KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TANKER GEMİSİ ATIKLARI VE TAŞIDIĞI YÜK ARTIKLARININ OLUŞTURDUĞU RİSKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNETİLMESİ

SİNAN AVCI

KOCAELİ 2023

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TANKER GEMİSİ ATIKLARI VE TAŞIDIĞI YÜK ARTIKLARININ OLUŞTURDUĞU RİSKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNETİLMESİ

SİNAN AVCI

Doç. Dr. Murat YORULMAZ
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed BAMYACI
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ÖZKAN
Jüri Üyesi, Yalova Üniv. .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 04.07.2023

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmasında,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

☒ Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

☐ Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler ..... tarafından ..... no'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Sinan AVCI

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan "***Lisanüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge***" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

☐ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

☒ Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

Sinan AVCI

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Mavi gezegen ismini alan gezegenimizin denizlerinin temiz kalması ve dolayısıyla içinde barındırdığı her türlü canlının yaşayabilmesi son derece önemlidir. İş sağlığı ve güvenliğinin ana konularından biri insan sağlığının ve çevrenin korunmasıdır. Bu bakımdan gemi atıkları ve yük artıklarının iş sağlığı ve güvenliği ekseninde değerlendirilmesi son derece önemlidir.

Tanker Gemisi Atıkları ve Taşıdığı Yük Artıklarının Oluşturduğu Risklerin Değerlendirilmesi ve Yönetilmesi konu başlıklı tez çalışmam sürecinde danışmanlığımı yürüten, bilgi ve tecrübesiyle desteğini esirgemeyen kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Murat YORULMAZ'a,

Bu zor süreçte yanımda olan ve elinden gelenin fazlasını yapan sevgili eşim İnanç'a,

Oyun zamanından çaldığım kızım İda'ya,

Teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz-2023 Sinan AVCI

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
TABLOLAR DİZİNİ vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xi
ÖZET xiii
ABSTRACT xiv
1. GİRİŞ 1
2. GENEL BİLGİLER 4
2.1. Denizyolu Taşımacılığı 4
2.2. Tanker Taşımacılığı 4
2.3. Tanker Operasyonları 5
2.4. Gemi Kaynaklı Atıklar 5
2.4.1. Sintine Suyu 5
2.4.2. Slaç 5
2.4.3. Pis Su 6
2.4.4. Kullanılmış Yağlama Yağları 6
2.4.5. Çöpler 6
2.4.6. Baca Gazı Temizleme Atıkları 7
2.5. Yük Kaynaklı Artıklar 7
2.5.1. Slop (Petrol ve Petrol Türevli) 7
2.5.2. Slop (Zehirli ve Tehlikeli Sıvı Maddeler) 7
2.5.3. Kirli Balast 7
2.5.4. Ön Yıkama 8
2.5.5. Yük ve Yakıt Numuneleri 8
2.6. Gemide Bulunan Atık ve Artık Bertaraf Cihazları 8
2.6.1. Sintine Separatörü 9
2.6.2. Çöp Yakma Kazanı 9
2.6.3. Atık Su Artıma Tesisi 10
2.6.4. Balast Suyu Arıtma Sistemleri 11
2.7. Gemi Bünyesinde Bulunan Atık ve Artık Toplama Tankları 11
2.8. Gemilerde Bulundurulması Gereken Belge ve Evraklar 13
2.8.1. Yağ Kayıt Defteri 13
2.8.2. Yük Kayıt Defterleri 13
2.8.3. Çöp Kayıt Defterleri 14
2.8.4. Balast Suyu Kayıt Defteri 14
2.8.5. Risk Değerlendirme Formları 14
2.8.6. Atık Tahliye Teslim Formu 15
2.9. Atık Alım Tesisleri 15
2.9.1. Liman Atık Alım Tesisi 15
2.9.2. Atık Alım Gemisi 16
2.10. Denizcilik Atıkları Uygulaması 17
2.11. Ulusal ve Uluslararası Mevzuatlar 17
2.11.1. MARPOL Sözleşmesi 18

2.11.2. Petrol Kirliliği Kazalarına Açık Denizlerde Müdahale Edilmesi Hakkında Uluslararası Sözleşme (INTERVENTION 1969) 22
2.11.3. Atıkların ve Diğer Maddelerin Denize Boşaltılması Yoluyla Deniz Kirliliğinin Önlenmesi Hakkında Sözleşme (LC 1972 ve LP 1996) 23
2.11.4. Petrol Kirliliğine Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İş Birliği ile İlgili Uluslararası Sözleşme (OPRC, 1990) 23
2.11.5. Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Kirlenme Olaylarına Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İş birliği Protokolü (OPRC-HNS Protokolü) 23
2.11.6. Gemi Balast Suyu ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Hakkında Uluslararası Sözleşme (BWM, 2004) 24
2.11.7. Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği 24
2.12. Atık ve Artıklar Konusunda Literatür İncelemesi 24
2.13. Fine-Kinney, Bulanık Fine-Kinney, AHP ve Bulanık AHP Yöntemleri ile İlgili Yapılmış Çalışmalar 30
3. YÖNTEM 34
3.1. Fine-Kinney Yöntemi 34
3.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process-AHP) 36
3.3. Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler 41
3.4. Bulanık Fine-Kinney Yöntemi 45
3.5. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP) 50
3.5.1. Bulanık AHP'nin Aşamaları 50
3.5.2. Liou ve Wang'ın Toplam İntegral Yöntemi 54
3.6. Amaç Hiyerarşisi 55
4. BULGULAR 59
4.1. Verilerin Toplanması ve Katılımcılar 59
4.2. Fine-Kinney Yöntemi ile Risklerin Derecelendirilmesi 61
4.3. Bulanık Fine-Kinney Yöntemi ile Risklerin Derecelendirilmesi 67
4.4. Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney Risk Skorlarının Karşılaştırılması 74
4.5. Bulanık AHP Yöntemi ile Risklerin Derecelendirilmesi 76
4.5.1. Uzman 1 İçin İkili Karşılaştırma Matrisleri, Ağırlıklar ve Sıralamalar 77
4.5.2. Tüm Uzmanlar İçin İkili Karşılaştırma Matrisleri, Ağırlıklar ve Sıralamalar 87
4.6. BAHP Yöntemi İçin Oranlanmış Dağılımlar 98
4.6.1. Tüm Uzmanlar İçin Ana Kriter Dağılımları 99
4.6.2. Tüm Uzmanlar İçin GKA Alt Kriter Dağılımları 99
4.6.3. Tüm Uzmanlar İçin YKA Alt Kriter Dağılımları 100
4.6.4. Tüm Uzmanlar İçin Tüm Alt Kriter Dağılımları 100
4.6.5. Tüm Uzmanlar İçin Alternatif Dağılımları 101
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 103
KAYNAKLAR 109
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 116
ÖZGEMİŞ 117

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Gemi sintine separatörü 9
Şekil 2.2. Gemi çöp yakma kazanı 10
Şekil 2.3. Kruvaziyer gemilerinde kullanılan örnek bir atık su artıma tesisi 10
Şekil 2.4. Balast suyu arıtma sistemleri 11
Şekil 2.5. Örnek bir gemide bulunabilecek atık ve artık toplama tankları 12
Şekil 2.6. Standart tahliye bağlantısı 12
Şekil 3.1. Örnek AHP hiyerarşik yapısı 37
Şekil 3.2. Yamuk bulanık sayı 42
Şekil 3.3. Üçgen bulanık sayı 43
Şekil 3.4. MATLAB bulanık çıkarım sistemi 45
Şekil 3.5. Olasılık üyelik fonksiyonu grafiği 46
Şekil 3.6. Frekans üyelik fonksiyonu grafiği 46
Şekil 3.7. Şiddet üyelik fonksiyonu grafiği 47
Şekil 3.8. Risk skoru üyelik fonksiyonu grafiği 47
Şekil 3.9. M_1 ve M_2 Bulanık Sayıların D kesişim noktası 53
Şekil 3.10. BAHP amaç hiyerarşisi 57
Şekil 4.1. Uzmanların mezuniyet dağılımları 60
Şekil 4.2. Çalışma pozisyonları 60
Şekil 4.3. Ana kriterler öncelik dağılımları 99
Şekil 4.4. GKA alt kriterleri oransal dağılımları 99
Şekil 4.5. YKA alt kriterleri oransal dağılımları 100
Şekil 4.6. Tüm alt kriterlerin dağılımı 101
Şekil 4.7. Alternatifler için oransal dağılımlar 101

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Gemilerden alınan atık miktarları 16
Tablo 2.2. Müsaade edilen emisyon değerleri 22
Tablo 2.3. Kürkürt oksit limitleri 22
Tablo 3.1. Fine-Kinney olasılık skalası 35
Tablo 3.2. Fine-Kinney frekans skalası 35
Tablo 3.3. Fine-Kinney şiddet (Ş) skalası 35
Tablo 3.4. Fine-Kinney risk skoru (R) skalası 36
Tablo 3.5. İkili karşılaştırma ölçeği 37
Tablo 3.6. İkili karşılaştırma matrisi 38
Tablo 3.7. Rassal indeks 40
Tablo 3.8. Olasılık değerleri için kullanılan bulanık ölçek 48
Tablo 3.9. Frekans değerleri için kullanılan bulanık ölçek 48
Tablo 3.10. Şiddet değerleri için kullanılan bulanık ölçek 49
Tablo 3.11. Risk skoru değerleri için kullanılan bulanık ölçek 49
Tablo 3.12. Bulanık AHP yöntemi ile değerlendirme çizelgesi 50
Tablo 3.13. Üçgen bulanık sayılar ve eşlenikleri 55
Tablo 3.14. Amaç hiyerarşisinde kullanılan kısaltmalar ve referansları 56
Tablo 3.15. Bulanık AHP ölçeği 58
Tablo 4.1. Uzmanların denizcilik tecrübeleri 60
Tablo 4.2 Gemi kaynaklı atıklar tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 61
Tablo 4.3. Yük kaynaklı artıklar tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 61
Tablo 4.4. Sintine suyu tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 62
Tablo 4.5. Slaç tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 62
Tablo 4.6. Pis su tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 63
Tablo 4.7. Kullanılmış yağlama yağları tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 63
Tablo 4.8. Çöpler tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 64
Tablo 4.9. Baca gazı temizleme atıkları tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 64
Tablo 4.10. Slop (petrol ve petrol ürünleri) tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 65
Tablo 4.11. Slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 65
Tablo 4.12. Kirli balast tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 66
Tablo 4.13. Ön yıkama suları tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 66
Tablo 4.14. Yük ve yakıt numuneleri tehlikesi için risklerin d erecelendirilmesi 67
Tablo 4.15. GKA tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 67
Tablo 4.16. YKA ana tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 68
Tablo 4.17. Sintine suyu alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 68
Tablo 4.18. Slaç alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 69
Tablo 4.19. Pis su alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 69
Tablo 4.20. Kullanılmış yağlama yağları alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 70
Tablo 4.21. Çöpler alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 70

Tablo 4.22. Baca gazı temizleme atıkları alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 71
Tablo 4.23. Slop (Petrol ve petrol ürünleri) alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 72
Tablo 4.24. Slop (Zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 72
Tablo 4.25. Kirli balast alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 73
Tablo 4.26. Ön yıkama suları alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 73
Tablo 4.27. Yük ve yakıt numuneleri alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi 74
Tablo 4.28. Ana kriterler için Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney risk skorlarının karşılaştırılması 74
Tablo 4.29. Gemi kaynaklı atıklar alt kriterleri için Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney risk skorlarının karşılaştırılması 75
Tablo 4.30. Gemi kaynaklı atıklar alt kriterleri için Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney risk skorlarının karşılaştırılması 76
Tablo 4.31. Uzman 1 Ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi 77
Tablo 4.32. Uzman 1 için Kriterlerin Ağırlıkları ve Sıralamaları 77
Tablo 4.33. Uzman 1 için gemi kaynaklı atılar alt kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisi ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
Tablo 4.34. Uzman 1 için yük kaynaklı artıklar alt kriterinin ikili karşılaştırma matrisi 78
Tablo 4.35. Uzman 1 için gemi kaynaklı atıklar alt kriterinin ağırlıkları ve sıralamaları 79
Tablo 4.36. Uzman 1 için yük kaynaklı artıklar alt kriterleri ağırlıkları ve sıralamaları 79
Tablo 4.37. Uzman 1 için sintine suyu alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi 80
Tablo 4.38. Uzman 1 için sintine suyu alt kriter alternatiflerinin ağırlıkları ve sıralamaları 80
Tablo 4.39. Uzman 1 slaç alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması 81
Tablo 4.40. Uzman 1 slaç alt kriteri için alternatif ağırlıkları 81
Tablo 4.41. Uzman 1 pis su alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması 81
Tablo 4.42. Uzman 1 pis su kriteri için alternatif ağırlıkları 82
Tablo 4.43. Uzman 1 kullanılmış yağlama yağları alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması 82
Tablo 4.44. Uzman 1 kullanılmış yağlama yağları alt kriteri için alternatif ağırlıkları 82
Tablo 4.45. Uzman 1 çöpler alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması 83
Tablo 4.46. Uzman 1 çöpler alt kriteri için alternatif ağırlıkları 83
Tablo 4.47. Uzman 1 baca gazı temizleme atıkları alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması 83
Tablo 4.48. Uzman 1 baca gazı temizleme atıkları alt kriteri için alternatif ağırlıkları 83
Tablo 4.49. Uzman 1 slop (petrol ve petrol ürünleri) atıkları alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması 84
Tablo 4.50. Uzman 1 slop (petrol ve petrol ürünleri) alt kriteri için alternatif ağırlıkları 84

Tablo 4.51. Uzman 1 slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) atıkları alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması 84
Tablo 4.52. Uzman 1 slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) alt kriteri için alternatif ağırlıkları 85
Tablo 4.53. Uzman 1 kirli balast alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması 85
Tablo 4.54. Uzman 1 kirli balast alt kriteri için alternatif ağırlıkları 85
Tablo 4.55. Uzman 1 ön yıkama suları alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması 86
Tablo 4.56. Uzman 1 kirli balast alt kriteri için alternatif ağırlıkları 86
Tablo 4.57. Uzman 1 yük yakıt numuneleri alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması 86
Tablo 4.58. Tüm uzmanların yük yakıt numuneleri alt kriteri için alternatif ağırlıkları 86
Tablo 4.59. Tüm uzmanlar için ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi 87
Tablo 4.60. Tüm uzmanlar için ana kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları 87
Tablo 4.61. GKA alt kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisi .....**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
Tablo 4.62. YKA alt kriterinin ikili karşılaştırma matrisi 88
Tablo 4.63. Tüm uzmanlar için gemi kaynaklı atıklar alt kriterleri için ağırlıklar ve sıralamalar 89
Tablo 4.64. Tüm uzmanlar için yük kaynaklı artıklar alt kriterleri için ağırlıkları ve sıralamaları 89
Tablo 4.65. Tüm uzmanlar için sintine suyu alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi 90
Tablo 4.66. Tüm uzmanların sintine suyu alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları 90
Tablo 4.67. Tüm uzmanlar için slaç alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi 91
Tablo 4.68. Tüm uzmanların slaç alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları 91
Tablo 4.69. Tüm uzmanlar için pis su alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi 91
Tablo 4.70. Tüm uzmanların pis su alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları 92
Tablo 4.71. Tüm uzmanlar için kullanılmış yağlama yağları alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi 92
Tablo 4.72. Tüm uzmanların kullanılmış yağlama yağları alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları 92
Tablo 4.73. Tüm uzmanlar için çöpler alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi 93
Tablo 4.74. Tüm uzmanların çöpler alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları 93
Tablo 4.75. Tüm uzmanlar için baca gazı temizleme artıkları alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi 93
Tablo 4.76. Tüm uzmanların baca gazı temizleme artıkları alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları 94

Tablo 4.77. Tüm uzmanlar için slop (petrol ve petrol ürünleri) alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi 94
Tablo 4.78. Tüm uzmanların slop (petrol ve petrol ürünleri) alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları 94
Tablo 4.79. Tüm uzmanlar için slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi 95
Tablo 4.80. Tüm uzmanların slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları 95
Tablo 4.81. Tüm uzmanlar için kirli balast alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi 96
Tablo 4.82. Tüm uzmanların kirli balast alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları 96
Tablo 4.83. Tüm uzmanlar için ön yıkama suları alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi 96
Tablo 4.84. Tüm uzmanların ön yıkama suları alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları 97
Tablo 4.85. Tüm uzmanlar için yük yakıt numuneleri alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi 97
Tablo 4.86. Tüm uzmanların yük yakıt numuneleri alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları 97
Tablo 4.87. BAHP oranlanmış dağılımlar 98

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

R	: Risk
O	: Olasılık
F	: Frekans
Ş	: Şiddet
X	: Nesne Kümesi
U	: Hedef Kümesi
W_i	: Öz vektör
B_i	: Normalize Edilmiş Matris
CR	: Tutarlılık Oranı
CI	: Tutarlılık İndeksini
RI	: Rassal İndeks
E_i	: Temel Değer
λ_{max}	: En Büyük Temel Değer
S_i	: Bulanık Sentetik Kapsam Değeri
W_i	: Ağırlık Değeri
W^1	: Ağırlık Vektörü
W	: Normalize Edilmiş Ağırlık Vektörü
M_d	: Tutarlılık Oranı

Kısaltmalar

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
BAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
BFK	: Bulanık Fine-Kinney
BWM	: Ballast Water Management (Balast Suyu Yönetimi)
DAU	: Denizcilik Atıkları Uygulaması
DTO	: Deniz Ticaret Odası
ECA	: Emission Control Areas (Emisyon Kontrol Alanları)
ES	: Expected Shortfall (Beklenen Esneklik)
FK	: Fine-Kinney
GAAAKY	: Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
GATS	: Gemi Atık Takip Sistemi
GESAMP	: Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (Deniz Çevre Korumasının Bilimsel Yönlerine İlişkin Ortak Uzmanlar Grubu)
HME	: Harmful To The Marine Environment (Deniz Ortamına Zararlı Maddeler)
IMDG Code	: International Maritime Dangerous Goods Code (Uluslararası Denizcilik Tehlikeli Madde Kodu)
IMO	: International Maritime Organization (Uluslararası Denizcilik Kurumu)
ISGOTT	: International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (Petrol Tankerleri ve Terminalleri için Uluslararası Güvenlik Rehberi)
İSTAÇ	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme Sanayi ve Ticaret A.Ş

LC	: London Convention (Londra Sözleşmesi)
LP	: Londra Protokolü
LTP	: Liman Tek Pencere Sistemi
MARPOL	: International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesine İlişkin Uluslararası Sözleşme)
MATLAB	: Matrix Laboratery (Matrix Laboratery Programı)
MKS	: Mavi Kart Sistemi
MPEC	: Marine Environment Protection Committee (Deniz Çevre Koruma Komitesi)
OPRC	: Petrol Kirliliğine Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İş Birliği ile İlgili Uluslararası Sözleşme
OPRC-HNS	: Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Kirlenme Olaylarına Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İş Birliği Protokolü
PPM	: Parts Per Million (Milyonda Bir Birim)
Ro-Ro	: Roll on-Roll of (Ro-Ro Gemisi)
WDR	: Waste Delivery Receipt (Atık Alım Fişi)

TANKER GEMİSİ ATIKLARI VE TAŞIDIĞI YÜK ARTIKLARININ OLUŞTURDUĞU RİSKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNETİLMESİ

ÖZET

İş sağlığı ve güvenliğinin ana konularından biri insan sağlığının ve çevrenin korunmasıdır. Bu bakımdan gemi atıklarının ve yük artıklarının iş sağlığı ve güvenliği ekseninde değerlendirilmesi son derece önemlidir. Çalışmada tanker gemisi atıkları ve taşıdığı yük artıklarının oluşturduğu risklerin, iş ve çevre güvenliği açısından çok yönlü analizleri yapılarak söz konusu risklerin düzeylerini, önem ve öncelik sıralarını belirlemek, önleyici ve düzeltici yöntemler geliştirmek amaçlanmıştır. Gemi kaynaklı atıklar ve yük kaynaklı artıklar için iki ana kriter ve on bir adet alt kriter belirlenmiştir. Riskler ise çevre kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar olarak sıralanmıştır. Amacın çözümüne yönelik, Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney yöntemleri; alanında uzman 5 kişilik bir ekip tarafından uygulanmış, Bulanık AHP yöntemi ise alanında uzman 17 kişiye ayrı ayrı uygulanmıştır. (Etik kurulu 05/10/2022 tarih ve 2022/14 numaralı toplantısında alınan 4 sıra sayılı karar). Fine-Kinney yöntemi ile risklerin önem dereceleri belirlenmiş, Bulanık Fine-Kinney ile sözel belirsizliğin önüne geçilmeye çalışılmış ve son olarak Bulanık AHP yöntemi kullanılarak tehlikelerin risk ağırlıkları hesaplanmıştır. Bulanık Fine-Kinney yönteminde veri girişleri için MATLAB programında Fuzzy Logic Designer uygulaması kullanılmış, Bulanık AHP yöntemi için ise Chang'ın "Genişletilmiş Analiz" ve Liou ve Wang'ın "Toplam İntegral" yaklaşımları birlikte uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda; gemi kaynaklı atıklar için %60, yük kaynaklı artıklar için %40 dağılım değerleri elde edilmiştir, alt kriterlerin dağılımları değerlendirildiğinde ise slaç %16, kullanılmış yağlama yağları %15, slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) %11 ve slop (petrol ve petrol ürünleri) %11 değerleri hesaplanmıştır. Riskler açısından deniz kirliliği %41 oranı ile en yüksek risk olurken %38 oranı ile çalışan zararları ikinci sırayı ve son sırayı da %21 oranı ile maddi zarar riski almıştır.

Anahtar Kelimler: Bulanık AHP, Bulanık Fine-Kinney, Fine-Kinney, Gemi Kaynaklı Atıklar, Yük Kaynaklı Artıklar.

THE EVALUATION AND MANAGEMENT OF THE RISKS OF TANKER SHIP WASTE AND THE WASTE OF THE CARGO CARRIED

ABSTRACT

One of the main concerns of occupational health and safety is the protection of human health and the environment. In this respect, it is significantly important to evaluate ship wastes and cargo residues in the terms of occupational health and safety. In this study, it is aimed to determine the levels of risks, the order of importance and priority of these risks, and to develop preventive and corrective methods for these risks by making multidimensional analyzes of the risks created by tanker ship wastes and cargo residues in terms of occupational and environmental safety. Two main criteria and eleven sub-criteria have been determined for ship-borne wastes and cargo-borne residues. Risks are listed as environmental pollution, damage to employees and financial loss. For the solution of the purpose, Fine-Kinney and Fuzzy Fine-Kinney methods were applied by a team of 5 experts, and the Fuzzy AHP method was applied separately to 17 experts in the field. (Decision numbered 4 taken at the meeting of the ethics committee dated 05/10/2022 and numbered 2022/14). The degree of importance of the risks was determined by means of the Fine-Kinney method, verbal uncertainty was avoided with the Fuzzy Fine-Kinney and finally the risk distributions of the hazards have been calculated using the Fuzzy AHP method. In the Fuzzy Fine - Kinney method, the Fuzzy Logic Designer application has been used in the MATLAB program for data entry. For the fuzzy AHP method, Chang's "Extended Analysis" approach was applied together with Liou and Wang's "Total Integral" approach. As a result of the study, 60% distribution values for ship-borne waste and 40% for cargo-borne waste were obtained. When the distributions of the sub-criteria were evaluated, 16% sludge, 15% used lubricating oils, 11% slop (toxic and dangerous liquid substances) and 11% slop (oil and oil products) have been obtained. According to the risks, marine pollution is the highest risk with a rate of 41%, while employee losses take the second place with a rate of 38%, and material damage risk takes the last place with a rate of 21%.

Keywords: Fuzzy AHP, Fuzzy Fine-Kinney, Fine-Kinney, Ship Borne Waste, Cargo Borne Residues.

1. GİRİŞ

Mavi gezegenimizin ismini aldığı denizlerin temiz kalması ve dolayısıyla içinde barındırdığı her türlü canlının yaşayabilmesi son derece önemlidir. Deniz kirliliğine sebep olan unsurların başında karasal kökenli kaynaklar ve deniz araçları yani gemiler gelmektedir (Özdemir, 2012). Dünya denizlerinde 118.928 kayıtlı gemi yüzmekte ve bunlardan; römorkörler, servis ve balıkçı gemileri çıkarıldığında 66.992 adet kayıtlı gemi kalmaktadır (Equasis, 2021). Artan insan nüfusu ve beraberinde getirdiği ihtiyaçların artması denizyolu taşımacılığının da yoğunlaşmasına sebep olmaktadır. Bu yoğun deniz trafiği deniz kazalarının yaşanmasına ve son 50 yılda yaşanan bu kazalar deniz kirliliğinin uluslararası bir soruna dönüşmesine neden olmuştur (Kaya, 2016). Denizyolu taşımacılığının neden olduğu kirletici unsurların azaltılması ve önüne geçilmesi yaşadığımız dünyanın gelecek kuşaklara temiz bir şekilde aktarılabilmesi için hayati bir önem taşımaktadır. Denizyolu taşımacılığında kullanılan gemi tipleri içinde en riskli olan tanker taşımacılığı büyük tehlike ve riskler barındırmaktadır (Büyük ve Yorulmaz, 2022). Tanker tipi gemilerin taşıdıkları yüklerin; petrol ve türevleri, kimyasal ve zehirli sıvı maddeler olması nedeniyle tehlikenin boyutunu diğer gemi tiplerine göre arttırmaktadır. Denizlerde yaşanan gemi kazalarının yanında; genel operasyonel işlemlerin de deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zararların üzerine etkileri vardır. Operasyonel işlemlerden kaynaklı kirlilik nedenlerinin başında; yağlı su tahliyesi, yükleme ve tahliye sırasında kazara dökülme, gemilerden boşaltılan atık sular, balast suları, çöp ve diğer katı atıklar, zehirli gemi boyaları ve makine egzozu sayılabilir (Iduk ve Samson, 2015). Gemi kaynaklı atıkların ve taşınan yükün oluşturduğu artıkların gemi bünyesinde toplanması, bertaraf edilmesi ve kalan ürünlerin gemi dışına transferleri önemli bir sorundur. Gemiden atık alım tesislerine yapılan transferler sırasında gemi ve liman atık alım tesisleri arasındaki prosedürlerin uygulanması, yaşanabilecek kazaların önüne geçilebilmesi açısından son derece önemlidir. Gemilerin yükleme ve tahliye operasyonları için limanları kullanması, limanlarda oluşan atıkların çoğunluğunun gemi kaynaklı olmasına sebep olmaktadır (Demir, 2021). Bu bakımdan limanlardaki gemi atık depolama alanlarının yeterli kapasitede, personelin alanında uzman ve liman atık bertaraf planlarının yapılmış olması gerekmektedir. Buradan hareketle gemi ve liman kaynaklı çevresel risklerin önlenmesi ve bu sayede gelecek kuşaklara temiz bir dünya bırakabilmek için yeşil liman

kavramı doğmuş olup özelikle son yıllarda bu alanda yapılan akademik çalışmalar artmıştır (Sanrı, 2021). Atık ve artıkların kaza, maddi hasar ve çevre kirliliğine sebep olmadan yok edilebilmesi için gemi, liman ve kara atık alım tesislerinin risk yönetimi açısından işlevselliği son derece önemlidir.

Atıkların, artıkların çevreye ve insan sağlığına zarar verecek şekilde kazara veya kasti olarak deniz ortamına verilmesi iş sağlığı ve güvenliğinin ana konularından olan insan sağlığı ve çevrenin korunması açısından önemlidir. Bu bakımdan gemi atıkları, yük artıklarının iş sağlığı ve güvenliği ekseninde değerlendirilmesi gerekir. Risk değerlendirilmesi için ilk yapılması gereken mevcut tehlikenin tespiti ve tanımlanması olmalıdır. Eğer bir tehlike yoksa diğer işlem basamaklarına geçmenin de bir anlamı olmayacaktır (Bilir, 2016).

Bu çalışmanın amacı, gemi atıkları ve taşıdığı yük artıklarının oluşturduğu tehlikelerin tanımlanması, risklerin iş ve çevre güvenliği açısından çok yönlü analizlerinin yapılması, söz konusu risklerin düzeylerini, önem ve öncelik sıralarının belirlenmesi, önleyici ve düzeltici yöntemlere referans olması bu sayede gemi emniyetinin iyileştirilmesi olarak tanımlanabilir. Çevre kirliği ve kazalar için en yüksek riski oluşturmasından dolayı tanker gemilerini seçilmiştir (Tromiadis ve Stanca, 2014). Tankerlerinin taşıdıkları petrol miktarı sebebiyle yüksek çevre riski oluşturmakta ve son yıllarda yapılan çalışmalarda bu gemi tipine yoğunlaşılmaktadır (Mobilik ve diğ. 2016). Çalışma için yüksek riskli tanker gemilerinin seçilmesi, tehlikelerin belirlenmesi, risk ağırlıklarının hesaplanması ve öncelik sıralarının tespiti için hibrit bir yöntem uygulamış olup yapılan çalışma teorik katkısının yanında tanker gemilerinin emniyetinin iyileştirilmesine de katkı sağlayacaktır.

Bu amaçla literatür çalışması ve uzman görüşleri alınarak tanker gemisi atıkları ve taşıdığı yük artıklarının oluşturduğu 11 tehlike belirlenmiştir. Uzman bir ekip Fine Kinney ve Bulanık Fine-Kinney yöntemlerini uygulamış, FAHP için ise Google forms üzerinden uzmanların katılımı sağlanmıştır. Bu anketler güvenilirlik hesaplamasından sonra uygun olanlar çalışmaya dahil edilmiştir. Fine-Kinney yöntemi ile risklerin önem dereceleri belirlenmiş, bulanık Fine-Kinney ile sözel belirsizliğin önüne geçilmeye çalışılmış ve son olarak BAHP yöntemi kullanılarak tehlikelerin risk ağırlıkları

hesaplanmıştır. Çalışmanın buraya kadar olan kısmı birinci bölümü oluşturmakla birlikte çalışmanın diğer bölümleri aşağıda özet olarak açıklandığı gibidir.

İkinci bölümde denizcilik sektöründe petrol ve kimyasal tanker taşımacılığının genel özellikleri açıklanmıştır. Gemi atıkları ve yük artıkları sınıflandırılmış, gemi bünyesinde bertaraf edilme yöntemleri ve ekipmanlarından söz edilmiştir. Bu bölümde son olarak ise bertaraf edilemeyen atık ve artıkların gemiden kara veya yüzer tesislere tahliye süreçlerine değinilmiştir. Ayrıca literatürde gemi atıkları ve yük artıkları alanında yapılmış çalışmalardan bahsedilmiş, Fine-Kinney, Bulanık Fine-Kinney, Bulanık AHP yöntemleriyle yapılanan çalışmalara da yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan Fine-Kinney, Bulanık Fine-Kinney ve Bulanık AHP yöntemleri açıklanmış, bu yöntemlerin seçimi ve uygulanma kriterleri izah edilmiştir. Hiyerarşinin amacı doğrultusunda oluşturulması için kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenerek amaç hiyerarşisi oluşturulmuştur.

Dördüncü bölümde Fine-Kinney, Bulanık Fine-Kinney ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemlerinden elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Ayrıca Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney yöntemi bulguları karşılaştırılarak risk değerlendirme seviye değişikleri gösterilmiştir. Bulanık AHP yöntemi için kriter ve alternatif dağılımları ayrı ayrı grafikler halinde paylaşılmıştır.

Çalışmanın son bölümü olan beşinci bölümünde ise bulgular yorumlanmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmanın sınırlılıklarına dikkat çekilmiş ve ileride bu alanda yapılacak çalışmalara önerilerde bulunarak çalışma sonlandırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Denizyolu Taşımacılığı

Gemi, denizlerde faaliyet gösteren, hava yastıklı araçlar, denizaltılar, yüzer araçlar, sabit veya yüzer platformlar dahil her türlü teknelere verilen isimdir (MARPOL, 2017). Denizyolu taşımacılığı, denizlerde yukarıda tanımlanan gemiler ile yapılan bir taşıma sistemdir. Taşımacılığın %90'ı denizyolu taşımacılığı ile yapılmaktadır (DTO, 2021). Dünyamızın dörtte üçünün sularla kaplı olmasından dolayı taşımacılığın çok büyük bir oranda denizyolu ile yapılmasını gerektirmektedir. Taşınan büyük kapasiteli yüklerin birim taşıma maliyetinin uygun olması denizyolu taşımacılığını en avantajlı taşıma yöntemi olmasını sağlamıştır (Erdönmez ve İncaz, 2016). Denizyolu taşımacılığında çeşitli tipte gemiler kullanılmaktadır. Kullanılan gemiler taşıdıkları yüklere göre isimlendirilirler. Sıvı yük taşıyan gemilere "tanker", katı yük taşıyan gemilere "kuru yük", insan taşıyan gemilere "yolcu", tekerlekli araç taşıyan gemilere "Ro-Ro (Roll on-Roll of)" ve özel amaçlı gemiler "açık deniz" vb. gibi isimler alırlar (Fışkın, 2013). Konteyner, dökme, kimyasal ve gaz tankerleri, servis, römorkörler, açık deniz ve balıkçı gemileri diğer gemi çeşitlerini oluşturur. Genel kargo gemilerinden sonra en çok kullanılan gemi tipi petrol ve kimyasal tankerlerdir (Equasis, 2021).

2.2. Tanker Taşımacılığı

Özellikle kimyasal madde içerikli yükler ilk zamanlarda çeşitli küçük kaplarda ve kuru yük gemileriyle taşınıyordu. Daha büyük tonajlı kimyasal maddelerin dökme yük olarak taşınması gerektiğinden özel olarak tasarlanmış gemilere ihtiyaç duyuldu (Altun, 1999). Günümüzde bu amaçla yapılan büyük miktarlarda sıvı ve gaz halinde maddelerin denizyolu ile taşınmasını sağlayan gemiler, tanker olarak adlandırılır. Tankerler petrol ve türevleri, kimyasal maddeleri ve sıvılaştırılmış gazları taşımak için kullanılır (Baykal, 2011). Dünya gemi filosuna kayıtlı petrol ve kimyasal tankerler sayısı 14.309 adettir. Toplam petrol ve kimyasal tankerlerin 7.372'sini, 500 ila 25.000 gros tonaj arasındadır. Tüm kayıtlı tankerler ise 17.708 adettir. Brüt tonaj olarak değerlendirildiğinde dünya gemi filosunun %25,4'ünü tankerler oluşturur (Equasis, 2021). Bu kadar büyük hacimli tehlikeli sıvı yüklerin taşındığı tankerlerin operasyonları son derece önemlidir.

2.3. Tanker Operasyonları

Tanker operasyonları kalkış limanında yükleme, denizde taşıma ya da seyir ve varış limanına tahliye ana başlıkları altında toplanır. Bu süreçler arasında tank yıkama, ön yıkama, makineler için yakıt alımı, balast işlemleri, atık ve artıkların transferleri gibi operasyonlarından oluşur. Petrol ve kimyasal tankerlerin taşıdıkları yüklerin tehlikeli olmasından dolayı tüm operasyonların dikkatli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Tanker gemilerinde özellikle yük operasyonları diğer gemi çeşitlerine göre çok daha fazla riskleri barındırmaktadır (Büyük ve Yorulmaz, 2022). Yaşanacak bir olumsuzluk çevre kirliliği, çalışanın gördüğü zarar ve maddi zararla sonuçlanabilir.

2.4. Gemi Kaynaklı Atıklar

Geminin seferleri sırasında normal operasyonları (seyir, manevra ve liman işlemleri) sonucu ortaya çıkan kirli sular, atık yağlar, çamurlar, çöpler ve baca gazı temizleme atıkları gemi kaynaklı atıklar olarak isimlendirilir.

2.4.1. Sintine Suyu

Gemi makine dairesi, yük ambarları ve tanklarının alt bölümlerde toplanan kirli sulardır. Makine dairesi sintineleri, gemi ana ve yardımcı makinelerinde kullanılan yağlama yağları, yakıtlar ve soğutma işlemi için kullanılan tatlı veya deniz suyu karışımlarını içerir. Ayrıca makine dairesi temizliği ve bakımında kullanılan sabun, deterjan, seyrelticiler, yağ çözücüler ve boyalarda bulunabilir (Siva, 2012). Gemi operasyonları sırasında kuyularda biriken sintine suları ekipmanlara zarar vermemesi için sintine suyu biriktirme tanklarına alınır. Bu sular gemi bünyesinde bulunan donanımlar sayesinde içindeki yakıt ve yağdan ayrıştırılır. Ayrışan su yönetmeliğe uygun şartlarda seyir halinde denize boşaltılabilir (MARPOL, 2017). Geriye kalan yağ ve yakıt karışımı gemi dışına verilir. Bu işlemlerin yasalara uygun olarak yapılmadığı gemiler, sintine sularının denize basmaları nedeniyle deniz ve çevre kirlenmesine sebep olmaktadırlar.

2.4.2. Slaç

Makine dairesinde bulunan yakıt veya yağlama yağı separatörlerinde (ayrıştırıcı), ana ve yardımcı makinelerde, sintine separatöründe, yağ filtrelerinde, taşıntı tavalarında, yakıt

tanklarında veya petrol tankerlerinin kargo tanklarında oluşan kullanılmayan atık yağlama yağlarının içindeki tortu veya yağ çözeltilerinden oluşan yağlı çamur slaç olarak adlandırılır.

2.4.3. Pis Su

Gemi personelinin ve yolcularının kullandığı tuvaletler, pisuvar ve tuvalet frengilerinden gelen atıklar evsel atıkları oluşturmaktadır. Ayrıca gemi bünyesinde bulunabilen revir, hasta bakım kamaraları veya büyük bir yolcu gemilerindeki hastane veya sağlık gemileri lavabo, tuvalet, duş, küvet ve frengi deliklerinden gelen sıvı atıkları yine evsel atıkları oluşturmaktadır. Canlı hayvan taşınan gemilerde bu canlı hayvanlar belirli bölümlerde tutulmaktadırlar. Bu bölümlerde oluşan atık sular veya başka yerden kaynaklı fakat bu canlı hayvan sularına karışan diğer atık sular, pis su olarak kabul edilir. Bu evsel pis suların toplandığı tanklar ve pis suları ayrıştırma işlemi uygulayan sistemler gemilerde bulunmaktadır. Aynı sintine sularının denize basması gibi evsel pis sularında denize basılması sıklıkla karşılaşılan gemi kaynaklı deniz kirlenmesi nedenlerindendir.

2.4.4. Kullanılmış Yağlama Yağları

Gemi makineleri, yardımcı makineleri, donanımları ve ekipmanlarının işletilebilmesi için mineral ve sentetik yağlar kullanılır. Bu yağlar belirli zaman kullanıldıktan sonra kullanım ömürlerini tamamlarlar. Ayrıca işletmeye bağlı yağ kaçakları veya yağ değişimleri yapılmaktadır. Kullanılan bu yağlar deniz suyu, tatlı su, yakıt veya başka yağlarla karışmış halde de bulunabilirler. İşletme ömrünü tamamlayan bu yağlar gemi bünyesinde kullanılmadıkları için atık yağ olarak kabul edilir. Bu atık yağlar kullanılmış yağlama yağı tanklarında depolanırlar. Daha sonra atık alım tesislerine tahliyeleri sağlanır.

2.4.5. Çöpler

Geminin normal işletimi sonucu oluşan ve MARPOL 73/78 EK-V kapsamına giren kamara, kuzine, mutfak gibi mahallerde oluşan operasyonel nitelikli katı atıklardır. Plastikler, yemek atıkları, gemi içi evsel atıklar, yemeklik yağlar, çöp yakma kazanı külü ve operasyonel atıklar.

2.4.6. Baca Gazı Temizleme Atıkları

Gemilerin itici gücünü oluşturan içten yanmalı makineler, egzoz gazları oluşturmaktadır. MARPOL Ek (VI) kapsamında belirtilen emisyon standartlarını uygulayabilmek için egzoz gazı sisteminin temizlenmesi sonrası oluşan atıklar, baca gazı temizleme atıkları olarak isimlendirilir. Açığa çıkan baca gazlarındaki karbondioksit miktarının çevre kirliliğe %3 oranında etkisi vardır (Ceyhun, 2022).

2.5. Yük Kaynaklı Artıklar

Yükleme ve tahliye operasyonları sırasında taşınan yük kaynaklı tank yıkama, kirli balast ve ön yıkama suları ayrıca yük-yakıt numunelerinden arta kalan artıklar yük kaynaklı artıklar olarak ifade edilir.

2.5.1. Slop (Petrol ve Petrol Türevli)

Gemilerde kargo tankları yükler tahliye edildikten sonra farklı bir yük alımı yapılacaksa yük taşımak için kullanılan bu tankların yıkanması gerekir. Yıkama işlemi sonucu bu sularda taşınan yük artıkları bulunmaktadır. Slop tanklarda taşınan yük artıkları ile bulunan bu karışım slop olarak adlandırılır. Suyun içinde petrol, petrol ürünleri veya yağlar bulunabilir. Taşıma sonrası kargo tankları boşaltıldıktan sonra tank duvarlarında toplan taşınan yükün %0,35 oranında ürün artığı kaldığı hesaplanmıştır (Demiray, 2006). Bu kalan yük artıkları tank yıkama işlemi sonrası deniz kirliliğine sebep olabilmektedir.

2.5.2. Slop (Zehirli ve Tehlikeli Sıvı Maddeler)

Dökme zehirli sıvı madde taşıyan gemilerde kargo tanklarının yıkanması sonucu slop tanklarında biriken zehirli ve tehlikeli madde içeren su artıkları. Tank yıkma işleminde en çok deniz suyu tercih edilir. Deniz suyu dışında solventler, tatlı su ve distile suyu da kullanılabilir (Altun, 1999).

2.5.3. Kirli Balast

Geminin dengesini ve güvenli seyrini sağlamak için dışarıdan deniz suyu ile doldurulan tanklara balast tankları ve bu tanlara alınan deniz suyu da balast suyu olarak adlandırılır.

Gemi yük alırken bu balast sularının gemiden denize tahliye edilmesi gerekir. Balast sularıyla birlikte petrol, petrol türevi veya yağlar denize basılabilir. Bu maddelerin yoğunluğu deniz suyundan düşük olduğunda deniz üstüne yayılarak denize zarar vermektedir. Ayrıca zararlı organizmalar ve tortular da basılan balast sularıyla beraber deniz uyuna karışmaktadır. Her yıl dünya denizlerinde 3-10 milyar ton balast suyu bir denizden alınıp başka bir denize basılmaktadır (Fitoz, 2009).

2.5.4. Ön Yıkama

X, Y ve Z sınıfı zehirli sıvı maddeleri veya karışımlarını içeren tanklar yıkandığında ya da bu tanklara balast alındığında Annex II'nin VI. Ekine uygun bir ön yıkma işlemine göre yıkama işleminden arta kalan sulardır. Bu arta kalan tank yıkama suları alım tesisine verilir (MARPOL, 2017). Tanklar ve boru sistemleri ön yıkama işleminden sonra süzdürülür.

2.5.5. Yük ve Yakıt Numuneleri

Taşınan petrol, zehirli kimyasal madde yükleri, ana ve yardımcı makinelerde ayrıca kazanlarda kullanılan yakıtların, temini sırasında alınan numune sıvıları ve bulundurulduklarıkaplardır. Gemide muhafaza edilen yük ve yakıt numune miktarları dikkatli bir şekilde kontrol edilmeli ve günü geçen numuneler bertaraf edilmelidir. Bu şekilde gemi de en az sayıda yük ve yakıt numunesi bulundurulmuş olur. Yük boşaltıldıktan sonra, şirket ve kiracı aksini belirtmedikçe, yük numuneleri 3 ay saklanır. Yakıt numuneleri MARPOL'e göre teslimat tarihinden 12 ay sonrasına kadar gemide tutulmasını gerekmektedir (ISGOTT, 2020).

2.6. Gemide Bulunan Atık ve Artık Bertaraf Cihazları

Yukarıda açıklanan atık ve artıklar gemide bulanan donanımlar sayesinde bertaraf edilmektedir. Bu bertaraf etme işleminden sonra oluşan atıklarda yine MARPOL gereği gemi dışına transfer edilir. Sintine separatörü, çöp yakma kazanı, atık su artıma tesisi ve balast suyu arıtma tesisi gibi atık ve artık bertaraf etme donanımları aşağıda açıklandığı gibidir.

2.6.1. Sintine Separatörü

Sintine separatörleri geminin herhangi bir bölümünde biriken sintine sularının içinde bulunan yağ, yakıt, boya ve kimyasal madde karışımlarının denize boşaltılmadan önce sudan ayrıştırılmasında kullanılır. Denize basılacak sular yönetmelik gereği en fazla 15 ppm yağ içerek şekilde sınırlandırılmıştır. Yağı ayrıştırarak gemi bünyesinde tutan, suyu ise denize basan cihazlara sintine ayrıştırıcıları denir. Eğer denize basılacak su öncesinde belirlenen 15 ppm değerin üzerine çıkarsa denize çıkış valfi kapanır ve alarm ile gemi personele uyarı verir. Bu özelliklere sahip sintine separatörü Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Gemi sintine separatörü (URL-1)

2.6.2. Çöp Yakma Kazanı

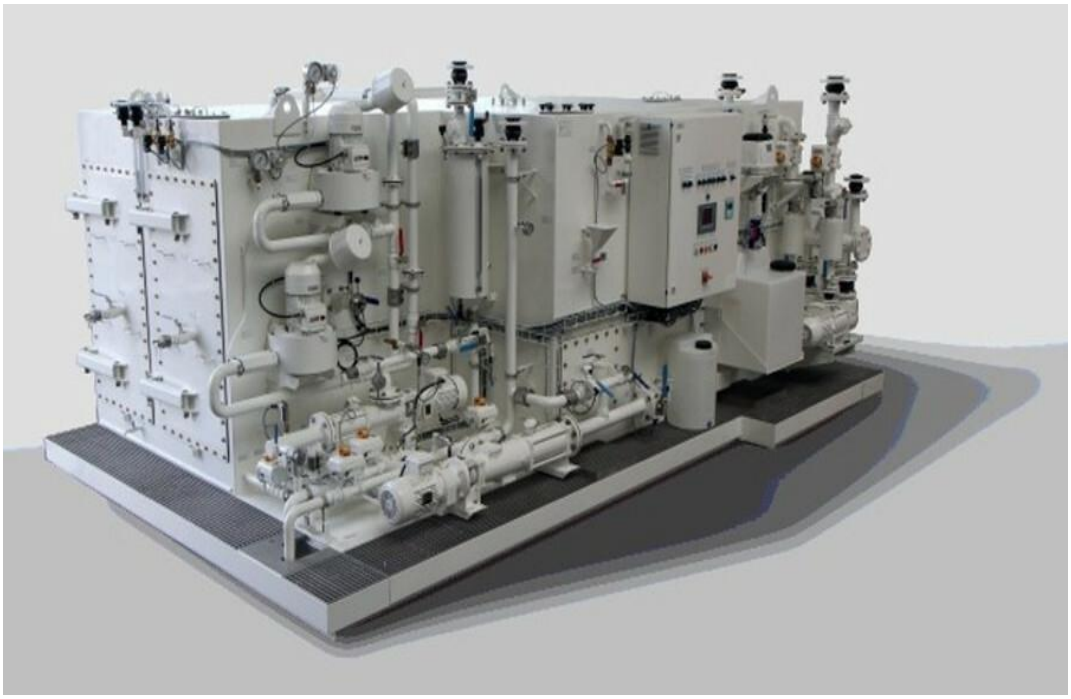
Atık yağlama yağlarını, yağ ve yakıt çamurunu, plastik, karton, ahşap ve yemek artıkları gibi çöplerin yakılarak bertaraf edilmesine olanak sağlayan atık bertaraf etme cihazlardır. Gemilerde kullanılan yeni model bir çöp yakma kazanı Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Çöp yakma işleminden sonra kazanda arta kalan külleri de yine MARPOL kurallarına göre değerlendirilir.



Şekil 2.2. Gemi çöp yakma kazanı (URL-2)

2.6.3. Atık Su Artıma Tesisi

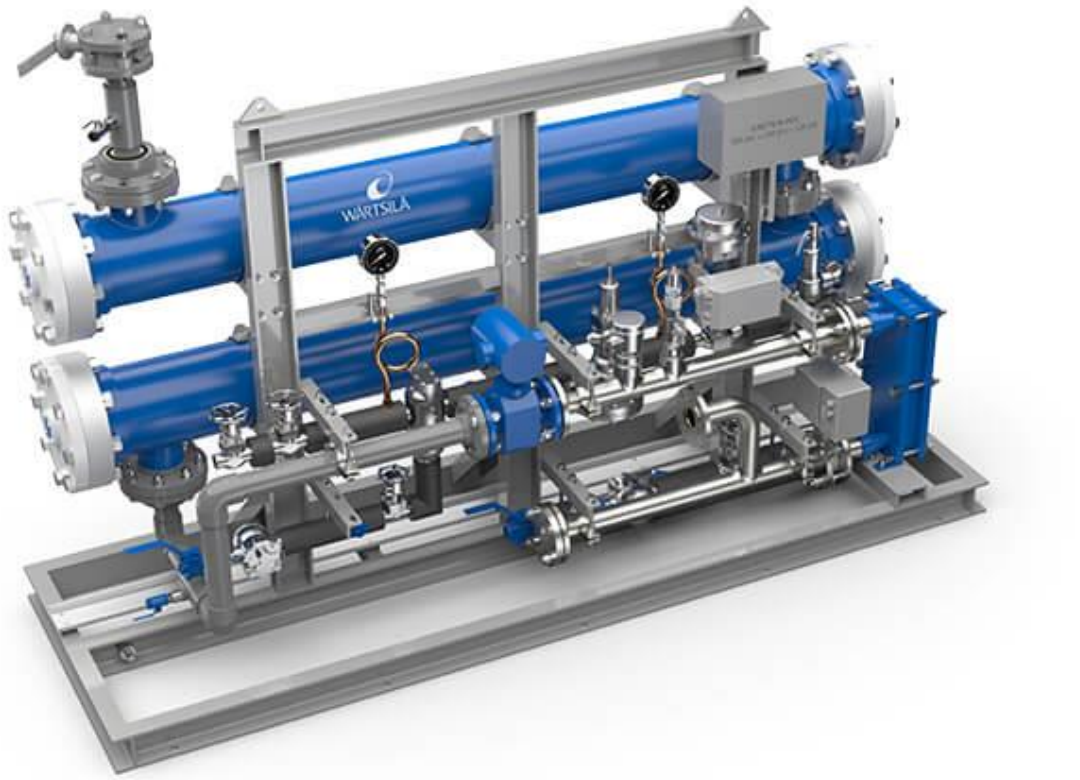
MARPOL kriterlerine göre gemi evsel atık sularını biyolojik olarak arıtma işlemi yapan cihazlardır. Temizlenen atık suları sonrasında MARPOL kurallarına göre denize basıla bilir. Büyük yolcu gemilerinden olan kruvaziyer gemilerinde kullanılan örnek atık su arıtma tesisi Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Kruvaziyer gemilerinde kullanılan örnek bir atık su artıma tesisi (URL-3)

2.6.4. Balast Suyu Arıtma Sistemleri

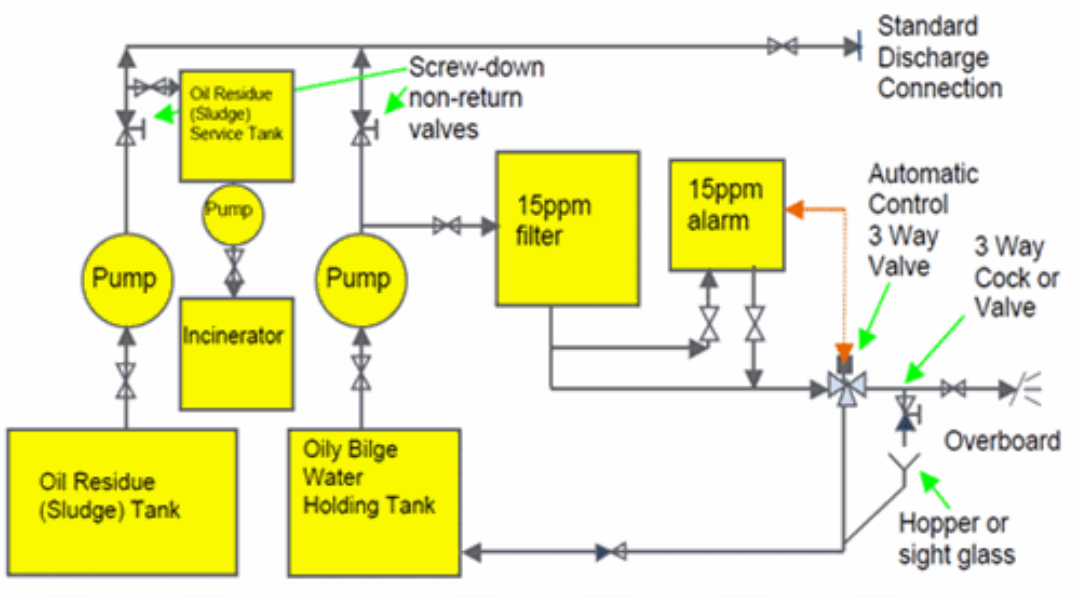
Farklı denizlerde görev yapan gemilerin balast sularını liman bölgeden alıp başka bir liman bölgesine boşaltmaktadır. Deniz suyunun içinde bulunan biyolojik varlıklar gemiye alınan balast suları ile ait olmadıkları başka bölgelere taşınmaktadır. Bu durum denizlerin biyolojik yapısını değiştirmektedir. Bu durumun önüne geçilmesi için balast suyu alınırken bu canlılar bertaraf edilir. Biyolojik geçişini engellemek için kurulan bu sistemler balast suyu arıtma sistemleri olarak adlandırılır. Böyle bir artıma sistemi Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Balast suyu arıtma sistemleri (URL-4)

2.7. Gemi Bünyesinde Bulunan Atık ve Artık Toplama Tankları

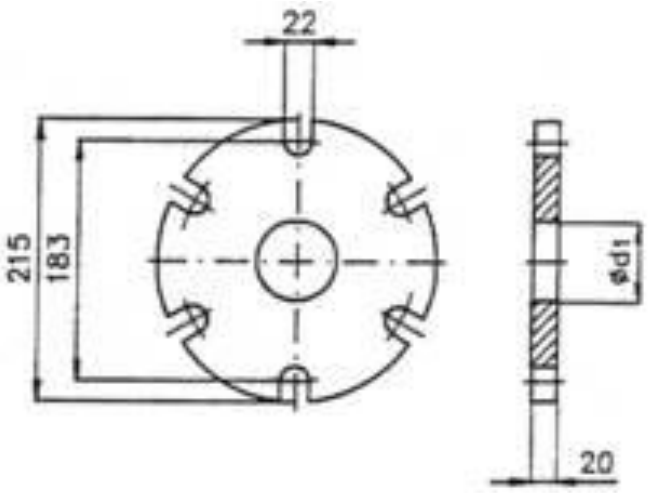
Gemi de oluşan atık ve artıkların toplandıkları mahallerdir. Sintine tankı ve kuyuları, sewage tankı, sludge tankı, kirli yağ tankı, slop tankı gibi tanklar sayılabilir. Şekil 2.5'te gemide bulunan atık ve artık toplama tankları gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Örnek bir gemide bulunabilecek atık ve artık toplama tankları (URL-5)

Bu tanklarda toplanan atık ve artıklar yukarıda açıklanan gemi içi bertaraf etme işlemlerinden sonra arta kalanlar yine gemi içindeki tanklarda toplanırlar. Daha sonra gemiden kara tesisine veya atık toplama gemisine tahliye edilirler.

Yukarıda Şekil 2.5'te görünen standart tahliye bağlantısı, atık alım tesislerinin gemiden sintine slaç ve kirli yağları almak için kullandıkları bir boru bağlantıdır. Güvenli bir transfer için her iki geminin de standart bir bağlantı elemanı kullanılması gerekir. Bu bağlantı elemanının ölçüleri MARPOL Ek-1, kural 13'te tanımlanmıştır. Şekil 2.6'da standart tahliye bağlantısı flanş ölçüleri görülmektedir.



Şekil 2.6. Standart tahliye bağlantısı (MARPOL, 2017)

2.8. Gemilerde Bulundurulması Gereken Belge ve Evraklar

Gemide oluşan artık ve atık miktarlarının kontrol altında tutulması gerekir. Bu amaçla yağ, yakıt, yük, balast ve yük kayıt defteri, gibi formlar tutulur. Ayrıca atık ve artıkların tahliyesi ve işletilmesi süreçlerinde risk değerlendirme formları işlenir. Atık tahliye teslim formu da yine doldurulması gereken formlardandır. Aşağıdaki bölümlerde çalışmanın konusu dahilinde gemilerde bulundurulması gereken belge ve evraklar açıklanmıştır.

2.8.1. Yağ Kayıt Defteri

Yağ kayıt defterleri iki kısımdan oluşur. Birinci kısım makine dairesi işlemlerini kapsar ve tüm gemiler tarafından doldurulması gerekir. Birinci kısımda tank ölçüm aletlerinin doğruluğu, sıcaklık değişimleri, kaza ya da başka bir sebeple bir petrol sızıntısı olduğunda ayrıntılı bir şekilde bu bölüme işlenir. Bu işlemler sorumlu zabit ve kaptana imzalatılır. İkinci kısım ise 150 groston ve daha büyük tonajlı petrol tankeri yük ve balast çalışmalarını dolduracakları bölümden oluşur. Bu gemiler defterin birinci kısmında doldurmaları gerekir. Birinci bölüme ek olarak petrol transfer donanımlarında bir arıza olursa deftere işlenir. İşlenecek konular petrolün gemiye alınması, boşaltılması ve gemi içinde transferi, tankların yıkanması, yük tanklarına balast alınması, balast tanklarına balast alınması, yük tanklarının temizlenmesi, kirli balastın temizlenmesi, slop tanklarının denize boşaltılması, alım tesislerine balastın boşaltılması gibi konuları içerir. Yağ kayıt defterlerinde atıkların verildiği liman adı, verilme zamanı ve atık miktarları kaydedilir. Bu defterler her an ulaşılır bir yerde muhafaza edilirler. Defter son yapılan kayıttan sonra üç yıl saklanır (MARPOL, 2017).

2.8.2. Yük Kayıt Defterleri

Her tank için ayrı ayrı doldurulur. Yükün alınması, gemi içi transfer, yükün boşaltılması, ön yıkama, yük tanklarının yıkanması, tank yıkama sularının denize tahliyesi, yük tanklarına balast alınması ve boşaltılması, kaza veya başka nedenlerle petrol sızıntısı gibi konular kod harflerine göre deftere işlenir.

2.8.3. Çöp Kayıt Defterleri

400 grostondan daha büyük 15 kişiden fazla yolcu taşıyan tüm gemiler çöp kayıt defterini bulundurmak zorundadır. Her boşaltım ve yakma işleminden sonra sorumlu zabit deftere kayıt tutması ve onaylaması gerekir. Çöplerin tahliyesi denize, atık alma tesisine ve gemisine yapılabilir. Ayrıca gemi kaptanı tarafından da imzalanır. Deftere yazılan bilgiler geminin adı, çağrı işareti, IMO numarası tarih, saat, geminin konumu, çöplerin türü ve boşaltılan miktar gibi bilgilerdir. Defter en son sayda kullanıldığından sonra iki yıl saklanmak zorundadır (MARPOL, 2017).

2.8.4. Balast Suyu Kayıt Defteri

Tüm gemilerin bulundurulması gereken balast suyu kayıt defteri, deniz suyunun balast tanklarına ne zaman alındığını ve boşaltıldığını kaydetmek için görevli zabitler tarafından tutulur. Balast suyu kabul tesisine verilecekse yine bu deftere kayıt edilir. Ayrıca kazara veya diğer istisnai durumlarda boşaltım deftere işlenmek zorundadır. BWM Sözleşmesi Ek-II'de belirtilen bilgilerin girilmesi gerekir. Balast suyu kayıt defteri girilen en son kayıttan sonra iki yıl saklanması gerekmektedir (MARPOL, 2017; BWM, 2004)

2.8.5. Risk Değerlendirme Formları

Gemi personelin gemide operasyonları için risk değerlendirme formlarını oluşturur. İşletme, bakım ve onarım, çöp operasyonları, balast, yağ ve yakıt alımı, kargo tanklarına gasfree, tank yıkama, kargo alımı, tahliyesi, depolanması ve dolu iken seyri gibi operasyonlar için risk değerlendirmesi yapılır. Bu risk değerlendirme formları emniyetli yönetim sistemi el kitabı, prosedürlerine göre oluşturulur, doldurulur ve şirkete gönderilir. Gemilerin risk değerlendirme formları incelendiğinde genellikle L matris yönteminin uygulandığı görülmüştür. L matris olasılık ve şiddet çarpanlarına göre risk seviyesinin tespit edildiği bir sistemdir. Yağ, sintine ve slaç için risk değerlendirme yapılmasının amacı, gemi makinelerinin çalışmasıyla, bakım tutum faaliyetleri sırasında ve diğer sebeplerle gemilerde biriktirilen yağlı, pis sintine suları ve slaçın kontrolsüz olarak denize bırakılmasının deniz çevresi ve gemi personeli üzerindeki etkilerinin ve alınması gereken önlemlerin değerlendirilmesi için yapılır. Ekip üyeleri kaptan, baş

mühendis ve diğer zabitlerden oluşturulabilir. Tehlikeler, sintine ve slaçın denize verilmesi, gemiden sahil istasyonlarına ve alım vasıtalarına tahliyesi sırasında sintine ve slaçın taşması veya kaçması, slaçın sahil istasyonuna veya atık alım barcına verilmesi sırasında yüksek hızda transferinden dolayı basınç artışıyla devrede kaçak veya patlama olması, gemi adamının kullanılmış yağ veya kirli sintine suyu ile cildine veya gözüne temas etmesi gibi başlıklardan oluşabilir. Bu tehlikelerin gerçekleşmesi ile çevre kirliliği, çalışanların gördüğü yaralanma veya ölüm gibi zarar ve maddi zararla sonuçlanabilir. Belirlenen bu risklere göre önlemlerde sıralanır. Bunlar MARPOL kurallarının uygulanması, borda çıkış valflerinin kapalı olarak kilit altına alınması, başmühendis daimi emirleri, eğitim, kontrol formları, ürünlerin malzeme karakteristik formlarına göre işlem yapılması olabilir.

2.8.6. Atık Tahliye Teslim Formu

Atık tahliyesinin yapılacağı alım vasıtası veya sahil istasyonuna verilen formdur. Gemi, alım vasıtası ve sahil istasyonu ile bir protokol yapar. Bu protokol ile tahliye prosedürleri belirtilmiştir. Atık alım teslim formunda MARPOL eklerine göre atıklar ayrılmıştır. Atık alım fişinde (WDR-Waste Delivery Receipt) verilecek atık miktarı, geminin depolayacağı en fazla atık miktarı, gemide tahliye sonrası tanklarda kalan atık miktarı, kalan bu atığın bir sonraki boşaltılacağı limanın adı ve bir sonraki limana kadar oluşacak tahmini atık miktarı gibi bilgiler verilir.

2.9. Atık Alım Tesisleri

Geminin operasyonel işlemlerden dolayı oluşan atıkların ve artıkların gemi bünyesindeki bertaraf işleminden sonra arta kalan atık ve artıkların, atık alım tesislerine verilmesi gerekir. Bu atık alım tesisleri, liman atık alım tesisi ve atık alım gemisi olmak üzere iki başlıkta toplanır.

2.9.1. Liman Atık Alım Tesisi

Liman içi lojistik işlerinden, liman içi ve yakınında bulunan sanayi işletmelerden ve limanlarda bulunan gemilerden dolayı tehlikeli veya tehlikesiz atıklar oluşmaktadır. Limanlarda oluşan atıkların çoğunluğunun gemi kaynak atıkları olduğu bilinmektedir

(Demir, 2021). Gemi kaynaklı atıkların ve artıkların güvenli bir şekilde gemiden alınabilmesi için liman atık alım tesisleri mevcuttur. Atık alım tesislerinin boyutları limana yanaşan gemilerin özelliklerine göre belirlenir (Keskin, 2006). Atık alım tesisleri atıkların alınmasını ve geçici olarak depolanması sağlarlar. Liman atık alım tesisleri kapasiteleri yönetmelikle belirlenmiş olmak birlikte farklı kapasitelerde yapılır. Tesisler gemilerden en fazla sintine ve balast suları atıkların alınması işlemini yürütürler (Ersoy, 2015). Daha sonra bu atıklardan yağ ve su ayrıştırılır. Geri döşümü sağlanan maddeler değerlendirilirken diğer maddeler de tesislerde bertaraf edilir.

2.9.2. Atık Alım Gemisi

Gemiler oluşan atık ve artıkları limana yanaşmadan başka bir gemiye verilebilirler. Atık alım gemileri özel tasarlanmış barçlardır ve atık alım gemisi olarak adlandırılırlar. Bu amaçla tescil almış gemiler atıkları almak ve atık kabul tesisine taşımakla görevlilerdir. Barçlar gemilerden aldıkları atıkları, liman içinde uygun yerlere tahliyesini sağlarlar (Keskin, 2006). İSTAÇ (İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi) kendi bünyesinde bulunan 13 adet lisanslı atık toplama gemisiyle çeşitli gemilerden MARPOL sözleşmesi kapsamındaki atıkları toplamaktadır. Tablo 2.1'de İSTAÇ'nin son dört yılda gemilerden alınan atık miktarları gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Gemilerden alınan atık miktarları (m3). İSTAÇ

	Ek-I (Petrol ve Petrol Türevli)	Ek-IV (Pis Su)	Ek-V (Çöp ve Katı Atık)	Ek-VI (Egzoz Gazı Atık)	Atık Alınan Gemi Sayısı
2019	171.715	9.973	5.670	33	5.929
2020	153.432	20.379	5.488	10	5.446
2021	144.110	24.512	7.206	135	8.056
2022 (Ekim)	159.451	43.392	12.894	521	9.003

Tablo 2.1'de İSTAÇ AŞ'nin son dört yılda atık alınan gemi sayının arttığı ve 2022 yılında 9003 gemiden atık alımı yaptığı görülmektedir. Petrol türevli, pis su, egzoz gazı atık, çöp ve katı atık toplam miktarının 2022 yılında 216.258 m3 olduğu görülmektedir (İSTAÇ).

2.10. Denizcilik Atıkları Uygulaması

Denizcilik Atıkları Uygulaması (DAU), Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği gereği gemilerin operasyonel faaliyetlerinden kaynaklanan atıklar ile yük artıklarının bildirimlerinin yapıldığı çevrim içi bir uygulamadır. Mayıs 2020 yılında sonlandırılan Gemi Atık Takip Sistemi (GATS) ve Mavi Kart Sistemi (MKS) uygulamaların yerine DAU getirilmiştir. Bu uygulama ile gemi kaynaklı atıkların ve gemi yük artıkların atık kabul tesislerine ve atık alım gemilerine verilme süreçleri Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından sağlanan hızlı ve çevrim içi takip edilmektedir. Böylece uygulamada yaşanan sorunların önüne geçilmesi, sistemin moderniz edilmesi ve bürokrasinin azaltılması amaçlanmıştır (DTO, 2021; cygm.csb.gov.tr). Gemi acenteleri gemi atık bildirimlerini bakanlık tarafından kurulan Liman Tek Pencere Sistemi (LTP) üzerinden interaktif olarak yapmaktadırlar.

2.11. Ulusal ve Uluslararası Mevzuatlar

Atık ve artıkların yönetimi için oluşturulan ulusal ve uluslararası mevzuat düzenlenmiş ve düzenlenmeye devam etmektedir. Bu mevzuatlar sayesinde atıkların ve artıkların denize verilmesinin engellenmesi ve deniz ortamının korunması amaçlanmaktadır. MARPOL 73/78 sözleşmesi IMO tarafından temel sözleşme olarak kabul edilir. Temel sözleşme dışında IMO'nun deniz kirliliğinin önlenmesine ilişkin diğer sözleşmeleri ise "Petrol Kirliliği Kazalarına Açık Denizlerde Müdahale Edilmesi Hakkında Uluslararası Sözleşme (INTERVENTION 1969)", "Atıkların ve Diğer Maddelerin Denize Boşaltılması Yoluyla Deniz Kirliliğinin Önlenmesi Hakkında Sözleşme (LC 1972 ve LP 1996)", "Petrol Kirliliğine Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İşbirliği ile İlgili Uluslararası Sözleşme (OPRC, 1990)", "Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Kirlenme Olaylarına Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İşbirliği Protokolü (OPRC-HNS Protokolü)", "Gemi Balast Suyu ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Hakkında Uluslararası Sözleşme (BWM, 2004)" gibi sözleşmelerinden oluşur. Ayrıca ülkemizde bu sözleşmelerin kapsamında çıkarılmış yönetmeliklerde vardır. Bunlardan en önemlisi Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'dir. Aşağıda açıklanacak mevzuatta uygulamada olan sözleşme ve yönetmeliklere yer verilmiştir.

2.11.1. MARPOL Sözleşmesi

Mayıs 1976 yılında Urquıola isimli tanker İspanya'nın La Coruna limanına yanaşırken deniz dibine çarpması sonucu taşıdığı petrol sızdırmaya başladı ve beraberinde alev alması sonucu yangın çıktı. Yine Şubat 1977 yılında Hawaiian Patriot isimli ham petrol tankeri Endonezya'dan Hawaii adalarının Honolulu limanına giderken fırtınaya yakalanması sonucunda gövdesinde oluşan çatlaktan 18.000 ton petrol denize sızmış ertesi gün tankerin alev alması ile gemide patlama yaşanmıştır. MARPOL sözleşmesi 2 Kasım 1973 tarihinde IMO'da kabul edilmiştir. Tanker kazalarının özellikle 1976 ve 1977 yılları arasında yaşanması nedeniyle 1973 sözleşmesi henüz yürürlüğe girmediğinden, yaşanan bu tanker kazalar dizisi nedeniyle 1978 Protokolü ana sözleşme ile birlikte yürürlüğe girmiştir. MARPOL sözleşmesi hem kaza sonucu hem de normal gemi operasyonları sonucu oluşan kirliliği önlemek ve en aza indirmek amacıyla altı ekten oluşmaktadır. Türkiye IMO'ya üye olması nedeniyle MARPOL'ün belirlediği kuralları da uygulamaktadır. MARPOL'ün altı ekten oluşmaktadır. Bu altı adet ek aşağıda açıklanmıştır.

(Ek-I) Petrol Kirliliğin Önlenmesine İlişkin Kurallar: Operasyon ve kazara deşarjdan kaynaklanan petrol kirliliğinin önlenmesini kapsar. 2 Ekim 1983 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

(Ek-II) Dökme Olarak Taşınan Zehirli Sıvı Maddelerden Oluşan Kirliliğin Önlenmesine İlişkin Kurallar: Dökme olarak taşınan zehirli sıvı maddelerden kaynaklanan kirliliğin önlenmesine ve deşarj kriterlerine ve önlemlerine kurallar getirir. Kurallar gereği karanın 12 mil yakınına boşaltıma izin verilmez. 250 madde bu kapsamda detaylandırılmıştır. 2 Ekim 1983 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Dökme yük olarak taşınan zehirli sıvı maddeler Ek II'e göre dört gruba ayrılmıştır. Bunlar;

1. Kategori X (Çok zehirli)
2. Kategori Y (Zehirli)
3. Kategori Z (Az zehirli)
4. Diğer maddeler: Yukarıdaki üç kategori dışında kalan ve IBC Kod listesinde yer alan maddeleri belirtmektedir.

(Ek-III) Deniz Yolu ile Ambalajlı Olarak Taşınan Zararlı Maddelerle Kirlenmenin Önlenmesine İlişkin Kurallar: Konteyner, kara ve demiryolu tankları veya ambalajlı olarak taşınan zararlı maddelerin oluşturacağı kirlenmenin önlenmesini sağlayan kurallardır. Deniz kirletici maddeler olarak tanımlanan maddeler IMDG Code (International Maritime Dangerous Goods Code) ve Ek-III'ün ekindeki kriteri karşılayan maddelerdir. Bu kirletici maddelerin deniz yolu ile taşınmasında paketleme, işaretleme, etiketleme, belgelendirme, istifleme, miktar sınırlama, istisnalar ve bildirimlere kurallar getirir. 1 Temmuz 1992 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

(Ek-IV) Gemilerden Kaynaklanan Pis Su Kirliliğinin Önlenmesine İlişkin Kurallar: Gemilerde oluşan pis sularla deniz kirliliğinin önlenmesini amaçlayan kuralları açıklar. Bu ek 27 Eylül 2003 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Pis sular 4 gruba ayrılır. Bunlar;

1. Her çeşit tuvalet ve pisuardan gelen drenaj ve diğer atıklar,
2. Hastane, revir gibi tıbbi alanlarda bulunan lavabolar, yıkama küvetleri ve frengilerden gelen drenaj,
3. Canlı hayvanların bulunduğu alanlardan gelen drenaj,
4. Yukarıdaki maddeler ile karışan diğer atık sular.

(Ek-V) Gemilerden Çıkan Çöp Atıkları ile Oluşan Kirlenmenin Önlenmesine İlişkin Kurallar: Gemiden kaynaklanan çöp atıkları ile oluşan kirliliğin önlenmesi için oluşturulmuş kuralları kapsar. 31 Aralık 1988 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bugün 150'den fazla ülke MARPOL Ek-V'e imza atmıştır. Bu kategorilere göre geminin karadan uzaklığına göre atıkları nasıl bertaraf edileceği kurallarla düzenlenmiştir. Her türlü plastik atıklarının ve küllerinin denize atılması bu ek ile yasaklanmıştır. Ayrıca yemeklik yağlarında denize dökülmesi yasaklanmıştır. Ek-V' de oluşturulan özel alanlar ise;

1. Akdeniz bölgesi
2. Baltık Denizi bölgesi
3. Karadeniz bölgesi
4. Kızıldeniz bölgesi
5. Basra Körfez bölgesi
6. Kuzey Denizi bölgesi

7. Antarktika bölgesi
8. Daha Geniş Karayip bölgesi (Meksika körfezi ve Karayipler denizi)

MARPOL Ek-V en son 1 Mart 2018 de yürürlüğe giren MEPC.277(70) kararları ile çöpler iki ana bölümde ayrılmıştır. Birinci ve ikinci kategoriler aşağıdaki gibidir.

Birinci Bölüm:

A. Plastikler (Plastic) Plastikler, sentetik halatlar ve balık ağları, plastik çöp torbaları ve ürünlerden çıkan insinatör yakma külleri dahil olmak üzere plastikten oluşan veya plastik içeren tüm çöpleri kapsar.
B. Yemek atıkları (Food wastes) Bozulmuş veya bozulmamış gıda maddeleridir. Meyve, sebze, süt ürünleri, kümes hayvanları, et ürünleri ve yiyecek artıklarını içerir.
C. Gemi içi evsel atıklar (Domestic wastes) Yaşam mahallinden toplanan diğer MARPOL eklerine girmeyen tüm atıklar evsel atıklar olarak değerlendirilir.
D. Yemeklik yağlar (Cooking oil) Yemek yapımında kullanılan bitkisel, hayvansal ve diğer yağlardır. Bu yağların kullanılması ile hazırlanan yemek bu atıklardan sayılmaz.
E. Çöp yakma kazanı külü (Incinerator ashes) Çöplerin yakıldığı insinatör cihazında oluşan küller ve kurumlardır.
F. Operasyonel atıkları (Operation wastes) Geminin bakımı ve normal operasyonları ayrıca yük istifi ve elleçlenmesi sırasında oluşan çamur dahil tüm katı atıklardır. İşletme atıkları, kargo ambarında ve yıkama suyunda bulunan temizlik maddeleri ve katkı maddelerini de içerir. İşletme atıkları, Örgüt tarafından geliştirilen kılavuzlar dikkate alınarak, bir geminin işletilmesi için gerekli olan lavabo pis suyu (Sewage), sintine suyu veya diğer benzer deşarjları içermez.
G. Hayvan karkasları, leşleri (Animal carcasses) Gemide yük olarak taşınan ölmüş veya gemide kullanılmış(itlaf) hayvan parçalarıdır.
H. Balık ağları (Fishing gear) Deniz ya da tatlı su ürünlerini yakalamak veya toplamak için denizde kullanılan her türlü fiziksel yapılardır.
İ. E-atık (E-waste) örn. elektronik kartlar, aletler, aletler, ekipman, bilgisayarlar, yazıcı kartuşları vb.)

İkinci Bölüm:

J. Kargo kalıntıları (artıkları) (HME dışı)
K. Kargo kalıntıları (artıkları) (HME- Harmful to the Marine Environment) (Deniz ortamına zararlı maddeler)

Kargo kalıntıları veya artıkları diğer MARPOL ekleri kapsamında olmayan güverte veya ambarlarda yükleme tahliye esnasında kuru bir şekilde dökülen veya yıkama sonrası yükün ıslak bir şekilde bulunmasıdır. Kısaca güvertedeki toz veya süprüntüyü içermeyen ıslak ya da kuru yün kalıntıları (artıklarıdır). MEPC.277(70) kararları ile kargo kalıntıları iki bölüme ayrılmıştır. Bu ayrım kalıntıların deniz ortamına zararlı maddeler içerip içermediğine göre belirlenmektedir. Deniz ortamına zararlı olmayan kalıntılar HME dışı, deni ortamına zararlı maddeler ise HME olarak ayrılmıştır.

(Ek-VI) Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesine İlişkin Kurallar: İlgili ek, ozon tabakasına zararlı gazların önlenmesi ve gemi ana ve yardımcı makine egzoz gazlarından kaynaklanan hava kirliliğini önlenmesi için kükürt oksit ve azot oksit emisyonlarına sınırlamalar getirir. Bu kurallar 19 Mayıs 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir (IMO). Emisyon, bu Ek tarafından kontrole tabi olan maddelerin, gemilerden atmosfere veya denize herhangi bir salınımı anlamına gelir. Gemilerde bulunabilen ve ozon tabakasına zarar veren maddeler ekte belirtilmiştir. Bunlar; Halon 1211, 1301, 2402, CFC-11, 12, 113, 114, 115 maddeleridir. Emisyon Kontrol Alanları (ECA-Emission Control Areas) ise Kuzey Amerika Kıyıları, ABD Karayip Denizi Karasuları, Baltık Denizi ve Kuzey denizi belirlenmiştir.

Azot Oksitler (NOx): Ek VI'nın NOx kontrol gereklilikleri, 130 kW çıkış gücüne sahip gemi makinelerine uygulanır. Azot oksit sınırlamaları zamana göre üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama 1 Ocak 2000'den sonra ve 1 Ocak 2011'den önce gemilere donatılan makineler, ikinci aşama 1 Ocak 2011'den sonra ve 1 Ocak 2016'dan önce gemilere donatılan makineler, üçüncü aşama 1 Ocak 2016'dan sonra gemilere donatılan makineleri kapsamaktadır. 2000 yılı öncesi üretilen makinelerde bu kısıtlamalar aranmamaktadır. Aşağıdaki Tablo 2.2'de gemi yapım yılı sonrası makine devir sayılarına göre müsaade edilen emisyon limitleri ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 2.2 Müsaade edilen emisyon değerleri (MARPOL)

Aşama	Gemi yapım tarihi veya sonrasında	Toplam ağırlıklı çevrim emisyon limiti (g/kW h) n = motor devri (rpm)		
		n < 130	n = 130 - 1999	n ≥ 2000
I.	1 Ocak 2000	17,0	45·n (-0,2) Örneğin 720 rpm – 12,1	9,8
II.	1 Ocak 2011	14,4	44·n (-0,23) Örneğin 720 rpm – 9,7	7,7
III.	1 Ocak 2016	3,4	9·n (-0.2) Örneğin 720 rpm – 2,4	2,0

Kükürt oksitler (SOx): Ek VI göre gemilerde kullanılan yakıt içindeki SOx miktarları aşağıda belirtilen değerleri geçmeyecektir. Mevcut %3,5 olan kükürt oksit limiti, 1 Ocak 2020 tarihinden itibaren %0,5 düşürülmüştür.

Tablo 2.3 Kürkürt oksit limitleri (MARPOL)

Tarih	Limit
1 Ocak 2012' den önce	%4,5 m/m
1 Ocak 2012'den sonra	%3,5 m/m
1 Ocak 2020 'den sonra	%0,5 m/m

2.11.2. Petrol Kirliliği Kazalarına Açık Denizlerde Müdahale Edilmesi Hakkında Uluslararası Sözleşme (INTERVENTION 1969)

Sözleşmeye taraf olan devletler kıyı şeritlerinde yaşanan bir deniz kazası sonucu, kendileri için tehlike oluşturacak petrol kirliliği oluşması durumunda bu olumsuz durumun önlenmesi, etkisinin azaltılması ve ortadan kaldırılması için gerekli tedbirleri alma haklarına sahip olurlar. 29 Kasım 1969 tarihinde kabul edilen sözleşme 6 Mayıs 1975 yılında yürürlüğe girmiştir. Devletlerin ticari olmayan hizmetlerinde kullanılmayan savaş gemisi ve diğer gemiler hariç tüm açık deniz gemilerine uygulanır. Gemilerin normal operasyonlarının sebep olduğu petrol kirliliği sözleşmenin konusu değildir.

2.11.3. Atıkların ve Diğer Maddelerin Denize Boşaltılması Yoluyla Deniz Kirliliğinin Önlenmesi Hakkında Sözleşme (LC 1972 ve LP 1996)

Atıkların denizlere boşaltılmasın deniz çevresine verdiği zararların farkına varılmasını ve 1970 öncesi bu konuda kamuoyu oluşması sağlamıştır. Bu takiben Londra Sözleşmesi olarak da ifade edilen sözleşme 1972 yılında kabul edilmiş ve 1975 yılından beri de yürürlüktedir. Endüstriye atıkların İnsan faaliyetlerinin sebep olduğu deniz kirliliğin önlenmesi için küresel olarak çıkarılan ilk sözleşmedir. 87 devlet sözleşemeye taraftır. Sözleşmeye zaman içerisinde eklemeler yapılmıştır. 1994 yılında radyoaktif maddelerin deniz boşaltımının yasaklanmıştır. 1996 yılında mevcut Londra Sözleşmesi (LC)'ni modernize etmek ve sözleşmenin yerine geçmek için Londra Protokolü (LP) kabul edildi. Protokol 24 Mart 2006 tarihinde yürürlüğe girmiş ve bu yıl itibariyle 53 devlet taraftır.

2.11.4. Petrol Kirliliğine Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İş birliği ile İlgili Uluslararası Sözleşme (OPRC, 1990)

Paris'te düzenlenen bir konferansta, gemilerden kaynaklanan kirliliği önlemek IMO'nun tedbirlerin sıklaştırılması gerektiğini ve bu amaçla çalışmalara başlanması istendi. Kasım 1990 da kabul edilen ve 13 Mayıs 1995 tarihinde yürürlüğe giren sözleşme ile gemilerin olası petrol kirliliğine karşı acil durum planlarını oluşturması ve gemide taşıması amaçlamıştır. Sözleşme petrol sızıntısıyla mücadele ekipmanlarının bulundurulmasını ve sızıntıya karşı gemide tatbikatların düzenlenmesini ve ayrıntılı planların yapılmasını talep eder. Sözleşmeye taraf devletler petrol sızıntılarına karşı yardımda bulunacaklardır. 2000 yılında sözleşmeye tehlikeli ve zararlı maddelerle ilgili bir protokol kabul edildi.

2.11.5. Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Kirlenme Olaylarına Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İş Birliği Protokolü (OPRC-HNS Protokolü)

OPRC Sözleşmesi'nin ilkelerini izleyen protokol 15 Mart 2000 tarihinde OPRC Sözleşmesi'ne taraf olan ülkeler tarafından kabul edilmiştir. Protokol 14 Haziran 2007 tarihinde yürürlüğe girmiştir. OPRC-HNS Protokolü, özellikle tehlikeli ve zararlı maddeler taşıyan gemilerin aynı petrol olayları için OPRC sözleşmesini ilkeleri gibi hazırlık ve müdahale sistemlerini kurmasını amaçlar.

2.11.6. Gemi Balast Suyu ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Hakkında Uluslararası Sözleşme (BWM, 2004)

Balast sularının ve sedimanlarının bir standart dahilinde yönetilebilmesi için BWM, 13 Şubat 2004 tarihinde kabul edilmiştir. Sözleşme balast sularının yönetimi için standart ve prosedürler oluşturmak ve zararlı organizmaların bir deniz bölgesinden başka bir deniz bölgesine geçişini engellemeyi amaçlamaktadır. 7 Eylül 2017 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Sözleşmenin yürürlüğe girmesiyle birlikte tüm gemiler bir balast suyu kayıt defteri bulundurmak zorunlu olmuştur. Ayrıca tüm gemilerin balast suyu yönetim sertifikası bulunması gereklidir. 16 Nisan 2014 tarihli resmi gazetede yayımlanan karar ile Türkiye sözleşmenin Ek-A maddesine çekince koyarak katılmayı uygun bulmuştur.

2.11.7. Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

Yönetmelik, MARPOL 73/78 Sözleşmesi ve Gemilerin Ürettiği Atıklar ve Yük Artıkları İçin Kullanılan Liman Atık Alım Tesisleri Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifine dayandırılmış ve 26 Aralık 2004 tarihinde resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Çıkarılan bu yönetmeliğin amacı gemi kaynaklı atıklar ile yük kaynaklı artıklarının denizlere verilmesinin önlenmesi ve denizlerin korunması amaçlamaktadır. Ayrıca atık alma tesisleri ve atık alma gemilerinin usul ve esasları belirlenmiştir.

2.12. Atık ve Artıklar Konusunda Literatür İncelemesi

Gemi kaynaklı atıklar ve yük artıklarının tehlikelerinin tespiti ve risk skorlarının hesaplanabilmesi için gemi, deniz ve liman üzerine yapılmış atık ve artık konulu çalışmalarının incelenmesi gerekir. Gemi atıkları ve yük artıkları konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde;

Onwuegbuchunam ve diğ. (2017), Nijerya limanlarında yapıkları çalışmalarında gemi kaynaklı atık kontrol hizmetlerinin, gerekli atık kabul tesislerinin sağlanması, faaliyet kontrollerinin özel şirketlere yaptırıldığını belirtmişlerdir. Devlet kurumlarının yanında liman otoritesinin de kirliliğin izlenmesi ve kontrolünü yaptığını, bu durumun çıkar çatışmaları nedeniyle zayıfladığını öne sürerek, Nijerya limanlarında deniz kirliliği izleme ve kontrolünde ortaya çıkan yönetimsel sorunu ele almak için bilimsel temelli bütünleşmiş bir model önermişlerdir. Önerdikleri modeli test için liman içinde rasgele

seçilen 400 gros tonaj aşan gemilerden alınan numunelere fiziki-kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapmışlardır.

Siva (2012), yağlı gemi atıklarının değerlendirilmesi başlıklı yüksek lisans tezinde yağlı gemi atıklarını sınıflandırdıktan sonra bu atıklardan olan sintine ve yağlı çamurun kullanım ömrünü tamamlamış taşıt lastikleri ile ısıl işleme tabi tutulması ve bu işlemin sonunda sıvı yakıt elde edilmesi yöntemini incelemiştir. Bu işlemle gemi atıklarının çevreye zarar vermeden geri dönüşüme kazandırılabileceğini ortaya koymuştur.

Gemi atıkları ve taşıdığı yük artıkları sadece denizler için değil nehirler için de tehlike oluşturmaktadır. Tuna Nehri'nin Sırbistan'dan geçtiği sularının üzerine kurulan limanların atık yönetimi üzerine 2005-2009 yılları arası liman yetkililerinden alınan yolcu ve kargo gemilerinin atık verilerini değerlendiren Unlikovic ve diğ. (2013), Sırbistan limanlarının atık yönetimi için bir stratejilerinin bulunmadığını, işleme ve toplama için daha fazla ekipman gereksinimi belirlemişlerdir. Analiz edilen verilere göre nehir üzerindeki limanlar için atık miktarlarını regresyon modeli kullanarak hesaplamışlardır.

Fitoz (2009), gemilerden kaynaklanan deniz kirliliğini incelediği çalışmasında, limanlarda gemilerden atık alımı, tesislerde depolanması ve bertaraf tesislerine taşınma süreçlerinin iyileştirmesi gerektiğini sonucuna varmıştır. Türk boğazlarından yıllık 55.000 geminin geçtiğini bunun günlük 25 tehlikeli yük taşıyan tanker gemisi olduğunu belirtmiştir. Boğaz trafiğinin alternatif petrol ve doğalgazın boru hatlarını hatları yapılmasını önermiştir.

Limanlardaki gemi kaynaklı atıklar ve kargo kalıntılarının yönetimiyle ilgili Avrupa limanlarında kullanılan teknikleri analiz eden Deja (2013), gelişen deniz taşımacılığının atıklarının ve yük artıklarının liman kabulünün sürdürülebilir kalkınma ilkelerine göre organize edilmesi gerektiğini vurgulamış ve mevcut atık ücretlerin hesaplama kriterlerini analiz etmiştir. Ayrıca araştırmalarında Rotterdam, Antwerp ve Klaipeda limanlarında kullanılan yönetim sistemlerinin, Polonya'da bulunan Szczecin ve Swinoujscie limanları için en uygun yönetim sistemini belirlemeyi amaçlamışlardır.

Limanların normal işletme süreçlerini devam ettirirken aynı zamanda doğanın işleyişine zarar vermeden çalışan bir tesis olması gerekir. Demir (2021), yeşil liman kavramından olabilmeleri için olması gereken yeşil liman kavramını değerlendirilmiştir. Türkiye'deki limanların Avrupa'daki örneği bulunan yeşil limanlar gibi olabilmeleri için yapmaları gereken iyileştirmeleri AHS yöntemi ile değerlendirmiştir. Çalışmanın sonucunda ana kriterlerden personel yönetiminin ağırlığının en yüksek çıktığı, alt kriterlerden ise rıhtım uzunluğu, atık yönetim planı, elleçleme ekipmanlarından kaynaklanan kirlilik, salınım emisyonları ve liman çevre standartları kriterlerin diğer alt kriterlere göre ağırlıklarının yüksek çıktığı sonucuna varılmıştır.

Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa bölgesi gemi atık yönetimin sisteminin karşılaştığı sorunları analiz ettikleri çalışmalarında Zhang ve diğ. (2021), gemi atık boşaltma standartlarını tek bir çatı altında toplama, limanların iyileştirilmesi, standartları netleştirme, denetim ve yasal uygulamalar iyileştirme, küresel takip sistemi kurulmasını gerekliliğini vurgulamış bu sistemlerle deniz kirliliğini azaltılmasına katkı sağlamayı amaçlamışlardır.

Gemi kaynaklı deniz kirliliğinin engellenmesi için hukuk sistemin de işler ve uygulanabilir olması gerekir. Okur (2008), gemi kaynaklı deniz kirliliğinin hukuksal boyutunun değerlendirildiği ve bu kapsamda Türkiye'nin liman devleti denetiminin Akdeniz ve Karadeniz liman devletleriyle iş birliği içinde olduklarında sadece Türk limanlarında değil, boğazdan transit denetlenmeden geçen gemiler üzerinde de etkisi olacağı ve hem denizlerimizin hem de boğazlarımızın tehlikesinin azaltacağı sonucunu belirtmiştir. Ayrıca Türkiye'nin taraf olmadığı uluslararası sözleşmelerin ek protokollerine taraf olması gerektiği ve ulusal hukuk sisteminde cezalara ilişkin kanunların çıkarılması ve düzenlenmesi gerektiğine vurgu yapmıştır.

Keskin (2006), çalışmasından deniz kirliliğinin nedenlerini ve etkisini araştırdıktan sonra gemi, atık alım ve işleme tesisi süreçlerini incelemiştir. Uygun atık alım ve işleme tesislerinin kapasitelerinin ortaya koymak için Ambarlı liman örneğini incelemiştir. Bu limanda aylık ortalama 404,216 ton yağlı atık alımı gerçekleşmektedir. Ambarlı limanında bulunan biyolojik artıma tesisinin kapasitesi günlük 370 m3 olmasına rağmen bugüne kadar gemilerin limana pis su verme talebinde bulunmadıklarını belirtmiştir.

Avrupa limanlarının büyük birçoğunda gemi boyutuna göre yağlı atıkların ve çöplerin alımının ücret tarifesinin belirlendiğini belirten Perez ve diğ. (2017), gemilerde atık oluşumunu etkileyen faktörleri belirlemek için gemi teknolojisi, rotası ve gemideki kişilere dayalı 6000 gözlem içeren bir veri tabanı oluşturmuşlardır. Araştırmanın sonucunda gemide oluşan yağlı atık miktarını geminin boyutunun belirlediği, çöp miktarını ise gemide bulunan insanların belirlediğini tespit etmişlerdir. Bu sonuçlara göre tek bir tarife yerine her bir atık türüne göre farklı bir tarife uygulanmasının daha yararlı olacağını önermişleridir.

Gemi kaynaklı atıklar ile ilgili başka bir çalışmayı Daşhan (2010), yapmıştır. Çalışmasında Haydarpaşa Atık Alım Tesisi mevcut durumunu atık alım işlemesi ve bertaraf işlemlerinin incelemiştir. Eylül 2005, Ocak 2010 tarihleri arasında atık alımı gerçekleştirilen gemi sayısı ve alınan atık miktarları tespit edilmiştir. En yüksek atık alımı slop atığı oluşturduğu belirlenmiştir. Bu rakamlardan ışığında gelecekte oluşacak atık miktarları da yine çalışmada belirlenmiştir.

Sintine sularının arıtılması ile ilgili Ulucan (2011), sintine suyunun içinde deniz suyu bulunmasından dolayı iletkenliğinin yüksek olmasından yola çıkarak elektrokimyasal arıtma yöntemin bir avantaj olacağını belirtmektedir. Çalışmada örnek sintine suları bu yöntemle arıtma işlemine tabi tutulmuş ve sonuçları başarılı ve geliştirilebilir bulunmuştur.

Gemi atıklarının arıtılmasıyla ilgili yapılan çalışmalarında Fontana ve diğ. (2022), sintine suyunu arıtılması amacıyla Fenton reaksiyonu ve titanyum dioksit fotokataliz proseslerini karşılaştırmışlardır. Bu iki yöntem sonrası sintine suyundaki karbon azalım yüzdeleri %67 ve %64 olarak bulunmuş daha sonra sintine suyu polielektrolit kullanılarak flokülasyon ile ön işleme tabi tutulduğunda Fenton reaksiyon etkinliği %95'e yükseldiği gözlemlenmiştir. Fentom yöntem sintine suyunu arıtmak için uygun bir yöntem olarak önerilmiştir.

Gemi atık sularının arıtılması için yapılan başka bir çalışmada ise Ersoy (2015), iki artıma yöntemini ayrı ayrı atık sulara uygulamış ve bu iki yöntemi birbiriyle karşılaştırmıştır. Mümkün olan en az kimyasal kullanımı ile en fazla arıtım sağlanmıştır. Uluslararası ve ulusal çalışmalarda bu yöntem ilk olma özelliğini taşımaktadır.

Atık ve artıklar incelenirken tersanelerdeki uygulamalarına bakmak gerekir. Tersanelerde yeni gemi yapımı yanında denizlerde çalışan gemilerin tamir ve bakım işlemleri de yapılmaktadır. Özellikle tamir bakım işlemleri gemi artıkları ve atıklarını sebep olmaktadır. Meydanlıoğlu (2016), bu alanda faaliyet gösteren tersanelerde tehlikeli atık yönetimini incelemiştir. Çalışma Marmara Bölgesinde faaliyet gösteren tersaneler için yapılmıştır. Bölgedeki 42 adet tersane incelenmiştir. Katı, sıvı ve hava kirleticiler olarak atıklar sınıflandırılmıştır. En sık karşılaşılan durumun atıkların yanlış depolama kaplarına atıldıkları tespit edilmiştir. Çevre eğitim eksikliği önemli bir sorun olarak ortaya çıkmıştır.

Liman gemi atıklarının üzerine Birkan (2019), yaptığı çalışmada, Mersin Limanı örnek alınarak yapılan çalışmada mavi kart uygulaması ile gemilerin verdiği atık miktarının arttığı tespit edilmiştir. Yazar gemilerin yapım aşamasında iken sistem kurularak geminin atık alım tesisleri flencine bağlandığı sırada sistemin aktifleşeceği bir sistem kurulabileceğini önermiştir. Böylece gemilerin açık denizlerde atık basamayacağını belirtmiştir. Buna benzer bir sistemin araçların yakıt alırken benzin istasyonlarında da uygulandığını gözlemlemiştir.

Dünya ticari gemi filosunun %1'den daha azını oluşturan yolcu gemileri tarafından üretilen atıklar, ticari gemiler tarafına üretin tüm atıkların %25'inden daha fazlasını oluşturduğunu belirten Butt (2007), çalışmalarında yolcu gemileri kaynaklı atıkların yönetimi, bertaraf edilmesi ve limanlar üzerindeki etkisini araştırmıştır. Kruvaziyer gemilerinin atık azaltma stratejisi izlemesi gerektiğini, limanların ise bu gemilerin ürettiği atıklar için yeterli kapasitede depolama ve geri dönüşüm tesisleri kurması gerektiği sonucuna varmıştır.

Sintine suları üzerine örneklem alarak yapılan çalışmada Demiray (2006), karışımın içindeki yağ ve gres oranını belirlemiştir. Makine dairesindeki sintine sularının 15 ppm'in üzerinde olduğunu tespit etmiştir. Gemilerde sintine separatörlerin olmadığını olanlarında çalıştırılmadığını belirtmiştir. Bu durum karşısında sintine sularının makine dairesi dışına basıldığına vurgu yapmaktadır. Ayrıca sintine sularının deniz üzerindeki yarattığı kirliliği ve mevzuatı incelemiştir.

Gemilerde oluşan atıkların bertaraf yöntemleri üzerine yapılan çalışmada Can ve diğ. (2011), gemide atık ve çöplerin oluşumunu ve gemi içinde bertaraf etme yöntem ve cihazlarını açıklamışlardır. MARPOL kuralları ekseninde gemilerde oluşan atıkların gemi bünyesinde yok edilebileceğini ve kalanının yakıldıktan sonra atık alım tesisine verilebileceğini belirtmişlerdir.

MARPOL Ek-VI a göre gemi kaynaklı hava ve çevre kirliliğinin CO_2 ve SO_x salınımlarına göre incelendiği bir çalışmayı Ceyhun (2022), yılında yapmıştır. Çalışma sayesinde bu gazların çevreye verdikleri zarar araştırılmıştır. Gemi kaynaklı kirliliğin genel kirliğe oranı %3 civarında olduğu belirtilmiştir. Paris anlaşmasının önemine değinilerek ülkelerin taraf olmasıyla kirliliğin önüne geçilebileceğine işaret edilmiştir.

MARPOL gerekliliklerine göre atık alım tesislerin kurulumu, işletimi ve yönetimi üzerine Satır (2007), gemi atık alım modeli geliştirmiş ve bu modeli Alsancak limanına uygulamıştır. Bu sayede limanlarda yeni kurulacak atık alım tesislerine model olmasını amaçlamıştır.

Gemi gıda atıkları üzerine yaptıkları çalışmalarında Wilewska-Bien ve diğ. (2016), Baltık Denizi gemi trafiği kaynaklı yıllık gıda atıklarının yaklaşık 182 ton nitrojen ve 34 ton fosfor içerdiğini belirtmişlerdir. Gıda atıklarında bulunan yıllık nitrojen yükü, gemi kaynaklı kanalizasyondan yıllık nitrojen yükünün %52'sine karşılık gelmektedir. Yasal olarak 12 mil açıkta boşaltılabilen gıda atıklarının, gelecekte kanalizasyona kıyasla etkisinin daha büyük olacağını vurgulamışlardır.

Özellikle büyük yolcu gemilerinin oluşturduğu katı atıkların yönetimi önemli bir konudur. Görken (2011), İzmir Limanı 2006-2011 yılları arasında genel yolcu sayılarını ve katı atık miktarı verilerine dayanarak gelecekte kruvaziyer gemilerinin oluşturacağı katı atık miktarlarını mevsimsel düzeltme, üstel düzeltme ve ARIMA modellemesi yöntemleriyle hesaplamışlardır.

Alpay (2015), gemi kaynaklı atıkları toplayan Çanakkale, İstanbul, Kocaeli, İzmir, Muğla illeri 5 büyükşehir belediyesinde toplanan atık miktarlarını incelemiştir. En yüksek oran %33,11 ile İstanbul olurken %30,13 ile Çanakkale ikici sırada yer almıştır. Çanakkale'de toplanan atıkların %96'ı slop olduğu bulunmuştur. Atık bertaraf

tesislerinin belirlenen bir bölgede şehirleri kapsayacak şekilde yapılmasını ve hizmet vermesinin ekonomik olacağını önermiştir.

Gemi kaynaklı çöp atıkları üzerine yapılan çalışmalarında Mobilik ve diğ. (2016), Malezya limanlarına gelen gemilerin MARPOL 73/78 Ek V kapsamında verdikleri atıkları gözlemlemişler ve buna rağmen kıyada çöp atılan gemiler olduğunu tespit etmişlerdir. Atıkların türü ve miktarını belirleyebilmek için 115 gemiyi denetleyerek verileri toplamışlardır. Çalışmanın sonucunda biyolojik olarak parçalanabilen malzemelerin kullanımının arttırılmasını ve denizcilik öğrencilerin çevre konusu üzerine eğitim almalarını gerektiğini önermişlerdir.

2.13. Fine-Kinney, Bulanık Fine-Kinney, AHP ve Bulanık AHP Yöntemleri ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Literatürde farklı disiplinlerde Fine-Kinney, Bulanık Fine-Kinney ve Bulanık AHP yöntemleri ile yapılan çalışmalara rastlamak mümkündür. Bu bölümde denizcilik alanında yapılan çalışmalara ve diğer alanlarda bu yöntemler kullanılarak yapılmış çalışmalara değinilecektir. Atıklar ve artıklar üzerine yapılmış çalışmalara bir önceki konuda yer verilmiştir. Ancak gemi kaynaklı atıklar ve artıklar konusuyla ilgi bazı çalışmalara bu bölümde de yer verilecektir. Çünkü bu çalışmalar hem atıklar ve artıklar konusunu içermekte hem de çalışmamızı oluşturan yöntemlerle yapılmasından dolayıdır.

Rüzgar türbinlerinin taşınması, inşası, işletilmesi ve bakımı için bulanık mantığı kullanarak bir risk değerlendirme yöntemi uygulayan Beparh ve Kabir (2022), Fine-Kinney yöntemi ile değerlendirilen risk parametrelerinin ağırlıklarını belirlemek için bulanık AHP kullanılmıştır. Daha sonra ise tehlikenin kaynağını sıralamak için bulanık TOPSİS yöntemini kullanarak çalışmalarını sonlandırmışlardır. İSG uzmanlarının kullandığı bu çalışma da en sık görülen ilk üç tehlike sırasıyla gece araç kullanmak, sıcak ve nemli koşullarda çalışmak, kötü hava koşullarında çalışmak olduğunu ortaya koymuştur.

Yang ve diğ. (2020), denizde çatışma kazalarının insan risk faktörünün risk derecesi ile risk faktörü düzenlemelerin netlik derecesi arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çin'in

kuzeydoğusunda bulanan Liaoning deniz bölgesinde 2005-2014 yılları arası 481 kazanın verilerinin incelemişlerdir. Faktörün risk derecesi, bulanık Fine-Kinney yöntemine göre analiz edilmiş ve faktörlerin faktörün ağırlık değeri AHP yöntemiyle hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda gemide uygulanacak düzenleyici ve önleyici faaliyetler ne kadar netleştirilirse, gemi çatışmalarını önleme ve operasyonlarda insan faktörü riskinin düşeceğini göstermiştir.

Tarım işçilerinde sık tekrar eden ve kuvvet gerektiren hareketlerden kaynaklı işyerlerinde karşılaşılan kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarını inceleyen Tatar ve diğ. (2023), önerdikleri yöntemi, çay hasadı yapan işçilerde uygulamışlardır. Kas-iskelet sistemi bozuklukları risklerini değerlendirmek için Fine-Kinney ve Bulanık AHP-TOPSIS hibrit sistemiyle yeni bir risk yönetimi modeli önermişlerdir.

Kokangül ve diğ. (2016), büyük bir üretim firmasında, tecrübeli personeller katkısıyla sahada belirlenen tehlikeler Fine-Kinney yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Son 10 yıllık istatistiklerin sınıflandırıldığı ve tehlikelerin belirlendiği verilere AHP yöntemi kullanılmıştır. AHP yöntemi, risk değerlerine göre tehlikelerin kabul edilebilir düzeyde olup olmadığını belirleyemediğini ve bu durumun giderilmesi için Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemindeki risk sınıfı ölçüsünün AHP yönteminde de kullanılabileceğinden hareketle AHP yöntemi için risk aralıkları belirlenerek yeni bir yaklaşım önermişleridir. Çalışmanın sonucunda farklı alanlarda karşılaşılan tehlikeler için de bu yönetimin uygulanarak değerlendirilmesi önerilmiştir.

Gül ve diğ. (2017), Fine-Kinney, FAHP ve FVIKOR yöntemlerini kullanarak denizcilik endüstrisinde risk değerlendirmesi için hibrit bir yaklaşım önermişlerdir. Önerdikleri yöntemi diğer gemi işlerinden daha fazla ölüm ve yaralanma olaylarının yaşandığı gemi balast tankı bakım süreçleri için uygulamışlardır. Çalışmalarının teorik katkısının yanında tehlikelerin belirlenmesine ve gemi emniyetini iyileştirilmesine katkı sağladığını belirtmişlerdir.

Fine-Kinney yönteminin olasılık, frekans ve şiddet parametrelerinde eşit ağırlık vermesinden dolayı bir sınırlamaya sahip olduğu belirten Gül ve diğ. (2018), FAHP ve bulanık VIKOR (FVIKOR) yöntemlerinin birleştirildiği yeni bir risk değerlendirme yöntemini çalışmalarında önermişlerdir. Yöntemin sınanması için silah endüstrisini

seçmişler ve risklerin değerlendirilmesini bu iki yöntemle yapmışlardır. Risk parametrelerini Fine-Kinney yönteminden türetilmiş ve risklerin ağırlıklandırılması için FAHP kullanılmıştır. Tehlikelerin öncelik sıraları ise FVIKOR yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmanın sonucu ise önerilen yöntemin, benzer yöntemlerin kontrollerinin yapılması ve değerlendirilmesine katkı sağlayacağını göstermektedir.

Yeşil limanlar üzerine BAHP yönteminin uygulanması ile yapılan çalışmada Akın (2020), yeşil liman kriterlerinin ağırlıklarını belirlemeye çalışmıştır. Tehlikeli atık elleçleme kriteri %16,65 oranı ile en önemli kriter olarak belirlenmiştir. Su kirlilik kriteri %16,19, hava kirlilik kriteri ise %13,70 olarak tespit edilmiştir. Liman için denetlemelerin arttırılması, teşvikler ve eğitimlerin verilmesinin bu konuda farkındalığın artırılmasına yardımcı olacağı vurgulanmıştır.

Tanker tipi gemilerde sıklıkla ortaya çıkan 30 adet donanımsal sorunun yaşanmasında ortaya çıkacak zararları Bulanık AHP yöntemi belirlemeye çalışan Vardar (2017), ekonomik kayıp zararını %29 ile ilk sırada bulmuştur. Diğer iki zarar ise %27,6 zaman kaybı ve %24 ile ek işgücü olarak tespit etmiştir.

İSG uygulamalarında sıklıkla kullanılan klasik Fine-Kinney yöntemin, risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi aşamalarındaki sınırlılıklarının azaltmak için yeni bir yaklaşım öneren Wang ve diğ. (2018), tehlikelerin önceliğini belirlemek için üçgen bulanık mantıkla MULTIMOORA yaklaşımı ve Choquet integral yöntemini birleştirmişlerdir. Yöntemi gemi balast tankı bakımı süreçlerinde risk değerlendirme ve önceliklendirme prosedürlerini göstermek için örnekleyerek sınamışlardır.

Literatürde birçok konuda yapılan BAHP yöntemiyle yapılmış çalışmalara rastlanır. Sosyolojik olarak gemi personelinin kültürel farklılıklarını konu alan çalışmasında İnegöl (2021), farklı milletlerden oluşan personelin gemilerde kültür farklılıklarının oluşturacağı çatışmaların önüne geçmek için BAHP yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmış ve TOPSİS yöntemi ile kriterler sıralanmıştır. Ağırlığı en yüksek kriter acil durumlarda iletişim, en iyi alternatifte eğitim ve rehberlik bulunmuştur.

Tehlikeli sıvı madde taşıyan tankerlerin 1999 ile 2013 yılları arasında yangın ve patlama olaylarına ait kazaları araştıran Uğurlu (2016), kazaların temel nedenini FTA ve

BAHP yöntemi ile araştırmıştır. Kargo tanlarında sıcak çalışma ve gaz sıkışması, statik elektrik en önemli sebepleri olarak bulunmuştur.

Tehlikeli ve zor boğaz geçişlerinden biri olan İstanbul Boğazı için güvenli geçiş için büyük gemi boyunu inceleyen Keçeci (2010), AHP yöntemi kullanmıştır. Çalışmada 151-200 metre aralığından sonra ciddi bir şekilde tehlike etkenlerin arttığını tespit etmiştir. Kısıtlı görüş, akıntı, boğazın dar olması ve gemide pilot bulunmaması en önemli etkenler olarak belirlenmiştir.

Liman manevraları için uygun gemi tipi ve geminin çevre koşullarına uygunluğunun belirlenmesi amacıyla risk analiz modelinin oluşturulmasının amaçlandığı çalışmada Çınar ve diğ. (2021), bu alanda daha önce kullanılmayan Bulanık Fine-Kinney yöntemini kullanmışlardır. Köprüüstü simülatöründe çevre koşullarının da dikkate alındığı bir senaryoda, İstanbul limanı için yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Her manevra bitiminde denizcilik sektör çalışan kaptanlara anket formları uygulanmıştır. Türkiye'de kurumların hazırladığı risk analiz metotlarına bakıldığında en çok ES (Expected Shortfall) Model ve Risk Matrisi yönteminin kullanıldığı görülmüştür. Bu metodaların kullanılmasının risk değerlendirmede yetersiz kaldığı ve kullanılan Finney-Kinney yönteminin tutarlı ve net sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Ayrıca uzmanlar ileride yapılacak çalışmalarda Fine-Kinney risk analiz yönteminin kullanılmasını önermişlerdir.

Gemi atıkları ve yük artıklarının belirlenmesi için yapılan çalışmada, Fine-Kinney Bulanık Finney-Kinney ve Bulanık AHP yöntemin uygulandığı hibrit bir model kullanılmıştır. Çalışmanın bundan sonraki bölümünde kullanılan bu yöntemler ayrıntılı bir şekilde açıklandıktan sonra problemin amaç hiyerarşisi oluşturulacaktır.

3. YÖNTEM

3.1. Fine-Kinney Yöntemi

William T. Fine 1971 yılında "Mathematical Evaluations For Controlling Hazards" başlıklı makalesinde, tehlikeleri kontrol etmek için matematiksel değerlendirmeler yöntemini önermiştir. Daha sonra 1976 yılında G. F. Kinney A. ve D. Wiruth Safety, yöntemi geliştirerek yayımladıkları "Practical Risk Analysis for Safety Management" başlıklı makalelerinde matematiksel yaklaşımı grafiksel yaklaşıma dönüştürmüşlerdir. Fine-Kinney yöntemi eski bir yaklaşım olmasına rağmen günümüzde halen Fine-Kinney yöntemi olarak adlandırılmaya devam etmektedir (Kinney ve Wiruth, 1976; Fine, 1971; Bekdemir, 2019; Boyacı ve diğ., 2020).

Kantitatif bir analiz yöntemi olan Fine-Kinney yöntemi riskleri, olasılık, frekans ve şiddet kriterlerine göre değerlendirir. Olasılık (O), frekans (F) ve şiddet (Ş) kriterleri sayısal olan değerlerle ifade edilir. Bu üç kriterin sayısal değerlerinin çarpılması ile başka bir sayısal değer bulunur. Bulunan bu sayısal değer, risk skoru (R) olarak adlandırılır. Denklem (3.1)'de;

$$R = O \times F \times Ş \tag{3.1}$$

gösterildiği şekilde bulunur. Olasılık istenmeyen bir olayın gerçekleşme ihtimalini ya da başka bir ifadeyle zarar veya hasarın oluşma ihtimali, frekans tehlikeyle karşı karşıya kalma sıklığını, şiddet ise riskin gerçekleşmesi halinde çalışan insanlara, tesis, işyeri ve çevre üzerinde oluşturacağı zarar ya da hasarın boyutunu ifade etmektedir (Özkılıç, 2014; İncekara, 2020)

Olasılık parametresi, kesin beklenir, oldukça mümkün, seyrek ama olası, düşük olasılık ama mümkün, çok düşük olasılık, beklenmez, pratik olarak imkânsız ve neredeyse imkânsız olmak üzere yedi grupta ifade edilmiştir. Tablo 3.1'de olasılık skalaları gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Fine-Kinney olasılık skalası. Kinney, (1971)

Olasılık (O)	Değer
*Beklenir, kesin	10

Tablo 3.1. (Devam) Fine-Kinney olasılık skalası. Kinney, (1971)

Olasılık (O)	Değer
Oldukça mümkün	6
Seyrek ama olası	3
*Düşük olasılık ama mümkün	1
Çok düşük olasılık, beklenmez	0.5
Pratik olarak imkânsız	0.2
*Neredeyse imkânsız	0.1

*Ara değerleri ifade etmektedir.

Frekans, sürekli, sık, ara sıra, sık değil, nadir ve çok seyrek olmak üzere altı grupta ifade edilmektedir. Tablo 3.2'de frekans skalası görülmektedir.

Tablo 3.2. Fine-Kinney frekans skalası. Kinney (1971)

Frekans (F)	Değer
*Sürekli	10
Sık (Günlük)	6
Ara Sıra (Haftalık)	3
Sık Değil (Aylık)	2
*Nadir (Yılda birkaç)	1
Çok Seyrek (Yıllık)	0.5

*Ara değerleri ifade etmektedir.

Şiddet, birçok ölümün yaşandığı bir felaket, birden fazla ölümlü kaza, ölümle sonuçlanabilecek çok ciddi yaralanma, ciddi yaralanma, önemli yaralanma, küçük yaralanma olmak üzere altı grupta ifade edilmiştir. Tablo 3.3'te şiddet skalası görülmektedir.

Tablo 3.3. Fine-Kinney şiddet (Ş) skalası. Kinney (1971)

Şiddet (Ş)	Değer
Birçok ölümün yaşandığı bir felaket	100
Birden fazla ölümlü kaza	40
Ölümle sonuçlanabilecek çok ciddi yaralanma	15
Ciddi yaralanma (uzuv kaybı, kalıcı sağlık problemleri/iş göremezlik)	7
Önemli yaralanma (dış ilk yardım gerekli)	3
Küçük yaralanma, ilk yardıma ihtiyaç	1

Risk skoru, çok büyük risk, esaslı risk, önemli risk, olası risk ve önemsiz risk olmak üzere beş grupta toplanır. Bu gruplar bulunan risklerin önlem sıralarını belirler. Böylece hangi riski öncelikle ortadan kaldırmak veya azaltmak gerektiğini ortaya koymuş olur.

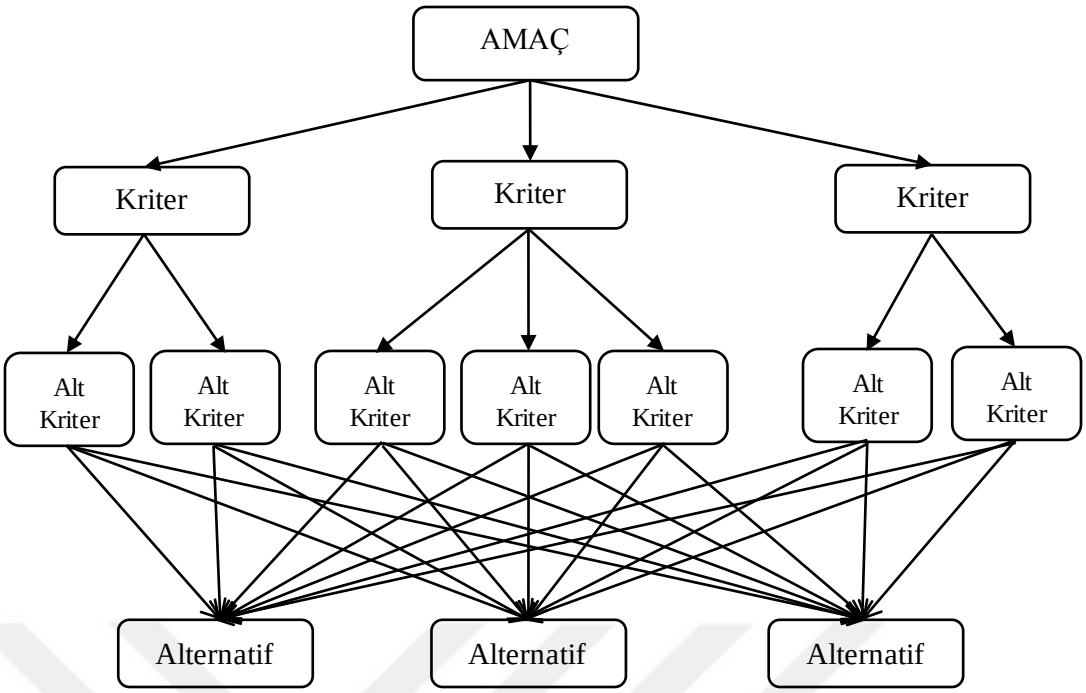
Tablo 3.4. Fine-Kinney risk skoru (R) skalası. Kinney (1971)

Risk (R)	Risk Skoru
$R > 400$	Çok Büyük Risk: Hemen gerekli önlemler alınmalı, sürecin durdurulması düşünülmelidir.
$200 \leq R \leq 400$	Esaslı Risk: Hemen önlem alınmalıdır.
$70 \leq R < 200$	Önemli Risk: Önlem ihtiyacı vardır.
$20 \leq R < 70$	Olası Risk: Süreç gözetim altında uygulanmalıdır.
$R < 20$	Önemsiz Risk: Önlem Öncelikli Değildir.

3.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process-AHP)

İlk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert tarafından ortaya atılan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP-Analytic Hierarchy Process), daha sonra 1977 yılında Thomas L.Staay tarafından geliştirilmiştir (Yaralıoğlu, 2001). AHP, çok kriterli ve karmaşık problemlerin çözümü için matematiksel bir karar verme sürecidir (Timor, 2011). Yöntem, çok kriterli karar verme yöntemleri arasında basit ve ikili karşılaştırma yaparak karar vericinin tercihini belirlemesini sağlayan bir yöntemdir. AHP yöntemi için ilk olarak amaç belirlenir. Daha sonra kriterler ve varsa alt kriterler bu amaca göre ortaya konur. En son olarak alternatifler ya da riskler belirlenir (Genç ve Kabak, 2020). Belirlenen kriterlerin çözümü için hiyerarşik bir yapı kurulur. Örnek bir AHP hiyerarşisi Şekil.3.1'de verilmiştir.

Kurulan bu yapı sayesinde AHP, olası tehlikelerden hangisinin daha önemli sorusuna cevap verir (Ergenç, 2018). Ayrıca alternatiflerin seçimi ve sıralaması da yapılabilir (Genç ve Kabak, 2020). AHP, hiyerarşik yapının oluşturulduktan sonra ikili karşılaştırma matrisinin ve karşılaştırma sonuçlarının hesaplanması basamaklarına geçilir. AHP yönteminin karar verme süreci ise aşağıdaki adımlar uygulanarak gerçekleştirilir.



Şekil 3.1. Örnek AHP hiyerarşik yapısı

1.adım (İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması): Anketler kriterlerin birbirlerine göre üstünlüklerinin belirlenmesi için uzman tarafından belirli bir ölçeğe göre oluşturulur. Saaty tarafından geliştirilen ikili karşılaştırma ölçeği Tablo 3.5'te görülmektedir. Önem dereceleri 1, 3, 5, 7, 9 gibi sayısal değerlerden oluşur.

Tablo 3.5. İkili karşılaştırma ölçeği (Saaty, 1996).

Önem Derecesi	Tanımlama	Açıklama
1	Eşit Önemli	İki kriter arasında üstünlük durumunun olmamasını ifade eder.
3	Biraz Daha Fazla Önemli	Tecrübe ve değerlendirme sonucunda bir kriter diğerine göre daha fazla tercih edilir
5	Kuvvetli Şekilde Önemli	Tecrübe ve değerlendirme sonucunda bir kriter diğerine göre kuvvetli şekilde tercih edilir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir kriterin diğer kritere göre güçlü şekilde tercih edilmesi ve baskınlığının çok net görülmesi.
9	Tamamıyla Önemli	Bir kriterin diğerine tercih edilebilmesi için kanıtlar çok güçlü güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Ortalama değer	Değerleri uzaklaştırmak için kullanılan ara değerler

Yapılan bu üstünlük karşılaştırılmaları ikili matrisin oluşturulmasını sağlar. Tablo 3.6'da ikili karşılaştırma matrisi görülmektedir.

Tablo 3.6. İkili karşılaştırma matrisi.

	A1	A2	…	…	An
A1	1	a12	…	…	a1n
A2	1/a12	1	…	…	a2n
.	.	.	…	…	
An	1/a1n	1/a2n	…	…	1

Anket yoluyla toplanan sonuçlarına göre ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Tablo 3.6'da görüldüğü gibi aynı kriterlerin birbirlerine göre üstünlüğü olmadığından, karşılaştırıldıklarında "1" değerini alırlar. Sol üst köşeden sağ alt köşeye kadar kriterlerin birbiri ile kıyaslanmaları aynı şekilde "1" değerini ile ifade edilir. a_{ij}, i kriterinin j kriteri ile ikili karşılaştırmasını gösterecek olursa, köşegenin altında kalan değerler Denklem (3.2)'de;

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \tag{3.2}$$

verildiği şekilde hesaplanır. i ve j birbirine eşit ise kriterin kendisi ile kıyaslandığı anlamına gelir.

2.Adım (Normalize edilmiş matrisin hesaplanması): İkili karşılaştırma matris tablosu oluşturulduktan sonra normalize edilmiş matris tablosunun oluşturulması gerekir. Karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörü Denklem (3.2)'de;

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ . \\ . \\ . \\ b_{n1} \end{bmatrix}_{nx1} \tag{3.3}$$

verildiği şekilde gösterilir. Normalize edilmiş matrisin oluşturulmasında kullanılan Denklem (3.4)'de;

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \tag{3.4}$$

verildiği şekildedir. Bu işlem kısaca her bir değerin sütun toplamına bölünmesi olarak ifade edilir.

3.Adım (Vektör ağrılığının veya kriter ağılıklarının hesaplanması): Çalışmadaki kriter sayısı kadar B sütun vektörü oluşturulur. Elde edilen bu matris Denklem (3.5)'de;

$$C = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & . & . & . & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & . & . & . & b_{2n} \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ b_{n1} & b_{n2} & . & . & . & b_{nn} \end{bmatrix} \tag{3.5}$$

gösterilmektedir. Öz vektörün veya vektör ağırlığının hesaplanmasında kullanılan Denklem (3.6)'de;

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} c_{ij}}{n} \tag{3.6}$$

görülmektedir. W_i, öz (öncelik) vektörünü ifade eder. Kısaca öz vektör satır toplamının kriter toplamına bölünmesi ile hesaplanır. Öz vektör kriterlerin önem ağırlıklarını göstermektedir.

4. Adım (Tutarlılık oranının hesaplanması): Kriterlerin kendi arasında ağırlıklarının hesaplanmasından sonra bulunan bu değerlerin test edilmesi için karar vericinin tutarlılık oranı (CR) hesaplanır. CR değerinin hesaplanması için Denklem (3.7)'deki;

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{3.7}$$

gibi kullanılır. Formülde CI tutarlılık indeksini, RI ise Rassal indeksi ifade etmektedir. Araştırmacının yaptığı ikili karşılaştırmanın tutarlı olduğunu söyleyebilmek için CR değerinin 0,10'dan küçük bulunması gerekmektedir. Eğer bulunan CR değeri hesaplama sonrası 0,10'dan büyük bir değer bulunursa bu durumunda karşılaştırmanın tutarsız olduğu ve bu çalışmanın tekrar edilmesi gerekmektedir. CR değerinin hesaplanması için öncelikle yapılması gereken; ikili karşılaştırma matrisi ile öncelik vektörünün çarpılması ile D matrisi Denklem (3.8)'de;

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & . & . & . & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & . & . & . & a_{2n} \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ a_{n1} & a_{n2} & . & . & . & a_{nn} \end{bmatrix} X \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ . \\ . \\ . \\ W_n \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

gösterildiği şekilde oluşturulmuştur. D temel matrisinden sonra temel değer (E) Denklem (3.9) ve (3.10)'da;

$$E_i = \frac{d_i}{W_i} \quad (3.9)$$

$$(i = 1,2,\ldots\ldots\ldots,n) \quad (3.10)$$

verilen denklemler kullanılarak hesaplanır. Daha sonra en büyük temel değer (λ) aşağıdaki Denklem (3.11)'de;

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{n} \quad (3.11)$$

verildiği gibi hesaplanır. λ değeri, CI değerinin hesaplanması için gerekmektedir. CI değeri aşağıdaki Denklem (3.12)'de;

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (3.12)$$

verildiği şekilde hesaplanır. Tutarlılık indeksi hesaplandıktan sonra tutarlık oranın hesaplanabilmesi için Rassal indekse ihtiyaç vardır. Bu indeks Saaty tarafından oluşturulmuş bir indekstir (Staay, 1987).

Tablo 3.7. Rassal indeks. Saaty (1987).

n	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,58

CR değerinin hesaplanması için Denklem (3.7)'den yararlanılır. Çıkan değere göre ikili karşılaştırmanın tutarlı veya tutarlı olmadığına karar verilir.

5.Adım (Kararın verilmesi): yöntemin son aşamasını oluşturur. Amaç için belirlenen tüm alternatifler hesaplanır ve en büyük ağırlığa sahip alternatif seçilir.

3.3. Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler

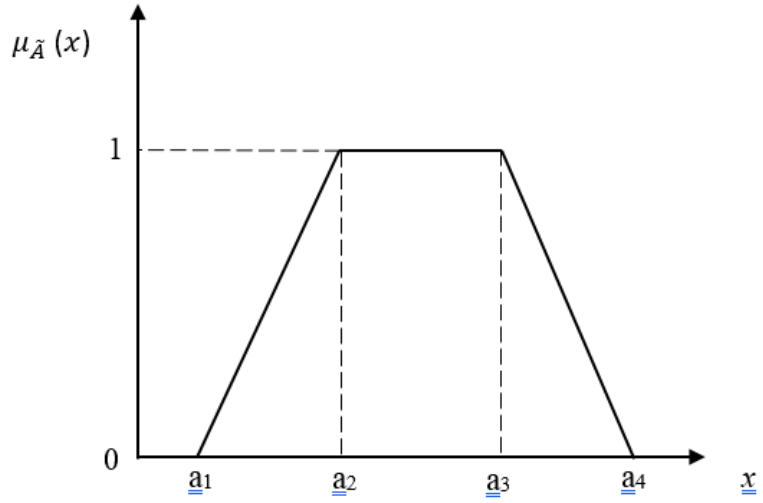
Bulanık mantık, kişilerin düşüncelerini net olarak ölçmemizin mümkün olmadığından yola çıkarak, kişisel düşüncelerin ve belirsizliklerin matematiksel bir yöntemle ölçmemize olanak sağlar. Siyah ve beyaz renk tonu aralığında sınırsız sayıda bir renk tonu vardır. İnsan düşüncelerini bu renk tonlarına benzetirsek sadece siyah ve beyazdan söz etmemiz mümkün değildir. Bulanık mantık belirsiz olan kavramların netleştirilmesine yardımcı olur. Kişilere göre bulanık olan bu kavramların matematiksel olarak ifade edilmesine imkân sağlar.

Bulanık kümeler teorisi ilk kez Lotfi Zadeh'in 1965 yılında yayımlamış olduğu "Fuzzy sets" isimli makalesinde "Bulanık kümeler" kavramını tanıtmasıyla ortaya çıkmıştır (Zadeh, 1965). 1921 yılında Sovyet Azerbaycan Bakü'sü doğumlu Zadeh, bulanık kümeler teorisinin kurucusu olmasının yanında 1965-1995 yılları arasını kapsayan otuz yıl gibi bir zaman bulanık kümeler üzerine yaptığı çalışmalarla teoriye katkı sağlayan bilim insanı olmuştur (Genç ve Kabak, 2020). Yaptığı bu çalışmalar ile Aristo'nun ikili mantık sistemine karşı bulanık mantık teorisini ortaya koymuştur (Kocatürk, 2007). Zadeh, çoğu zaman gerçek dünyada karşılaşılan nesne sınıflarının kesin olarak tanımlanmış üyelik kriterlerine sahip olmadığından söz eder. Bu durumu şu örnekle açıklar; hayvanlar sınıfının üyelerini, köpekler, atlar, kuşlar vb. nesneleri içerdiğini, kayalar, sıvılar, bitkiler vb. nesnelerin ise kesin bir şekilde bu sınıfın üyesi olmadığını belirtir. Ancak denizyıldızı, bakteri vb. nesnelerin belirsiz bir statüsü olduğunu söyler. Bu tür kesin olarak tanımlanamayan sınıfların özellikle kişilerin zihnindeki örüntü tanımı, bilgi, iletişim ve soyutlama alanlarına göre sınıflarının belirlenmesine önemli bir rol oynadığına vurgu yapar (Zadeh, 1965). Kesin olmayan problemlerin çözümünün, insan düşüncelerini anlamak için sayılardan çok dilsel ifadelerin önemli olduğunu kabul eden Zadeh, Bulanık Kümeler teorisini geliştirmiştir (Ecer, 2007). Bulanık küme teorisinde bir aralık için tanımlanan sayılar 0 ile 1 sayıları arasında farklı değerler almaktadır. İkili mantık sisteminde 0 ve 1 sayıları ile ifade edilen sayıların aksine üyelik derecesi 0 ve 1 arasında bir değer almaktadır (Öztürk, 2018; Toptancı ve Potur, 2021).

Klasik kümelerde üye olma durumu "üyelik" ya da üye olmama durumu vardır. 1 sayısı üye olma durumunu belirtirken, 0 sayısı üye olmama durumunu belirtmektedir (Öztürk, 2018). Bulanık kümelerde Bir $\tilde{A}$ bulanık kümesi, E evrensel kümesinden $[0,1]$ kapalı aralığında $\mu_{\tilde{A}}: E \rightarrow [0,1]$ üyelik fonksiyonu olarak tanımlanır. Literatürde en çok kullanılan bulanık sayılar, yamuk ve üçgen bulanık sayılardır (Peker ve Nasibov, 2019; Toptancı ve Patur, 2021).

3.3.1. Yamuk Bulanık Sayıların Üyelik Fonksiyonu ve Bileşenleri

Yamuk bulanık sayıların üyelik fonksiyonunda "x" değerinin bulanık sayı yüzdesini göstermek için $\mu_{\tilde{A}}$ (x) fonksiyonu tanımlanır. Yamuk üyelik fonksiyonunun a_1, a_2, a_3, a_4 parametreleri ile tanımlanır. Şekil 3.2'de yamuk bulanık sayı grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Yamuk bulanık sayı (Chen ve diğ., 2006)

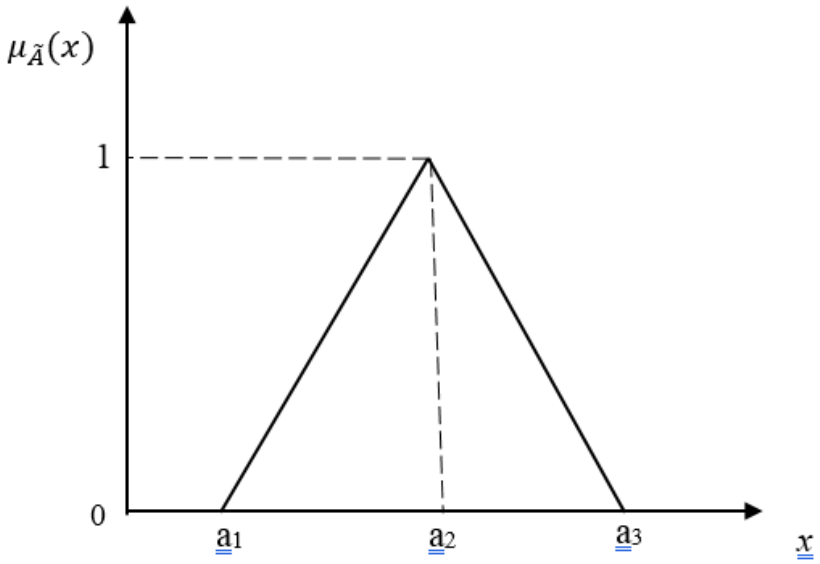
Şekil 3.2'de gösterilmiş olan, a_1 ve a_4 değerleri fonksiyonun alt ve üst sınırlarını, $[a_2, a_3]$ aralığı da en yüksek değerlerini göstermektedir. Denklem (3.13)'de;

$$\mu_{\tilde{A}}(x)\begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \tag{3.13}$$

yamuk üyelik fonksiyonları gösterilmektedir. a_2 ve a_3 değerleri bir birine eşit olduğu durumda fonksiyon, üçgen bulanık fonksiyonuna dönüşür.

3.3.2. Üçgen Bulanık Sayıların Üyelik Fonksiyonu ve Bileşenleri

Üçgen bulanık sayıların üyelik fonksiyonunda "x" değerinin bulanık sayı yüzdesini göstermek için $\mu_{\tilde{A}}$ (x) fonksiyonu tanımlanır. Üçgen üyelik fonksiyonunun a_1, a_2, a_3, parametreleri ile tanımlanmaktadır. Şekil 3.3'te yamuk bulanık sayı grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Üçgen bulanık sayı (Chen, 2000)

Şekil 3.3'te gösterilmiş olan, a_1 parametresi en küçük, a_2 orta ve a_3 yüksek olası değeri göstermektedir.

$$\mu_{\tilde{A}}(x)\begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \le x \le a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & a_2 \le x \le a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \tag{3.14}$$

3.3.3. Yamuk Bulanık Sayılarda İşlemler

$\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ ve $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ iki yamuk bulanık sayı olsun. Bu iki yamuk bulanık sayı arasındaki aritmetik işlemler aşağıdaki Denklem (3.15) ve (3.16)'de;

$$\begin{aligned}\tilde{A} \oplus \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \oplus (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4)\end{aligned} \tag{3.15}$$

$$\begin{aligned}\tilde{A} \ominus \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \ominus (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1 - b_4, a_2 - b_3, a_3 - b_2, a_4 - b_1)\end{aligned} \tag{3.16}$$

ifade şekilde yapılmaktadır. Yamuk bulanık sayılarda α-kesim aralıklarına göre çarpma ve bölme işlemleri yapılmaktadır (Öztürk, 2018).

3.3.4. Üçgen Bulanık Sayılarda İşlemler

$\tilde{M}_1$ ve $\tilde{M}_2$ iki üçgen bulanık sayı olsun ve $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$, $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ şeklinde ifade edilsinler. Bu iki üçgen bulanık sayı arasındaki aritmetik işlemler aşağıdaki Denklemler (3.17), (3.18), (3.19) ve (3.20)'de;

$$\begin{aligned}\tilde{M}_1 \oplus \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)\end{aligned} \tag{3.17}$$

$$\begin{aligned}\tilde{M}_1 \ominus \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) \ominus (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 + l_2)\end{aligned} \tag{3.18}$$

$$\begin{aligned}\tilde{M}_1 \otimes \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \otimes u_2)\end{aligned} \tag{3.19}$$

$$\begin{aligned}\tilde{M}_1 \oslash \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) \oslash (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1/l_2, m_1/m_2, u_1/u_2)\end{aligned} \tag{3.20}$$

gösterildikleri şekilde çözümlenirler. Bir üçgensel bulanık sayının tersi ise Denklem(3.21)'de;

$$\tilde{M}_1^{-1} = (l_1, m_1, u_1)^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1}\right) \tag{3.21}$$

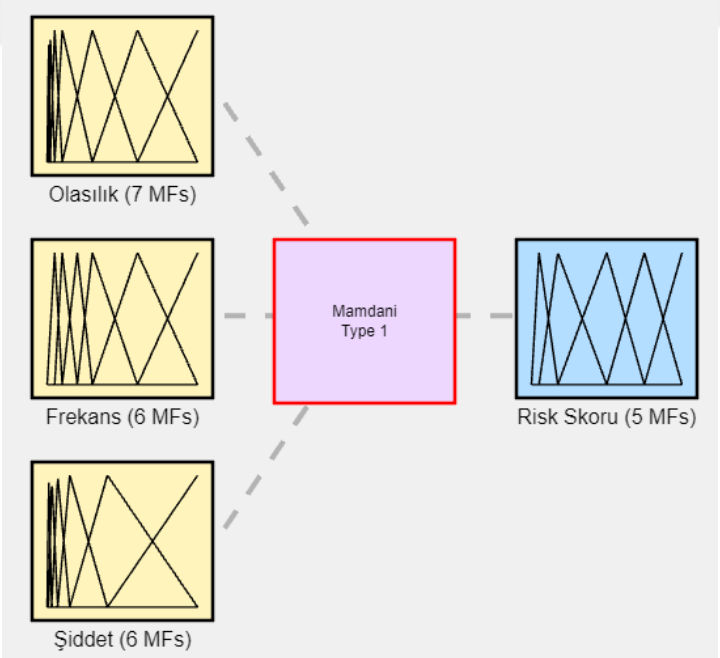
gösterildiği şekilde çözümlenir.

Denklem (3.21)'de üçgensel bulanık sayılarda karşılaştırma matrisi gösterilmektedir.

$$\tilde{A} = \left(\tilde{a}_{ij}\right)_{n\times n} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & l_{12}, m_{12}, u_{12} & \dots & l_{1n}, m_{1n}, u_{1n} \\ l_{21}, m_{21}, u_{21} & (1,1,1) & \dots & l_{2n}, m_{2n}, u_{2n} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ l_{n1}, m_{n1}, u_{n1} & l_{n2}, m_{n2}, u_{n2} & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

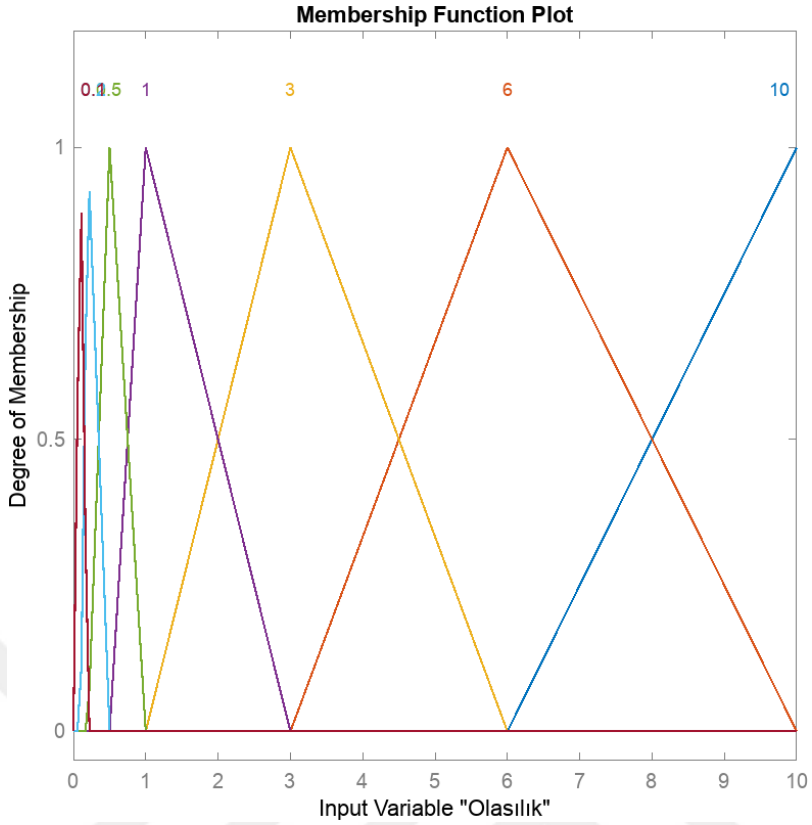
3.4. Bulanık Fine-Kinney Yöntemi

Bulanık Fine-Kinney yöntemi için Fine-Kinney yönteminde kullanılan sayısal değerler bulanıklaştırılmıştır. Bulanıklaştırılarak elde edilen bu sayılar MATLAB (Matrix Laboratery) R2022b programında Fuzzy Logic Designer uygulaması kullanılarak veri girişleri yapılmıştır. Fuzzy Logic Designer uygulamasında hesaplamalar için Mandami Tip 1 yöntemi tercih edilmiştir. Olasılık, frekans ve şiddet girdi değerlerini, risk skoru ise çıktı değerlerinin oluşturmuştur. Bu girdi ve çıktı verilerini gösteren MATLAB bulanık çıkarım sistemi Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

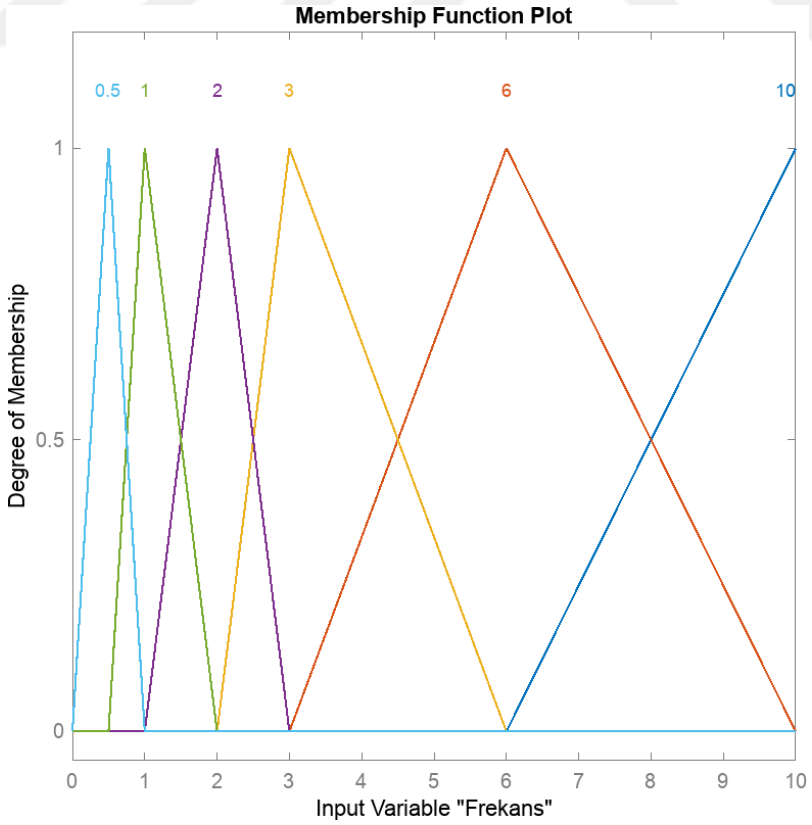


Şekil 3.4. MATLAB bulanık çıkarım sistemi

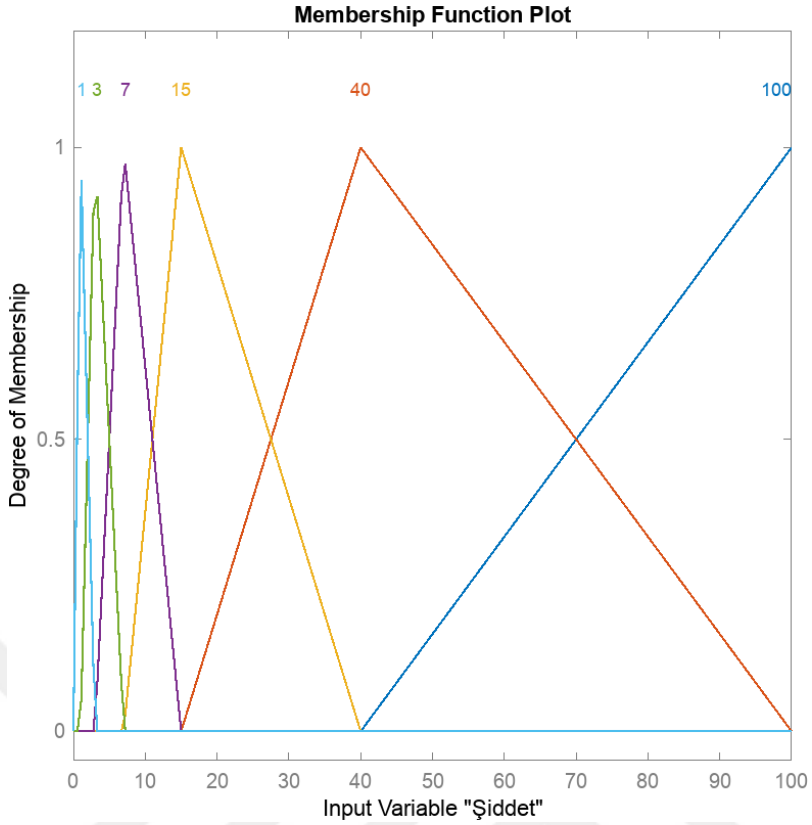
Şekil 3.4'te gösterildiği gibi olasılık değeri için 7 üyelik fonksiyonu, frekans ve şiddet değerleri için 6 üyelik fonksiyonu programa tanımlanmıştır. Çıktı değeri için ise 5 adet üyelik fonksiyonu programa tanımlanmıştır.



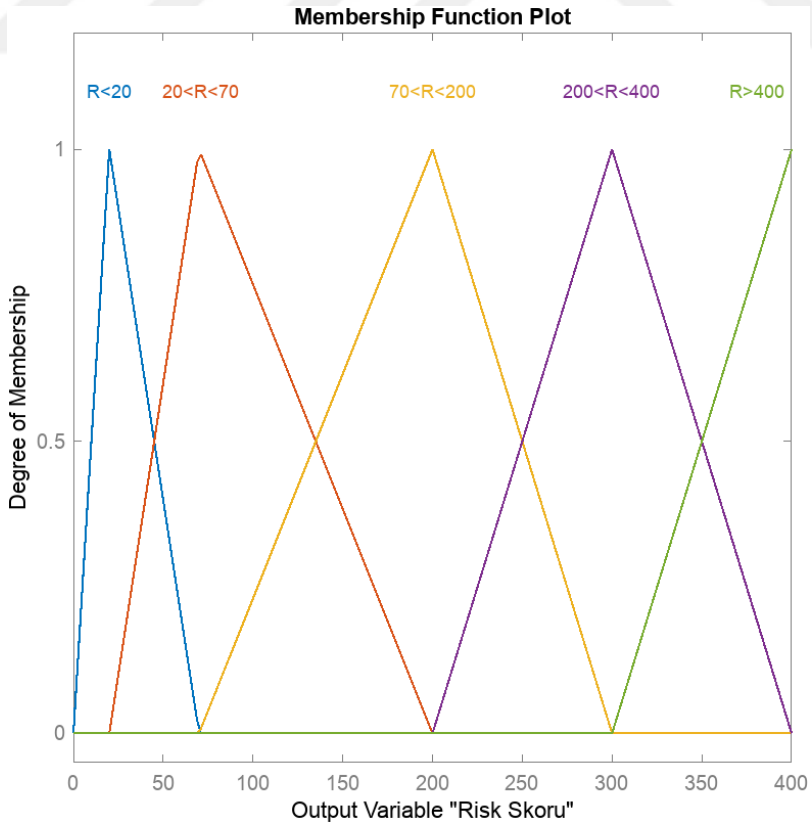
Şekil 3.5. Olasılık üyelik fonksiyonu grafiği



Şekil 3.6. Frekans üyelik fonksiyonu grafiği



Şekil 3.7. Şiddet üyelik fonksiyonu grafiği



Şekil 3.8. Risk skoru üyelik fonksiyonu grafiği

Fine-Kinney yöntemi için normal değerler, Bulanık Fine-Kinney yaklaşımı için bulanık değerler kullanılmıştır. Fuzzy Logic Designer programına tanımlanan üçgen üyelik fonksiyonları olasılık için Tablo 2'de, frekans için Tablo 3'te, şiddet için Tablo 4'de ve risk skoru için Tablo 5'de verilmiştir. Verilen tablolarda Fine-Kinney yöntemine karşılık gelen bulanık üyelik fonksiyonları görülmektedir.

Tablo 3.8. Olasılık değerleri için kullanılan bulanık ölçek

Olasılık	Fine-Kinney Değeri	Bulanık Fine-Kinney Üçgen Üyelik Fonksiyonu
Beklenir, kesin	10	(6, 10, 10)
Oldukça mümkün	6	(3, 6, 10)
Seyrek ama olası	3	(1, 3, 6)
Düşük olasılık ama mümkün	1	(0.5, 1, 3)
Çok düşük olasılık, beklenmez	0.5	(0.2, 0.5, 1)
Pratik olarak imkânsız	0.2	(0.1, 0.2, 0.5)
Neredeyse imkânsız	0.1	(0, 0.1, 0.2)

Tablo 3.9. Frekans değerleri için kullanılan bulanık ölçek

Frekans	Fine-Kinney Değeri	Bulanık Fine-Kinney Üçgen Üyelik Fonksiyonu
Sürekli (Saatte birkaç)	10	(6, 10, 10)
Sıklıkla (Günlük)	6	(3, 6, 10)
Ara Sıra (Haftalık)	3	(2, 3, 6)
Nadir (Aylık)	2	(1, 2, 3)
Oldukça Nadir (Yılda birkaç)	1	(0.5, 1, 2)
Çok Nadir (Yıllık)	0.5	(0, 0.5, 1)

Tablo 3.10. Şiddet değerleri için kullanılan bulanık ölçek

Şiddet	Fine-Kinney Değeri	Bulanık Fine-Kinney Üçgen Üyelik Fonksiyonu
Birçok ölümün yaşandığı bir felaket, önemli çevre felaketi	100	(40, 100, 100)
Ölümlü kaza, ciddi çevresel zarar	40	(15, 40, 100)
Ölümle sonuçlanabilecek çok ciddi yaralanma, sakatlık, arazi sınırları dışında çevresel zarar	15	(7, 15, 40)
Ciddi yaralanma, dış tedavi (uzuv kaybı, kalıcı sağlık problemleri/iş göremezlik), arazi sınırları içinde sınırlı çevresel zarar	7	(3, 7, 15)
Küçük hasar/yaralanma, ilkyardım, arazi sınırları içinde sınırlı çevresel zarar	3	(1, 3, 7)
Hafif, zararsız veya önemsiz, çevresel hasar yok	1	(0, 1, 3)

Tablo 3.11. Risk skoru değerleri için kullanılan bulanık ölçek

Risk Skoru	Risk Durumu	Bulanık Fine-Kinney Üçgen Üyelik Fonksiyonu
R<20	Çok Büyük Risk: Hemen gerekli önlemler alınmalı, sürecin durdurulması düşünülmelidir.	(0, 20, 70)
20<R<70	Esaslı Risk: Hemen önlem alınmalıdır.	(20, 70, 200)
70<R<200	Önemli Risk: Önlem ihtiyacı vardır.	(70, 200, 300)
200<R<400	Olası Risk: Süreç gözetim altında uygulanmalıdır.	(200, 300, 400)
R<400	Önemsiz Risk: Önlem Öncelikli Değildir.	(300, 400, 400)

Risk skorunun hesaplanmasında kullanılan formül aynı şekilde bulanık risk skorlarının da hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bulanık risk skorunu, bulanık olasılık, bulanık frekans ve bulanık şiddet değerlerinin çarpımından oluşturmaktadır. Bulanık sayılar

programa girilerek bulanık risk skoru tüm riskler için ayrı ayrı hesaplanmış ve Bulanık Fine-Kinney yaklaşımı için bulanık risk değerleri elde edilmiştir.

3.5. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP)

Saaty'in (1977) geliştirdiği AHP yönteminden sonra Hollandalı bilim insanları Van Laarhoven ve Pedrycg (1983) ikili karşılaştırma için üçgen bulanık sayıların kullanıldığı bir yöntem önermişlerdir. Böylece BAHP yöntemi literatürde ilk kez kullanan kişiler olmuşlardır. Sonrasında Buckley (1985) ve Chang (1996) bu alanda çalışma yapmış bilim insanlarıdır. Literatürde Bulanık AHP yöntemi için çeşitli yaklaşımlar bulunmakla birlikte en çok kullanılan iki yaklaşım Buckley (1985) ve Chang (1996) bulanık AHP yaklaşımlarıdır (Toptancı ve Potur, 2021).

Chang (1996) makalesinde bulanık AHP'nin ele alınmasına yönelik yeni bir yaklaşım getirmiştir. Chang, bulanık AHP'nin ikili karşılaştırma ölçeği için üçgen bulanık sayılar kullanımı ve ikili karşılaştırmanın sentetik kapsam değeri için kapsam analizi yöntemi kullanarak bulanık AHP yöntemine yeni bir yaklaşım getirmiştir. Chang'ın uyguladığı "Genişletilmiş Analiz" olarak ta adlandırılan bu yöntem literatürde en çok karşılaşılan çözüm yöntemidir (Güner, 2005).

Tablo 3.12. Bulanık AHP yöntemi ile değerlendirme çizelgesi

Sözel Önem	Net Ölçek	Bulanık Ölçek	Karışık Ölçek
Eşit önemli	1	1,1,3	1/1,1/1,1/3
Önemli	3	1,3,5	1/5,1/3,1/1
Daha önemli	5	3,5,7	1/7,1/5,1/3
Çok daha önemli	7	5,7,9	1/9,1/7,1/5
Kesinlikle daha önemli	9	7,9,9	1/9,1/9,1/7

3.5.1. Bulanık AHP'nin Aşamaları

Chang (1996) bulanık AHP de ikili karşılaştırma ölçeği için üçgen bulanık sayılar kullanmıştır. Sentetik kapsam değeri (S_i) hesaplamasında ise kapsam analiz yöntemini geliştirerek bulanık AHP için yeni bir yaklaşım ele almıştır (Öztürk, 2018; Chang, 1996).

Chang'ın geliştirmiş olduğu kapsam analiz yöntemi (genişletilmiş analiz tekniği) aşamaları aşağıdaki gibidir.

$X = (x_1, x_2, \ldots . x_n)$ bir nesne kümesi $U = (u_1, u_2 \ldots . , u_n)$, ise hedef kümesi olsun. Chang'in kapsam analizi yöntemine göre her bir nesne kümesi elemanı ile her bir hedef kümesi elemanı için kapsam analizi uygulanır. Böylece her bir nesne için aşağıda Denklem (3.22) ve (3.23)'deki gibi;

$$M_{gi}^{1}, M_{gi}^{2}, \ldots \ldots . M_{gi}^{m} \tag{3.22}$$

$$i = 1,2, \ldots . , n \tag{3.23}$$

gösterilmiş şekilde m sayıda kapsam analizi elde edilmiş olunur. Burada bütün $M_{gi}^{j} (j = 1,2, \ldots \ldots . m)$ sayıları üçgen bulanık sayılardır.

Aşama 1: Oluşturulan hiyerarşi içindeki kriterler, alt kriterler ve kriterlere göre belirlenen alternatifler için ikili karşılaştırmalar yapılır. İkili karşılaştırmalarda üçgen bulanık sayılar kullanılır.

Aşama 2: $M_{gi}^{1}, M_{gi}^{2}, \ldots \ldots , M_{gi}^{m}$, m sayıdaki hedef için i nesnesinin kapsam analizi değerleri olsun. i'inci nesneye göre bulanık sentetik kapsam değeri aşağıdaki Denklem (3.24)' deki;

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i} \right]^{-1} \tag{3.24}$$

şekilde tanımlanır. M kapsam analizi bulanık toplama işlemi Denklem (3.23) deki;

$$\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j \right) \tag{3.25}$$

gibi hesaplanır. $M_{gi}^{j} \left(j = 1, 2, \ldots \ldots . m \right)$ değerleri bulanık toplama işlemi Denklem (3.26)'de;

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i \right) \tag{3.26}$$

gösterildiği şekilde hesaplanır. Ve bu işlemin tersi (vektörün tersi), Denklem (3.27)'de;

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right) \tag{3.27}$$

gösterildiği gibidir.

Aşama 3: Kullanılan sayıların üçgen sayılar olmasından dolayı hiyerarşide bulunan karar elemanlarının öncelik değerlerinin belirlenebilmesi gerekmektedir. Bunun için M_1 ve M_2 bulanık sayılarının olasılıkları aşağıda denklemde verildiği şekilde hesaplanır (Güner, 2005). M_1 ve M_2 bulanık sayılarını karşılaştırabilmemiz için $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerini bulmamız gerekir.

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki bulanık sayının $M_1 \geq M_2$ durumunda olasılığının derecesi Denklem (3.28)'de,

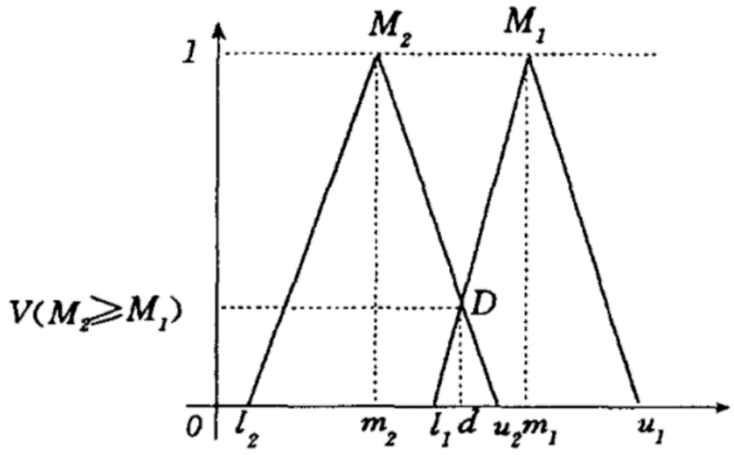
$$V(M_1 \geq M_2) = \sup_{x>y} \left[\min \left(\mu_M, (x), \mu_{M_2}(y) \right) \right] \tag{3.28}$$

ifade edildiği şekilde tanımlanır. Bir x, y çifti $x \geq y$ ve $\mu_{M_1}, (x) = \mu_{M_2}(y) = 1$ olsun, $\tilde{M}_1$ ve $\tilde{M}_2$ sayıları dışbükey bulanık sayılar olduğundan, Denklem (3.29) ve (3.30)'da;

$$V(M_1 \geq M_2) = 1 \tag{3.29}$$

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}\ (M_1 \cap M_2) = \mu_M, (d), \tag{3.30}$$

gösterildiği şekilde tanımlanır. Denklemdeki "d", μ_{M_1} ve μ_{M_2} fonksiyonlarının arasındaki en yüksek D kesişim noktasının ordinatıdır. Keşim noktası Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. M_1 ve M_2 Bulanık Sayıların D kesişim noktası (Chang,1996)

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ olduğunda, D'nin ordinatı Denklem (3.30)'da verilmiştir. $\tilde{M}_1$ ve $\tilde{M}_2$ sayıları için ise Denklem (3.31)'de;

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} \tag{3.31}$$

gösterilmiştir.

4.Aşama: Bir dışbükey bulanık sayının k dışbükey bulanık sayıdan büyük olma derecesi olasılığı $M_i (i = 1,2,\ldots\ldots,k)$ aşağıdaki Denklem (3.32)'de;

$$\begin{aligned} V &= (M \geq M_1, M_2, \ldots\ldots M_k) \\ &= V[(M \geq M_1), (M \geq M_2), \ldots\ldots (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i) \end{aligned} \tag{3.32}$$

ifade edildiği şekilde tanımlanır. $k = 1,2,\ldots\ldots n_j$ denklem (3.33)' deki;

$$d'(A_i) = \min V(S_{i \geq} S_k) \tag{3.33}$$

gibi kabul edilirse; ağırlık vektörü Denklem (3.34)'deki;

$$W' = \left(d'(A_i), d'(A_2), \ldots\ldots, d'(A_n)\right)^T \tag{3.34}$$

gibi hesaplanır. Burada belirtilen $A_i, (i = 1,2,\ldots\ldots,n)$, n elemanlı bir kümedir.

5.Aşama: Denklem (3.34) ifade edilen ağırlık vektörü normalize ettiğimizde, normalize edilmiş ağırlık vektörü Denklem (3.35)'de;

$$W = \left(d(A_1), d(A_2), \ldots\ldots d(A_n)\right)^T \quad (3.35)$$

ifade edildiği şekilde bulunur. Normalize edilmiş ağırlık vektörü bulanık bir sayı olmayan gerçek bir sayıdan oluşmaktadır.

6.Aşama: Son olarak tutarlılık oranının hesaplanması gerekir. $\widetilde{A} = (l, m, u)$ bulanık sayısı için, tutarlılık oranı Denklem (3.36)'da;

$$M_d = \frac{l+4m+u}{6} \quad (3.36)$$

gösterildiği şekilde hesaplanır.

3.5.2. Liou ve Wang'ın Toplam İntegral Yöntemi

Liou ve Wang (1992), bulanık sayıları toplam integral değerleri ile sıralamışlardır. $\alpha \in [0,1]$ olmak üzere α=0 olduğunda kötümser, α=1 olduğunda ise iyimser bir karar verici yaklaşımı belirtmektedir. Ilımlı bir yaklaşım için α=0.5 değeri alınır. $\widetilde{A} = (l, m, u)$ şeklinde tanımlanan bulanık bir sayı için, toplam integral Denklem (3.37)'de;

$$I_T^{\alpha}(\widetilde{A}) = \frac{1}{2}\alpha(m+u) + \frac{1}{2}(1-\alpha)(l+m) = \frac{1}{2}[\alpha u + m + (1-\alpha)l] \quad (3.37)$$

gösterildiği şekilde hesaplanır (Kaptanoğlu ve Özok, 2006; Öztürk, 2018).

$\tilde{A}_i$ ve $\tilde{A}_j$ bulanık sayılarının karşılaştırılmasında Denklem (3.38), (3.39) ve (3.40)'da;

$$I_T^{\alpha}(\widetilde{A}_i) < I_T^{\alpha}(\widetilde{A}_j) \text{ ise } \tilde{A}_i^{\alpha} < \tilde{A}_j^{\alpha} \quad (3.38)$$

$$I_T^{\alpha}(\widetilde{A}_i) = I_T^{\alpha}(\widetilde{A}_j) \text{ ise } \widetilde{A}_i^{\alpha} = \widetilde{A}_j^{\alpha} \quad (3.39)$$

$$I_T^{\alpha}(\widetilde{A}_i) > I_T^{\alpha}(\widetilde{A}_j) \text{ ise } \widetilde{A}_i^{\alpha} > \widetilde{A}_j^{\alpha} \quad (3.40)$$

gösterildikleri şeklinde değerlendirilir.

Tablo 3.13. Üçgen bulanık sayılar ve eşlenikleri

Durum	Üçgensel Bulanık Sayılar	Eşlenik Üçgensel Bulanık Sayılar
Eşit öneme sahip	1,1,1	1, 1, 1
Az öneme sahip	2/3, 1, 3/2	3/2, 1, 2/3
Önemli	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3
Daha önemli	5/2, 3, 7/2	2/7, 1/3, 2/5
Kesinlikle daha önemli	7/2, 4, 9/2	2/9, 1/4, 2/7

3.6. Amaç Hiyerarşisi

Yapılan çalışmada tanker (petrol ve kimyasal) tipi gemilerde oluşan gemi atıklarının ve yük artıklarının, atık kabul tesislerine transfer sürecindeki risklerinim değerlendirilmesi ve öncelik sırasının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için öncelikle literatür incelemesi yapılmış, uzman görüşmeleri alınmış, ulusal ve uluslararası mevzuatlar incelenmiştir. Böylece gemi atıklarının ve yük artıklarının atık kabul tesislerine transfer sürecindeki tehlikeler belirlenmiştir. Belirlenen tehlikelerin gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkacak riskler yani alternatifler de oluşturulmuştur. Kriterler, alt kriterler alternatifler için öncelikli olarak Fine-Kinney yöntemi uygulanmış, daha sonra kesin olmayan belirsizlik içeren ifadeleri hesaplayabilmek için bulanık sayıların kullanıldığı Bulanık Fine-Kinney yöntemi ve son olarak kriter ve alternatiflerin ağırlıklarının tespiti için Bulanık AHP yöntemi uygulanmıştır.

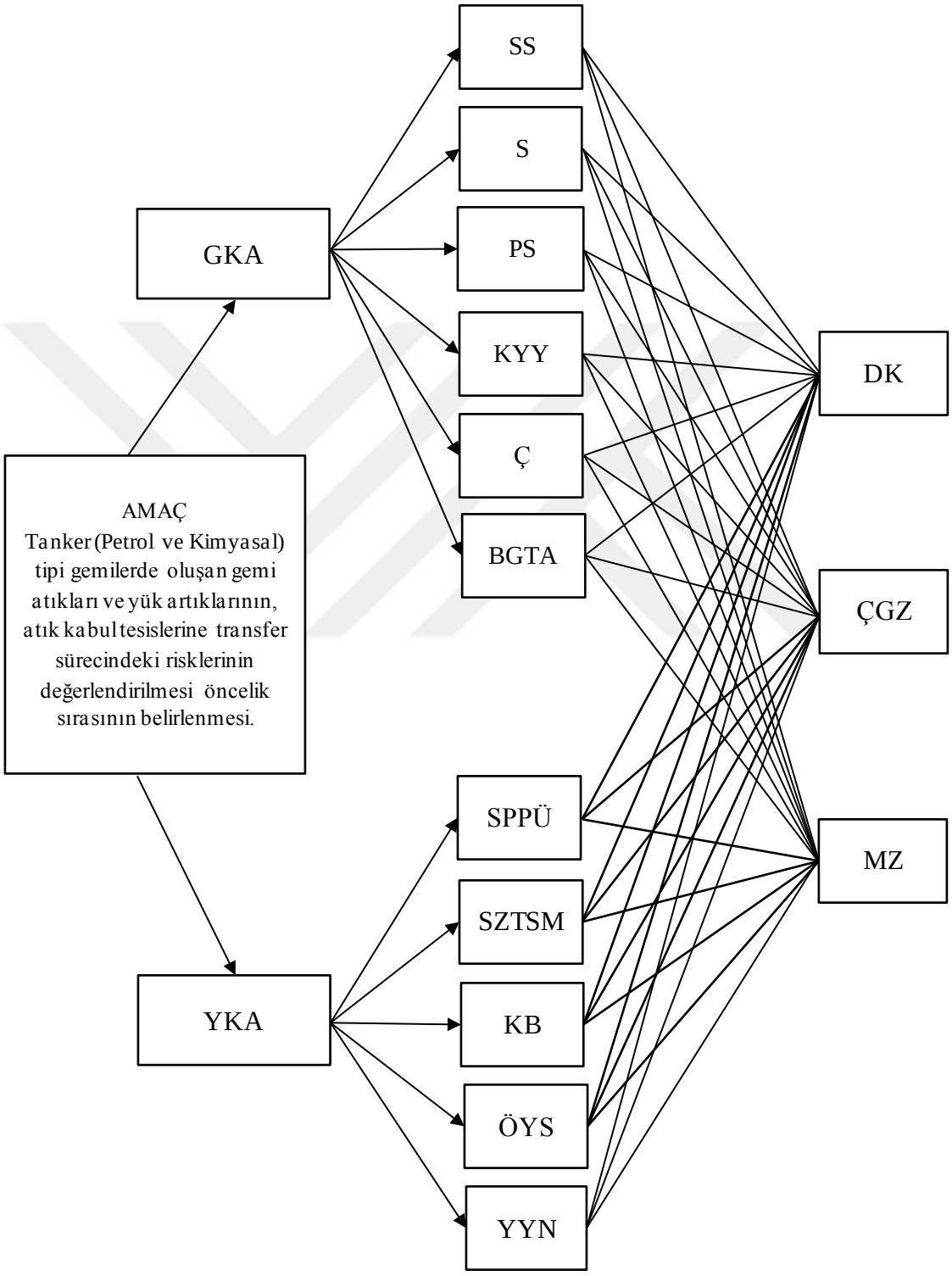
Belirlenen yöntemlerin uygulanabilmesi için tehlike ve riskler gruplandırılmıştır. İki ana kriter olarak gemi kaynaklı atıklar ve yük kaynaklı atıkları belirlenmiştir. Bu iki ana kriter toplamda 11 alt kriterden oluşmaktadır. Gemi kaynaklı atıklar, sintine suyu, slaç, pis su, kullanılmış yağlama yağları, çöpler ve baca gazı temizleme atıkları olmak üzere 6 adet alt kriterden oluşturulmuştur. Yük kaynaklı artıklar ise slop (petrol ve petrol ürünleri), slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler), kirli balast, ön yıkama suları, yük ve yakıt numuneleri olmak üzere 5 adet alt kriterden oluşturulmuştur. Bu riskler gerçekleştiğinde ortaya çıkacak alternatifler ise deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma), maddi zarardan oluşmaktadır. Çalışmanın sadeleştirilmesi

ve gösterim kolaylığı için ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler için kısaltmalar kullanılmıştır. Bu kısaltmalar ve kullanılan referanslar Tablo 3.15'te gösterilmiştir.

Tablo 3.14. Amaç hiyerarşisinde kullanılan kısaltmalar ve referansları

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Alternatifler	Referanslar	Kısaltmalar
Gemi Kaynaklı Atıklar			Literatür ve uzmanlar	GKA
	Sintine Suyu		Literatür ve uzmanlar	SS
	Slaç			S
	Pis Su			PS
	Kullanılmış Yağlama Yağları			KYY
	Çöpler			Ç
	Baca Gazı Temizleme Atıkları			BGTA
Yük Kaynaklı Artıklar			Literatür ve uzman	YKA
	Slop (Petrol ve Petrol Ürünleri)		Literatür ve uzmanlar	SPPÜ
	Slop (Zehirli ve Tehlikeli Sıvı Maddeler)			SZTSM
	Kirli Balast			KB
	Ön Yıkama Suları			ÖYS
	Yük ve Yakıt Numuneleri		Uzmanlar	YYN
		Deniz Kirliliği	Literatür ve uzmanlar	DK
		Çalışanların Gördüğü Zarar		ÇGZ
		Maddi Zarar		MZ

Kısaltmaların kullanıldığı şekilde oluşturulan BAHP amaç hiyerarşisi Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. BAHP amaç hiyerarşisi

Amaç hiyerarşisi oluşturulduktan sonra ikili karşılaştırma matrislerinin yapılabilmesi için anket formları oluşturulmuştur. Anketlere verilen cevaplar Tablo 3.16'da gösterilmiş olan bulanık ölçeğe göre Excell programına aktarılmıştır. Her bir uzman için ikili karşılaştırma matrisleri ayrı ayrı değerlendirilerek ağırlık hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca tüm uzmanların anketlere verdikleri cevaplara göre oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin geometrik ortalamaları alınmıştır. Böylece tüm uzman grubunun ortak görüşü hesaplanmıştır.

Tablo 3.15. Bulanık AHP ölçeği

	Bulanık Üçgen Sayılar	
	Önem Derecesi	Eşleniği
Eşit önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Biraz daha fazla önemli	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)
Kuvvetli şekilde önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok kuvvetli derecede önemli	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
Tamamıyla önemli	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)

Bulanık AHP yönteminde ağırlık vektörlerinin hesaplaması için Chang'in genişletilmiş analiz tekniği yanında Liou ve Wang'ın toplam integral tekniği de kullanılmıştır. İki tekniğin beraber kullanılmasındaki amaç Chang'in genişletilmiş analiz tekniğinde bazı kriterler için sıfır ağırlığı verilerek bu kriterlerin değerlendirilmemelerine sebep olmasıdır. Hesaplamalarda bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak için toplam integral tekniği ve genişletilmiş analiz tekniği beraber uygulanmıştır.

Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney yöntemlerinden elde edilen risk skoru ve bulanık risk skoru ayrıca Bulanık AHP yöntemi için ana ve alt kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisleri, her bir risk için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisleri ve tüm bu veriler için elde edilen ağırlık değerleri çalışmanın bulgular bölümde verilmiştir.

4. BULGULAR

Yapılan bu çalışmada öncelikle literatür taraması, uzman görüleri, şirket ve gemi kayıtları incelenerek 2 ana kriter, 11 alt kriter ve 3 alternatif belirlenmiştir. Bulanık AHP yöntemi için hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. Daha sonra Fine-Kinney, Bulanık Fine-Kinney ve Bulanık AHP yöntemlerine uygun şekilde hazırlanan anket formları uzmanlara uygulanmıştır. Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney yöntemleri için 5 uzmanın oluşturduğu bir ekip risk skorlarını hesaplamıştır. Bulanık AHP yöntemi için 17 uzmana ayrı ayrı anket uygulanmıştır. Aşağıda öncelikli olarak AHP yöntemi için hazırlanan ankete katılan uzmanların kişisel bulguları verilecektir. Sonrasında Fine-Kinney, Bulanık Fine-Kinney ve Bulanık AHP yöntemlerinde elde edilen veriler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

4.1. Verilerin Toplanması ve Katılımcılar

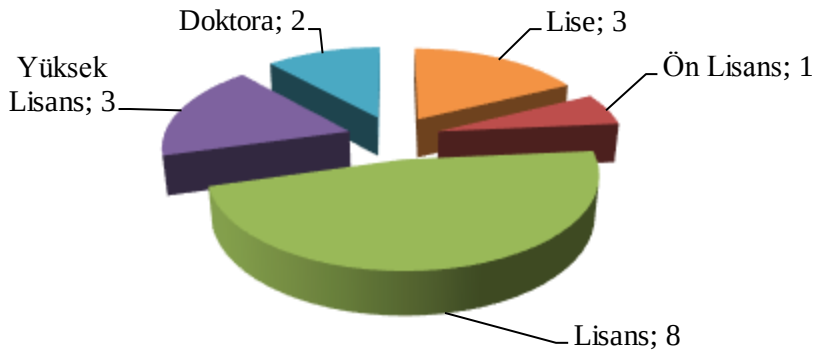
Fine-Kinney, Bulanık Fine-Kinney ve Bulanık AHP yöntemlerinin uygulanabilmesi için iki çeşit anket formu düzenlenmiştir. Fine-Kinney ve bulanık Fine-Kinney yönteminde kullanılmak için Ek-1'de verilmiş olan anket formu uzman gruba uygulanmıştır. Bu uzman grubu denizcilik sektöründe uzman 5 kişiden oluşmaktadır. Uzmanlar 2 uzakyol kaptanı, 1 uzakyol başmühendisi, 1 çevre mühendisi ve 1 iş güvenliği uzmanından oluşmaktadır. Farklı görevlerde bulunan uzmanların seçilmesindeki amaç sürecin tüm muhatapları tarafından güvenilir bir şekilde değerlendirebilmesidir. Bulanık AHP yöntemi için ise EK-2 de verilen anket formu kullanılmış ve bu anket formu 17 ayrı uzmana uygulanmıştır. Literatür incelendiğinde anket uygulanacak uzman sayısı hakkında kesin bir sayı olmamakla beraber 5-17 arasında değişkenlik göstermektedir (Özdemir, 2018). Uzmanların tümü tanker firmaları ve bu firmaların gemilerinde çalışan gemi zabitlerinden oluşmaktadır. Anket formlarının yüz yüze, elektronik posta ve Google Forms üzerinden doldurulmuş ve toplanmıştır. BAHP anketine katkı sağlayan uzmanların sayısı ve denizcilik sektöründe ortalama çalışma yılı Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Uzmanların denizcilik tecrübeleri

	Uzman Sayısı	Denizcilik Sektöründe uzman ortalama çalışma süresi (Yıl)
Denizcilik Tecrübeleri	17	16,17

BAHP için hazırlanan anket 17 uzmana ayrı ayrı uygulanmıştır. Uzmanların denizcilik sektöründe ortalama çalışma yılı ise 16,17 yıl olarak bulunmuştur.

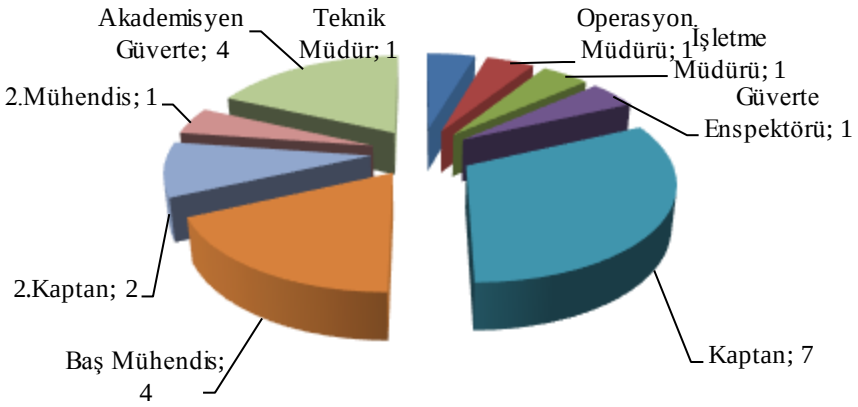
Uzmanların mezuniyet durumları lise, ön lisans, lisans, yüksek lisans ve doktora seviyelerinde sınıflandırılmıştır. Uzmanların mezuniyet dağılımları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Uzmanların mezuniyet dağılımları

Anket uygulanan 17 uzmanın, 8'i lisans, 3'ü yüksek lisans, 3'ü lise, 2'i doktora ve 1'i ön lisans mezunlarından oluşmaktadır.

Uzmanların denizcilik sektöründe çalışma pozisyonları Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Çalışma pozisyonları

Uzmanların 7'i sektörde kaptan olarak görev yapmışlardır. Diğer dağılımlar ise, 4'ü baş mühendis, 4'ü akademisyen güverte, 2'i 2.kaptan, 1'i 2.mühendis, 1'i güverte enspektörü, 1'i işletme müdürü, 1'i teknik müdür ve 1'i operasyon müdürü olarak görev yapmıştır. Uzmanlar çalışma pozisyonlarını seçerken iki pozisyonda da tercih yapabilmişlerdir.

4.2. Fine-Kinney Yöntemi ile Risklerin Derecelendirilmesi

Aşağıda ana ve alt tehlikeler için deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar için ayrı ayrı Fine-Kinney yöntemi ile risklerin derecelendirilmeleri yapılmıştır.

Belirlenen iki ana tehlikeden biri olan gemi kaynaklı atıklar tehlikesinin Fine-Kinney yöntemine göre risk skorunun hesaplanması Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Gemi kaynaklı atıklar tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Gemi Kaynaklı Atıklar	Deniz Kirliliği	1	0,5	40	20
	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	0,5	0,5	3	7,5
	Maddi Zarar	1	0,5	40	20

Tablo 4.2'de görüldüğü gibi gemi kaynaklı atıklar tehlikesi için deniz kirliliği risk skoru 20, çalışanların gördüğü zarar 7,5 maddi zarar ise 20 puan olarak hesaplanmıştır. En yüksek risk skoru deniz kirliliği ve maddi zarar olarak belirlenmiştir.

Diğer ana kriterden biri olan yük kaynaklı atıklar tehlikesinin risk skorunun hesaplanması Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Yük kaynaklı artıklar tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Yük Kaynaklı Artıklar	Deniz Kirliliği	6	0,5	100	300

Tablo 4.3. (Devam)Yük kaynaklı artıklar tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Yük Kaynaklı Artıklar	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	6	0,5	100	300
	Maddi Zarar	6	0,5	100	300

Tablo 4.3'te görüldüğü gibi yük kaynaklı artıklar tehlikesi için deniz kirliliği risk skoru, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar risklerin tümü için risk skoru 300 olarak hesaplanmıştır. Üç risk içinde aynı risk skoru bulunmuştur.

Gemi kaynaklı atıklar tehlikesini alt tehlikesi olan sintine suyu tehlikesi için hesaplanan risk skoru Tablo 4.4'te gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Sintine suyu tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Sintine Suyu	Deniz Kirliliği	0,5	0,5	15	3,75
	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	0,5	0,5	3	0,75
	Maddi Zarar	0,5	0,5	7	1,75

Tablo 4.4'te görüldüğü gibi sintine için en yüksek risk skoru 3,75 ile deniz kirliliği olarak hesaplanmıştır. Maddi zarar risk skoru 1,75, çalışanların gördüğü zarar risk skoru ise 0,75 ile sintine suyu için en düşük değer olmuştur.

Gemi kaynaklı atıklar alt tehlikesi slaç tehlikesi için risk skoru hesaplanması Tablo 4.5'te gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Slaç tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Slaç	Deniz Kirliliği	3	1	40	120

Tablo 4.5. (Devam) Slaç tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Slaç	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	0,5	0,5	1	0,25
	Maddi Zarar	3	0,5	40	60

Tablo 4.5'te görüldüğü gibi slaç tehlikesinin en yüksek risk skoru 120 ile deniz kirliliği riski için hesaplanmıştır. Çalışanların gördüğü zarar ise 0,25 risk skoru ile en düşük risk skor olmuştur. Maddi zarar risk skoru 60 olarak bulunmuştur.

GKA alt tehlikesi slaç tehlikesinin riskleri için risk derecelendirilmesi Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Pis su tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Pis Su	Deniz Kirliliği	6	0,5	3	9
	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	1	0,5	3	1,5
	Maddi Zarar	1	0,5	3	1,5

Tablo 4.6'da görüldüğü gibi pis su alt tehlikesinin risk skorları deniz kirliliği için 9, çalışanların gördüğü zarar için 1,5 ve maddi zarar riski için skor 1,5 olarak hesaplanmıştır.

GKA alt tehlikesi kullanılmış yağlama yağları tehlikesi için hesaplanan risk skorları Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Kullanılmış yağlama yağları tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Kullanılmış Yağlama Yağları	Deniz Kirliliği	0,5	0,5	40	10

Tablo 4.7. (Devam) Kullanılmış yağlama yağları tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Kullanılmış Yağlama Yağları	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	0,5	0,5	1	0,25
	Maddi Zarar	0,5	0,5	40	10

Tablo 4.7'de görüldüğü gibi kullanılmış yağlama yağları tehlikesinin risk skorları deniz kirliliği ve maddi zarar için 10, çalışanların gördüğü zarar 0,25 olarak hesaplanmıştır.

GKA alt tehlikelerinden olan çöpler için risk derecelendirme skorları Tablo 4.8'de gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Çöpler tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Çöpler	Deniz Kirliliği	1	0,5	15	7,5
	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	3	1	3	9
	Maddi Zarar	1	0,5	15	7,5

Tablo 4.8'de görüldüğü gibi çöpler alt tehlikesinin risk skorları çalışanların gördüğü zarar için 9, deniz kirliliği ve maddi zarar için ise 7,5 olarak hesaplanmıştır.

GKA son alt tehlikesi olan baca gazı temizleme atıkları tehlikesi için risk skorları Tablo 4.9'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9. Baca gazı temizleme atıkları tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Baca Gazı Temizleme Atıkları	Deniz Kirliliği	0,5	0,5	3	0,75
	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	3	1	3	9

Tablo 4.9. (Devam) Baca gazı temizleme atıkları tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Baca Gazı Temizleme Atıkları	Maddi Zarar	0,5	0,5	3	0,75

Tablo 4.9'da görüldüğü gibi baca gazı temizleme atıkları tehlikesinin çalışanların gördüğü zarar 9, deniz kirliliği ve maddi zarar içinde risk skorları 0,75 olarak hesaplanmıştır.

Yük kaynaklı artıklar alt tehlikesi olan slop (petro ve petrol ürünleri) için risk skorları Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

Tablo 4.10. Slop (petrol ve petrol ürünleri) tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Slop (Petrol ve Petrol Ürünleri)	Deniz Kirliliği	3	0,5	40	60
	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	3	0,5	15	22,5
	Maddi Zarar	3	0,5	100	150

Tablo 4.10'da görüldüğü gibi slop (pertol ve petrol ürünleri) tehlikesi için maddi zarar için risk skoru 150, deniz kirliliği 60, çalışanların gördüğü zarar 22,5 olarak hesaplanmıştır.

YKA alt tehlikesi Slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) tehlikesi için risk skorları Tablo.4.11'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.11. Slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Slop (Zehirli ve Tehlikeli Sıvı Maddeler)	Deniz Kirliliği	6	0,5	100	300

Tablo 4.11. (Devam) Slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Slop (Zehirli ve Tehlikeli Sıvı Maddeler)	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	6	0.5	100	300
	Maddi Zarar	6	0,5	40	120

Tablo 4.11'de görüldüğü gibi slop tehlikesi için deniz kirliliği ve çalışanların gördüğü zarar risk skoru 300, maddi zarar ise 120 olarak hesaplanmıştır.

YKA alt tehlikesi kirli balast için risk skorları Tablo 4.12'de gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Kirli balast tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Kirli Balast	Deniz Kirliliği	1	0,5	7	3,5
	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	0,5	0,5	3	0,75
	Maddi Zarar	0,5	0,5	15	3,75

Tablo 4.12'de görüldüğü gibi kirli balast tehlikesi için deniz kirliliği için 3,5 maddi zarar için 3,75 çalışanların gördüğü zarar için ise 0,75 olarak hesaplanmıştır.

YKA alt tehlikesi ön yıkama suları tehlikesi için risk derecelendirme skoru Tablo 4.13'te gösterilmiştir.

Tablo 4.13. Ön yıkama suları tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Ön Yıkama Suları	Deniz Kirliliği	6	0,5	40	120
	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	6	0,5	40	120
	Maddi Zarar	6	0,5	40	120

Tablo 4.13'te görüldüğü gibi ön yıkama suları tehlikesi için deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zararların tümünün risk skoru 120 olarak bulunmuştur.

YKA alt tehlikesi yük ve yakıt numuneleri tehlikesi için risk derecelendirilme skoru Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.14. Yük ve yakıt numuneleri tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi			
		Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Yük ve Yakıt Numuneleri	Deniz Kirliliği	0,5	0,5	7	1,75
	Çalışanların gördüğü zarar (ölüm veya yaralanma)	6	0,5	40	120
	Maddi Zarar	0,5	0,5	7	1,75

Tablo 4.14'te görüldüğü gibi yük ve yakıt numuneleri tehlikesi için en yüksek risk skoru 120 ile çalışanların gördüğü zarar riski için bulunmuştur. Diğer deniz kirliliği ve maddi zarar riskleri için risk skoru 1,75 olarak bulunmuştur.

4.3. Bulanık Fine-Kinney Yöntemi ile Risklerin Derecelendirilmesi

Aşağıda ana ve alt tehlikeler göre deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar için ayrı ayrı Fine-Kinney yöntemi ile risklerin derecelendirilmeleri yapılmıştır. Uzman ekibin oluşturduğu anket değerleri MATLAB R2022b programı Fuzzy Logic Desinger uygulamasına girilerek olasılık, frekans ve şiddet değerlerine verdikleri cevaplar bulanıklaştırılmıştır. Elde edilen bulanık risk skorları tablolarda görülmektedir.

GKA ana tehlikesi için bulanık risk skorunun hesaplanması Tablo 4.15'te gösterilmiştir.

Tablo 4.15. GKA tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
GKA	DK	0,5	1	3	0	0,5	1	15	40	100	96,7
	ÇGZ	0,2	0,5	1	0	0,5	1	1	3	7	30

Tablo 4.15. (Devam) GKA tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
GKA	MZ	0,5	1	3	0	0,5	1	15	40	100	96,7

Tablo 4.15'te görüldüğü gibi deniz kirliliği ve maddi zarar risklerini bulanık risk skoru 96,7 çalışanların gördüğü zarar bulanık risk skoru ise 30 olarak hesaplanmıştır. Deniz kirliliği ve maddi zarar risk bulanık risk skoru değerleri birbirine eşittir.

YKA ana tehlikesi için bulanık risk skorunun hesaplanması Tablo 4.16'da gösterilmiştir.

Tablo 4.16. YKA ana tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
YKA	DK	3	6	10	0	0,5	1	40	100	100	200
	ÇGZ	3	6	10	0	0,5	1	40	100	100	200
	MZ	3	6	10	0	0,5	1	40	100	100	200

Tablo 4.16'da görüldüğü gibi deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar risklerinin tümü için bulanık risk skoru 200 olarak hesaplanmıştır.

GKA ana tehlikesinin alt tehlikelerinden olan sintine suyu tehlikesi için bulanık risk derecelendirilmesi Tablo 4.17'de verilmiştir.

Tablo 4.17. Sintine suyu alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
SS	DK	0,2	0,5	1	0	0,5	1	7	15	40	30

Tablo 4.17. (Devam) Sintine suyu alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
SS	ÇGZ	0,2	0,5	1	0	0,5	1	1	3	7	30
	MZ	0,2	0,5	1	0	0,5	1	3	7	15	30

Tablo 4.17'de görüldüğü gibi sintine suyu tehlikesinin deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar riskleri için tüm bulanık risk skorları 30 olarak hesaplanmıştır.

Slaç tehlikesi için bulanık risk derecelendirme skoru Tablo 4.18'de gösterilmiştir.

Tablo 4.18. Slaç alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
S	DK	1	3	6	0,5	1	2	15	40	100	190
	ÇGZ	0,2	0,5	1	0	0,5	1	0	1	3	30
	MZ	1	3	6	0	0,5	1	15	40	100	96,7

Tablo 4.18'de görüldüğü gibi slaç alt tehlikesi için en yüksek değer 190 ile deniz kirliliği riski için bulunmuştur. Maddi zarar riski için 96,7 ve çalışanların gördüğü zarar riski için de 30 olarak hesaplanmıştır.

Pis su tehlikesi için bulanık risk skoru Tablo 4.19'de verilmiştir.

Tablo 4.19. Pis su alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
PS	DK	3	6	10	0	0,5	1	1	3	7	30

Tablo 4.19. (Devam) Pis su alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
PS	ÇGZ	0,5	1	3	0	0,5	1	1	3	7	30
	MZ	0,5	1	3	0	0,5	1	1	3	7	30

Tablo 4.19'da görüldüğü gibi pis su tehlikesinin deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar risklerinin bulanık risk skorlarının tüm değerleri 30 olarak hesaplanmıştır.

Kullanılmış yağlama yağları alt tehlikesi için hesaplanan bulanık risk derecelendirilmeleri Tablo 4.20'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.20. Kullanılmış yağlama yağları alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
KYY	DK	0,2	0,5	1	0	0,5	1	15	40	100	30
	ÇGZ	0,2	0,5	1	0	0,5	1	0	1	3	30
	MZ	0,2	0,5	1	0	0,5	1	15	40	100	30

Tablo 4.20'de görüldüğü gibi KYY alt tehlikesi için deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar risklerinin tümü için bulanık risk skoru 30 değerinde hesaplanmıştır.

Çöpler alt tehlikesi için bulanık risk derecelendirilmesi Tablo 4.21'de gösterilmiştir.

Tablo 4.21. Çöpler alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
Ç	DK	0,5	1	3	0	0,5	1	7	15	40	30

Tablo 4.21. (Devam) Çöpler alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
Ç	ÇGZ	1	3	6	0,5	1	2	1	3	7	30
	MZ	0,5	1	3	0	0,5	1	7	15	40	30

Tablo 4.21'de görüldüğü gibi çöpler alt tehlikesi için deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar risklerinin tümü için bulanık risk skoru 30 değerinde hesaplanmıştır.

Baca gazı temizleme atıkları alt tehlikesi için bulanık risk derecelendirilmesi Tablo 4.22'de verilmiştir.

Tablo 4.22. Baca gazı temizleme atıkları alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
BGTA	DK	0,2	0,5	1	0	0,5	1	1	3	7	30
	ÇGZ	1	3	6	0,5	1	2	1	3	7	30
	MZ	0,2	0,5	1	0	0.5	1	1	3	7	30

Tablo 4.22'de görüldüğü gibi baca gazı temizleme atıkları alt tehlikesi için deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar risklerinin tümü için bulanık risk skoru 30 değerinde hesaplanmıştır.

Slop (Petrol ve petrol ürünleri) alt tehlikesi için bulanık risk derecelendirilmesi Tablo 4.23'te gösterilmiştir.

Tablo 4.23. Slop (Petrol ve petrol ürünleri) alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
SPPÜ	DK	1	3	6	0	0,5	1	15	40	100	96.7
	ÇGZ	1	3	6	0	0,5	1	7	15	40	96.7
	MZ	1	3	6	0	0,5	1	40	100	100	190

Tablo 4.23'te görüldüğü gibi SPPÜ alt tehlikesi için deniz kirliliği ve çalışanların gördüğü zarar risklerinin bulanık risk skoru 96,7 olarak hesaplanmıştır. En büyük değer ise 190 ile maddi zarar riski için bulunmuştur.

Slop (Zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) alt tehlikesi için bulanık risk derecelendirilmesi Tablo 4.24'te gösterilmiştir.

Tablo 4.24. Slop (Zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
SZTM	DK	3	6	10	0	0,5	1	40	100	100	200
	ÇGZ	3	6	10	0	0,5	1	40	100	100	200
	MZ	3	6	10	0	0,5	1	15	40	100	190

Tablo 4.24'te görüldüğü gibi SZTM alt tehlikesi için deniz kirliliği ve çalışanların gördüğü zarar riskleri için bulanık risk skoru 200, maddi zarar riski için de 190 değerlerinde hesaplanmıştır.

Kirli balast alt tehlikesi için bulanık risk derecelendirilmesi Tablo 4.25'te verilmiştir.

Tablo 4.25. Kirli balast alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
KB	DK	0,5	1	3	0	0,5	1	3	7	15	30
	ÇGZ	0,2	0,5	1	0	0,5	1	1	3	7	30
	MZ	0,2	0,5	1	0	0,5	1	7	15	40	30

Tablo 4.25'te görüldüğü gibi kirli balast alt tehlikesi için deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar risklerinin tümü için bulanık risk skoru 30 olarak hesaplanmıştır.

Ön yıkama suları alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi Tablo 4.26'da gösterilmiştir.

Tablo 4.26. Ön yıkama suları alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
ÖYS	DK	3	6	10	0	0,5	1	15	40	100	190
	ÇGZ	3	6	10	0	0,5	1	15	40	100	190
	MZ	3	6	10	0	0,5	1	15	40	100	190

Tablo 4.26'da görüldüğü gibi ön yıkama suları alt tehlikesi için deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar risklerinin tümü için bulanık risk skoru 190 değerinde hesaplanmıştır. Tüm risklerin bulanık risk dereceleri eşittir.

Yük ve yakıt numuneleri alt tehlikesi için bulanık risk derecelendirmesi Tablo 4.27'de verilmiştir.

Tablo 4.27. Yük ve yakıt numuneleri alt tehlikesi için risklerin derecelendirilmesi

Tehlike/ Tehlike Kaynağı	Risk	Risk Derecelendirmesi									
		Olasılık			Frekans			Şiddet			Bulanık Risk Skoru
YYN	DK	0,2	0,5	1	0	0,5	1	3	7	15	30
	ÇGZ	3	6	10	0	0,5	1	15	40	100	190
	MZ	0,2	0,5	1	0	0,5	1	3	7	15	30

Tablo 4.27'de görüldüğü gibi YYN alt tehlikesi için en yüksek bulanık risk skoru 190 değeri ile çalışanların gördüğü zarar riski için bulunmuştur. Diğer iki risk olan deniz kirliliği ve maddi zarar riskleri için bulanık risk skorları 30 değerinde hesaplanmıştır.

4.4. Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney Risk Skorlarının Karşılaştırılması

Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney yöntemlerinde elde edilen bulgular ve değerlendirilmiş ve her iki yöntem arasındaki farklar kriterlere göre ayrı ayrı aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.28. Ana kriterler için Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney risk skorlarının karşılaştırılması

Tehlike	Risk	Fine-Kinney Risk Skoru	Değerlendirme	Bulanık Fine-Kinney Risk Skoru	Değerlendirme
GKA	DK	20	Olası risk	96,7	Önemli risk
	ÇGZ	7,5	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	MZ	20	Olası risk	96,7	Önemli risk
YKA	DK	300	Yüksek risk	200	Yüksek risk
	ÇGZ	300	Yüksek risk	200	Yüksek risk
	MZ	300	Yüksek risk	200	Yüksek risk

Tablo 4.28'de görüldüğü gibi gemi kaynaklı atıklar ana kriterinin DK riski için Fine-Kinney yönteminde olası risk olan değerlendirme Bulanık Fine-Kinney yöntemi için önemli risk bulunmuştur. ÇGZ riski ise Bulanık Fine-Kinney olası risk, MZ riski de

önemli risk olarak bulunmuştur. Yük kaynaklı artıklar ise her iki yöntem içinde aynı değerlendirme derecesi olan yüksek risk olarak bulunmuştur.

Tablo 4.29. Gemi kaynaklı atıklar alt kriterleri için Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney risk skorlarının karşılaştırılması

Tehlike	Risk	Fine-Kinney Risk Skoru	Değerlendirme	Bulanık Fine-Kinney Risk Skoru	Değerlendirme
SS	DK	3,75	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	ÇGZ	0,75	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	MZ	1,75	Kabul edilebilir	30	Olası risk
S	DK	120	Önemli risk	190	Önemli risk
	ÇGZ	0,25	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	MZ	60	Olası risk	96,7	Önemli risk
PS	DK	9	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	ÇGZ	1,5	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	MZ	1,5	Kabul edilebilir	30	Olası risk
KYY	DK	10	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	ÇGZ	0,25	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	MZ	10	Kabul edilebilir	30	Olası risk
Ç	DK	7,5	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	ÇGZ	9	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	MZ	7,5	Kabul edilebilir	30	Olası risk
BGTA	DK	0,75	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	ÇGZ	9	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	MZ	0,75	Kabul edilebilir	30	Olası risk

Tablo 4.29'da görüldüğü gibi SS alt kriteri için tüm riskler Bulanık Fine-Kinney yönteminde bir üst değerlendirme derecesi olan olası risk olarak bulunmuştur. S alt kriteri için DK riski Bulanık Fine-Kinney yönteminde aynı bulunurken, ÇGZ riski için olası risk, MZ riski için önemli risk olarak bulunmuştur. PS, KYY, Ç ve BGTA alt kriterleri için tüm riskler Bulanık Fine-Kinney yönteminde olası risk olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.30. Gemi kaynaklı atıklar alt kriterleri için Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney risk skorlarının karşılaştırılması

Tehlike	Risk	Fine-Kinney Risk Skoru	Değerlendirme	Bulanık Fine-Kinney Risk Skoru	Değerlendirme
SPPÜ	DK	60	Olası risk	96,7	Önemli risk
	ÇGZ	22,5	Olası risk	96,7	Önemli risk
	MZ	150	Önemli risk	190	Önemli risk
SZTSM	DK	300	Yüksek risk	200	Yüksek risk
	ÇGZ	300	Yüksek risk	200	Yüksek risk
	MZ	120	Önemli risk	190	Önemli risk
KB	DK	3,5	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	ÇGZ	0,75	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	MZ	3,75	Kabul edilebilir	30	Olası risk
ÖYS	DK	120	Önemli risk	190	Önemli risk
	ÇGZ	120	Önemli risk	190	Önemli risk
	MZ	120	Önemli risk	190	Önemli risk
YYN	DK	1,75	Kabul edilebilir	30	Olası risk
	ÇGZ	120	Önemli risk	190	Önemli risk
	MZ	1,75	Kabul edilebilir	30	Olası risk

Tablo 4.30'da görüldüğü gibi SPPÜ alt kriteri için DK ve ÇGZ riskleri Bulanık Fine Kinney yöntemi için önemli risk olurken MZ riski değişmemiştir. SZTSM alt kriteri için her iki yöntemde de değerlendirmeler aynı bulunmuştur. KB alt kriteri için tüm riskler Bulanık Fine-Kinney yönteminde bir üst değerlendirme olan olası risk olarak belirlenmiştir. ÖYS alt kriteri için tüm riskler her iki yöntemde de aynı bulunmuştur. YYN alt kriteri için DK ve MZ riskleri Bulanık Fine-Kinney yönteminde olası risk olurken, ÇGZ riski için her iki yöntem de aynı bulunmuştur.

4.5. Bulanık AHP Yöntemi ile Risklerin Derecelendirilmesi

Tanker tipi gemilerde oluşan gemi atıklarının ve yük artıklarının, atık kabul tesislerine transfer sürecindeki risklerinin değerlendirilmesi ve öncelik sırasının belirlenmesi amacıyla oluşturulan hiyerarşideki ana ve alt kriterlerin, alternatiflerin birbirine göre

önem dereceleri Bulanık AHP değerlerine göre belirtilmiştir. Ankete katılan 17 uzman için ayrı ayrı değerlendirmeler yapılmıştır. Her uzman için ikili karşılaştırma matrislerini tezin sadeliğine zarar vereceğinden dolayı öncelikle uzman 1 için ve daha sonra tüm uzmanlar için ikili karşılaştırma matrisleri verilecektir. Tüm uzmanlar için geometrik ortalamalar karşılaştırma matrisleri için alınmış bu şekilde ağırlık hesaplamaları yapılmıştır.

4.5.1. Uzman 1 İçin İkili Karşılaştırma Matrisleri, Ağırlıklar ve Sıralamalar

Gemi atıkları ve yük artıkları ana kriterleri Tablo 4.28'de uzman 1 için ikili karşılaştırma matrisi görülmektedir. Tablo 4.29'de ise uzman 1 için genişletilmiş ve toplam integral yöntemleri ile hesaplanan ağırlıklar ve sıralamalar verilmiştir.

Tablo 4.31. Uzman 1 Ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Ana Kriterler	GYA			YKA		
GKA	1,00	1,00	1,00	0,40	0,50	0,67
YKA	1,50	2,00	2,50	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.32. Uzman 1 için Kriterlerin Ağırlıkları ve Sıralamaları

Ana Kriterler	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Yük Kaynaklı Artıklar	1,000000000	0,669345058	1
Gemi Kaynaklı Atıklar	0,000000000	0,330654942	2

Tablo 4.32'de görüldüğü gibi uzman 1 için anket cevaplarından oluşturulan ikili karşılaştırma matrisine göre hesaplanan ağırlıklar YKA 0,66934 ile birinci, GKA ise 0,33065 değeri ile ikinci sırada değerlendirilmiştir.

Uzman 1 İçin Gemi Kaynaklı Atıklar Alt Kriterinin İkili Karşılaştırma Matrisi: Ana kriter GKA için belirlenen kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri uzman 1 anket cevaplarına göre değerlendirilmiş ve oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.33'te verilmiştir.

Tablo 4.33. Uzman 1 için gemi kaynaklı atılar alt kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisi

GKA	SS			S			PS			KYY			Ç			BGTA		
SS	1,00	1,00	1,00	0,40	0,50	0,67	0,67	1,00	1,50	0,67	1,00	1,50	0,67	1,00	1,50	0,67	1,00	1,50
S	1,50	2,00	2,50	1,00	1,00	1,00	2,50	3,00	3,50	1,00	1,00	1,00	2,50	3,00	3,50	2,50	3,00	3,50
PS	0,67	1,00	1,50	0,29	0,33	0,40	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	1,50	2,00	2,50	1,00	1,00	1,00
KYY	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,50	0,67	1,00	1,50
Ç	0,67	1,00	1,50	0,29	0,33	0,40	0,40	0,50	0,67	0,40	0,50	0,67	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50
BGTA	0,67	1,00	1,50	0,29	0,33	0,40	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Uzman 1 İçin Yük Kaynaklı Artıklar Alt Kriterlerinin İkili Karşılaştırma Matrisi: Ana kriter YKA için belirlenen kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri uzman 1 anket cevaplarına göre değerlendirilmiş ve oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.34'te verilmiştir.

Tablo 4.34. Uzman 1 için yük kaynaklı artıklar alt kriterinin ikili karşılaştırma matrisi

YKM	SPÜ			SZM			KB			ÖYS			YYN		
SPÜ	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,50	0,67	1,00	1,50	1,50	2,00	2,50	1,50	2,00	2,50
SZM	0,40	0,50	0,67	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00
KB	0,67	1,00	1,50	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50
ÖYS	0,40	0,50	0,67	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
YYN	0,40	0,50	0,67	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.35. Uzman 1 için gemi kaynaklı atıklar alt kriterlerinin ağırlıkları ve sıralamaları

GKA Alt Kriterlerinin	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Slaç	0,656849313	0,301344361	1
Kullanılmış yağlama yağları	0,189928769	0,170283017	2
Pis su	0,091096690	0,152020166	3
Sintine suyu	0,062125228	0,139002932	4
Baca gazı temizleme atıkları	0,000000000	0,130347722	5
Çöpler	0,000000000	0,107001802	6

Tablo 4.35'te görüldüğü gibi uzman 1 için toplam integral yönteminde en büyük ağırlık değeri 0,30134 ile slaç alt kriteri için hesaplanmıştır. En düşük ağırlık değeri ile 0,10700 çöpler alt kriteridir. Kullanılmış yağlama yağları için 0,17028, pis su için 0,15202, sintine suyu için 0,13900 ve baca gazı temizleme atıkları 0,13034 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.36. Uzman 1 için yük kaynaklı artıklar alt kriterleri ağırlıkları ve sıralamaları

YKA Alt Kriterlerinin	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Slop (Petrol ve petrol ürünleri)	0,367374307	0,303069899	1
Kirli balast	0,322498366	0,193650945	2
Slop (Zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler)	0,124182496	0,171994357	3
Ön yıkama suları	0,092972415	0,165642400	4
Yük ve yakıt numuneleri	0,092972415	0,165642400	

Tablo 4.36'da görüldüğü gibi uzman 1 toplam integral değeri için en büyük ağırlık değeri 0,30306 ile SPPÜ için bulunmuştur. KB alt kriteri için 0,19365, SZTSM alt kriteri için 0,17199 hesaplanmıştır. ÖYS ve YYN alt kriterleri için her iki ağırlık değerlerinde de 0,16564 değerleri bulunmuştur.

Uzman 1 İçin Alternatiflerin İkili Karşılaştırma Matrisleri: Uzman 1 için tüm alt kriterlerin alternatiflerinin ikili karşılaştım matrisleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.37. Uzman 1 için sintine suyu alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi

SS	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,50	1,00	1,00	1,00
ÇGZ	0,40	0,50	0,67	1,00	1,00	1,00	0,40	0,50	0,67
MZ	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,50	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.38. Uzman 1 için sintine suyu alt kriter alternatiflerinin ağırlıkları ve sıralamaları

SS	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,500000000	0,398480535	1
Maddi Zarar	0,500000000	0,398480535	
Çalışanların Gördüğü Zarar	1,000000000	0,203038930	3

Tablo 4.38'de görüldüğü gibi sintine suyu alt kriteri için deniz kirliliği ve maddi zarar alternatifleri 0,39848 değer ile ilk sırada bulunmuştur. Çalışanların gördüğü zarar alternatifi ise 0,20303 değeri ile son sırada çıkmıştır.

Tablo 4.39. Uzman 1 slaç alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması

S	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,50	1,00	1,00	1,00
ÇGZ	0,40	0,50	0,67	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50
MZ	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.40. Uzman 1 slaç alt kriteri için alternatif ağırlıkları

S	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,449503854	0,413043598	1
Maddi Zarar	0,410819137	0,315378556	2
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,139677009	0,271577847	3

Tablo 4.40'ta görüldüğü gibi slaç alt kriteri için deniz kirliliği alternatifi toplam integral ağırlık değeri 0,41304 ile ilk sırada belirlenmiştir. Maddi zarar alternatifi için 0,39848 toplam integral ağırlık değeri bulunmuş. Çalışanların gördüğü zarar alternatifi ise 0,20303 değeri son sırada çıkmıştır.

Tablo 4.41. Uzman 1 pis su alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması

PS	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	0,67	1,00	1,50
ÇGZ	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50
MZ	0,67	1,00	1,50	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.42. Uzman 1 pis su kriteri için alternatif ağırlıkları

PS	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,3333333333	0,3333333333	1
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,3333333333	0,3333333333	
Maddi Zarar	0,3333333333	0,3333333333	

Tablo 4.42'de görüldüğü gibi pis su alt kriteri için deniz kirliliği, çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar alternatiflerinin tümü için ağırlıklar toplam integral ağırlık değerleri 0,33333 ile eşit çıkmıştır

Tablo 4.43. Uzman 1 kullanılmış yağlama yağları alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması

KYY	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,50	1,00	1,00	1,00
ÇGZ	0,40	0,50	0,67	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50
MZ	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.44. Uzman 1 kullanılmış yağlama yağları alt kriteri için alternatif ağırlıkları

KYY	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,449503854	0,413043598	1
Maddi Zarar	0,410819137	0,315378556	2
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,139677009	0,271577847	3

Tablo 4.44'te görüldüğü gibi kullanılmış yağlama yağları alt kriteri için deniz kirliliği alternatifi 0,41304 değeri ile ilk sırada, maddi zarar alternatifi 0,31537 ile ikinci sırada ve çalışanların gördüğü zarar alternatifi ise 0,27157 değeri ile son sırada belirlenmiştir.

Tablo 4.45. Uzman 1 çöpler alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması

Ç	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,50	0,67	1,00	1,50
ÇGZ	0,40	0,50	0,67	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50
MZ	0,67	1,00	1,50	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.46. Uzman 1 çöpler alt kriteri için alternatif ağırlıkları

Ç	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,399915622	0,415729984	1
Maddi Zarar	0,399915622	0,321928471	2
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,200168756	0,262341545	3

Tablo 4.46'da görüldüğü gibi çöpler alt kriteri için deniz kirliliği alternatifi için 0,41572 değeri, maddi zarar alternatifi 0,32192 değeri, çalışanların gördüğü zarar değeri 0,26234 hesaplanmıştır. Çöpler alt kriterinin en yüksek değeri deniz kirliliği için bulunmuştur.

Tablo 4.47. Uzman 1 baca gazı temizleme atıkları alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması

BGTA	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00
ÇGZ	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50
MZ	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.48. Uzman 1 baca gazı temizleme atıkları alt kriteri için alternatif ağırlıkları

BGTA	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,333333333	0,345579625	1
Deniz Kirliliği	0,333333333	0,327210187	2
Maddi Zarar	0,333333333	0,327210187	

Tablo 4.48'de görüldüğü gibi baca gazı temizleme atıkları alt kriteri için çalışanların gördüğü zarar 0,34557 toplam integral değeri ile ilk sırada çıkmıştır. İkinci 0,32721 değeri ile deniz kirliliği ve son sırada 0,32721 değeri ile maddi zarar bulunmuştur.

Tablo 4.4. Uzman 1 slop (petrol ve petrol ürünleri) atıkları alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması

SPPÜ	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	1,013	1,214	1,438	1,643	2,042	2,486
ÇGZ	0,695	0,824	0,987	1,00	1,00	1,00	1,303	1,642	2,048
MZ	0,402	0,490	0,608	0,488	0,609	0,767	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.5. Uzman 1 slop (petrol ve petrol ürünleri) alt kriteri için alternatif ağırlıkları

SPPÜ	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,605838087	0,433370487	1
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,394161913	0,354157614	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,212471899	3

Tablo 4.50'de görüldüğü gibi slop (petrol ve petrol ürünleri) alt kriteri için deniz kirliliği alternatifi toplam integral ağırlık değeri 0,43337 ile ilk sırada belirlenmiştir. Çalışanların gördüğü zarar alternatifi için 0,35415 toplam integral ağırlık değeri bulunmuş. Maddi zarar alternatifi ise 0,21247 değeri son sırada çıkmıştır.

Tablo 4.51. Uzman 1 slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) atıkları alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması

SZTSM	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,588	0,712	0,868	1,789	2,200	2,627
ÇGZ	1,152	1,405	1,700	1,00	1,00	1,00	1,900	2,363	2,873
MZ	0,381	0,455	0,559	0,348	0,423	0,526	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.52. Uzman 1 slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) alt kriteri için alternatif ağırlıkları

SZTSM	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,602524439	0,454007413	1
Deniz Kirliliği	0,397475561	0,370068560	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,175924026	3

Tablo 4.52'de görüldüğü gibi slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) alt kriteri için çalışanların gördüğü zarar alternatifi 0,45400 toplam integral ağırlık değeri hesaplanırken, deniz kirliliği alternatifi toplam integral ağırlık değeri 0,37006, maddi zarar alternatifi için ise toplam integral ağırlık değeri 0,17592 hesaplanmıştır.

Tablo 4.53. Uzman 1 kirli balast alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması

KB	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,856	1,067	1,328	1,585	1,947	2,333
ÇGZ	0,753	0,937	1,169	1,00	1,00	1,00	1,514	1,914	2,391
MZ	0,429	0,514	0,631	0,418	0,522	0,660	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.54. Uzman 1 kirli balast alt kriteri için alternatif ağırlıkları

KB	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,516880142	0,404879510	1
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,483119858	0,391654635	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,203465855	3

Tablo 4.54'te görüldüğü gibi kirli balast alt kriteri için deniz kirliliği alternatifi toplam integral ağırlık değeri 0,40487 ile ilk sırada belirlenmiştir. Çalışanların gördüğü zarar alternatifi için 0,39165 toplam integral ağırlık değeri bulunmuş. Maddi zarar alternatifi ise 0,20346 değeri ile son sırada çıkmıştır.

Tablo 4.55. Uzman 1 ön yıkama suları alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması

ÖYS	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,809	0,960	1,136	1,630	2,112	2,686
ÇGZ	0,880	1,042	1,236	1,00	1,00	1,00	1,588	2,028	2,534
MZ	0,372	0,473	0,613	0,395	0,493	0,630	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.56. Uzman 1 kirli balast alt kriteri için alternatif ağırlıkları

ÖYS	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,500269255	0,404458707	1
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,499730745	0,402561903	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,192979391	3

Tablo 4.56'da görüldüğü gibi ön yıkama suları alt kriteri için deniz kirliliği alternatifi toplam integral ağırlık değeri 0,40445 ile ilk sırada belirlenmiştir. Çalışanların gördüğü zarar alternatifi için 0,40256 toplam integral ağırlık değeri bulunmuş. Maddi zarar alternatifi ise 0,19297 değeri ile son sırada çıkmıştır.

Tablo 4.57. Uzman 1 yük yakıt numuneleri alt kriteri için alternatif ikili karşılaştırılması

YYN	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,794	1,007	1,270	1,475	1,794	2,146
ÇGZ	0,788	0,993	1,259	1,00	1,00	1,00	1,426	1,825	2,298
MZ	0,466	0,557	0,678	0,435	0,548	0,701	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.58. Tüm uzmanların yük yakıt numuneleri alt kriteri için alternatif ağırlıkları

YYN	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,501764268	0,395910041	1
Deniz Kirliliği	0,498235732	0,389929650	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,214160309	3

Tablo 4.58'te görüldüğü gibi yük yakıt numuneleri alt kriteri için çalışanların gördüğü zarar alternatifi toplam integral ağırlık değeri 0,39591 ile ilk sırada belirlenmiştir. Deniz kirliliği alternatifi için 0,38992 toplam integral ağırlık değeri bulunmuş. Maddi zarar alternatifi ise 0,21416 değeri ile son sırada çıkmıştır.

4.5.2. Tüm Uzmanlar İçin İkili Karşılaştırma Matrisleri, Ağırlıklar ve Sıralamalar

Tüm uzmanların geometrik ortalamalarına göre hesaplanan ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.59'da verilmiştir.

Tablo 4.59. Tüm uzmanlar için ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Ana Kriterler	GYA			YKA		
YKA	1,00	1,00	1,00	0,517	0,667	0,869
GKA	1,150	1,499	1,935	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.60. Tüm uzmanlar için ana kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları

Ana Kriterler	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Gemi Kaynaklı Atıklar	0,807999467	0,603646805	1
Yük Kaynaklı Artıklar	0,192000533	0,396353195	2

Tablo 4.60'ta görüldüğü gibi tüm uzmanların ikili karşılaştırma matrisine göre hesaplanan toplam integral ağırlık değerleri GKA 0,60364 ile birinci, YKA ise 0,39635 değeri ile ikinci sırada bulunmuştur.

Tüm Uzmanlar İçin Gemi Kaynaklı Atıklar Alt Kriterinin İkili Karşılaştırma Matrisi: Ana kriter GKA için belirlenen kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri her bir uzman için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve uzmanlarının geometrik ortalamasının hesaplanmasıyla oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.61'de görülmektedir.

Tablo 4.61. GKA alt kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisi

GKA	SS			S			PS			KYY			Ç			BGTA		
SS	1,00	1,00	1,00	0,38	0,46	0,58	1,50	1,98	2,27	0,41	0,51	0,64	0,95	1,28	1,69	0,99	1,34	1,77
S	1,72	2,16	2,64	1,00	1,00	1,00	1,93	2,32	2,71	0,74	0,94	1,18	1,67	2,08	2,51	1,98	2,48	3,03
PS	0,44	0,51	0,67	0,37	0,43	0,52	1,00	1,00	1,00	0,37	0,44	0,56	0,69	0,84	1,04	0,77	0,94	1,15
KYY	1,57	1,98	2,45	0,84	1,07	1,35	1,80	2,25	2,73	1,00	1,00	1,00	1,60	2,10	2,64	1,61	2,09	2,65
Ç	0,59	0,78	1,05	0,40	0,48	0,60	0,96	1,19	1,45	0,38	0,48	0,62	1,00	1,00	1,00	0,94	1,19	1,49
BGTA	0,56	0,75	1,01	0,33	0,40	0,51	0,87	1,07	1,29	0,38	0,48	0,62	0,67	0,84	1,06	1,00	1,00	1,00

Tüm Uzmanlar İçin Yük Kaynaklı Artıklar Alt Kriterlerinin İkili Karşılaştırma Matrisi: Ana kriter YKA için belirlenen alt kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri her bir uzman için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve uzmanlarının geometrik ortalamasının hesaplanmasıyla oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.62'te verilmiştir.

Tablo 4.62. YKA alt kriterinin ikili karşılaştırma matrisi

YKM	SPÜ			SZM			KB			ÖYS			YYN		
SPÜ	1,00	1,00	1,00	0,886	1,093	1,348	1,508	1,947	2,187	1,758	2,163	2,600	1,196	1,453	1,808
SZM	0,742	0,915	1,129	1,00	1,00	1,00	1,647	2,042	2,465	1,401	1,752	2,136	1,285	1,642	2,062
KB	0,457	0,514	0,663	0,406	0,490	0,607	1,00	1,00	1,00	0,639	0,824	1,075	0,596	0,752	0,966
ÖYS	0,385	0,462	0,569	0,468	0,571	0,714	0,931	1,214	1,565	1,00	1,00	1,00	0,794	0,960	1,173
YYN	0,553	0,688	0,836	0,485	0,609	0,778	1,035	1,330	1,677	0,853	1,042	1,259	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.63. Tüm uzmanlar için gemi kaynaklı atıklar alt kriterleri için ağırlıklar ve sıralamalar

GKA Alt Kriterlerinin	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Slaç	0,438734893	0,260820763	1
Kullanılmış yağlama yağları	0,413564411	0,251789800	2
Sintine suyu	0,144347060	0,156875888	3
Çöpler	0,003353636	0,122758182	4
Baca gazı temizleme atıkları	0,000000000	0,108762072	5
Pis su	0,000000000	0,098993295	6

Tablo 4.63'te görüldüğü gibi gemi kaynaklı atıkların alt kriterinin toplam integral ağırlıkları sırasıyla slaç için 0,26082, kullanılmış yağlama yağları için 0,25178, sintine suyu için 0,15687, çöpler için 0,12275, baca gazı temizleme atıkları için 0,10876 ve pis su için de 0,09899 olarak bulunmuştur. En yüksek ağırlık slaç ve en düşük ağırlık ise pis su olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.64. Tüm uzmanlar için yük kaynaklı artıklar alt kriterleri için ağırlıkları ve sıralamaları

YKA Alt Kriterlerinin	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Slop (Petrol ve petrol ürünleri)	0,416565566	0,276366063	1
Slop (Zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler)	0,393307186	0,268277072	2
Yük ve yakıt numuneleri	0,124586938	0,170106441	3
Ön yıkama suları	0,065540310	0,153711998	4
Kirli balast	0,000000000	0,131538427	5

Tablo 4.64'te görüldüğü gibi yük kaynaklı artıklar alt kriterleri toplam integral ağırlıkları sırasıyla SPPÜ için 0,27636, SZTM için 0,26827, YYN için 0,17010, ÖYS için 0,15371 ve KB için ise 0,13153 olarak hesaplanmıştır. En yüksek ağırlık değeri SPPÜ alt kriteri için hesaplanırken en düşük ağırlık değeri ise KB alt kriteri için hesaplanmıştır.

Tüm Uzmanlar İçin Alt Kriterlerin Alternatiflere Göre İkili Karşılaştırma Matrisleri: Gemi kaynaklı atıkların birbirlerine göre önem dereceleri her bir uzman için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve sonrasında uzmanların geometrik ortalamalarının hesaplanması ile oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.65. Tüm uzmanlar için sintine suyu alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi

SS	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,873	1,056	1,268	1,713	2,163	2,599
ÇGZ	0,789	0,947	1,146	1,00	1,00	1,00	1,247	1,577	1,979
MZ	0,385	0,462	0,584	0,505	0,634	0,802	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.66. Tüm uzmanların sintine suyu alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları

SS	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,586321660	0,427705249	1
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,413678340	0,360023842	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,212270909	3

Tablo 4.66'da görüldüğü gibi sintine suyu alt kriterinin toplam integral ağırlık değerleri deniz kirliliği için 0,42770, çalışanların gördüğü zarar 0,36002 ve maddi zarar 0,21227 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer deniz kirliliği alternatifi için ve en düşük değer ise maddi zarar alternatifi için bulunmuştur.

Tablo 4.67. Tüm uzmanlar için slaç alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi

S	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,821	1,024	1,271	1,863	2,269	2,693
ÇGZ	0,787	0,976	1,217	1,00	1,00	1,00	1,389	1,752	2,182
MZ	0,371	0,441	0,537	0,458	0,571	0,720	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.68. Tüm uzmanların slaç alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları

S	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,564725812	0,427242194	1
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,435274188	0,374301334	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,198456472	3

Tablo 4.68'de görüldüğü gibi slaç alt kriterinin toplam integral ağırlık değerleri deniz kirliliği için 0,42724, çalışanların gördüğü zarar 0,37430 ve maddi zarar 0,19845 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer deniz kirliliği alternatifi için ve en düşük değer ise maddi zarar alternatifi için bulunmuştur.

Tablo 4.69. Tüm uzmanlar için pis su alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi

PS	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,639	0,791	0,974	1,379	1,838	2,397
ÇGZ	1,026	1,264	1,565	1,00	1,00	1,00	1,351	1,682	2,076
MZ	0,417	0,544	0,725	0,482	0,594	0,740	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.70. Tüm uzmanların pis su alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları

PS	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,528503259	0,405464051	1
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,463318900	0,376171648	2
Maddi Zarar	0,008177841	0,218364302	3

Tablo 4.70'te görüldüğü gibi pis su alt kriterinin toplam integral ağırlık değerleri deniz kirliliği için 0,40546, çalışanların gördüğü zarar 0,37617 ve maddi zarar 0,21836 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer deniz kirliliği alternatifi için ve en düşük değer ise maddi zarar alternatifi için bulunmuştur.

Tablo 4.71. Tüm uzmanlar için kullanılmış yağlama yağları alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi

KYY	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	1,017	1,206	1,420	1,765	2,127	2,502
ÇGZ	0,704	0,829	0,983	1,00	1,00	1,00	1,149	1,463	1,855
MZ	0,400	0,470	0,566	0,539	0,683	0,870	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.72. Tüm uzmanların kullanılmış yağlama yağları alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları

KYY	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,663081742	0,441292960	1
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,336918258	0,339134263	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,219572777	3

Tablo 4.72'de görüldüğü gibi kullanılmış yağlama yağları alt kriterinin toplam integral ağırlık değerleri deniz kirliliği için 0,44129, çalışanların gördüğü zarar 0,33913 ve maddi zarar 0,21957 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer deniz kirliliği alternatifi için ve en düşük değer ise maddi zarar alternatifi için bulunmuştur.

Tablo 4.73. Tüm uzmanlar için çöpler alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi

Ç	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,771	0,983	1,245	1,527	1,960	2,460
ÇGZ	0,803	1,017	1,297	1,00	1,00	1,00	1,173	1,488	1,868
MZ	0,407	0,510	0,655	0,535	0,672	0,852	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.74. Tüm uzmanların çöpler alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları

Ç	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,525665184	0,410693518	1
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,434626589	0,364847063	2
Maddi Zarar	0,039708227	0,224459420	3

Tablo 4.74'te görüldüğü gibi çöpler alt kriterinin toplam integral ağırlık değerleri deniz kirliliği için 0,41069, çalışanların gördüğü zarar 0,36484 ve maddi zarar 0,22445 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer deniz kirliliği alternatifi için ve en düşük değer ise maddi zarar alternatifi için bulunmuştur.

Tablo 4.75. Tüm uzmanlar için baca gazı temizleme artıkları alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi

BGTA	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,615	0,765	0,957	1,376	1,764	2,207
ÇGZ	1,045	1,308	1,626	1,00	1,00	1,00	1,255	1,642	2,112
MZ	0,453	0,567	0,727	0,473	0,609	0,797	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.76. Tüm uzmanların baca gazı temizleme artıkları alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları

BGTA	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,519886702	0,411129891	1
Deniz Kirliliği	0,433122922	0,364904555	2
Maddi Zarar	0,046990377	0,223965554	3

Tablo 4.76'da görüldüğü gibi baca gazı temizleme artıkları alt kriterinin toplam integral ağırlık değerleri çalışanların gördüğü zarar 0,41112, deniz kirliliği 0,36490 ve maddi zarar 0,22396 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer çalışanların gördüğü zarar alternatifi için ve en düşük değer ise maddi zarar alternatifi için bulunmuştur.

Yük kaynaklı artıklar birbirlerine göre önem dereceleri her bir uzman için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve sonrasında uzmanların geometrik ortalamalarının hesaplanması ile oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.77. Tüm uzmanlar için slop (petrol ve petrol ürünleri) alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi

SPPÜ	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	1,013	1,214	1,438	1,643	2,042	2,486
ÇGZ	0,695	0,824	0,987	1,00	1,00	1,00	1,303	1,642	2,048
MZ	0,402	0,490	0,608	0,488	0,609	0,767	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.78. Tüm uzmanların slop (petrol ve petrol ürünleri) alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları

SPPÜ	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,605838087	0,433370487	1
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,394161913	0,354157614	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,212471899	3

Tablo 4.78'de görüldüğü gibi slop (petrol ve petrol ürünleri) alt kriterinin toplam integral ağırlık değerleri deniz kirliliği için 0,43337, çalışanların gördüğü zarar 0,35415 ve maddi zarar 0,21247 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer deniz kirliliği alternatifi için ve en düşük değer ise maddi zarar alternatifi için bulunmuştur.

Tablo 4.79. Tüm uzmanlar için slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi

SZTSM	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,588	0,712	0,868	1,789	2,200	2,627
ÇGZ	1,152	1,405	1,700	1,00	1,00	1,00	1,900	2,363	2,873
MZ	0,381	0,455	0,559	0,348	0,423	0,526	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.80. Tüm uzmanların slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları

SZTSM	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,602524439	0,454007413	1
Deniz Kirliliği	0,397475561	0,370068560	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,175924026	3

Tablo 4.80'de görüldüğü gibi slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) alt kriterinin toplam integral ağırlık değerleri çalışanların gördüğü zarar 0,45400, deniz kirliliği 0,37006 ve maddi zarar 0,17592 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer çalışanların gördüğü zarar alternatifi için ve en düşük değer ise maddi zarar alternatifi için bulunmuştur.

Tablo 4.81. Tüm uzmanlar için kirli balast alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi

KB	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,856	1,067	1,328	1,585	1,947	2,333
ÇGZ	0,753	0,937	1,169	1,00	1,00	1,00	1,514	1,914	2,391
MZ	0,429	0,514	0,631	0,418	0,522	0,660	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.82. Tüm uzmanların kirli balast alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları

KB	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,516880142	0,404879510	1
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,483119858	0,391654635	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,203465855	3

Tablo 4.82'de görüldüğü gibi kirli balast alt kriterinin toplam integral ağırlık değerleri deniz kirliliği için 0,40487, çalışanların gördüğü zarar 0,39165 ve maddi zarar 0,20346 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer deniz kirliliği alternatifi için ve en düşük değer ise maddi zarar alternatifi için bulunmuştur.

Tablo 4.83. Tüm uzmanlar için ön yıkama suları alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi

ÖYS	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,809	0,960	1,136	1,630	2,112	2,686
ÇGZ	0,880	1,042	1,236	1,00	1,00	1,00	1,588	2,028	2,534
MZ	0,372	0,473	0,613	0,395	0,493	0,630	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.84. Tüm uzmanların ön yıkama suları alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları

ÖYS	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Deniz Kirliliği	0,500269255	0,404458707	1
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,499730745	0,402561903	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,192979391	3

Tablo 4.84'te görüldüğü gibi ön yıkama suları alt kriterinin toplam integral ağırlık değerleri deniz kirliliği için 0,40445, çalışanların gördüğü zarar 0,40256 ve maddi zarar 0,19297 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer deniz kirliliği alternatifi için ve en düşük değer ise maddi zarar alternatifi için bulunmuştur.

Tablo 4.85. Tüm uzmanlar için yük yakıt numuneleri alt kriter alternatiflerinin ikili karşılaştırılma matrisi

YYN	DK			ÇGZ			MZ		
DK	1,00	1,00	1,00	0,794	1,007	1,270	1,475	1,794	2,146
ÇGZ	0,788	0,993	1,259	1,00	1,00	1,00	1,426	1,825	2,298
MZ	0,466	0,557	0,678	0,435	0,548	0,701	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.86. Tüm uzmanların yük yakıt numuneleri alt kriteri için alternatif ağırlıkları ve sıralamaları

YYN	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Çalışanların Gördüğü Zarar	0,501764268	0,395910041	1
Deniz Kirliliği	0,498235732	0,389929650	2
Maddi Zarar	0,000000000	0,214160309	3

Tablo 4.86'da görüldüğü gibi yük yakıt numuneleri alt kriterinin toplam integral ağırlık değerleri deniz kirliliği için 0,39591, çalışanların gördüğü zarar 0,38992 ve maddi zarar 0,21416 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer deniz kirliliği alternatifi için ve en düşük değer ise maddi zarar alternatifi için bulunmuştur.

4.6. BAHP Yöntemi İçin Oranlanmış Dağılımlar

Ana kriterlere göre oranlanmış alt kriter ağırlık değerleri ortaya çıkarılması gerekir. Daha sonra oranlanmış alt kriterlere göre DK, ÇGZ ve MZ alternatifleri oranlanmış şekilde hesaplanır. Böylece en muhtemel alternatif belirlenmiş olur. Oranlanmış dağılımlar Tablo 4.87'de gösterilmiştir.

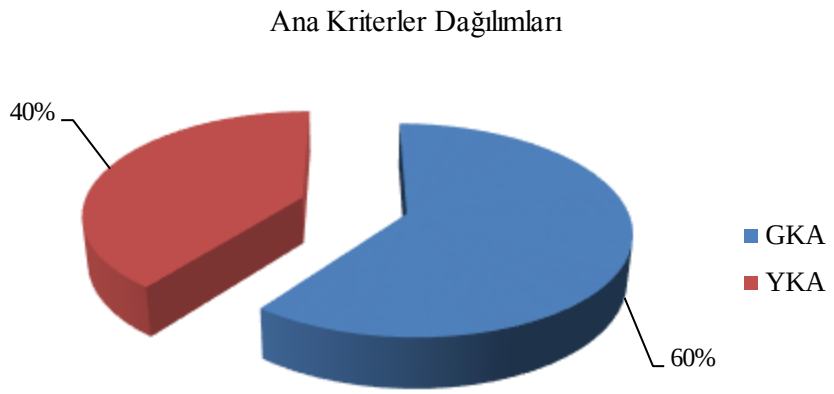
Tablo 4.87. BAHP oranlanmış dağılımlar

Ana Kriterler ve Ağırlık Değerleri		Ana Kriter Ağırlıklarına Göre Oranlanmış Alt Kriter Ağırlık Değerleri		Alt Kriterlere Göre Oranlanmış Alternatif Dağılımları		
				DK	ÇGZ	MZ
Gemi Kaynaklı Atıklar	0,60365	SS	0,09470	0,04050	0,03409	0,02010
		S	0,15744	0,06727	0,05893	0,03125
		PS	0,05976	0,02248	0,02423	0,01305
		KYY	0,15199	0,06707	0,05155	0,03337
		Ç	0,07410	0,03043	0,02704	0,01663
		BGTA	0,06565	0,02396	0,02699	0,01470
Yük Kaynaklı Artıklar	0,39635	SPÜ	0,10954	0,04747	0,03879	0,02327
		SZTSM	0,10633	0,03935	0,04828	0,01871
		KB	0,05214	0,02111	0,02042	0,01061
		ÖYS	0,06092	0,02464	0,02453	0,01176
		YYN	0,06742	0,02629	0,02669	0,01444
1,00000				0,41057	0,38154	0,20789

Tablo 4.87'de görüldüğü gibi iki ana kriterden için dağılımlar gemi kaynaklı atıklar için 0,60365 ve yük kaynaklı artıklar ise 0,39635 olarak hesaplanmıştır. Bu oranlara göre yapılan alt kriter dağılımları ise SS 0,09470, S 0,15744, PS 0,05976, KYY 0,15199, Ç 0,07410, BGTA 0,06565, SPÜ 0,10954, SZTSM 0,10633, KB 0,05214, ÖYS 0,06092, YYN 0,06742 bulunmuştur. Bu hesaplamalara göre hesaplanan alternatif değerleri ise deniz kirliliği için 0,41057, çalışanların gördüğü zarar için 0,38154 ve maddi zarar için ise 0,20789 bulunmuştur.

4.6.1. Tüm Uzmanlar İçin Ana Kriter Dağılımları

Tüm uzmanlar için ana kriter dağılım yüzdelikleri Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

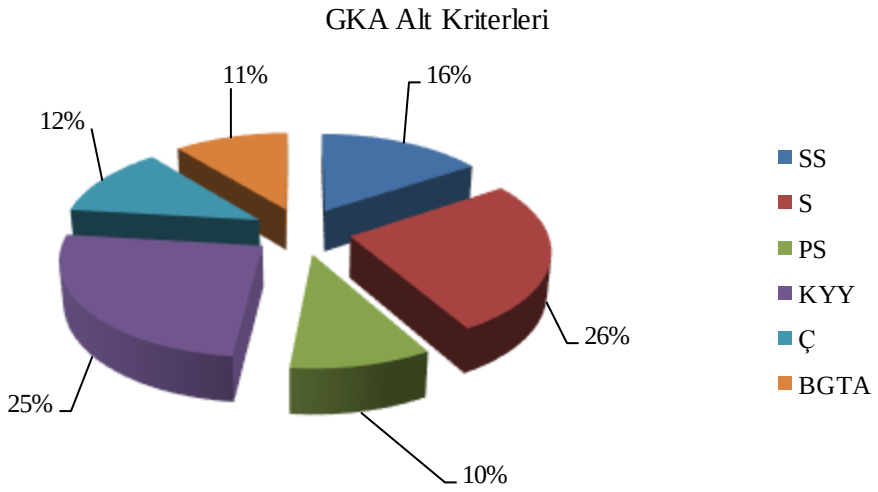


Şekil 4.3. Ana kriterler öncelik dağılımları

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi iki ana kriter için yüzdelik dağılımlar hesaplanmıştır. Gemi kaynaklı atıklar %60 ve yük kaynaklı artıklar ise %40 olarak bulunmuştur.

4.6.2. Tüm Uzmanlar İçin GKA Alt Kriter Dağılımları

Tüm uzmanların geometrik ortalamalarına göre ana kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra GKA alt kriterinin oransal dağılımları yapılmıştır. Bu dağılımlar Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

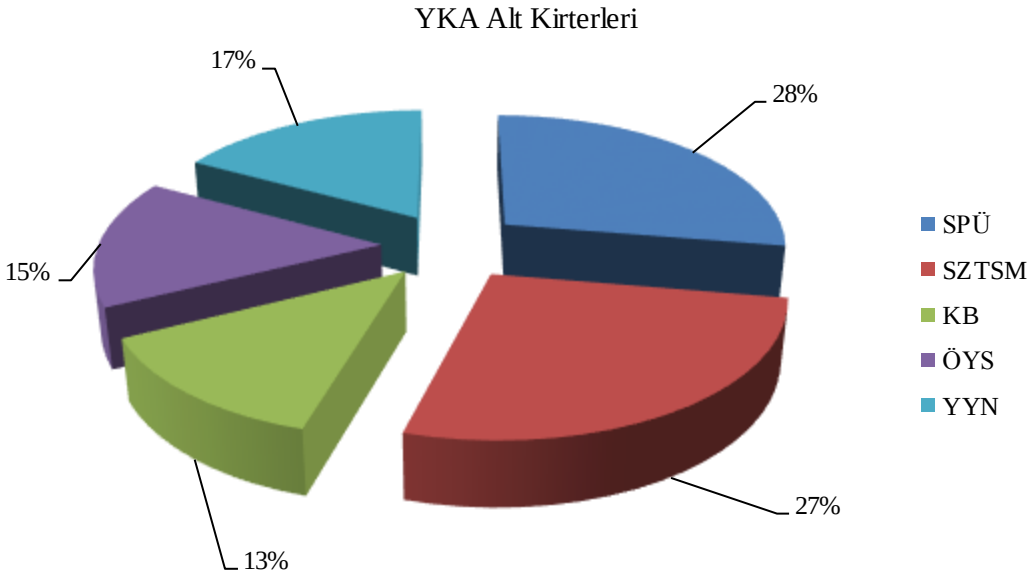


Şekil 4.4. GKA alt kriterleri oransal dağılımları

Şekil 4.4'te görüldüğü gibi slaç alt kriteri %26 oranı ile en yüksek oran olarak belirlenmiştir. Daha sonra kullanılmış yağlama yağları %25 ile ikinci en yüksek değer olurken sintine suları %16, çöpler %12, baca gazı temizleme atıkları %11 ve pis sular ise %10 değeri olarak hesaplanmıştır.

4.6.3. Tüm Uzmanlar İçin YKA Alt Kriter Dağılımları

YKA alt kriterleri için hesaplanan oransal dağılım ağırlıkları Şekil 4.5'te verilmiştir.

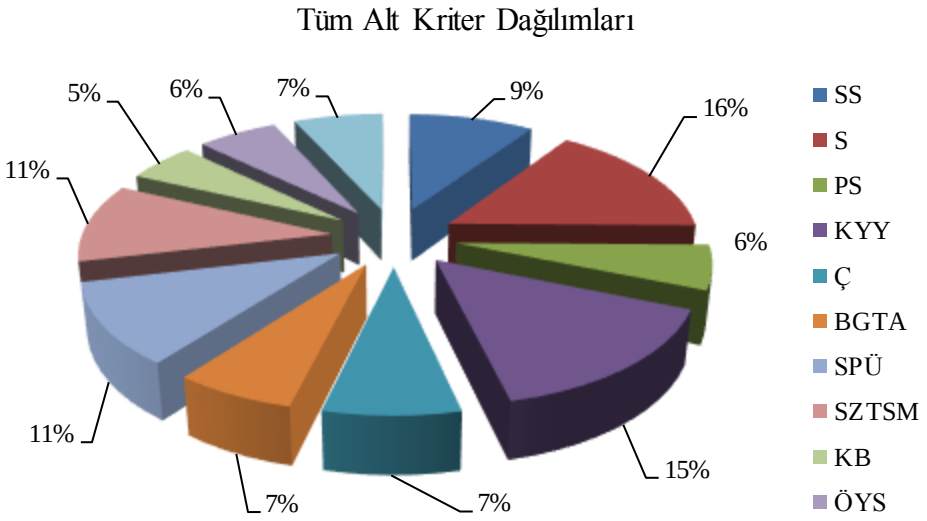


Şekil 4.5. YKA alt kriterleri oransal dağılımları

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi en yüksek oran %28 ile slop (petrol ve petrol ürünleri) için bulunurken, %27 oranı ile slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) ikinci en yüksek oran olarak bulunmuştur. Diğer oranlar ise yük yakıt numuneleri %17, ön yıkama suları %15 ve kirli balast %13 elde edilmiştir.

4.6.4. Tüm Uzmanlar İçin Tüm Alt Kriter Dağılımları

Gemi kaynaklı atıklar ve yük kaynaklı atıklar alt değerlerinin dağılımları Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

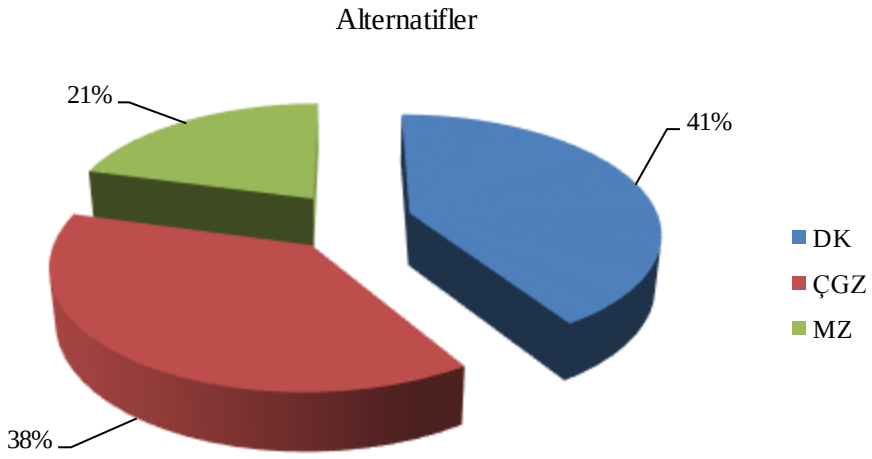


Şekil 4.6. Tüm alt kriterlerin dağılımı

Şekil 4.6'da görüldüğü gibi slaç kriteri %16 ile en yüksek değer olarak belirlenmiştir. %15 ile kullanılmış yağlama yağları, %11 değerleri ile SZTSM ve SPÜ üçüncü sırayı paylaşmaktadırlar. En düşük değer ise %5 ile kirli balast ve %6 oranları ile ön yıkama suları ve pis su riskleri hesaplanmıştır.

4.6.5. Tüm Uzmanlar İçin Alternatif Dağılımları

Tüm alt kriterlere göre hesaplanan alternatif oransal dağılımlar tek tek hesaplanmıştır. DK, ÇGZ ve MZ alternatiflerinin toplam oranları Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Alternatifler için oransal dağılımlar

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi en yüksek alternatif %41 ile çevre kirliliği için belirlenmiştir. Daha sonra %38 ile çalışanların gördüğü alternatifi ve %21 ile maddi zarar alternatifi hesaplanmıştır.

Bir sonraki bölüm elde edilen bulguların değerlendirildiği ve yorumlandığı kısımdan oluşacaktır

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tanker gemisi atıkları ve taşıdığı yük artıklarının oluşturduğu tehlikelerin belirlenmesi, ağırlıklarının hesaplanması, öncelik sıralarına göre düzenleyici ve önleyici faaliyetlerin uygulanması; iş kazalarının, maddi zararların ve çevre kirliliğinin önlenmesi için oldukça önemlidir. Bu çalışmada tanker gemileri için planlı ve uygulanabilir bir risk yönetimi, gemi emniyetinin iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu amaçla literatür çalışması yapılmış, uzman görüşleri alınarak tanker gemisi atıkları ve taşıdığı yük artıklarının oluşturduğu 11 tehlike belirlenmiştir. Uzman bir ekip Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney yöntemlerini uygulamış, BAHP için ise Google Forms üzerinden uzmanların ankete katılımı sağlanmıştır. Bu anketlerden güvenilirlik hesaplamasından sonra uygun olanlar çalışmaya dahil edilmiştir. Fine-Kinney yöntemi ile risklerin önem dereceleri belirlenmiş, bulanık Fine-Kinney ile sözel belirsizliğin önüne geçilmeye çalışılmış ve son olarak BAHP yöntemi kullanılarak tehlikelerin risk ağırlıkları hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçları aşağıda belirtildiği gibidir.

Deniz kirliliği sebepleri incelendiğinde, gemi kaynaklı kirlilik oranının %12 olduğu görülmekte ve bu kirliliği atıklar ve yük artıkları oluşturmaktadır. Denizlere karışan petrolün %46'sı gemi kaynaklı petrol kirliliğinden kaynaklanmaktadır (GESAMP, 1990). Çalışmamızda deniz kirliliği %41 oranı ile en yüksek risk olarak hesaplanmış olup ikinci sırada %38 oranı ile çalışanların gördüğü zarar ve son sırada %21 oranı ile maddi zarar riski bulunmuştur. Literatür incelendiğinde de görüldüğü üzere en fazla araştırmanın çevre kirliliği üzerine yapıldığı görülecektir.

Belirlenen ana kriter dağılımları gemi kaynaklı atıklar için %60 ve yük kaynaklı artıklar için ise %40 olarak hesaplanmıştır. Gemi kaynaklı atıklar için deniz kirliliği ve maddi zarar alternatifleri Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney yöntemlerinde önemli risk olarak değerlendirilmiştir. Yük kaynaklı artıklar ise üç yöntemde de yüksek risk olarak değerlendirilmiştir.

Okur (2008), gemi kaynaklı kirliliğin en büyük payı olarak; slop, yağlı balast suları ve çöp artıklarından kaynaklandığını belirtmiştir. Çalışmamızda tüm alt kriterlerin dağılımları değerlendirildiğinde; Slaç %16, kullanılmış yağlama yağları %15, slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) %11 ve slop (petrol ve petrol ürünleri) %11 değerleri

ile hesaplanmıştır ve toplamda sloplar %22, kirli balast %5 ve çöpler ise %7 oranlarına ulaşmaktadır.

Gemi kaynaklı atıklar alt kriterleri değerlendirildiğinde ilk sırada %26 oranı ile slaç, ikinci sırada %25 ile kullanılmış yağlama yağları, üçüncü sırada %16 ile sintine suları gelmektedir. Diğer atıklar %12 çöpler, %11 baca gazı temizleme atıkları, %10 pis su olarak belirlenmiştir. İlk üç sırada yağ ve yakıtları içeren atıkların oranı %67 oranında olup İSTAÇ raporlarına baktığımızda 2022 yılı için toplam alınan 216.258 m3 atığın 159.451 m3'ü petrol ve türevi atıklardan oluştuğu görülmektedir. Bu oran toplamda %73,73 rakamına ulaşmaktadır. Slaç, kullanılmış yağlama yağları ve sintine sularının limanlara en çok verilen atık çeşitleri olması sebebiyle çalışmamızda ilk üç sırada riskli bulunmuştur.

Sintine suları içinde; yağ, yakıt, tatlı su ve deniz suyu, makine dairesinde kullanılan kimyasallar vb. maddeler bulunmaktadır. Gemide bulunan sintine separatörü ile bu tatlı su ve deniz suları diğer tehlikeli maddelerden ayrıştırılabilir. Özellikle eski gemilerde sıvı kaçaklarının çok fazla olması, sintine sularının miktarını arttırmaktadır. Ayrıca bu gemilerde bulunan sintine separatörlerinin çalıştırılamaması nedeniyle sintine sularının uygun olmayan şartlarda denize basılması da söz konusudur. Demiray (2006), yaptığı çalışmada numune aldığı tüm sintine suları değerlerinin 15 mg/l'nin üstünde olduğunu tespit etmiştir ve MARPOL ise bu değerin altında olan suları temiz su olarak kabul eder. Demiray, sintine sularının bu değerin üstünde çıkmasını gemilerde sintine separatörlerin olmamasına veya çalışmamasına bağlamıştır. Oysaki sintine suları her gemi için farklı oranlarda karışımlardan oluşur ve sintine sularına arıtma işlemi uygulanmazsa 15 mg/l değerinin üstünde çıkması yüksek olasılıktır. Aslında esas sorun gemilerde bulunan sintine separatörlerinin işletilmemesi ile ilgilidir. Tanker gemilerinin %80'i sintine sularını biriktirirken %20'si ise kaçak yollarla sintine sularını denize basmaktadır (Ulucan, 2011). Çalışmamızda sintine suları gemi kaynaklı atıklar arasında %16 oranı ile üçüncü sırada riskli bulunmuştur.

Yük kaynaklı artıklar alt kriterlerine bakıldığında en yüksek risk, slop (petrol ve petrol ürünleri) için belirlenmiş olup ikinci sırada ise slop (zehirli ve tehlikeli sıvı maddeler) olduğu ortaya çıkmıştır. Slop riskini tek bir risk olarak gördüğümüzde %55 oranına ulaşır. Daşhan (2010), yaptığı çalışmada atık alım tesislerinin en çok alımı, slop atığı

için yaptığını belirtmektedir. Bu nedenle slop ister petrol ister kimyasal olsun yük kaynaklı artıklar içinde en önemli tehlike olarak bulunmuştur.

GKA alt kriterleri değerlendirildiğinde en son sırada %10 oranı ile pis su vardır. Baca gazı temizleme atıkları ise %11 ile beşinci sıradadır. İSTAÇ raporlarına göre son yıllarda liman tesislerine verilen baca gazı temizleme atıklarında ciddi bir artış görülmektedir. Ekim 2022 verilerine göre şimdiden 521 m3 atık alımı yapılmıştır. 2019 yılında toplam 33 m3 olan rakam, 2020 yılında 10 m3, 2021 yılında 135 m3 olmuştur. Bu artış nedeniyle 2022 yılı sonu rakamının 600 m3 miktarını geçmesi muhtemeldir. MARPOL Ek VI "Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesine İlişkin Kurallar", 19 Mayıs 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir (IMO). Bu tarihten sonra emisyon oranlarındaki düzenlemeler birlikte düşünüldüğünde, MARPOL Ek VI kapsamında atık alım tesislerine verilen baca gazı temizleme atıklarının ileriki yılarda artacağı ortadadır. Ayrıca baca gazı temizleme atıkları çalışanların gördüğü zarar için FK yönteminde kabul edilebilir risk ve bulanıklaştırıldıktan sonra ise olası risk olarak hesaplanmıştır. Baca gazları temizleme atıkları sadece kirlilik için değil çalışanların gördüğü zarar için de üzerinde durulması gereken bir konudur.

Yük kaynaklı artıklar Fine-Kinney ve Bulanık Fine-Kinney yöntemlerinde tüm alternatifler için yüksek risk olarak değerlendirilmiştir. BAHP için genişletilmiş analiz yönteminde 0,80 ve toplam integral yaklaşımında 0,60 ağırlık dereceleri ile gemi kaynaklı atıklardan daha yüksek ağırlık oranına sahiptir.

Gemi kaynaklı atıklar alt kriterlerinden slaç için DK ve MZ alternatifleri önemli risk olarak değerlendirilmiştir. BAHP yönteminde genişletilmiş analiz yaklaşımında hesaplanan değer 0,43 çıkarken toplam integral yaklaşımı için ise bu değer 0,26 çıkmıştır. Gemilerin özellikle deniz kirliliği alternatifinde slaçın en yüksek risk skorunu oluşturması bu durumu açıklamakta slaçın sebep olduğu deniz kirliliğinin, maddi zararı da beraberinde getireceği ortadadır.

YKA alt kriterler için yüzdelik dağılımlar değerlendirildiğinde SPPÜ, %28 oranı ile BAHP yönteminde ilk sırada çıkan kriterdir. Normal operasyonlarla denize boşaltılan ve deniz kirliliğine sebep olan petrol yıllık 400.000 ton miktarındadır. Denizlerde gemi kaynaklı kirliliğin 2/3'i ile %85'i arasındaki değerin denize kasti boşaltmalardan

kaynaklandığı bilinmektedir. Okur (2008), yaptığı çalışmasında gemilerin kaza sonrası petrol boşaltmalarının tamamının içinde %21'ini oluşturduğu belirtir. İster kasti boşaltmalar olsun isterse normal operasyonlar sırasında olsun petrol ürünün denize boşaltımı sonrası deniz kirliliği riski ilk sırada bulunmaktadır. BAHP yönteminde SPPÜ kriterinin alternatifleri değerlendirildiğinde ilk sırada deniz kirliliği, ikinci sırada çalışanların gördüğü zarar ve üçüncü sırada ise maddi zarar riskleri bulunmuştur. FK ve BFK yöntemlerinde ise maddi zarar ilk sırada çıkmıştır.

Yük ve yakıt numuneleri alternatifleri içinde en yüksek ağırlık oranı çalışanların gördüğü zarar alternatifi olarak belirlenmiştir. Denizcilik sektör uzmanları tarafından önemine vurgu yapılan yük ve yakıt numuneleri amaç hiyerarşisinde yük kaynaklı artıklar bölümünde değerlendirilmeye tabi tutulmuştur. Literatür incelendiğinde yük yakıt numunelerine yer verilmediği görülmüştür bunun sebebi ise numunelerin az miktarlarda alınması ve saklanması olabilir. 3 ay saklandıktan sonra bertaraf edilmesi gereken yük numuneleri, çalışanlar bakımından dikkat edilmesi gereken bir tehlike oluşturmaktadır. Özellikle kimyasal madde numunelerin bertaraf sırasında çalışanlara verebileceği zarar ve çalışanları koruma önlemleri takip edilmelidir.

Demir (2021), yeşil liman konusuyla ilgili yaptığı çalışmada 12 alt kriter belirlemiştir. Bu kriterler sıralandığında, sekizinci sırada limanda bulunan gemilerden kaynaklı atıklar, onuncu sırada gemilerden alınan atıklar ve on ikinci sırada ise tehlikeli atıklar kriterleri bulunmaktadır. İlk üç sıra karayolu taşımacılığı, liman ekipmanlarından kaynaklanan kirlilik, deniz yüzeyi ve dip kirliliği kriterleri yer almaktadır. Çalışma değerlendirildiğinde gemi kaynaklı atıklar ve artıkların oluşturduğu kirlilik diğer kriterlerde de bulunmaktadır. Bu bakımdan yapılan çalışmamız gemi atıkları ve yük artıklarının sınıflandırılması için önemli olmakla birlikte sadece gemi değil liman ve atık alımı gemisi, liman ve kara depolama tesisleri ve bertaraf tesisleri kapsamında da önemlidir.

Çanak ve Baştuğ (2021), gemi kaynaklı atıkların ve yük kaynaklı artıkların yönetimi değerlendirildiğinde ana hedefin çevre kirliliğinin azaltılması ve önlenmesi olarak görülmektedirler. Bu bakımdan literatürde riskler özellikle çevre kirliliği yönünden ele alınarak incelenmiştir. Çalışmamızda da çevre kirliliği alternatifinin ağırlığının, en

yüksek değer olduğu tespit edilmiştir fakat çevre kirliliği kadar çalışanların gördüğü zarar ve maddi zararın da önemli olduğu ortadadır.

Mavi kart uygulaması 2012 yılında uygulamaya girmiştir. 2012 öncesi ve sonrası dönemler incelendiğinde petrol ve petrol türevi atıklar %34, çöpler %71 ve pis su %18500 gibi büyük bir artış göstermiştir. Birkan (2019), bu durumun 2012 yılında uygulamaya konulan mavi kart uygulama sisteminden kaynaklandığını belirtir. Aynı şekilde 2020 yılında sonlandırılan GATS ve MKS yerine getirilen Denizcilik Atık Uygulaması ile atık alım tesislerine verilen atık ve artıkların miktarının artması beklenebilir.

Çalışmada ağırlık değerleri yüksek bulunmuş olan slaç, kullanılmış yağlama yağları ve slop kriterleri ileride yapılacak çalışmalar için genişletilebilir. Bu atık ve artıkların gemi içi ve tahliye süreçleri değerlendirilebilir ayrıca deniz kirliliğinin yanında çalışanların gördüğü zarar ve maddi zarar üzerine, değerlendirme ve yönetim süreçleri de oluşturulabilir.

Literatür incelendiğinde sintine suyu kapsamında çok sayıda çalışma yapıldığı görülmüştür (Ulucan, 2011; Demiray, 2006; Zırhlı, 2004; Akman, 2022; Özkaynak, 2022; Siva, 2012; Benito ve diğ., 2007; Chanthamalee ve diğ., 2013). Çalışmalarda sintine suyu separatörlerinin çalışmadığı veya çalıştırılmadığı bu sebeple sintine suların illegal şekilde denize basıldığı vurgulanmıştır. Bu durumun önüne geçilebilmesi için gemilerin seyir esnasında sintine boşaltımını engelleyeceği sistemlerle donatılması gereklidir.

Gemi atıkları ve artıkları; kargo ve makine dairesinden başlayan tahliye süreciyle devam eden, atık alım tesisi ve atık alım gemisini, liman dışı bertaraf tesislerine taşınması ve depolanması süreçleri ile değerlendirilmelidir.

Çalışma için tek bir gemi tipi seçilmiş diğer gemi tipleri çalışmaya dahil edilmemiştir. Ankete katılan uzmanlar sadece tanker tipi gemilerde çalışan gemiadamlarından oluşmaktadır ve bu durum çalışmanın sınırlılıklarını da belirlemektedir. Diğer gemi tipleri ve bu gemilerde çalışan gemiadamlarının katkılarıyla tüm gemiler için gemi emniyeti iyileştirilmesi sağlanabilir.

İleride gemi atıkları ve yük artıkları konusunda yapılacak çalışmalarda farklı analiz yöntemlerinin kullanılması, bu alanda en doğru ve en tutarlı sonuçları veren yöntemin belirlenmesi için uygun olacaktır. Yapılan çalışmanın ileride yapılacak olan gemi atıkları ve artıkları çalışmalarına bir rehber olması, araştırmacıların tüm yönleri ile atık ve artık oluşumu safhasından liman veya kara tesisinde bertaraf edilmesine kadar olan süreçte değerlendirilmesi önerilir.

KAYNAKLAR

Akın, M. (2020). Yeşil Limanlarda Performans Kriterlerinin Değerlendirilmesi Üzerine Nicel Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 637656.

Akman, R. (2022). Van Gölü'nde Sintine Suyu Kaynaklı Kirlilik Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 707067.

Alpay, C. G. (2015). Büyükşehir Belediyeleri Deniz Kirliliği Önleme Çalışmaları ve Öneriler. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 439356.

Altun, M. (1999). *Kimyasal Tanker İşlemleri.* İstanbul: Denizler Kitapevi.

Bepary, B., Kabir, G. (2022). Occupational Risk Assessment of Wind Turbines in Bangladesh. *Applied System Innovation, 5*(2), 34.

Baykal, R. (2011). *Gemiler ve Açık Deniz Yapıları.* İstanbul: Birsen Yayınevi.

Bekdemir, E. (2019). Bina İnşaatında Fine Kinney ve 5X5 Matris Risk Analizi Yöntemlerinin Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensitütüsü.

Benito, J. M., Sánchez, M. J., Pena, P., Rodríguez, M. A. (2007). Development of a new high porosity ceramic membrane for the treatment of bilge water. *Desalination, 214*(1-3), 91-101.

Bilir, N. (2016). *İş Sağlığı ve Güvenliği.* İstanbul: Güneş Tıp Kitapevleri.

Birkan, Z. (2019). Deniz Ticaretinden Kaynaklanan Deniz Kirliliği: Mersin Liman Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin, 602299.

Boyacı, A. Ç., Solmaz, M. B., Kabak, M. (2020). A Model Proposal For Occupational Health and Safety Risk Assessment Based On Multi-Criteria Hesitant Fuzzy Liinguistic Term Sets: An Application In Plastics Industry. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University,* 36(2), 1041-1053.

Butt, N. (2007). The Impact of Cruise Ship Generated Waste on Home Ports and Ports of Call: A Study of Southampton. *Marine Policy, 31*(5), 591-598.

Büyük, N., Yorulmaz, M. (2022). Kimyasal Tankerlerde Tank Operasyonlarındaki Yangın Risklerinin FTA Metodu ile İncelenmesi. *3rd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences.* Konya, 20-23 Haziran 2022.

BWM. (2004). *International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments.* London: International Maritime Organization.

Can, S., Satır, T., Çolak, T. İ. (2011). Gemilerde Atık Oluşumu ve Bertarafı. *1.Kıyı Bölgelerinde Çevre Kirliliği ve Kontrolü.* Tekirdağ: 17-20 Kasım .

Ceyhun, T. (2022). Uluslararası Denizcilik Sözleşmeleri Kapsamında Gemi Kaynaklı Hava Kirliliğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bursa, 713644.

Chang, D. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 649-655.

Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment. *Fuzzy Sets and Systems, 114*(1), 1-9.

Chen, C. T., Lin, C. T., Huang, S. F. (2006). A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management. *International Journal of Production Economics, 102*(2), 289-301.

Chanthamalee, J., Wongchitphimon, T., Luepromchai, E. (2013). Treatment of oily bilge water from small fishing vessels by PUF-immobilized Gordonia sp. JC11. *Water, Air, & Soil Pollution, 224*, 1-13.

Çanak, Y., Baştuğ, S. (2021).Yat Limanı İşletmelerinde Yatlardan Kaynaklı Atıkların Yönetimi İçin Yasal Düzenlemeler ve" Mavi Kart Sistemi". *Marine and Life Sciences, 4*(1), 23-30.

Çınar, F., Solmaz, M. Ş., Çakmak, E. (2021). Evaluation of Ship Manoeuvres in Port by Using Fuzzy Fine Kinney Method. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(4):537-548.

Daşhan, E. S. (2010). Gemi Kaynaklı Atıkların Yönetimi ve Bertarafı. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 295786.

Demir, E. (2021). Yeşil Liman Kriterlerinin AHS Metodu İle Analiz Edilerek Liman Performans Değerlendirilmesinin Yapılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansütü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 677401.

Demiray, N. (2006). Sintine Sularından Kaynaklanabilecek Deniz Kirliliğinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 185556.

Deja, A. (2013). Organisation of The Reception of Ship-Generated Wastes and Cargo Residues Illustrated by Selected Examples of European Union Seaports. *Zeszyty Naukowe/Akademia Morska w Szczecinie, 33*(105), 16-21.

DTO. (2021). *Denizcilik Sektör Raporu.* İstanbul: Deniz Ticaret Odası.

Ecer, F. (2007). Üyelik Fonksiyonu Olarak Üçgen Bulanık Saıilar mı Yamuk Bulanık Sayılar mı?. *Gazi Üniversitesi Đktisadi ve Đdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 161-180.

Erdönmez, E. S., İncaz, S. (2018). Yılına Kadar AB Denizyolu Taşımacılığının Stratejik Hedefleri ve Önerilerinin Türkiye'ye Yansıması. *JOEEP: Journal of Emerging Economies and Policy, 1*(1), 111-125.

Ergenç, M. C. (2018). Mavi Kart Uygulamasının Sürdürülebilir Deniz Turizmine Etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, 13*(2), 247-266.

Ersoy, N. (2015). Gemi Atik Sularının Yeni Bir Tür Fenton (Enzimatik Fenton) İle Aıtılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, 418806.

Equasis. (2021). http://www.equasis.org,(Ziyaret tarihi:11 Eylül 2021).

Fine, W. T. (1971). *Mathematical Evaluation For Controlling Hazards.* MARYLAND: Naval Ordnance Laboratory .

Fışkın, R. (2013). Önde Gelen Petrol Şirketlerinin Tanker İşleten Gemi Yönetim Firmalarının Personel Seçim Ölçütlerine Etkilerinin Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 337630.

Fitoz, C. (2009). Gemilerden Kaynaklanan Deniz Kirliliğinin Önlenmesi ve Türk Boğazlarına Yönelik Çözüm Önerileri. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale, 249194.

Fontana, D., Cardenia, C., Pietrantonio, M., Pucciarmati, S., Forte, F. (2022). Applications of Advanced Oxidative Processes for the Recovery of Water from Bilge Water. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-10.

Genç, T., Kabak, M. (2020). Rüzgar Enerji Santralleri ve Tribünleri Kurulmasında Rüzgar Enerjisinin Etkilerinin AHP Yöntemi ile Ele Alınması. *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (1.Baskı)* (s. 27-41). içinde Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

GESAMP. (1990). *The State of the Marine Environment, UNEP Regional Seas Reports and Studies.* Nairobi: UNEP.

Görken, Ö. (2011). Kruvaziyer Gemi İşletmeciliğinde Katı Atık Lojistiği. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 306830.

Gül, M., Çelik, E., Akyüz, E. (2017). A Hybrid Risk-Based Approach for Maritime Applications: The Case of Ballast Tank Maintenance. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 23*(6), 1389-1403.

Gül, M., Güven, B., Güneri, A. F. (2018). A New Fine-Kinney-Based Risk Assessment Framework Using FAHP-FVIKOR incorporation. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 53*, 3-16.

Güner, H. (2005). Bulanik AHP ve Bir İşletme İçin Tedarikçi Seçimi Problemine Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri, Denizli, 196993.

İncekara, Ç. Ö. (2020). Enerji Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir İşletmede İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi,* 4(1), 152-17.

İnegöl, G. M. (2021). Çok Uluslu Gemilerde Kültürel Farklılıklardan Kaynaklanan Çatışmalar. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 673184.

Iduk, U., Nitonye. S. (2015). Effects and Solutions of Marine Pollution from Ships in Nigerian Waterways. *International Journal of Scientific & Engineering Research. 6(*9), 81-90.

İSTAŞ. (2022). http:// https://www.istac.istanbul/tr/temiz-istanbul/atik-yonetimi/gemi-atiklari-yonetimi (Ziyaret tarihi:11 Aralık 2022).

ISGOTT. (2020). International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals. Livingston, UK: Witherby Publishig Group.

Kaptanoğlu, D., Özok, A. F. (2006). Akademik Performans Değerlendirmesi için Bir Bulanık Model. *İTÜ Dergisi,* 5(1), 193-204.

Kaya, İ. S. (2016). Gemi Kaynaklı Deniz Kirliliğini Önleme Amaçlı Sözleşmelerin Uluslararası Hukuk Açısından Değerlendirilmesi. *ICSSER 2. International Conference on Social Sciences and Education Research Konferansı.* İstanbul, Türkiye, 4-6 Kasım 2016.

Keçeci, T. (2010). İstanbul Boğazı'nda Gemİ Boyu Faktörünün Güvenlİ Seyre Etkisinin AHP Metodu Kullanilarak Analİz Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 293648.

Keskin, H. A. (2006). Gemilerden Kaynaklanan Atıkalrın Kontrolü Kapsamında Liman Atık Kabul Tesisi ve Ambarlı Liman Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 223842.

Kinney, G. F., Wiruth , A. D. (1976). *Practical Risk Analysis for Safety Management.* California: Naval Weapons Center.

Kocatürk, Y. (2007). Bulanik Değişkenler ve Bulanık Yenileme Süreçleri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri, Ankara, 213866.

Kokangül, A., Polat, U., Dağsuyu, C. (2017). A New Approximation for Risk Assessment Using The AHP and Fine Kinney Methodologies. *Safety science, 91*, 24-32.

MARPOL. (2017). *MARPOL (Sixth Edition).* London: International Maritime Organization.

Meydanlıoğlu, Y. (2016). Tersane Tehlikeli Atıkların Yönetimi ve Öneriler. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 432884.

Mobilik, J. M., Ling, T. Y., Husain, M. L., Hassan R. (2016). Type and Quantity of Shipborne Garbage at Selected Tropical Beaches, *Hindawi Publishing Corporation the Scientific World Journal, 2016*(11)

Okur, D. A. (2008). Gemİ Kaynakli Deniz Kirliliğinin Önlenmesinde Değişen Yetki Dengeleri Bağlamında Liman Devleti Yetkisinin Artan Önemi Ve Liman Devleti Denetimi. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 221065.

Onwuegbuchunam, D. E., Ebe, T. E., Okoroji, L. I., Essien, A. E. (2017). An Analysis of Ship-Source Marine Pollution in Nigeria Seaports. *Journal of Marine Science and Engineering, 5*(37),

Özdemir, Ü. (2012). Türkiye'de Gemilerden Kaynaklı Deniz Kirliliğin İncelenmesi. *Batman Üniversitesi Uluslararası Katılımlı Bilim ve Kültür Sempozyumu,* Batman, Türkiye, 18-20 Nisan 2012.

Özdemir, İ. (2018). Türkiye'de Yeşil Liman Uygulamalari Üzerine Bir Değerlendirme Örneği. *Social Sciences Studies Journal*, 1209-1218.

Özkaynak, Ö. H. (2022). Antalya Körfezi'nde Gemi Kaynaklı Sintine Suyu ve Atıksu Deşarjlarının Deniz Kirliliğine Etkisi Üzerine Risk Değerlendirmesi ve Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 771023.

Özkılıç, Ö. (2014). *Risk Değerlendirilmesi.* Ankara: Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu.

Öztürk, B. A. (2018). *Analitik Hiyerarşi Süreci ve Topsis (1.Baskı).* Bursa: Dora Basım Yayın Dağıtım.

Peker, S., Nasibov, E. N. (2019). Tip II Genelleştirilmiş Çan Şekilli Bulanık Sayısının Tip II Parametrik Yamuk Bulanık Sayı Yakınsanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *23*(1), 152-158.

Perez, I., González, M. M., Jiménez, J. L. (2017). Size Matters? Evaluating the Drivers of Waste from Ships at Ports in Europe. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 57*, 403-412.

Sanrı, Ö. (2021). Yeşil Limanlar Üzerine İçerik Analizi, 2009-2020. *Beykoz Akademi Dergisi,* 9(2), 50-72.

Satır, T. (2007). Türk Limanlarında Gemilerden Oluşan Deniz Kirliliğini Önleme Konvansiyonu (Marpol73/78) Gereklerine Uygun Atık Alım Tesisi Kurulması, İşletimi Ve Yönetimi İçin Model Geliştirilmesi. Doktora Tezi, İstabul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, 202875.

Siva, M. (2012). Yağlı Gemi Atıklarının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 307488.

Staay, T. L. (1987). The Analytic Hierarchy Process-What It Is and How It Is Used. *Mathd Modelling* (s. 161-176). Great Britain.: Pergamon Journals Ltd.

Tatar, V., Yazıcıoğlu, O., Ayvaz, B. A Novel Risk Assessment Model for Work-Related Musculoskeletal Disorders in Tea Harvesting Workers. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems,* 1-19.

Toptancı, Ş., Potur, E. A. (2021). Bulanık Bütünleşik Çok Ölçütlü Karar Verme Modeli ile Arsa Seçimi. *Veri Bilimi Dergisi,* 106-112.

Timor, M. (2011). *Analitik Hiyerarşi Prosesi*. İstanbul (Birinci baskı). İstanbul: Türkmen Kitapevi

Tromiadis, R., Stanca, C. (2013). Comparative Analysis of Tanker Ships Incidents and their Environment Impacts. *Advanced Materials Research 837*(2014). 755-759.

Uğurlu, Ö. (2016). Analysis of Fire and Explosion Accidents Occurring in Tankers Transporting Hazardous Cargoes. *International Journal of Industrial Ergonomics,* 55(16), 1-11.

Ulucan, K. (2011). Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri, İstanbul, 295873.

Ulucan, K. (2011). Sintine Sularinin Elektrokimyasal Olarak Arıtabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 295873.

Ulnikovic, V. P., Vukic, M., Nikolic, A. M. (2013). Analysis of Solid Waste from Ships and Modeling of its Generation on The River Danube in Serbia. *Waste Management & Research, 31*(6), 618 –62.

URL-1: https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/water/oil/brochure-o-water-oily-water-separator-ows15.pdf/, (Ziyaret tarihi: 6 Aralık 2022).

URL-2: https://www.naval-technology.com/contractors/maritime-subsystems/teamtec2/, (Ziyaret tarihi:6 Aralık 2022).

URL-3: https://greenpower-eg.com/maritime/, (Ziyaret tarihi: 6 Aralık 2022).

URL-4: https://www.wartsila.com/media/news/03-09-2018-efficiency-of-wartsila-ballast-water-management-system-endorsed-with-uscg-type-approval-2261886/, (Ziyaret tarihi: 14 Aralık 2022).

URL-5: https://www.irclass.org/technical-circulars/implementation-of-amendments-to-regulation-12-of-marpol-annex-1-resolution-mepc266-68/, (Ziyaret tarihi: 15 Aralık 2022).

Yang, B. C., Zhao, Z. L., Zheng, G. P. (2020). The Relevance Analysis of Regulation Clarity Degree and Human Error Contribution to Ship Collision Accidents. *Journal of Coastal Research*, *108*(SI), 32-36.

Vardar, B. (2017). Tanker Tipi Gemilerde Yaşanan Donanımsal Aksaklıkların Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimmleri Enstitüsü, Trabzon, 467954.

Yaralıoğlu, K. (2001). Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Proses. *D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi*, 129-142.

Zhang, S., Chen, J., Wan, Z., Yu, M., Shu, Y., Tan, Z., Liu, J. (2021). Challenges and countermeasures for international ship waste management: IMO, China, United States, and EU. *Ocean & Coastal Management, 213*, 105836.

Zadeh, L. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.

Zırhlı, Ö. (2004). İstanbul'u Çevreleyen Denizlerde Gemi Kaynaklı Evsel Atıksu ve Sintine Suyu Kirliliği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 154639.

Wang, W., Liu, X., Qin, Y. (2018). A fuzzy Fine-Kinney-Based Risk Evaluation Approach With Extended MULTIMOORA Method Based on Choquet Integral. *Computers & Industrial Engineering, 125*, 111-123.

Wilewska-Bien, M., Granhag, L., Andersson, K. (2016). The nutrient load from food waste generated onboard ships in the Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin, 105*(1), 359-366.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Yorulmaz M., **Avcı S.**, Denizcilikte Emniyet Konusu ile İlgili Yapılmış Çalışmaların Bibliyometrik Analizi, *Denizcilik Araştırmaları Dergisi: Amfora*, *2022*(2),48-73.

ÖZGEMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Kocaeli'de tamamladı. 1998 yılında Kocaeli Teknik Lisesi, 2001 yılında Kocaeli Üniversitesi Karamürsel Meslek Yüksekokulu Gemi Makineleri İşletme programını birincilik derecesiyle bitirerek mezun oldu. 2002 yılında girdiği Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Öğretmenliği bölümünü, 2005 yılında bölüm birincisi olarak bitirdi. 2005-2012 yılları arası ticari gemilerde Uzakyol Vardiya Mühendisi, tersanelerde Donatım Mühendisi ve fabrikalarda İş Güvenliği Uzmanı pozisyonlarında çalıştı. 2012 yılından beri Kocaeli Üniversitesi Karamürsel Meslek Yüksekokulu'nda Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yükseköğretimine Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı'nda devam etmektedir.