

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KİMYASAL TANKERLERDE TANK KAPLAMALARI SEÇİMİNE
YÖNELİK SAYISAL ANALİZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Murat Mert TEKELİ**

**Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı
Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı**

OCAK 2022

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KİMYASAL TANKERLERDE TANK KAPLAMALARI SEÇİMİNE
YÖNELİK SAYILSAL ANALİZ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Murat Mert TEKELİ
(512181023)**

**Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı
Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı**

Tez Danışmanı: Doç.Dr.Emre AKYÜZ

OCAK 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 512181023 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Murat Mert TEKELİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “KİMYASAL TANKERLERDE TANK KAPLAMALARI SEÇİMİNE YÖNELİK SAYILSAL ANALİZ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç.Dr.Emre AKYÜZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Elif BAL BEŞİKÇİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Öğr.Gör.Dr. Umut TAÇ
Namık Kemal Üniversitesi

Teslim Tarihi : 06 Ocak 2022
Savunma Tarihi : 19 Ocak 2022





Eşime ve aileme,



ÖNSÖZ

Bu çalışmada kimyasal tankerler, kimyasal tanker tipleri, kimyasal tankerlerde tank kaplamaları ve bu tank kaplamalarının AHP ve Bulanık TOPSIS tekniği kullanılarak en iyi seçimi konusunda bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın yürütülmesi esnasında göstermiş oldukları ilgi ve desteklerden dolayı tez danışmanım Doç. Dr. Emre Akyüz'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım

Ocak 2022

Murat Mert TEKELİ
(Araştırma Görevlisi)





İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Taraması	3
2. TANKER TİPLERİ	11
2.1 Tankerlerin Tip Bazında Sınıflandırılması.....	13
2.2 Tankerlerin Kullanım Bazında Sınıflandırılması	14
2.2.1 Petrol tankerleri.....	14
2.2.2 Kimyasal tankerler	15
2.2.3 Servis tankerleri	16
2.2.4 LNG tankerleri	17
2.2.5 Hidrojen tankerleri	18
2.2.6 Meyve suyu tankerleri.....	18
2.3 Tankerlerin Gövde İnşasına Göre Sınıflandırılması.....	18
2.3.1 Tek cidarlı tankerler	18
2.3.2 Çift cidarlı tankerler	18
2.4 Tankerlerin Boyut Bazında Sınıflandırılması	19
2.4.1. Very large crude carrier (VLCC)	19
2.4.2 Ultra large crude carrier (ULCC).....	19
2.4.3 Panamax tankerler	19
2.4.4 Aframax tankerler	19
2.4.5 Suezmax tankerler	19
2.5 Kimyasal Tanker	19
3. KİMYASAL TANKERLERİN TARİHÇESİ.....	25
4. KAPLAMALAR.....	39
4.1 Epoksi.....	40
4.1.1 Saf epoksiler.....	41
4.1.2 Epoksi fenolik	42
4.1.3 Epoksi izosiyanat	43
4.1.4 Silikon epoksiler	44
4.2 Çinko Silikat.....	45
4.2.1 Alkali çinko silikat	45
4.2.2 Etil çinko silikat	48
4.3 Paslanmaz Çelik	49
4.4 APC MarineLine 784	50

5. TAŞINAN YÜKLER.....	53
5.1 Ham Petrol.....	53
5.2 Beyaz Petrol Ürünleri.....	53
5.3 Solventler ve Kimyasallar	53
5.4 Bitkisel ve Hayvansal Yağlar	53
5.5 Yağlama Yağı ve Katkı Maddeleri.....	54
6. KAPLAMA SEÇİMİ İLE KARGOLAR ARASINDAKİ ETKİLEŞİM	55
7. METODOLOJİ	57
7.1 Analitik Hiyerarşi Süreci.....	57
7.2 Topsis	60
7.3 Bulanık Mantık.....	64
7.3.1 Üçgen bulanık sayı.....	66
7.3.2 Bulanık dil değişkenleri ve üyelik işlevleri.....	67
7.3.3 Bulanıklaştırma	67
7.4 Bulanık Topsis.....	68
8. KRİTERLER.....	73
8.1 Kaplamaların Mekanik Özellikleri	73
8.1.1 Esneklik.....	73
8.1.2 Dayanıklılık.....	73
8.1.3 Yapışma.....	73
8.1.4 Sertlik	74
8.1.5 Aşınma	74
8.1.6 Kayganlık	74
8.1.7 Kaplama içi gerilmeler	74
8.2 Bakım ve Onarım Eylemleri.....	75
8.3 Kaplama Uygulaması	76
8.4 Havalandırma ve Nem Gidermenin Rolü	78
8.5 Tank Kaplamasının Soğurma ve Dışarıya Vurma Özelliği.....	79
8.6 Kargo Temizliği.....	80
8.7 Maliyet.....	81
9. UYGULAMA.....	83
9.1 Önerilen Yaklaşım.....	83
9.2 Kriterlerin Kaplamadaki Rolü	86
9.3 AHP Tekniği İle En Etkili Kriter Belirleme	87
9.4 Bulanık TOPSİS Tekniği İle En İdeal Tank Kaplama Tipinin Belirlenmesi ...	90
10. BULGULAR VE TARTIŞMA	97
11. SONUÇ	101
KAYNAKLAR.....	103
ÖZGEÇMİŞ	107

KISALTMALAR

IBC Code	: Uluslararası Dökme Kimyasal Kodu
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci
TOPSIS	: Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution
TSCF	: Terleme Akış Konsantrasyon Faktörü
PSPC	: Koruyucu Kaplamaların Performans Standartları
CPE	: Sürekli Faz Kodlayıcısı
SOLAS	: International Convention for the Safety of Life at Sea
DWT	: Deadweight tonnage
ULCC	: Ultra Büyük Ham Taşıyıcı
VLCC	: Çok Büyük Ham Taşıyıcı
IMO	: International Maritime Organization
FPSO	: Depolama Ve Açık Deniz Gemileri
SPM	: Tek Noktalı Demirleme
TLS	: Tandem Loading System
STL	: Submerged Turrent Loading
SAL	: Single Anchor Loading
Ppm	: Parts Per Million
DFT	: Kuru Film Kalınlığı
OH	: Hidroksit
CI	: Tutarlılık İndeksi (Consistency Index)
CR	: Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio)
Tg	: Camsı Geçiş Sıcaklığına



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 7.1 : Ölçek tablosu.....	59
Çizelge 7.2 : Klasik mantık ve bulanık mantık farkları.....	65
Çizelge 8.1 : Paslanmaz çelik bileşenleri.	82
Çizelge 9.1 : Rastgele indeks değeri.....	85
Çizelge 9.2 : Belirlenen kriterler.	87
Çizelge 9.3 : İkili karşılaştırma matris değerleri.	88
Çizelge 9.4 : Kriterlerin ortalama cevapları.	89
Çizelge 9.5 : Her bir kriterin normalize edilmiş değeri.	89
Çizelge 9.6 : Her bir kriterin ağırlık değeri.	90
Çizelge 9.7 : Bulanık mantık dilsel ifadeler.	91
Çizelge 9.8 : Dilsel ifadelerin sayısal verilere dönüştürülmesi.	92
Çizelge 9.9 : Pozitif ve negatif idelaller.	93
Çizelge 9.10 : Ortalama ağırlık matrisi değerleri.	93
Çizelge 9.11 : Normalize edilmiş karar matris değerleri.	94
Çizelge 9.12 : Ağırlıklandırılmış normalize bulanık mantık matrisi.	95



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Dünya ticaret filosu gemi sayısı.	1
Şekil 2.1 : Tanker sınıflandırması.....	12
Şekil 2.2 : Tank tipleri.	13
Şekil 3.1 : Kimyasal kargo özelliklerinin gemi tasarımına etkisi.	28
Şekil 3.2 : Kimyasal tank yapısı.	29
Şekil 3.3 : Modern kimyasal tanker.	30
Şekil 3.4 : Paslanmaz çelik kaplı tank.	31
Şekil 3.5 : Millennium explorer gemisi.	31
Şekil 3.6 : Parsel tanker ve ürün tanker arasındaki fark.	31
Şekil 3.7: Kimyasal üretim terminali.	32
Şekil 3.8: Silindir tanker.	34
Şekil 3.9: Deniz yoluyla kimyasal madde ticaretinin gelişimi 1982-1994.	35
Şekil 3.10: Kimyasal ile deniz ticareti bileşimi.	35
Şekil 3.11: Yemeklik yağlar.	36
Şekil 3.12: Bitkisel yağ ticareti - gemi türleri.....	36
Şekil 3.13: Dönüştürülmüş meyve suyu tankeri.	37
Şekil 4.1 : Epoksi ve MarineLine 784 kaplamaların kesiti.....	50
Şekil 7.1: Örnek AHP şeması.	57
Şekil 7.2 : Ahp uygulamasının adım şeması.....	58
Şekil 7.3: Üçgen bulanık sayı	66
Şekil 7.4: Bulanık dilsel değişkenler ve değerler	67
Şekil 8.1: Tank içi ızgaralı merdiven.....	75
Şekil 8.2: Kontaklı termometre.	76
Şekil 8.3: Askı higrometresi.	77
Şekil 8.4 : Havasız püskürtme sistemi.	78
Şekil 8.5 : Kargo uyumluluk tablosu.	81
Şekil 10.1 : Kriter ağırlıkları.....	98
Şekil 10.2 : Bulanık Topsis alternatif ağırlıkları.	99



KİMYASAL TANKERLERDE TANK KAPLAMALARI SEÇİMİNE YÖNELİK SAYISAL ANALİZ

ÖZET

Günümüzde büyüyen kimya endüstrisi, ham madde ihtiyacını arttırmış, bununla birlikte üretilen ham maddenin deniz yolu taşımacılığındaki ağı oldukça genişlemiştir. Bu artışın sonucu olarak daha kullanışlı ve verimli kimyasal tankerlere talep günden güne artmaktadır. Kimyasal tanker işletmeleri için en önemli kriterlerden birisi yükü emniyetli bir şekilde bir yerden bir yere ulaştırabilmektir. Bu ulaştırma sırasında yükte meydana gelebilecek istenmeyen değişiklikleri en az seviyede tutabilmek için tank kaplamaları çok önemli bir yere sahiptir.

Kimyasal tankerlerde kullanılan kaplama tipleri genel olarak; epoksi, çinko silikat, paslanmaz çelik ve marine line olarak 4 gruba ayrılır. Her bir kaplamanın kendine ait özellikleri olup, tercih edilecek kaplama tipi bu özelliklere bağlı olarak seçilir. Bu çalışmada, alternatif olarak ele alınan her bir kaplama tipi tek tek ayrıntılı olarak incelenmiş ve elde edilen uzman görüşleri ve literatür taramaları sonucunda her bir kaplama tipi için ortak özellik olan 7 adet kaplama kriteri belirlenmiştir. Bu kaplama kriterlerinden, yapılan değerlendirmeler sonucunda en etkili olandan en az etkili olan kriterlere doğru bir sıralama yapılmıştır. Bu kriterlerin önem sırası dikkate alınarak, kaplama tipi olarak seçtiğimiz alternatifler kıyaslanmış, güncel durumda kullanışlılık bakımından en uygun olan tank kaplama türü bulunmuştur.

Tank kaplamaları için uzmanlar ve yapılan literatür çalışmaları neticesinde belirlenen kriterler, çok kriterli karar verme metodu olan ‘Analitik Hiyerarşi Süreci’(AHP) kurallarına bağlı olarak tespit edilmiştir. Bu uygulamada, her bir uzmana anket doldurtulmuş, bu ankette her bir kriterin diğer kriterlere göre üstünlük derecesini 1 ile 9 arasında verilecek bir puanla notlandırması istenmiştir. Bu notlandırma sonucunda, her bir kriterin ağırlığı bulunmuş ve tank kaplaması açısından önem sıralaması yapılmıştır. Yapılan bu değerlendirmelerin sonucunda, tüm kriterler ağırlıklarının toplamı 1,00 olacak şekilde tank kaplamaları için en önemli kriterin 0,25 ağırlığıyla Kargo Temizliği olduğu belirlenmiştir. Kargo Temizliği kriterini sırasıyla 0,24 ağırlığa sahip Kaplamaların Mekanik Özellikleri, 0,23 ağırlığıyla Kaplamalarda Bakım ve Onarım Eylemleri, 0,14 ağırlığıyla Kaplamalarda Soğurma ve Dışa Vurma Özellikleri, 0,08 ağırlığıyla Kaplamanın Havalandırma ve Nem Gidermedeki Rolü, 0,05 ağırlığıyla Kaplama Uygulamalarındaki Zorluklar ve en düşük etkiye sahip olarak 0,02 ağırlığıyla Kaplamanın Maliyeti olarak hesaplanmıştır.

Günümüzde kullanılan tank kaplamaları, kriter seçimine katkıda bulunan uzmanlar tarafından, TOPSIS metoduna uygun olarak, anket aracılığıyla dilsel ifadeler kullanılarak değerlendirilmesi istenilmiştir. Doldurtulan anketler sonucunda, ortaya çıkan dilsel ifade ortalamaları, bulanık yöntemle normalize edilerek sayısal bir ifadeye dönüştürülmüş, sonrasında ise kaplamalar için önem arz eden her kriterin ağırlığı değerlendirilerek ağırlıklandırılmış normalize bulanık matris elde edilmiştir. Yapılan

hesaplamalar sonucunda, her bir kaplama türü için ağırlık değerleri bulunmuş, değeri yüksek olandan düşük olana doğru bir sıralama yapılmıştır. Ortaya çıkan sonuçta en yüksek ağırlığa sahip alternatif 0,423 ile Paslanmaz Çelik olmuştur. Paslanmaz çeliği takiben 0,357 ağırlığıyla Marine Line, 0,247 ağırlığıyla Epoksi ve en düşük olarak 0,153 ağırlığıyla Çinko Silikat kaplama türü bulunmuştur.



NUMERICAL ANALYSIS ON SELECTION OF TANK COATINGS IN CHEMICAL TANKERS

SUMMARY

Today, the growing chemical industry has increased the need for raw materials, and the network of produced raw materials in sea transportation has expanded considerably. As a result of this increase, the demand for more useful and efficient chemical tankers is increasing day by day. One of the most important criteria for chemical tanker businesses is to be able to safely transport the cargo from one place to another. Tank coatings have a very important place in order to keep the undesired changes that may occur in the cargo at a minimum during this transportation.

Chemical cargoes are transported by sophisticated tankers that can transport different types of chemicals around the world. These chemical tankers have a slightly different design than other tankers. Because the products they carry require special tanks coated with stainless steel, zinc or epoxy. Chemicals are labeled with different IMO classes and this class indicates the degree of danger of the chemical product. IMO class I ships can carry the most dangerous goods, IMO class II ships the second most dangerous and IMO class III the least dangerous goods. The boundary between a product tanker and a chemical tanker is very difficult to define, but IMO class I and II vessels are often referred to as chemical tankers.

Chemical tanker operations differ from other liquid bulk transport in that multiple cargoes of different characteristics and natural hazards can be transported at once, and multiple products can be handled at one berth, typically including the discharge of both cargoes. The use of chemical tankers is more complex than oil tankers. Transporting bulk chemicals by sea requires not only specialized vessels and equipment, but also specially trained crew, both theoretically and practically, to understand the properties of various chemicals and be aware of the potential hazards of cargo handling. A modern chemical tanker is primarily designed to carry some of the hundreds of hazardous products covered by the International Bulk Chemical Code. There are three main types of chemical tankers. The first is parcel chemical tankers, which typically have more than one small cargo tank. Then there are the regular chemical tankers that carry less complex chemicals. They are equipped with fewer cargo tanks and less complex pump and line arrangements, often lined with steel rather than stainless steel. As the last type chemical tanker, it is a special chemical tanker usually dedicated to specific trades and carrying a single cargo such as acid, molten sulfur, methanol, palm, wine and fruit juice.

Chemical tankers are built to serve cargo other than crude oil and cargoes that require substantial cooling or pressure tanks. Chemical tankers carry not only chemical products, but also products such as vegetable oils, molasses, wine, animal fats, solvents, and some clean petroleum products and lubricants. Additionally, chemical tankers can carry inorganic substances such as phosphoric acid, sulfuric acid and caustic soda. The chemical tanker is a very special type of vessel due to the complexity

and nature of the cargo. Chemical tankers can carry highly corrosive cargoes such as sulfuric acid, caustic soda, acetic acid and pure naphtha. Therefore, more attention is paid to cargo tanks and their ability to ensure the integrity and purity of the cargo. Chemical tanker owners often invest large sums in new construction chemicals tankers. Generally, stainless steel is considered the ideal building material as it is non-corrosive and easy to clean.

For the correct choice of coating system and proper handling of cargoes, it is recommended to provide a basic knowledge of the chemical properties of the most common cargoes, as the behavior of products within the same groups of organic compounds can vary greatly. For example, methanol softens most organic coatings, but higher molecular weight alcohols are much less effective.

All of today's organic coatings for cargo tanks are bi-component types, resulting in a chemically cross-linked film that cannot be re-dissolved. However, strong solvents can soften cured coatings, causing swelling and in some cases even calcification from the substrate. For example, methylene chloride is such a strong solvent for organic coatings that it is used as a paint remover. Therefore, it should not be transported in tanks covered with organic coatings.

An additional factor affecting coating suitability is the water solubility of solvents. Most organic coatings used for cargo tank protection can tolerate some degree of softening from solvent absorption, provided sufficient time is given for the absorbed solvent to evaporate and regain its original hardness. However, if the retained solvent is water soluble and tanks are washed with water or loaded with an aqueous cargo before the film has completely dried, bubbling due to osmosis may occur.

On the other hand, a one important factor affecting coating suitability is the water solubility of solvents. Most organic coatings used for cargo tank protection can tolerate some degree of softening from solvent absorption, provided sufficient time is given for the absorbed solvent to evaporate and regain its original hardness. However, if the retained solvent is water soluble and tanks are washed with water or loaded with an aqueous cargo before the film has completely dried, bubbling due to osmosis may occur.

In this study; Measurable criteria that can affect the process of choosing 4 different tank coatings used today in chemical tankers have been determined, and the degree of impact and priority order of these criteria on the coating preference have been determined with the opinion of field experts. These criteria were determined by consulting the field experts and by conducting a detailed literature review, taking into account the most probable problems that may arise in tank coatings and the problems that may occur as a result of these problems. The said criteria are; The Mechanical Properties of the Coating, the Maintenance and Repair Actions of the Coating, the Difficulty of Application of the Coating, the Role of the Coating in Ventilation and Dehumidification, the Absorption and Expansion Properties of the Coating, Cargo Cleaning and the Cost of the Coating. Among these, the most effective one on the tank lining was selected, and support was received from a total of 13 field experts, consisting of the captain, the chief officer, the ship operator and the tank coating specialist.

During the interviews with the experts, they were asked to fill in the questionnaires prepared within the scope of the thesis. Obtained expert opinions were evaluated within the scope of Analytical Hierarchy Process, one of the criteria decision making

methods. Each of the 7 criteria determined was compared with each other, and a scaling between 9 and 1 was made. As a result of these evaluations, it has been determined that the most important criterion for tank coatings is Cargo Cleanliness with a weight of 0.25, with the sum of all criteria weights being 1.00. Cargo Cleanliness criteria were determined by the Mechanical Properties of Coatings with a weight of 0.24, Maintenance and Repair Actions in the Coatings with a weight of 0.23, Absorption and Expression Properties of the Coatings with a weight of 0.14, the Role of the Coating in Ventilation and Dehumidification with a weight of 0.08, and the Coating with a weight of 0.05. Difficulties in Application and the Cost of Coating with a weight of 0.02 with the lowest impact.

After the criterion weights were determined, each of the 4 coating types used in chemical tankers today, consisting of Epoxy, Zinc Silicate, Stainless Steel and APC Marine Line, were evaluated separately within the framework of these criteria, and the result found in the last step was normalized with the criterion weights. In the selection of the determined coating type alternatives, the TOPSIS method, which is also a multi-criteria decision-making mechanism, was used since the determined criteria were not based on numerical data. Since it is more suitable for the evaluation and decision-making mechanisms in the minds of the experts, it was preferred to present the evaluations with linguistic expressions rather than numerical comparisons. In other words, fuzzy logic approach was used in order to obtain the results more objectively and accurately. In the blurring method, the highest linguistic expression determined for each criterion, Very High (VH), corresponds to 0.9-1.0-1.0 and the lowest score is Very Low (VL) 0.0-0.1-0.1 corresponds to its value. Within the framework of these numerical data, all criteria for each alternative were evaluated by experts through a survey, and the alternative with the highest weight was Stainless Steel with 0.423. Following the stainless steel, Marine Line with a weight of 0.357, Epoxy with a weight of 0.247 and Zinc Silicate with a weight of 0.153 as the lowest, were found.

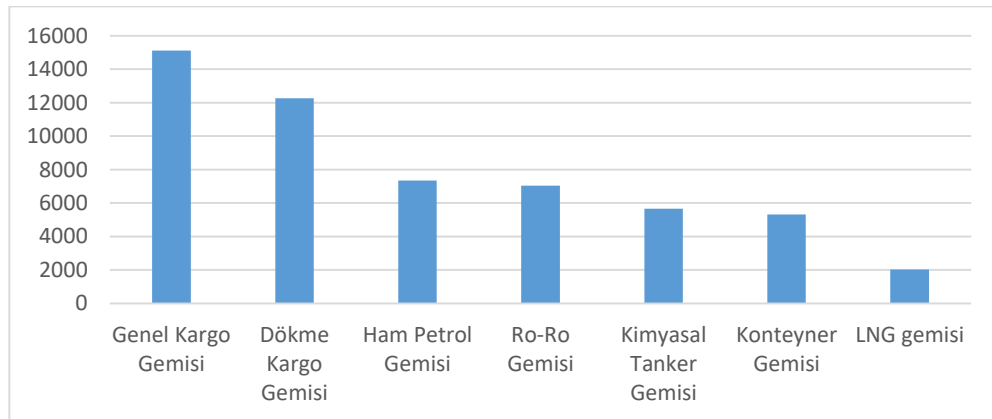
This work; It is thought that it will be beneficial by providing analytical solution to chemical tanker operators, shipyards and tank coating companies operated by experts. Experts who contributed to the study; selected from chief officers, ship operators and tank coating specialists. It is planned to test the study with the data set in the next stages and to compare the results. In addition, it is planned to expand the study with fuzzy logic type-2 method adaptation and compare the results.



1. GİRİŞ

Günümüzde kimya endüstrisinin muazzam büyümesini takiben, kimyasal nakliye endüstrisi çok fazla sayıda kimyasal madde taşımakta ve dünya petrokimya günden güne artmaktadır. Bu artışın sonucu olarak gelecek günlerde, daha kullanışlı ve verimli kimyasal tankerlere olan talebin de artacağı açıktır.

Kimyasal tanker, kimyasalları toplu halde taşımak için tasarlanmış bir tür tanker gemisidir. MARPOL Ek II'de tanımlandığı gibi, kimyasal tanker, IBC Code (Uluslararası Dökme Kimyasal Kodu) 17. bölümünde listelenen herhangi bir sıvı ürünü dökme olarak taşımak üzere inşa edilmiş veya uyarlanmış bir gemi anlamına gelir. Bu gemilerin taşıdığı yük yelpazesi çok geniştir ve sadece kimyasal ürünleri değil, aynı zamanda bitkisel yağlar, hayvansal yağlar, melas, şarap, çözücüler ve bazı temiz petrol ürünlerini de içerir. Ayrıca bir kimyasal tanker, sülfürik asit, fosforik asit ve kostik soda gibi inorganik maddeleri de taşıyabilir. Sektörde ilk kimyasal tanker 1960'lı yılların başında inşa edilmiştir ve o zamandan beri denizcilik endüstrisinin hızla büyüyen bir sektör haline gelmiştir. Şekil 1.1'deki grafikte görüleceği üzere kimyasal tankerler, dünya ticaret filosunun yaklaşık %9'unu oluşturmaktadır.



Şekil 1.1 : Dünya ticaret filosu gemi sayısı (Url-1).

Kimyasal tanker, yükün karmaşıklığı ve özelliği nedeniyle çok özel bir gemi türüdür. Bunun nedeni, taşıma yapılabileceği kargoların metanol, sülfürik asit, kostik soda, asetik asit ve saf nafta gibi aşındırıcı olmasıdır. Bu nedenle çoğu zaman kargo

tanklarına ve bu tankların kargonun bütünlüğünü ve saflığını koruma yeteneklerine çok dikkat edilir. Çoğu zaman kimyasal tankerler, paslanmaz çelik kargo tanklarına sahip olarak inşa edilirler. Genel olarak paslanmaz çelik, aşındırıcı olmayan ve temizlemesi kolay olan ideal yapı malzemesi olarak kabul edilir. Ancak tüm kargolar paslanmaz çelik tanklarda taşınmaz. Kimyasal madde taşıyan pek çok gemide, çeliğin korozyonunu önleyen ve yükü çeliğe temas ederek kontaminasyondan koruyan özel kaplama sistemleri ile kaplanmış yumuşak çelikten yapılmış kargo tankları bulunmaktadır.

Kargo tank kaplamaları genel olarak 2 gruba ayrılır. Bunlar; inorganik kaplamalar ve organik kaplamalardır.

İnorganik kaplamalar, yüksek oranda çinko tozu ile birleştirilmiş inorganik silikatlardan oluşan tek katmanlı kaplamalardır. Kaplama filmi gözenekli olduğundan dolayı; kargo, geminin tahliyesinden sonra buharlaşma yoluyla kaplamadan tamamen çıkarılabilir. Ancak madeni yağlar gibi yüksek yoğunluklu kargolarda aynı şey olamaz. Genellikle bu kaplamaların ömrü kaplamanın kalınlığı ile orantılıdır.

Organik kaplamalar ise, bir sertleştirici ile karıştırıldığında reçine molekülleri arasında çapraz bağlı bir dizi kimyasal bağ oluşturan bir organik reçine sisteminden oluşur. Bu tür kaplamalar, inorganik kaplamalara göre daha güçlü asitlere veya alkalilere dayanma kabiliyetine sahiptir ve önemli miktarda kargoyu emme eğilimindedir. Kaplamanın bu özelliği bazı kargo taşımalarında kontaminasyon sorunlarını ortaya çıkarabilir.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan kargo tank kaplamaları 4 çeşide ayrılır. Bunlar; epoxy, zinc silicate (çinko), paslanmaz çelik ve marine line'dır. Kimyasal tanker taşımacılığında yük çeşitliliği sebebiyle, taşınacak olan kargo için tank kaplaması oldukça önemlidir. Kimyasal tankerlerde uygulanacak olan kaplama türü; kaplamanın mekanik özellikleri, kaplamanın bakım ve onarım eylemleri, kaplama uygulanma metodu, kaplamanın havalandırma ve nem gidermedeki rolü, kaplamanın soğurma ve dışa vurma özelliği, kargo temizliği ve maliyet bakımından değerlendirilmelidir. Bu çalışmada; kimyasal tankerlerde kullanılan tank kaplamaları, uygulanacak olan kaplama türünde istenen en önemli kriter ve belirlenen bu kriterler çerçevesinde uygulanması gereken en uygun tank kaplama seçimi hakkında uzman görüşlerine başvurularak bir karar mekanizması oluşturulmaya çalışılmıştır.

Bu bağlamda; kaplamadaki en önemli kriteri belirlemede AHP metodu, belirlenen kriterler çerçevesinde en uygun tank kaplama seçiminin yapılması ise Bulanık Topsis metodu kullanılarak belirlenmiştir.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Satty'nin tanımına göre; çok kriterli bir karar verme mekanizmasıdır. Bu bağlamda metot, ikili karşılaştırmalarda özdeğer bir yaklaşım sergiler. Aynı zamanda nicel ve nitel performansların ölçümü için bir yöntem sağlamış olur. Bu ölçek, karşılaştırmaların tüm değerlerini kapsayarak en az değerli için 1/9, eşit için 1 ve en önemli için 9 puan arasında değişir (Saaty, 1994).

TOPSIS tekniği, sınırlı bir alternatifler kümesi oluşturulduktan sonra, çözümleri belirleyebilir. Hwang ve Young'a göre bulanık TOPSIS'in mantığı, pozitif ideal çözümü ve negatif ideal çözümü tanımlamaktır (Hwang ve diğ, 1993). Olumlu ideal çözüm, fayda ölçütlerini maksimize eden ve maliyet ölçütlerini en aza indiren çözümken, negatif ideal çözüm maliyet ölçütlerini maksimize eden ve fayda ölçütlerini en aza indiren çözümdür. En iyi alternatif, pozitif ideal çözüme en kısa, negatif ideal çözüme en uzak olan alternatiftir. Ancak bir karar vericinin, söz konusu nitelikler için bir alternatifte kesin bir performans derecelendirmesi ataması genellikle zordur. O halde, bulanık bir TOPSIS yaklaşımı kullanmanın faydası, bulanık sayılar kullanarak farklı ölçüt değerleri atamaktır.

1.1 Literatür Taraması

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Saaty tarafından geliştirilen, seçilen alternatifler arasından en uygun seçimi bulmak için etkili birçok kriterli karar verme yöntemidir. Karmaşık problemleri basit bir hiyerarşiye ayırarak basitleştirmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. AHP, bireylerin bilgi, deneyim, fikir ve içgüdüleri aracılığıyla ikili karşılaştırma yapabilme yeteneğine dayanmaktadır. Karmaşıklığı hiyerarşik bir sistem içinde daha küçük ögelere bölmek, karşılaştırmaları daha etkili hale getirir. Hiyerarşinin her düzeyinde, ögeler önemlerine göre ikili olarak karşılaştırılır. Bu tür karşılaştırmaları yapmak için Saaty 1-9 ölçeğini oluşturmuştur (Saaty, 1994).

TOPSIS, pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümün iki referans noktasını aynı anda dikkate alarak çok amaçlı karar verme problemlerini çözmek için geliştirilmiştir. TOPSIS'in temel ilkesi, seçilen çözümün pozitif ideal çözüme mümkün olduğunca

yakın ve negatif ideal çözümden mümkün olduğunca uzak olması gerektiğidir. Böylece, bir veya birden fazla karar verme problemini, bir yardımcı ve iki amaçlı karar verme problemine indirgeyebiliriz. Yani ölçülemeyen ve çelişen amaç fonksiyonlarının yerine, ölçülebilir fakat çelişen iki amaç fonksiyonlarını değerlendirmiş olur. Daha sonra, maksimum ve minimum operatörünü kullanarak, yardımcı iki amaçlı problem ve gerçek amaçlarına yönelik bir problem için uzlaşık çözüm elde edebiliriz (Hwang ve diğ, 1993).

Anti korozyon kaplamanın kontrol ve enerji kaybı üzerine yapılmış sistematik bir laboratuvar çalışmasında, petrol depolama tankları için üç katmanlı antikorozyon bir kaplamanın bileşimi ve üretim süreci tanıtılmaktadır. Optik, iç mekanda termal ve fizikokimyasal özellikleri sistematik olarak araştırılmıştır. Ek olarak dış mekanda soğutma etkisi ve ham petrolün buharlaşma kayıplarının azalması öngörülmüştür. Geliştirilen kaplama yüksek güneş yansıtma ve ısı emisyonu; dolayısıyla iyi iç ve dış sıcaklık azaltma etkilerine sahiptir. Eşsiz yapısal tasarım ve dikkatli seçim içeriği ile bu kaplama düşük ısı iletkenliği ve kir, hava, tuz spreyi ve kimyasallara karşı iyi direnç sağlar. Seçilen epoksi maddesi, kaplamanın bağlayıcısı ile karbon çeliği yüzeyleri arasında kimyasal bir köprü oluşturur ve kaplamanın yapışmasını geliştirir.

Çalışmada anlatılmak istenen, dünyadaki atmosfer yüzeyinde 1.373 kW/m² yoğunluğa sahip solar radyasyon, petrol veya petrol ürünleri depolama tanklarının yüzey sıcaklığının yükselmesine neden olur. Sonuç olarak, petrolün hafif hidrokarbon bileşenleri, buharlaşma kaybı olarak bilinen petrol ve tank çatısı arasındaki boşlukta buharlaşır. Petrolün buharlaşmasındaki kayıp, petrolün kalitesini azaltır ve çevre kirliliğine neden olur. Üç katmanlı su bazlı kaplama; petrol tanklarındaki korozyonun önlenmesi, petrolün buharlaşmasının azaltılması ve sonuç olarak enerji ve su tasarrufu sağlar. Bu çalışmada ilk önce kaplamanın üretim aşaması, daha sonra kir, hava, kimyasal ve tuz püskürtme direnciyle kaplamanın araştırılması yapılmıştır (Zhang ve diğ, 2013).

Özsever ve Solmaz, yapmış oldukları çalışmada 4 kaplama tipini 7 kriter üzerinden değerlendirmiş ve bu çalışmalarında bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Kriter olarak kaplamanın ilk uygulandığı, navlun geliri, kaplama ömrü, kaplamanın dayanıklılığını ve kargo uyumluluğunu göz önünde bulundurmuşlardır. Kriterler üzerinde herhangi bir ağırlık sıralaması yapılmamış olup, kaplama tipi olarak en uygun

paslanmaz çelik kaplama tipi olduğuna karar vermişlerdir. Çalışmamızın benzer yönleri olmakla birlikte, fark olarak kaplama tipi üzerinde etki edebilecek tüm kriterler değerlendirilmiştir. Yapılan literatür taraması ve uzman görüşleri sonucunda 7 kriter üzerinde yoğunlaşmamız ve bu kriterlerin ağırlıklarını belirlemede AHP metodu uygulamamız, daha sonrasında AHP metodu ile elde ettiğimiz kriter ağırlıklarını bulanık TOPSIS metoduyla alternatiflerle değerlendirmemiz, yapmış olduğumuz çalışmayı özgün kılmıştır.

Bulanık topsis metodu kullanılarak yapılan bu çalışmada tanker şirketlerine tercih ettikleri kaplama tipi sorulmuş olup, sonucunda ağırlıklı olarak paslanmaz çelik tank kaplaması kullanıldığı kanısına varılmıştır. Kimyasal tanker şirketleri için gemi inşası öncesinde en etkili tank kaplamasını seçmek kritik bir konudur. Şirketlerin hedeflerine göre çeşitli kriterler dikkate alınır. Epoksi, çinko, paslanmaz çelik ve MarineLine'dan biri olan tank kaplamasının maliyet ve zorluk, kargo uyumluluğu, kargo tank temizliği, bakımı, dayanıklılığı, navlun geliri ve kargo tank kaplamasının kullanım ömrü gibi ilk uygulama kriterleridir. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı, hangi tankın fiyat performansı olarak en etkili olduğuna karar vermektir. Bu amaca göre, bu tank boyaları arasında tank kaplama alternatiflerinin derecelendirmeleri, üç tank kaplama uzmanı tarafından spesifikasyonlarına göre araştırılmış ve puanlandırılmıştır. Ve bu kriterlerin gemi inşası öncesinde tank boyası tercih etmedeki önem ağırlıkları, Türkiye kimyasal tanker pazarının yüzde seksenini oluşturan kimyasal tanker firmalarının 15 işletme yöneticisine sorulmuştur.

Alternatiflerin derecelendirmeleri ve önem ağırlıklarının ortalamaları bulanık TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmiştir. Hesaplamalar sonucunda 4 kargo tank kaplamasının katsayıları 0.27 (epoksi), 0.22 (çinko), 0.38 (paslanmaz çelik), 0.35 (MarineLine) şeklindedir. Hesaplanan katsayılar göre paslanmaz çelik kargo tank kaplaması, 7 kriter bir arada düşünüldüğünde en etkili tank kaplamasıdır. Paslanmaz çelik kargo tank kaplaması en yüksek değere sahip olmasına rağmen, paslanmaz çelik ile MarineLine arasındaki fark diğer kargo tank kaplamalarına göre çok daha azdır. Bu küçük farkın sebebi, MarineLine kargo tank kaplamasının ilk uygulama maliyetinin paslanmaz çelik kargo tank kaplamasından çok daha az olması ve MarineLine kargo tank kaplamasının kargo uyumluluğu açısından paslanmaz çelik gibi olmasıdır (Solmaz ve diğ, 2020).

Ekonomik bir model kullanarak balast tanklarının korozyona karşı korunmasına alternatif yaklaşımlar üzerine yapılan bir çalışmada, kaplamanın korozyon üzerindeki etkilerinden bahsedilmiştir. Günümüzde gemi inşası ve bakımında en önemli sorunlardan biri, modern ticari gemilerin balast tanklarındaki korozyon problemidir. Bir yandan, böyle bir geminin ekonomik ömrünün büyük ölçüde balast tanklarının korozyon durumuna bağlı olduğu, diğer yandan dış gövde ile kargo tankları arasındaki bağlantının bu balast tanklarına bağlı olduğu konusunda genel bir fikir birliği vardır.

Bugün gemilerin balast tankları genellikle metal ve geri planında çinko anot olan epoksi kaplama ile inşa edilir. Bu kaplama yıllardır önemli bir değişikliğe uğramadan uygulanmaktadır. Objektif olan bu ekonomik çalışma, balast tanklarındaki mevcut olan yapıyla diğer alternatifleri karşılaştırmaktadır. Bu alternatifler; yapıdaki ahşap gövde elemanlarını arttırıp geminin kargo kapasitesindeki taşıma maliyetini azaltmak, daya dayanıklı olan TSCF25 kaplama, geminin yapım aşamasında korozyon önleyici metal rezistans kullanma ve standart PSCP15 kaplamayı ömürlük olan alüminyum tutya ile birleştirmektir. Bu maliyet modeli hassaslık analizi ile beraber bu alternatif seçeneklerin değerlendirilmesi için kullanılır. Sonuç olarak dayanıklı kaplama ve ömrü uzun olan alüminyum alaşımlı tutya kullanımı, tank konseptini geliştirmekte kullanılır. Metal fiyatları uygun olduğu zaman korozyon önleyici rezistans kullanımı da uygun olabilmektedir.

Atmosferik korozyon nedeniyle metalik yüzeylerin bozulması köprüler, depolama tankları ve boru hatları gibi birçok çelik yapı için iyi bilinen bir sorundur. Bugün, geminin balast tankları karbon çeliğinden yapılmış olup bazı yerlerde epoksi kaplama ve çinko anotlarla korunuyor. Bunlar korozyonu azaltmaya ve bazı durumlarda etkili bir şekilde korozyon olayını ertelemeye ve korozyon sonuçlarını azaltmaya yardımcı. Bu modele dayanarak, beş farklı balast tank yapısı seçeneği; maliyet azaltımları elde etmek için mevcut teknikler ve malzemeler dahilinde karşılaştırılmıştır. Çalışmada ‘Monte Carlo Sensitivity Analysis’ metodu kullanılmıştır (De Baere ve diğ, 2013).

Bu konuda yapılan diğer bir çalışmanın amacı, petro-kimya depolama tanklarının ve ‘Eddy Current’ tekniği ile kullanılan modern antikoroziyon kaplamalar tarafından sunulan tipik kusurları araştırmaktır. Bu bağlamda, kaplamaların özellikleri dikkate alınarak yöntemin avantajları ve sınırlamaları tartışılmaktadır. Kontrollü kusurlar, korozyonun nerede olacağını önceden belirleyebilmek için karbon-çelik yüzeylere

işlenmiştir. ‘Eddy Current’ tekniğinin saptanabilirliği, simüle edilmiş korozyon kusurlarının içinde demir oksit varlığında ve yokluğunda uygulanan farklı yalıtım kaplamaları (farklı kalınlıklarda) açısından değerlendirilmiştir. Orijinal C-Scan haritalarıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında ve görüntü işleminden sonra, işlenmiş kusurlar başarıyla tespit edildi. Bu karşılaştırmada, görüntü işlemi kullanılarak kusurların giderilmesinde önemli bir iyileşme gözlenmiştir.

Kaplamalar metalik yüzeylerin korozyona karşı korunması için yaygın olarak kullanılır. Son yıllarda korozyon önleyici kaplamaların kullanımı endüstriyel tesisler için uygun bir kaplama biçimi olarak seçilmiştir. Bu kaplamalar farklı çevre koşulları, yüksek sıcaklıklar ve mekanik strese bağlı farklı maddeler altında koruma sağlamıştır. Antikoroziv kompozitlerin kullanılması, petrol ve gaz endüstrisinde korozyon oluşumunu engellemek için kullanılan yöntemlerden birisidir ve genellikle depolama tanklarında, boru hatlarında ve yapısal bileşenlerinde bulunur.

Kaplamalar için periyodik zamanlarda kontroller gerçekleştirilmelidir. Bu kontrollerin yapılmasındaki amaç; kaplamada kabarıklık oluşmasını engellemek, kaplamanın yapışkan özelliğini kaybetmesi ve kaplama altında oluşacak korozyonu engellemektir. Yanlış uygulama prosedürlerinden dolayı bu tür hatalar meydana gelebilir, fakat kaplamanın yaşlanması bu kusurların oluşmasında etkilidir. Bu bağlamda ulaşımının zor olduğu bilinen ara katmanlarda ve alt katmanlarda oluşan korozyonun engellenebilmesi için ‘Non-Destructive Technique’ kullanımı uygun bulunmuştur (Grosso ve diğ, 2018).

Bir diğer çalışmada, balast tankları üzerinde yapılan köşe kaplamaları çalışmaları ve bu organik kaplamaların köşeler üzerindeki korozyonu koruması arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yapılan son çalışmalar köşe kaplamaları üzerindeki organik kaplamanın tank içinde düzenli bir etki oranı olmadığını göstermiştir.

Bu çalışma öncesinde yapılmış çalışmalar; kenar yuvarlama yarıçapının organik kaplamaların kenar kapsama performansı ve organik kaplamaların kenarlar üzerindeki korozyon koruma performansı üzerindeki istatistiksel önemini araştırılmıştır. Yapılan çalışmalarda kenar yarıçapının koruma oranı açısından önemsiz olduğu görülmüştür. Kaplama tipinin ve kenar yuvarlama araçlarının koruma oranı açısından daha önemli olduğu belirlenmiştir. Kaplama tipinin, tank kenarlarını koruma üzerindeki etkisi performansı yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Çelik yapılar için korozyon

oluşumunun engellenmesi adına, epoksi kaplamalar kullanılması en uygun kaplama biçimi olarak kabul edilir. Yapılan çalışmalar, epoksi kaplama kalınlığındaki artışın korozyon koruma performansını arttırdığını göstermiştir (Momber ve diğ, 2017).

Kaplamalarla ilgili yapılan diğer bir çalışmada, elektrik empedans ölçümleri yapılarak petrol tankındaki korozyon önleyici tank kaplamasının ömrünün ne kadar olduğu tahmin edilmeye çalışılmıştır. Kullanımda olan bir petrol depolama tankından elde edilen veriler, kaplamanın bozulmasının empedans özelliklerinin, paralel olarak iki CPE (sabit fazlı elemanlar) içeren üç eşdeğer devre modeli (three equivalent circuit models) ile açıklandığını göstermektedir. Bu CPE'lerin sağlam olan ve bozulan kaplamaları gösterdiği ortaya koyulmuştur. Bunun yanında, kaplamanın yaşla birlikte bozulma işlemi, CPE parametrelerinin dağılım diyagramları kullanılarak bulunabilir.

Yapılan çalışmada bir petrol tankının tabanında bulunan organik kaplamanın bozulma süreci empedans ölçümleri yapılarak araştırılmıştır. Bu araştırmanın sonuçları;

-Kusurlu olmayan bir tanka uygulanan empedans ölçümleri, tankın elektriksel özelliklerini değerlendirebilmek açısından etkili bir tekniktir.

-Yapılan bu empedans özellikleri, kaplamanın elektriksel davranışından önemli ölçüde sapmalar olduğunu ortaya koymuştur.

-Kaplama, CPE parametre değerleri ile ilgili farklı elektriksel özelliklere sahip olan sağlam ve bozulan parçalara ayrılmıştır. İlaveten, CPE parametrelerinin saçılma diyagramları kullanılarak kaplamanın artık ömrünün nicel olarak değerlendirilmesi olasılığı gösterilmiştir (Tokutake ve diğ, 2015).

Toprakla temas eden ve petrol ürünleri içeren metalik tanklar, ürünün çevreye kaçmasını önlemek için korozyona karşı korunmalıdır. Kimyasal direnci, ayakta işlenebilirliği, yüksek elektriksel yalıtım özellikleri ve heterojen malzemelere güçlü yapışma özelliği nedeniyle epoksi kaplamalar, çeşitli çelik petrol yapılarını çevresel saldırılara karşı korumak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Epoksi kaplamalarda metalik pigmentler, metal oksitler gibi inhibitörlerin kullanımı ve farklı konsantrasyonlardaki tuzlar sayesinde koruyucu etki genellikle sağlanmıştır. Petrol sahalarındaki metalik yüzeylerin korozyonu, özellikle tanklarda, muhafazalarda, borularda, boru hatlarında ve diğer ekipmanlardaki malzeme kaybı konusunda büyük endişe yaratmıştır. Bazı bölgelerde, tuzlu ortamlar korozyona neden olan ana

maddelerdir. Petrol ve gaz sahalarındaki hidrokarbonlarla birlikte yüksek miktarda üretilen su, bu alanlar olgunlaştıkça artmaya devam etmektedir. Bu su ‘oil wells’ olarak adlandırılır ve petrol üretiminin bir yan ürünü olarak meydana gelir. ‘Oil wells’ oluşum suyu çeşitli organik ve inorganik bileşiklerden oluşur. Bu su, klorürler ve sülfatlar gibi diğer aşındırıcı tuzlara ek olarak, büyük miktarlarda aşındırıcı karbondioksit ve hidrojen sülfür bulunması nedeniyle petrol sahası operasyonlarında en agresif aşındırıcı olarak kabul edilir. Kaplama sistemleri, korozyon direncini ve mekanik özelliklerini değiştirmek için ticari mikro boyutlu pigmentlerden yararlanır. Ticari olarak bulunan inorganik pigmentler kusur sayısı ile doğru orantılıdır. Kaplama esnekliğinin azaltılması, kaplamanın çizilme direnci ve yapışkan özelliğinin azlığı bu kusurlara örnek olarak verilebilir (Al-Sabagh ve diğ, 2018).

Bir geminin kargo tanklarının iç kaplaması, çelik yüzeyleri korozyona karşı korumanın, kargo kontaminasyonunu önlemenin ve temizlemeyi kolaylaştırmanın yaygın ve gerekli bir yoludur. Örneğin ürün ve hafif kimyasal taşıyıcılarda korozyon hasarını ve olası yük kontaminasyonunu önlemek için dahili tank yüzeylerinin tam kaplaması gereklidir, çünkü pürüzsüz bir kaplama, yükler arasında tankın temizlenmesini kolaylaştırır ve pas veya artık yük birikintilerinden kaynaklanan kontaminasyonu önlemeye yardımcı olur. Bu nedenle, etkili ve karlı gemi yönetimi için uygun tank kaplaması şarttır.

Kargo tanklarına kaplama uygulamak diğer boyama işlemlerinden daha karmaşık ve zordur. Tatmin edici ve dayanıklı sonuçlar için, kaplama sistemi seçimi, planlama, iş planlaması, evreleme, yüzey hazırlama, havalandırma, nem alma, boya uygulaması, denetimler, su testi ve son rötuş dahil olmak üzere her adım doğru bir şekilde gerçekleştirilmelidir.

Hatalı bir kaplama işi veya uygun olmayan yük elleçleme kaplamanın hizmet ömrünü kısaltabilir ve bu da pahalıya sebep olan bir erken yenileme, kaplamanın işlev süresinin kısılmasına ve hatta geminin iş görmemesine neden olabilir. Her ne kadar tank kaplama işleri genellikle bir veya daha fazla yıl garantiyle karşılanırsa da, onarım çalışmaları sırasında geminin işten çıkarılma maliyeti dahil değildir. Bu, gemi sahibine önemli miktarda para kaybı anlamına gelebilir. Bir tank kaplama işindeki ilk adım, esas olarak tanker tipine ve olası kargo aralığına bağlı olarak doğru bir kaplama sistemi seçimidir (Ackermann, 1998).

En etkili tank kaplamasını seçmek, kimyasal tanker şirketleri için gemi inşaatı öncesinde kritik bir konudur. Şirketlerin hedeflerine göre çeşitli kriterler dikkate alınır. Maliyet ve zorluk, kargo uyumluluğu, kargo tankı temizliği, bakım, dayanıklılık, navlun geliri ve kargo tankı kaplamasının kullanım ömrü olarak ilk uygulama, epoksi, çinko, paslanmaz çelik ve MarineLine olan tank kaplamasının kararlaştırılmasında kritik öneme sahiptir.

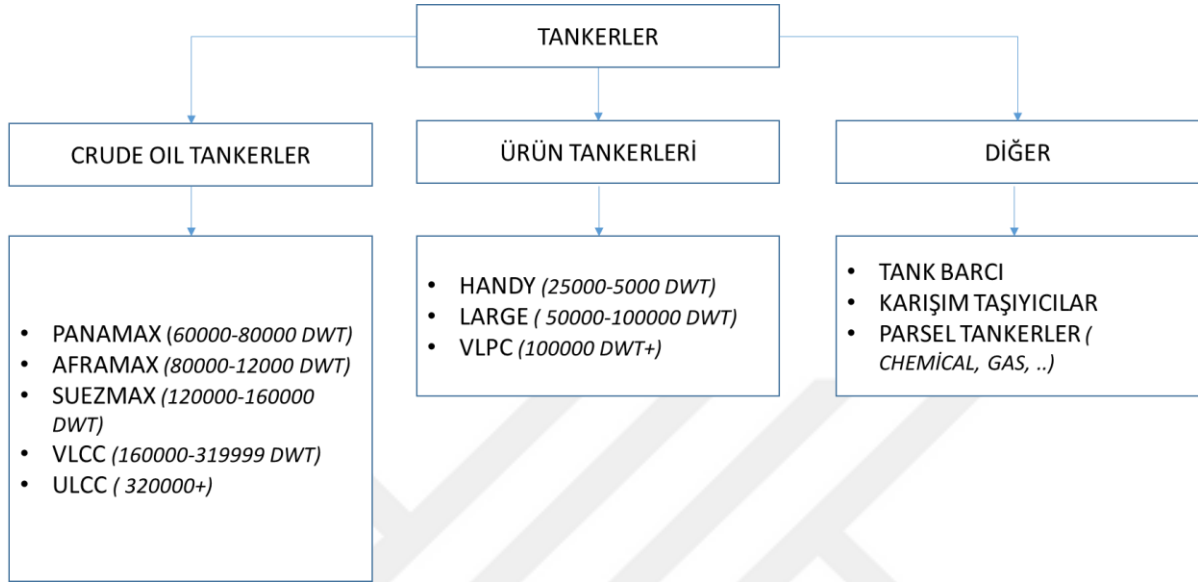
Kimyasal tanker, ham petrol ve önemli soğutma veya basınç tankı gerektirmeyen yükler dışında sıvı yükler taşıyan bir tanker türüdür. Kimyasal tankerler sadece kimyasal ürünler değil, bitkisel yağlar, melas, şarap, hayvansal yağlar, çözücüler ve bazı temiz petrol ürünleri ve yağlayıcılar gibi ürünler de taşırlar. Ayrıca kimyasal tankerler fosforik asit, sülfürik asit ve kostik soda gibi inorganik maddeleri taşıyabilir. Kimyasal tanker, kargonun karmaşıklığı ve özelliğinden dolayı çok özel bir gemi türüdür. Kimyasal tankerler sülfürik asit, kostik soda, asetik asit ve saf nafta gibi aşırı aşındırıcı kargolar taşıyabilir. Bu nedenle, çoğunlukla kargo tanklarına ve yükün bütünlüğünü ve saflığını sağlama özelliklerine çok dikkat edilir. Kimyasal tanker sahipleri genellikle yeni inşa kimyasal tankerlerine büyük miktarda para yatırırlar. Genel olarak paslanmaz çelik, aşındırıcı olmayan ve temizlenmesi kolay ürünler gemiler için ideal malzeme olarak kabul edilir. Bununla birlikte, APC MarineLine'nin ilk uygulama maliyeti paslanmaz çelik maliyetinin dörtte biridir, bu yüzden APC MarineLine, kimyasal tankerlerinin inşasından önce Türk kimyasal tanker şirketleri tarafından bir kargo tankı kaplama türü olarak kararlaştırılmıştır (Ackermann, 1998).

2. TANKER TİPLERİ

Büyük miktarlarda sıvılaştırılmış kargo taşımacılığı yapan gemilere tanker denir. Taşınan yük petrol, gazyağı, kimyasallar, sıvılaştırılmış gaz gibi yükler olabilir. Farklı türde ve miktarlarda yük taşımak için kullanılan farklı tipte tankerler vardır. Tankerler taşınan yüke ve geminin büyüklüğüne göre sınıflandırılır. Tankerin büyüklüğü, tankerin ne tür bir ticarete çalışacağını da belirler. Küçük tankerler genellikle kıyı seferleri yapan hatlarda kullanılırlar. Büyük tankerler ise uzun seferler yapan taşımalarda kullanılır. Günümüzde tanker gemileri okyanuslarda faaliyet gösteren en büyük ve en güçlü ticaret kaynaklarından. Tanker gemilerinin inşası ve teknik yapılanması IMO tarafından uygulanmaktadır. Tanker gemilerinin yapım şartnamesi, SOLAS'ın yayınlanması yoluyla IMO tarafından düzenlenmektedir. SOLAS, tanker yapımının yayında belirtilen düzenlemelere uygun olması gerektiğini belirtir, buna çift cidarlı gövdeler gibi faktörler dâhildir. En yaygın kullanılan tankerler Ham petrol, Kimyasal, Ürün, Gaz ve Servis tankerleridir. Petrol tankerleri, adından da anlaşılacağı gibi petrol ve petrol ürünleri taşımaktadır. Buradan anlaşılacağı gibi petrol tankerleri sadece ham petrol taşımacılığı değil, petrolün işlenmiş halleri taşımacılığını da içerir. Petrol tankerleri kendi içerisinde 2 gruba ayrılır. Bunlar ham tankerler ve ürün tankerleridir. Ham petrol tankerleri petrol sahasından çıkarılan petrolü rafineye taşımak için kullanılır. Ürün tankerleri ise petrol bazlı kimyasalları taşımak için kullanılır. Ölü ağırlık tonajına (DWT) dayanarak tanker gemileri ULCC (Ultra Büyük Ham Taşıyıcı), VLCC (Çok Büyük Ham Taşıyıcı), Suezmax, Panamax, Aframax, Handymax ve Capesize olarak sınıflandırılır.

Örnek olarak, 1977 yılında inşa edilmiş bir ham petrol tankeri olan Jahre Viking, şimdiye kadar yapılmış en büyük yüzen nesne olarak kabul edilir ve tam yükünü boşaltmak için 16500 adet tanker kamyonu gerektiriyordu. Tanker gemileri Şekil 2.1'de gösterildiği gibi taşıma kapasiteleri ve belirli bir ticaret için uygunluklarına göre sınıflandırılır. Tanker gemilerinde belirli bir sınıf için ölü ağırlık rakamlarında önemli farklılıklar vardır. Örneğin, Süveyş Kanalı'nın derinleşmesi Süveyş tankerinin(suezmax) kapasitesinin artmasını sağlayacaktır. VLCC'ler ve ULCC'ler

genellikle uzun mesafeli seferlerde kullanılırken, orta boy gemiler, Suezmax ve Aframax, daha kısa mesafelerde (örneğin, Batı Afrika'dan ABD'ye) kullanılır. Panamax gemileri, Panama Kanalı'nı geçebilen en büyük tanker boyutlarındadır (Kendall, 2001).



Şekil 2.1 : Tanker sınıflandırması.

Ham petrol gemilerinden küçük olan ürün taşıyıcı tanker gemileri, ham petrolün rafineri edilmesi sonucunda oluşan temiz ve kirli petrol ürünlerini taşır. Fakat tank temizliği gerekliliklerinden dolayı temiz mal taşıyan bir gemi kirli mal taşıma işine dönmez. Ham petrol tankerlerinin aksine, ürün taşıyıcı gemiler aynı anda birden fazla ürünün taşınmasını kolaylaştırmak için üretilmiştir. Bu sebeble gemilerde yükleme ve tahliye işlemleri boyunca yükleme ve tahliye etme hatları birbirlerinden ayrıdır. Bunun yanında ham petrol gemileri dünyada genellikle sabit limanlardan yükleme yaparlar ve tahliye limanından sonra yükleme yaptığı limana geri döner, fakat ürün taşıyıcı gemilerin sefer bölgeleri ham petrol gemilerine göre çok daha kapsamlıdır ve bu özelliğinden dolayı daha kullanışlı bir gemi olmalarını sağlar (Kumar, 2003).

Ancak tankerler sadece belirli bir tür veya çeşitle sınırlı değildir. Kargo taşımacılığı sürecinde kullanılan çok çeşitli tanker türleri vardır. Tankerlerin bu sınıflandırması birkaç faktöre dayanabilir. Tankerleri genel olarak kullanım amacı, yapısı ve boyutları açısından sınıflandırabiliriz.

2.1 Tankerlerin Tip Bazında Sınıflandırılması

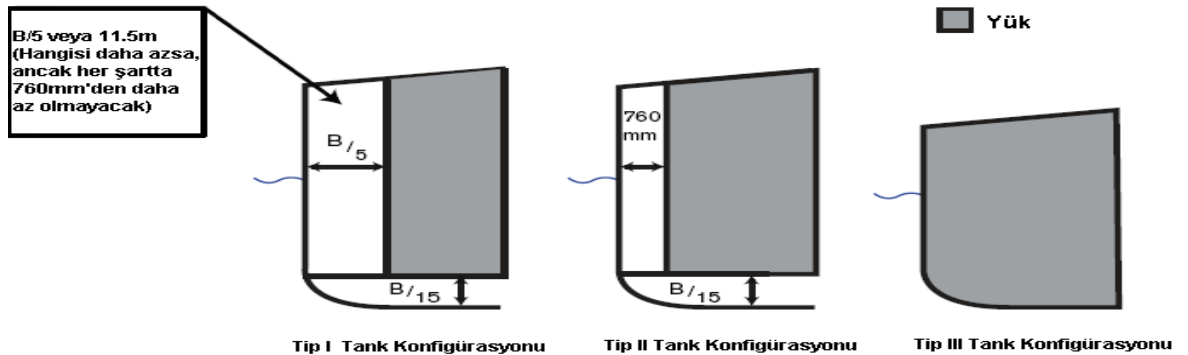
“Dökme tehlikeli kimyasal taşıyan gemilerin Yapı ve Ekipmanı için IBC CODE” gereğince gemi formları 3 kategoriye ayrılır.

Tip 1 Gemi: A tip 1 Gemiler IBC Code da belirtilen ürünleri taşımaya yönelik; çevreye ve güvenliğe çok büyük tehdit oluşturan türdeki yüklerin kaçaklarını önlemeye yönelik maksimum ölçülerde önlemlerle donatılmış kimyasal gemidir. Bir “Tip 1” geminin taşınması gereken yük miktarı, tank başına 1,250 m³’ten fazla olmamalıdır.

Tip 2 Gemi: A tip 2 Gemiler IBC Code da belirtilen ürünleri taşımaya yönelik; çevreye ve güvenliğe kayda değer bir tehdit oluşturan türdeki yüklerin kaçaklarını önlemeye yönelik önemli ölçülerde önlemlerle donatılmış kimyasal gemidir. Bir “Tip 2” geminin taşınması gereken yük miktarı, tank başına 3000 m³’ten fazla olmamalıdır.

Tip 3 Gemi: A tip 3 Gemiler IBC Code da belirtilen ürünleri taşımaya yönelik; çevreye ve güvenliğe yeterli derecede tehdit oluşturan türdeki yüklerin hasar durumunda kaçaklarını önlemeye yönelik dayanıklılık yeteneğini arttıracak orta ölçülerde önlemlerle donatılmış kimyasal gemidir. Tip 3 bir gemide, kimyasallar için yükleme kısıtlaması yoktur.

Bunun sonucu olarak Tip 1 Gemi, tamamı ile en büyük tehlikeler içeren yükleri taşımaya yönelik Kimyasal Gemidir. Tip 2 ve Tip 3 gemiler sırası ile daha az tehlikeler içeren yükleri taşımaya yönelik gemilerdir. Bu nedenle, Tip 1 Gemiler her türlü ağır hasarlara karşı koyabilecek ve tankları dış kaplama saçlarından (borda, karine saçlarından) mümkün olan en uzak noktaya yerleştirilmelidir (Wijnolst ve Wergeland, 2009).



Şekil 2.2 : Tank tipleri (Url-2).

Tankerlerde kullanılan tank tipleri Şekil 2.2’ de gösterilmiştir (Url-2). Tankerlerin amaca yönelik sınıflandırılmaları başlıklar halinde detaylı bir biçimde açıklanmıştır.

2.2 Tankerlerin Kullanım Bazında Sınıflandırılması

Bu bölümde 6 adet tanker tipine göre sınıflandırma verilmiş olup, bunlar alt başlıklar halinde detaylandırılmıştır.

2.2.1 Petrol tankerleri

Petrol tankerleri, adından da anlaşılacağı gibi, petrol ve yan ürünleri taşırlar. Bununla birlikte, petrol tankeri genel bir terminolojidir ve sadece ham petrolü değil aynı zamanda petrol ürünlerini de taşıyabilirler.

Bir Petrol Tankeri, Petrol ürünlerini toplu olarak taşımak için tasarlanmıştır. Bu gemiler ham petrolden rafine ürünlere kadar geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Boyutları ton veya DWT olarak ölçülür. Büyüklüğü 55.000 DWT ile 300.000 DWT'nin üzerindeki VLCC'ler arasındadır.

Petrol tankerlerinin çoğu ticari petrol ithalatçıları veya ihracatçıları ve hatta hükümetler tarafından işletilmektedir. Boyutlarının büyük olması nedeniyle, petrol ürünlerini bir yerden bir yere taşınmasındaki maliyeti düşürürler.

Petrol tankerleri ayrıca iki türe ayrılırlar. Bunlar ürün tankerleri (product tanker) ve ham tankerlerilerdir (crude oil tankers).

Ürün tankerleri, yukarıda belirtilen petrol bazlı kimyasalları taşımak için kullanılır. Ürün Tankerleri rafine edilmiş petrolü pazara yakın noktaya taşımak için kullanılır. Ham petrol tankerlerine kıyasla boyutları daha küçüktür. Buradaki tanklar, yükü korumak için kullanılan ve ayrıca tank temizliğine yardımcı olan epoksi ile kaplanmıştır.

Ham petrol tankerleri özellikle ham petrolün çıkarıldığı alandan ham petrol rafine tesisine taşımak için kullanılır. Bu tankerler, büyük miktarda rafine edilmemiş ham petrolün açığa çıkma noktasından rafine edildikleri ve daha sonra çeşitli kalitelerin ürünleri olduğu petrol rafinerilerine taşınmaktadır. Bu gemilerin boyutları diğer petrol tankerlerinden daha büyüktür.

ULCC'ler maksimum 550.000 tona varan ölü ağırlıkla çalışan en büyük petrol tankerleridir. İkinci en büyük tankerler, DWT'nin 300.000 tonun biraz üzerinde olduğu VLCC gemileridir. Tankerler aynı zamanda kolay giriş sağlayabilecekleri önemli uluslararası su kanalları temelinde sınıflandırılır, bu gemiler Panamax, Suezmax ve Aframax'ı içerir. Panamax ve Suezmax tankerleri, Panama ve Suez Kanallarından, 80.000 ton DWT'ye sahip Panamax tankerlerinden ve Suezmax 200.000 ton DWT'den uygun şekilde geçmek için üretilmiştir. Her iki kanalında yapılan çalışmalarla genişletilmesinden sonra, daha yüksek kapasiteli tankerler içinden geçecek şekilde inşa edilmiştir. Bunların yanında Aframax tankerleri, 100,00 tonun biraz üzerindeki DWT'si sayesinde dünyadaki hemen hemen tüm liman tesislerine girebilir.

2.2.2 Kimyasal tankerler

Kimyasal tankerler kimyasal yükleri çeşitli şekillerde taşımak amaçlı özel olarak tasarlanmış gemilerdir. Kimyasal tanker ticaretine ilk olarak ABD öncülük etmiştir. 1920'ler ve 1930'lu yıllarda ABD kimya endüstrisi, özellikle Teksas ve Louisiana'nın petrol ve gaz sahaları çevresinde hızla büyüdü. ABD'deki petrol ve gaz sahalarının çoğu su yoluna ulaşım için uygun yerdeydi, bu nedenle kimyasal yükleri deniz yolu üzerinden tankerlerle taşımak maliyet ve ulaşım açısından oldukça elverişliydi.

Günümüzde kimyasal yükler, dünya çapında farklı türde kimyasallar taşıyabilen sofistike tankerler tarafından taşınmaktadır. Bu kimyasal tankerler diğer tankerlerden biraz farklı bir tasarıma sahiptir, çünkü taşıdıkları ürünler paslanmaz çelik, çinko veya epoksi ile kaplanmış özel tanklar gerektirir. Kimyasallar farklı IMO sınıflarıyla etiketlenir ve bu sınıf kimyasal ürünün tehlikesinin derecesini belirtir. IMO sınıf I gemiler en tehlikeli ürünleri, IMO sınıf II gemiler en tehlikeli ikinci ürünleri ve IMO sınıf III en az tehlikeli ürünleri taşıyabilir. Bir ürün tankeri ile kimyasal tanker arasındaki sınırı tanımlamak çok zordur, ancak IMO sınıf I ve II gemileri genellikle kimyasal tanker olarak adlandırılır.

Kimyasal tanker operasyonları, farklı özelliklerde çok sayıda yükün ve doğal tehlikelerin aynı anda tek bir seferde taşınabilmesi ve tipik olarak her iki yükün tahliyesi dahil olmak üzere çok sayıda ürünün bir rıhtımda ele alınabilmesi nedeniyle diğer sıvı dökme taşımacılığından farklıdır. Kimyasal tankerlerin kullanımı, petrol tankerlerinden daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Dökme kimyasalların deniz yoluyla taşınması, sadece uzman gemiler ve ekipman değil, aynı zamanda çeşitli kimyasalların

özelliklerini anlamak ve kargo elleçleme potansiyel tehlikelerinin farkında olmak için hem teorik hem de pratik açıdan özel olarak eğitilmiş mürettebat gerektirir. Modern bir kimyasal tanker, öncelikle IMO Dökme Kimyasal Kodu kapsamındaki yüzlerce tehlikeli üründen bazılarını taşımak üzere tasarlanmıştır. Üç ana kimyasal tanker türü vardır. Bunlardan ilki tipik olarak birden fazla küçük kargo tankına sahip, en fazla 54 tanka sahip ve 40,000 dwt ton ölü ağırlığa sahip olan sofistike parsel kimyasal tankerlerdir. Daha sonra, daha az karmaşık kimyasallar taşıyan normal kimyasal tankerler vardır. Bunlar paslanmaz çelik yerine çoğunlukla çelikle kaplanmış daha az kargo tankı ve daha az karmaşık pompa ve hat düzenlemeleri ile donatılmıştır. Son tip kimyasal tanker olarak, genellikle belirli ticaretlere adanmış ve asit, erimiş kükürt, metanol, palmiye, şarap ve meyve suyu gibi tek bir kargo taşıyan özel kimyasal tankerdir.

2.2.3 Servis tankerleri

Servis tankerleri ilk olarak 1970'lerde bölgede petrol keşfi başladığında Kuzey Denizi'nde kullanılmaya başlanmıştır. Servis tankerinin bu bölgedeki başarısı kısa bir zaman içerisinde görüldü ve bu zaman zarfında dünya çapında modern deniz taşımacılığı özelliği haline geldi. Bu tankerler tüm okyanus koşullarına uygun olarak üretilmesine rağmen daha az erişilebilen alanlar için daha uygun olduğundan bu alanlarda tercih edilmektedir. Servis tankerleri genel olarak bir açık deniz terminalinden bir rafineriye petrol gönderir. Servis tankerleri, deniz koşullarında bir damla dökülmeden yüklerini taşımak zorunda kalan yüksek manevra kabiliyetine sahip gemilerdir. Yükleme, şamandıra veya demirli bir depolama ve üretim gemisinden, deniz koşullarının kötü olduğu veya kuvvetli rüzgarları olan çok marjinal koşullarda bile amacını gerçekleştirebilme özelliğine sahiptirler. Giderek artan bir şekilde, havanın düşük sıcaklıklarla daha da kötüleşmeye eğilimli olduğu ve buzun da ciddi operasyon sorunları haline geldiği yüksek enlemlerde bu tip gemilerin çalışması uygun olarak görülmektedir. Bu servis tankerleri çok özellikli gemilerdir, derin ve açık sularda bir deniz aşırı yükleme tesisatında hassas bir pozisyona sahip olmalarını sağlayan dinamik konumlandırma sistemleri kullanırlar (Url-3).

Shuttle tankerleri yükünü yüzer, üretim, depolama ve açık deniz (FPSO) gemileri, Tek Noktalı Demirleme (SPM), TLS (Tandem Loading System) gibi farklı açık deniz yükleme sistemleri ile yükleyebilir. Servis tankeri bir FPSO'ya bağlandığında, en

şiddetli veya en sakin okyanus bölgelerinde arkaya eğimli STL (Submerged Turrent Loading) veya SAL (Single Anchor Loading) sistemleri kullanılır. Bu sistemlerin kullanılması normal terminal yüklemesinde bile zaman zaman meydana gelebilir. Filolarına servis tankerleri ekleyen çeşitli nakliye şirketleri vardır. Yakın gelecekte, servis tankerlerinin kullanımının Latin Amerika'da petrol çıkarmakta kullanılması planlanıyor. Bu tür gemilere olan talep gün geçtikçe artmaktadır (Url-4).

2.2.4 LNG tankerleri

Deniz yoluyla taşınan petrol ve kömürden sonra üçüncü büyük enerji kaynağı doğal gazdır. Doğal gazın nakliyesi hızla büyüyen bir nakliye faaliyetidir ve gemiler özellikle güvenlik ve emniyete dikkat edilerek tasarlanmıştır.

Bu gemilerin oldukça önemli olan uluslararası standartlara uyması çok önemlidir. LNG tankerleri, çok soğuk LNG'yi güvenle idare etmek için özel malzemeler ve tasarımlar kullanan yüksek teknoloji ürünü gemilerdir. LNG gemileri, kapsamlı bir kargo güvenlik sistemi ile çift cidarlı olarak ve ağır izolasyon yapısına sahip olarak inşa edilirler. LNG gemileri, gelişmiş kaçak tespit teknolojisi, acil durum kapatma sistemleri, gelişmiş radar ve konumlandırma sistemleri ve LNG'nin güvenli bir şekilde taşınmasını sağlamak için tasarlanmış çok sayıda teknolojiyle donatılmıştır. Bu gemilerin inşaatı başlamadan önce, geminin yapılacak olduğu hükümet güvenlik uzmanının gemi planlarını ve inşaat sürecini sıkı bir şekilde gözden geçirmesi ve sürdürmesi gerekmektedir. Yapılan bu sıkı gözetim, olağanüstü bir güvenlik kaydı ile sonuçlanmıştır. Son 30 yılda dünya çapında yaklaşık 33.000 LNG seferleri yapılmıştır ve bu yapılan seferlerde herhangi bir kargo sızıntısı gibi uygunsuzluk tespit edilmemiştir (Url-5).

Eksi 161,5 santigrat derecede doğal gaz sıvılaştırır ve bu sıcaklıkta gaz orijinal hacminin 1 / 630'una düşürülür. Doğal gaz yüklenmeden önce eksi 161,5 santigrat dereceye kadar soğutulmalıdır, bu da LNG tankerlerindeki soğutulmuş tankların gövdeden ağır izolasyonla ayrıldığı anlamına gelir. Gaz tankere yüklendiğinde, kazanın soğutma kapasitesi olmadığı için tanklar zaten soğutulmuştur, ancak tanklar, tüm yolculuk boyunca sıvılaştırmak için gaz üzerinde doğru sıcaklığı koruyabilmeleri için iyi izole edilmiştir. LNG tankerleri patlamaya karşı savunmasız bir mekanizmaya sahip değildirler. Bunun sebebi doğal gazın yanıcı bir madde olmamasından kaynaklanmaktadır.

2.2.5 Hidrojen tankerleri

Adından da anlaşılacağı gibi, hidrojen tankerleri sıvılaştırılmış hidrojen gazının nakliyesi için kullanılan kargo tankerleridir.

Bu tankerler, Sıvılaştırılmış hidrojen gazını dökme olarak taşımak için özel olarak tasarlanmıştır. Başka bir amaç taşımak için kullanılamazlar.

2.2.6 Meyve suyu tankerleri

Adından da anlaşılacağı gibi, bu tankerler özellikle meyve sularının taşınması için tasarlanmıştır. Genel olarak portakal suyu taşımacılığı yaparlar. Bu tankerler, suyu her zaman taze tutmalarına yardımcı olan soğutma, sıcaklık kontrolörü ve koruma tesislerine sahiptir.

2.3 Tankerlerin Gövde İnşasına Göre Sınıflandırılması

Tekne yapımına göre, tankerler 2 kategoriye ayrılabilir. Fakat IMO (Uluslararası denizcilik örgütü) almış olduğu kararlarla yeni inşa edilen 5000 DWT veya daha büyük olan tankerlerin çift gövdeye sahip olmasını zorunlu kılmıştır.

2.3.1 Tek cidarlı tankerler

Tek cidarlı tankerler su geçirmez olan sadece 1 dış katmana sahiptir ve bu katman geminin yapısı boyunca uzanır. Geminin bu inşası deniz çevresi için daha büyük bir tehlide sahiptir. Tek cidarlı tankerler, Çift cidarlı tankerlere kıyasla daha kararlıdır. Balast devrelerinin sızması gibi büyük bir sorun da bu tür gemilerde bir tehlike olarak kabul edilir, çünkü balast devreleri geminin kargo tanklarından geçtiğinden, yükün kirlenme olasılığı her zaman mevcuttur.

2.3.2 Çift cidarlı tankerler

Adından da anlaşılacağı gibi, çift cidarlı tankerler, teknenin uzunluğu boyunca uzanan çift katmanlı bir su geçirmez korumaya sahiptir. Bu katmanlar teknenin yan kısımlarından alt kısımlarına kadar olan bölgeyi kapsar. Burada, her iki katman arasındaki boşluk, gemilerin dengesini korumak için balast tankları olarak kullanılır. Çift cidarlı tankerler, herhangi bir çatışma durumunda deniz ortamına daha az tehdit oluştursalar ve daha sıkı dursalar da, bu gemiler tek gövdeli kadar kararlı dengeye

sahip değildirler. Bunun nedeni, ağırlık merkezini yüksekliğinin arttırması ve metasantr yüksekliğinin azaltmasıdır.

2.4 Tankerlerin Boyut Bazında Sınıflandırılması

2.4.1 Very large crude carrier (VLCC)

Bu gemiler 320.000 dwt büyüklüğüne kadar ulaşabilen gemilerdir. Boyları genellikle 300-330m arasında olur. Bazı boyutları süveyş kanalının genişletilmiş boyutuna uyum sağlayabilirler.

2.4.2 Ultra large crude carrier (ULCC)

Bu gemiler 320.000 dwt boyutunun üzerindeki gemilerdir. Şimdiye kadar yapılmış en büyük VLCC tankerinin ağırlığı 550.000 dwt'nin üzerindedir. Boyutlarının büyük olmasından dolayı çok fazla tercih edilmezler.

2.4.3 Panamax tankerler

Panama Kanalı'ndan geçebilen tankerlerin sınıflandırması Panamax olarak bilinir. Boyutları nedeniyle bu kategoride sınıflandırılmayan kargo tankerleri, Panama-sonrası tankerler olarak bilinir.

2.4.4 Aframax tankerler

Aframax kargo tankerleri, çoğunlukla Akdeniz, Çin Denizi ve Karadeniz'de kullanılan tanker gemileridir. Bu tankerlerin ölü ağırlık tonajı 80.000dwt ile 120.000 dwt arasındadır.

2.4.5 Suezmax tankerler

Panamax tankerleri, Panama Kanalı'ndan geçebilen gemiler için adlandırılmıştır. Aynı şekilde Suezmax gemileri'de Süveyş Kanalı'ndan geçebilecek şekilde tasarlanmış gemilerdir.

2.5 Kimyasal Tanker

Kimyasallar tarımdan karmaşık üretime kadar her şeyde yer alır ve üç ana gruba ayrılır. Organik kimyasallar, inorganik kimyasallar ve bitkisel yağ, dünyaya ilaç, deterjan,

böcek ilacı ve gübre, sentetik elyaf, kauçuk ve ambalaj malzemeleri gibi ürünler sunmaktadır.

Organik kimyasallar karbon içerir ve petrokimya olarak adlandırılır. Bu kimyasallar iki ana ürün grubuna ayrılır. İlk grup etilen, propilen ve bütadien içeren olefinlerdir. İkinci grub ise aromatik bileşiklerden oluşur. Organik kimyasallar plastik ve suni elyaf üretmek için kullanılır.

İnorganik kimyasallar karbon içermez ve diğer kimyasal elementlerin bir kombinasyonudur. En yaygın inorganik kimyasallar, gübre endüstrisinde kullanılan fosforik asitler ve sülfürik asit iken, alüminyum endüstrisinde kostik soda kullanılır. Bu kimyasallar birçok metal için çok aşındırıcıdır ve bu nedenle paslanmaz çelikten yapılmış tanklarda taşınır.

Bir diğer kimyasal olan hayvansal yağlar, hurma yağı ve soya fasulyesi yağı gibi bitkisel yağlar kimyasal tankerler tarafından taşınabilir.

Bu kimyasal ürünlere dünya genelinde artan talep, bu kimyasalları dünya çapında taşıyabilen özelliklere sahip kimyasal tankerlerin geliştirilmesine yol açmıştır. Kimyasal tankerler öncelikle organik ve inorganik kimyasalların yanı sıra bitkisel sıvı ve katı yağları da taşırlar. Bu tankerlerin toplam küresel kimyasal hacminin yılda yaklaşık 60 milyon ton olduğu, ayrıca 40 45 milyon ton bitkisel yağ, alkol, melas ve yağlama yağı olduğu tahmin edilmektedir (Url-6).

Kimyasal tanker gemileri, sıvı kimyasal yükleri ve bitkisel yağları taşımak için özel olarak tasarlanmış gemilerdir. Bu gemiler taşıdıkları yüklerin ayrı depolama prosedürleri ve özel elleçleme gerektirdiğinden, diğer tanker tiplerinden ayrı tutulurlar.

Kimyasal tanker gemileri ekonomik sebeplerden dolayı aynı gemide genel olarak 1000-6000 tonluk yükler halinde parsellenir. Bu nedenle büyük kimyasal tanker gemilerinde çok sayıda tank ve bu tanklardaki malların birbirine karışması önleyecek devre sistemleri vardır. Bu çok sayıda tank barındıran kimyasal tanker gemilerine 'Parsel Tanker' adı verilir.

Bu gemilerde taşınacak her yük için 'International Bulk Chemical Code'(Uluslararası kimyasal kod) kitabı esas alınarak taşıma gereklilikleri belirlenir. Uluslararası yönetmelikler, kullanılan geminin tasarımı, gemideki ekipman ve her bir kargo tipinin gereksinimlerine göre elleçleme prosedürleri hakkında katı kurallar getirmektedir.

Kimyasal tanker gemilerinde taşınacak yüklere sıvı kimyasal yüklere yanıcılık, toksisite, aşındırıcılık ve reaktivite düzeylerine bağlı olarak IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü) dereceleri verilir. Bu dereceler çok tehlikeli, tehlikeli ve daha az tehlikeli olarak 1,2 ve 3. Sınıf olarak belirlenmiştir. Tanker gemileri yük taşımaya elverişli olabilmesi için tank kaplaması ve tank kaplama materyalleri, gemi üzerinde kargo tankının lokasyonu gibi bazı teknik konularda sertifikalandırması yapılır.

Nadirde olsa tip-1 olan yüklerden bazıları deniz yüzeyinde serbest bırakılırsa biyolojik olarak parçalanmaz ve deniz organizmalar tarafından biriktirilir. Bu kimyasalların taşınması için onaylanan parsel tankları çift cidarlı olmalı ve geminin genişliğinin su hattında ölçülen gemi tarafından beşte birinden daha az olmamalıdır. Kimyasal yüklerin özellikle tehlikeli olduğu göz önüne alındığında, kimyasal tankerlerin tankları; fenolik epoksi, çinko boya veya marine line; veya paslanmaz çelikten yapılmış veya kaplanmış olmalıdır.

Kaplama veya tank malzemesi yine geminin taşıyabileceği yükün türünü belirler. Fosfor veya asetik asit gibi daha zorlu yükler paslanmaz çelik tanklar veya marineline kaplaması gerektirir, fosforik asit gibi aşındırıcı asitler genellikle sadece paslanmaz çelikte sınırlanırken, daha kolay yüklerden olan bitkisel yağlar veya etanol epoksi kaplı tanklarda kolaylıkla taşınabilir.

Bitkisel yağlar genellikle IMO II sertifikası gerektirir, ancak epoksi kaplama yeterlidir ve çok sayıda gemi, parsel boyutlarının da genellikle oldukça büyük olduğu bu işlemler için özel olarak tasarlanmıştır. Temiz ürünlerle ilk yük taşımacılığı yapmak mümkündür. Yeni inşa edilen IMO II MR tankerleri, bitkisel yağları ilk kargoları olarak da taşıyabilir. Bu yapılan taşıma işlemi sadece korozyona karşı koruma sağlamakla kalmaz, aynı zamanda tankların kolay temizlenmesine ve kokusunun giderilmesine de izin verir.

Diğer taraftan kargo saflığını sağlamak için önceki yüklerin emilim riski yoktur. Marineline kaplama, potansiyel olarak daha düşük bir maliyetle paslanmaz çelik özelliklerinin çoğuna sahiptir. Özellikle sert ve kaygan olan bu kaplamanın yüksek standartlarda temizlenmesi çok kolaydır. Son yıllarda yapılan gemilerde kaplama için popüler bir seçenektir, ancak uzun bir geçmişe sahip olmamasına nispeten yeni bir teknoloji olmaya devam etmektedir.

Epoksi kaplamalar hakkında genel kurallar; epoksi kaplamalar alkalilere, deniz suyuna, şarap, bitkisel yağlara, ham yağlara, gaz yağlarına, madeni yağlara, jet yakıtlarına, benzine ve ayrıca zayıf asitlere (bitkisel yağlardaki serbest yağ asitlerinde olduğu gibi) karşı iyi bir dirence sahiptir. Fakat bu asit değeri 20-40ppm arasında olmalıdır). Epoksi kaplamalar, aromatik hidrokarbonlara (benzen, toluen gibi "çözücüler"), bazı alkollere, ketonlara (aseton) ve bazı esterlere karşı sınırlı dirence sahiptir. Fakat bazen güçlü asitlere karşı dirençli olarak belirtilir.

İstisnalara bağlı kalmadan epoksi kaplamanın aşındırıcı sıvılar için uygun olmadığını söyleyebiliriz.

Çinko silikat kaplamalar (Zinc silicate coatings) , özellikle inorganik olanlar, güçlü çözücülere karşı çok dirençlidir ve normalde epoksilerden daha yüksek sıcaklıklara tolerans gösterir. Bu ürünler arasında aromatik hidrokarbonlar (benzen, ksilen vb.), Alkoller ve ketonlar bulunur.

Çinko silikat kaplamalar bazı durumlarda çinkonun yük ile karışmasına sebep olabilir. Bu nedenle bu kaplama çeşiti canlılar tarafından tüketilen yenilebilir yağlar için uygun değildir, çünkü taşıma sırasında serbest yağ asitlerinin içeriği artabilir. Bunun yanında jet yakıtları, kontaminasyon olarak kabul edilen ölçüde tank kaplamasından çinko toplayabilir. Çinko silikatlar asitlere veya alkalilere karşı dirençli değildir. Kostik adıyla bilinen alkali tank temizleme maddeleri asla çinko silikat kaplı tanklarda kullanılmamalıdır. Bu temizlik maddeleri bir defaya mahsus olmak üzere kullanılsa bile önemli hasarlara neden olabilir. Çinko silikatlar, alkali katkı maddeleri içermedikçe "çözücü temizleyiciler (solvent cleaners)" ve "emülsiyonlaştırıcılar (emulsifiers)" gibi diğer temizleme maddelerine karşı iyi bir şekilde direnç gösterirler.

Tankın temizlenmesi, yükün boşaltılmasından sonra da son derece önemlidir, çünkü tüm kargo kalıntılarından düzgün bir şekilde temizlenmeyen tanklar, yüklenen bir sonraki yükün saflığını olumsuz etkileyebilir. Tankerler, bazı işlemlerde sorun olabilecek olası kontaminasyonu önlemek için "son kargo (last cargo)" kurallarına uymak zorundadır.

Bir kimyasal tanker ve bir product tanker arasındaki fark, tank kaplama ve IMO sınıfı sınıflandırmasının tanımlarının ötesinde kolayca anlaşılamaz. Paslanmaz çelik tanklı ve IMO II sertifikasına sahip olan bir gemi yüksek gereksinimli yükleri taşımak için tüm gerekliliklere sahiptir. Çünkü bu istihdamda çok daha yüksek prim kazanabilir.

Fakat daha düşük özelliklere sahip olan gemiler, benzin gibi ana petrol ürünleri ticareti ile bazı daha kolay 'kimyasal' işlemler arasında potansiyel olarak geçiş yapabilir.

Öncelikle geleneksel ürün ticaretlerinde kullanılma niyetiyle sipariş edilen birçok tanker, onları IMO III veya IMO II seviyesi yapan daha yüksek bir özelliklere göre inşa edilmiştir. Genel olarak, IMO I ve IMO II sınıfı tankerlere en uygun kimyasal tankerler denirken, çoğu IMO III gemisi daha sık ürün tankerleri olarak tanımlanır.





3. KİMYASAL TANKERLERİN TARİHÇESİ

Kimyasal tanker uzun bir geçmişe sahip değildir. Kimyasal tankerlerin tarihi yaklaşık 60 yıl öncesine dayanır. İkinci Dünya Savaşı'nı takip eden yıllarda ABD Körfez Kıyısı boyunca bir takım kimya endüstrileri ortaya çıkmaya başlamıştı. Bu yeni kurulan endüstriler kimyasal hammadde sağlamak için Teksas petrol ve gaz sahalarına ve Louisiana sülfür madenlerine ihtiyaç duyuyorlardı. İlk üretim hacimleri küçüktü, böylece Atlantik kıyısındaki tüketicilere varillerde, portatif tanklarda ve demiryolu tank arabalarında sevkiyat yapılması yeterli oldu. 1950 yılları boyunca kimyasallara olan talep hızla arttı ve daha kullanışlı olup daha fazla destek sağlayabilen ulaşım araçlarına ihtiyaç duyuldu. Bu yükler ilk başlarda kuru yük gemisinin tanklarında mevcut taşıma yöntemleriyle desteklenebilirdi, ancak büyük parsellerde gönderilmesi gereken tehlikeli yeni kimyasalların ortaya çıkması, yeni bir gemi tipinin gerekli olduğunu açıkça gösterdi.

İlk kimyasal tankerler, savaş yapımı olan T2 petrol tankerlerinin kimyasal tankerlerde dönüştürülmesiyle meydana geldi. Kargo yüklerinin ayırımının önemini fark ederek, bu dönüşümlerin ilk zamanlarındaki tank düzenleri, birkaç tehlikeli ve uyumsuz yükün aynı anda taşınmasını sağladı. Bu gemilerden ilki 9.073 GT büyüklüğünde olan R. Wilson, Union Carbide ve Carbon Corp.'a geçmesi için dönüştürüldü. 1948'de, bu gemiye o zamanlar bu tür gemiler için benzersiz olan çift cidarlı dip yapısı ve derin kuyu pompaları (deepwell pumps) takıldı. Bu geminin merkez tankları dokuz farklı kimyasal yükün taşınmasını sağladı, örnek olarak gazyağı gibi orta yoğunluktaki petrol ürünleri bu tanklarında taşınabildi. Gemi Ocak 1949'da hizmete girdi ve Gulf Coast limanlarından New York'a düzenli olarak sefer yaptı. 1971 yılında ise hurdaya çıkarıldı.

Hollanda'da, Broere kardeşler sadece 400 dwt'lik ilk kimyasal tankerlerini Ekim 1949'da Kuzey Denizi limanlarına düzenlenen seferlerde ABD kargoları teslim ederek hizmete soktular. Bu gemiyi 1954'te 2.880 dwt Elizabeth Broere izledi. Fakat bu küçük gemiler, daha büyük kimyasal gemilere dönüştürülmüş petrol tankerlerinin sunabileceği hizmetlere karşı rekabet edemediler.

Kimyasal tanker ticareti, dönüştürülmüş kargo gemilerinin ve petrol tankerlerinin tanıtılmasıyla meydana geldi. Bu ticaretin özünde, çok sayıda sıvı kimyasalın veya parselin çeşitli nakliyecilerinin, daha büyük tanker operasyonu ve hizmet düzenliliği üzerindeki devanlığı ve memnuniyeti sağlamaktı. Parseller her biri birkaç yüz ila birkaç bin ton arasında olabiliyordu; bu çok sayıda üründen herhangi biri olabilir veya belirlenmiş bir rota boyunca birkaç limanın herhangi birine yüklenebilir veya boşaltılabilirdi.

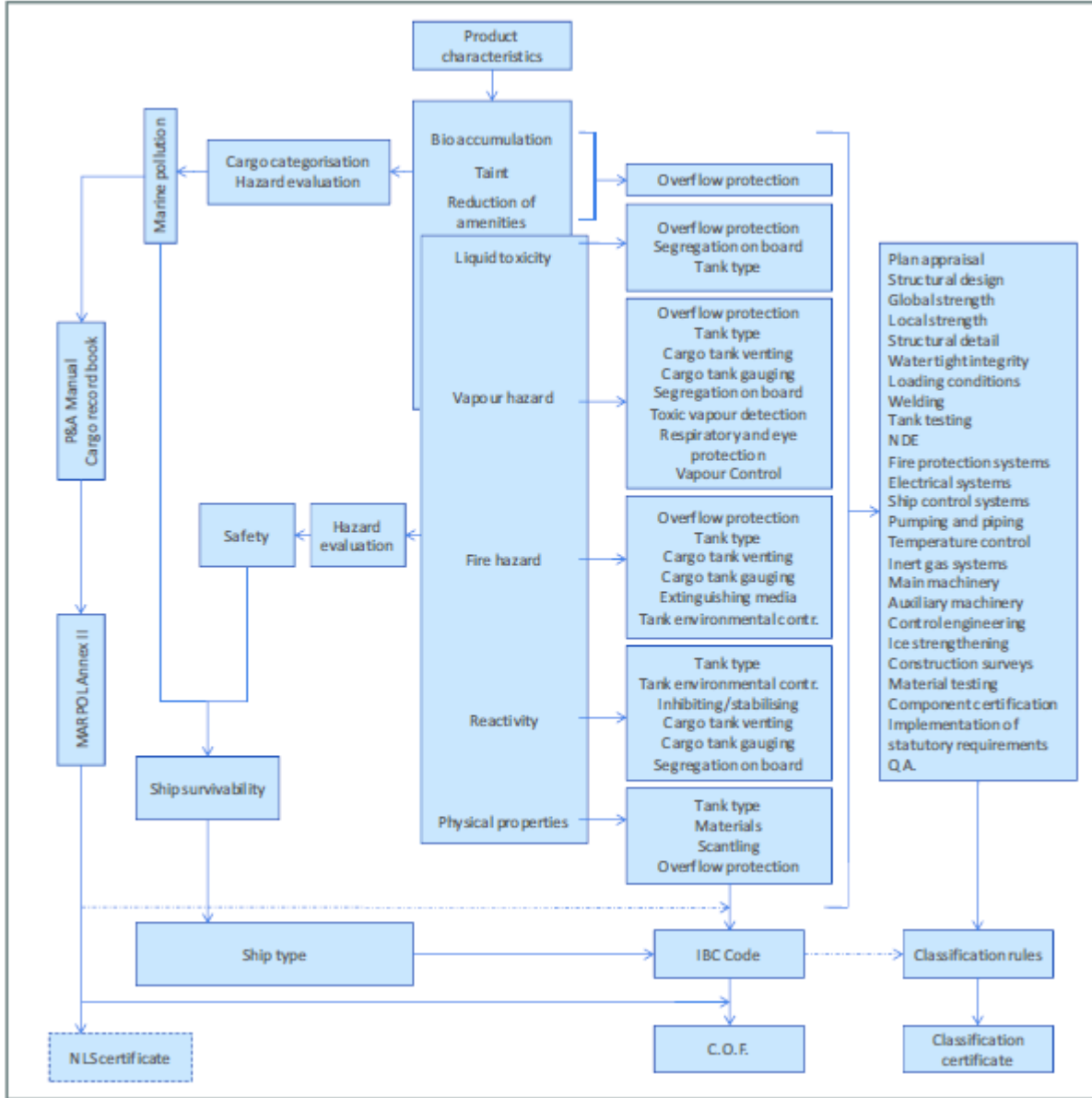
Savaş zamanında T2 tankeri ve C4 kargo gemileri kimyasal tankerlere dönüşmenin tetikleyicisi olmuştur. 1957'de Süveyş Kanalı'nın kapanmasına yol açan başka bir bölgesel savaştan dolayı ise bu dönüşümlere yeni bir ivme geldi. O zamanın petrol ürünleri tankerleri, Cape Good Hope etrafında ticaret yapabilmek için daha iyi ekonomilere sahip olan daha büyük ve daha yeni gemiler tarafından rekabetsiz hale getirildi. Bu gereksiz tonajın sahipleri, yerleşimden kaçınmak ve istihdam sağlamak için dönüşümlere yatırım yapmaya istekliydiler. Tankerlerin dönüşümü genellikle daha küçük tanklar sağlamak için birkaç bölme ekleyerek, bazı tankları çinko silikatla kaplayarak, ayırma sağlamak için ek pompalar ve devre hatları kurarak ve gerekirse bu pompa dairesine ikinci bir pompa daireside eklenerek yapıldı. O zaman, günlük işletme maliyetleri düşüktü. Örnek verecek olursak 12-18.000 dwt'lik bir parsel tankeri için 2.000 ABD Doları ile 3.000 ABD Doları arasında bir ücret talep ediliyordu. Bu, zor ve tehlikeli ürünlerin verimli kullanımı ile birlikte, parsel tanker ticaretine ilk takviyesini verdi. Bu ticarete 1960'ların başlarındaki muhtemel oranlar 8-10 US \$ / ton ABD Körfezi-Rotterdam ve 14-18 US \$ / ton ABD Körfezi-Japonya seferleridir. Dünya çapında parsel tankeri hizmetleri tarafından sağlanan yapay olarak düşük oranların, dünyadaki kimya endüstrisinin büyümesi üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir.

İlk amaca yönelik parsel tankerleri 1960'ların başında ortaya çıktığında, gemi inşaat fiyatları hala nispeten düşüktü. Bu gemiler, ilk tankerlerin tüm özelliklerini ve birkaçını daha içeriyordu. Gemiye 40 taneden fazla tanka sahip olabilmesi için daha fazla perdeler dahil edildi. Kaplamaların yanı sıra, birçok gemiye paslanmaz çelik tanklar takıldı, bu da aşındırıcı yükleri veya yüksek derecede ürün saflığı gerektiren yükleri taşımalarını sağladı. Diğer özellikler arasında ısıtma bobinleri veya kanalları ve gelişmiş güvenlik, alarm ve inert gaz sistemleri bulunmaktadır. Sonuç olarak, kimyasal

tankerlerin yeni inşaat fiyatları ve işletme maliyetleri bu geişmeler sonucunda hızla arttı.

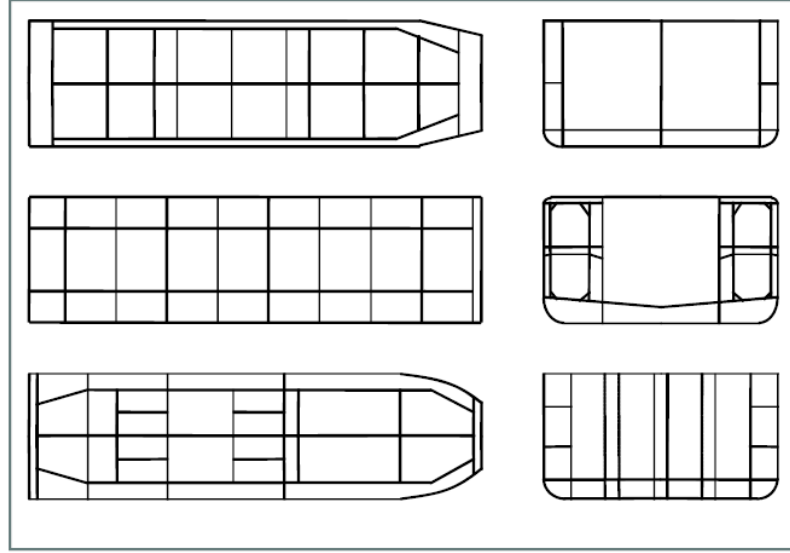
şekil 3.1’de, kimyasal tankerlerin karmaşık dñyasını özetlemektedir. Kimyasal bir tanker tasarımı, kimyasal kargo muhafazası gerekliliklerine göre belirlenir. Kimyasallar temelde tehlikeli yükler olduğundan, ana tehlikeleri ele almak için katı uluslararası düzenlemeler geliştirilmiştir. Bu kurallardan başlıcaları yangın tehlikesi, sağık tehlikesi, su kirliliğı tehlikesi, hava kirliliğı tehlikesi, reaktivite tehlikesi ve deniz kirliliğı tehlikesi olarak bilinir.

Günümüzde SOLAS kurallarının bir parçası olarak bilinen Tehlikeli Kimyasal yük Taşınmasında Uluslararası Kod yada IBC kod, gemi yönetimi ve gemi inşaası için önemli kurallar içermektedir. Bir diğeri önemli düzenleme kaynağı, Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğın Önlenmesi Uluslararası MARPOL Sözleşmesi’dir.



Şekil 3.1 : Kimyasal kargo özelliklerinin gemi tasarımına etkisi (Wijnolst ve Wergeland, 2009).

IBC Kodu tanker gemileri arasında üç temel Gemi Tipi (1, 2 ve 3) arasında ayırım yapar. Üç türün en önemli özelliği, gemilerin herhangi bir şekilde aldıkları hasar miktarlarında hayatta kalması ve yükün sonuçta salınmasını önleme veya sınırlama yeteneğidir. Tip 1 gemide taşınması gereken maddeler, serbest bırakıldıklarında çok ciddi çevresel ve güvenlik etkilerine sahip olacak maddelerdir. Benzer özelliklere sahip olan, ancak Tip 1 gemiye uygun olandan daha az zarara yol açabilmeye sahip bir madde, Tip 2 gemide taşınabilir. Tip 3 gemisi ise, Kod kapsamındaki en az tehlikeli maddeler için tasarlanmıştır. Her kimyasal, üç gemi tipinden birine atanır. Şekil 3.2’de, üç gemi tipi için kimyasal tank düzenlemelerinin örneklerini göstermektedir.



Şekil 3.2 : Kimyasal tank yapısı (Wijnolst ve Wergeland, 2009).

Gemi Tip 1'in yük için kullanılacak tankları, hangi tank daha küçük, geminin yan tarafında ve en az Geminin Genişliği / 15 veya 6 metreden daha az kalıplı alt çizginin üzerinde olduğu en az Geminin Genişliği / 5 veya 11,5 metre hizasında konumlandırılmalıdır. Gemi Tip 2 muhafazası için, tankın alt konum gereksinimi Tip-1 ile aynıdır, ancak kargo tankının yan sınırlarının, geminin yan tarafından en az 760 mm aralıklı olması gerekir. Bu sınırlı yan koruma derecesi, küçük veya düşük enerji çarpışmalarından kaynaklanan kargo kaybını önlemeye yöneliktir. Gemi Tipi 3 kargo tankları için, geminin kabuğunun kaplamasına bitişik olarak taşınabilir. Çoğu kimyasal tanker, kaçak oluşması durumunda çift fiziksel bir bariyer sağlamak için takılan ön ve arka kargo tanklarında tam bir sandığa sahiptir.

Kimyasal tankerlerin genel yerleşimini belirlemeye ek olarak, IBC Kodu ve Sınıflandırma Kuralları kabul edilebilir kargo tankı türleri hakkında rehberlik sağlar. Entegre ve bağımsız tanklar olmak üzere iki temel tanka izin verilir. Entegre bir tank, geminin gövde yapısının gücüne doğrudan katkıda bulunan bir tanktır. Bağımsız bir tank ise, gövde yapısından tamamen ayrıdır ve geminin gücüne katkıda bulunmaz veya gövdeye deniz yoluyla yüklenen yükleri gemiyle paylaşmaz.

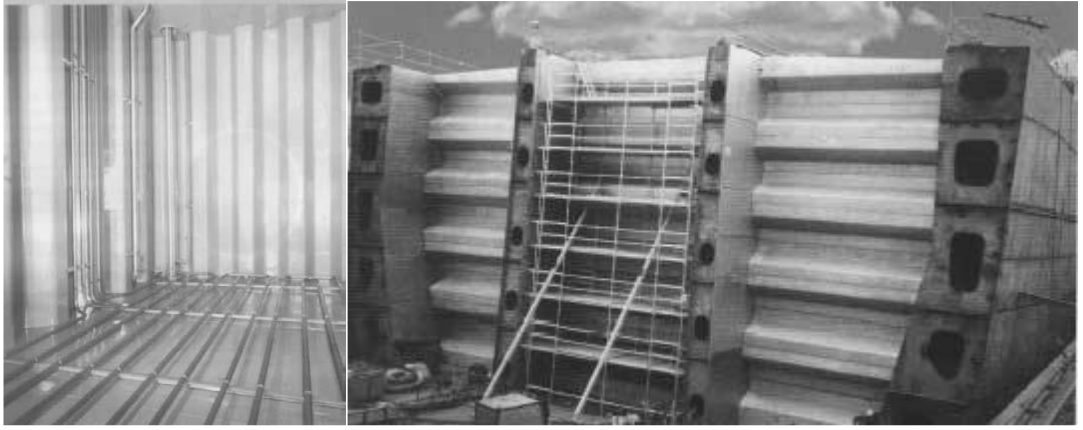
Bağımsız tanklar genel olarak, 0,7 bar göstergeyi aşan bir iç basınca dayanacak şekilde tasarlanmıştır ve bunlar ayrıca basınç tanklarıdır. Tasarım basıncı 0,7 bar ölçeri aşmayan tanklar, gravity tanklar olarak adlandırılır ve entegre veya bağımsız tipte olabilirler.

Kimyasal tankerin tasarımı ve işletilmesi önemli ölçüde bazı anlaşmalardan etkilenmiştir. Bu anlaşmalardan bazıları; the US Oil Pollution Act (OPA) 1990, US Clean Air ACT 1990, US Port and Safety Tankers Act, IMO's Marine Pollution (MARPOL) anlaşması ve the chemical industry initiative Enhanced Safety through ICE (1993). Bu katı düzenlemeler, kimyasal tanker sahiplerinin hızlı bir gelişim göstermesini engellemiş, aynı zamanda standart altı nakliyyeyi neredeyse ortadan kaldırmıştır. Şekil 3.3, modern bir 37.500 dwt kimyasal tankeri göstermektedir.



Şekil 3.3 : Modern kimyasal tanker (Url-7).

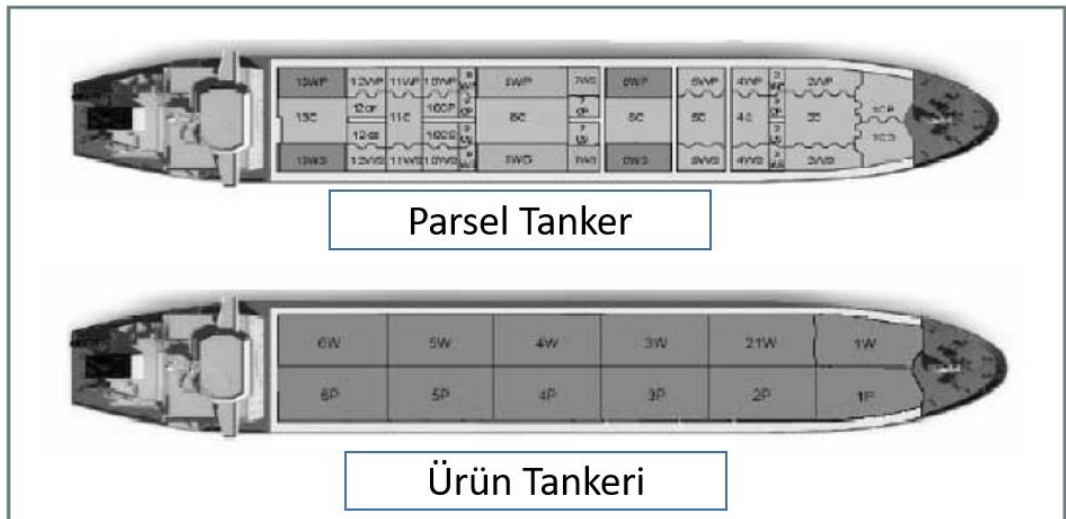
Şekil 3.4, paslanmaz çelik bir tankın, submersed pompanın ve ısıtma devrelerinin (heating coil) içini gösterir. Bir kimyasal parsel tankeri neredeyse 50.000 dwt ve yaklaşık 50'den fazla tanka sahip bir yapıdır. Bununla birlikte, bu boyutların ötesine geçen kimyasal ürün tankerleri de vardır. Bugüne kadarki en büyük kimyasal ürün tankeri, Şekil 3.5'te gösterildiği üzere 100.000 dwt'nin üzerindeki the Millennium Explorer gemisidir. Bu gemiler metanol gibi kolay kimyasalları büyük miktarlarda taşımak için kullanılır. Şekil 3.6, kimyasal parsel ile ürün tankeri arasındaki farkı göstermektedir.



Şekil 3.4 : Paslanmaz çelik kaplı tank (Wijnolst ve Wergeland, 2009).



Şekil 3.5 : Millennium explorer gemisi (Wijnolst ve Wergeland, 2009).



Şekil 3.6 : Parsel tanker ve ürün tanker arasındaki fark (Wijnolst ve Wergeland, 2009).

Kimyasal tankerler karmaşık yapıya sahip olan ve genel itibari ile pahalı olan gemilerdir. Bu gemiler ile taşınacak kimyasalların yüklenmesi veya tahliye edilmesi için özel terminallere ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 3.7'deki gibi bazı terminaller, her türlü yükü ve her türlü gemiyi (deepsea, shortsea, iç mavnalar), demiryolu tank arabalarını, tanker kamyonlarını ve boru hatlarını işleyebilen genel kullanıcı terminalleridir. Gemiler ve terminaller kullanım amacı gereği kısa sürede yüklenip boşaltılacak şekilde tasarlanmıştır.

Kimyasal tankerlerin artan teknolojik karmaşıklığına rağmen, yıllar içinde büyük bir sorun olan limanda geçirilen sürenin çok uzun olması üzerine çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. 1990'lı yılların başlarında büyük bir kimyasal tanker sahibi ve işletmecisi ile yapılan çalışmalar, armatörün tüm kimyasal tanker filosunun yaklaşık yüzde 40'lık bir liman zamanıyla karşı karşıya olduğunu göstermiştir. Bu yüzdelik rakam, yılda 30 geminin limanda 4320 gün gibi bir süre geçirdiği anlamına gelmektedir. Bu gemilerin günlük kiralama bedelleri göz önünde bulundurulduğunda, limanda geçen zamanın çok büyük bir maddi kayba yol açtığı görülmektedir. Kimyasal bir tanker, sadece denizde yük taşıırken sahibine para kazandığından, tanker şirketleri bu soruna bir çözüm bulma yoluna gittiler.



Şekil 3.7 : Kimyasal üretim terminali (Url-7).

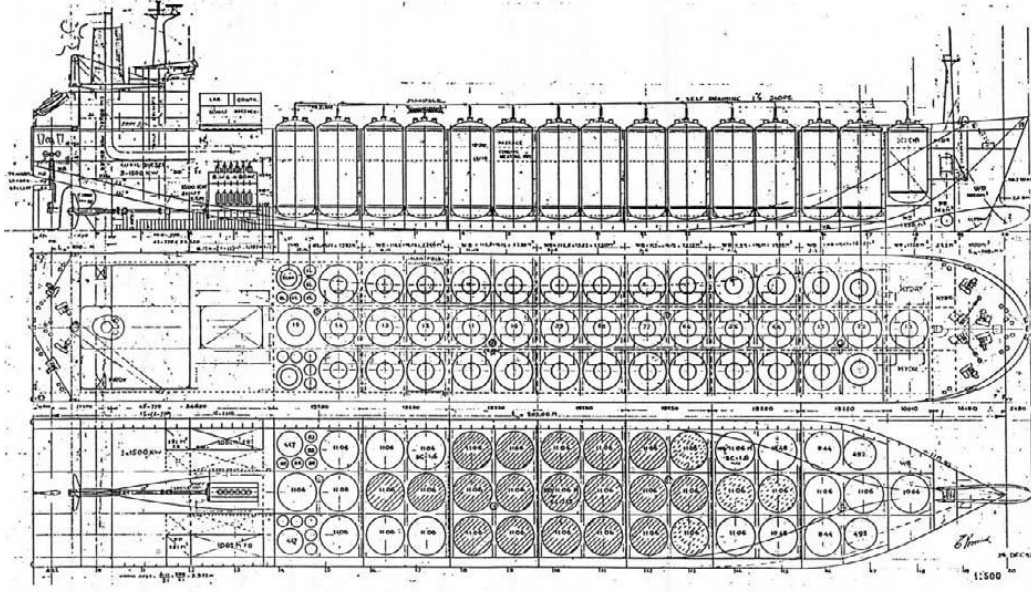
Yapılan bir çalışmada, dünyanın en yoğun kimyasal limanlarından biri olan Rotterdam'daki kimyasal tankerlerin liman çağrılarını ayrıntılı olarak analiz edildi. Liman çağrısının simülasyonuna dayanarak, operasyonel iyileştirme için bir dizi alan

tanımlandı. Fakat on yıl sonra yapılan benzer çalışmalar, alınan tüm önlemlere rağmen liman zamanlarının düşmediğini doğruladı. Bu sorunu çözmek için kurumlar yenilik yapma yoluna gittiler. Kimyasal tankerin temel tasarımı üzerinde değişiklik yapmak bu seçeneklerden biriydi. Bir kimyasal tankerin tanklarını temizleme ve atık su (kanallar) miktarını azaltma limanda geçirdiği süresini azaltır. İçinde ısıtma devreleri bulunan mevcut tankların, tank yıkama makineleriyle temizlenmesi genellikle zordur. Bu sorunu çözenin temel bir yolu, bir silindir tankı tipi geliştirmektir. 1990'lı yılların başlarında büyük bir armatör için ilk defa bir tanker tasarımı Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

Kimyasal tanker operatörleri için yine bir başka zorluk, bir tanker gemisi yüklemesini yükleme işlemine getirilen operasyonel kısıtlamalar altında ve uyumsuz yükler (sıcak ve soğuk) birbirine bitişik şekilde yüklemesini yapmak zorunda kalmalarıydı. Bu karmaşık görevde ticari departmana yardımcı olmak için tüm kısıtlamaların optimizasyon algoritmalarıyla ilgili olduğu bir karar destek modeli geliştirilmiştir.

Bu yapılması gerekli olan yeniliği bir başka tetikleyici, sürekli değişen düzenleyici rejimlerdir. Bunun AB düzeyinde yeni kimyasal sınıflandırmalarla (REACH) veya IMO içinde kimyasal madde taşımacılığının sınıflandırılmasındaki değişikliklerle ilgili olması gerekebilir. Buna bir örnek verecek olursak, yakın zamana kadar düşük riskli kimyasallar olarak kabul edilen, ancak şimdi daha yüksek dereceli tankerlerde gönderilmesi gereken normal bir kimyasal haline gelen bazı sebze yağlarının sınıflandırılmasındaki değişikliktir. Sıvı kimyasallar kategorisine ait deniz yoluyla yapılan yük ticareti aşağıdaki ana ürün gruplarından oluşur:

- Organikler
- İnorganikler
- Bitkisel yağlar
- Hayvansal yağlar
- Diğer yükler



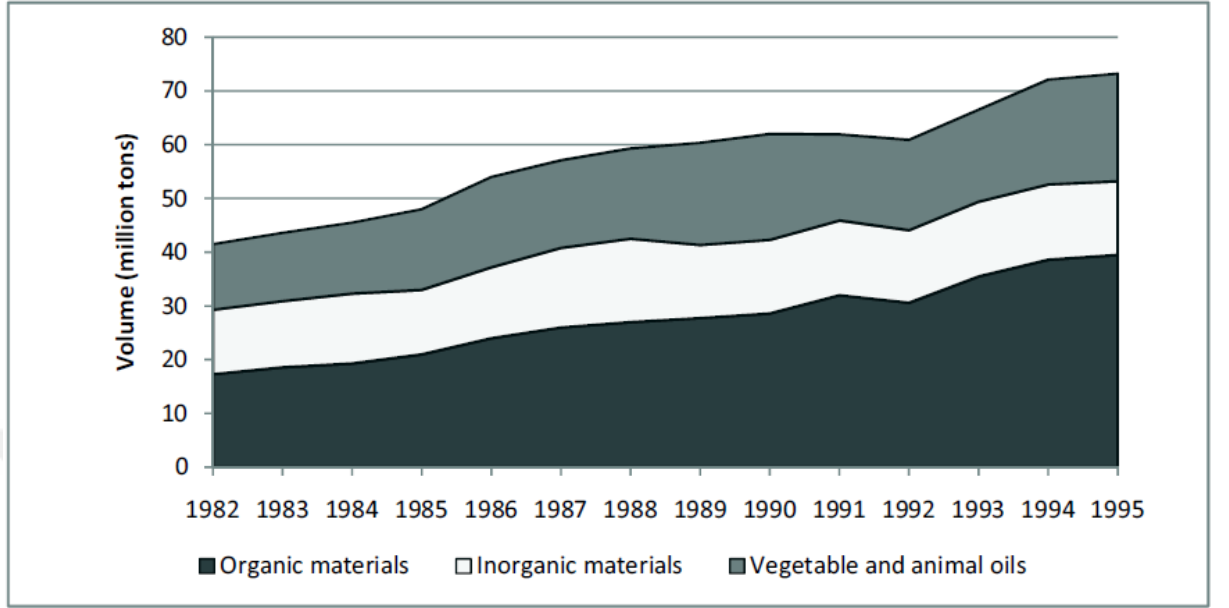
Şekil 3.8 : Silindir tanker (Url-7).

1994 yılında tanker ticaretindeki bu grupların deniz ticaret hacmi 89 milyon tonu buldu. Şekil 3.9, en önemli ürün grupları için 1982-1994 dönemi boyunca deniz ticaretinin gelişimini göstermektedir. Bu diyagramlardan, kimyasal tankerlere olan talepte % 66'lık bir hacim artışı olduğu görülmektedir. Büyüme oranları yıldan yıla % 10 ile % -1 arasında dalgalandı. Şekil 3.10, 1994 yılında her bir ürün grubunun ve ürünün işlem gören miktarlarına genel bir bakış sunmaktadır.

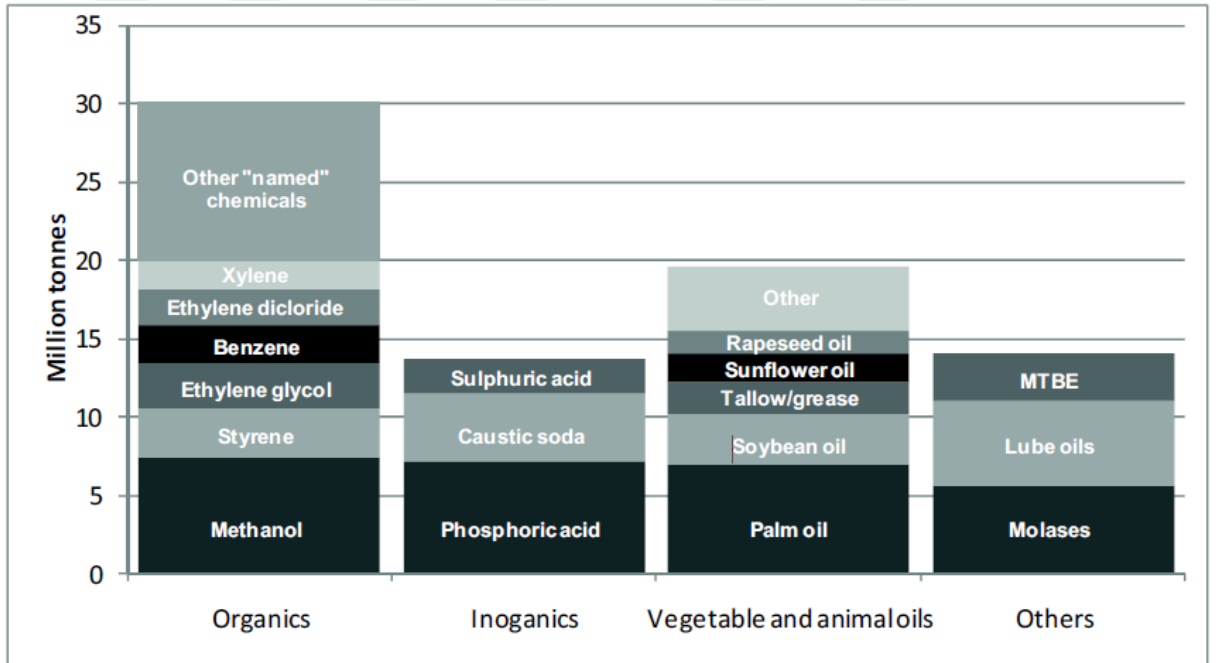
Organik kimyasallar deniz ticaretinin en büyük hacmini oluşturmaktadır. Bu hacim 1994 yılında 30 milyon ton olarak belirlenmiştir. En büyük altı kimyasal yük birlikte yaklaşık 20 milyon ton kapasiteye sahiptir. Ayrıca, makul miktarlarda toplu olarak taşınan 30-40 ana organik kimyasal vardır. Bunun ötesinde, miktarlar nispeten küçük olmasına rağmen, deniz yoluyla toplu olarak taşınan başka bir 3000 organik kimyasal daha vardır. İnorganik kimyasallar temel olarak: 1994 yılında toplam 14 milyon ton olan fosforik asit, kostik soda ve sülfürik asittir. Diğer kimyasallar kategorisinde en büyük paya sahip olan, şeker rafine etme işleminin bir yan ürünü olan pekmezdir.

Bitkisel yağlar ve hayvansal yağlar, deniz yoluyla taşınan kimyasallar ticaretinde ikinci en büyük segmenti oluşturmaktadır. Bu miktar ise 1994'te yaklaşık 20 milyon ton olarak belirlenmiştir. 1994 yılında dünyadaki 77 milyon bitkisel yağ üretiminin % 33'ü dünya çapında işlem görmektedir. Bu segmentteki en büyük pazar hurma yağıdır. 1994 yılında toplam deniz ticareti 10.3 milyon tondur. 2006 yılında bu kimyasal

grubun hacmi 20 milyondan 60 milyon tona çıkmış olarak belirlenmiştir. Şekil 3.11, pazara göre dağılımı gösterilmektedir. Bu istisnai büyüme oranının arkasındaki nedenlerden biri, biyoyakıt üretimi için bitkisel yağ kullanımının artmasıdır.



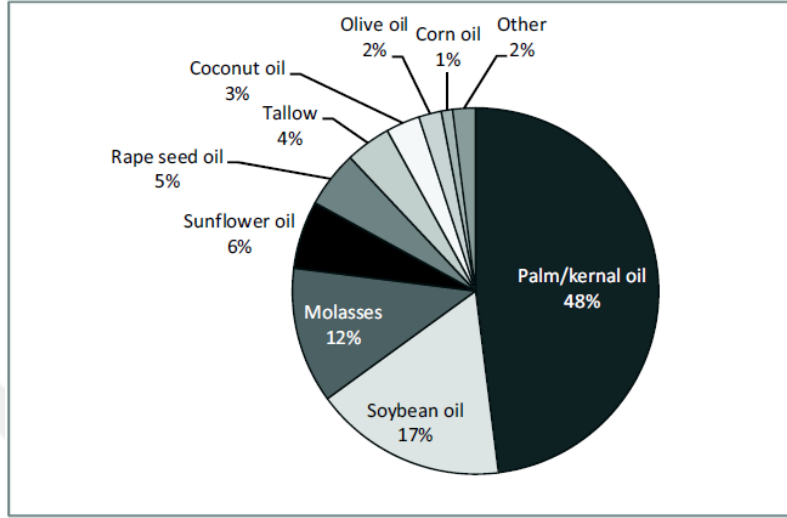
Şekil 3.9 : Deniz yoluyla kimyasal madde ticaretinin gelişimi 1982-1994 (Wijnolst ve Wergeland, 2009).



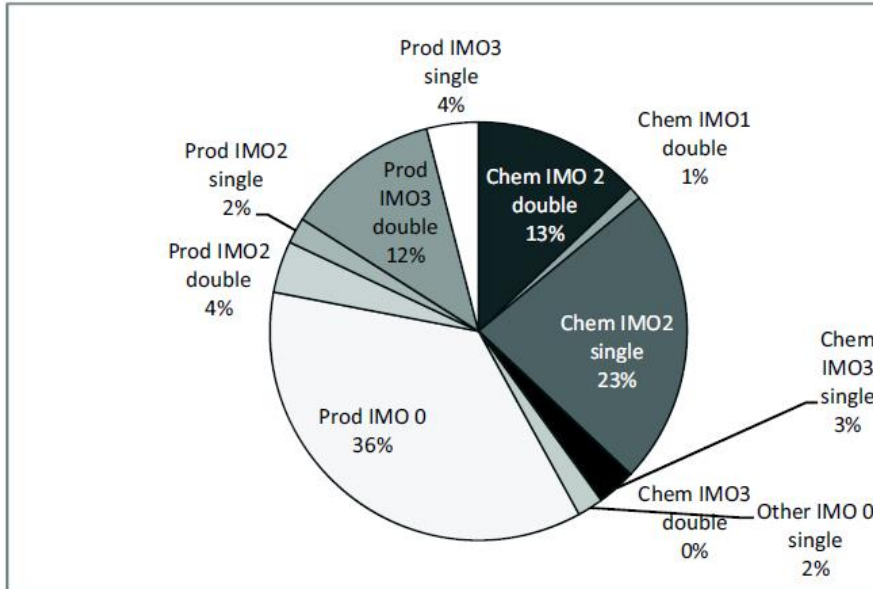
Şekil 3.10 : Kimyasal ile deniz ticareti bileşimi (Wijnolst ve Wergeland, 2009).

Broker olarak görev yapan Braemer Seascope, Şekil 3.12'de gösterildiği gibi, gemilerde bitkisel yağların taşınmasına ilişkin düzenlemedeki değişikliğin gelecekteki

etkisini analiz etti. Bu şema, mevcut işlemlerin kullanılan tanker türüne göre dökümünü vermektedir. Sonuç olarak şemadan da anlaşılacağı üzere filo kapasitesinin yaklaşık yüzde 70'inin daha yüksek standartlara yükseltilmesi gerektirir. Bu, bir dizi yeni inşayı tetikleyecek ve elbette inovasyon için fırsatlar yaratacaktır.



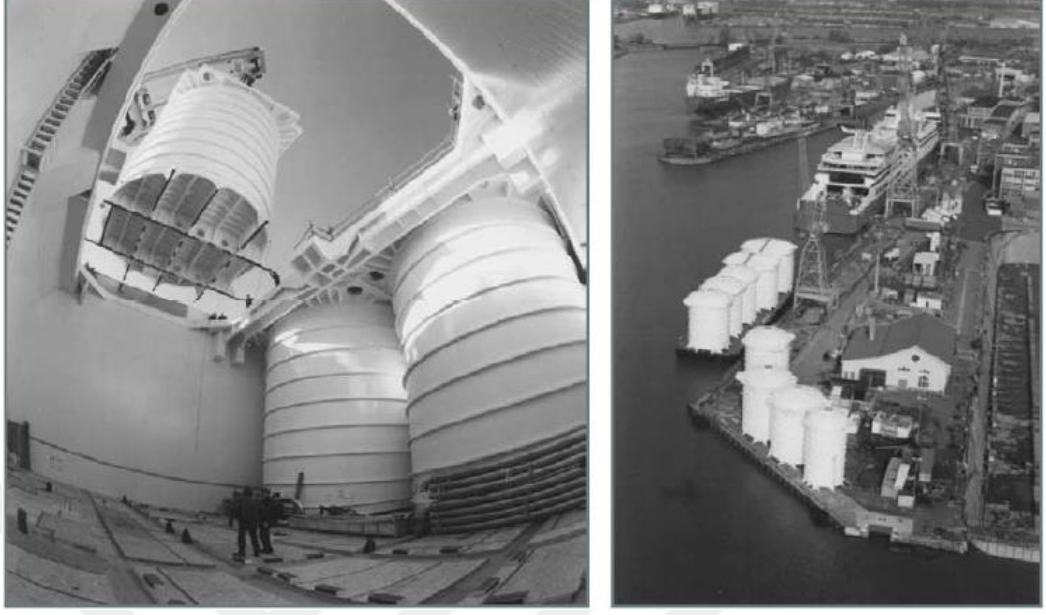
Şekil 3.11 : Yemeklik yağlar (Wijnolst ve Wergeland, 2009).



Şekil 3.12 : Bitkisel yağ ticareti - gemi türleri (Wijnolst ve Wergeland, 2009).

Sıvı dökme ticaret içindeki bir diğer pazar ise soğutulması gereken meyve sularının taşınmasıdır. Bu kolay bir kimyasal olduğundan, bazı yenilikçi armatörler eski dökme yük gemilerini, Şekil 3.13'de görüldüğü üzere modern meyve suyu tankerlerine dönüştürdüler. Bu gemileri büyük boyuttaki paslanmaz çelik tankları gemilerin ambarlarına monte ederek oluşturdular. Bu şekilde eski bir dökme yük gemisini iş

görür bir hale getirerek sahibi için diğer meyve suyu taşıyıcılarıyla rekabet edebilecek büyük bir yarı kimyasal tankeri olmasını sağladılar.



Şekil 3.13 : Dönüştürülmüş meyve suyu tankeri (Wijnolst ve Wergeland, 2009).



4. KAPLAMALAR

Kimyasal tankerler, ham petrol ve önemli soğutma veya basınçlı tankları gerektiren yükler haricindeki kargolara hizmet etmek amacıyla yapılır. Kimyasal tankerler sadece kimyasal ürünleri değil, bitkisel yağlar, pekmez, şarap, hayvansal yağlar, çözücüler ve bazı temiz petrol ürünleri ve yağlayıcılar gibi ürünleri de taşır. Ek olarak kimyasal tankerler fosforik asit, sülfürik asit ve kostik soda gibi inorganik maddeleri taşıyabilir. Kimyasal tanker, kargonun karmaşıklığı ve özelliğinden dolayı çok özel bir gemi türüdür. Kimyasal tankerler sülfürik asit, kostik soda, asetik asit ve saf nafta gibi son derece aşındırıcı kargolar taşıyabilir. Bu nedenle, daha çok kargo tanklarına ve kargonun bütünlüğünü ve saflığını sağlama yeteneklerine büyük önem verilmektedir. Kimyasal tanker sahipleri genellikle yeni yapı kimyasalları tankerlerine büyük miktarlarda yatırım yaparlar. Genel olarak paslanmaz çelik, aşındırıcı olmadığı ve temizlenmesi kolay olduğu için ideal yapı malzemesi olarak kabul edilir.

Ancak APC MarineLine'in ilk uygulama maliyeti paslanmaz çelik maliyetinin dörtte biri kadardır, bu nedenle APC MarineLine, kimyasal tankerlerinin inşası öncesinde Türk kimyasal tanker firmaları tarafından kargo tank kaplama tipi olarak kararlaştırılmıştır (Solmaz ve diğ, 2020).

Kargo tank kaplamaları temel olarak dört gruba ayrılabilir:

- İnorganik kaplama; çinko silikatlar ve etil silikat türleri
- Organik kaplamalar;
- Epoksi ve geliştirilmiş epoksi sistemleri
- Gelişmiş polimer kaplama (MarineLine 784)
- Paslanmaz çelik kaplama

Son 30 yılda, deniz ticaretinde tank kaplama hizmeti için çeşitli kaplama türleri kullanılmıştır. Bazı kaplama malzemelerinin kullanımı durdurulmuş ve yeni, daha

güvenilir ve esnek kaplama malzemeleri geliştirilmiştir. Günümüzün tipik kaplamaları şu şekilde kategorize edilebilir:

- Epoksi
- Çinko Silikat
- Paslanmaz çelik
- MarineLine

4.1 Epoksi

Epoksi kargo tank kaplamaları, hızlı kürleşmek için katalizör maddeler içerir ve bu katalizör maddeler hacimce %75-90 oranındadır. Kimyasal direnci sınırlıdır ve ilk uygulamaları iki veya üç katmandan oluşur. Epoksi kargo tank kaplamasının ilk uygulaması çok zordur çünkü tüm epoksi kaplamalar iyi yüzey hazırlığı gerektirir. Ayrıca epoksi kaplamalar keskin yüzeylerde tıkanma yapmaz. Bu yüzeylerde hızla korozyon meydana gelir.

Epoksi kargo tank kaplamaları, özellikle sınırlı bir uygunluğu olan kimyasallar yükler için kullanılır. Alkoller, esterler, ketonlar kaplamanın yumuşamasına neden olur ve kaplamanın az miktarda kargo emmesi daha olasıdır. Epoksi kaplama ile kaplanmış tank, bu tip yükler taşınırken tank temizliği öncesinde iyice havalandırılmalıdır (Salem, 1996).

Epoksi kaplamalar, alkaliler, glikoller, deniz suyu, hayvansal yağlar ve bitkisel yağların taşınmasıyla uyumludur ancak benzen ve toluen gibi aromatiklerin, özellikle etanol ve metanol olan alkollerin taşınmasına karşı sınırlı dirence sahiptirler. Bu kaplamalar, asit değerinin yüzde 10'u geçmemesi koşuluyla hayvansal ve bitkisel yağların taşınması için de uygundur. Bununla birlikte, asit değeri 10 ile 20 arasında olan sıvı veya katı yağlar, sınırlı taşıma süresi için kabul edilebilir. Epoksi kaplı kargo tanklarında taşıma için 4'ün üzerinde pH sağlamalıdır, ancak seyreltik çözeltiler asidik hale gelebilir ve epoksi kaplamalara saldırabilir. Bu sorun, pH'ı kabul edilebilir seviyede tutmak için bir alkali eklenerek çözülür (Corkhill, 1976).

Epoksi kaplama, en ucuz kaplama türlerinden biridir. İlk olarak maliyet açısından en ucuzdur ve uygulama için az miktarda zaman gerektirir. Ancak MarineLine'dan daha

düşük performans sağlar. Tanklara uygulamadan itibaren ilk 3 ayda bile korozyon sıvılara yeterince dayanamaz, agresif kargolara izin verilmez.

4.1.1 Saf epoksiler

Saf epoksi kaplamalar, çok işlevli $-NH_2$ gruplarına (poliaminler veya poliamidler) sahip sertleştiricilerle uç epoksit (oksiran) grupları aracılığıyla reaksiyona giren bisfenol A / epiklorhidrin reçinelerine dayanır.

Epoksi kaplamaların kimyasal direnci ve mekanik özellikleri, tek tek boyaların formülasyonuna bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir. Bu özellikleri etkileyen faktörler reçinelerin moleküler ağırlığı, sertleştiricinin türü ve daha az ölçüde pigmentasyon ve çözücü karışımıdır.

Düşük moleküler ağırlıklı epoksi reçineler, daha yüksek yoğunlukta üç boyutlu çapraz bağlanmalara ve daha düşük hidroksil gruplarına sahip kaplama filmleri ile sonuçlanır. Bu nedenle, düşük moleküler ağırlıklı epoksi reçineler, diğer yandan daha iyi mekanik direnç ve esneklik sunan orta moleküler ağırlıklı epoksi reçinelerden daha iyi kimyasal ve su direnci sunar.

Amin sertleştiriciler, epoksi kaplamalara iyi bir kimyasal direnç sağlarken, poliamid ile kürlenmiş epoksiler daha fazla yüzey toleransı ve daha iyi mekanik özellikler gösterir. Tank astarlarında, solventlere karşı üstün dirençleri nedeniyle poliamin sertleştiriciler tercih edilmektedir. Bu direnç aynı zamanda, yoğunlukla alifatik poliamin eklentileri olan poliamin sertleştiricilerin türüyle de ilgilidir.

Epoksi kaplamalar, çok yönlülükleri, direnç aralıkları ve uygulama özelliklerinden dolayı kargo tanklarında en yaygın kullanılan kaplamalardır. Düzgün bir şekilde formüle edilmiş saf epoksi kaplama, orta ila yüksek kuru film kalınlığında (DFT) sarkma olmaksızın, çok az aşırı püskürtme ile ve çatlama veya iğne deliği gibi problemler olmadan havasız püskürtme ile uygulanabilir. Bununla birlikte, maksimum üst kaplama aralıkları nispeten kısadır (üç ila beş gün), sıkı bir uygulama programı gerektirir ve güçlü çözücülere karşı kimyasal direnç sınırlıdır. Örneğin saf epoksiler, metanol, etanol, metil etil keton veya bazı kurşunsuz benzinlerin taşınması için tavsiye edilmez.

4.1.2 Epoksi fenolik

Epoksi fenolikler, fenolik reçinelerin epiklorhidrin ile epoksidasyonu ile hazırlanan epoksi fenol novolaklar gibi çok işlevli epoksi reçineleridir. Bu tipteki alifatik aminle sertleştirilmiş reçineler, çok yüksek çapraz bağ yoğunluğuna ve dolayısıyla olağanüstü kimyasal dirence sahip polimerler ile sonuçlanır. Bununla birlikte, çoğu epoksi fenolik kaplamanın tam direnç aralığına ulaşması için yaklaşık bir hafta 50-60 C'ye ısıtılması gerekir.

Isıyla sertleşen epoksi fenoliklerin güçlü çözücülere ve yağ asitlerine karşı kimyasal direnci, saf epoksilere göre daha iyidir. Bununla birlikte, pratik bir bakış açısına göre, ısı sonrası sertleştirme birkaç problem ortaya çıkarır. Kargo tanklarını gerekli sıcaklıkta tutmak için, inert bir kargo (örneğin madeni yağ) ile yüklenmeli ve ısıtma bobinleri ile ısıtılmalıdır. Bu prosedür genellikle güverte başlıkları ve dış perdeler gibi alanlarda 50-60 C'ye ulaşmak için yetersizdir, çift cidarlı bölmelerde yardımcı ısıtıcıların kullanılmasının yanı sıra, tank tavanlarının üzerindeki güverte alanlarında geçici hava muhafazalarının yapımını ve ısıtılmasını gerektirir. . Pahalı ve zaman alıcı olmasının yanı sıra, ısı sonrası kütleme bazı risklere tabidir, çünkü tüm tank alanlarının uzun süreler boyunca gerekli sıcaklıkta sürekli ve üniform bir şekilde tutulmasını sağlamak oldukça zordur.

Isıl işlem olmaksızın, epoksi fenoliklerin kimyasal direnci, yalnızca orta derecede agresif yükler taşınırsa en az üç aylık bir hizmet süresinden sonra artar, ancak ısıyla sertleşen kaplamaların tam direnç aralığını elde edemez. Bu durumda metanol ve etanol gibi ürünlerin taşınması önerilmez.

Düzgün bir şekilde formüle edilmiş epoksi fenolik kaplamalar, saf epoksilere benzer uygulama özelliklerine sahiptir, ancak genellikle daha uzun üst kaplama sürelerine sahiptir, bu da yeniden kaplamayı daha az kritik hale getirir. Öte yandan, daha güçlü (daha hızlı buharlaşan) çözücüler nedeniyle daha fazla aşırı püskürtme oluşturabilirler ve aşırı kalınlığa karşı hassas olabilirler. Tabanda ve tavanda açılı kaynak dikişleri gibi kritik alanlarda oluşabilen 700-800 mikrondan fazla KFK'ye sahip bir kaplama sistemi, kaplama filminin tamamında çatlamaya neden olabilir. Genellikle bu fenomen sadece bir tuzlu su testinden sonra ortaya çıkar ve uygulama sırasında tespit edilemez.

4.1.3 Epoksi izosiyanat

Daha yüksek moleküler ağırlıklı epoksi reçineler, poliizosiyanat bileşikleri ile çapraz bağlanabilir. Bu reaksiyon, oda sıcaklığında meydana gelir ve izosiyanat, epoksi reçinesinin hidroksil grupları ile reaksiyona girer. Mükemmel kimyasal dirence sahip yoğun çapraz bağlı (epoksi üretan bağlantı) bir yapı elde edilir. Üst kaplama aralıkları epoksi fenoliklerinkine benzerdir.

Kürlenmiş epoksi izosiyanatlar, ısıyla sertleştirilmiş epoksi fenoliklere benzer bir direnç aralığı sunar; tek istisna, yalnızca daha düşük konsantrasyonlarda taşınabilen alkali kargolardır. Çoğu kargo 10 günlük bir kürlenme süresinden sonra taşınabilir. Metanol gibi çok agresif ürünler, üç aylık bir servis süresinin ardından taşınabilir. Sonradan ısı ile sertleştirme gerekmez.

Öte yandan, epoksi izosiyanatların uygulanması, saf epoksiler veya epoksi fenoliklerden daha zordur veya en azından daha kritik uygulama özelliklerine sahiptirler. Örneğin, güçlü çözücülerinden dolayı aşırı püskürtme bir sorun olabilir. Ayrıca epoksi izosiyanatlar aşırı kalınlığa karşı çok hassastır.

Epoksi fenoliklerin aksine, tüm sistemin DFT'si genellikle önemli olmasa da, çok ağır tek katlar 150-180 mikron DFT'de çatlayabilir. Çoğu durumda, kuruduktan sonra çatlama çıplak gözle tespit edilebilir, ancak bazen sadece büyüteçle görülebilir. Çatlama genellikle tüm kaplama filmini bölmez. Bu nedenle, tuzlu su testi sırasında paslı noktalara neden olmaz. Ancak onarılmamış çatlaklar kargo hizmeti sırasında yayılacak ve kaplamanın paslanmasına ve / veya pullanmasına neden olacaktır.

Genellikle çatlamadan etkilenen alanlar, açısız kaynak dikişleri ve aşınmış noktalardır (oyuklaşma). Tamamen kurumadan önce üzeri kaplanırsa şerit kaplı alanlar çatlamaya veya kabarmaya neden olabilir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için her katta çatlama kontrolü yapılmalı ve kusurlu alanlar zımparalanarak ve rötuş boyası ile tamir edilmelidir. Sarkma ve portakal kabuğu gibi boya kusurları da ortadan kaldırılmalıdır çünkü bunlar neredeyse her zaman çatlama ile ilişkilendirilir.

Bu uygulama sorunları, izosiyanatların iyi bilinen sağlık sorunlarının yanı sıra, epoksi izosiyanatların kullanımının azalmasının ana nedenleridir. Bununla birlikte, yine de kullanılırlarsa, epoksi izosiyanatlar, özellikle yeni inşaatlar durumunda, agresif kargolar için mükemmel bir tank kaplama sistemi sunar. Hizmet içi gemilerin yeniden

boyanması düşünöldüğünde, tank plakaları zaten çok aşınmışsa epoksi izosiyanatlar tavsiye edilmeyebilir, çünkü çukurlu alanlarda aşırı kalınlıktan kaçınmak zor olabilir.

4.1.4 Silikon epoksiler

Bu kaplamalar, yüksek oranda çapraz bağlanmış bir homopolimer vermek üzere bir katalizör aracılığıyla kürlenene beş fenol glisidil eter grubu ile esasen siklik bir silikon yapısı olan tamamen yeni bir reçineye dayanmaktadır. Polimerizasyon, epoksi gruplarının eterleştirilmesi yoluyla meydana gelir ve - kürlenmeden sonra - asit saldırısına veya hidrolize maruz kalan hidroksil veya ester grupları içermeyen güçlü eter (oksijenden karbona) bağlarıyla sonuçlanır.

Çok yoğun çapraz bağlı bir yapı ile güçlü birincil kimyasal bağların kombinasyonu, bu kaplamayı en agresif çözücüler tarafından nüfuz etmeye karşı geçirimsiz hale getirir. Aynı zamanda kaplama, asit ve alkali saldırılarına karşı dirençlidir. Siklosilikon kaplamaların üreticileri tarafından, paslanmaz çelik için uygun olmayan ürünler de dahil olmak üzere tüm yaygın deniz ticareti kargolarının% 98'ine sınırlama olmaksızın direnç gösterdiği ve çok düşük emiş değerlerine sahip olduğu söyleniyor. Sonuç olarak, özellikle hafif kimyasal tankerler söz konusu olduğunda, kargo menzili, kargo elleçleme ve tank temizleme işlemlerinde geleneksel kaplamalara göre önemli avantajlar sunarlar.

Kaplama iki bileşenli boya olarak uygulanır. Oda sıcaklığında kısmi kürlenme ile geleneksel bir organik kaplama gibi uygulanabilir. Maksimum tekrar kaplama süresi, 20 ° C'de dört ila beş gün ile sınırlıdır. Genellikle bir veya iki şeritli iki katlı bir sistem belirtilir. Bununla birlikte, tam kimyasal direnç aralığı için, 80 C'de en az sekiz saat boyunca sıcak hava veya buharla ısıt kürlenme gereklidir. Ayrıca kaplama sistemi aşırı kalınlığa duyarlıdır. Solvent yakalama veya çatlama riski nedeniyle maksimum DFT 500 mikronu geçmemelidir. Çukurlu alanlarda 500 mikrondan fazla DFT'den kaçınmak zor olabileceğinden, aşırı kalınlık aşınmış yapılarla eski tankerlerin yeniden kaplanması sırasında bir sorun olabilir. Diğer bir dezavantaj, servis sırasında olası rötuş onarımları için bir ısıtma cihazına ihtiyaç duyulmasıdır.

4.2 Çinko Silikat

Çinko silikatlar genellikle çelik ve aşındırıcılar arasında zayıf bir bariyer görevi gören tek kat olarak uygulanır. Bu, çinko silikatların güçlü asitlere, bazlara, alkalilere ve hatta yavaş bozucu etkiye sahip deniz suyuna karşı dirençli olmadığı anlamına gelir. Çinko silikatlar, 5.5-10 pH aralığı, benzen ve toluen gibi aromatik hidrokarbonlar, alkoller ve ketonlara sahip kargoların taşınması için uygundur (Solmaz ve diğ., 2020).

Fiziksel özellikler (yani sertlik ve aşınma direnci) kullanılan silikat türüne göre değişmekle birlikte, kimyasal direnç ve kargo uyumluluğu çok benzerdir. Bu kaplamalar normal olarak bir raspa temizliği yapılmış metal yüzeye 75-125 mikronluk tek bir kat olarak uygulanır. Yüzey hazırlığı için öncesinde kumlama temizliği gerektiren bir kaplama türüdür.

Çinko kaplı tanklarda, temizlenecek kargo benzin veya bitkisel yağ kargosu olduğunda ve sonraki kargo metanol ve türevleri ürünler olduğunda temizleme işlemi maliyetli ve karmaşık bir iştir. Yalnızca çinko için yapılan özel güvenli temizlik kimyasalları kullanılabilir. Bu durum tank temizleme operasyonunun maliyetinin artmasına neden olur.

Çinko kaplama, ilk uygulamada en ucuz kargo tank kaplama türüdür. Ayrıca yapımı için epoksi, MarineLine ve paslanmaz çelik kaplamalara göre daha az zaman gerektirir (Solmaz ve diğ., 2020).

4.2.1 Alkali çinko silikat

Alkali çinko silikatlar, suda çözünmüş sodyum silikat, potasyum silikat veya lityum silikattan oluşabilir. Bu inorganik silikatların kimyası, epoksiler gibi organik bileşiklerden çok farklıdır, çünkü kaplamanın sertleşmesi; pigment (çinko tozu) ve bağlayıcı (silika jel) arasındaki bir reaksiyonla gerçekleşir. Bağlayıcının aynı zamanda çelik alt tabaka ile reaksiyona girmesi ve mükemmel bir yapışma ile sonuçlanan bir kimyasal bağ oluşturması beklenir. Çelik yüzeylere olan bu kimyasal bağlanma, organik kaplamalarla korunan alt tabakalarda oluşabilecek alttan kesilmeyi önler çünkü bunların yapışması esas olarak fiziksel kuvvetler tarafından oluşturulur.

İnorganik çinko silikatların sertleşme mekanizması çok karmaşıktır. Bugün, kargo tankları için astar olarak sadece kendi kendine sertleşen çinko silikatlar kullanılmaktadır ve polimerizasyonun üç aşamada gerçekleşmesi beklenir;

1. İlk reaksiyon, bileşenlerin su buharlaşmasıyla konsantre edilmesini içerir. Bu, çinko ve silika jeli yakın temasa getirerek substrat üzerinde nemli bir kaplama sağlar. Bu aşamada boyanın içindeki ıslatıcı maddeler kaplama filminin çelik yüzey ile temasını arttırır.

2. Uygulamadan kısa bir süre sonra meydana gelen ikinci aşamada, çinko iyonlarının silisik asit ile reaksiyona girmesi sonucu oluşan kaplama filmi, ilk çinko silikatı oluşturur. Bu reaksiyondan sonra, metal substrat üzerinde katı, çözünmez bir kaplama oluşmuştur. Bu kaplama neredeyse tüm kimyasal dirence sahiptir. Mekanik direnç olarak kabul edilebilir fakat tam değildir. Kaplama filmi, su difüzyonuna maruz kalan gözenekli bir yapıya sahiptir.

3. Reaksiyonun üçüncü aşaması, genellikle birkaç ay gibi uzun bir süre boyunca gerçekleşir. Bu aşamada karbondioksit ve nemden oluşan karbonik asidin etkisini gerekir. Karbonik asit kaplama filmine nüfuz ederken serbest çinko parçacıklarıyla reaksiyona girerek yoğun bir çinko silikat matrisinin oluşumunu tamamlar. Deniz suyu ile temas, bu reaksiyona katkıda bulunarak çinko hidroksit oluşturur. Bu reaksiyon tamamlandığında çok sert ve yoğun bir kaplama filmi oluşmuştur.

İlk alkali çinko silikatlar, yaklaşık 2'ye 1'lik bir silika / alkali oranına sahipti ve kendi kendine sertleşme için yetersiz miktarda serbest silisik asit sağlanırdı. Günümüzün kendi kendine sertleşen çinko silikatları 3: 1–5: 1 oranlarına sahiptir. Silika-alkali oranı ne kadar yüksekse, su buharlaştıktan sonra kütleme reaksiyonu o kadar hızlı gerçekleşir. Sertleşme hızı aynı zamanda alkali metalin türüne de bağlıdır. Çözülme ve metalik sertlik birkaç saat içinde meydana geldiği için hızlı küreleşmenin bazı avantajları vardır, ancak püskürtme tabancasının sık sık tıkanmasına neden olabilir. Hızlı kürelenen inorganik çinko silikatlar, dış yapılarda uygulama için avantajlıyken, kargo tankları için orta kütleme hızına sahip çinko silikatlar tercih edilir.

Alkali çinko silikatların kuruma-sertleşme özelliklerini etkileyen bir diğer önemli faktör çinko tozu derecesidir. Uygun çinko tozunun ana partikül aralığı 6–10 mikron olmalıdır. Düşük DFT'de sarkma veya çatlamaya neden olabileceğinden, daha ince parçacık karışımları daha az uygundur.

İnorganik çinko silikatların korozyon direnci, kurutulmuş filmdeki ağırlıkça çinkonun yüzdesi ile ilgilidir. Üst sınıf çinko silikatlar % 90'dan fazla çinko içerir.

Çinkonun gri rengini değiştirmek için demir oksit veya krom oksit gibi küçük miktarlarda ek pigmentler de kullanılır. Bu pigmentler, kaplamanın püskürtmesi ve kontrolleri sırasında çok yardımcı olur. Çünkü aşındırıcı raspa yapılmış yüzey de gri renktedir. Kargo tanklarında uygulama için, renkli çinko silikatlar şerit kaplama kusurlarının önlenmesini çok daha kolay hale getirir.

Alkali çinko silikatların uygulanması aşağıdaki nedenlerden dolayı organik kaplamalara göre daha zordur;

1. Yüksek metalik çinko tozu içeriği nedeniyle, alkali çinko silikatlar havasız püskürtme ile değil, sadece düşük basınçlı hava püskürtme ekipmanı ile uygulanabilir. Bu nedenle, uygulama oranı daha düşüktür ve özel püskürtücülere ihtiyaç vardır.
2. Kurutma ve sertleşme dönemlerinde (1. ve 2. aşamalar) nem alma ve havalandırma kritiktir. Bu süre zarfında tankta zayıf hava sirkülasyonu nedeniyle ölü hava cepleri oluşursa, bu alanlarda kaplama metalleşmeyecektir. Uygun kürlenme-sertleşme olmadan maksimum kuruma süresi sona erdiğinde, reaksiyon sürdürülemez ve yeniden raspalama gereklidir.
3. İnorganik çinko silikatlar aşırı kalınlığa duyarlıdır. Formülasyona bağlı olarak, tek bir kat 150–250 mikron arası bir DFT'de çatlamaya başlayabilir. Bununla birlikte, çatlama genellikle çamur çatlaması gibidir ve kolayca tespit edilip onarılabilir.
4. İnorganik çinko silikatlar, 75–125 mikron DFT'de tek kat ve sadece tek şerit kat olarak uygulanır. Bu nedenle, olası kaplama kusurları sonraki kaplamalarla yeniden ayarlanmamaktadır.

Sonuç olarak, inorganik çinko silikat kaplamaların kargo tanklarına uygulanması, özel ekipmana sahip bir yüklenicinin yanı sıra bu tür malzemeye aşina operatörler ve kaplama denetmenlerini gerektirir. Bununla birlikte, kaplama düzgün bir şekilde uygulanırsa, olağanüstü korozyon koruması, üstün solvent direnci ve mükemmel mekanik dirence sahip bir tank astarı sağlar. Süre, organik kaplamalar için 10-15 yıllık bir süre ile karşılaştırıldığında tankerin hizmet ömrüne eşit olabilir. Olası dezavantajlar, pH'ı 6'dan düşük ve 9'dan yüksek olan kargolar için uygun olmamanın yanı sıra uçak yakıtları gibi hassas ürünleri taşıırken kirlenme riskidir.

4.2.2 Etil çinko silikat

Etil çinko silikatlar, etil silikat ve çinko tozundan oluşan solvent bazlı boyalardır. Kendi kendine sertleşebilmesi için silikat bağlayıcının kısmen hidrolize edilmesi gerekir. Esasen, su bazlı olan bu sertleşme reaksiyonu, kendi kendine sertleşen ürünlerde meydana gelen reaksiyona benzer. Bu kaplamanın aşamaları;

1. İlk reaksiyon sırasında, çözücü buharlaşması meydana gelir, çinko partiküllerini ve silikatı yakın temasa geçirir ve çelik yüzey üzerinde gevşek bir kaplama filmi oluşturur.
2. Kaplamanın uygulanmasından kısa bir süre sonra, havadaki nem organik silikatı hidrolize etmeye devam ederek, çinko parçacıkları ve çelik yüzey ile reaksiyona giren daha fazla silisik asit açığa çıkarır. Organik çinko silikatlar suya ve çözücülere inorganik muadillerine göre daha hızlı direnç gösterir. İkinci reaksiyonun tamamlanmasından sonra, neredeyse tam kimyasal dirence ve kabul edilebilir mekanik dirence sahip bir kaplama filmi oluşmuştur.
3. Üçüncü aşamada, polisilik asit, yoğun ve sert bir kaplama filmi oluşana kadar çinko partikülleri ile reaksiyona girerek daha da polimerize olur. Karbonik asit ve balast deniz suyu da çinko partikülleriyle reaksiyona girerek daha da yoğun bir çinko silikat matrisi oluşturabilir. Nihai kimyasal ve mekanik özellikler esasen su bazlı çinko silikat kaplamalarınınkiyle aynıdır.

Organik çinko silikatların uygulama prosedürü, bazı aşamalarda inorganik çinko silikatlardan farklıdır.

- Organik çinko silikatlar daha düşük bir çinko tozu içeriğine sahip olduğundan, uygulama havasız püskürtme ile gerçekleştirilebilir.
- Kurutma ve kürlenme periyodu sırasında nem alma ve havalandırma koşulları, su bazlı çinko silikatlara göre çok daha az kritiktir. Bununla birlikte, tankın bağıl nemi% 60'ın altına düşmemelidir, çünkü aksi takdirde kürlenme için yetersiz nem mevcut olur. Kaplamanın metalleşmediği alanlar, bağıl nemin yükseltilmesi veya atomize su püskürtülmesi ile kürlenebilir.
- Etil çinko silikat kaplamalarla ilgili ciddi bir sorun, katlar arası yapışma sorunları ortaya çıkabileceğinden, düşük DFT (Kuru Film Kalınlığı) alanlarının yeniden boyanmasının zorluğudur. Kürlenme gerçekleştirildikten sonra, ikinci kat etil

Çinko silikat her zaman ilk katla doğru şekilde reaksiyona girmeyecektir. Bu gerçek aynı zamanda şerit kaplama yapışma sorunlarına da neden olabilir. Su kaynaklı çinko silikatlarda bu sorunlar yoktur.

1970'lerin sonuna kadar inorganik ve etil çinko silikat kaplamalar tank kaplamaları olarak çok popülerdi. Günümüzde gemi sahiplerinin çoğu, nebati yağın yanı sıra uçak yakıtı gibi kargoyu kirletmeden taşımaya uygun tank astarlarını tercih ettiğinden, pazar payları büyük ölçüde azalmaktadır.

4.3 Paslanmaz elik

Paslanmaz elik, kromlu yüksek alaşımlı korozyona dayanıklı çeliklerin tamamına verilen genel isimdir ve ana alaşım elementi kromdur. Paslanmaz elik kaplama genellikle kimyasal tankerlerde kargo tank kaplaması, buhar bobinleri, merdivenler, destekler, pompa kabuğunda kullanılır. Paslanmaz elik su geçirmez özelliğe sahip ve %12 krom içeriği ile oksitleyici koşullar altında genellikle görünmezdir. Yüzeyde kendini iyileştiren ve görünmez oksit film oluşumu, metal ile dış ortam arasında bariyer görevi görür. Etkili korozyon direnci sağlar.

Paslanmaz elik kaplamalar, kolay tank temizleme işlemi sağlar. Paslanmaz elikle, kargo kaplamanın içinde emilmezdi. Tipik olarak, kargo kalıntılarını gidermek için öncelikle belirli bir sıcaklıkta deniz suyu ile yıkama yapılır, ardından mümkünse tatlı su ile yıkayarak klorür giderilir. Bazı kargolar için sadece tatlı su kullanılmaktadır (Solmaz ve diğ, 2020).

Ağır kimyasallara karşı en dayanıklı olan ve en pahalı tank kaplama çeşidi paslanmaz çeliktir. Paslanmaz elik kaplı bir kargo tankının performansı, halojen tuzlarına, özellikle pasivasyona nüfuz eden ve koroziif saldırıya izin veren klorrlere maruz kaldığında çarpıcı bir şekilde düşer. Ancak pasivasyon doğru şekilde korunursa, paslanmaz elik tank kaplaması korozyona en dayanıklı tiptir.

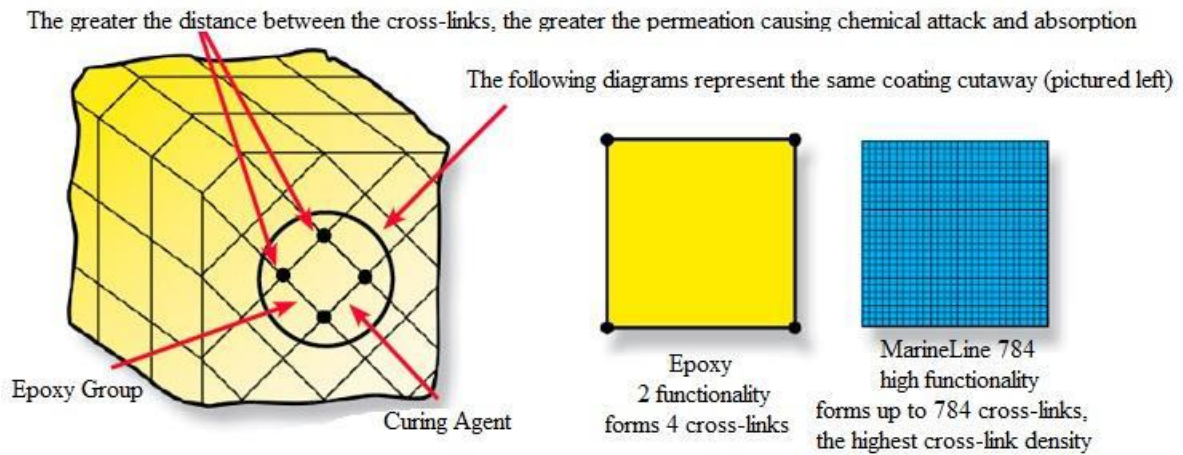
Paslanmaz elik kaplamalı kargo tanklarına sahip kimyasal tanker, aynı kargoları taşırken dahi diğer kargo tank kaplama türlerine göre daha fazla navlun gelirin e sahiptir. Sadece paslanmaz elik kaplamalı kargo tanklarında taşınabilen kargoların diğerlerinden daha değerli kargolar olduğu da açıktır.

Paslanmaz çelik kargo tank kaplaması, gerekli pasivasyon yapılsa diğer kargo tank kaplama türlerine göre daha kısa bakım süresine sahiptir. Dolayısıyla paslanmaz çelik kargo tank kaplamasının bakım maliyeti diğerleri kadar değildir. Sadece 5 yıllık tersane döneminde genel bakım gereklidir.

4.4 APC MarineLine 784

Advanced Polymer Coatings, IBC onaylı kargoların çoğunun taşınması açısından kimyasal tankerler pazarına benzersiz MarineLine kaplaması sunmaktadır. MarineLine 784, molekül başına 28 fonksiyonel grupta tasarlanmış ve mühendisliği yapılmış bir polimer ile formüle edilerek yüksek işlevsellik sağlar. MarineLine 784 kaplama, ısıyla kürlendiğinde, maksimum performansı olan 784 çapraz bağlantıya sahip 3 boyutlu, ekran benzeri yapılar oluşturur. Bu, Şekil 4.1’de gösterildiği gibi 4 çapraz bağlantı ile yalnızca 2 işlevsel grup sağlayan Fenolik Epoksileri geride bırakmaktadır.

Daha yoğun çapraz bağlı moleküler yapı; daha yüksek kimyasal direnç, daha yüksek sıcaklık direnci, daha düşük sıcaklıkta daha yüksek reaktivite, absorpsiyona daha fazla direnç, daha yüksek tokluk, epoksi ve çinko kargo tank kaplamalarına göre daha hızlı tank temizliği sağlamaktadır. MarineLine 784 aynı zamanda termal şok (-40 C ila +200 C), esneme gerilmesi, aşınma ve yıpranma, ürün emilimi ve darbelere karşı önemli direnç sağlar.



Şekil 4.1 : Epoksi ve MarineLine 784 kaplamaların kesiti (Url-8).

MarineLine, paslanmaz çelikten çok daha ucuz ve çinko silikat ve epoksi kaplamalardan daha pahalıdır. İlk maliyeti, paslanmaz çelik başlangıç maliyetinin yaklaşık 1 / 4'üdür. Tüm maliyetler dikkate alınırsa, maliyet karşılaştırması MarineLine'ı en iyi seçenek yapar. İlk uygulama sırasında epoksi ve çinko kaplamalardan daha fazla, paslanmaz çelikten daha az zaman gerekir.

MarineLine kargo tank kaplaması, yükler arasında kolay tank temizliği sağlar. MarineLine, kolayca temizlenen koruyucu bir bariyer oluşturur, uzun havalandırma sürelerini ortadan kaldırır ve gemiyi daha hızlı hizmete sokar, bu da daha yavaş olanlardan daha fazla sefer anlamına gelir. MarineLine kaplaması, paslanmaz çelikten çok daha pürüzsüz bir yüzeye sahiptir ve bu üstün pürüzsüzlük, tümü çevre üzerinde olumlu bir etkiye sahip olan yakıt, enerji, zaman ve kullanılan temizlik kimyasallarında önemli tasarruflar sağlar.

Uzun bir hizmet ömrü sağlamak için tankın periyodik sürveylere ve düzenli bakıma ihtiyaç vardır. MarineLine ile kaplanmış tanklar, uzun bir servis sağlamak için herhangi bir pasifleştirme gerektirmez. MarineLine için temel bakım noktaları, yalnızca onaylı kimyasalları taşımak, tankları düzgün bir şekilde temizlemek ve gerektiğinde MarineMend kaplama onarım kiti ile tüm alanları rötuşlamaktır.

Ancak, kargo sahiplerinin kargolarının MarineLine yerine paslanmaz çelik tanklarda taşınmasını istemesi nedeniyle MarineLine tank kaplaması, paslanmaz çeliğe göre chemical tanker pazarında çok daha düşük navlun oranına sahiptir.



5. TAŞINAN YÜKLER

5.1 Ham Petrol

Ham petrol, bir bekletme tankından doğrudan bir geminin kargo tanklarına pompalanır. Kimyasal bileşim, kükürt ve su içeriği açısından büyük farklılıklar gösterir. Kimyasal bileşimine bağlı olarak, ham petrolün hakim bileşenleri naftenik, parafinik veya aromatik hidrokarbonlardır. Ham petrol çıplak çelik tanklarda, epoksi kömür katranı veya epoksi boyalarla kaplanmış tanklarda taşınır.

5.2 Beyaz Petrol Ürünleri

Bu grup sıvı kargolar esas olarak alifatik hidrokarbon ürünlerinden oluşur ve benzin, mazot, gazyağı, bakır stok, havacılık yakıtları, ısıtma yağları vb. içerir. Bu kargolar çok etkili olmayıp, genellikle geleneksel epoksi kaplı tanklarda sevk edilirler. Bununla birlikte, bazı kurşunsuz benzinler, bir takım değişiklikler yapılmış epoksi veya çinko silikat kaplama sistemi gerektirebilir.

5.3 Solventler ve Kimyasallar

Bu karmaşık sıvı kargo grubu alkoller, ketonlar, glikoller, esterler, eterler, aromatik hidrokarbonlar, klorlu hidrokarbonlar vb. içerir. Bu kargolar hafiften çok agresif olana kadar değişir. Epoksi, modifiye epoksi ve çinko silikat kaplı tanklarda sevk edilirler. Bu ürünlerden bazıları, kaplama ve kargo elleçleme seçiminde son derece dikkatli olmayı gerektirir.

5.4 Bitkisel ve Hayvansal Yağlar

Bitkisel ve hayvansal yağların bileşimi değişebilir. En önemli faktör, kaplamaların uygunluğunu büyük ölçüde etkileyen serbest yağ asidi içeriğidir. Düşük asit değerine sahip rafine bitkisel yağlar, genellikle geleneksel epoksi kaplı tanklarda taşınması için kabul edilebilir. Asit değeri daha yüksek olanlar daha agresiftir ve daha dirençli bir

kaplama sistemi gerektirebilir. Ham bitkisel yağlar, yağ asitleri ve yan ürünler (yağ asidi damıtıkları ve asit yağları) kaplamalı tanklarda taşıma için ciddi sorunlar oluşturabilir. Su içeriği ve yükleme / boşaltma sıcaklıkları bu kargoları daha da agresif hale getirebilir.

5.5 Yağlama Yağı ve Katkı Maddeleri

Bu grup kargolar (halojenlenmiş, fosfatlanmış ve ester türleri hariç) genellikle kaplamalı kargo tanklarında taşıma için herhangi bir sorun teşkil etmez, ancak yükün kontaminasyonunu engellemek için yüklemeden önce tankların iyice temizlenmesi ve kurutulması gerekir. Bu ürünler genellikle, geleneksel epoksi kaplı tanklarda taşınırlar.



6. KAPLAMA SEÇİMİ İLE KARGOLAR ARASINDAKİ ETKİLEŞİM

Doğru kaplama sistemi seçimi ve kargoların uygun şekilde taşınması için, aynı organik bileşik grupları içindeki ürünlerin davranışı büyük ölçüde değişiklik gösterebileceğinden, en yaygın kargoların kimyasal özelliklerine ilişkin temel bir bilgi verilmesi tavsiye edilir. Örneğin, metanol çoğu organik kaplamayı yumuşatır, ancak daha yüksek moleküler ağırlıklı alkoller çok daha az etkilidir.

Çoğu organik bileşik grubunda (alkoller, esterler, ketonlar vb.) kaplamalar üzerindeki etkileri açısından farklılık gösterir. Düşük molekül ağırlığına sahip olan bileşikler kaplama üzerinde daha etkilidirler. Daha düşük moleküler ağırlıklı bileşikler genellikle daha yüksek homologlarından daha agresiftir. Örneğin, saf epoksi kaplamalar asetonla, diğer düşük ketonlarla (örneğin metil etil keton) veya metilasetat gibi düşük esterlerle uzun süreli temas için uygun değildir. Bununla birlikte, metil izobutil keton ve dibutilfalat gibi daha yüksek homologlar için uygundur.

Kaplamalara yönelik davranıştaki bu farklılık, esas olarak tek tek moleküllerin sterik engeline (üç boyutlu yapı) bağlıdır. Daha küçük moleküllerin polimerik yapılara nüfuz etmesi, polimer zincirlerini çözücü içinde çözmesi veya kapsüllemesi daha kolaydır. Sterik engelleme ayrıca zincir dallarının sayısına da bağlıdır. Doğrusal zincirler, yan dallara sahip zincirlerden daha fazla nüfuz gücüne sahiptir.

Hidrokarbon olmayan bileşiklerin polimerler üzerindeki çözücü gücünü etkileyen diğer faktörler, fonksiyonel gruplar (alkoller için $-OH$, aminler için $-NH_2$, eterler için $-O-$, vb.), Moleküllerin polaritesi ve hidrojen bağlarıdır.

Günümüzün kargo tankları için organik kaplamalarının tümü, iki bileşenli türlerdir ve bu, yeniden çözilemeyen kimyasal olarak çapraz bağlanmış bir filmle sonuçlanır. Bununla birlikte, güçlü çözücüler kürlenmiş kaplamaları yumuşatarak şişmeye ve hatta bazı durumlarda alt tabakadan kireçlenmeye neden olabilir. Örneğin metilen klorür, organik kaplamalar için o kadar güçlü bir çözücüdür ki, bir boya sökücü olarak kullanılır. Bu nedenle organik kaplamalarla kaplanmış tanklarda taşınmamalıdır.

Kaplama uygunluğunu etkileyen ek bir faktör, çözücülerin suda çözünürlüğüdür. Kargo tankının korunması için kullanılan organik kaplamaların çoğu, emilen çözücünün buharlaşması ve orijinal sertliğini geri kazanması için yeterli zaman verilmesi koşuluyla, çözücü emiliminden belirli bir derecede yumuşamayı tolere edebilir. Bununla birlikte, tutulan çözücü suda çözünür ise ve tanklar suyla yıkanırse veya film tamamen kurumadan sulu bir kargo ile yüklenirse, ozmos nedeniyle kabarcıklanma meydana gelebilir.

Kaplama uygunluğunu etkileyen ek bir faktör, çözücülerin suda çözünürlüğüdür. Kargo tankının korunması için kullanılan organik kaplamaların çoğu, emilen çözücünün buharlaşması ve orijinal sertliğini geri kazanması için yeterli zaman verilmesi koşuluyla, çözücü emiliminden belirli bir derecede yumuşamayı tolere edebilir. Bununla birlikte, tutulan çözücü suda çözünür ise ve tanklar suyla yıkanırse veya film tamamen kurumadan sulu bir kargo ile yüklenirse, ozmos nedeniyle kabarcıklanma meydana gelebilir.

Çinko silikat kaplamalar inorganik bağlayıcılara dayanmaktadır ve bu nedenle bu dezavantajların hiçbirine sahip değildirler. Güçlü çözücülere karşı çok dirençlidirler, ancak diğer yandan yüklerin asitliğine (pH 6'nın altında) ve alkalinitesine (pH 9'un üzerinde) çok duyarlıdır. Bu nedenle, çoğu bitkisel yağlar, yüksek alkali ham petroler, kostik alkaliler gibi kargolar için uygun değildirler. Ayrıca, esterler ve klorlu hidrokarbonlar gibi hidrolize edilebilir kargolar, çok iyi kurutulmuş tanklarda taşınmalıdır.

Doğru kargo elleçleme her zaman kolay bir iş değildir. Boya üreticileri, tank kaplama sistemleri için direnç listeleri sunsalar da, bazı direnç listeleri 4.000'e kadar deniz ticareti ürünü içerebilir. Her kargo için bu listelere başvurulmalıdır. Daha agresif kargolar, hataları önlemek için okunması ve anlaşılması gereken bir veya daha fazla kısıtlama notasyonu ile işaretlenir. Kısıtlamalara veya kargo elleçleme talimatlarına uyulmaması, kaplamalarda ciddi hasara neden olabilir.

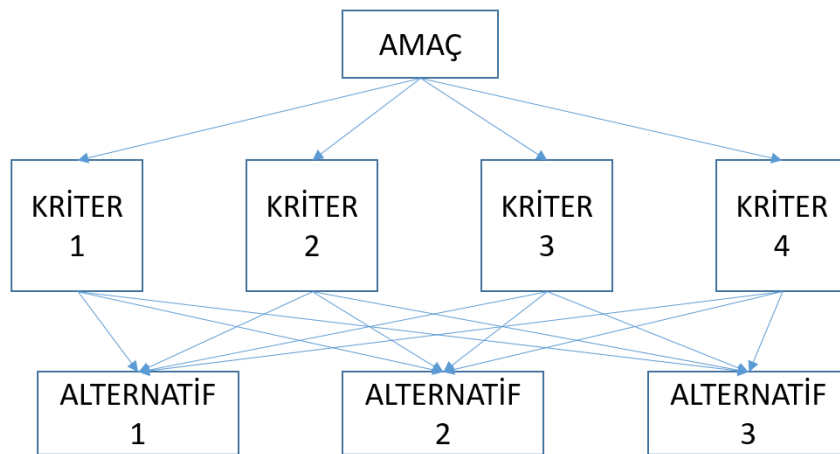
7. METODOLOJİ

7.1 Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), bulunma sürecinden bu güne kadar karar vericiler ve araştırmacılar için tercih edilebilecek en iyi çok kriterli karar verme mekanizmalarından biri olarak kabul edilir. AHP'ye dayalı olarak birçok seçkin çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmalar planlama, en iyi alternatifi seçme, kaynak tahsisi, çatışmayı çözme ve optimizasyon gibi bir çok sayılsak çalışmayı içerir (Zahedi, 1986).

AHP'nin en önemli özelliklerinden birisi, doğrusal Programlama, kaliteli fonksiyon dağıtımı, bulanık mantık gibi farklı tekniklerle entegre olma esnekliğidir. AHP'nin bu özelliği, kullanıcının tüm kombine yöntemlerden fayda elde etmesini ve dolayısıyla istenen hedefe daha iyi bir şekilde ulaşmasını sağlar.

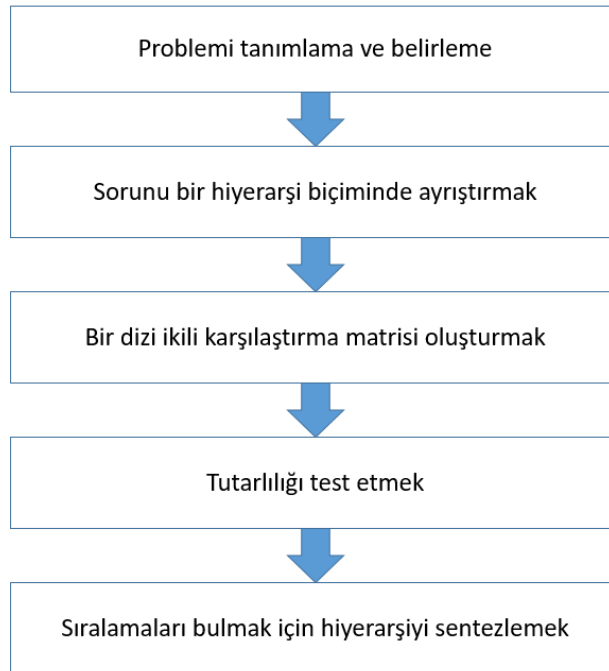
AHP, Satty'nin tanımına göre; çok kriterli bir karar verme mekanizmasıdır(Saaty, 1994). Bu bağlamda method, ikili karşılaştırmalarda özdeğer bir yaklaşım sergiler. Aynı zamanda nicel ve nitel performansların ölçümü için bir metodoloji sağlamış olur. Bu ölçek, karşılaştırmaların tüm değerlerini kapsayarak en az değerli için 1/9, eşit için 1 ve daha önemli için 9 arasında değişir.



Şekil 7.1 : Örnek AHP şeması.

AHP’de izlenecek temel adımlar kısaca şunlardır;

- Öncelikle sorunun belirlenmesi gerekmektedir.
- Bu belirlenen sorun için, sorunun hedeflerini genişletilir. Bu bağlamda sorunun içindeki tüm yapılar, hedefler ve sonuçlar değerlendirilir.
- Bu soruna karşı olan davranışı etkileyen kriterler belirlenir.
- Sorunu, hedefi, kriterleri, alt kriterleri ve alternatifleri oluşturan farklı seviyelerden oluşan bir hiyerarşi içinde yapılandırılır.
- Karşılık gelen her bir seviyedeki elemanlar karşılaştırılır ve bunlar sayısal bir ölçekte kalibre edilir.
- Her bir kriter için maksimum değer, tutarlılık indeksi CI (consistency index), tutarlılık oranı CR (consistency ratio) ve normalleştirilmiş değerleri bulmak için hesaplamalar yapılır.
- Eğer ortaya çıkan sonuçlar tatmin ediciyse, bulunan normalleştirilmiş değer doğru olarak kabul edilir. Aksi taktirde istenilen değer bulunana kadar sistem tekrar ettirilir.



Şekil 7.2 : Ahp uygulamasının adım şeması.

AHP, bir grup fikir birliğini dahil etmeye yardımcı olur. Genel olarak bu, her bir elementin karşılaştırılması için bir anketten ve nihai çözüme ulaşmak için geometrik ortalama oluşur (Saaty, 1980a).

Diğer bir bakış açısıyla, AHP, bireylerin bilgi, deneyim, fikir ve içgüdüleri aracılığıyla ikili karşılaştırma yapma becerisine dayanmaktadır (Saaty ve Sodenkamp, 2008). Karmaşıklığı hiyerarşik bir sistem içinde daha küçük öğelere bölmek, karşılaştırmaları daha etkili hale getirir. Hiyerarşinin her düzeyinde, öğeler önemlerine göre çiftler halinde karşılaştırılır. Bu tür karşılaştırmalar yapmak için Çizelge 7.1’de gösterildiği üzere Saaty, 1–9 arasında bir ölçek oluşturmuştur. Literatürde alternatif ölçekler geliştirilmiş olmasına rağmen 1-9 ölçeği yaygın olarak kabul edilmektedir (Ramanathan, 2001).

Çizelge 7.1 : Ölçek tablosu.

Önem Ölçeği	Tanım	Karşılaştırma
1	Eşit derecede önemli	İki seçenek eşit derecede öneme sahiptir.
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmaktadır.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmaktadır.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır.
9	Kesin önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerdir.

İkili karşılaştırma matrisindeki a_{ij} puanı, (i) satırındaki öğenin (j) sütunundaki öğeye göre göreceli önemini sembolize eder. İkili karşılaştırma matrislerinin genel formu denklem 7.1’de verilmiştir.

$$A = [a] = \begin{pmatrix} 1 & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (7.1)$$

Tüm ikili karşılaştırmalar tamamlandıktan sonra, sorun Tutarlılık İndeksini hesaplamak için öz vektöre karşılık gelen en büyük öz değeri hesaplama genel sürecine dönüşür. Tutarlılık İndeksini Rastgele Tutarlılık İndeksine bölerek bulunan değer 0,10'dan küçük olmalıdır (Saaty, 2000). Bu endeks Saaty tarafından Rastgele Tutarlılık Endeksi adıyla tanımlanır.

7.2 Topsis

TOPSIS, 1981'de Hwang & Yoon tarafından önerilen çok kriterli karar verme mekanizmalarından biridir. Bu yöntem, en iyi çok özellikli karar verme yöntemlerinden biridir ve günümüz çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemde, m seçeneğe sahip amaç, n niteliklerle birlikte değerlendirilir. Bu yöntemde seçilen seçenek, pozitif ideale en yakın ve negatif ideale en uzak olmalıdır (Hwang ve Yoon, 1981).

Topsis methoduyla bir problemi çözebilmek için aşağıdaki altı adımı takip etmeniz gerekir:

1. Ölçekleri değerlendirebilmek için bir N karar matrisi belirlemek gerekir.
2. Ağırlıklı ölçek dışı matrisi belirlemek için V matrisi belirlenir. Bu adımda ölçeksiz olarak oluşturduğumuz v matrisi ile diyagonal ağırlık matrisi ($W_n * n$) çarpılır.
3. Bu adımda pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm belirlenir. Pozitif ideal çözüm olarak V matrisinin her bir özelliğinin en iyi değerlerinin vektörü (V_j^+), negatif ideal çözüm olarak matris V'nin her bir özelliğinin en kötü değerlerinin vektörü alınır (V_j^-).
4. Bu adımda, her seçeneğin pozitif ve negatif ideallere olan mesafesini belirlenir. Her seçeneğin pozitif ideale olan Öklid uzaklığı ve her seçeneğin negatif ideale olan uzaklığı denklem 7.2'de gösterildiği gibi hesaplanacaktır.

$$d_j^+ = \sum_{j=1}^n d(v_{ij} - v_j^+) \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_j^- = \sum_{j=1}^n d(v_{ij} - v_j^-) \quad i = 1, 2, \dots, m$$
(7.2)

5. Bu adımda bir seçeneğin ideal çözüme olan göreceli yakınlığı (CLi) denklem (7.3) ile belirlenir.

$$CLi = di- / (di+ + di-) \quad (7.3)$$

6. Bu adımda seçeneklerin not değerleri belirlenir. Bir seçeneğin CLi değeri ne kadar büyükse, o kadar ideale en yakın olandır (Momeni, 2010).

TOPSIS, sınırlı bir alternatifler kümesi oluşturulduktan sonra, çözümleri belirleyebilir (Büyüközkan ve Çifçi, 2012). Hwang ve Yoon'a göre TOPSIS'in mantığı, pozitif ideal çözümü ve negatif ideal çözümü tanımlamaktır. Olumlu ideal çözüm, fayda ölçütlerini maksimize eden ve maliyet ölçütlerini en aza indiren çözümdür, negatif ideal çözüm maliyet ölçütlerini maksimize eden ve fayda ölçütlerini en aza indiren çözümdür. En iyi alternatif, pozitif ideal çözüme en kısa, negatif ideal çözüme en uzak olan alternatiftir. Ancak bir karar vericinin, söz konusu nitelikler için bir alternatife kesin bir performans derecelendirmesi ataması genellikle zordur. $A1 = (a_1, a_2, a_3)$ ve $B1 = (b_1, b_2, b_3)$ iki üçgen sayı olsun. Bu iki üçgen sayı arasındaki mesafe denklem 7.4'deki bağlantı ile hesaplanabilir;

$$d(A_1, B_1) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (7.4)$$

Normalde çok kriterli karar verme problemleri iki türe ayrılır (Kannan ve diğ, 2009). Biri, metriklerin net sayılarla ölçüldüğü klasik çok kriterli karar verme problemleridir, diğeri ise dil terimlerinin ve ardından sayıların kullanıldığı çok kriterli grup karar verme problemleridir. TOPSIS'te, herhangi bir hesaplamadan önce, nitel sözcükler önce uygun ölçütlerle sayılara dönüştürülür (Opricovic ve Tzeng, 2004).

Mevcut TOPSIS, sayıların aritmetik işlemlerinde daha fazla yer almaktadır (Lo ve diğ, 2010). Karar verme sistemlerinin modellenmesi ve analizinde bir yöntem olarak teorilerin kullanılması, özellikle zor problemler için karar verme ile ilgilenen araştırmacılar için çoğu zaman doğru bir tercihtir. Chen tarafından tanıtılan TOPSIS tekniği, aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır. Karar matrisinin denklem 7.5'teki gibi olduğunu varsayalım:

$$D = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (7.5)$$

$x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$.

İlk adım normalleştirilmiş matrisin oluşturulmasıdır. Bu adımda matris, ölçeklerden bağımsız bir hale getirilir. Bu araştırmada kullandığımız yöntem, Chen ve Huang'ın yaptığı gibi doğrusal bir yöntem olarak kabul edilir. Bunu yapmak için, her bir X_j^+ sütununun maksimum değeri ve her bir X_j^- sütununun minimum değeri belirlenmeli ve aşağıdaki ilişkiyi kullanarak, X_{ij} 'in ölçeksiz değeri hesaplanmalıdır. X_{ij} 'ler bulanık olduğunda, üçgen sayılar: $X_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ olacaktır. Aynı zamanda r_{ij} de bulanık olacaktır. Şimdi, eğer $C_j^+ = \max C_{ij}$ ve $A_j^- = \min A_{ij}$ sırasıyla maksimum ve minimum puan ise denklem 7.6'daki gibi;

$$\begin{aligned} r_{ij} &= [a_{ij} / c_j^+, b_{ij} / c_j^+, c_{ij} / c_j^+] \\ r_{ij} &= [a_j^- / c_{ij}, a_j^- / b_{ij}, c_j^- / a_{ij}] \end{aligned} \quad (7.6)$$

elde edilmiş olur.

Yukarıdaki bağnattı ilk ilişki, j ölçütlerinin olumlu bir yönü olduğunda, 2. İlişki ise j ölçütünün olumsuz bir yönü olduğunda gerçekleşir. Bu nedenle, D'nin matrisleri, D'nin normalleştirilmiş matrislerine denklem 7.7'deki gibi dönüştürülür:

$$D = \begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (7.7)$$

İkinci adım olarak normalleştirilmiş dengeli matrisin oluşturulması gerekir. Bu matris, D 'matrisinin sütun elemanlarının, her bir sütunun kriterlerinin karşılık gelen ağırlıkları ile çarpılmasıyla oluşturulur ve normalleştirilmiş dengeli matrisin elemanları, denklem 7.8'deki ilişki kullanılarak üçgen bulanık sayılar için hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} V_{ij} &= r_{ij} * w_j = [a_{ij} / c_j^+, b_{ij} / c_j^+, c_{ij} / c_j^+] * (\alpha_j, \beta_j, \gamma_j) \\ &= [a_{ij} / c_j^+ * \alpha_j, b_{ij} / c_j^+ * \beta_j, c_{ij} / c_j^+ * \gamma_j] \end{aligned} \quad (7.8)$$

$$\begin{aligned} V_{ij} &= r_{ij} * w_j = [a_j^- / c_{ij}, a_j^- / b_{ij}, c_{aj}^- / a_{ij}] * (\alpha_j, \beta_j, \gamma_j) \\ &= [a_j^- / c_{ij} * \alpha_j, a_j^- / b_{ij} * \beta_j, c_{aj}^- / a_{ij} * \gamma_j] \end{aligned}$$

Yapılan hesaplamaların sonuçları aşağıdaki gibi matris v'ye eklenir. Bulunan matris denklem 7.9'da gösterildiği gibidir.

$$v = \begin{pmatrix} v_{11} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \dots & v_{mn} \end{pmatrix} \quad (7.9)$$

Daha sonrasında pozitif ve negatif idealler belirlenir. Denklem 7.10'da pozitif ideal ve negatif ideal sırasıyla A^+ ve A^- ile gösterilir.

$$\begin{aligned} A^+ &= (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) \\ A^- &= (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) \end{aligned} \quad (7.10)$$

Bu örneklendirme, Chen tarafından sunulan pozitif ideal ve negatif ideal baz alınarak kullanılmıştır. Bu değerler denklem 7.11'deki gibidir:

$$\begin{aligned} v_j^+ &= (1, 1, 1) \\ v_j^- &= (0, 0, 0) \end{aligned} \quad (7.11)$$

Her bileşenin pozitif idealden ve negatif idealden toplam mesafesi hesaplanır. A ve B aşağıdaki gibi iki bulanık sayı olsun. Bu sayıların gösterimi denklem 7.12'de verilmiştir

$$\begin{aligned} A &= (a_1, b_1, c_1) \\ B &= (a_2, b_2, c_2) \end{aligned} \quad (7.12)$$

Sonrasında bu iki sayı arasındaki mesafe denklem 7.13 ile belirlenir.

$$D(A, B) = [1/3 [(a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2 + (c_2 - c_1)^2]]^{1/2} \quad (7.13)$$

İki sayı arasındaki mesafenin hesaplanma şekline ilişkin yukarıdaki açıklamalar ışığında, her bir bileşenin pozitif ideale ve negatif ideale olan uzaklığı denklem 7.14'te gösterilmiştir.

$$d_j^+ = \sum_{j=1}^n d(v_{ij} - v_j^+) \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_j^- = \sum_{j=1}^n d(v_{ij} - v_j^-) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (7.14)$$

Bir sonraki adım olarak, her seçeneğin ideal çözüme göreceli yakınlığı denklem 7.15'te verildiği şekilde hesaplanabilir.

$$CC_i = d_j^- / (d_j^+ + d_j^-) \quad (7.15)$$

TOPSIS tekniğinin son aşaması, CC_i bağlantısında, azalan sırasına göre seçeneklerin derecelendirilmesidir (Chen, 2000).

7.3 Bulanık Mantık

Gerçek problemlerde, karar verme için yeterli bazen bilgi olmadığından, çoğu öncelik ve yargı belirsiz olduğundan, orantılı sayısal değerlere dönüştürülemeyeceğinden, kriterlerin ağırlıkları ve seçeneklerin oranları dil değişkenleri ile ifade edilir. Bu koşullarda, bulanık kümeler teorisi (fuzzy) kesinliği ifade etmek için kullanılan en iyi araçlardan biridir.

Önde gelen savunucusu Lotfizadeh olan bulanık kümeler teorisi, belirsizlikle karşılaştığımızda birçok kavram ve süreçte çok kriterli karar verme yöntemiyle birleştirilen önceliklerin, kısıtlamaların ve hedeflerin kesin veya zihinsel olarak belirlenmesindeki belirsizliği ifade eden bir mekanizmadır (Wang ve diğ., 2007).

Bulanık küme teorisi ilk olarak 1965 yılında Zadeh tarafından önerilmiştir. Uygulamada ilk olarak Mamdani tarafından 1974 yılında kullanıldı. Bulanık küme teorisi, öncelikle, birçok kelimenin belirsiz anlamlara sahip olduğu doğal dili kullanarak niceleme ve muhakeme ile ilgilidir. Resmi olarak, evrensel bir X

kümesindeki bireylerin bir net kümenin üyesi veya üyesi olmayan olarak belirlendiği süreç, bir özellik veya ayrımcılık işlevi ile tanımlanabilir.

Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar Çizelge 7.2’de gösterilmiştir (Özdağoğlu, 2011).

Çizelge 7.2 : Klasik mantık ve bulanık mantık farkları.

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
A veya A Değil	A ve A Değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler

Belirli bir net A kümesi için, bu işlev her $x \in X$ 'e bir $\mu_A(x)$ değeri atar(7.16). Bu bağlantıdan dolayı;

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \in a \\ 0 & \text{if } x \notin a \end{cases} \quad (7.16)$$

Bu tür bir işlev, evrensel kümenin öğelerine atanan değerler belirli bir aralık dahilinde olacak ve kümedeki bu öğelerin üyelik dereceleri olarak anılacak şekilde genelleştirilebilir. Daha büyük değerler, daha yüksek set üyeliğini gösterir. Böyle bir işleve, genellikle bulanık bir A kümesinin tanımlandığı üyelik işlevi μ_A denir. Bu işlev denklem 7.17’deki gibi gösterilebilir.

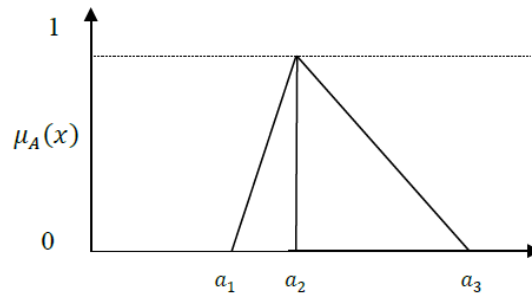
$$\mu_A: X \rightarrow [0,1] \quad (7.17)$$

Burada X, belirli bir problemde tanımlanan evrensel kümeyi ifade eder ve [0, 1] gösterimi, 0'dan 1'e kadar olan gerçek sayıların aralığını belirtir. Fuzzy, kapasite planlama, envanter kontrolü, ürün tasarımı çizelgeleme, tesis düzeni, bakım, kalite kontrol, dağıtım, süreç tasarımı, proje yönetimi, tesis yeri, çevre, süreç seçimi, tahmin, satın alma gibi tedarik zincirinin çeşitli alanlarında yaygın olarak uygulanmaktadır (Wong ve Lai, 2011). Bulanık kontrol, verilerin dil değişkenleriyle karakterize edildiği ve bu değişkenleri kullanan uzman bilgisinin kural tabanlarına eşlendiği önemli bir

örnektir. Bulanık kontrolde bu temeller, kontrol amaçlı mantıksal çıkarımlar için kullanılabilir (Ko ve diğ, 2010). Bulanık mantığın başarısının nedenlerinden biri, dilbilimsel değişkenlerin, değerlerin ve kuralların, mühendisin insan bilgisini sorunsuz bir şekilde bilgisayarda değerlendirilebilir temsillere çevirmesini sağlamasıdır.

7.3.1 Üçgen bulanık sayı

Şekil 7.3'te üçgen bir bulanık sayı, $A = (a_1, a_2, a_3)$ olarak temsil edilir. Kavramsal ve hesaplama basitliklerinden dolayı, üçgen bulanık sayılar pratik uygulamalarda çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Awasthi ve diğ, 2010).



Şekil 7.3: Üçgen bulanık sayı.

Üçgen bulanık A sayısının üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$ denklem 7.18'deki gibi verilir.

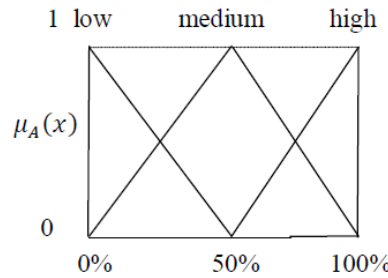
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x \geq a_3 \end{cases} \quad (7.18)$$

Burada a_1, a_2, a_3 gerçekte sayılardır ve $a_1 < a_2 < a_3$ bağlantısı içersindedirler. a_2 'deki x değeri, değerlendirme verilerinin en olası değeri olan $\mu_A(x) = 1$ 'in maksimum derecesini verir. a_1 ve a_2 'deki x değerleri, değerlendirme verilerinin en düşük olası değeri olan minimum $\mu_A(x) = 0$ derecesini verir. a_1 ve a_3 sabitleri, değerlendirme verileri için mevcut alanın alt ve üst sınırlarıdır. Bu sabitler, değerlendirme verilerinin belirsizliğini yansıtır.

7.3.2 Bulanık dil değişkenleri ve üyelik işlevleri

Dilsel değişken (linguistic variable), değerleri dilsel terimlerle ifade edilen bir değişkendir. Dilsel değişken kavramı, çok karmaşık olan veya geleneksel nicel ifadelerde makul bir şekilde tanımlanamayacak durumlarla başa çıkmada çok kullanışlıdır. Örneğin, "ağırlık" (weight), değerleri çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek olan dilsel bir değişkendir. Bulanık sayılar da bu dilsel değerleri temsil edebilir. Bulanık dilsel değişken (Fuzzy Linguistic Variable), bu ağırlık değerlerini dilbilimsel terimlerle nitel olarak ve bir uygunluk fonksiyonu ile nicel olarak ifade edilir (Ganga ve diğ, 2011).

Çoklu üçgen bulanık sayılar ve dil terimleri için üyelik fonksiyonları, x_i ve y_i noktaları ile tanımlanan uygunluk fonksiyonlarının bir bileşimi ile tanımlanabilir. Bu tanımlama Şekil 7.4'te gösterilmiştir. Bu şekil incelendiğinde, vurgulanan noktaların üçgen fonksiyonların sınırlarını tanımladığı fark edilebilir. (0; 1) ve (0; 50) noktaları, net değişkenin " düşük " dil düzeyine uygunluğunu tanımlar. Aynı şekilde, (0; 0), (50; 1) ve (100; 0) noktaları, net değişkenin " orta " dil düzeyine uygunluğunu tanımlar. Uygunluk fonksiyonunda " yüksek " tanımı, aynı mantık şeması izlenerek bulunabilir.



Şekil 7.4 : Bulanık dilsel değişkenler ve değerler.

7.3.3 Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma yöntemleri, esas olarak bulanıklaştırmada süreklilik ve süreksizlik kavramlarını değerlendirerek deneysel olarak tanımlanmıştır. Bu işlem, bulanık sayıları ve dilsel değerleri standart bir sayısal değerde (net değişken) dönüştürme işlemidir. Çoğu durumda, bulanıklaştırma yöntemleri maksimumun merkezi (centre of maximum-CoM) ve alan merkezi (centre of area-CoA) üzerinden kullanılmıştır.

Çünkü bunlar, bulanıklaştırma için sürekli yöntemler olarak kabul edilir. If-Then kuralları koyulduktan sonra, araştırmacılar genellikle tek noktalı ölçümle nicel üyelik işlevi oluşturmak için bulanıklaştırma yöntemini kullandılar. Yukarıdaki şekilden anlaşılacağı üzere, üç dil seviyesinin sırasıyla düşük, orta ve yüksek (0; 0; 50), (0; 50; 100), (50; 100; 100) gibi üç ayrı tek üyelik değerine sahip olduğu açıktır.

7.4 Bulanık Topsis

TOPSIS, sınırlı bir alternatifler kümesi oluşturulduktan sonra, çözümleri belirleyebilir (Büyüközkan ve Çifçi, 2012). Hwang ve Yoon'a göre bulanık TOPSIS'in mantığı, pozitif ideal çözümü ve negatif ideal çözümü tanımlamaktır. Olumlu ideal çözüm, fayda ölçütlerini maksimize eden ve maliyet ölçütlerini en aza indiren çözümken, negatif ideal çözüm maliyet ölçütlerini maksimize eden ve fayda ölçütlerini en aza indiren çözümdür. En iyi alternatif, pozitif ideal çözüme en kısa, negatif ideal çözüme en uzak olan alternatiftir. Ancak bir karar vericinin, söz konusu nitelikler için bir alternatife kesin bir performans derecelendirmesi ataması genellikle zordur. O halde, bulanık bir TOPSIS yaklaşımı kullanmanın faydası, bulanık sayılar kullanarak farklı ölçüt değerleri atamaktır. $A_1 = (a_1, a_2, a_3)$ ve $B_1 = (b_1, b_2, b_3)$ iki üçgen bulanık sayı olsun. Bu iki üçgen bulanık sayı arasındaki mesafe denklem 7.19'daki bağlantı ile hesaplanabilir;

$$d(A_1, B_1) = \sqrt{\frac{1}{3} \left[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2 \right]} \quad (7.19)$$

Normalde çok kriterli karar verme problemleri iki türe ayrılır (Kannan ve diğ., 2009). Biri, metriklerin net sayılarla ölçüldüğü klasik çok kriterli karar verme problemleridir, diğeri ise dil terimlerinin ve ardından bulanık sayıların kullanıldığı bulanık çok kriterli grup karar verme problemidir. Bulanık TOPSIS'te, herhangi bir hesaplamadan önce, nitel sözcükler önce uygun ölçütlerle bulanık sayılara dönüştürülür (Opricovic ve Tzeng, 2004).

Mevcut bulanık TOPSIS, bulanık sayıların aritmetik işlemlerinde daha fazla yer almaktadır (Lo ve diğ, 2010). Karar verme sistemlerinin modellenmesi ve analizinde bir metodoloji olarak bulanık teorilerin kullanılması, özellikle zor problemler için karar verme ile ilgilenen araştırmacılar için çoğu zaman doğru bir tercihtir. Chen

tarafından tanıtilan bulanık TOPSIS tekniği, aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır. Karar matrisinin denklem 7.20'deki gibi olduğunu varsayalım:

$$D = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (7.20)$$

$$x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}).$$

İlk adım bulanık matrisin oluşturulmasıdır. Bu adımda matris, ölçeklerden bağımsız bir hale getirilir. Bu çalışmada kullandığımız yöntem, Chen ve Huang'ın yaptığı gibi doğrusal bir yöntem olarak kabul edilir. Bunu yapmak için, her bir X_j^+ sütununun maksimum değeri ve her bir X_j^- sütununun minimum değeri belirlenmeli ve aşağıdaki ilişkiyi kullanarak, X_{ij} 'in ölçeksiz değeri hesaplanmalıdır. X_{ij} 'ler bulanık olduğunda, üçgen sayılar: $X_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ olacaktır. Aynı zamanda r_{ij} de bulanık olacaktır. Şimdi, eğer $C_j^+ = \max C_{ij}$ ve $A_j^- = \min A_{ij}$ sırasıyla maksimum ve minimum puan ise:

$$\begin{aligned} r_{ij} &= [a_{ij} / c_j^+, b_{ij} / c_j^+, c_{ij} / c_j^+] \\ r_{ij} &= [a_j^- / c_{ij}, a_j^- / b_{ij}, c_j^- / a_{ij}] \end{aligned} \quad (7.21)$$

elde edilmiş olur.

Yukarıdaki bağnattı ilk ilişki, j ölçütlerinin olumlu bir yönü olduğunda, 2. İlişki ise j ölçütünün olumsuz bir yönü olduğunda gerçekleşir. Bu nedenle, D 'nin matrisleri, D 'nin normalleştirilmiş matrislerine dönüştürülür:

$$D = \begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (7.22)$$

Sonraki adım normalleştirilmiş dengeli matrisin oluşturulmasıdır. Bu matris, D 'matrisinin sütun elemanlarının, her bir sütunun kriterlerinin karşılık gelen ağırlıkları ile çarpılmasıyla oluşturulur ve normalleştirilmiş dengeli matrisin elemanları, denklem 7.23 ve 7.24'deki ilişki kullanılarak üçgen bulanık sayılar için hesaplanabilir.

$$V_{ij} = r_{ij} * w_j = [a_{ij} / c_j^+, b_{ij} / c_j^+, c_{ij} / c_j^+] * (\alpha_j, \beta_j, \gamma_j) \quad (7.23)$$

$$= [a_{ij} / c_j^+ * \alpha_j, b_{ij} / c_j^+ * \beta_j, c_{ij} / c_j^+ * \gamma_j]$$

$$V_{ij} = r_{ij} * w_j = [a_j^- / c_{ij}, a_j^- / b_{ij}, c_{aj}^- / a_{ij}] * (\alpha_j, \beta_j, \gamma_j) \quad (7.24)$$

$$= [a_j^- / c_{ij} * \alpha_j, a_j^- / b_{ij} * \beta_j, c_{aj}^- / a_{ij} * \gamma_j]$$

Yapılan hesaplamaların sonuçları aşağıdaki gibi matris v'ye eklenir. Bulunan matris;

$$v = \begin{pmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \cdots & v_{mn} \end{pmatrix}$$

Pozitif ideal ve negatif ideal sırasıyla A^+ ve A^- ile gösterilir.

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) \quad (7.25)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) \quad (7.26)$$

Bu örneklendirme, Chen tarafından sunulan bulanık pozitif ideal ve bulanık negatif ideal baz alınarak kullanılmıştır. Bu değerler aşağıdaki gibidir:

$$v_j^+ = (1, 1, 1) \quad (7.27)$$

$$v_j^- = (0, 0, 0) \quad (7.28)$$

A ve B aşağıdaki gibi iki bulanık sayı olsun. Bu sayıların gösterimi;

$$A = (a_1, b_1, c_1) \quad (7.29)$$

$$B = (a_2, b_2, c_2) \quad (7.30)$$

şeklinde olur. Sonrasında bu iki bulanık sayı arasındaki mesafe denklem 7.31'deki gibi belirlenir.

$$D(A, B) = [1/3 [(a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2 + (c_2 - c_1)^2]]^{1/2} \quad (7.31)$$

İki bulanık sayı arasındaki mesafenin hesaplanma şekline ilişkin yukarıdaki açıklamalar ışığında, her bir bileşenin pozitif ideale ve negatif ideale olan uzaklığı denklem 7.33'deki gibi belirlenir:

$$\begin{aligned}
d_j^+ &= \sum_{j=1}^n d(v_{ij} - v_j^+) \quad i = 1, 2, \dots, m \\
d_j^- &= \sum_{j=1}^n d(v_{ij} - v_j^-) \quad i = 1, 2, \dots, m
\end{aligned} \tag{7.33}$$

Her seçeneğin ideal çözüme göreceli yakınlığı denklem 7.34'teki gibi hesaplanabilir:

$$CCi = dj^- / (dj^+ + dj^-) \tag{7.34}$$

Bulanık TOPSIS tekniğinin son aşaması, CCi bağlantısında, azalan sırasına göre seçeneklerin derecelendirilmesidir (Chen, 2000).



8. KRİTERLER

8.1 Kaplamaların Mekanik Özellikleri

Genel olarak, bir kaplamanın performansı, uygulanan tank yapısında işlevini ne kadar iyi yerine getirdiğiyle belirlenir. Kaplama ne kadar iyi olursa olsun, bir kaplamanın kimyasal özellikleri, işlevini yerine getirebilmesi için yeterli mekanik özellikleri de sağlamalıdır. Kaplamanın temel mekanik özellikleri şu şekilde kategorize edilebilir:

8.1.1 Esneklik

Esneklik, bir kaplamanın şekillendirme işlemlerinde çatlamadan, yapışmasını kaybetmeden veya başka bir şekilde başarısız olmadan bükülebilmesi veya esnetilebilmesidir. Gemilerde uygulanan kaplama, kargo tankları da dahil olmak üzere tüm yapı, servis sırasında deformasyonlara maruz kalır. Bunlara ek olarak, tank yapısı üzerindeki gerilmeler, geminin yüklenmesi sırasında veya kapalı tanklara farklı türde yükler yüklendiğinde ortaya çıkar. Bu yüzden kaplamanın çelik yüzeyde herhangi bir çatlak oluşmadan kalması için belli bir elastikiyet derecesine sahip olması gerekir. Tank bileşenlerinin plastik deformasyonu sırasında kaplama sisteminin aynı elastik davranışı sağlanmalıdır.

8.1.2 Dayanıklılık

Dayanıklılık, bir kaplamanın çatlamadan veya kırılmadan darbeye dayanma yeteneği olarak tanımlanabilir. Kullanılan kaplamanın yapısına ve tank üzerindeki yapışmasına bağlıdır.

8.1.3 Yapışma

Yapışmanın önemi, bir kaplamanın uygulandığı yüzeyden ayrılmaya direnme kabiliyetidir. Bu tür bir yapışma, yüzey ile kaplama arasında, bir astar kaplama ile bir üst kaplama arasında veya mevcut bir kaplamaya uygulanan kaplamalar arasında olabilir.

8.1.4 Sertlik

Kaplama sertliği, sert bir cisim tarafından kalıcı girintiye, çizilmeye, kesilmeye ve delinmeye direnme yeteneğidir. Farklı sertlik değerdendirme yöntemleri, malzemenin farklı niteliklerini ölçtüğu için farklı sonuçlar verir. Mutlak bir ölçek yoktur ve her yöntemin kendi tanımlanmış sertlik ölçeği vardır.

8.1.5 Aşınma

Aşınma direnci, bir kaplamanın, sürtünme, kazıma veya diğer aşındırma etkisine maruz kaldığında orijinal görünümü ve yapısı değışmesine karşı direnme kabiliyetidir. Hem sıcaklık hem de ortam, aşınma direnci üzerinde bir etkiye sahip olabilir, ancak bu faktörler ve birbiriyle ilişkili mekanik özellikler arasındaki ilişki basit değildir. Örneğin, kaplamanın sertliği azalan sıcaklıkla artar ve bu, kaplama esnekliğini veya dayanıklılığını kaybederse aşınma direncine zarar verebilir. Bir nesnenin etrafındaki nem artışları veya bir nesneyi nemli bir ortama maruz bırakmak gibi, kaplamayı da nemli bir ortama maruz bırakmak yumuşatabilir ve aşınmaya karşı direncini değıştirebilir (Koleske, 2006).

8.1.6 Kayganlık

Kaplamalar düşük bir sürtünme katsayısına sahip olduklarında iyi bir kaymaya ve yüksek bir sürtünme katsayısına sahip olduklarında zayıf kayma özelliğine sahiptir. Kayma, temas eden iki yüzeyin birbiriyle ne kadar kolay hareket edebileceğini gösterir. Kaplamalar, yapışkan olmayan bir yüzeye sahip olduklarında, tank temizliği sırasında kargonun kolayca çıkarılmasına imkan verirler.

8.1.7 Kaplama içi gerilmeler

Katı bir kaplama filmi oluştuğunda, bir sıvı katıya dönüşür. Film sıvı haldeyken kaplama hareketlidir ve hacim daralması meydana gelir. Katı bir kaplama filmi oluştuğunda, büzölme devam eder ancak yapışma ile sınırlanır. Bu kısıtlamanın bir sonucu olarak, kaplama içinde çekme gerilmeleri gelişir. Ancak stres oluşur oluşmaz, moleküller stresi gidermeye çalışır ve bir gevşeme süreci başlar. Bu nedenle, kaplamadaki film gelişimi devam ederken, film içindeki gerilimler, gerilim gelişimi ve gerilim gevşeme hızına bağlı olarak artabilir, azalabilir veya sabit kalabilir. Değişen sistemin ‘Camsı Geçiş Sıcaklığına (T_g)’ ulaşıldığında gerilim gelişiminin başladığı

bilinir (Marrion, 1994). Camsı geçiş sıcaklığı, bir polimerin fazı yumuşak formdan camsı forma değiştirdiği sıcaklıktır.

8.2 Bakım ve Onarım Eylemleri

Her bakım ve onarım işlemleri yapılmadan önce, gemideki ve tersanedeki insanların güvenliğini sağlamak çok önemlidir. Bu nedenle, gemi sahibi her tankı temiz ve gazsız bir durumda teslim etmelidir; tersane veya alt yüklenici, çalışma operasyonları ve muayeneler sırasında tankın tüm bölümlerinde iyi bir çalışma ışığının elde edilmesi için patlamaya dayanıklı, düşük voltajlı bir aydınlatma sağlamalıdır. Ek olarak, tersane, kumlama ve kaplamanın tüm aşamalarında her zaman yeterli havalandırma ve uygun nem alma oranının sağlandığından emin olunmalıdır.

Yalnızca özel olarak yerleştirilmiş paslanmaz çelik, baş üstü pabuçlarından veya sert devrilebilir devre kademelendirmesinden asılan genişletilmiş metal ızgaralı kademeli "devre ve kablo merdiveni tipi" kombinasyonu olarak kabul edilebilir. Bu kombinasyonun bir örneği Şekil 8.1'de görölmektedir.



Şekil 8.1: Tank içi ızgaralı merdiven (Url-9).

Devre içinde kum birikmesini önlemek için tüm devre uçlarına plastik tapalar takılacaktır. Hazırlama, kaplamaya zarar vermeden tanktan sökülebilecek ve çıkarılabilecek yapıda olacaktır.

Isıtıcı devreler veya tank içerisindeki pompalar gibi sabit tank içi malzemelerinin kaplama esnasında korunumu iyi yapılmalı, kaplanmayacak maddeler tanktan çıkarılmalı veya üzerini sararak aşırı patlamaya ve aşırı püskürtmeye karşı korunmalıdır. Uygulama sırasında bu materyallerin koruma kaplaması kâğıt malzemeden yapılmalıdır (Blakey ve diğ, 2002).

Kaplama uygulanacak tüm tankların ambar açıklıkları üzerinde sudan uygun koruma sağlanmalıdır. Bu nedenle, yağmur suyunun tanka akmasını önlemek için su koruyucuları takılmalıdır.

Bir diğer unsur, kırılmayı ve metalin içine gömülmeyi en aza indiren özelliklere sahip aşındırıcılar seçilmelidir. Ağır aşındırıcı kumların çoğu, özellikle çelik kum, eski bir kaplamaya zarar verebilir ancak dezavantajları, alt tabakaya gömülebilmeleridir. Genellikle denizcilik uygulamaları için, düşük tozlanma, düşük parçalanma ve alt tabakaya nüfuz etmeme özellikleri nedeniyle metalik olmayan aşındırıcılar kullanıyoruz. En etkili aşındırıcı, etkili yüzey alanında en büyük artışa sahip, ancak nihai kuru film kalınlığının yaklaşık% 30'u kadar olan bir yüksekliğe sahip tek tip, tırtıklı diş üreten olandır (Dromgool, 1996).

8.3 Kaplama Uygulaması

Seçilen kaplama malzemesi ne olursa olsun, kaplamanın doğru uygulanması son derece önemlidir. Tanktaki çelik sıcaklığı ve bağıl hava nemi, kaplamanın doğru uygulanmasını sağlayan iki temel faktördür.

Çelik sıcaklığı, Şekil 8.2’de gösterilen kontaklı termometre ile ölçülebilir. Bu termometre, çelik sıcaklığını ölçmek için kullanılan elektronik bir alettir. Çelik sıcaklığı ölçüldüğünde ve çiy noktasını bulduğumuzda, boya uygulamasına başlamanın mümkün olup olmadığını belirleyebiliriz. Çelik sıcaklığı her zaman havadaki çiy noktasının 3 °C üzerinde olmalıdır.



Şekil 8.2: Kontaklı termometre (Url-9).

Çiy noktası, atmosferden nemin yoğunlaşacağı en yüksek sıcaklıktır. Çiy noktası, iklim koşullarının boya işi için kabul edilebilir olup olmadığını belirlemek için çok önemlidir. Hesaplama, tablolardan veya bir çiy noktası hesaplayıcısı ile yapılabilir.

Bugün kullanılan iki farklı hesaplama yöntemi vardır. Bu yöntemler benzer ilkelere dayanırlar ve gerekli bilgilerin okunabilmesi için birbirine karşı yerleştirilmiş iki mühürden oluşurlar. Kuru ve ıslak hazne sıcaklığını ölçtüğünüzde, çiy noktası ve bağıl nem, çiy noktası hesaplayıcısından okunabilir.

Bağıl nem, bir askı higrometresi ile ölçülür. Askı higrometresi, Şekil 8.3’de görüldüğü üzere, biri kuru diğeri ıslak (sensörün etrafına sarılmış ıslak pamuk yünü) olmak üzere iki termometreden oluşur. Döndüğünde, pamuk yünündeki su buharlaşacak ve böylece termometreyi havanın sıcaklığını ölçen kuru olana oranla soğutacaktır. Bu değişen sıcaklık okumalarından bağıl nem hesaplanabilir.

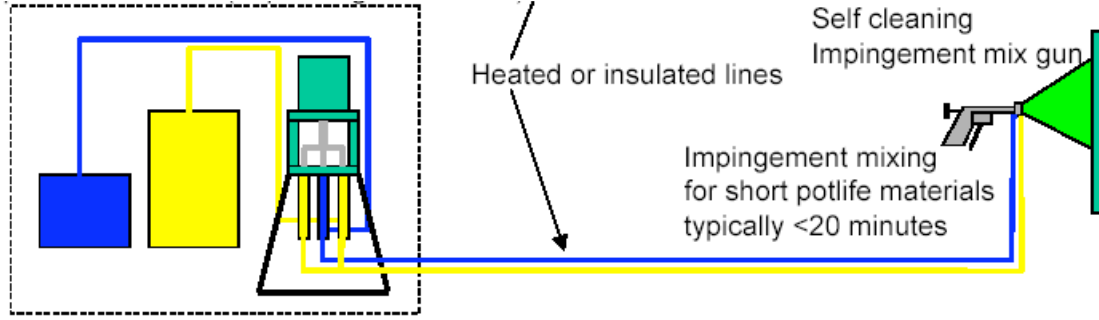


Şekil 8.3: Askı higrometresi (Url-9).

Günümüzde, nem alma (DH-Dehumidification) ve sıcaklık kontrol sistemlerinin kullanımının, çeşitli ortam koşullarında yüzey hazırlama ve kaplama işlemleri sırasında bir dizi fayda sağladığı görülmüştür. Örneğin, yüzey sıcaklığının çok altında hava çiy noktaları oluşturarak, böylece yüzeydeki bağıl nemi azaltarak, uygun şekilde kullanılan nem alma sistemleri, yüzey hazırlığı sırasında ve sonrasında ve kaplama uygulaması öncesinde pas oluşumunu önleyebilir. Uygun şekilde boyutlandırılmış nem alma ekipmanı, depolama kaplarında ve diğer kapalı alanlarda artan hava akışı ve oksijen seviyeleri ve daha düşük patlama limitleri ve toksisite seviyeleri sağlayarak işçi sağlığı ve güvenliği koşullarını iyileştirebilir.

Eğer tüm koşullar sağlanırsa, kaplama uygulaması başlayabilir. Kontrollü sıcaklıkta depolanan astar malzemesi, kullanmadan önce doğru oranda karıştırılır ve inceltir, karıştırıldıktan sonra üreticiler tarafından belirlenen kap ömrü içerisinde kullanılmalıdır. Karıştırma oranlarında hataları önlemek için bileşenler uygun boyutta

kaplar tedarik edilir. Kaplama uygulaması tankın dibinden tavana doğru başlar, çünkü uygulama sırasında buharlaşan solventler tankın dibine gider. Böylelikle depodaki hava, temiz atmosfer ve sabit sıcaklık ve nem koşullarını korumak için hem yenilenir hem de nemi alınır. Kullanılacak olan havasız püskürtme ekipmanı prensibi, Şekil 8.4’de gösterilmiştir.



Şekil 8.4 : Havasız püskürtme sistemi (Url-9).

Havasız püskürtmenin avantajları arasında, daha az hava hapsolması değişikliğine sahip pürüzsüz bir boya filminin sağlanması, operatör için daha fazla yönlülük, püskürtme modelinde daha az türbülans ve yanlış temizlenmiş sıkıştırma ekipmanından gelen nem ve yağlarla kirlenme riskinin büyük ölçüde azaltılması yer alır (Goldie, 1974).

8.4 Havalandırma ve Nem Gidermenin Rolü

Bir kaplama sisteminin verimli bir şekilde uygulanabilmesi için hava sıcaklığı ve nemin kontrol altında tutulması gerektiği, patlatma sırasında da aynı kontrollü şartların sağlanması gerektiği daha önce vurgulanmıştı. Sıcaklık, havanın tutabileceği maksimum nem miktarını belirler. Tank içerisinde sıcak hava hapsoldüğünde, tankın soğuk yapısı ile temas ederek soğutulur, böylece çiğlenme noktasına ulaşmaya kadar bağıl nem yükselir ve soğuk yüzeylerde su damlacıkları oluşmaya başlar. Bu nedenle, yukarıda bahsettiğimiz olayı önlemek için çelik sıcaklığını hava tankı sıcaklığının birkaç derece üzerinde tutulmaya çalışılır.

Temizleme ve kaplama işlemleri sırasında tankları ve kapalı alanları havalandırmanın üç temel amacı vardır. Bunlardan ilki operatörün sağlığı ve güvenliğini sağlamaktır. Bir diğeri uygulama esnasında operatörle kurulan iletişim ve görünürlüğü, diğer önemli amaç ise kaplamanın kürlenmesini etkin kılabilmesidir (Appleman, 2000).

Kumlama, kaplama uygulaması ve kaplamanın k rlenmesi işlemlerinin her aşamasında havalandırma gereklidir. Havalandırma, temiz gelen hava ile kirli çıkan havanın değişimi olarak tanımlanabilir. Gelen ve giden havanın dengelenmesi, bir havalandırma sisteminin en önemli bir özelliğidir. Depoya yüksek hacimli temiz hava üflenirken daha düşük hacimde kirli hava çıkarılırsa hava türbülansı oluşur. Oluşan bu türbülans, tank havalandırmasının etkinliğini kaybetmesine sebep olabilir.

8.5 Tank Kaplamasının Soğurma ve Dışarıya Vurma  zelliği

Genel olarak kaplamalar gözenekli yapıya sahiptir. Bu gözenekler, yükün fiziksel olarak filme nüfuz edebileceği ve bunun içinde tutulabileceği anlamına gelir. Bu davranışın sırası, önceki ve sonraki kargo arasındaki olası tepkidir ve kargo kontaminasyonuna yol açabilir. Tüm kaplama türlerinde kargo kontaminasyonu potansiyeli mevcuttur. Bu kontaminasyon oluşumunda bazı devletler, boya filmindeki ekstrakte edilebilir bileşenlere yönelik testler yaparlar ve çıkan sonuç karşısında bazı kuralları oldukça katıdır.

Uygulanan inorganik kaplamalar ile ilgili olarak, çok uçucu kargolar kaplamadan buharlaştırma-havalandırma teknikleri kullanılarak kolayca çıkarılabilir. Çünkü bu tip kaplamalar, büyük miktarlarda kargo emmez. Ancak, madeni yağ gibi ağır yükler kaplama filminden kolayca çıkarılamaz. Bu, özellikle bir sonraki kargo iyi bir çözücü olduğunda, yüklenen kargonun kirlenmesine neden olabilir.

Organik tank kaplamaları, korozyif ortamlara daha dirençli olmalarına rağmen, inorganik kaplamalara göre daha fazla miktarda kargo emme eğilimindedirler. Kaplamanın kargo emmesi ve dışa vurması özelliklerini etkileyen 3 ana faktör vardır. Bunlar; kaplama kalınlığı, sıcaklık ve tank temizliğidir. Ayrıca bazı kaplamaların emme ve dışa vurma özellikleri sudan etkilenir. Bu kaplamalar, su ile doyurulduklarında önemli ölçüde daha düşük emilim oranına sahiptir.

Bir kaplama filmine yapılan deneyde, kaplamanın bir maddenin emme hızının hızlı olduğu ve doğrusal bir şekilde arttığı ve ardından film doyduğunda sıfıra d    ğ  gözlemlenmiştir. Başka bir deyişle, kaplama tarafından artık kargo emilmez. Öte yandan kaplamanın emdiği kargoyu dışa vurması oranı da ilk aşamalarda hızlıdır ve sonunda sabit bir değere d  er. Bu, emilen maddenin filminden tam olarak kaçmadığı anlamına gelir.

Dolayısıyla dikkate alınması gereken genel hususlar şu şekilde özetlenebilir:

- Kaplama sistemlerinin emme ve dışa vurma özellikleri önemli ölçüde farklılık gösterir. Bazı kaplamalar diğerlerine göre daha az miktarda kargoyu emer ve kargoyu daha verimli bir şekilde açığa çıkarır. Bu tür bir kaplama sisteminin seçimi kontaminasyon riskini azaltır.
- Kaplamaların mümkün olduğunca uzun süre desorbe olmasına izin verilebilir. Tank sıcaklığı arttıkça emme oranı artar. Önemli bir nokta, tankın sürekli havalandırılmasının, tanktaki artan hava sıcaklığı kadar etkili olmamasıdır.
- Daha önce kaplamalarla uyumsuz kargoların istiflendiği tanklarda etanol, metanol, izopropanol vb. gibi hassas yüklerin istiflenmesinden kaçınılması gerekmektedir.

8.6 Kargo Temizliği

Kargo artıkları ile bir sonraki kargo arasında istenmeyen etkileşimleri önlemek için kargoları değiştirirken kargo tanklarını temizlemek veya havalandırmak gereklidir. Bu tür etkileşimler, kaplama sistemine zarar verebilecek, çelik korozyon tehlikesini artırabilecek ve bir sonraki kargoyu kirletebilecek veya rengini bozabilecek maddeler oluşturabilir.

Örneğin, kimyasal bileşiminde ester grupları içeren bir yükün kalıntıları hidroliz yoluyla asetik asit oluşturabildiğinde diğer kargo yükünde bozulmalar meydana gelebilir. Bir kargonun kalıntıları su molekülleri ile temas eder etmez hidroliz gerçekleşecektir. Bu reaksiyon korozyona neden olur ve kaplamaya zarar verebilir. Aynı durum, kargo kalıntıları klorlu hidrokarbonlar içerdiğinde de olur.

Bu tür etkileşimleri önlemek için, tüm esterler ve klorlu hidrokarbonlar kuru kargo tanklarında taşınmalıdır. Metanol kargoları özellikle sorunlu olabilir. Organik kaplamalar üzerinde yumuşatıcı bir etkiye sahip olmanın yanı sıra, bir kaplamadaki metanol artıkları su buharı geçirgenliğine neden olarak kaplama ile çelik alt tabaka arasında ozmoza neden olabilir. Ek olarak, metanol kaplamadan artık çözücü ve düşük moleküler ağırlıklı malzemeleri çıkarabilir. Bu, kaplamada çatlamaya neden olabilecek gerilmelere neden olur. Yalnızca yüksek oranda çapraz bağlı kaplamalar metanole dirençlidir. Çoğu kaplama tedarikçisi, metanolün taşınmasından sonra su içeren kargoların taşınmasına izin vermez (Berendsen, 1998).

Ek olarak, kargo saflığını ve korozyon çeliğinin önlenmesini sağlamak için kimyasal şirket ve kuruluşların işbirliğinin sonucu olan kargo uyumluluk tabloları mevcuttur. Şekil 8.5’te bu tablo detaylı olarak verilmiştir.

CARGO COMPATIBILITY		REACTIVE GROUPS																					
		1. NON-OXIDIZING MINERAL ACIDS	2. SULFURIC ACID	3. NITRIC ACID	4. ORGANIC ACIDS	5. CAUSTICS	6. AMMONIA	7. ALIPHATIC AMINES	8. ALKANOLAMINES	9. AROMATIC AMINES	10. AMIDES	11. ORGANIC ANHYDRIDES	12. ISOCYANATES	13. VINYL ACETATE	14. ACRYLATES	15. SUBSTITUTED ALLYLS	16. ALKYLENE OXIDES	17. EPICHLOROHYDRINS	18. KETONES	19. ALDEHYDES	20. ALCOHOLS, GLYCOLS	21. PHENOLS, CRESOLS	22. CAPROLACTAM SOLUTION
CARGO GROUPS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1. NON-OXIDIZING MINERAL ACIDS		X																					
2. SULFURIC ACID			X																				
3. NITRIC ACID				X																			
4. ORGANIC ACIDS					X																		
5. CAUSTICS						X																	
6. AMMONIA							X																
7. ALIPHATIC AMINES								X															
8. ALKANOLAMINES									X														
9. AROMATIC AMINES										X													
10. AMIDES											X												
11. ORGANIC ANHYDRIDES												X											
12. ISOCYANATES													X										
13. VINYL ACETATE														X									
14. ACRYLATES															X								
15. SUBSTITUTED ALLYLS																X							
16. ALKYLENE OXIDES																	X						
17. EPICHLOROHYDRINS																		X					
18. KETONES																			X				
19. ALDEHYDES																				X			
20. ALCOHOLS, GLYCOLS																					X		
21. PHENOLS, CRESOLS																						X	
22. CAPROLACTAM SOLUTION																							X
30. OLEFINS																							
31. PARAFFINS																							
32. AROMATIC HYDROCARBONS																							
33. MISCELLANEOUS HYDROCARBON MIXTURES																							
34. ESTERS																							
35. VINYL HALIDES																							
36. HALOGENATED HYDROCARBONS																							
37. NITRILES																							
38. CARBON DISULFIDE																							
39. SULFOLANE																							
40. GLYCOL ETHERS																							
41. ETHERS																							
42. NITROCOMPOUNDS																							
43. MISCELLANEOUS WATER SOLUTIONS																							

Şekil 8.5 : Kargo uyumluluk tablosu (Url-10).

8.7 Maliyet

Paslanmaz çelik, yüzeylerinde pasif bir tabaka oluşturma yeteneklerinden dolayı kimyasal tanklar için iyi malzemelerdir. Çelik, tank yüzeyinde ince, hem nüfuz etmeyen hem de koruyucu bir film oluşur. Bu pasif katman, esas olarak, aşındırıcı ortamlara karşı çok dirençli olan krom oksitten oluşur. Çizelge 8.1’de paslanmaz çelik bileşenleri gösterilmiştir.

Çizelge 8.1 : Paslanmaz çelik bileşenleri (Url-11).

Paslanmaz Çelik bileşimi	Bileşim Yüzdesi
Krom	%17,5
Nikel	%11
Molibden	%2,9
Karbon	%0,03
Azot	%0,14
Demir	%66

Paslanmaz çelik kaplı tanklarda kuvvetli sıcak asitler, klorür çözeltileri ve genel olarak halojen içeren çözeltiler gibi bazı ortamlarda pasif film lokal olarak parçalanabilir ve yeni film oluşumunun önlenmesi meydana gelebilir. Genellikle halojenler, oksijen atomlarının kromla reaksiyona girmesini engeller. Molibden içeren alaşımlar, bu tür saldırılara karşı gelişmiş performans gösterir (Sheffield, 2000).

Ancak paslanmaz çelik pahalı bir metaldir, kalitesi tedarikçiden tedarikçiye değişebilir ve büyük hacimli tanklar inşa etmek için özel beceriler gereklidir.

9. UYGULAMA

9.1 Önerilen Yaklaşım

Bu bölümde, gemilerde kullanılacak olan tank kaplamalarını değerlendirmek için bir karar verme yaklaşımı AHP ve Bulanık TOPSİS tekniği sunulacaktır. AHP tekniği ilk olarak değerlendirme kriterleri hiyerarşisini oluşturmak için kullanılır. Daha sonra ikili karşılaştırma matrisi geliştirilmiştir. Daha sonra kriter ağırlıkları hesaplanır. Daha sonra belirlenen en önemli kriter üzerinde karşılaştırma yapılarak, en uygun tank kaplama türünü belirlemek için Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak, önerilen karar verme yaklaşımları, gemilerdeki en uygun tank kaplamasını ve bu kaplamada aranan en önemli kriterin etkinliğini ölçmek için faydasını elde eder.

Önerilen karma karar verme yaklaşımı on adımdan oluşmaktadır;

Birinci adım; temel performans göstergelerinin (kriterlerin) belirlenmesidir. Bu, uygulama için hangi kriterler üzerinde çalışma yapılacağını belirler. Karşılaştırma matrisinin değerlendirme kriterlerini oluşturmak için karar verme süreci; verilere ve uzman görüşüne (kararına) bağlıdır.

İkinci adım; ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Göreceli öneme sahip bir ölçek kullanılarak (A) kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Saaty, 1980b). Analitik hiyerarşi sürecinin 1-9 ölçeğinden yararlanılır. Buna göre 1,3,5,7 ve 9 sözlü yargı sayıları “eşit önemli”, “orta derecede önemli”, “güçlü önemli”, “çok güçlü önemli” ve “aşırı (mutlak) önemli” olarak tanımlanabilir. Bitişik ölçek arasındaki ara değerler (2 (zayıf); 4 (orta artı); 6 (güçlü artı); ve 8 (çok, çok güçlü) gibi, uzlaşma için kullanılır. A matrisinde, her bir a_{ij} ($i, j= 1,2,3,.....n$) kriteri, i elemanların j elemanlara göre göreceli önemidir. Matriste, $i=j$ olduğunda $a_{ij} = 1$ ve $a_{ji} = 1/a_{ij}$ olur(9.1).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad a_{ii} = 1, a_{ji} = 1/a_{ij}, a_{ij} \neq 0 \quad (9.1)$$

Üçüncü adım; kriter ağırlıklarının ve tutarlılık oranının hesaplanmasıdır. İkili bir karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra, sütundaki her bir girişi sütundaki girişlerin toplamına bölerek normalleştirilmiş matris değeri bulunur. Daha sonra kriterin öncelik ağırlıkları hesaplanır. Her satırdaki değerin ortalaması, kriterin göreceli ağırlıklarının tahminini verir. Matrisin normalleştirilmesi ve kriterlerin $(W_1, W_2, \dots, W_j)$ öncelik ağırlıkları denklem 9.2 ve denklem 9.3 ile hesaplanabilir;

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \text{ and } j = 1, 2, \dots, n \quad (9.2)$$

$$W_j = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n \text{ and } j = 1, 2, \dots, n \quad (9.3)$$

Uygulanan metodolojide sağlanan verilerin tutarlılığını sağlamak için Saaty, matrisin tutarlı olup olmadığını doğrulamak için bir denklem önermiştir. Buna göre tutarlılık indeksi (CI) denklem 9.4'deki gibi hesaplanabilir.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (9.4)$$

Denklem 9.5'te, matrisin mertebesi ve matrisin maksimum öz değeri hesaplanır. Bu değerler aşağıdaki denklem ile bulunabilir (Vargas, 1982).

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} W_j = \lambda_{max} \cdot W_i \quad (9.5)$$

Makul tutarlılığı belirlemek için bir tutarlılık oranı (CR) değeri hesaplanmalıdır. CR değeri 0,10'a eşit veya 0,10'dan küçük bulunursa, yargılar tutarlı olarak kabul edilir. CR'nin formülasyonu denklem 9.6'daki gibi ifade edilebilir.

$$CR = CI / RI \quad (9.6)$$

Rastgele indeks (RI) değeri Çizelge 9.1'de gösterilmiştir. RI, rastgelelik göstergesidir ve matriste karşılaştırılan madde sayısına tabidir (Saaty, 1994).

Çizelge 9.1 : Rastgele indeks değeri.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Dördüncü adımda karar matrisi oluşturulur. Karar matrisi, öznelite için mevcut olan tüm bilgileri temsil etmektedir. Karar matrisinin yapısı denklem 9.7'deki gibi tanımlanabilir;

$$D = \begin{bmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & \cdots & C_n \\ A_1 & x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdots & x_{2n} \\ A_3 & x_{31} & x_{32} & x_{33} & \cdots & x_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (9.7)$$

Burada, $A_i = i^{th}$ alternatifi ile ilgilidir ve x_{ij} , alternatifi c_j kriterine göre performans değeridir.

Beşinci adımda normalleştirilmiş karar matrisinin hesaplanması yapılır. Bu adım, denklem 9.8'i kullanarak karar matrisi D'yi normalleştirir;

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ and } j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (9.8)$$

Altıncı adım, ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin hesaplanması adımdır. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi v_{ij} oluşturmak için ilgili ağırlık, normalleştirilmiş karar matrisi ile çarpılır. Hesaplama denklem 9.9'da verildiği şekildedir;

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (9.9)$$

w_j , j . özelliğin veya kriterin ağırlığıdır.

Adım (7): Bu adımda pozitif ideal çözüm (PIS) ve negatif ideal çözüm (NIS) belirlenir. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi satırındaki maksimum ve minimum değerler alınarak PIS ve NIS değerleri belirlenebilir.

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J) \text{ or } (\min v_{ij} | j \in J') \text{ for } i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \quad (9.10)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J) \text{ or } (\max v_{ij} | j \in J') \text{ for } i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (9.11)$$

Burada, $J = 1, 2, 3, \dots, n$. fayda (pozitif kriterler) ve $J' = 1, 2, 3, \dots, n$. maliyet (negatif kriterler) ile ilişkilidir.

Sekizinci adımda ayırma ölçüsünün hesaplanması yapılır. Her bir alternatifin PIS'den ayrılması denklem 9.12'de verilen formülle bulunabilir.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (9.12)$$

Aynı şekilde NIS'den ayrılma denklem 9.13'teki gibi tanımlanabilir;

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (9.13)$$

Bir diğer adımda, ideal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması, göreli yakınlık aşağıdaki denklem 9.14 ile ölçülmüştür;

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, \quad 0 < C_i^* < 1, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (9.14)$$

Son adım olarak, tercih sırasını sıralama (SMS etkililik değerlendirmesi) yapılır. Son adım, alternatifleri C_i^* 'nin azalan sırasına göre sıralamak için sağlanır. Bu adım, SMS etkinliğinde alternatif yılların bir karşılaştırmasını sağlar (Tan ve diğ., 2010).

9.2 Kriterlerin Kaplamadaki Rolü

Tank kaplaması üzerinde etkili olacak kriterler, kaplamaların üzerinde ilerlemeyi ölçmek veya daha fazla iyileştirme veya kaynak gerektiğini göstermek için kullanılabilecek eğilimleri izlemek için kullanılır. Uygulanacak olan metodun geçerlilik performansını izlemek için, gemilerden ve şirketlerden toplanan ilgili kayıt ve delillerden yararlanılabilir. Böylece elde edilen sonucun verimli bir sonuç olup olmadığı görülebilir. Ayrıca, kriterlere dayalı analiz, gemilerdeki tank güvenliği performansını iyileştirir. Ek olarak, bu uygulamanın üzerine kriterlerin uygulanması, emniyet koşullarının sistematik olarak gözden geçirilmesini sağlayacaktır. Belirlenen kriterler Çizelge 9.2'de verilmiştir.

Çizelge 9.2 : Belirlenen kriterler.

Kriter başlığı	Kriter numarası
Kaplamaların mekanik özellikleri	KPI ₁
Bakım ve Onarım eylemleri	KPI ₂
Kaplama uygulanması	KPI ₃
Havalandırma ve nem gidermenin rolü	KPI ₄
Tank kaplamasının soğurma ve dışa vurma özelliği	KPI ₅
Kargo temizliği	KPI ₆
Maliyet	KPI ₇

9.3 AHP Tekniği İle En Etkili Kriter Belirleme

Bu bölümde, kimyasal tanker gemilerinde tank kaplamalarının etkinliğini ölçmek için önerilen AHP ve Bulanık TOPSİS tekniği kullanılacaktır. Modeli sergilemek için kimyasal tanker filosuna sahip bir şirketin yöneticileri, sektörde deneyim sahibi olan kaptanlar ve 2.Kaptanlar ile iletişim kurulup anket çalışması yapılmıştır.

Uygulama adımıda kriterler, kimyasal tanker gemilerindeki tank kaplaması uygulamasının etkinliğini ölçmeye yardımcı olur. Bu kriterler, gemilere uygulanacak tank kaplamasının performansının gözden geçirilmesinde de yardımcı olabilir. Ayrıca, kriterlere nasıl öncelik verileceğini bilmek, kaplamada karar verme sürecini kolaylaştırmamıza yardımcı olabilir.

Kaplamada kriterler belirlendikten sonra, her bir kriterin önem yoğunluğunu gösteren analitik hiyerarşi sürecinin 1-9 ölçeğine göre ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Çizelge 9.3'te verilen kriterlere ilişkin yargılar, ikili karşılaştırma matrisi oluşturmak için karşılaşılan problemlerden belirlenmiştir.

Çizelge 9.3 : İkili karşılaştırma matris değerleri.

	KPI ₁	KPI ₂	KPI ₃	KPI ₄	KPI ₅	KPI ₆	KPI ₇
KPI ₁	Eşit derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	1/ Orta derecede önemli	1/ Orta derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	1/ Kuvvetli derecede önemli
KPI ₂		Eşit derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Orta derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	1/ Orta derecede önemli
KPI ₃			Eşit derecede önemli	1/ Orta derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	1/ Orta derecede önemli
KPI ₄				Eşit derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kesin önemli	Eşit derecede önemli
KPI ₅					Eşit derecede önemli	Orta derecede önemli	1/ Kuvvetli derecede önemli
KPI ₆						Eşit derecede önemli	1/ Çok kuvvetli derecede önemli
KPI ₇							Eşit derecede önemli

Her yargı için karşılık gelen sayısal eşdeğerler Tablo-4'te gösterilmiştir. Örneğin, “Kaplamların Mekanik Özellikleri” (KPI1), “Tank Kaplamasının Soğurma Ve Dışarıya Vurma Özelliği”ne (KPI5) göre daha az öneme sahiptir; bu nedenle, bu karşılaştırma için 3 numara atanmıştır. Benzer şekilde, KPI1'in KPI5'ye karşılıklı denklemi, belirtilen denklemde önerildiği gibi 1/3 olarak atanır. Verilen anket cevaplarının ortalaması alındığında ortaya çıkan tablo, Çizelge 9.4'te verilmiştir.

Çizelge 9.4 : Kriterlerin ortalama cevapları.

	KPI ₁	KPI ₂	KPI ₃	KPI ₄	KPI ₅	KPI ₆	KPI ₇
KPI ₁	1.00	5.00	7.00	5.00	1/3	1/3	7.00
KPI ₂	1/5	1.00	7.00	5.00	1.00	3.00	5.00
KPI ₃	1/7	1/7	1.00	1/3	1.00	1/7	3.00
KPI ₄	1/5	1/5	3.00	1.00	1.00	1/7	5.00
KPI ₅	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1/3	5.00
KPI ₆	3.00	1/3	7.00	3.00	3.00	1.00	9.00
KPI ₇	1/7	1/5	1/3	1/5	1/5	1/9	1.00

İkili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra, değerlerin normalleştirilmiş temel denkleme ihtiyacı vardır. Bu denklemdaki temel değer, sütundaki her bir girişi, sütundaki girişlerin toplamına bölerek bulunur. Çizelge 9.5’te her bir kriterin normalize edilmiş değeri gösterilmektedir.

Çizelge 9.5 : Her bir kriterin normalize edilmiş değeri.

	KPI ₁	KPI ₂	KPI ₃	KPI ₄	KPI ₅	KPI ₆	KPI ₇
KPI ₁	0,13	0,63	0,27	0,32	0,04	0,06	0,20
KPI ₂	0,03	0,13	0,27	0,32	0,13	0,57	0,14
KPI ₃	0,02	0,02	0,04	0,02	0,13	0,03	0,09
KPI ₄	0,03	0,03	0,11	0,06	0,13	0,06	0,14
KPI ₅	0,39	0,13	0,04	0,06	0,13	0,06	0,14
KPI ₆	0,39	0,04	0,27	0,19	0,40	0,19	0,26
KPI ₇	0,02	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,03

Kriterlerin öncelik ağırlıkları denklem 3’e göre hesaplanır. Her satırdaki değerlerin ortalaması, kriterlerin göreceli ağırlıklarının tahminini verir. Her bir kriterin sayısal ağırlık değerleri ve yüzdeleri Çizelge 9.6’da verilmektedir.

Çizelge 9.6 : Her bir kriterin ağırlık değeri.

	Kriter Ağırlığı	Yüzdesi
KPI ₁	0,24	23,72%
KPI ₂	0,23	22,68%
KPI ₃	0,05	4,88%
KPI ₄	0,08	8,13%
KPI ₅	0,14	13,70%
KPI ₆	0,25	24,82%
KPI ₇	0,02	2,08%

Çizelge 9.6'ya göre kriterler içerisinde kargo temizliği en yüksek ağırlık kriterine sahiptir ve yüzdesel olarak %24.82'lik bir orana sahiptir. Daha sonrasında sırasıyla kaplamaların mekanik özellikleri ve bakım-onarım eylemleri gelmektedir. Kargo temizliği ağırlık tablosunun en üstünde yer aldığından, tank kaplamasında tercih edilecek en önemli kriter olarak belirlenmiştir. Tank kaplama türünde seçim yapılabilmesi için öncelik olarak, kaplamanın kargo temizliğine ne kadar uyum sağladığı göz önünde bulundurulur.

Kaplamaların mekanik özellikleri, tank kaplaması seçiminden dikkate alınması gereken 2.en önemli kriterdir. Bu mekanik özellikler; kaplamanın esnekliği, dayanıklılığı, yapışma oranı, sertlik derecesi, aşınması, kayganlık yapısı ve kendi içinde oluşan gerilmelerdir.

Öncelik kriter ağırlığı hesaplandıktan sonra, ikili karşılaştırmadaki yargıların tutarlılığını sağlamak için matrisin tutarlılık derecesi kontrol edilir. Matrisin tutarlılık oranı (CR) verilen denklemler kullanılarak hesaplanabilir. 7 faktör matriste karşılaştırıldığından rastgele indeks (RI) değeri 1,32 olacaktır. Sonuç olarak, CR değeri 0.099 olarak bulunabilir. CR değeri 0.10'dan küçük olduğu için karşılaştırma matrisine eklenen tüm veriler tutarlılık olarak kabul edilir.

9.4 Bulanık TOPSİS Tekniği İle En İdeal Tank Kaplama Tipinin Belirlenmesi

Yapılan çalışmada 7 uzman görüşü alınarak epoksi(A1), çinko silikat(A2), paslanmaz çelik(A3) ve marine line(A4) kaplamaları arasından en uygun tank kaplama çeşidi

belirlenmiştir. Bu kaplama tipi belirlenirken bulanık topsis tekniği kullanılmıştır. Bulanık topsis tekniğinde, alternatif seçiminde kullanılan kriter ağırlıkları ahp ile belirlenmiş, daha sonrasında metoda uygun bir şekilde sayısal verileri girilmiştir. Tank kaplama seçimi için belirlenen kriterler; kaplamanın mekanik özellikleri (KPI₁), kaplamanın bakım ve onarım eylemleri (KPI₂), kaplamanın uygulama zorluk derecesi (KPI₃), kaplamanın havalandırma ve nem gidermedeki rolü (KPI₄), kaplamanın soğurma ve dışa vurma özellikleri (KPI₅), kargo temizliği (KPI₆) ve kaplamanın maliyetidir (KPI₇). Uygulanan metotta karar vericiler; D1, D2, D3, D4, D5, D6 ve D7 ifadeleriyle belirtilmiştir.

Uzmanlarla yapılan görüşmelerde, kimyasal tankerlerde tank kaplamaları alternatiflerini, bu kaplamaların kriterlerine bağlı olarak dilsel ifadeyle belirtilmesi istenmiştir. Bu dilsel ifade kullanılırken, bulanık mantık tekniğine bağlı olarak Çizelge 9.7'deki ifadeler kullanılmıştır.

Çizelge 9.7 : Bulanık mantık dilsel ifadeler.

Kriter Ağırlığı	Bulanık Sayı Değeri
Çok düşük (VL)	(0, 0, 0.1)
Düşük (L)	(0, 0.1, 0.3)
Düşük Orta (ML)	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
Yüksek Orta (MH)	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek (H)	(0.7, 0.9, 1.0)
Çok Yüksek (VH)	(0.9, 1.0, 1.0)

Yapılan görüşmeler sonucunda, 7 uzmandan alınan dilsel ifadelerin sayısal verilere dönüştürülmesi Çizelge 9.8' gösterildiği gibidir.

Çizelge 9.8 : Dilsel ifadelerin sayısal verilere dönüştürülmesi.

D1/2/3/4/5/6/7	KPI ₁			KPI ₂			KPI ₃			KPI ₄			KPI ₅			KPI ₆			KPI ₇		
Alternatifler	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1	0,10	0,30	0,50	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,50	0,30	0,50	0,70	0,50	0,70	0,90	0,30	0,50	0,70	0,30	0,50	0,70
A2	0,00	0,10	0,30	0,50	0,70	0,90	0,00	0,10	0,30	0,00	0,10	0,30	0,70	0,90	1,00	0,50	0,70	0,90	0,00	0,10	0,30
A3	0,90	1,00	1,00	0,70	0,90	1,00	0,70	0,90	1,00	0,70	0,90	1,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,30	0,90	1,00	1,00
A4	0,50	0,70	0,90	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,50	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90
A1	0,30	0,50	0,70	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,50	0,00	0,10	0,30	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50	0,00	0,00	0,10
A2	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,30	0,50	0,70	0,00	0,00	0,10	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90	0,00	0,10	0,30
A3	0,90	1,00	1,00	0,00	0,10	0,30	0,70	0,90	1,00	0,70	0,90	1,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10	0,90	1,00	1,00
A4	0,50	0,70	0,90	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90	0,10	0,30	0,50	0,00	0,10	0,30	0,50	0,70	0,90
A1	0,30	0,50	0,70	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50	0,00	0,10	0,30	0,70	0,90	1,00	0,10	0,30	0,50
A2	0,30	0,50	0,70	0,70	0,90	1,00	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,50	0,30	0,50	0,70	0,70	0,90	1,00	0,30	0,50	0,70
A3	0,50	0,70	0,90	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,70	0,90	1,00	0,10	0,30	0,50	0,30	0,50	0,70	0,70	0,90	1,00
A4	0,70	0,90	1,00	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90	0,00	0,10	0,30	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90
A1	0,30	0,50	0,70	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,30	0,50	0,70	0,00	0,00	0,10
A2	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90	0,00	0,00	0,10	0,70	0,90	1,00	0,50	0,70	0,90	0,00	0,10	0,30
A3	9,00	1,00	1,00	0,70	0,90	1,00	0,50	0,70	0,90	0,70	0,90	1,00	0,00	0,10	0,30	0,00	0,10	0,30	0,90	1,00	1,00
A4	0,50	0,70	0,90	0,30	0,50	0,70	0,70	0,90	1,00	0,50	0,70	0,90	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90
A1	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,30	0,50	0,70	0,30	0,50	0,70	0,30	0,50	0,70	0,50	0,70	0,90	0,10	0,30	0,50
A2	0,10	0,30	0,50	0,70	0,90	1,00	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,70	0,90	1,00	0,30	0,50	0,70
A3	0,70	0,90	1,00	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,70	0,90	1,00	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50	0,70	0,90	1,00
A4	0,70	0,90	1,00	0,30	0,50	0,70	0,30	0,50	0,70	0,70	0,90	1,00	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90
A1	0,10	0,30	0,50	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,10	0,30	0,50
A2	0,10	0,30	0,50	0,70	0,90	1,00	0,50	0,70	0,90	0,00	0,10	0,30	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90	0,30	0,50	0,70
A3	0,70	0,90	1,00	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,70	0,90	1,00	0,00	0,10	0,30	0,10	0,30	0,50	0,90	1,00	1,00
A4	0,30	0,50	0,70	0,30	0,50	0,70	0,70	0,90	1,00	0,50	0,70	0,90	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90
A1	0,30	0,50	0,70	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,50	0,00	0,10	0,30	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50	0,00	0,00	0,10
A2	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,30	0,50	0,70	0,00	0,00	0,10	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90	0,10	0,10	0,30
A3	0,90	1,00	1,00	0,00	0,10	0,30	0,70	0,90	1,00	0,70	0,90	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10	0,90	1,00	1,00
A4	0,50	0,70	0,90	0,10	0,30	0,50	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90	0,10	0,30	0,50	0,00	0,10	0,30	0,50	0,70	0,90

Topsis kısmında verilen formüller kullanılarak pozitif ideale en yakın olan çözüm (FPIS, A+) ve negatif ideal çözüm (FNIS, A⁻), Çizelge 9.9’da oluşturulmuştur.

Çizelge 9.9 : Pozitif ve negatif idelaller.

	KPI ₁			KPI ₂			KPI ₃			KPI ₄			KPI ₅			KPI ₆			KPI ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
FPIS A*	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
FNIS A-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Uzmanlar tarafından verilen cevapların, her cevap için ortalaması alınarak, Çizelge 9.10’da belirtildiği üzere bir ortalama ağırlık matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 9.10 : Ortalama ağırlık matrisi değerleri.

ORT.	KPI ₁			KPI ₂			KPI ₃			KPI ₄			KPI ₅			KPI ₆			KPI ₇		
ALT.	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1	0,21	0,41	0,61	0,33	0,53	0,73	0,13	0,33	0,53	0,13	0,30	0,50	0,23	0,41	0,61	0,36	0,56	0,74	0,09	0,20	0,36
A2	0,11	0,30	0,50	0,59	0,79	0,94	0,31	0,50	0,70	0,03	0,11	0,27	0,53	0,73	0,90	0,56	0,76	0,93	0,14	0,27	0,47
A3	1,94	0,93	0,99	0,24	0,41	0,59	0,59	0,79	0,94	0,70	0,90	1,00	0,04	0,13	0,27	0,09	0,19	0,36	0,84	0,97	1,00
A4	0,53	0,73	0,90	0,21	0,41	0,61	0,47	0,67	0,84	0,50	0,70	0,89	0,09	0,27	0,47	0,07	0,24	0,44	0,50	0,70	0,90

Belirlenen kriterlerde, verilen cevaplardaki maksimum ve minimum oranı gözetilerek, aynı zamanda gözetilen bu maksimum ve minimum oranlarının bulanık mantık çerçevesinde yapılan hesaplamalarıyla Çizelge 9.11’de normalize edilmiş bir bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 9.11 : Normalize edilmiş karar matris değerleri.

NORM..	KPI ₁			KPI ₂			KPI ₃			KPI ₄			KPI ₅			KPI ₆			KPI ₇		
ALT.	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1	0,22	0,42	0,62	0,29	0,41	0,65	0,24	0,39	1,00	0,13	0,30	0,51	0,07	0,10	0,19	0,10	0,13	0,20	0,24	0,43	1,00
A2	0,12	0,30	0,51	0,23	0,27	0,37	0,18	0,26	0,41	0,03	0,12	0,28	0,05	0,06	0,08	0,08	0,09	0,13	0,18	0,32	0,60
A3	1,97	0,94	1,00	0,37	0,52	0,88	0,14	0,16	0,22	0,71	0,91	1,01	0,16	0,33	1,00	0,20	0,38	0,83	0,09	0,09	0,10
A4	0,54	0,74	0,91	0,35	0,52	1,00	0,15	0,19	0,27	0,51	0,71	0,90	0,09	0,16	0,50	0,16	0,29	1,00	0,10	0,12	0,17

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile belirlenen tank kaplamalarındaki önem sırasına göre kriter ağırlıkları, normalize edilmiş bu matrisle birleştirilerek Çizelge 9.12’de görüldüğü gibi ‘ağırlıklandırılmış normalize bulanık mantık matrisi’ oluşturulmuştur.

Çizelge 9.12 : Ağırlıklandırılmış normalize bulanık mantık matrisi.

AĞIR. NORM..	KPI ₁			KPI ₂			KPI ₃			KPI ₄			KPI ₅			KPI ₆			KPI ₇		
ALT.	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1	0,16	0,38	0,62	0,21	0,36	0,65	0,02	0,12	0,50	0,04	0,15	0,36	0,03	0,07	0,17	0,07	0,12	0,20	0,00	0,04	0,30
A2	0,08	0,28	0,51	0,16	0,25	0,37	0,02	0,08	0,20	0,01	0,06	0,19	0,02	0,04	0,07	0,06	0,09	0,13	0,00	0,03	0,18
A3	1,42	0,86	1,00	0,26	0,47	0,88	0,01	0,05	0,11	0,21	0,46	0,71	0,08	0,23	0,90	0,15	0,36	0,83	0,00	0,01	0,03
A4	0,39	0,67	0,91	0,25	0,47	1,00	0,02	0,06	0,14	0,15	0,36	0,63	0,05	0,11	0,45	0,12	0,27	1,00	0,00	0,01	0,05
W- ağırlık	0,72	0,91	1,00	0,71	0,90	1,00	0,10	0,30	0,50	0,30	0,50	0,70	0,50	0,70	0,90	0,77	0,93	1,00	0,00	0,10	0,30

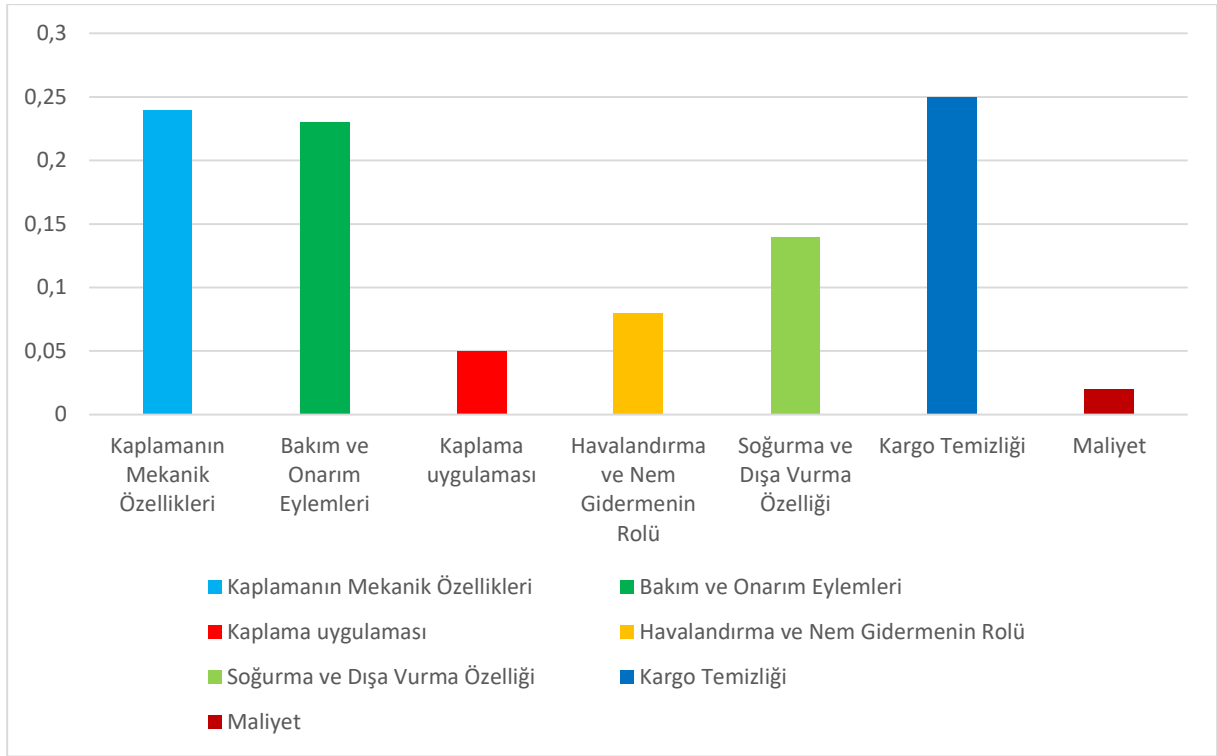
Ağırlıklandırılmış normalize bulanık mantık matrisi oluşturulduktan sonra, pozitif ideale en yakın olan çözüm ve negatif ideal çözüm değerleri hesaplanmış olur. Bu hesaplamalar sonucunda alternatifler için belirlenen yakınlık katsayıları; A1=0,247 – A2=0,153 – A3=0,423 ve A4=0,357 olarak bulunur.



10. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada; kimyasal tankerlerde günümüzde kullanılan 4 farklı tank kaplamasının tercih edilmesi sürecine etki edebilecek ölçülebilir kriterler belirlenmiş, alan uzmanlarının görüşü ile bu kriterlerin kaplama tercihi üzerindeki etki derecesi ve öncelik sıralaması tespit edilmiştir. Bu kriterler, tank kaplamalarında ortaya çıkması en olası problemler ve bu problemler sonucunda meydana gelebilecek aksaklıklar göz önünde bulundurularak, alan uzmanlarına danışarak ve detaylı bir literatür taraması yapılarak belirlenmiştir. Söz konusu kriterler; Kaplamanın Mekanik Özellikleri, Kaplamanın Bakım ve Onarım Eylemleri, Kaplamanın Uygulama Zorluk Derecesi, Kaplamanın Havalandırma ve Nem Gidermedeki Rolü, Kaplamanın Soğurma ve Dışa Vurma Özellikleri, Kargo Temizliği ile Kaplamanın Maliyeti olarak belirlenmiştir. Bunlar arasında tank kaplaması üzerinde en etkili olanı seçilirken kaptan, uzakyol birinci zabıt, gemi işletmecisi ve tank kaplama uzmanından oluşan toplam 13 alan uzmanından destek alınmıştır.

Uzmanlarla yapılan görüşmeler sırasında, tez kapsamında hazırlanan anketlerin doldurulması istenmiştir. Elde edilen uzman görüşleri kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci kapsamında değerlendirilmiştir. Belirlenen 7 kriterin her birisi, bir diğeriyle karşılaştırılarak, 9 ile 1 arasında bir ölçeklendirme yapılmıştır. Yapılan bu değerlendirmelerin sonucunda, tüm kriterler ağırlıklarının toplamı 1,00 olacak şekilde tank kaplamaları için en önemli kriterin 0,25 ağırlığıyla Kargo Temizliği olduğu belirlenmiştir. Kargo Temizliği kriterini sırasıyla 0,24 ağırlığa sahip Kaplamaların Mekanik Özellikleri, 0,23 ağırlığıyla Kaplamalarda Bakım ve Onarım Eylemleri, 0,14 ağırlığıyla Kaplamalarda Soğurma ve Dışa Vurma Özellikleri, 0,08 ağırlığıyla Kaplamanın Havalandırma ve Nem Gidermedeki Rolü, 0,05 ağırlığıyla Kaplama Uygulamalarındaki Zorluklar ve en düşük etkiye sahip olarak 0,02 ağırlığıyla Kaplamanın Maliyeti olarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerler, Şekil 10.1’de grafik olarak gösterilmiştir.

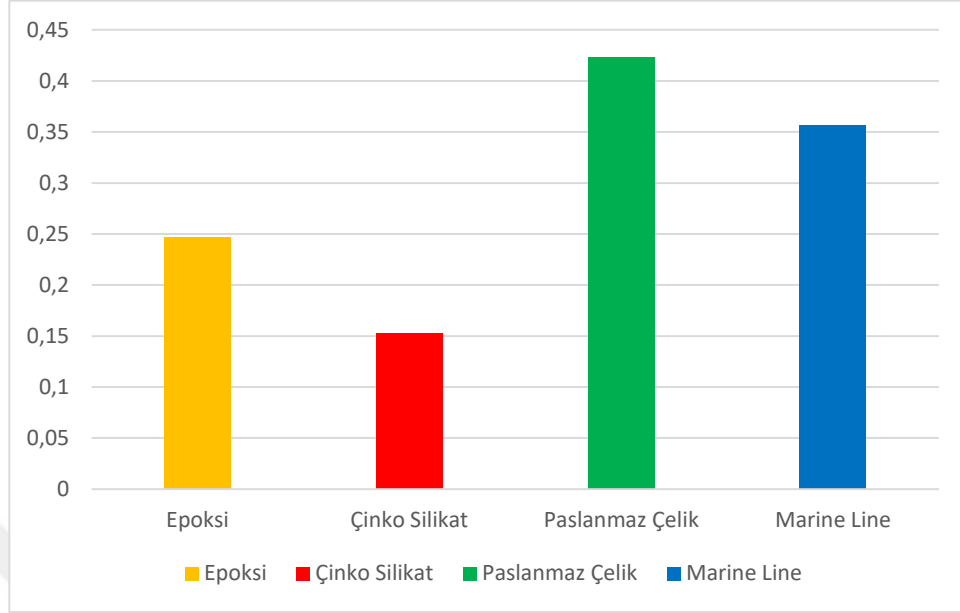


Şekil 10.1 : Kriter ağırlıkları.

Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra, günümüzde kimyasal tankerlerde kullanılan ve Epoksi, Çinko Silikat, Paslanmaz Çelik ve APC Marine Line'dan oluşan 4 kaplama türünün her biri bu kriterler çerçevesinde ayrı ayrı değerlendirilmiş, en son adımda bulunan sonuç kriter ağırlıklarıyla normalize edilmiştir. Belirlenen kaplama türü alternatiflerinin seçiminde, belirlenen kriterler sayısal verilere dayanmadığı için, yine çok kriterli karar verme mekanizması olan TOPSIS metodu kullanılmıştır. Uzmanların zihinlerindeki değerlendirme ve karar verme mekanizmalarına daha uygun olması nedeniyle değerlendirmelerin sayısal kıyaslamalar ile değil, dilsel ifadeler ile ortaya konması tercih edilmiştir. Başka bir deyişle sonuçların daha objektif ve doğru elde edilebilmesi için bulanık mantık yaklaşımından faydalanılmıştır.

Bulanıklaştırma yönteminde her bir kriter için belirlenen en yüksek dilsel ifade olan Çok Yüksek(VH) 0,9-1,0-1,0 değerine karşılık ve en düşük puan Çok Düşük(VL) 0,0-0,1-0,1 değerine karşılık gelmektedir. Bu sayısal veriler çerçevesinde, her bir alternatif için tüm kriterler uzmanlar tarafından anket aracılığıyla değerlendirilmiş, ortaya çıkan sonuçta en yüksek ağırlığa sahip alternatif 0,423 ile Paslanmaz Çelik olmuştur. Paslanmaz çeliği takiben 0,357 ağırlığıyla Marine Line, 0,247 ağırlığıyla Epoksi ve en

düşük olarak 0,153 ağırlığıyla Çinko Silikat kaplama türü bulunmuştur. Elde edilen değerler, Şekil 10.2’de grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 10.2 : Bulanık TOPSIS alternatif ağırlıkları.



11. SONUÇ

Kimyasal tankerler, dünya üzerindeki gemi sayısı içinde oldukça önemli bir paya sahiptir. Bu pay, taşımacılığın günden güne gelişen teknolojilerle ve oluşan ihtiyacın artmasından dolayı büyümektedir. Kimyasal tanker işletmeleri için en önemli faktörler geminin emniyetli bir şekilde seyrini sağlamak, gemi üzerindeki yükün herhangi bir bozulmaya karşı olacak tüm önlemleri alarak teslimatını gerçekleştirmektir. Bu bağlamda yükün emniyetli bir şekilde taşınabilmesi için, kimyasal tankerlerde kullanılan tank kaplaması çok önemlidir. Günümüzde kullanılan tank kaplamaları; epoksi, çinko silikat, paslanmaz çelik ve marine line kaplamadır. Bu kaplamaların her biri, kendi özellikleri bakımından birbirinden avantajlı ve dezavantajlı olduğu durumlar vardır. Kimyasal tankerlerde bir tank kaplaması yapılacağı zaman, bu kaplamanın karar vericileri tarafından, birçok kriterin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, kimyasal tankerlerde tank kaplamalarının, uzmanlar ve araştırmalar sonucu belirlenen kriterler çerçevesinde, kriterlerin önem sıralamasına ve günümüzde kullanılmakta olan tank kaplama türleri arasından gemi işletmeleri için en uygun olanı seçme problemine yer verilmiştir. Bu problemlere çözüm aranırken, çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Kriterlerin önem sırasını belirlerken, uzman kişiler tarafından doldurulan anketler, AHP yönteminin içeriğiyle formülize edilerek, ağırlık oranlarıyla bir sıralama yapılmıştır. Bu sonuca göre; tank kaplamaları için belirlenen en etkili kriter, kaplamanın kargo temizliğine etkisidir. Günümüzde kullanılan tank kaplamaları arasından, belirlenen kriterler bağlamında en etkili olanı seçerken TOPSIS yöntemine başvurulmuştur. Bu yöntemde uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucunda dilsel ifadeler alınmış olup, bu dilsel ifadeleri matematiksel ifadelere dönüştürmek için bulanık mantığa kullanılmıştır. Tank kaplamaları seçimi üzerinde uygulanan bulanık TOPSIS yöntemine göre; belirlenen kriterler çerçevesinde en uygun olan tank kaplama tipi paslanmaz çelik; kullanılması uygunluk açısından en az değere sahip olan kaplama tipi ise çinko silikat olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma; kimyasal tanker işletmecilerine, tersanelere ve uzmanlar tarafından işletilen tank kaplama firmalarına analitik çözüm sunarak faydalı olacağı düşünülmektedir. Çalışmaya katkı sağlayan uzman kişiler; uzakyol birinci zabitleri, gemi işletmecileri ve tank kaplama uzmanlarından seçilmiştir. Çalışmanın ileriki aşamalarda veri seti ile test edilmesi ve sonuçları karşılaştırılması planlanmaktadır. Ayrıca çalışmanın bulanık mantık tip-2 yöntem adaptasyonu ile genişletilerek, sonuçların karşılaştırılması planlanmaktadır.



KAYNAKLAR

- Ackermann, N.** (1998). Choosing the correct coatings for Cargo tanks. *Protective Coatings Europe*, 44-51.
- Al-Sabagh, A. M., Abdou, M. I., Migahed, M. A., Abd-Elwanees, S., Fadl, A. M. ve Deiab, A.** (2018). Investigations using potentiodynamic polarization measurements, cure durability, ultra violet immovability and abrasion resistance of polyamine cured ilmenite epoxy coating for oil and gas storage steel tanks in petroleum sector. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(3), 415-425. doi:10.1016/j.ejpe.2017.07.006
- Appleman, B. R.** (2000). Ventilation and dehumidification of ship ballast tanks for blasting and coating work. *Journal of Protective Coatings & Linings*, 17(4), 43-52.
- Awasthi, A., Chauhan, S. S. ve Goyal, S. K.** (2010). A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. *International Journal of Production Economics*, 126(2), 370-378.
- Berendsen, A.** (1998). Ship painting: current practice and systems in Europe. *Prot Coat Europe*, 4, 24-33.
- Blakey, J., Cogswell, S., DeVinney, S., FDortenberry, W. ve Miquez, E.** (2002). *Retention of Pre-Construction Primer in Tank Coating System*. Retrieved from
- Büyüközkan, G. ve Çifçi, G.** (2012). A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3000-3011.
- Chen, C.-T.** (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy sets and systems*, 114(1), 1-9.
- Corkhill, M.** (1976). *Chemical tankers: The ships and the market*: Fairplay Publications Limited.
- De Baere, K., Verstraelen, H., Rigo, P., Van Passel, S., Lenaerts, S. ve Potters, G.** (2013). Study on alternative approaches to corrosion protection of ballast tanks using an economic model. *Marine Structures*, 32, 1-17. doi:10.1016/j.marstruc.2013.02.003
- Dromgool, M.B.** (1996). Maximizing the Life of Tank Linings. *Journal of Protective Coatings and Linings*, 13, 62-75.
- Ganga, G. M. D., Carpinetti, L. C. R. ve Politano, P. R.** (2011). A fuzzy logic approach to supply chain performance management. *Gestão & produção*, 18(4), 755-774.
- Goldie, M.** (1974). *HIGH PERFORMANCE MATERIALS AND COATINGS FOR CARGO AND STORAGE TANKS*. Paper presented at the Corrosion in the Marine Environment: A Joint Conference Held on 8 and 9 November 1973.
- Grosso, M., Pacheco, C. J., Arenas, M. P., Lima, A. H. M., Margarit-Mattos, I. C. P., Soares, S. D. ve Pereira, G. R.** (2018). Eddy current and inspection of coatings for storage tanks. *Journal of Materials Research and Technology*, 7(3), 356-360. doi:10.1016/j.jmrt.2018.05.006

- Hwang, C.-L., Lai, Y.-J. ve Liu, T.-Y.** (1993). A new approach for multiple objective decision making. *Computers & operations research*, 20(8), 889-899.
- Hwang, C.-L. ve Yoon, K.** (1981). Methods for multiple attribute decision making. In *Multiple attribute decision making* (pp. 58-191): Springer.
- Kannan, G., Pokharel, S. ve Kumar, P. S.** (2009). A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider. *Resources, conservation and recycling*, 54(1), 28-36.
- Kendall, C.** (2001). The Business of Shipping, 7. bs., Centreville, Maryland, Cornel James J. In: Buckley Maritime Press.
- Ko, M., Tiwari, A. ve Mehnen, J.** (2010). A review of soft computing applications in supply chain management. *Applied Soft Computing*, 10(3), 661-674.
- Koleske, J. V.** (2006). Mechanical properties of solid coatings. *Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation*.
- Kumar, S.** (2003). Tanker transportation, encyclopedia of energy. Ed. Cleveland Cutler, Maine Maritime Academy. In: Elsevier.
- Lo, C.-C., Chen, D.-Y., Tsai, C.-F. ve Chao, K.-M.** (2010). *Service selection based on fuzzy TOPSIS method*. Paper presented at the 2010 IEEE 24th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops.
- Marrion, A.** (1994). The Chemistry and Physics of Coatings, RSC Paperbacks. In: London: Royal Society of Chemistry. Livro de aprofundamento para professores
- Momber, A. W., Buchbach, S., Plagemann, P. ve Marquardt, T.** (2017). Edge coverage of organic coatings and corrosion protection over edges under simulated ballast water tank conditions. *Progress in Organic Coatings*, 108, 90-92. doi:10.1016/j.porgcoat.2017.03.016
- Momeni, M.** (2010). New topics in operations research . Tehran: Publications Forouzesh. In.
- Opricovic, S. ve Tzeng, G.-H.** (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European journal of operational research*, 156(2), 445-455.
- Özdağoğlu, A.** (2011). Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ve uygulama örnekleri. *TMMOB MMO Yayınları*(579).
- Ramanathan, R.** (2001). A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact assessment. *Journal of environmental management*, 63(1), 27-35.
- Saaty, T. L.** (1980a). The analytic hierarchy process (AHP). *The Journal of the Operational Research Society*, 41(11), 1073-1076.
- Saaty, T. L.** (1980b). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation: McGraw-Hill. New York.
- Saaty, T. L.** (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *interfaces*, 24(6), 19-43.
- Saaty, T. L.** (2000). *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process* (Vol. 6): RWS publications.
- Saaty, T. L. ve Sodenkamp, M.** (2008). Making decisions in hierarchic and network systems. *International Journal of Applied Decision Sciences*, 1(1), 24-79.
- Salem, L.** (1996). Epoxies for steel. *Journal of Protective Coatings and Linings*, 13, 77-98.
- Sheffield, A.** (2000). *Chemical Tank Protection*, 11(5), 31-33.

- Solmaz, M. S., Eyüpoğlu, A. ve Karabulut, N.** (2020). *Decision Making In Cargo Tank Coatings For Chemical Tanker Companies*.
- Tan, Y.T., Shen, L.Y., Langston, C. ve Liu, Y.** (2010). Construction project selection using fuzzy TOPSIS approach. *Journal of modelling in management*.
- Tokutake, K., Nishi, H., Ito, D., Okazaki, S. ve Serizawa, Y.** (2015). Relationship between degradation characteristics of organic coating on internal bottom plate of oil storage tank and constant-phase element parameter values. *Progress in Organic Coatings*, 87, 69-74. doi:10.1016/j.porgcoat.2015.05.004
- Vargas, L. G.** (1982). Reciprocal matrices with random coefficients. *Mathematical modelling*, 3(1), 69-81.
- Wang, Y.-M., Luo, Y. ve Hua, Z.-S.** (2007). A note on group decision-making based on concepts of ideal and anti-ideal points in a fuzzy environment. *Mathematical and Computer Modelling*, 46(9-10), 1256-1264.
- Wijnolst, N. ve Wergeland, T.** (2009). *Shipping innovation*: IOS Press.
- Wong, B. K. ve Lai, V. S.** (2011). A survey of the application of fuzzy set theory in production and operations management: 1998–2009. *International Journal of Production Economics*, 129(1), 157-168.
- Zahedi, F.** (1986). The analytic hierarchy process—a survey of the method and its applications. *interfaces*, 16(4), 96-108.
- Zhang, W., Song, Z., Song, J., Shi, Y., Qu, J., Qin, J. ve Zhang, R.** (2013). A systematic laboratory study on an anticorrosive cool coating of oil storage tanks for evaporation loss control and energy conservation. *Energy*, 58, 617-627. doi:10.1016/j.energy.2013.06.044
- Url-1.** <www.statista.com>. erişim tarihi 09.09.2021.
- Url-2.** <<https://www.amarineblog.com>>. erişim tarihi 03.01.2022.
- Url-3.** <<https://www.bimco.org/en/Education/Seascapes>>. erişim tarihi 09.11.2021.
- Url-4.** <<http://www.marineinsight.com/>>. erişim tarihi 09.03.2020.
- Url-5.** <<http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship>>. erişim tarihi 08.12.2021.
- Url-6.** <<http://www.chemicaltankerguide.com/sea-transport.html>>. erişim tarihi 29.03.2021.
- Url-7.** <www.freepik.com>. erişim tarihi 18.10.2021.
- Url-8.** <www.adv-polymer.com>. erişim tarihi 06.08.2021.
- Url-9.** <<http://www.adv-polymer.com>>. erişim tarihi 07.08.2021.
- Url-10.** <www.myseitime.com>. erişim tarihi 07.09.2021.
- Url-11.** <www.semanticscholar.org>. erişim tarihi 09.10.2021.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Murat Mert TEKELİ

--

Öğrenim Durumu

- **Lisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği

Mesleki Deneyi :

- M/T Sevgi (IMO CLass II Oil Chemical Tanker 3rd Off. (01.08.2016-01.12.2016)
- M/T Aylin (IMO CLass II Oil Chemical Tanker) 3rd Off. (04.01.2017-11.06.2017)
- M/T Gönül (IMO CLass II Oil Chemical Tanker) 2nd Off. (14.07.2017-22.11.2017)
- M/T Nevbahar(IMOCLassIIOil Chemical Tanker)2nd Off. (28.12.2017-22.06.2018)