



Türkiye’de Yeşil Liman Olabilecek Limanların ANP-BOCR Yöntemi ile Değerlendirilmesi

Evaluation of Ports That Can Become Green Ports in Turkey Using the ANP-BOCR Method.

Büşra KESKE¹ , İskender PEKER² , Ramazan Eyüp GERGİN³ , A. Cansu GÖK KISA⁴

öz

Yeşil limanlar, kentsel ekonominin gelişmesine ve sürdürülebilir çevresel stratejilerin uygulanmasına imkân sağlayan önemli unsurlardandır. Bu çalışmada, Türkiye’de faaliyet gerçekleştiren limanların yeşil liman sertifikasına sahip olma potansiyellerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda sektör raporlarında yer alan veriler çerçevesinde bölgesel anlamda konteyner elleçleme miktarı (TEU) en fazla olup yeşil liman sertifikasyonu olmayan limanlar çalışmanın alternatiflerini oluşturmuştur. Çalışmanın kriterleri ise kapsamlı bir literatür araştırması ve uzmanların görüş önerileri çerçevesinde belirlenmiştir. Problemin çözümünde ise bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniği olan Analitik Ağ Süreci (ANP)- Fayda, Fırsat, Maliyet, Risk (BOCR) yaklaşımından faydalanılmıştır. Buna göre yeşil liman sertifikasyonu sahipliğinde en fazla etkiye sahip olan kriter hava kirliliğini azaltmak (0,049) olmuş iken, en az etkiye sahip kriterler ise düşük ütüleme ve gemi hızı düşürme teknolojisi kullanılması (0,015) ile liman ücretlerinde ceza fiyatlandırması yapılmaması (0,015) olarak tespit edilmiştir. Mersin International Port (0,055) ise yeşil liman sertifikasına sahip olma potansiyeli en yüksek alternatif olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ANP, BOCR, Eko Liman, Yeşil Liman, Çevresel Sürdürülebilirlik

ABSTRACT

Green ports are important elements that enable the development of the urban economy and the implementation of sustainable environmental strategies. In this study, the aim is to evaluate the potential of ports operating in Turkey to obtain green port certification. For this purpose, using data from the sector reports, the ports with the highest regional container handling amounts (TEU) and without green port certification were selected as the alternatives of the study. The criteria of the study were determined within the framework of comprehensive literature research and the opinion suggestions of experts. Analytic Network Process (ANP) - Benefit, Opportunity, Cost, Risk (BOCR) approach, which is a Multi-Criteria Decision Making (MCDM) technique, was utilized to solve the problem. Accordingly, the criterion with the highest impact on green port certification is reducing air pollution (0.049), while the criteria with the least impact are the use of cold ironing and ship speed reduction technology (0.015) and no penalty pricing in port fees (0.015). Mersin International Port (0.055) was determined as the alternative with the highest potential to be certified as a green port.

Keywords: ANP, BOCR, Eco Port, Green Port, Environmental Sustainability

¹ Gümüşhane Üniversitesi, keske.busra@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6241-0572

² Gümüşhane Üniversitesi, iskenderpeker@gumushane.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6402-5117

³ **Corresponding Author:** Gümüşhane Üniversitesi, gergin@gumushane.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0968-9188

⁴ Hitit Üniversitesi, cansugok@hitit.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7594-4856



GİRİŞ

Uluslararası ticaretin yapı taşlarından olan denizyolu taşımacılığı aynı zamanda küreselleşmeyi yönlendiren önemli bir konudur (Chiu vd., 2014: 1). Ticaretin küreselleşmesinde öncü ve önemli role sahip olan denizyolu taşımacılığı genel olarak zaman duyarlılığı düşük ve büyük hacimli yüklerin taşınmasında ağırlıklı olarak tercih edilmektedir (Balık, 2023:1438). Günümüzde denizyolu taşımacılığının kara ve demir yoluna kıyasla hem daha ucuz hem de çok daha büyük miktarlarda yükün taşınmasına olanak sağlaması bu taşıma modunun ve en önemli unsuru olan limanların önemini artırmıştır. Denizyolu taşımacılığının yapı taşı konumunda olan limanlar; sınırları idare tarafından belirlenen, gemilerin yük ve yolcu transferlerinin yapıldığı, inşalarının gerçekleştirildiği ve bakım-onarım gibi ihtiyaçlarının giderildiği, yaklaşma alanları olarak rıhtım, iskele, şamandıra gibi bölümleri olan, dalga ve akıntılara karşı korunaklı olarak tasarlanmış doğal veya yapay sığınak olarak tanımlanmıştır (Standard Ekonomik ve Teknik Dergi, 2017: 38). Deniz ticaretinin başlangıç ve bitiş noktası olan limanlar, sosyoekonomik girdileriyle de ulusal ve uluslararası ulaştırma sistemleri içerisinde ağırlıklı bir yere sahiptir. Limanlar faaliyetlerinin çeşitliliği ve dinamik yapısıyla dünyadaki mal ve insan hareketlerinin akışına öncülük eden ve dolayısıyla ticari rekabete yön veren önemli düğüm noktalarıdır (Erkmen ve Özkaynak, 2015; Fedai ve Madran, 2015: 1).

Kentsel ekonomik faaliyetlerin merkezi konumunda olan limanlar aynı zamanda çevresel etkileri ile de dikkatleri çekmektedir. Tüm dünyada liman yetkilileri hem ekonomik ve çevresel rekabete ayak uydurabilmek hem de kendi rekabet kabiliyetlerini artırabilmek için çevreci yönetim ve faaliyetlere ağırlık vermiştir (Köseoğlu ve Solmaz, 2019). Artan ticaret hacimleri, gemi sayıları, liman alanları ve faaliyetleri deniz ticaretini geliştirmiş ancak birtakım sorunları da beraberinde getirmiştir (Özdemir, 2018: 1210). Hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, gürültü kirliliği gibi çevresel etkiler bu sorunlardan bazılarıdır. Son yıllarda yaşanan petrol dökülmeleri ve gemi enkazları gibi çevre felaketleri de dünyanın dört bir yerindeki hükümetlerin, örgütlerin, ulusal ve uluslararası kuruluşların dikkatini çekmiş ve bu konu üzerindeki çalışmalarını genişletmişlerdir (Cusano, 2013). Limanların dünya çapındaki çevresel etkileri ve kullanılan kaynakların azalması sebebiyle çevre dostu limanlara olan ilgi giderek artmaktadır. Bu bağlamda liman altyapı, faaliyet ve teknolojilerinde geleneksel yöntemlerden sıyrılıp hem operasyonel süreçlerin verimliliğini artıracak hem de çevresel etkilerinin önüne geçecek yenilikçi stratejiler üzerinde çalışılmaktadır (Danışman ve Özalp, 2016: 101). Yeşil liman projesi de bu stratejilerden biridir.

Sürdürülebilirliği esas alan yeşil liman stratejisi, çevresel etkileri göz ardı etmeden ekonomik hedefleri gerçekleştirmek anlamına gelir (Du vd., 2019: 211). Sürdürülebilirlik kavramı ilk defa Dünya Çevre Komisyonu tarafından “gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden günümüzün ihtiyaçlarını karşılayan gelişme” olarak tanımlanmıştır (Kotowska, 2016: 237). Eko liman olarak da tanımlanan yeşil liman kavramı, gelecek nesillere yaşanılabilir bir çevre bırakmak için limanların oluşturduğu ekolojik zararı en aza indirmeyi amaçlayan, sürdürülebilirlik faaliyetlerini mevcut operasyonlarına yansıtan, çalışanlardan müşterilere kadar sistemdeki herkes tarafından benimsenen ve bunları gönüllülük esasına dayandıran politikaların uygulanması olarak ifade edilmektedir (Anastasopoulos vd., 2011: 73; Türklüm, 2013). Yeşil limanlar, kaynakları verimli kullanmayı, yapının bulunduğu çevrede oluşabilecek olumsuzlukları azaltmayı, çevre yönetim düzeyini artırmayı, liman sahasının çevre kalitesini yükseltmeyi ve bu esnada ekonomik çıkarları korumayı hedeflemektedir (Anastasopoulos vd., 2011: 74).

Sürdürülebilirlik kavramı, son dönemlerde hemen hemen her sektörde olduğu gibi denizcilik sektöründe de talep edilen önemli bir faktör haline gelmiştir. Denizcilik sektörünün sürdürülebilir uygulamaları ise ESPO tarafından 1994 yılında geliştirilen yeşil liman projesidir (Satır ve Doğan-Sağlamtimur, 2018: 122). Doksanlı yılların başından itibaren dünyanın gelişmiş ülkelerinde uygulanmaya başlanan yeşil liman stratejileri toplamda doksan üç devletten oluşan AB çatısı altında

varlığını etkin olarak sürdürmektedir (Standard Ekonomik ve Teknik Dergi, 2017: 24). İlk olarak Avrupa'da uygulanmaya başlayan yeşil liman stratejileri azalan kaynakların kaygısı, çevresel etkilerin iyileştirilmesi ve sağladığı prestij avantajıyla diğer ülkelerde de dikkatleri çekmiştir. Yeşil limanların vizyonu, liman operasyonlarının çevreye verdiği zararın önüne geçmek, başarılı limanların uygulamalarının örnek alınması adına etkili bir ağ oluşumu sağlamak ve bunları yaparken gönüllülük esasına dayandırmaktır (Satır ve Doğan-Sağlamtimur, 2018: 122).

Dünya limanlarınca yaygın olarak kullanılan yeşil liman stratejileri ülkemiz limanlarının da genellikle şehir merkezlerinde ya da yakınında konumlanmış olması sebebiyle dikkatleri çekmiş ve uygulanmaya başlanmıştır. Bu bağlamda hem çevresel etkileri azaltması hem de ülkeye rekabet gücü yüksek limanların kazandırılması gibi etkenler Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı ile Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'nü harekete geçirmiş ve 2014 yılında Yeşil Liman Projesi başlatılmıştır (Standard Ekonomik ve Teknik Dergi, 2017: 24). Projenin vizyonu dünya limanlarında (Hong Kong, Rotterdam, Los Angeles, Hamburg, Amsterdam, Antwerp, Singapur, San Diego ve Şangay) olduğu gibi liman faaliyetlerinden kaynaklanan tüm kirliliği azaltmak (hava kalitesini artırmak, su kirliliğini önlemek, gürültü ve toprak kirliliğini azaltmak, atıkların bertarafını çevreci şartlara uygun gerçekleştirmek, enerji tasarrufu sağlamak vb.) ve çalışma koşulları ile çevresel deformasyonu iyileştirmektir. Bu kriterleri sağlayan limanlara TSE tarafından yeşil liman sertifikası verilmekte sonrasında ise şartların hala sağlanıp sağlanmadığına dair belirli periyotlar ile liman denetimleri gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda, yeşil liman sertifikasyonuna sahip olan limanlar çevresel sürdürülebilirlik stratejilerini kullanarak kentsel ekonomik ve lojistik faaliyetlere oldukça olumlu katkılar sunmaktadır.

Günümüzde hem şirketler hem de bireyler tarafından talep edilen çevresel sürdürülebilirlik anlayışı, işletmelerin başarısını sağlamada belirleyici bir faktör haline gelmiştir (Akgül, 2017: 2). Denizlerde meydana gelebilecek herhangi bir kirlilik sadece yaşandığı bölge ve ülkede değil küresel ölçekte etkiler yaratmaktadır (Gültepe Mataracı, 2016: 8). Limanların çevreci tasarlanması ve yeşil liman etiketi edinmesinin hem yüksek performans hem de ekonomik faydalar ile bağlantılı olduğu ve tercih edilirlilik seviyesini artırarak ticari ortaklıkları da olumlu etkilediği belirlenmiştir (Lawer vd., 2019). Liman işletmeleri limanın bulunduğu bölgedeki yerel halkın sürdürülebilir kalkınmasını sağlayabilmek için ekonomik, sosyal ve çevresel anlamda bir denge noktası bulmayı hedeflemektedir (Lam ve Voorde, 2012). Bu hedefleri yerine getiren yeşil liman uygulamaları ise limanlar tarafından tercih edilmekte ve hem paydaşlar hem de müşterilerin bu çevreci uygulamaları yerine getiren limanlara olan ilgisi gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemizde Ford Otosan Port, Asyaport, Altintel, Bodrum Kruvaziyer Port, Marport, Poliport, Aksaport, Petkim Limanı, Borusan Lojistik, Ege Ports, Solventaş Limanı, Mardaş, Evyap Port, Kumport, Port Akdeniz, Kuşadası, Samsunport, Limaş, Hopa Port, Gempport, Limakport, Yılport, Efesanport, Autoport ve Nempport limanları yeşil sertifikaya sahip limanlardır (Türklim, 2013). Diğer limanlarımızın da yeşil liman sertifikasına sahip olabilmek için çabaları devam etmektedir. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, sürdürülebilirlik bağlamında yeşil limanların sahip olması gereken kriterlerin önceliklendirilerek Türkiye'de faaliyette bulunan ve henüz yeşil liman sertifikasına sahip olmayan limanları bu sertifikayı alabilme potansiyeli açısından sıralamaktır.

Yeşil liman konusunun ele alındığı öncül araştırmalar incelendiğinde, limanların yeşil liman sertifikasyonu alabilmesinde hangi kriterlerin dikkate alınması gerektiğini ele alan çalışmaların sayısının az olduğu olduğu ifade edilebilir. Bunun yanında söz konusu araştırmalarda birbirinden çok farklı kriterlerin değerlendirildiği ve dikkate alınan kriterler açısından bir birlikteliğin olmadığı söylenebilir. Limanların yeşil sertifikasyonuna sahip olmaları liman işletmelerine fayda, fırsat, maliyet ve riskler yükleyecektir. Bu doğrultuda mevcut çalışmada aşağıdaki araştırma sorularına (AS) cevap aranacaktır:

AS-1: Limanların yeşil sertifikasyonu alabilmeleri için dikkate almaları gereken kriterler nelerdir?

AS-2: Bu kriterlerin öncelik değerleri nelerdir?

AS-3: Bu kriterler çerçevesinde Türkiye’de henüz yeşil liman sertifikasına sahip olmayan limanların bu sertifikayı alma potansiyelleri açısından sıralaması nasıldır?

Yukarıda belirtilen AS’lere cevap bulabilmek adına çalışmada üç aşamalı bir model takip edilmiştir. İlk aşamada limanların yeşil sertifikasyonu almalarında etkili olabilecek kriterler; öncül literatür ve konunun paydaşları (Akademisyenler, STK Üyeleri, İlgili Kamu Kurumları ve Özel İşletmeler) ile yapılan görüşmelerle belirlenmiştir. Ardından kriterlerin öncelik değerlerinin belirlenmesi ve yeşil liman sertifikasyonuna sahip olmanın sağladığı fayda, fırsat, maliyet ve risklerin (BOCR) bütüncül olarak değerlendirilmesine imkân tanıyan Analitik Ağ Süreci ile Türkiye’deki limanların yeşil sertifikasyonu alabilme potansiyeline göre sıralanması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın yeşil liman olabilme potansiyeli açısından mevcut limanların BOCR bakış açısıyla değerlendirildiği ilk çalışma olmasıyla mevcut literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Altı bölümden oluşan çalışmanın takip eden aşamasında literatür araştırmasına yer verilmiştir. Ardından sırasıyla metodoloji ve uygulama bölümleri sunulmuştur. Bulguların tartışıldığı bölümün ardından sonuç ve öneriler ile çalışma sonlandırılmıştır.

Giriş bölümünün amacı, okuyucuyu çalışmanın bağlamına sokmak, önemini açıklamak ve çalışmanın neden yapıldığını aktarmaktır. Bu bölüm aşağıdaki temel unsurları içermelidir:

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür araştırması, yeşil liman çalışmalarında kullanılan kriter ve yöntemlerin ön plana çıkarıldığı iki temel başlık çerçevesinde aşağıdaki gibi şekillendirilmiştir.

1.1. Yeşil Liman Çalışmalarında Dikkate Alınan Kriterler

Çalışmanın amacı ve AS’leri doğrultusunda dikkate alınan kriterlerin ayrı bir şekilde aktarılması önemlidir. Kriterlere ve kullanıldıkları çalışmalara ilişkin bilgiler Tablo 1’de özetlenmiştir. Kriterler çalışmanın yöntemine uygun olacak şekilde benefit (B), opportunity (o), cost (c) ve risk (r) başlıkları altında kodlanmıştır. Tablo hazırlanırken ilk olarak literatürdeki yeşil liman çalışmalarında kullanılan kriterler belirlenmiştir. Ardından bu kriterler çalışmanın uzman grubu ile gözden geçirilerek bazıları birleştirilmiş, birkaç tanesi elenmiş ve nihai kriter listesi Tablo 1’deki gibi oluşturulmuştur:

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Kriterlere İlişkin Bilgiler

| Kriterler (B _N , O _N , C _N , R _N) | Kriterlerin Açıklamaları | Kriterlerin Kullanıldığı Çalışmalar |
|---|---|---|
| Hava Azaltmak (B ₁) | Kirliliğini taşınması esnasında oluşan kimyasal gazların (NO _x , SO _x , CO ₂ , PM) salınımını en düşük seviyeye düşürebilmek için uygulanan projeler (egzoz filtresi kullanımı, elektrikli ekipman kullanımı, karayolu araçlarının emisyon ölçümlerinin yıllık yapımı, yenilenebilir enerjilerin | Abood vd. (2007); Akın (2020); Alnıpak ve Yorulmaz (2019); Anastasopoulos vd. (2011); Ateş ve Akın (2014); Barnes-salınan egzozların, gaz yada sıvı Dabban vd. (2017); Chengpeng vd. (2018); Cusano (2013); Dai ve Yang (2020); Danışman ve Özalp (2016); Darbra vd. (2005); Fahdi vd. (2019); Fathallah vd. (2021); Goh (2010); Gonzalez-Aregall ve Bergqvist (2020); Köseoğlu ve Solmaz (2019); Lam ve Voorde (2012); Marzantowicz ve Dembinska (2018); Peng vd. (2019); Satır ve Doğan-emisyon ölçümlerinin yıllık Sağlamtimur (2018); Saxe ve Larsen (2004); Schipper vd. (2017); Spengler ve |

| | | | |
|--|--------------------|--|---|
| | | kullanımı, gemi hızlarının düşürülmesi, kıyıda güç kaynaklarının kullanımı, dizel ekipman ve makinelerin elektrikli ekipman ve makinelere dönüşümü ve liman çevresinin yeşillendirilmesi) olarak tanımlanmıştır. | Tovar (2021); Teerawattana ve Yang (2019); Torozzi ve Vaccaro (2000); Venkatesh ve Sriraman (2020); Walker vd. (2019); Yahya (2019); Yılmaz (2019); Ying ve Yijun (2011). |
| Su Kirliliğini Azaltmak (B₂) | | Liman faaliyetlerinin neden olduğu kirliliğin (sintine ve çamur atıkları, kanalizasyon, balast suyu, tehlikeli madde ve petrol dökülmeleri vb.) önüne geçilebilmesi için yapılan uygulamalar (atık su arıtımı/yeniden kullanımı, balast suyu yönetimi, su/yağ ayırma sistemlerinden yararlanılması) şeklinde ifade edilmektedir. | Abood vd. (2007); Akın (2020); Alnıpak ve Yorulmaz (2019); Anastasopoulos vd. (2011); Burçak ve Kuleyin (2016); Chiu vd. (2014); Darbra vd. (2005); Elzarka ve Elgazzar (2015); Fedai ve Madran (2015); Goh (2010); Köseoğlu ve Solmaz (2019); Lam ve Notteboom (2014); Pavlic vd. (2014); Torozzi ve Vaccaro (2000); Venkatesh ve Sriraman (2020); Wakeman (1996); Walker vd. (2019); Yahya (2019); Yılmaz (2019). |
| Toprak Azaltmak (B₃) | Kirliliğini | Liman ve gemi kaynaklı işlemlerin (yasadışı çöp atma, geçmiş sanayi kullanımları, kanalizasyon ve petrol deşarjı vb.) limanın konumlandığı alanın ve deniz tabanının kirlenmesini engellemek amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar (liman tortularındaki ve karadaki kirli malzemelerin yönetimi, tehlikeli atıkların tespiti ve uygun biçimde bertarafı, inşaat etütleri ve inşaat öncesi sediman yapılması, dip taramasının gerçekleştirilmesi, toprak kirliliği kaynağının izleme yöntemiyle tespit edilmesi vb.) olarak tanımlanmıştır. | Akın (2020); Alnıpak ve Yorulmaz (2019); Anastasopoulos vd. (2011); Bal (2014); Burçak ve Kuleyin (2016); Chiu vd. (2014); Darbra vd. (2005); Marzantowicz ve Dembinska (2018); Morales-Caselles vd. (2008); Teerawattana ve Yang (2019); Torozzi ve Vaccaro (2000); Yılmaz (2019). |
| Gürültü Azaltmak (B₄) | Kirliliğini | Liman operasyonlarından kaynaklanan (araç ve gemi trafiği, gemilerin limana kalkma ve yanaşma manevraları, kullanılan ekipmanlar, havalandırma sistemleri, gemilerde işlem gören yardımcı makineler vb.) titreşimin ve gürültünün azaltılabilmesi adına gerekli olan önlemlerin alınmasını (gürültü haritalamasının yapılması, eko | Akın (2020); Alnıpak ve Yorulmaz (2019); Anastasopoulos vd. (2011); Aregall vd. (2018); Ateş ve Akın (2014); Bal (2014); Boran ve Alkan (2018); Chengpeng vd. (2018); Chiu vd. (2014); Cusano (2013); Darbra vd. (2005); Du vd. (2019); Fahdi vd. (2019); Ilık (2020); Korucuk Ve Memiş (2019); Köseoğlu ve Solmaz (2019); Marzantowicz ve Dembinska (2018); Özdemir (2018); Özsever vd. (2019); Park ve Yeo (2012); Peng vd. (2019); |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>sürüş, konteyner indirme hızının azaltılması, yoğun ses bileşenlerinin önlenmesi için ses radyasyonu uygulamasının yapılması, dizel-elektrikli veya dizel hareketli ekipmanların yerine elektrikli araç ve ekipmanların kullanılması, emici yapı malzemelerinden faydalanılması, liman çevresinin yeşillendirilmesi, hava yerine su soğutmasının kullanılması, araç ikaz sesleri vb.) düzenleyen politikaların yayınlanması ve uygulanması (uzmanların ses ölçümlerini gerçekleştirme ve liman giriş-çıkış gün ve saatlerine kısıtlama getirilmesi, kıydan enerji temini) olarak tanımlanmıştır.</p> | <p>Teerawattana ve Yang (2019); Torozzi ve Vaccaro (2000); Walker vd. (2019); Yahya (2019); Yalılı Kılıç ve Adalı (2020); Yang ve Chang (2013).</p> |
| <p>Çevre Kalitesi İzleme (Karbon ayak izi hesaplamaları yapmak, deniz suyu kalitesi izlemek) (B₅)</p> | <p>Hedeflenen liman politika ve stratejilerini gerçekleştirebilmek için çevresel performansın (hava, su, toprak kalitesi vb.) izlenme ve ölçülme faaliyetidir.</p> | <p>Akın (2020); Anastasopoulos vd. (2011); Bjerkan ve Seter (2019); Carballo-Penela vd. (2012); Dulebenets (2017); Ilık (2020); Lam ve Li (2019); Lawer vd. (2019); Marzantowicz ve Dembinska (2018); Munim vd. (2020); Özdemir (2018); Schenone vd. (2014); Solmaz vd. (2019); Teerawattana ve Yang (2019); Venkatesh ve Sriraman (2020).</p> |
| <p>Kanun ve Standartlara Uymak ve Sosyal Sorumluluk Projelerine Katılmak (O₆)</p> | <p>Çevresel sürdürülebilirlik ve iyileşmeyi sağlayabilmek adına yayınlanan standartlara ve kanuna uyulması ve yine bu duruma yönelik sosyal sorumluluk projelerine yapılan katılımın gösterilmesi olarak tanımlanmaktadır.</p> | <p>Chen vd. (2019); Fedai ve Madran (2015); Gültepe-Mataracı (2016); Roh vd. (2016); Venkatesh ve Sriraman (2020); Wu vd. (2020).</p> |
| <p>Atık Yönetimi Yapmak (O₇)</p> | <p>Gemi ve liman atıklarının (sintine sularının tasfiyesi, atıkların boşaltılması, boya atıkları, kimyasal atıklar vb.) oluşturduğu kirliliğin engellenmesini amaçlayan uygulamalar (katı, sıvı ve gaz biçiminde atıkların ayrı ayrı bertaraf edilmesi ya da geri dönüşümün sağlanması, atıkların imha edilmesi, kompostlama ve</p> | <p>Akın (2020); Alnıpak ve Yorulmaz (2019); Badurina vd. (2017); Barnes-Dabban vd. (2017); Chengpeng vd. (2018); Danişman ve Özalp (2016); Du vd. (2019); Ilık (2020); Lawer vd. (2019); Özdemir (2018); Satır ve Doğan-Sağlamtimur (2018); Teerawattana ve Yang (2019); Torozzi ve Vaccaro (2000); Venkatesh ve Sriraman</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | elektrikli kullanılması) tanımlanmıştır. | teçhizatların olarak (2020); Wakeman (1996); Walker vd. (2019); Yahya (2019). |
| Toz ve Koku Yönetimi Yapmak (O ₈) | Yük elleçleme ve malzeme taşınması (kömür, toz, kum, tahıl vb.) esnasında oluşabilecek koku ve toz kirliliğinin engellenmesini amaçlayan uygulamalar olarak tanımlanmıştır. | Burçak ve Kuleyin (2016); Du vd. (2019); Köseoğlu ve Solmaz (2019); Teerawattana ve Yang (2019). |
| İş Sağlığı ve Güvenliği Konusunda Önlemler Almak (O ₉) | Liman işlemlerinden kaynaklanan yaralanmalar ve kazaların engellenebilmesi için alınan uygulama ve tedbirlerdir. | Adams vd. (2009); Akgül (2017); Alnıpak ve Yorulmaz (2019); Ilık (2020); Kang ve Kim (2017); Korucuk ve Memiş (2019). |
| Enerji Yönetimi Yapmak (Yenilenebilir enerji kullanımı, E-RTG ve LED aydınlatma kullanımı vb.) (O ₁₀) | Enerji maliyetlerinin düşürülmesi, enerjinin depolanması ve emisyonun azaltılması adına gerçekleştirilen uygulamalardır. | Aboud vd. (2007); Akgül (2017); Akın (2020); Alnıpak ve Yorulmaz (2019); Anastasopoulos vd. (2011); Bjerkan ve Seter (2019); Burçak ve Kuleyin (2016); Chang ve Wang (2011); Du vd. (2019); Dulebenets (2017); Fahdi vd. (2019); Fathallah vd. (2021); Goh (2010); Gonzalez-Aregall ve Bergqvist (2020); Ilık (2020); Köseoğlu ve Solmaz (2019); Marzantowicz ve Dembinska (2018); Özdemir (2018); Peng vd. (2020); Solmaz vd. (2019); Teerawattana ve Yang (2019); Venkatesh ve Sriraman (2020); Wang vd. (2015); Winnes vd. (2015); Xu ve Dadi (2020); Yapıcı ve Koldemir (2015). |
| Yeşil Boyutta Liman Planlamaları ve Gemi Tasarımı Yapmak (O ₁₁) | Liman operasyonları ve altyapısı ile gemi operasyonlarının ekonomi, toplum ve doğa bütünleştirmesini sağlayarak iklim dostu ve sürdürülebilir stratejiler (ekipman yenileme, teknolojik yenilik, geri dönüşüm, kirlilik kontrolü vb.) ile yapılandırılması olarak tanımlanmaktadır. | Acciaro vd. (2014); Adams vd. (2009); Akın (2020); Ateş ve Akın (2014); Bjerkan ve Seter (2019); Chen vd. (2019); Cusano (2013); Elzarka ve Elgazzar (2015); Esmer vd. (2010); Goh (2010); Kang ve Kim (2017); Marzantowicz ve Dembinska (2018); Munim vd. (2020); Park ve Yeo (2012); Wakeman (1996); Winnes vd. (2015); Wu vd. (2020). |
| İntermodalite (O ₁₂) | İki ya da daha fazla taşıma modunun birbiriyle bütünleştirilmesi intermodalite olarak tanımlanmıştır. | Bjerkan ve Seter (2019); Boran ve Alkan (2018); Dai ve Yang (2020); Goh (2010); Kotowska (2016); Park ve Yeo (2012); Wakeman (1996). |
| Otonom ve Otomasyon Teknolojilerinin | Liman operasyonlarında çevre dostu güncel teknolojik ekipmanların kullanılmasının | Alnıpak ve Yorulmaz (2019); Badurina vd. (2017); Bjerkan ve Seter (2019); Gibbs vd. (2013); Kang ve Kim (2017); Özdemir |

| | | |
|--|--|--|
| Kullanılmasının Maliyeti (C ₁₃) | oluşturduğu maliyetler olarak tanımlanabilmektedir. | (2018); Teerawattana ve Yang (2019); Wakeman (1996); Wang vd. (2015). |
| Çevre Kalitesi İzlemenin Maliyeti (C ₁₄) | Hedeflenen liman politika ve stratejilerini gerçekleştirebilmek adına çevresel performans izleme ve ölçümü esnasında katlanılan maliyetlerdir. | Anastasopoulos vd. (2011); Bjerkan ve Seter (2019); Carballo-Penela vd. (2012); Dulebenets (2017); Marzantowicz ve Dembinska (2018); Özdemir (2018); Schenone vd. (2014); Venkatesh ve Sriraman (2020). |
| Paydaşlarla İşbirliğinin Sağlanması ve Çevre Bilincini Geliştirmek için Çalışanlara Eğitim Programları Düzenlenmesinin Maliyeti (C ₁₅) | Liman işletmelerinin çevresel etkileri en aza indirmek için paydaş gruplarıyla çeşitli iş birlikleri yapması ve çevre bilinci oluşturabilmek için çalışanlara eğitimler verilmesi sırasında katlandığı maliyetler olarak tanımlanmaktadır. | Adams vd. (2009); Akın (2020); Alnıpak ve Yorulmaz (2019); Ateş ve Akın (2014); Badurina vd. (2017); Bjerkan ve Seter (2019); Burçak ve Kuleyin (2016); Chiu vd. (2014); Du vd. (2019); Fedai ve Madran (2015); Goh (2010); Gültepe-Mataracı (2016); İlık (2020); Kang ve Kim, (2017); Lam ve Li (2019); Munim vd. (2020); Roh vd. (2016); Venkatesh ve Sriraman (2020); Wang vd. (2015); Wu vd. (2020). |
| Mesleki Yeterlilik Belgesi Aranması ve Mali Sorumluluk Sigortası Yapılmasının Maliyeti (C ₁₆) | Limanlarda çalışanların, gerçekleştirdikleri işin niteliğine göre yeterlilik belgesinin istenmesi ve meydana gelebilecek tehlikeli durumlar için sigorta yapılması gibi işlemlerin maliyeti olarak ifade edilmektedir. | Chen vd. (2019); Özdemir (2018). |
| Modal Kayma (Taşıma Modları Arası Geçiş) Stratejisi Uygulamanın Maliyeti (C ₁₇) | Trafik sıklığının olduğu moddan trafik sıklığının daha az olduğu başka bir moda aktarım sırasında oluşan maliyetler olarak ifade edilmektedir. | Bjerkan ve Seter (2019); Boran ve Alkan (2018); Dai ve Yang (2020); Kang ve Kim (2017); Kotowska (2016); Park ve Yeo (2012); Wakeman (1996). |
| Liman Ücretlerinde Teşvik Fiyatlandırmaları Yapmak (C ₁₈) | Limanların, çevresel gerekliliklerini karşılayan ve temiz, düşük kükürtlü yakıt kullanan gemiler için indirimli fiyat uygulamalarının gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. | Adams vd. (2009); Alnıpak ve Yorulmaz (2019); Chengpeng vd. (2018); Goh (2010); Kang ve Kim (2017); Lam ve Notteboom (2014); Munim vd. (2020); Park ve Yeo (2012); Venkatesh ve Sriraman (2020). |
| Tehlikeli Yüklerin Depolanması, Taşınması ve Dökülmesi İle İlgili | Motor bakımı esnasında çevreye sızan petrol, yağlar, boya ve zehirli madde gibi tehlikeli maddelerin taşınması, dökülmesi | Abood vd. (2007); Badurina vd. (2017); Barnes-Dabban vd. (2017); Boran ve Alkan (2018); Burçak ve Kuleyin (2016); |

| | | |
|--|---|--|
| Acil Durum Planı Yapılmaması (R ₁₉) | veya depolanması durumunda oluşan kirlilik için önlemlerin sağlanmaması olarak tanımlanmıştır. | Fedai ve Madran (2015); Ilık (2020); Özdemir (2018); Walker vd. (2019). |
| Liman Ücretlerinde Ceza Uygulamaları Yapmak (R ₂₀) | Limanların belirlenmiş üst limite yakın kükürt düzeyine sahip olan gemilere ek ücret fiyatlandırmasının uygulandığı politikalar olarak tanımlanmaktadır. | Adams vd. (2009); Chengpeng vd. (2018); Lam ve Notteboom (2014); Munim vd. (2020); Park ve Yeo (2012); Venkatesh ve Sriraman (2020); Wang vd. (2015). |
| Soğuk Ütüleme ve Gemi Hızı Düşürme Teknolojisi Kullanılması (R ₂₁) | Rihtımda bulunan gemilerin enerji ihtiyaçlarını kendi motorlarından temin etmek yerine liman kıyısından temin etmesine soğuk ütüleme, limana belirli bir mesafe kala gemilerin hızlarının azaltması işlemine de gemi hızı düşürme teknolojisi ismi verilmektedir. | Acciaro vd. (2014); Alnıpak ve Yorulmaz (2019); Bjerkan ve Seter (2019); Burçak ve Kuleyin (2016); Chang ve Wang (2011); Chen vd. (2019); Du vd. (2019); Gültepe-Mataracı (2016); Lam ve Li (2019); Lawer vd. (2019); Peng vd. (2019); Peng vd. (2020); Saxe ve Larsen (2004); Spengler ve Tovar (2021); Venkatesh ve Sriraman (2020); Walker vd. (2019); Winnes vd. (2015); Yiğit (2018); Yun vd. (2018). |

Tablo 1'deki bilgiler incelendiğinde; *su ve hava kirliliğini azaltma* ile *atık ve enerji yönetimi* kriterlerinin yeşil liman sertifikasyonuna sahip olma sürecindeki temel faktörler olduğu söylenebilir.

1.2. Kullanılan Yöntemler Bazında Yeşil Liman Çalışmaları

Çalışmada kullanılan yöntemle paralellik taşıması açısından ÇKKV ve bulanık ÇKKV yöntemlerini kullanan çalışmalara ayrıca değinilmiştir. Diğer yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar ise Tablo 2'de özetlenmiştir.

1.2.1. Bulanık Mantık ve ÇKKV Kullanılan Çalışmalar

Chiu vd. (2014), yeşil liman kriterlerini AHP yönteminden faydalanarak önceliklendirmiş ve sonrasında çalışmada belirlenen üç limana ait yeşil liman performansı Bulanık AHP yöntemiyle değerlendirilmiştir. Elzarka ve Elgazzar (2015), çalışmalarında seçtikleri limanların yeşil performanslarını iyileştirmek ve değerlendirmek için bir performans ölçüm sistemi önermişlerdir. Wang vd. (2015), Panel Veri Analizi ve Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemlerini kullanarak limanların sürdürülebilir kalkınma politikalarının etkinliğini değerlendirmişlerdir. Burçak ve Kuleyin (2016), iki Türk limanına ait olan yeşil liman performans kriterlerini belirleyerek bu kriterleri AHP yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Chengpeng vd. (2018), Çin'e ait olan beş limanın yeşil liman gelişimlerini değerlendirmek için AHP temelli yeni bir model oluşturmuşlardır. Özdemir (2018), yeşil liman projesi kapsamında liman tesislerinin sağlamak zorunda oldukları şartları araştırarak önceliklendirilmesi gereken konuları Bulanık DEMATEL yöntemiyle belirlemiştir. Chen vd. (2019), Çin'de yeşil liman stratejilerine geçiş için kullanılan bir uygulama olan Accelerated Mobil Pages (AMP) ve tanıtımını kısıtlayan kriterleri tanımlayarak Çin'de AMP'nin tanıtım probleminde çözüm aramıştır. Çalışmada Bulanık DEMATEL yönteminden faydalanmışlardır. Korucuk ve Memiş (2019), DEMATEL yöntemiyle yeşil liman performans faktörlerinin belirlenerek önceliklendirilmesini amaçlamışlardır. Teerawattana ve Yang (2019), yeşil liman olabilmek için kriterleri belirleyerek Entropi yöntemiyle çevresel performans göstergelerini

oluşturmuşlardır. Akın (2020), Bulanık AHP yöntemi ile Türkiye’de bulunan limanların yeşil liman performans kriterlerinin önem seviyelerini belirlemiştir. Munim vd. (2020), Hint okyanusunun kıyı bölgesinde bulunan limanlar için ANP yönteminden yararlanarak yeşil liman yönetim uygulamaları modelini geliştirmişlerdir. Akın ve Ateş (2021), Türkiye’de bulunan limanların yeşil liman performans kriterlerini Bulanık AHP yönteminden yararlanarak değerlendirmişlerdir. Özispa ve Arabelen (2021), limanların sürdürülebilirlik stratejilerini AHP yöntemi kullanarak değerlendirmişlerdir. Vural ve Acer (2024), yeşil liman performansının ölçümünde kullanılan faktörleri belirleyerek bu faktörleri SWARA yöntemi aracılığıyla önceliklendirmişlerdir.

1.2.2. Diğer Yöntemleri Kullanan Çalışmalar

ÇKKV ve Bulanık ÇKKV yöntemlerinin dışında kalan yöntemleri kullanan çalışmalar Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Kullanılan Yöntemler Açısından Yeşil Liman Çalışmaları

| <i>Yıl</i> | <i>Yazar</i> | <i>Matematiksel Modelleme</i> | <i>İstatistiksel Yöntemler</i> | <i>Simülasyon</i> | <i>Nitel Araştırmalar</i> |
|------------|----------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 1996 | Wakeman | | | | ✓ |
| 2000 | Torozzi ve Vaccaro | | | | ✓ |
| 2004 | Saxe ve Larsen | ✓ | | | |
| 2005 | Darbra vd. | | | | ✓ |
| 2007 | Abood vd. | ✓ | | | |
| 2008 | Morales-Caselles vd. | | ✓ | | |
| 2009 | Adams vd. | | ✓ | | |
| 2010 | Esmer vd. | | | ✓ | |
| 2010 | Goh | | | | ✓ |
| 2011 | Anastasopoulos vd. | | | | ✓ |
| 2011 | Chang ve Wang | ✓ | | | |
| 2011 | Ying ve Yijun | | | | ✓ |
| 2012 | Park ve Yeo | | ✓ | | |
| 2012 | Carballo-Penela vd. | ✓ | | | |
| 2012 | Lam ve Voorde | | | | ✓ |
| 2013 | Cusano | | | | ✓ |
| 2013 | Gibbs vd. | ✓ | | | |
| 2013 | Yang ve Chang | ✓ | | | |

| | | | | | |
|------|----------------------------|---|---|--|---|
| 2013 | Yang ve Lin | ✓ | | | |
| 2014 | Acciaro vd. | | | | ✓ |
| 2014 | Ateş ve Akın | | | | ✓ |
| 2014 | Bal | | | | ✓ |
| 2014 | Lam ve Notteboom | | | | ✓ |
| 2014 | Pavlic vd. | | | | ✓ |
| 2014 | Schenone vd. | | | | ✓ |
| 2015 | Davarzani vd. | | | | ✓ |
| 2015 | Fedai ve Madran | | | | ✓ |
| 2015 | Winnes vd. | | | | ✓ |
| 2015 | Yapıcı ve Koldemir | | | | ✓ |
| 2016 | Danışman ve Özalp | ✓ | | | |
| 2016 | Gültepe Mataracı | ✓ | | | |
| 2016 | Kotowska | | | | ✓ |
| 2016 | Roh vd. | | | | ✓ |
| 2017 | Akgül | | | | ✓ |
| 2017 | Badurina vd. | | | | ✓ |
| 2017 | Barnes-Dabban vd. | | | | ✓ |
| 2017 | Lee ve Nam | | | | ✓ |
| 2017 | Dulebenets | ✓ | | | |
| 2017 | Kang ve Kim | | ✓ | | |
| 2017 | Schipper vd. | ✓ | | | |
| 2018 | Aregall vd. | | | | ✓ |
| 2018 | Arena vd. | | | | ✓ |
| 2018 | Boran ve Alkan | | | | ✓ |
| 2018 | Karakaş vd. | | | | ✓ |
| 2018 | Marzantowicz ve Dembinska | | | | ✓ |
| 2018 | Satır ve Doğan-Sağlamtimur | | | | ✓ |

| | | | | | |
|------|-------------------------------|---|---|---|---|
| 2018 | Yiğit | | | | ✓ |
| 2018 | Yun vd. | | | ✓ | |
| 2019 | Alnıpak ve Yorulmaz | | | | ✓ |
| 2019 | Bjerkkan ve Seter | | | | ✓ |
| 2019 | Du vd. | | | | ✓ |
| 2019 | Fahdi vd. | | | | ✓ |
| 2019 | Köseoğlu ve Solmaz | | | | ✓ |
| 2019 | Lawer vd. | | | | ✓ |
| 2019 | Lam ve Li | | ✓ | | |
| 2019 | Özsever vd. | | | | ✓ |
| 2019 | Peng vd. | | | ✓ | |
| 2019 | Solmaz vd. | | | | |
| 2019 | Walker vd. | | | | ✓ |
| 2019 | Yahya | | | | ✓ |
| 2019 | Yılmaz | | | | ✓ |
| 2020 | Dai ve Yang | | ✓ | | |
| 2020 | Gonzalez-Aregall ve Bergqvist | | | | ✓ |
| 2020 | Ilık | | | | ✓ |
| 2020 | Peng vd. | | ✓ | | |
| 2020 | Yakan Dünder | | ✓ | | |
| 2020 | Yalılı ve Adalı | | ✓ | | |
| 2020 | Venkatesh ve Sriraman | | | | ✓ |
| 2020 | Wu vd. | | | | ✓ |
| 2020 | Xu ve Dadi | ✓ | | | |
| 2021 | Fathallah vd. | ✓ | | | |
| 2021 | Sanrı | | | | ✓ |
| 2021 | Spengler ve Tovar | ✓ | | | |
| 2022 | Yorulmaz ve Patruna | | | | ✓ |

| | | | | | |
|------|--------------------|--|---|--|---|
| 2023 | Yorulmaz ve Baykan | | | | ✓ |
| 2024 | Aşkın vd. | | ✓ | | |
| 2024 | Demirci ve Arıcan | | | | ✓ |

2. YÖNTEM: Analitik Ağ Süreci (ANP) -Fayda, Fırsat, Maliyet, Risk (BOCR)

ANP, hiyerarşik yapıda yer alan öğeler arasındaki bağımlılığın dikkate alınarak yapılandırılmasına dayanan AHP yönteminin bir genellemesidir (Saaty, 2009: 42). AHP yönteminde hiyerarşik yapı tek yönlü iken ANP yönteminde ise kriterler arasındaki ilişkilerin karmaşıklığına izin verilerek hiyerarşik yapının tek yönlü olma sınırlaması ortadan kaldırılmaktadır. ANP, bir hiyerarşide öğelerin yer aldığı düzeyleri belirtmeden bir ağ yapısı kapsamında değerlendirmektedir (Saaty, 1999: 12). ANP'nin sahip olduğu bu özellik AHP ile kıyaslandığında daha gerçekçi sonuçların ortaya konmasına yardımcı olmaktadır (Saaty, 2009: 42). Çünkü gerçek dünyanın karar problemlerinde tasarlanan yapılarda bulunan elemanlar arasında bağımlılık ve etkileşim bulunmaktadır. Bu nedenle ağ yapısıyla şekillendirilen ve öğelerin geri bildirimleri ya da etkileşimleri göz önünde bulunduran problemlerde ANP kullanılmaktadır (Bottero ve Ferretti, 2011: 65).

ANP yönteminde öğeler arasındaki etkileşimler bir kümede bulunan kriterler aynı veya farklı kümede yer alan diğer öğeleri etkileyebilmektedir. Bu nedenle karar verilecek problemde tüm öğelerin genel etkisi tespit edilebilmektedir. Ağ sisteminde bulunan alternatifler ve kriterlerin yer aldığı kümelerde iç bağımlılık ve dış bağımlılık veya geri bildirimler bulunmaktadır (Saaty, 2009: 42). ANP'nin genel yapısında bulunan bir hiyerarşi veya ağın her biri eleman ve kümelerinin ilişkisini gösteren fırsatlar, faydalar, riskler ve maliyetler olacak biçimde dört çeşit ölçüt bulunmaktayken, her birinin kendi içerisinde ise ayrı bir ağ yapısı yer almaktadır (Saaty, 1999: 1-2). Nicel ve nitel kriterlerin bir arada değerlendirilmesine olanak sunması, yeşil liman kriterlerinin arasında bulunan dikey ve yatay ilişkileri analiz etmesi ve ilgili amaç doğrultusunda fırsat, fayda, risk ve maliyet analizlerini gerçekleştirebilmesi nedeniyle çalışmada ANP-BOCR yöntemi kullanılmıştır.

ANP-BOCR yardımıyla tasarlanan bir karar sürecinde, ilgili kararın alınabilmesi elde edilebilecek faydalar (Benefit), kararın verilmesiyle gelecekte oluşabilecek potansiyel getiriler (Opportunity), kararın verilmesiyle oluşabilecek maliyetler (Cost) ve verilen karar ile oluşabilecek olası riskler (Risks) analiz edilebilmektedir (Wijnmalen, 2007: 893; Peker vd., 2016: 2386). Çalışmada faydalanılan yöntemin uygulama adımları B, O, C ve R ağlarında da aynı biçimde işlemekte olup aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmaktadır (Saaty, 1999: 1-14; Saaty, 2004: 353-355).

Aşama 1: Problemin Belirlenmesi

Karar verici tarafından gerçekleştirilmesi istenen amaç ANP yönteminin doğasıyla uyumlu olmalı ve ilgili problem net ve açık ifadeler ile tanımlanmalıdır.

Aşama 2: Alternatiflerin ve Kriterlerin Belirlenmesi

Sistemin bileşenlerini kıyaslayabilmek adına ilgili öğeler ve kontrol hiyerarşileri belirlenerek detaylı bir biçimde açıklanmalıdır. Hiyerarşik yapı sırasıyla fayda, fırsat, maliyet ve risk kriterleri için yapılandırılmaktadır. Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra fayda, fırsat, maliyet ve risk olacak biçimde dört kontrol hiyerarşisinin kararı etkileyebilecek alternatif ve kriter kümeleri tespit edilerek her bir ağ ile ilişkili kriter atamaları gerçekleştirilir.

Aşama 3: İlişki Matrisinin Oluşturulması

Alternatiflerin ve kriterlerin belirlenmesinden sonraki aşamada her bir öğenin veya kümenin, diğer öğelerden ve kümelerden etkilenmesi ya da diğer öğelerin ve kümelerin etkileyen ve etkilenen

durumlarını ifade eden ilişki matrisi oluşturulur. Bu sayede kriterler, alt kriterler ve alternatiflere yönelik geri bildirimler ve bağımlılıklar belirlenerek ilgili ağ yapısı oluşturulur.

Aşama 4: Süpermatrisin Hesaplanması

Bu aşamada gerçekleştirilen ilişki matrisi temel alınarak anket formu düzenlenir. Düzenlenen anket formuyla birbirleriyle etkileşimi bulunan kriterler, alt kriterler ve alternatifler arasında Saaty tarafından geliştirilen 1-9 ölçeğinden yararlanılarak ikili karşılaştırmalar gerçekleştirilerek aşağıda yapısı gösterilen süpermatris (1) hesaplanır.

$$W_{i,j} = \begin{bmatrix} W_{i_1j_1} & W_{i_1j_2} & W_{i_1j_3} & \cdots & W_{i_1j_m} \\ W_{i_2j_1} & W_{i_2j_2} & W_{i_2j_3} & \cdots & W_{i_2j_m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ W_{i_nj_1} & W_{i_nj_2} & W_{i_nj_3} & \cdots & W_{i_nj_m} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Yukarıda gösterilen ağırlıklandırılmamış süpermatris’in (1) satır ortalamaları hesaplanarak aşağıda gösterilen formül (2) yardımıyla öncelik vektörü tespit edilir. Ardından aşağıda gösterilen formül (3) ve formül (4) aracılığıyla matrisin tutarlılığı saptanır.

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

$$TI = [(\lambda_{\max} - n)/(n - 1)] \quad (3)$$

$$TO = \frac{TI}{RI} \quad (4)$$

Formül (3)’te λ_{\max} ile tanımlanan değer, ilgili matrisin özdeğerini, n ile tanımlanan değer ise sahip olunan matris değerini ifade etmektedir. RI değeri ise Tablo 3’te sunulan değeri ifade etmektedir. Tablo 3’te RI ortalama rassal indeks değerini ifade ederken n ise kriter sayısını göstermektedir. Hesaplanan TO değerinin < 0,1 olması durumu elde edilen sonuçların tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. Rassal İndeks Değerleri

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0 | 0 | 0,52 | 0,89 | 1,11 | 1,25 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49 |

Kaynak: Tutak, 2023: 125

Aşama 5: Ağırlıklandırılmış Süpermatrisin Elde Edilmesi

İkili karşılaştırmalardan elde edilen ağırlık değerleri süpermatriste karşılık geldiği sütunda yer alan elemanları ağırlıklandırmada kullanılır. Etki durumunun olmadığı hallerde sıfır atanır. Bu yolla ağırlıklandırılmış süpermatris elde edilir. Ağırlıklandırılmış süpermatrisin (D) oluşturulmasında kullanılan formül (5) aşağıda gösterilmektedir.

$$D = W_{ij} \times q_{ij} \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m \quad (5)$$

$$D = \begin{bmatrix} W_{11} \times q_{11} & W_{12} \times q_{12} & W_{13} \times q_{13} & \cdots & W_{1n} \times q_{1m} \\ W_{21} \times q_{21} & W_{22} \times q_{22} & W_{23} \times q_{23} & \cdots & W_{12} \times q_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{n1} \times q_{n1} & W_{n2} \times q_{n2} & W_{n3} \times q_{n3} & \cdots & W_{nm} \times q_{nm} \end{bmatrix}$$

Aşama 6: Limit Süpermatrisin Oluşturulması

Son aşamada limit süpermatris oluşturulmaktadır. Bu aşamada ağırlıklandırılmış süpermatriste bulunan satırlar birbiriyle eşit bir noktaya gelinceye kadar kuvvet alma işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Nihai sonuçlara ulaşılmasını sağlayan aşağıdaki formül (6) ile gösterilen limit matris, her bir kriterin karar problemindeki önem derecesini vermektedir.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} W^k \quad (6)$$

ANP-BOCR yönteminde fırsat, fayda, risk ve maliyet kriterlerinin hepsi için aynı işlemler uygulanır ve her bir kritere yönelik olarak farklı bir alternatif öne çıkabilir. Bu farklılığı ortadan kaldırabilmek için fırsat, fayda, risk ve maliyet ağlarından alternatiflere yönelik ulaşılan sonuçlar birleştirilerek tek bir sonuç elde edilmektedir. Alternatiflerin bütünleştirilmesindeyse Thomas L. Saaty iki farklı yol sunmuştur. Bu yollardan ilkinde (ED), tüm ağların sahip olduğu ağırlıkların eşit olduğu varsayımına dayanarak fırsat ve fayda ağında bulunan alternatiflere yönelik ulaşılan sonuçların çarpımının, risk ve maliyet ağlarında bulunan alternatiflere yönelik ulaşılan sonuçlara bölünmesiyle yalnız bir sonuca ulaşılmaktadır. Uygulamada doğru sonuçlar sunamaması nedeniyle tercih edilmeyen bu yol aşağıdaki formül (7) aracılığıyla hesaplanmaktadır.

$$ED = \frac{B \times O}{C \times R} \quad (7)$$

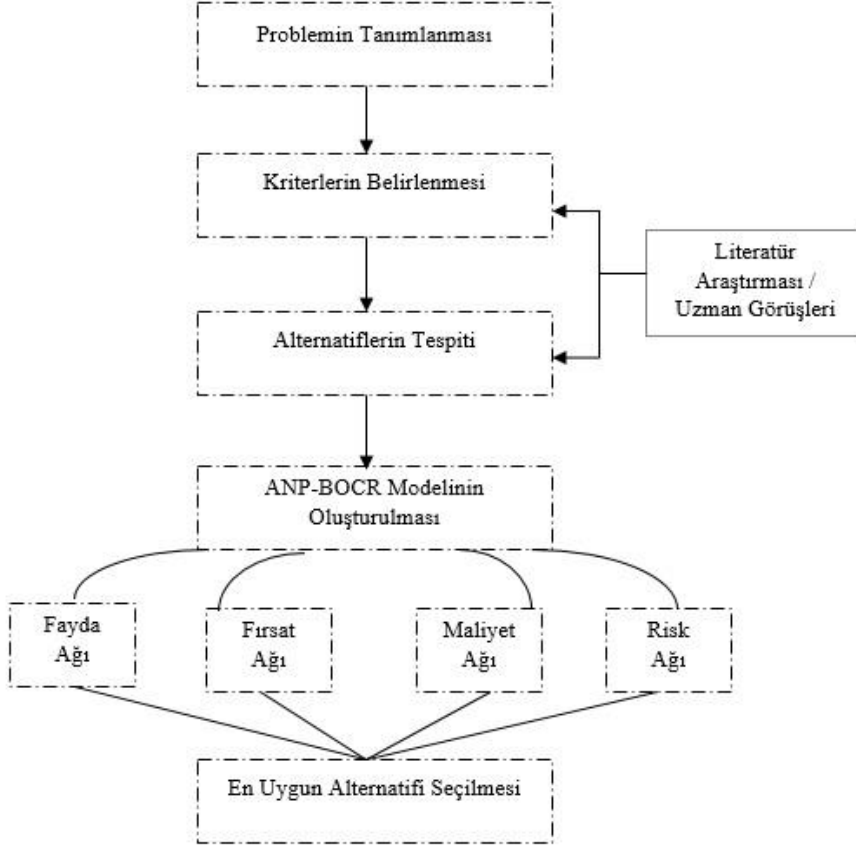
İkinci yol (FD) ise ilgili ağlara yönelik ağırlıkların farklı olması durumudur. Bu durumda uzman grubun fırsat, fayda, risk ve maliyet ağlarına yönelik ikili karşılaştırmalar gerçekleştirilerek ulaşılan cevapların geometrik ortalamaları hesaplanır. Bu sayede ilgili ağlar için önem dereceleri tespit edilmiş olunur. Ulaşılan bu değerler b, o, c ve r şeklinde isimlendirilerek fayda ağı, fırsat ağı, maliyet ağı ve risk ağında alternatiflerin değerleri buldukları ağın ağırlık değerleriyle çarpılır. Ardından fırsat ve faydaların değerlerinin toplamından risk ve maliyetlerin değerlerinin toplamı çıkarılarak ulaşılan sonuçlar arasında en yüksek değerli olan alternatif seçilir. Uygulamada daha doğru sonuçlara ulaşması nedeniyle genellikle tercih edilen bu yol aşağıdaki formül (8) aracılığıyla hesaplanmaktadır.

$$FD = bB + oO - cC - rR \quad (8)$$

3. UYGULAMA

Problemin çözümlenmesinde takip edilen adımlar Şekil 1’de sunulmaktadır.

Şekil 1. Çözümleme Adımları



3.1. Problemin Tanımlanması

Uygulamanın ilk adımında karar problemi “limanların yeşil liman olma potansiyelleri açısından değerlendirilmesi” olarak belirlenmiştir.

3.2. Kriterlerin Belirlenmesi

Limnların yeşil liman olma potansiyellerinin değerlendirilebilmesi amacının gerçekleştirilmesine yönelik olarak dikkate alınacak kriterler, kapsamlı bir literatür araştırması ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Yeşil liman konusunda faaliyetler gerçekleştirmiş olan bireylere ulaşılmaya çalışılmış olup yapılan çalışma sonucunda ilgili alanda uzmanlığı bulunan 7 kişiden geri dönüş sağlanabilmiştir. Çalışmanın uzman grubu; 1 kamu kurumu ve 1 STK temsilcisi, 4 liman işletmesi yöneticisi ve konu ile ilgili çalışmalar gerçekleştiren 2 akademisyen olmak üzere 7 kişiden oluşmaktadır. Uzman grupta yer alan karar verici sayısı Shafaghat vd. (2022) ve Musyarofah vd. (2024) tarafından gerçekleştirilmiş olan çalışmalardaki karar verici sayısı ile karşılaştırıldığında, mevcut çalışmada bulunan karar vericilerin sayısının yeterli seviyede bulunduğu söylenebilmektedir. Uzman grupta yer alan kişilerin ilgili alandaki deneyimleri 6 yıl ile 20 yıl aralığını kapsamaktadır. Kriterler uzman görüşleri doğrultusunda; fırsat, fayda, risk ve maliyet gruplarının alt kriterleri olacak biçimde sınıflandırılarak ANP-BOCR yönteminin doğasına uygunluk sağlayacak şekilde biçimlendirilmiştir. Dikkate alınan kriterlere ait bilgiler Tablo 1’de sunulmuştur.

3.3. Alternatiflerin Tespiti

Çalışmada belirlenen amaç ekseninde gerçekleştirilen uygulamada yer alan alternatifler Türkiye’de faaliyetler yürüten özel liman işletmelerinden oluşmaktadır. Deniz Ticaret Odası’nın yıllık olarak yayınlanan sektör raporlarından olan 2020 yılı verilerine göre Türkiye 8333 km kıyı şeridinde sahip iken 20’si kamu, 23’ü belediye ve 137’si özel olmak üzere toplamda 180 adet iskele ve limana sahip iken (https://www.denizticaretodasi.org.tr/media/SharedDocuments/sektorraporu/sektor_raporu_tr_2020.pdf) bu sayı planlanan tesislerde dahil olmak üzere 2023 yılında 210’a yükselmiştir (https://www.denizticaretodasi.org.tr/media/SharedDocuments/sektorraporu/2024/Denizcilik%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202023_web2.pdf). 2020 yılı sektör raporunda yer alan verilere göre bölgesel seviyede konteyner (TEU) elleçleme miktarı en fazla olan liman başkanlıkları bağlamında yeşil liman sertifikasyonuna sahip olmayan limanlar (Akdeniz Bölgesinde Mersin International Port (MIP), Ege Bölgesinde SOCAR Terminal, Karadeniz Bölgesinde Yeşilyurt Limanı ve Marmara Bölgesinde ise Dubai Port World Yarımca Limanı (DP World Yarımca Limanı)) uygulamanın alternatiflerini oluşturmuşlardır. Uygulamada yer alan alternatiflere ait bilgiler Tablo 4’te açıklanmaktadır.

Tablo 4. Alternatiflere Ait Bilgiler

| Alternatifler | Bilgiler |
|--|--|
| DP World Yarımca Limanı (A ₁) | Marmara Bölgesi İzmit Körfezi içerisinde yer alan liman; proje kargo, genel kargo ve konteyner gibi yük türlerine hizmet sunmaktadır. Liman sahası olarak 460.000 m ² ’lik alanı kapsayan bu alternatif 1.300.000 TEU yıllık elleçleme kapasitesine sahiptir. Ayrıca bu alternatif 457-465 metre rıhtım uzunluğuna, 16 metre derinliğe sahiptir. |
| MIP (A ₂) | Akdeniz Bölgesinde yer alan bu alternatif Türkiye’nin konteyner hacmi açısından en büyük ikinci, kargo tonajı açısından ise en büyük altıncı limanıdır. Rıhtım sayısı 21 olan limanda, yıllık olarak 30 milyon tondan fazla yük elleçlenmektedir. Limanda proje kargo, konteyner, kuru/sıvı dökme yük, genel kargo ve gemilerden konteynerlere doğrudan dökme yük, yolcu ve Ro-Ro hizmetleri sunulmaktadır. Toplam 112 hektar liman sahasına sahip olan bu alternatif 15,8 metre derinliğe sahiptir. Ayrıca, 3 km ² ’lik konteyner depolama alanı ile 32×75 m ² ’lik kişisel eşya ambarının yanı sıra 120×75 m ² ’lik ölçülere sahip iki ticari eşya ambarında bulunmaktadır. |
| SOCAR Terminal (A ₃) | Ege Bölgesinde bulunan en büyük entegre liman statüsüne sahip SOCAR Aliğa Terminalinin liman sahası 420.000 m ² ’dir. 700 m’lik rıhtım uzunluğuna sahip olan bu liman, yıllık 1.500.000 yük elleçleme kapasitesi ve 16 metre derinliğiyle genel yük ve konteyner hizmeti sunmaktadır. |
| Yeşilyurt Limanı (A ₄) | Karadeniz Bölgesinde yer alan yeşilyurt limanı 210.000 m ² ’lik toplam sahaya sahiptir. 950 metre rıhtım uzunluğu, 20 m derinlik ve 8.000.000 TEU’luk elleçleme kapasitesine sahip olan bu limanda genel kargolar için yükleme/boşaltma ve dökme katı yük hizmetleri sunulmaktadır. |

3.4. ANP-BOCR Modelinin Oluşturulması

Kriter ve alternatiflerden oluşan ANP-BOCR anket formu hazırlanarak uzman gruba sunulmuştur. İkili karşılaştırmalara göre her bir ağ için elde edilen karşılaştırma matrisleri Tablo 5’te sunulmuştur.

Tablo 5. B,O,C,R Karşılaştırma Matrisleri

| Fayda Ağı İçin Karşılaştırma Matrisi | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| | B ₁ | B ₂ | B ₃ | B ₄ | B ₅ | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | |
| B ₁ | 1,000 | 1,005 | 1,036 | 2,933 | 1,521 | 2,058 | 1,917 | 1,703 | 0,427 | |
| B ₂ | 0,994 | 1,000 | 1,042 | 2,917 | 1,513 | 0,926 | 1,644 | 0,938 | 0,902 | |
| B ₃ | 0,965 | 0,959 | 1,000 | 3,041 | 1,577 | 1,776 | 1,719 | 1,438 | 0,471 | |
| B ₄ | 0,34 | 0,342 | 0,328 | 1,000 | 0,518 | 2,159 | 1,389 | 1,167 | 0,604 | |
| B ₅ | 0,657 | 0,66 | 0,634 | 1,930 | 1,000 | 1,153 | 2,171 | 1,105 | 0,622 | |
| A ₁ | 0,485 | 1,079 | 0,563 | 0,463 | 0,867 | 1,000 | 0,477 | 1,889 | 3,763 | |
| A ₂ | 0,521 | 0,608 | 0,581 | 0,719 | 0,46 | 2,096 | 1,000 | 3,957 | 7,881 | |
| A ₃ | 0,587 | 1,066 | 0,695 | 0,856 | 0,904 | 0,529 | 0,252 | 1,000 | 1,991 | |
| A ₄ | 2,341 | 1,108 | 2,123 | 1,655 | 1,607 | 0,265 | 0,126 | 0,502 | 1,000 | |

| Fırsat Ağı İçin Karşılaştırma Matrisi | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | O ₆ | O ₇ | O ₈ | O ₉ | O ₁₀ | O ₁₁ | O ₁₂ | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ |
| O ₆ | 1,000 | 1,313 | 2,116 | 0,833 | 1,043 | 0,76 | 1,075 | 1,714 | 2,073 | 1,144 | 0,515 |
| O ₇ | 0,761 | 1,000 | 1,611 | 0,634 | 0,794 | 0,578 | 0,819 | 1,334 | 2,171 | 0,729 | 0,758 |
| O ₈ | 0,472 | 0,62 | 1,000 | 0,393 | 0,493 | 0,359 | 0,508 | 1,001 | 1,849 | 1,246 | 0,786 |
| O ₉ | 1,200 | 1,577 | 2,544 | 1,000 | 1,252 | 0,912 | 1,290 | 1,294 | 1,322 | 0,963 | 0,739 |
| O ₁₀ | 0,958 | 1,259 | 2,028 | 0,798 | 1,000 | 0,728 | 1,030 | 2,227 | 1,486 | 0,992 | 0,561 |
| O ₁₁ | 1,315 | 1,730 | 2,785 | 1,096 | 1,373 | 1,000 | 1,414 | 1,256 | 2,193 | 1,270 | 0,556 |
| O ₁₂ | 0,93 | 1,221 | 1,968 | 0,775 | 0,97 | 0,707 | 1,000 | 1,105 | 0,605 | 2,019 | 1,159 |
| A ₁ | 0,583 | 0,749 | 0,998 | 0,772 | 0,449 | 0,796 | 0,904 | 1,000 | 0,458 | 1,408 | 2,319 |
| A ₂ | 0,482 | 0,46 | 0,54 | 0,756 | 0,672 | 0,455 | 1,652 | 2,183 | 1,000 | 3,072 | 5,060 |
| A ₃ | 0,874 | 1,371 | 0,802 | 1,038 | 1,008 | 0,787 | 0,495 | 0,71 | 0,325 | 1,000 | 1,647 |
| A ₄ | 1,941 | 1,319 | 1,272 | 1,353 | 1,782 | 1,798 | 0,862 | 0,431 | 0,197 | 0,607 | 1,000 |

| Maliyet Ağı İçin Karşılaştırma Matrisi | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | C ₁₃ | C ₁₄ | C ₁₅ | C ₁₆ | C ₁₇ | C ₁₈ | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ |
| C ₁₃ | 1,000 | 1,525 | 1,579 | 1,000 | 1,671 | 1,162 | 1,609 | 1,686 | 0,979 | 0,619 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C ₁₄ | 0,655 | 1,000 | 1,035 | 1,000 | 1,095 | 0,762 | 1,772 | 1,410 | 0,843 | 0,669 |
| C ₁₅ | 0,633 | 0,966 | 1,000 | 1,000 | 1,057 | 0,736 | 2,029 | 1,467 | 1,084 | 0,57 |
| C ₁₆ | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| C ₁₇ | 0,598 | 0,913 | 0,946 | 1,000 | 1,000 | 0,695 | 1,050 | 1,130 | 2,020 | 0,9 |
| C ₁₈ | 0,86 | 1,312 | 1,358 | 1,000 | 1,438 | 1,000 | 1,104 | 0,74 | 1,772 | 0,938 |
| A ₁ | 0,621 | 0,564 | 0,492 | 1,000 | 0,952 | 0,905 | 1,000 | 0,603 | 1,008 | 2,021 |
| A ₂ | 0,593 | 0,709 | 0,681 | 1,000 | 0,884 | 1,351 | 1,658 | 1,000 | 1,671 | 3,352 |
| A ₃ | 1,021 | 1,186 | 0,922 | 1,000 | 0,495 | 0,564 | 0,992 | 0,598 | 1,000 | 2,005 |
| A ₄ | 1,615 | 1,494 | 1,754 | 1,000 | 1,111 | 1,066 | 0,494 | 0,298 | 0,498 | 1,000 |

Risk Ağı İçin Karşılaştırma Matrisi

| | R ₁₉ | R ₂₀ | R ₂₁ | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| R ₁₉ | 1,000 | 1,000 | 1,696 | 1,016 | 1,717 | 1,324 | 0,631 |
| R ₂₀ | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,019 | 1,091 | 1,680 | 0,674 |
| R ₂₁ | 0,589 | 1,000 | 1,000 | 1,391 | 1,893 | 0,848 | 0,634 |
| A ₁ | 0,984 | 0,981 | 0,718 | 1,000 | 2,300 | 1,146 | 1,870 |
| A ₂ | 0,582 | 0,916 | 0,528 | 0,434 | 1,000 | 2,006 | 4,301 |
| A ₃ | 0,755 | 0,595 | 1,179 | 0,872 | 0,498 | 1,000 | 2,144 |
| A ₄ | 1,584 | 1,483 | 1,577 | 0,534 | 0,232 | 0,466 | 1,000 |

Çalışmada kullanılan limanların yeşil liman olma potansiyellerinin değerlendirilebilmesinde faydalanılacak kriterlerin nihai önem ağırlıkları (limit matris değerleri) Tablo 6'da sunulmaktadır.

Tablo 6. Ağlara Ait Ağırlıklar

| Fayda Ağına Ait Ağırlıklar | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| B ₁ | B ₂ | B ₃ | B ₄ | B ₅ | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | | |
| 0,134 | 0,118 | 0,127 | 0,076 | 0,097 | 0,097 | 0,145 | 0,078 | 0,128 | | |
| Fırsat Ağına Ait Ağırlıklar | | | | | | | | | | |
| O ₆ | O ₇ | O ₈ | O ₉ | O ₁₀ | O ₁₁ | O ₁₂ | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ |
| 0,095 | 0,079 | 0,06 | 0,101 | 0,092 | 0,114 | 0,088 | 0,075 | 0,113 | 0,076 | 0,104 |
| Maliyet Ağına Ait Ağırlıklar | | | | | | | | | | |
| C ₁₃ | C ₁₄ | C ₁₅ | C ₁₆ | C ₁₇ | C ₁₈ | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | |
| 0,121 | 0,095 | 0,097 | 0,096 | 0,094 | 0,108 | 0,084 | 0,115 | 0,09 | 0,102 | |

Risk Ağına Ait Ağırlıklar

| R ₁₉ | R ₂₀ | R ₂₁ | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0,157 | 0,139 | 0,14 | 0,16 | 0,15 | 0,122 | 0,133 |

Tablo 6’da yer alan bilgilere göre fayda ağında gerçekleştirilen analize göre yeşil liman kriterleri içerisinde en önemli kriter 0,134 önem puanıyla hava kirliliğini azaltmak (B₁), en önemli ikinci kriter ise 0,127 önem puanıyla toprak kirliliğini azaltmak (B₃) olarak belirlenmiştir. En az önem puanına sahip olan kriter ise 0,076 önem puanıyla gürültü kirliliğini azaltmak (B₄) olarak tespit edilmiştir. Fayda ağında en önemli alternatif olarak MIP Limanı (A₂) belirlenmiştir.

Tablo 6’da yer alan bilgilere göre fırsat ağında gerçekleştirilen analize göre yeşil liman kriterleri içerisinde en önemli kriter 0,114 önem puanıyla yeşil boyutta liman planlamaları ve gemi tasarımı yapmak (O₁₁) olarak belirlenmişken, ikinci sırada ise 0,101 önem puanıyla iş sağlığı ve güvenliği konularında önlemler almak (O₉) kriteri olarak tespit edilmiştir. En az önem puanına sahip olan kriter ise 0,060 önem puanıyla toz ve koku yönetimi yapmak (O₈) olarak belirlenmiştir. Fırsat ağında en önemli alternatif olarak MIP Limanı (A₂) belirlenmiştir.

Tablo 6’da yer alan bilgilere göre maliyet ağında gerçekleştirilen analize göre yeşil liman kriterleri içerisinde en önemli ilk iki kriter sırasıyla 0,121 önem puanıyla otonom ve otomasyon teknolojileri kullanılmasının maliyeti (C₁₃) ve 0,108 önem puanıyla liman ücretlerinde teşvik fiyatlandırmaları yapmanın maliyeti (C₁₈) olarak belirlenmiştir. En az önem puanına sahip olan kriter ise 0,094 önem puanıyla modal kayma stratejisi uygulamanın maliyeti (C₁₇) olarak tespit edilmiştir. Maliyet ağında en önemli alternatif olarak MIP Limanı (A₂) belirlenmiştir.

Tablo 6’da yer alan bilgilere göre risk ağında gerçekleştirilen analize göre yeşil liman kriterleri içerisinde en önemli ilk iki kriter sırasıyla 0,157 önem puanıyla tehlikeli yüklerin depolanması, taşınması ve dökülmesi ile ilgili acil durum planı yapılmaması (R₁₉) ve 0,140 önem puanıyla soğuk ütüleme ve gemi hızı düşürme teknolojisi kullanılması (R₂₁) olarak belirlenmiştir. En az önem puanına sahip olan kriter ise 0,139 önem puanıyla liman ücretlerinde ceza fiyatlandırması yapılmaması (R₂₀) olarak tespit edilmiştir. Risk ağında en önemli alternatif olarak DP World Yarımca Limanı (A₁) belirlenmiştir.

Fayda ağı, fırsat ağı, maliyet ağı ve risk ağına yönelik yapılan analizler ekseninde her bir ağa ait en önemli kriterler ve alternatifler tespit edilmiştir. En önemli kriterler ve alternatiflerin tespit edilmesinden sonra analizin son aşaması olarak (8) numaralı formül kullanılarak tüm ağlar bütünleştirilerek bütünsel bir perspektif sunulmuştur. Ağların bütünleştirilmesi sonucunda elde edilen bilgiler Tablo 7’de gösterilmektedir.

Tablo 7. Ağların Bütünleştirilmesi Sonucunda Elde Edilen Bilgiler

| Fayda Ağı | | Fırsat Ağı | | Maliyet Ağı | | Risk Ağı | | Alternatifler | | | |
|----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|
| B ₁ | 0,049 | O ₆ | 0,032 | C ₁₃ | 0,021 | R ₁₉ | 0,017 | A ₁ | 0,029 | | |
| B ₂ | 0,043 | O ₇ | 0,026 | C ₁₄ | 0,017 | | | R ₂₀ | 0,015 | A ₂ | 0,055 |
| B ₃ | 0,047 | O ₈ | 0,02 | C ₁₅ | 0,017 | | | | | A ₃ | 0,025 |
| B ₄ | 0,028 | O ₉ | 0,034 | C ₁₆ | 0,017 | | | | | | |
| | | O ₁₀ | 0,031 | C ₁₇ | 0,016 | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|----------------------|------|
| B₅ | 0,036 | O₁₁ | 0,038 | C₁₈ | 0,019 | R₂₁ | 0,015 | A₄ | 0,05 |
| | | O₁₂ | 0,029 | | | | | | |

Tablo 6’da yer alan ağların bütünleştirilmesi sonucunda elde edilen bilgiler incelendiğinde en önemli kriter 0,049 önem puanıyla hava kirliliğini azaltmak (B_1), en önemli ikinci kriter ise 0,047 önem puanıyla toprak kirliliğini azaltmak (B_3) olarak belirlenmiştir. Önem derecesi açısından en düşük öneme sahip olan kriterler ise 0,015 önem puanlarıyla soğuk ütüleme ve gemi hızı düşürme teknolojisi kullanılması (R_{21}) ve liman ücretlerinde ceza fiyatlandırması yapılmaması (R_{20}) olarak tespit edilmiştir. Alternatifler arasında ise yeşil liman sertifikasına sahip olabilmesi en muhtemel liman olarak MIP (A_2) limanı belirlenmiştir.

4. TARTIŞMA

Çalışmanın uygulama bölümünde öncelikle yapılan literatür araştırması ışığında belirlenen kriterler uzman görüşlerinden faydalanılarak tespit edilmiştir. Belirlenen kriterlerin Anastasopoulos (2011), Chiu vd. (2014) ve Elzarka ve Elgazzar (2015) çalışmalarında yer alan kriterlerle örtüştüğü görülmüştür. Ardından kriterlerin önem dereceleri tespit edilmiş ve 2020 yılı sektör raporu verilerine göre bölgesel olarak konteyner (TEU) elleçlemesi en yüksek olan liman başkanlıkları kapsamında belirlenen 4 liman yeşil liman olabilme potansiyelleri bakımından sıralanmıştır.

Fayda ağı için gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen bulgulara bakıldığında, yeşil liman performans değerlendirmesi için en önemli kriterin hava kirliliğini azaltmak olduğu görülmüştür. Nitekim yeşil liman stratejisi öncelikle hava kirliliğini azaltma, hava kalitesini iyileştirme, emisyon miktarını düşürme uygulamaları üzerinde yapılandırılan bir süreçtir. Elde edilen bu sonuç yapılan görüşmelerden elde edilen izlenimlerle ve Goh 2010; Lam ve Li, 2019’nin çalışmalarıyla örtüşmektedir.

Fırsat ağı için yapılan analiz sonucunda elde edilen bulgulara bakıldığında ise, yine yeşil liman performans değerlendirmesi için en önemli kriterin yeşil boyutta liman planlamaları ve gemi tasarımı yapmak olduğu tespit edilmiştir. Nitekim limanların, gemi ve liman planlamalarını yeşil boyutta ele alması ve yapılandırmasının limanların çevreye verdiği zararın önüne geçebilmek adına önemli bir adım olacağı ifade edilebilir. Ayrıca artan ticaret ivmesiyle ihtiyaç haline gelen yeni limanların da yapımında bu kriter göz önünde bulundurulması gün geçtikçe uygulama hızı ve kapsamını genişleten yeşil liman stratejisine uygun bir adım olarak nitelendirilebilir. Yeşil liman başarı faktörleri arasında yeşil boyutta liman planlamaları ve gemi tasarımı yapmak kriterinin en önemli performans göstergesi olarak belirlenmesi ilgili literatürle de (Lee ve Nam 2017; Bjerkan ve Seter 2019) uyumlu bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Maliyet ağı için yapılan analiz sonucunda elde edilen bulgulara bakıldığında, limana en çok maliyet yükleyen kriterin otonom ve otomasyon teknolojileri kullanılmasının maliyeti olduğu görülmüştür. İlgili kriterin maliyet ağı içerisinde en önemli kriter olarak yer almasına rağmen, yeşil liman uygulamaları çevre dostu son teknoloji ekipman (emisyonu azaltmak için elektrikli ekipman, enerji tasarrufu sağlayabilmek için LED aydınlatma, akıllı otonom araçlar) kullanılması yoluyla çevreye verilen zararın önüne geçilmesini amaçlamakta ancak maliyetli olduğu için liman işletmeleri tarafından tercih edilmemektedir. Lakin incelenen literatürde yer alan çalışmalara bakıldığında konu ile ilgili çeşitli matematiksel hesaplamalar yapıldığı ve tahmini olarak ilk 4 yıl içinde maliyetin kendini amorti ettiği sonucuna ulaşıldığı göze çarpmaktadır. Bu bağlamda ortaya çıkan sonucun literatürle de (Gibbs ve diğerleri 2013; Kang ve Kim 2017) bağdaştığı görülmektedir.

Risk ağı için yapılan analiz sonucunda elde edilen bulgulara bakıldığında ise, en önemli kriterin tehlikeli yüklerin depolanması, taşınması ve dökülmesi ile ilgili acil durum planı yapılmaması olduğu tespit edilmiştir. Yeşil liman uygulamaları liman ve gemilerden kaynaklanan tehlikeli yük, kimyasal atık, petrol

ve yakıt gibi maddelerin dökülmesi, taşınması ve depolanması konularında gerekli önlemlerin alınmasını ve meydana gelebilecek bir acil durum için gerekli planlamaların yapılmasını ve böylelikle çevreye verilen zararın önüne geçmeyi hedeflemektedir. Yeşil liman performans faktörleri arasında tehlikeli yüklerin depolanması, taşınması ve dökülmesi ile ilgili acil durum planı yapılmaması kriterinin en önemli kriter olarak sonuçlanmış olması literatürle de (Chengpeng ve diğerleri 2018; Walker ve diğerleri 2019) uyumlu bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır.

ANP-BOCR yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından alternatiflerin sıralaması gerçekleştirilmiş ve yeşil liman olabilme potansiyelleri açısından değerlendirilen limanlar arasında Mersin International Port alternatifinin en yüksek ağırlık ile ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Akfen Su, MIP liman sahasında meydana gelen atıkları öncelikle mahiyetine göre ayrıştırma ardından yükleme, taşıma, geri dönüşüm ve bertarafını yapmaktadır. Ayrıca bu işlem mesleki yeterlilik belgesi olan ve gerekli eğitimleri almış kişilerce takip edilmektedir (www.akfensu.com.tr/mersin-international-port). Çevreye duyarlı kurum kültürü kimliği ile hareket eden MIP, liman faaliyetleri sırasında oluşabilecek acil bir durumda gerekli müdahaleyi gerçekleştirebilecek ekipmana sahip olmakla birlikte sağlık, emniyet ve çevre departmanları da 7/24 hizmet vermektedir. Ayrıca yükleme-boşaltma gibi operasyonlardan kaynaklanan tozumanın su pulvarizasyon sistemleri ile en az seviyeye düşürülmüş ve yine rıhtım ile deniz kirlenmelerinin önüne geçebilmek için konveyör bant yüklemeleri kullanılmamaktadır. Bu bağlamda bakıldığında MIP çevreci uygulamaları faaliyetlerine entegre etmektedir (www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/7440/turkiyenin-akdenizde-can-damari-mersin).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küreselleşen dünya ticaretinin büyümesi uluslararası deniz taşımacılığının vazgeçilmez bileşenlerinden birini temsil eden limanlara olan talebi de artırmıştır. Limanlara olan talebin yükselmesi ise hem yeni limanların inşa edilmesine hem de var olanların büyümesine neden olmuştur. Bu durum ise iklim değişikliği, çevresel kirlilik ve kaynakların tükenmesi gibi çeşitli konuların gündeme gelmesine sebep olmuştur. Şirketlerin imaj açısından çevre dostu olması işletmelerin tercih edilirlilik düzeylerini arttırarak rekabet edebilirlik seviyelerini yükseltmektedir.

Dünya genelinde limanlar çevresel öncelikler ile ekonomik çıkarların dengelenmesinin sağlanabilmesi için yeşil liman stratejilerine geçiş yapmaktadır. Bu bağlamda yeşil liman politikalarının temel noktasını limanlarda oluşan kirliliğin farklı uygulamalarla (gürültü-toprak-su-hava kirliliği önleme, sürdürülebilirliği sağlama, enerji tüketiminin azaltılması) azaltılması oluşturmaktadır. Bu kapsamda güncel yaşamın en önemli problemlerinden biri olarak kabul edilen çevresel kirliliğin engellenmesini amaçlayan yeşil liman stratejilerine ait araştırmalar da önemli bir noktaya konumlanmışlardır.

Bu motivasyonlar doğrultusunda yeşil liman literatürü değerlendirildiğinde, yeşil liman olunabilmesi için bir limanın hangi kriterlere dikkat etmesi gerektiğini araştıran çalışmaların sayısının oldukça kısıtlı olduğu ve incelenen çalışmalarda bulunan kriterlerin farklı olduğu dolayısıyla kriterler arasında bir fikir birlikteliğinin oluşmadığı tespit edilmiştir. Bu bilgilere ek olarak, ilgili literatürdeki çalışmalar genel olarak yorumlandığında çalışmaların büyük çoğunluğunun yeşil limanlara ait yasal konulara değindiği, yöntemsel açıdan ise nitel çalışmaların yoğunlukta olduğu belirlenmiştir.

Bunun yanı sıra yeşil liman statüsüne sahip olmanın limanlara çeşitli fırsatlar, faydalar, riskler ve maliyetler yükleyeceği düşünülmektedir. Bu bilgi kapsamında bir limanın hem yeşil liman sertifikasının olabilmesi için dikkate alınması gereken kriterler üzerinde birlikteliğin sağlanabilmesi hem de işletmelere sunabileceği fırsat, fayda, risk ve maliyetlerin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç çerçevesinde yapılan çalışmada ilk olarak, ilgili literatür araştırması ekseninde ulaşılan kriterler uzmanların (STK üyeleri, özel işletmeler, akademisyenler ile ilgili kamu kurum ve kuruluşları) görüşlerinden yararlanılarak belirlenmiş ve önem dereceleri tespit edilmiştir. İkinci aşamada, yeşil

liman sertifikası bulunmayan 4 liman belirlenerek bu limanların yeşil liman olabilme potansiyelleri incelenerek sıralanmıştır. Bu yönüyle mevcut çalışma limanların yeşil liman sertifikasyonuna sahip olabilme potansiyellerinin BOCR yaklaşımıyla değerlendirildiği ilk çalışma olması nedeniyle ilgili literatüre önemli katkılar sunması beklenmektedir.

Bölgesel anlamda en çok konteyner elleçleme açısından en fazla konteyner elleçleme miktarına sahip olan liman başkanlıkları kapsamında yeşil liman sertifikası olmayan ilk 4 liman mevcut çalışmada alternatif olarak belirlenmiştir. Limanların yeşil liman performanslarının analiz edilebilmesi için öncelikle kapsamlı bir literatür araştırması gerçekleştirilerek çalışmada faydalanılacak kriterler belirlenmiştir. Literatür araştırmasının akabinde elde edilen kriterler akademisyenlerin öneri ve görüşleri ile daraltılarak bir ÇKKV tekniği olan ANP-BOCR aracılığıyla bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizin sonucunda ulaşılan bulgular bütünsel olarak incelendiğinde yeşil liman performans değerlendirmesinde faydalanılan kriterler içerisinde en fazla önem derecesine sahip olan kriter hava kirliliğini azaltmak olarak belirlenmiştir. Alternatifler içerisinde ise yeşil liman sertifikasyonuna sahip olabilme potansiyeli açısından en iyi alternatif MIP olarak tespit edilirken, çevre bilincini geliştirmek, çevre kalitesi izlemenin maliyeti ve paydaşlarla iş birliğinin sağlanmasına yönelik olarak çalışanlara eğitim programları düzenlenmesinin maliyeti, mali sorumluluk sigortası yapılmasının maliyeti ve mesleki yeterlilik belgesi aranması kriterlerinin ise en düşük önem derecesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın sağladığı katkıların yanında bazı kısıtlar da bulunmaktadır. Araştırma kapsamında uzman grupta yer alan kişilerin deneyim ve tecrübelerine göre elde edilen veriler doğrultusunda çalışmanın sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu nedenle çalışmadan elde edilen sonuçlar uzman grubun görüşlerini temsil etmektedir. Bunun yanı sıra ÇKKV tekniklerinin doğasında yer alan uzmanların farklılaşması durumunda kriterlerin önem derecelerinin değişebilme durumu da bir kısıt olarak çalışmada bulunmaktadır.

Gelecek çalışmalar için, limanların yeşil liman sertifikasyonuna sahip olma potansiyelleri TOPSIS, VIKOR gibi farklı yöntemler aracılığıyla veya Bulanık Sezgisel Yöntemlerle ÇKKV yöntemlerinin bütünleştirilmesi aracılığıyla analiz edilebilir ve ulaşılan sonuçlar bu çalışma ile kıyaslanabilir. Ayrıca çalışmadan elde edilen sonuçlara duyarlılık analizi gerçekleştirilerek kriterlerin önem dereceleri farklılaştıkça sonuçlarda oluşabilecek değişkenlikler belirlenebilir. Ayrıca, yeşil liman sertifikası bulunan limanların etkinlik analizleri Veri Zarflama Analizi (VZA) yardımıyla gerçekleştirilerek ilgili literatüre katkı sunulabilir. Son olarak yeşil liman uygulamalarının karşılaştığı engeller araştırılarak bu engellerin ortadan kaldırılmasına yönelik çözüm önerileri ve stratejiler geliştirilebilir.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar Çatışması: [TR] Yazar / yazarlar, kendileri ve / veya diğer üçüncü kişi ve kurumlarla çıkar çatışmasının olmadığını veya varsa bu çıkar çatışmasının nasıl oluştuğuna ve çözüleceğine ilişkin beyanlar ile yazar katkısı beyan formları makale süreç dosyalarına ıslak imzalı olarak eklenmiştir.

[EN] The author(s) declare that they do not have a conflict of interest with themselves and/or other third parties and institutions, or if so, how this conflict of interest arose and will be resolved, and author contribution declaration forms are added to the article process files with wet signatures.

Etik Kurul İzni: Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur. Buna ilişkin ıslak imzalı onam formu, makale süreç dosyasına eklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Abood, K. A., Asce, F., Ph. D. ve P, E. (2007). Sustainable and green ports: application of sustainability principles to port development and operation. 30 Years of Sharing Ideas: 1997-2007, 1-10.
- Acciaro, M., Ghiara, H. ve Cusano, M. I. (2014). Energy management in seaports: A new role for port authorities. *Energy Policy*, 71, 4-12.
- Adams, M., Quinonez, P., Pallis, A. A. ve Wakeman, T. H. (2009). Environmental issues in port competitiveness. *The Atlantic Gateway Research Initiative*, 7.
- Akgül, B. (2017). Green port/eco port project-applications and procedures in Turkey. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 95, 042063.
- Akın, M. (2020). Yeşil limanlarda performans kriterlerinin değerlendirilmesi üzerine nicel bir araştırma. (Yüksek Lisans Tezi). İskenderun Teknik Üniversitesi/Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İskenderun.
- Akın, M. ve Ateş, A. (2021). Türkiye limanları için yeşil liman performans kriterlerinin önem sıralamasının belirlenmesi üzerine nicel bir araştırma. *International Social Sciences Studies Journal*, 7 (78), 840-848.
- Alnıpak, S. ve Yorulmaz, M. (2019). Limanlarımızda sürdürülebilir çevre yönetimi: yeşil liman kavramı. VI. Yıldız Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi, Tam Metin Bildiri Kitabı, 95.
- Anastasopoulos, D., Kolios, S. ve Stylios, Chrysostomos. (2011). How will Greek ports become green ports. *Geo-Eco-Marina*, 17, 73-80.
- Aregall, M. G., Bergqvist, R. ve Monios, J. (2018). A global review of the hinterland dimension of green port strategies. *Transportation Research Part D*, 59, 23-34.
- Arena, F., Malara, G., Musolino, G., Rindane, C., Ramolo, A. ve Vitetta, A. (2018). From green-energy to green-logistics: A pilot study in an Italian port area. *Transportation Research Procedia*, 30, 111-118.
- Aşkın, Ö., Kaya Özbağ, G. ve Gezgen, B. (2024). Yeşil insan kaynakları uygulamalarının yeşil liman performansına etkileri: yeşil farkındalığın aracı ve düzenleyici etkisi. *International Business Congress*, May 9-11, 2024 Kocaeli/Türkiye.
- Ateş, A. ve Akın, M. (2014). Türkiye’de yeşil liman kavramı ve yasal çerçevesi. *Akademik Platform Dergisi*, 174-181.
- Badurina, P., Cukrov, M. ve Dundovic, C. (2017). Contribution to the implementation of green port concept in. *Scientific Journal of Maritime Research*, 31 (1), 10-17.
- Bal, K. (2014). Liman işletmelerinde ISO 14001 çevre yönetim sistemi standardı ve uygulama örneği. (Yüksek lisans tezi). Okan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Balık, İ. (2023). Antalya limanı’nın Türkiye’de elleçlenen yük içerisindeki payı ve yakın çevresindeki limanlar ile karşılaştırmalı yük analizi. *Kent Akademisi*, 16 (3), 1437-1456.
- Barnes-Dabban, H., Tatenhove, J. P. M., Koppen, K. C. S. A. ve Termeer, K. J. A. M. (2017). Institutionalizing environmental reform with sense-making: West and central Africa ports and the green port phenomenon. *Marine Policy*, 86, 111-120.

- Bjerkan, K. Y. ve Seter, H. (2019). Reviewing tools and technologies for sustainable ports: Does research enable decision making in ports. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 72, 243-260.
- Boran, M. ve Alkan, N. (2018). Liman operasyonlarının çevresel etkileri. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 99-105.
- Bottero, M. ve Ferretti, V. (2011). An analytic network process-based approach for location problems: The case of a new waste incinerator plant in the province of Torino (Italy). *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 17, 3-4: 63:84.
- Burçak, U. ve Kuleyin, B. (2016). Evaluation of green performance indicators' priority perception in terms of sustainable port concept: a comparative analysis for Turkish ports. I.Uluslararası Gemi ve Deniz Teknolojileri Kongresi.
- Carballo Penela, A., Mateo-Mantecon, I., Domenech, J. L. ve Coto-Millan, P. (2012). From the motorways of the sea to the green corridors' carbon footprint: the case of a port in Spain. *Journal of Environmental Planning and Management*, 55(6), 765-782.
- Chang, C. C. ve Wang, C. M. (2011). Evaluating the effects of green port policy: Case study of Kaohsiung harbor in Taiwan. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17, 185-189.
- Chen, J., Zheng, T., Garg, A., Xu, L., Li, S. ve Fei, Y. (2019). Alternative maritime power application as a green port strategy: Barriers in China. *Journal of Cleaner Production*, 213, 825-837.
- Chengpeng, W., Di, Z., Xinping, Y. ve Zaili, Y. (2018). A novel model for the quantitative evaluation of green port development: A case study of major ports in China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 431-443.
- Chiu, R. H., Lin, L. H. ve Ting, S. C. (2014). Evaluation of green port factors and performance: A fuzzy ahp analysis. *Mathematical Problems in Engineering*.
- Cusano, M. I. (2013). Green ports policy: An assessment of major threats and main strategies in ports. *Proceedings of the XV Riunione Scientifica della Societa Italiana di Economia dei Trasporti e della Logistica (SIET)*.
- Dai, Q. ve Yang, J. (2020). A distributionally robust chance-constrained approach for modeling demand uncertainty in green port-hinterland transportation network optimization. *Green Port-Hinterland Transportation Network Optimization*, 12 (9), 1492.
- Danışman, İ. K. ve Özalp, A. G. (2016). Karbon ayak izinin azaltılmasında yeşil liman uygulamasının rolü: Marport örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 8, 99-166.
- Darbra, R. M., Ronza, T. A., Stojanovic, T. A., Wooldridge, C. ve Casal, J. (2005). A procedure for identifying significant environmental aspects in sea ports. *Marine Pollution Bulletin*, 50 (8), 866-874.
- Davarzani, H., Fahimnia, B., Bell, M. ve Sarkis, J. (2015). Greening ports and maritime logistics: A review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48, 473-487.
- Demirci, M. ve Arıcan, O.H. (2024). Borusan limanı'nın 'çevresel performansı ve yeşil liman uygulamaları'. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(01), 16-27.
- Deniz Ticaret Odası (DTO) (2020). Denizcilik sektör raporu.
- Du, K., Manios, J. ve Wang, Y. (2019). Green port strategies in China. *Green Ports Elsevier*, 211-229.

- Dulebenets, M. A. (2017). Green vessels scheduling in liner shipping: Modeling carbon dioxide emission costs in sea and at ports of call. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 7 (1), 26-44.
- Elzarka, S. ve Elgazzar, S. (2015). Green port performance index for sustainable ports in Egypt: A fuzzy ahp approach. *Research Gate Journal*, 1-11.
- Esmer, S., Çetin, İ. B. ve Tuna, O. (2010). A simulation for optimum terminal truck number in a Turkish port based on lean and green concept. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 26(2), 277-296.
- Fahdi, S., Elkhechafi, M. ve Hachimi, H. (2019). Green port in blue ocean: Optimization of energy in Asian ports. *5th International Conference on Optimization and Applications (ICOA)*, 1-4.
- Fathallah, A. Z. M., Ariana, I. M., Putra, G. H. ve Ma’ruf, B. (2021). Conceptual design of the LNG dual-fuel system for harbour tug towards Indonesia Greenport. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 012037.
- Fedai, A. ve Madran, C. (2015). Sürdürülebilir liman yönetimi ve Antalya’da iki yat limanında vaka incelemesi. *II. Ulusal Liman Kongresi*.
- Gibbs, D., Rigot-Muller, P., Mangan, J. ve Lalwani, C. (2013). The role of sea ports in end-to-end maritime transport Chain emissions. *Energy Policy*, 64, 337-348.
- Goh, M. (2010). Green ports and green shipping: Singapore’s contribution. *Presentation at World Ocean Forum*, 278-286.
- Gonzalez-Aregall, M. ve Bergqvist, R. (2020). Green port initiatives for a more sustainable port-city interaction: The case study of Barcelona. *Maritime Transport and Regional Sustainability*, 109-132.
- Gültepe-Mataracı, G. D. (2016). Yeşil liman yaklaşımı ve liman işletmelerinde sürdürülebilirlik. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ilık, M. (2020). Tatvan limanının yeşil liman kriterleri açısından değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Bitlis Eren Üniversitesi ve Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis.
- Kang, D. ve Kim, S. (2017). Conceptual model development of sustainability practices: The case of port operations for collaboration and governance. *Journal of Sustainability*, 9 (12), 2333.
- Karakaş, S., Acar, A. Z. ve Kırmızı, M. (2018). Konteyner terminal operasyonlarının akıllı ve yeşil bakış açıları ile incelenmesi. *7. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*, 403-412.
- Korucuk, S. ve Memiş, S. (2019). Yeşil liman uygulamaları performans kriterlerinin DEMATEL yöntemi ile önceliklendirilmesi: İstanbul örneği. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7 (16), 134-148.
- Kotowska, İ. (2016). Policies applied by seaport authorities to create sustainable development in port cities. *Transportation Research Procedia*, 16, 236 – 243.
- Köseoğlu, M. C. ve Solmaz, M. S. (2019). Yeşil liman yaklaşımı: Türkiye ve dünya yeşil liman ölçütlerinin karşılaştırmalı bir değerlendirmesi. *IV. Ulusal Liman Kongresi*.
- Lam, J. S. L. ve Notteboom, T. (2014). The greening of ports: A comparison of port management tools used by leading ports in Asia and Europe. *A Transnational Transdisciplinary Journal*, 34(2), 169-189.

- Lam, J. S. L. ve Voorde, E. V. D. (2012). Green port strategy for sustainable growth and development. *International Forum on Shipping, Ports and Airports (IFSPA)*.
- Lam, S. L. L. ve Li, K. X. (2019). Green port marketing for sustainable growth and development. *Transport Policy*, 84, 73-81.
- Lawer, E. T., Herbeck, J. ve Flitner, M. (2019). Selective adoption: How port authorities in Europe and west Africa engage with the globalizing green port idea. *Journal of Sustainability*, 11 (18), 5119.
- Lee, T. ve Nam, H. (2017). A study on green shipping in major countries: In the view of shipyards, shipping companies, ports, and policies. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(4), 253-262.
- Marzantowicz, L. ve Dembinska, I. (2018). The reasons for the implementation of the concept of green port in sea ports of China. *Logistics and Transport*, 37, 121-128.
- Morales-Caselles, C., Rico, A., Abbondanzi, F., Campisi, T., Iacondini, A., Riba, I. ve DelValls, A. (2008). Assessing sediment quality in Spanish ports using a green alga bioassay. *Ciencias Marinas*, 34(3), 329-337.
- Munim, Z. H., Sornn-Friese, H. ve Dushenko, M. (2020). Identifying the appropriate governance model for green port management: Applying Analytic Network Process and Best-Worst methods to ports in the Indian Ocean Rim. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122156.
- Musyarofah, S.A., Tontowi, A.E., Masruroh, N.A. ve Wibowo, B.S. (2024). Constructing a new index for measuring industrial estate readiness using the analytic network process (ANP) approach. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100467>.
- Özdemir, Ü. (2018). Türkiye’de Yeşil liman uygulamaları üzerine bir değerlendirme örneği. *Social Sciences Studies Journal*, 4 (16), 1209-1218.
- Özispä, N. ve Arabelen, G. (2021). Limanların sürdürülebilirlik stratejilerinin AHP yaklaşımı ile önceliklendirilmesi. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 16 (63), 1430-1453.
- Özsever, E., Köseoğlu, M. C. ve Şihmantepe, A. (2019). Türkiye yeşil liman ölçütleri: Gürültünün bir ölçüt olarak incelenmesi. *IV. Ulusal Liman Kongresi*, 7-8.
- Park, J. Y. ve Yeo, G. T. (2012). An evaluation of greenness of major Korean ports: a fuzzy set approach. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 28 (1), 67-82.
- Pavlic, B., Cepak, F., Sucic, B., Peckaj, M. ve Kandus, B. (2014). Sustainable port infrastructure, practical implementation of the green port concept. *Thermal Science*, 18(3), 935-948.
- Peker, İ., Baki, B., Tanyas, M. ve Ar, İ. M. (2016). Logistics center site selection by ANP/BOCR analysis: A case study of Turkey. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 30 (4), 2383-2396.
- Peng, Y., Li, X., Wang, W., Wei, Z., Bing, X. ve Song, X. (2019). A method for determining the allocation strategy of on-shore power supply from a green container terminal perspective. *Ocean & Coastal Management*, 167, 158-175.
- Peng, Y., Liu, H., Li, X., Huang, J. ve Wang, W. (2020). Machine learning method for energy consumption prediction of ships in port considering green ports. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121564.

- Roh, S., Thai, V. V. ve Wong, Y. D. (2016). Towards sustainable ASEAN Port development: Challenges and opportunities for Vietnamese ports. *The Asian. Journal of Shipping and Logistics*, 32 (2), 107-118.
- Saaty, T. L. (1999). Fundamentals of the analytic network process. *Proceedings of the 5th international symposium on the analytic hierarchy process*, 12-14.
- Saaty, T. L. (2004). Fundamentals of the analytic network process-multiple networks with benefits, costs, opportunities and risks. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13 (3), 348-379.
- Saaty, T. L. (2009). Applications of analytic network process in entertainment.
- Sanrı, Ö. (2021). Yeşil limanlar üzerine içerik analizi, 2009-2020. *Beykoz Akademi Dergisi*, 9(2), 50-72.
- Satır, T. ve Doğan-Sağlamtimur, N. (2018). The protection of marine aquatic life: Green port (ecoport) model inspired by green port concept in selected ports from Turkey. *Europe and the Usa, Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 6 (1), 120-129.
- Saxe, H. ve Larsen, T. (2004). Air pollution from ships in three Danish ports. *Atmospheric Environment*, 38, 4057-4067.
- Schenone, C., Pittaluga, I., Repetto, S. ve Borelli, D. (2014). Noise pollution management in ports: A brief review and the EU mesp project experience. *The 21st International Congress on Sound and Vibration*, 13-17.
- Schipper, C. A., Vreugdenhil, H. ve Jong, M. P. C. (2017). A sustainability assessment of ports and port-city plans: comparing ambitions with achievements. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 57, 84-111.
- Shafaghat, A., Keyvanfar, A. ve Ket, C.W. (2022). A decision support tool for evaluating the wildlife corridor design and conservation performance using analytic network process (ANP). *Journal of Nature Conservation*, 70, 1-11.
- Solmaz, M. S., Başkaya, A., Savaş, A. ve Akman, M. (2019). Yenilenebilir enerjinin gemilerde kullanılması: bir yağ barcına kurulan hibrit sistemin ekonomik ve çevresel analizi ile optimizasyonu. *Journal of ETA Maritime Science*, 7(2), 179-191.
- Spengler, T. ve Tovar, B. (2021). Potential of cold-ironing for the reduction of externalities from in-port shipping emissions: The state-owned Spanish port system case. *Journal of Environmental Management*, 279, 111807.
- Teerawattana, R. ve Yang, Y. C. (2019). Environmental performance indicators for green port policy evaluation: Case study of laem Chabang port. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 35(1), 63-69.
- Torozi, C. ve Vaccaro, R. (2000). Environmental impact of port activities. *WIT Transactions on The Built Environment*, 51.
- Tutak, E. (2023). Deniz güvenliğinde 21. yüzyıl tehditlerinin ahp yöntemiyle değerlendirilmesi. *Güvenlik Stratejileri Dergisi*, 19 (44), 101-37.
- Tuzkaya, G., Önüt, S., Tuzkaya, U. R. ve Gülsün, B. (2008). An analytic network process approach for locating undesirable facilities: An example from Istanbul, Turkey. *Journal of Environmental Management*, 88, 970-983.

- Venkatesh, SB. ve Sriraman, V. P. (2020). A notional research on implementing green port strategy at the new Mangalore port trust. *International Journal of Management*, 11 (10), 1210-1220.
- Vural, Ö. ve Acer A. (2024). Yeşil liman kriterlerinin swara yöntemi ile değerlendirilmesi. *Örgütlerin Yönetimi Dergisi*, 1(01), 1–14.
- Wakeman, R. (1996). What is a sustainable port? The relationship between ports and their regions. *Journal of Urban Technology*, 3(2), 65-79.
- Walker, T. R., Adebambo, O., Feijoo, M. C. D. A., Elhaimer, E., Hossain, T., Edwards, S. J., Morrison, C. E., Romo, J., Sharma, N., Taylor, S. ve Zomorodi, S. (2019). Environmental effects of marine transportation. *World Seas: An Environmental Evaluation Academic Press*, 505-530.
- Wang, H., Huo, D. ve Ortiz, J. (2015). Assessing energy efficiency of port operations in china: A case study on sustainable development of green ports. *Open Journal of Social Sciences*, 3, 28-33.
- Wijnmalen, D. J. D. (2007). Analysis of benefits, opportunities, costs, and risks (BOCR) with the AHP–ANP: A critical validation. *Mathematical and Computer Modelling*, 46, 7-8, 892-905.
- Winnes, H., Styhre, L. ve Fridell, E. (2015). Reducing GHG emissions from ships in port areas. *Research in Transportation Business & Management*, 17, 73-82.
- Wu, X., Zhang, L. ve Yang, H. C. (2020). Integration of eco-centric views of sustainability in port planning. *Journal of Sustainability*, 12 (7), 2971.
- Xu, G. ve Dadi, Z. (2020). Study on evaluation system of green port development. *E3S Web of Conferences EDP Sciences*, 05012.
- Yahya, N. (2019). Adopting a green port standard for world's sustainability. *Journal of Arts & Social Sciences*, 2 (1), 1-11.
- Yakan Dündar, S. D. (2020). Observing the water quality in the vicinity of green ports located in the Marmara sea, Turkey. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 1-13.
- Yalılı Kılıç, M. ve Adalı, S. (2020). Deniz ulaşımından kaynaklanan gürültü kirliliğinin belirlenmesi: Bursa Güzelyalı örneği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(2), 1015-1024.
- Yang, Y. C. ve Chang, W. M. (2013). Impacts of electric rubber-tired gantries on green port performance. *Research in Transportation Business & Management*, 8, 67-76.
- Yang, Y. C. ve Lin, C. L. (2013). Performance analysis of cargo-handling equipment from a green container terminal perspective. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 23, 9-11.
- Yapıcı, M. ve Koldemir, B. (2015). Limanlarda alternatif yenilenebilir enerji kullanımının incelenmesi. II. Ulusal Liman Kongresi.
- Yılmaz, F. (2019). Contributions of “green-ecoport approach” to merchant trade and logistics: Comparison of practices in Turkey and the European Union (EU). *Journal of Transportation and Logistics*. 4 (2), 65-78.
- Yiğit, K. (2018). Gemi teknolojisinde alternatif enerji sistemlerinin kullanım potansiyelinin incelenmesi. *Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi*, 214, 5-18.

- Ying, H. ve Yijun, J. (2011). Discussion on green port construction of Tianjin port. International Conference on Biology, Environment and Chemistry, 467-469.
- Yorulmaz, M. ve Baykan, Y. (2023). Türkiye’de sürdürülebilir liman işletmeciliği ve yönetimi literatürünün değerlendirilmesi. Sürdürülebilir Çevre Dergisi, 3(1), 1-12.
- Yorulmaz, M. ve Patruna, E. (2022). Sürdürülebilir yeşil liman algısının ve yönetiminin değerlendirilmesi. Uluslararası Afro-Avrasya Araştırmaları Dergisi, 7(13), 148-168.
- Yun, P.E.N.G., Xiangda, L.I., Wenyan, W.A.N.G., Ke, L.I.U. ve Chuan, L.I. (2018). A simulation-based research on carbon emission mitigation strategies for green container terminals. Ocean Engineering, 163, 288-298.

EXTENDED SUMMARY

Research Problem:

In this study, the aim is to evaluate the potential of ports operating in Turkey to obtain green port certification by using ANP-BOCR method. According to the performed literature review, it is perceived that very divergent criteria are taken into account in research and there is no unity among the criteria. It is considered that the research will make an important contribution to the literature by being the first research to evaluate existing ports from the BOCR perspective according to their potential to become green ports.

Research Questions:

The following research questions (RQs) will be sought in the current study:

RQ-1: What are the criteria that ports need to consider in order to obtain green certification?

RQ-2: What are the priority values of these criteria?

RQ-3: Within the framework of these criteria, what are the ranking of the ports in Turkey that do not yet have green port certification in terms of their potential to obtain this certification?

Literature Review:

The literature research has been shaped within the framework of two main headings, highlighting the criteria and methods used in green port studies. Evaluating previous studies on green ports, it can be said that there are few studies on which criteria should be taken into account in order for ports to achieve green certification. In addition, it is noticed that very different criteria are taken into account in these studies and there is no unity among them. It is thought that this study will make a significant contribution to the literature by being the first study to evaluate existing ports from the BOCR perspective according to their potential to become green ports.

Methodology:

In the study, green port evaluation criteria were determined from the BOCR perspective. In line with the data obtained, the ANP method was used to rank port alternatives. ANP is a generalization of the AHP method, which is based on structuring by taking into account the dependencies between the elements in the hierarchical structure (Saaty, 2009: 42). In a decision process designed with the help of ANP-BOCR, the “benefits” that can be obtained from making the relevant decision, the potential returns that may occur in the future (Opportunity), the “costs” that may occur when the decision is

made, and the possible “risks” that may occur with the decision can be analyzed (Wijnmalen, 2007: 893; Peker et al., 2016: 2386).

Results and Conclusions:

Considering the findings obtained as a result of the analysis carried out for the benefit network, it was seen that the most important criterion for green port performance evaluation is reducing air pollution. When we look at the findings obtained for the opportunity network, it has been determined that the most important criterion for green port performance evaluation is green port planning and ship design. According to the analysis results for the cost network, it was seen that the criterion that imposes the most costs on the port is the cost of using autonomous and automation technologies. As a result of the analysis made for the risk network, it was determined that the most important criterion was not making an emergency plan for the storage, transportation and spillage of dangerous cargo. After determining the criterion weights with the ANP-BOCR method, the alternatives were ranked and it is seen that the Mersin International Port alternative ranks first with the highest weight among the ports evaluated in terms of their potential to be a green port.

Face-to-face interviews planned to be held within the scope of the research were conducted via e-mail and telephone due to the pandemic that affected the whole world, and therefore, problems were experienced in answering the surveys and receiving feedback. In addition, the fact that the importance levels of the criteria may change if the experts in the nature of MCDM techniques differ is also a limitation in the study.

For future studies, the potential of ports to have green port certification can be analyzed through different methods such as TOPSIS, VIKOR or by integrating Fuzzy Heuristics and MCDM methods, and the results can be compared with this study.