubay
2002-2019	Deniz Kuvvetleri Harp Gemileri	Yangın Yara savunma Astsubay

YABANCI DİL

İngilizce

HOBİLER

Motosiklet Sürmek, Dünya Gündemini takip etmek, Finans piyasaları