



Research on employing containers as pre-disaster storage units to enhance the effectiveness of post-disaster operations

Elif Yörük^{ID}, Adil Baykasoğlu*^{ID}

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Dokuz Eylül University, Tınaztepe Campus, 35397, İzmir, Türkiye

Highlights:

- Exploring the characteristics, intended usage and practical applications of disaster containers
- Analyzing issues pertaining to the management of disaster containers for sustainable disaster management systems
- Examining the location selection problem of disaster containers and performing a case study

Keywords:

- Disaster containers
- Disaster management
- Rapid response
- Pre-disaster planning
- Emergency relief items

Article Info:

Research Article

Received: 19.12.2023

Accepted: 26.07.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1407058

Acknowledgement:

The first author was supported by the 2211/E National PhD Scholarship Program of the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK).

Correspondence:

Author:

e-mail:

adil.baykasoglu@deu.edu.tr

phone: +90 232 301 7607

Graphical/Tabular Abstract

Disaster containers are freight containers that are customized for usage in disaster management. These containers contain different types of emergency relief materials. Locating these containers in risky places can provide rapid intervention. People can respond to disasters quickly by using the relief materials in containers without having to wait for organized help to arrive, thus the number of unintended casualties can be reduced. Disaster containers and their importance are visualized in Figure A.

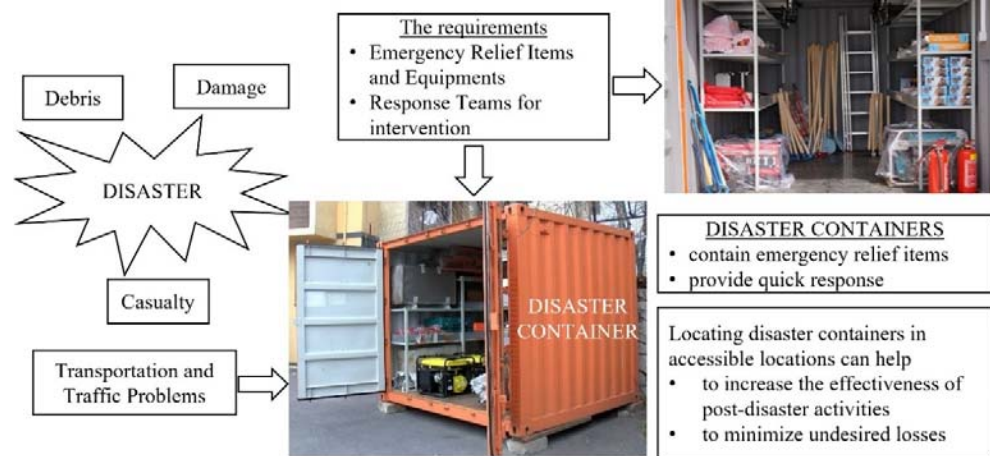


Figure A. Disaster containers and their importance

Purpose: The purpose of this study is to examine the usage of disaster containers, to understand the current applications, and to define new research problems related to the management of disaster containers to increase disaster resilience.

Theory and Methods: Detailed research was conducted on the characteristics of disaster containers, their purpose of use, their applications in Türkiye and other countries, and their management process. Then, comprehensive literature review was conducted on using containers as storage units in disaster management. Some criteria that affect location selection of disaster containers are defined and a mathematical model is proposed. A real-life case study is performed to decide location of disaster containers in İzmir-Narlıdere.

Results: As a result of the detailed examinations, it was understood that disaster containers are very important for rapid and effective response after disasters to minimize losses. However, it was observed that there were some problems in the current management process of the containers. In addition, a detailed literature review on disaster containers revealed that there is a very limited studies in this field. Considering both the importance of the subject and the gap in the literature, in line with the expert opinions, some problems that are not studied in the current literature regarding the planning and management of disaster containers were identified, and some solution approaches were suggested.

Conclusion: It is foreseen that the issues regarding the use and management of disaster containers will come to the fore in order to minimize losses, especially in regions at high risk of natural disasters, such as Türkiye, and these studies will attract researchers' consideration and more research will be carried out both academically and administratively in this context.



Afet sonrası faaliyetlerin etkinliğini arttırmak için afet öncesinde konteynerlerin stoklama birimi olarak kullanımını üzerine bir araştırma

Elif Yörük^{ID}, Adil Baykasoğlu*^{ID}

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi, 35397, İzmir, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- Afet konteynerlerinin özelliklerinin, kullanım amacının ve gerçek hayat uygulamalarının incelenmesi
- Sürdürülebilir bir afet yönetim sistemi için afet konteynerleri özelinde yönetimsel problemlerin analizi
- Afet konteynerlerinde yer seçimi probleminin incelenmesi ve bir uygulama gerçekleştirilmesi

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 19.12.2023

Kabul: 26.07.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1407058

Anahtar Kelimeler:

Afet konteynerleri,
afet yönetimi,
hızlı müdahale,
afet öncesi planlama,
konteyner yer seçimi

ÖZ

Doğal afetler sonucunda fiziksel, sosyal, çevresel ve ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Afet yönetimi faaliyetlerinin yetersiz olması ve/veya planlanan faaliyetlerin eksik uygulanması sebebiyle kayıpların arttığı bilinmektedir. Doğal afetten sonraki ilk 72 saat içinde yapılan müdahaleyle can kayıpları azaltılabilmektedir. Bu süreçte hızlı müdahale için yardım malzemelerine ve ekiplere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple acil yardım malzemelerinin afet bölgesine hızlıca ulaştırılması çok önemlidir. Belirli yerlerde yardım malzemelerini içeren afet depoları bulunsa da afet sonrası sıklıkla ortaya çıkan ulaşım problemleri sebebiyle malzemelerin kısa sürede afet bölgesine ulaştırılmasında sorunlar yaşanmaktadır. Afet konteyneri olarak bilinen, içerisinde yardım malzemeleri stoklanabilen konteynerlerin hazırlanması ve uygun yerlere yerleştirilmesi uzmanların da vurguladığı gibi afetten sonraki süreçte hızlı ve etkin müdahale için hayati önem taşımaktadır. Afet bölgesindeki görevliler, organize yardım ulaşıncaya kadar geçen zamanda, beklemeden, kullanıma hazır durumda olan konteyner içindeki yardım malzemelerine erişerek hızlı müdahale sağlayabilmekte, böylelikle kayıplar en aza indirilebilmektedir. Bu motivasyonla, bu çalışmada afet konteynerleri ile ilgili kapsamlı bir araştırma yapılarak mevcut durum analiz edilmiştir. Literatürde afet konteynerleri ile ilgili kısıtlı sayıda yapılan çalışmalar incelenmiş ve uzman görüşleri ışığında afet konteynerlerinin yönetimi ile ilgili eksiklikler ve duyulan ihtiyaçlar ortaya konularak yönetimsel problemler tanımlanmış ve farklı çözüm yaklaşımları önerilmiştir. Ayrıca afet konteynerlerinde yer seçimi problemi incelenerek İzmir-Narlıdere’de bir uygulama yapılmıştır.

Research on employing containers as pre-disaster storage units to enhance the effectiveness of post-disaster operations

H I G H L I G H T S

- Exploring the characteristics, intended usage and practical applications of disaster containers
- Analyzing issues pertaining to the management of disaster containers for sustainable disaster management systems
- Examining the location selection problem of disaster containers and performing a case study

Article Info

Research Article

Received: 19.12.2023

Accepted: 26.07.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1407058

Keywords:

Disaster containers,
disaster management,
rapid response,
pre-disaster planning,
container location selection

ABSTRACT

Numerous losses occur after natural disasters. It is well-known that these losses escalate due to insufficient disaster-management activities and/or improper implementation of planned strategies. Instantaneous intervention within the first 72 hours post-disaster is critical for minimizing losses. During this critical-period, there is need for emergency materials and response teams. Subsequently, swift delivery of emergency materials to the disaster-stricken area holds paramount importance. Despite the existence of warehouses stocked with emergency materials in specific locations, transportation issues often hinder the prompt delivery of materials to the disaster area. Experts emphasize the significance of preparing and strategically placing containers that stock essential relief items. These containers play important roles in facilitating rapid and effective response. Implementation of disaster containers allows the recovery team to provide a swift response by accessing readily available emergency equipment stored in containers, thereby reducing losses. Motivated by this, comprehensive research on disaster containers has been conducted. Examining few studies on disaster containers in literature and drawing on expert opinions, identified deficiencies and needs related to management of disaster containers. Some management problems are outlined and various solution approaches proposed. Additionally, the problem of location selection in disaster containers is examined and an application is performed in Izmir-Narlıdere.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : elif.ercan@deu.edu.tr, *adil.baykasoglu@deu.edu.tr / Tel: +90 232 301 7607

1. Giriş (Introduction)

Dünyanın farklı bölgelerinde pek çok doğal afet meydana gelmekte ve bu doğal afetler sonucunda birçok can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Ayrıca bu durum, fiziksel, çevresel, sosyal ve ekonomik zararlara neden olmaktadır. Acil Durum Olay Veri Tabanı (EM-DAT) 2022 yılında dünya genelinde aşırı sıcaklık, kuraklık kaynaklı kıtlık, fırtına ve deprem gibi 387 doğal tehlike ve afet kaydetmiştir. Bu felaketler 30.704 can kaybına yol açmış, 185 milyon kişiyi etkilemiş ve yaklaşık 223,8 milyar dolar ekonomik kayıp meydana gelmiştir [1]. Depremler, dünya çapında yıkıcı sonuçlara neden olan başlıca doğal afetlerden birisidir. Türkiye bulunduğu konum itibarıyla deprem açısından yüksek risk taşımaktadır. Türkiye yüzölçümünün %18'inin birinci derece deprem tehlikesinde olduğu ve ülke nüfusunun %27'sinin bahsi geçen bölgede yaşadığı belirtilmiştir [2].

2023 yılının şubat ayında Türkiye'nin Kahramanmaraş ilinde 7,8 ve 7,5 büyüklüklerinde iki büyük deprem meydana geldi ve bu depremler Türkiye'nin güney ve güneydoğusunda bulunan 11 ili ciddi düzeyde etkiledi. İçişleri Bakanlığı'ndan yapılan son açıklamaya göre bu depremler sonucunda 7.302'si mülteci olmak üzere toplam 50.783 kişi hayatını kaybetmiş, 107.000'e yakın kişi de yaralanmıştır. Kayıp olduğu bildirilen kişilerden 297'si hala bulunamamıştır. Deprem felaketinden toplam 9,1 milyon kişi etkilenmiş, 3 milyon kişi yerinden edilmiş ve 298.000 bina tamamen yıkılmıştır [3]. Afet yönetim planlarının ve faaliyetlerinin yeterli olmaması ve/veya uygulamaların yetersiz kalması kayıpların yüksek olmasının ana sebeplerindedir.

Afet yönetim planlaması afet öncesi, afet sırası ve afet sonrası olarak üç başlık altında toplanmaktadır. Afet öncesi planlama, afet sırasında ve sonrasında etkin afet yönetimi için önemlidir [5]. Doğal afet gerçekleştiğinde sonraki ilk 72 saat altın saat olarak tanımlanmıştır ve bu süreçte acil yardım ekiplerinin ve malzemelerinin afet bölgesine hızlıca ulaştırılması önem arz etmektedir [5, 6]. Bu sebeple acil yardım malzemelerinin uygun yerlere yerleştirilmesi ve afet sonrası erişilebilir olması gerekmektedir. Belirli yerlerde acil yardım malzemelerini içeren afet depoları bulunmaktadır ancak afet sonrasında meydana gelen trafik sıkışıklığı, yolların hasar görmesi veya merkez depoların afet noktasından uzak oluşu, olumsuz hava koşulları gibi nedenlerden dolayı afetin gerçekleştiği bölgeye acil yardım malzemelerinin hızlıca ulaştırılmasında sık sık sorunlar yaşandığı bilinmektedir. Kahramanmaraş'ta 6 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen depremlerden sonra acil yardım malzemelerine kısa sürede erişim sağlanamaması ve acil kurtarma ekiplerinin hızlı bir şekilde afet bölgesine ulaşamaması nedeniyle can kayıplarında ciddi oranda artış olduğu belirtilmiştir [6]. Belirtilen kayıpların minimum seviyeye indirebilmek için, afet sonrasında gerçekleştirilecek olan faaliyetlerin dikkatlice planlanması ve etkin bir şekilde yönetilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, merkezi ve yerel kaynaklar gözetilerek yardım malzemelerinin bölgeye ulaştırılması ve dağıtımı ile ilgili planlamalar farklı senaryolar altında incelenmelidir [7]. Özellikle lokal afet müdahale tesislerinin oluşturulması ve kullanıma hazır durumda olan acil yardım malzemelerini içeren bu tesislerin insanların kolayca erişebileceği noktalara yerleştirilmesi afet sonrasında bölgeye merkezi yardımlar gelene kadar geçen sürede beklemeye gerek kalmadan hızlı müdahale sağlamaktadır [8]. Bu motivasyonla, afet sonrası acil yardım ekipmanlarına rahat ulaşabilmek adına içinde darbeli matkap, jeneratör, ilk yardım çantası ve ilaç gibi çeşitli acil yardım malzemeleri bulunan afet konteynerlerinin hazırlanması ve uygun yerlere yerleştirilmesi afet öncesi ele alınması gereken faaliyetlerden biri olarak gündeme getirilmelidir [9, 10].

Bu çalışmada, doğal afet sonrası afet bölgesine hızlı müdahale edebilmek adına afet öncesi süreçte afet konteynerleri (afet

istasyonları) hazırlanması ve belirli bölgelere (mahalle vb.) yerleştirilmesi üzerine bir araştırma yapılmıştır. İlk aşamada, afet konteynerlerinin kullanılma amacı ve özellikleri araştırılmış, daha sonra afet konteynerlerinin bulunduğu yerler ve konteynerlerin kullanımı ile ilgili mevcut durum açıklanmıştır. Farklı ülkelerden ve Türkiye'nin farklı şehirlerinden örnek uygulamalar paylaşılmış, konteynerlerin yönetsel süreci ele alınmıştır. Uzman görüşleri doğrultusunda konteynerlerin önemi ve gerekliliği vurgulanmış, afet konteynerlerinin yönetimine yönelik mevcut sistemdeki eksiklikler açıklanmış ve irdelenmiştir. Afet konteynerleri ile ilgili yazın taraması yapılmış ve bu alanda yapılmış kısıtlı sayıda çalışmaları incelenmiştir. Literatürde afet konteynerleri ile ilgili ele alınan problemlere ek olarak uzman görüşleri doğrultusunda olası planlama ve yönetim problemleri ifade edilmiş ve çözüm yaklaşımları önerilmiştir. Ayrıca, afet konteynerleri için yer seçimi problemi incelenmiş, bu kapsamda küme kapsamı temelli bir matematiksel model geliştirilmiş ve İzmir'in Narlıdere ilçesinde gerçek veriler ile bir uygulama çalışması yapılmıştır.

Makalenin sonraki bölümleri şu şekilde düzenlenmiştir: İkinci bölümde, afet konteynerlerinin özellikleri, kullanım amacı, bulunduğu yerler, yönetsel süreci, mevcut durumda karşılaşılan yönetsel sorunlar ve afet konteynerlerinin gerekliliği detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, konteynerlerin afet yönetiminde stoklama birimi olarak kullanılması ile ilgili yapılan yazın araştırması sunulmuştur. Dördüncü bölümde, uzman görüşleri doğrultusunda mevcut durum dikkate alınarak afet konteynerlerinin planlama ve yönetimi ile ilgili literatürde bulunmayan bazı problemler tanımlanmış ve çözüm yaklaşımları önerilmiştir. Beşinci bölümde, afet konteynerlerinde yer seçimi için İzmir'in Narlıdere ilçesinde yapılan uygulama açıklanmıştır. Son olarak, altıncı bölümde çalışmanın sonuçları sunulmuştur.

2. Afet Konteynerleri (Disaster Containers)

2.1. Afet Konteynerlerinin Özellikleri (Features of Disaster Containers)

Alanının önde gelen isimlerinden jeofizik mühendisi ve deprem bilimci Prof. Dr. Haluk Eyidoğan afet yönetiminde konteynerlerin iki farklı şekilde kullanılabilirliğini belirtmektedir. Bunlardan ilki, doğal afet sonucunda evlerini kaybeden ve/veya evlerine giremeyen vatandaşlar için barınma amacıyla kullanılan konteynerlerdir. İkincisi ise afet sonrasında afet bölgesine müdahale için kullanılacak olan acil yardım malzemelerini ve ekipmanlarını stoklamak için kullanılan konteynerlerdir. Barınma için olan konteynerler ülkemizde yaygın olarak bilinsede afet konteyneri olarak tanımlanan ve acil durum ekipmanlarını stoklamak için kullanılan konteynerler özellikle toplum tarafından pek bilinmemektedir [11]. Afet konteynerleri (afet istasyonları, mahalle afet istasyonları, acil durum konteynerleri) ilaçlar, antiseptikler, ilk yardım setleri, sedyeler, yangın söndürme tüpleri, jeneratörler, kırıcı delici matkaplar ve el fenerleri gibi çeşitli acil yardım malzemelerinin stoklandığı özelleştirilmiş yük konteynerleridir. İçerisinde acil yardım malzemeleri bulunan afet konteynerleri, doğal afetlerden önce riskli olan bölgelere yerleştirilir. Malzemelerin konteynerlerde stoklanmasının amacı doğal afet sonrasında kapsamlı yardımın afet bölgesine ulaşmasını beklemeyen afet konteynerlerindeki malzeme ve ekipmanların kullanılabilmesiyle bölgeye hızlıca müdahale edilmesini sağlamaktır [9-11]. Taşımacılık sektöründe kullanılan ve farklı standart ölçüleri bulunan yük konteynerleri (örneğin 20'lik ve 40'lik konteynerler) dayanıklı olmaları sebebiyle acil yardım malzemelerini stoklamak için afet konteyneri olarak kullanılabilir [12-14]. Bazı konteyner üreticisi firmalar, belirlenen farklı standart boyutlarda afet konteynerleri üretip ticari olarak satışta sağlamaktadır [13-16]. Örnek afet konteynerleri Şekil 1'de gösterilmiştir [13, 14].

Afet konteynerlerinin içinde stoklanan malzemeler standart olmamakla birlikte genellikle bu konteynerlerde, afetzedeleri enkaz altından kurtarmak için gerekli olan alet ve ekipmanlar, yaralıların müdahale için sedye, ilaç ve ilk yardım malzemeleri ve arama kurtarma ve haberleşme için radyo ve el telsizi gibi yaklaşık 60 çeşit malzeme stoklanmaktadır [12, 17]. Detaylı malzeme listesine ilgili referanstan [17] ulaşılabilir. Örnek bir afet konteynerinin içinde bulunan malzemeler Şekil 2'de gösterilmektedir [17]. Afet konteynerleri, afet bölgesinde bulunan ekipler ve gönüllüler için etkilenen bölgeye hızlı müdahale etme imkanı sunmaktadır. Konteyner içinde stoklanan acil yardım ve arama kurtarma malzemeleri sayesinde ekipler kapsamlı yardım malzemelerinin bölgeye ulaşmasını beklemeye gerek kalmadan afet bölgesine müdahale ederek ortaya çıkabilecek kayıpları en aza indirebilmektedir [9, 10]. Afet konteynerlerinin doğal afet riski olan bölgelerde erişilebilir noktalara yerleştirilmesi, bölgeye yapılan erken müdahale sayesinde afet sonrasında oluşabilecek kayıpların azaltılmasını sağlayabilmektedir. Bu sebeple, afet konteynerlerinin hazırlanması ve ilgili bölgelere yerleştirilmesi afet öncesi planlama aşamasında ele alınmalıdır.

2.2. Afet Konteynerlerinin Mevcut Durumu ve Yönetim Süreci (Current Status and Management Process of Disaster Containers)

Afet konteynerlerinin kullanımı dünya genelinde çok yaygın olmamakla birlikte özellikle deprem ve tsunami gibi doğal afetler açısından riskli olan bölgelere hükümetler afet sonrası hızlı müdahale için afet konteynerleri yerleştirmeyi tercih etmektedir. Örneğin Oregon, Washington, California gibi eyaletlerde farklı noktalara deprem ve tsunami felaketleri için afet konteynerleri yerleştirilmiştir. Oregon Jeoloji ve Maden Endüstrisi Bölümü ile Oregon Acil Durum Yönetim Ofisi pek çok uzmandan elde ettikleri bilgiler ve geçmişteki tecrübeler ışığında afet konteynerlerinin hazırlanması ve yönetimi için bir planlama kılavuzu yayınlamışlardır [12]. Bu kılavuzda başarılı ve sürdürülebilir bir afet konteyneri yönetim sistemi geliştirebilmek için planlama süreci tanımlanmış, Washington ve Oregon'un farklı bölgelerinden örnek afet konteyneri uygulamaları incelenmiş ve bu

uygulamalar kılavuzda detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Oregon sahiline yerleştirilen örnek bir afet konteyneri uygulaması Şekil 3'te gösterilmiştir [12].

Daha önce bahsedildiği üzere, Türkiye'nin pek çok bölgesi deprem açısından risklidir. Bu sebeple, Türkiye'de riskli bölgelere afet konteyneri yerleştirmek önemli bir afet öncesi faaliyet olarak tanımlanabilir. Afet konteynerleri ile ilgili Türkiye'deki mevcut durum incelendiğinde bazı şehirlerdeki belediyelerin afet konteynerleri hazırlayıp çeşitli yerlere yerleştirdiği ve/veya önlem olarak yerleştirmeye başladığı tespit edilmiştir. Örneğin, Tekirdağ'da 25 adet afet konteyneri bulunmakta olup, vatandaşlar Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi'nin internet sitesinden [18] kendilerine en yakın afet konteynerinin yerini öğrenebilmekte ve bu konteynerlere ulaşmak için yol tarifi alabilmektedir. İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin 2023 yılı mart ayında yayınladığı afet planında İzmir'in Buca, Bayraklı, Karabağlar, Karşıyaka, Bornova, Urla, Aliağa ve Torbalı ilçelerine toplam dokuz adet afet konteyneri yerleştirildiği görülmektedir [19]. 2022 yılının sonu itibarıyla Bursa ilinin Nilüfer ilçesindeki 28 mahalleye toplam 28 adet afet konteyneri yerleştirildiği belirtilmiştir [20]. Afet konteynerlerinin yerleştirilmeye başlandığı bir diğer il ise Mersin'dir. Mersin ilinin ilk afet konteyneri 2021 yılında Mezitli ilçesine yerleştirilmiştir [21]. Deprem açısından riskli olan önemli şehirlerden birisi de İstanbul'dur. İstanbul'a afet konteynerleri 1999 depreminden sonra yerleştirilmeye başlanmış ve bu süreçte 762 mahalle ve 173 köye yaklaşık 2000 adet afet konteyneri yerleştirilmiştir fakat zaman geçtikçe İstanbul'un farklı yerlerine yerleştirilen konteynerlerin içindeki jeneratör gibi pahalı malzemelerin çalındığı ortaya çıkmıştır. Artan hırsızlık olayları sebebiyle konteynerlerin yerlerinde değişiklikler yapılmış ve İstanbul Valiliği Afet Yönetim Merkezi, 2009 yılında konteynerlerin bakımı ve kontrolü için ilçe belediyeleri görevlendirmiştir. Günümüzde, yerleştirilen 2000 adet afet konteynerinden yalnızca 505 tanesinin İstanbul'un 39 ilçesinde kullanılabilir durumda olduğu belirtilmiştir [11, 22]. Afet konteynerlerinin riskli olan bölgelere yerleştirilmesinin yanında, konteynerlerde stoklanan malzemelerin afet sonrasında kullanılabilir durumda olması için konteynerlerin güvenliğinin



Şekil 1. Örnek Afet Konteynerleri [13, 14] (Examples of Disaster Containers [13, 14])



Şekil 2. Afet Konteynerinin İçinde Bulunan Malzeme Örnekleri [17] (Examples of Materials in a Disaster Container [17])

sağlanması ve içindeki malzemelerin periyodik olarak yenilenmesi ve/veya bakımının yapılması afet sonrasında hızlı müdahale için çok önemlidir. Mevcut durumdaki bakım sürecini anlatan Belediye Arama Kurtarma Ekip Lideri Ali Şakir Okuyucu, afet konteynerlerinin içinde bulunan bazı malzemelerin üç ayda bir yenilendiğini ve bazı ekipmanların periyodik bakımlarının yapıldığını, yılda bir defa da konteynerlerin korozyon durumunun kontrol edildiğini, kilit değişikliklerinin yapıldığını ve böylece konteynerlerin afet sonrası kullanıma hazır olduğunu belirtmiştir [22]. İstanbul için konteynerlerin ve içindeki malzemelerin bakımının ve yönetiminin bu şekilde yapıldığı belirtilmiştir fakat diğer illerde bulunan konteynerlerin yönetim süreci ile ilgili kayıtlara geçen bir açıklamaya rastlanmamıştır.

İstanbul'da mevcut durumda afet konteynerleri ile ilgili vurgulanan bir diğer önemli konu da halkın, afet konteynerleri konusunda yeterince bilgi sahibi olmamasıdır [11, 22]. Afet konteynerlerinin kullanım amacı, içinde bulunan malzemeler, afet sonrasında bu malzemelerin nasıl kullanılacağı gibi konuların netleştirilmesinin, planlamaların yapılmasının ve bu konuda halkın bilgilendirilmesinin afet sonrasında hızlı ve etkin müdahale için önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir. Bu bölümde, afet konteynerlerinin kullanımı ile ilgili mevcut durum özellikle Türkiye için incelenmiş, afet konteynerlerinin bulunduğu yerlerden örnek uygulamalar paylaşılmış, mevcut sistemde karşılaşılan yönetimsel problemler açıklanmıştır. Bir sonraki bölümde uzman görüşleri ışığında afet konteynerlerinin önemi ve etkin bir şekilde yönetilebilmesi için bazı çözüm önerileri paylaşılacaktır.



Şekil 3. Oregon Sahili'ndeki Bir Afet Konteyneri Örneği [12]
(An Example of a Disaster Container on the Oregon Coast [12])

2.3. Afet Konteynerlerinin Önemi ve Yönetimi Sürecinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar (Importance of Disaster Containers and Considerations in the Management Process)

Afet konteynerlerinin yerleştirilme amacı afet bölgesine kapsamlı bir yardım gelinceye kadar afet sonrasında hızlı bir şekilde müdahaleye başlamaktır. Kritik olarak tanımlanan afet sonrasında ilk 72 saat içinde afet bölgesine müdahale etmek, kayıpları en aza indirebilmek için çok önemlidir. Huang vd. [5] ilk 24 saat içinde hayatta kalma oranının %90, 25 ile 48 saat arasında %50-%60, 48 ile 72 saat arasında ise %20-%30 ve 72 saatten sonra bu oranın maksimum %5-%10 seviyesinde olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle afet bölgelerine bu süre içinde müdahale edilmesi hayati önem taşımaktadır. Ali Şakir Okuyucu kritik olan 72 saate vurgu yaparak afet bölgesine mümkün olan en hızlı şekilde müdahale edilmesi gerektiğini ve afet konteynerlerinin bu anlamda büyük bir avantaj sağladığını belirtmiştir. Okuyucu, topluma temel afet farkındalığı eğitimi verilmesi ve konteyner içindeki basit ekipmanların kullanımı hakkında bilgi sahibi olmasının afet bölgesine dışarıdan gelecek olan müdahaleyi beklemeye gerek kalmadan daha hızlı şekilde

müdahale edilebilmesine imkan sağladığını belirtmiştir [22]. Deprem alanındaki önemli çalışmalarıyla bilinen Bilim Akademisi üyesi Prof. Dr. Naci Görür, afet konteynerlerinin doğru ve etkin bir şekilde kullanılabilirse afet yönetiminde çok yararlı olabileceğini vurgulamıştır. Görür 1999 yılında meydana gelen depremde kayıpların büyük çoğunluğunun göçük altında kalan insanları çıkarmak için gerekli ekipmanların afet bölgesine zamanında ulaştırılmaması sebebiyle verildiğini vurgulayarak, içinde acil yardım malzemelerinin stoklandığı konteynerlerin bu anlamda hızlı müdahale olanağı sağlayabileceğini belirtmiştir. Bir doğal afet sonrasında hangi ekiplerin hangi afet konteynerine nasıl ulaşacağı önceden planlanırsa hızlı müdahale için son derece yararlı olacağını belirten Görür, 2000'li yılların başında afet konteynerlerinin yerleştirildiği yerlerin ve her konteynerden sorumlu olan kişilerin belli olduğunu ve olası bir afet sonrasında müdahale için organizasyonun yapıldığını fakat son zamanlarda böyle organize bir durumun bildirilmediğini söylemiştir. Görür, yeniden bu şekilde bir planlama ve organizasyon yapılırsa ve işlevsel hale getirilirse çok yararlı olacağını ve afet sonrasında kayıpların azaltılabileceğini vurgulamıştır [23]. 1999 yılındaki deprem sonucunda verilen kayıplar gibi Şubat 2023'te Kahramanmaraş'ta meydana gelen depremlerden sonra da yardım ekipmanlarının deprem bölgesine kısa sürede ulaştırılmaması sebebiyle can kayıplarında anlamlı artışlar olduğu daha önce belirtilmişti [6]. Aradan 24 yıl geçmesine rağmen bir doğal afet sonrasında benzer şekilde kayıpların yaşanması bu alanda bir eksiklik olduğunu ve acil yardım malzemelerinin afet bölgesine hızlı bir şekilde ulaştırılmasında sorunlar yaşandığını göstermektedir. Bu sebeple, afet konteynerlerinin riskli bölgelere yerleştirilmesinin ve yönetimsel sürecinin planlanmasının afet yönetimi için faydalı olacağı düşünülmektedir. Jeofizik mühendisi ve deprem bilimci Prof. Dr. Haluk Eyidoğan da mahallelere afet konteyneri yerleştirmenin çok doğru bir karar olduğunu vurgulayarak afet sonrasında acil yardım malzemelerini beklemeye gerek kalmadan direkt olarak bu malzemeler ile müdahale edilebileceğini ve böylelikle kayıpların azaltılabileceğini belirtmiştir. Önceki bölümde açıklandığı üzere, zamanla artan hırsızlık olaylarının bu konseptte zarar verdiğini vurgulayarak afet konteynerleriyle ve içinde stoklanan malzemeler ile düzenli olarak ilgilecek, bakımını gerçekleştirecek ve güvenliğini sağlayacak ekiplerin oluşturulmasının gerekliliğine dikkat çekmektedir. Eyidoğan, ilçe belediyelerin mahalle afet gönüllüleri ile birlikte takımlar oluşturarak ve mahalle gönüllülerine destek sağlayarak bu süreci daha verimli hale getirilebileceğini belirtmektedir. Bu alanda gerekli eğitimleri almış olan mahalle afet gönüllülerinin, afet öncesinde konteynerlerin ve içindeki malzemelerin kontrolünü sağlayıp, afet sonrasında hızlı bir şekilde ilk müdahaleyi gerçekleştirebileceklerini vurgulamıştır. Eyidoğan, afet konteynerlerinin yerleştirilmesinin yeterli olmadığını, bu sürecin güvenlik, bakım ve ilk müdahale şeklinde bütünsel olarak ele alınıp sürdürülebilir hale getirilmesi gerektiğini belirtmektedir [11].

Afet konteynerleri ile ilgili Türkiye'deki mevcut durum uzman görüşleri ışığında incelendiğinde afet konteynerlerinin doğal afet bakımından riskli olan bölgelere yerleştirilmesinin dikkate alınması ve gündeme getirilmesi gereken bir konu olduğu görülmektedir. Mevcut sistemde bazı uygulamalar olsa bile toplumun bu konuda bilinçlendirilmesindeki eksiklikler, yeterli güvenliğin sağlanamamasından kaynaklı hırsızlık problemleri ve afet sonrasında müdahalenin nasıl yapılacağı gibi yönetimsel konularda sorunlar olduğu gözlemlenmiştir. Afet konteynerlerinin yönetimsel sürecinin bütünsel olarak ele alınmasıyla ve sürdürülebilir bir sistem oluşturulmasıyla belirtilen sorunların çözüme kavuşacağı ve afet sonrası hızlı ve etkin bir şekilde müdahale sağlanacağı düşünülmektedir. Önceki bölümde belirtildiği üzere, Oregon Jeoloji ve Maden Endüstrisi Bölümü ile Oregon Acil Durum Yönetim Ofisi'nin afet konteyneri uygulamaları geliştirmiş pek çok uzman görüşleri doğrultusunda konteynerlerin hazırlanması ve yönetimi için

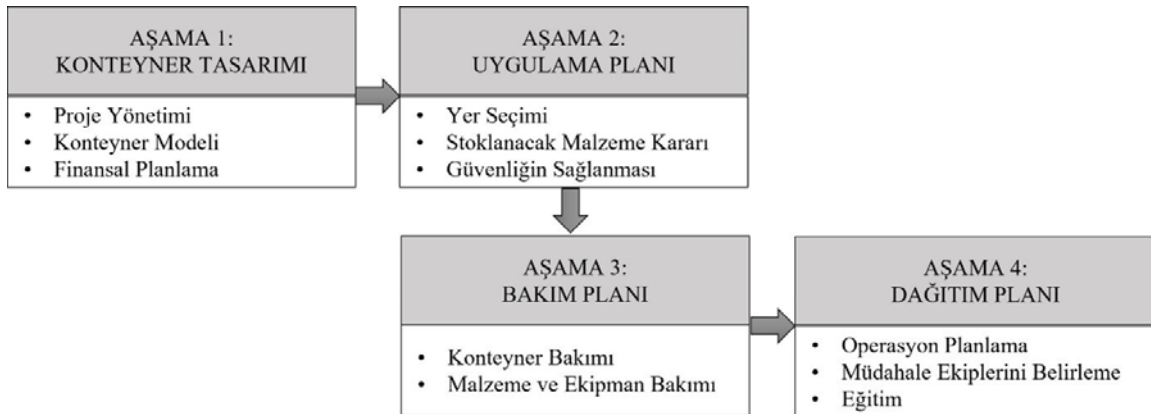
hazırladıkları planlama kılavuzu [12], afet konteynerleri ile ilgili sistem geliştirmek isteyen topluluk ve kurumlar için yararlı bir kaynak niteliği taşımaktadır. Bu kılavuzda [12] sürdürülebilir bir afet konteyneri yönetim sistemi geliştirebilmek için dört aşamalı bir planlama süreci tanımlanmıştır. Bu aşamalar sırası ile “Tasarım”, “Uygulama”, “Bakım” ve “Dağıtım” olarak belirtilmiştir ve her bir aşama kılavuzda detaylı olarak açıklanmıştır. Her bir aşamanın kapsadığı faaliyetler Şekil 4’te gösterildiği gibi özetlenebilir [12]. Şekil 4’te gösterildiği üzere, ilk aşama olan tasarım aşaması, planlama takımının oluşturulması ve görevlerinin tanımlanması, afet konteynerinin hangi bölgelere ne amaçla yerleştirileceğinin belirlenmesi ve bütçe kararı ve mali plan geliştirmek için gerekli tasarım çalışmalarının yapılması gibi faaliyetleri içermektedir. Uygulama aşamasında konteynerler için uygun yerlerin belirlenmesi, konteynerlerde malzemelerin nasıl stoklanacağına ve güvenliğinin nasıl sağlanacağına karar verilmesi ve konteynerde stoklanacak olan malzemelerin türünün ve sayısının belirlenmesi gibi faaliyetler tanımlanmıştır. Üçüncü aşama olan bakım aşaması afet konteynerlerinin ve içindeki malzemelerinin deprem ve tsunami gibi bir doğal afet sonrasında kullanıma hazır durumda olduğundan emin olmak için bunların bakımına yönelik prosedürler, planlamalar ve anlaşmalar geliştirilmesini içeren faaliyetleri kapsamaktadır. Son aşama olan dağıtım aşamasında, doğal afet sonrasında acil yardım malzemelerinin afetzedelere ve kurtarma ekiplerine güvenli ve etkili bir şekilde dağıtılması için yardımcı talimatlar ve protokoller belirlenmesi planlanmaktadır. Böylece, afet sonrasında malzemelerin dağıtılması sürecinde ortaya çıkabilecek olan karışıklığın önlenmesi hedeflenmektedir [12].

Türkiye’deki mevcut durum incelendiğinde belirlenen sorunların Şekil 4’te belirtilen bir planlama süreci ile çözülebileceği ve farklı afet konteyneri uygulamaları yaparken bu planlama sürecinin uygulanabilirliği sayesinde afet sonrası etkin ve hızlı müdahale ile istenmeyen kayıpların önüne geçilebileceği düşünülmektedir. Öncelikle, afet konteynerlerinin hangi bölgelere yerleştirileceğine karar verilmeli, bunun için bir bütçe belirlenmeli ve mali plan oluşturularak proje detayları planlanmalıdır. Konteynerlere uygun yer seçiminin yapılması, her bölge için yerleştirilecek olan konteyner sayısının belirlenmesi, konteynerlerin güvenliğinin nasıl sağlanacağına karar verilmesi, her konteynerin içine hangi malzemelerden hangi miktarda konulacağına belirlenmesi gibi konular ele alınmalıdır. Konteynerlerin içine yerleştirilen yardım malzemelerinin afet sonrasında müdahale için hazır ve kullanılabilir durumda olması beklenmektedir. Bu sebeple, konteynerlerin ve içinde bulunan malzemelerin belirli periyotlarla bakımlarının yapılması gerekmektedir. Bununla ilgili planlamaların, düzenlemelerin ve gerekli takiplerin yapılması ele alınması gereken bir diğer konu olarak

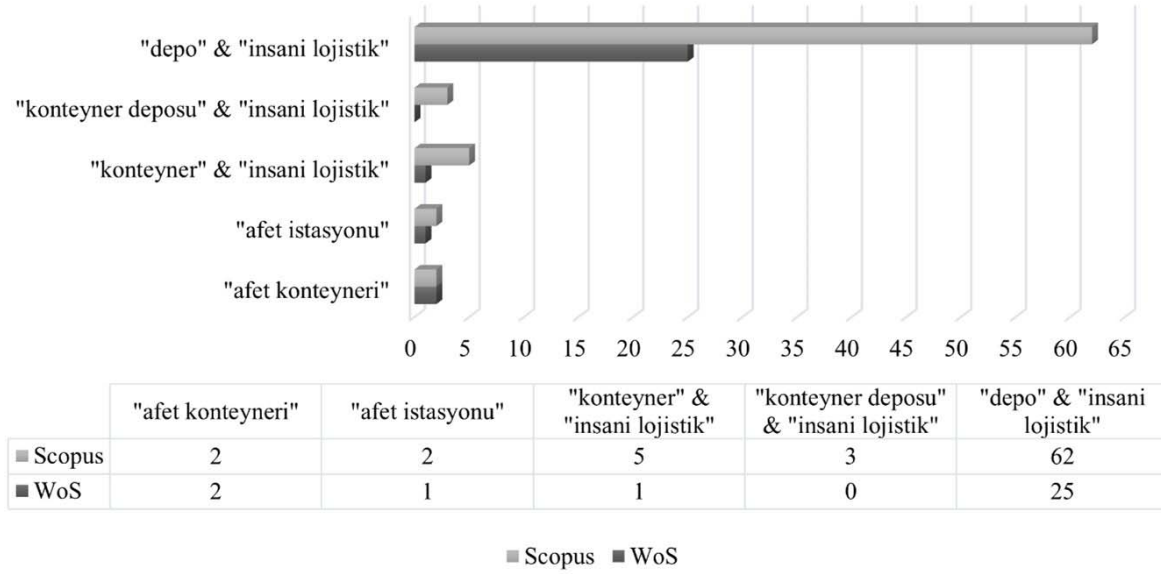
tanımlanabilir. Son olarak, gerçekleşen bir doğal afet sonrasında her bir konteyner içindeki acil yardım malzemelerine ulaşacak ve müdahaleyi başlatacak olan kişilerin ve/veya takımların belirlenmesi hızlı ve etkin müdahale sürecini kolaylaştırıcaktır. Prof. Dr. Haluk Eyidoğan’ın belirttiği üzere, ilçe belediyelerin desteği ile mahalle afet gönüllülerinin, konteynerlerin güvenliği, malzemelerin bakımı ve afet sonrasında ilk müdahale için görevlendirilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir [11]. Konteynerlerin bulunduğu bölgedeki mahalle afet gönüllüleri bu şekilde organize edilebilirse, konteynerlerin güvenliğinin sağlanması ve bakım işlemlerinin yapılması doğrudan konteynerlere en yakın kişiler tarafından gerçekleştirilebilecek ve çevre mahallelerden yedek ekiplerin belirlenmesi ile afet sonrası ilk müdahale gibi konularda hızlı ve etkin bir şekilde müdahale sağlanabilecektir. Ayrıca, toplumu bu konuda bilinçlendirmek ve yeni mahalle afet gönüllüleri yetiştirebilmek için belirli periyotlarla acil müdahale, ilk yardım ve afet yönetimi gibi eğitimlerin verilmesinin son derece yararlı olacağı öngörülmektedir. Sonuç olarak, afet konteynerlerinden maksimum düzeyde fayda sağlayabilmek ve doğal afet sonrasında hızlı müdahale ile kayıpları minimize edebilmek için etkin bir yönetsel sürece ve sürdürülebilir bir sisteme ihtiyaç vardır. Bu alanda uzman kişilerin de vurguladığı üzere, böyle bir sistemin kurulmasıyla birlikte doğal afete karşı daha dirençli şehirler oluşturulabileceği öngörülmektedir.

3. Konteynerlerin Afet Yönetiminde Stoklama Birimi Olarak Kullanılması ile İlgili Yazın Araştırması (Literature Review Based on the Usage of Containers as Storage Units in Disaster Management)

Konteynerlerin afet yönetiminde stoklama birimi olarak kullanılması ile ilgili literatürde yapılmış olan çalışmalar Web of Science (WoS) ve Scopus veri tabanlarında farklı anahtar kelimeler ile araştırılmıştır. Araştırma sonuçları Şekil 5’te gösterilmektedir. İlk olarak, “disaster container” (“afet konteyneri”) anahtar kelimesi ve afet konteyneri ile eş anlamlı olabilecek “disaster station” (“afet istasyonu”), “container” & “humanitarian logistics” (“konteyner” ve “insani lojistik”), ve “container warehouse” & “humanitarian logistics”, “container depot” & “humanitarian logistics” (“konteyner deposu” ve “insani lojistik”) anahtar kelimeleri aranmıştır. Ardından, insani yardım lojistiğindeki depolar ile ilgili anahtar kelimeler aranmıştır. Şekil 5’te görülebileceği gibi, insani yardım lojistiğinde depoları ele alan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğunda depo ve/veya geçici depoların yer seçimi, yardım malzemelerinin depolardaki envanter düzeyinin belirlenmesi ve acil yardım malzemelerinin merkez depolardan bölgesel acil durum merkezlerine ve/veya afetten etkilenen bölgelere dağıtımı için araç rotalama gibi problemlerin çalışıldığı görülmüştür. Ayrıca, bazı çalışmalar acil yardım



Şekil 4. Afet Konteynerlerinin Yönetimi için Dört Aşamalı Planlama Süreci [12]
(A Four-Step Planning Process for the Management of Disaster Containers [12])



Şekil 5. Anahtar Kelimelere Göre Veri Tabanı Arama Sonuçları (Search Results in Databases according to Keywords)

malzemelerinin tedarikçilerden depolara transferini de ele almaktadır. Yardım malzemesi dağıtımı için drone operasyonlarını da dikkate alan bazı güncel çalışmalar bulunmaktadır. Buna ek olarak, birçok çalışma afetlerden önce ve sonra yardım dağıtımı için yardım lojistik ağı tasarımı problemini ele almaktadır. İnsani yardım lojistiğinde depolar için konum rotalama, envanter rotalama ve konum-envanter rotalama problemlerinin literatürde çalışılan problemler arasında bulunduğu görülmüştür.

Şekil 5'te görülebileceği gibi, literatürde afet konteynerlerini ve konteynerlerin kullanımını inceleyen çalışmaların oldukça sınırlıdır. Bu kapsamda, literatürde WoS ve Scopus veri tabanlarında taranan 7 tane olmak üzere toplam 9 tane çalışma belirlenebilmiştir. İlgili çalışmalar takip eden paragraflarda listelenmiştir.

Şahin vd. [24] acil yardım malzemelerini stoklamak için klasik afet depoları yerine yük konteynerlerinin kullanılabilmesi fikrini ortaya atmıştır. Bu çalışmada, acil yardım malzemelerini stoklayan konteynerlerden oluşan depoların (konteyner depolarının) yerlerini belirlemek ve bu konteynerlerde stoklanacak yardım malzemelerinin miktarına ve çeşidine karar vermek için karmaşık tam sayılı matematiksel model önerilmiş, gerçek veriler kullanılarak Türkiye'de örnek bir çalışma yapılmıştır. Şahin-Arslan ve Ertem [25] acil yardım ekipmanlarının depolanması için konteynerlerin nasıl kullanılabilmesini araştırarak, acil yardım malzemelerinin standart bir depoda stoklanması ile konteynerlerde stoklanması alternatiflerini maliyet ve yerleşim düzeni açısından karşılaştırmıştır. Yazarlar, yardım malzemelerinin konteynerlerde verimli bir şekilde stoklanabilmesi amacıyla konteyner depolar için yerleşim planı optimizasyonu yapmış ve Türkiye'de bir vaka çalışması gerçekleştirmiştir. Demirbaş ve Ertem [26] standart malzeme depoları ve konteyner depolar için yardım malzemesi envanterinin yeniden tahsisi problemini incelemiş ve problemi çözmek için karmaşık tam sayılı doğrusal programlama (MILP) modeli önermişlerdir. Yapılan çalışmada, konteyner depolarında her çeşit yardım malzemesinin bulunmadığı ve farklı bölgelerde bulunan konteyner depolarında malzeme çeşidine göre envanter dengesizlikleri olduğu belirtilmiştir. Önerilen model, tanımlanmış mevcut yardım malzemesi envanterinin mevcut depolar arasında yeniden tahsisini gerçekleştirerek, konteyner depolarının her bir yardım malzemesi türünü içeren eşdeğer depolara dönüştürülüp dönüştürülmeyeceğine

karar vermektedir. Amaç, afet bölgelerindeki insanların ihtiyaçlarına hızlı bir şekilde cevap verebilmek için arz ve talep noktaları arasındaki toplam talep ağırlıklı mesafeyi en aza indirmektir. Yazarlar AFAD'dan elde ettikleri gerçek veri seti ile Türkiye'de örnek bir vaka çalışması yapmıştır. Ertem vd. [27] insani yardım lojistiğinde konteynerler kullanılarak yardım malzemelerinin karayolu, demiryolu ve denizyolu taşımacılığı modları (intermodal taşımacılık) ile afet bölgelerine aktarılması için bir tam sayılı programlama (IP) modeli önermişlerdir. Yazarlar gerçek veri seti ile Türkiye'de bir uygulama gerçekleştirmişlerdir.

Yukarıda açıklanan çalışmalarda, yardım malzemelerini stoklamak için konteynerlerden oluşan afet depoları ve konteynerlerin afet lojistiğinde kullanılması gibi problemler incelenmiştir. Yardım malzemelerinin konteyner depolarında stoklanması, standart afet depolarında (raflarda) stoklanmasına göre afet sonrası transfer sürecini hızlandırır da konteyner elleçleme, ulaşımında oluşabilecek aksaklıklar gibi sorunlar nedeniyle afet bölgesine kısa sürede müdahale konusunda yetersiz kalabileceği düşünülmektedir. Bu anlamda, doğal afet açısından riskli olan bölgelere daha küçük çaplı bölgesel depolar veya konteynerler yerleştirilmesi konusu ele alınmalıdır. Bu kapsamda, literatürde konteyner yerleşimi ile ilgili 5 tane çalışma bulunmaktadır.

Afet konteynerleri ile ilgili olan ve WoS ve Scopus veri tabanlarında indekslenmeyen çalışmalar şunlardır: Çiçekdağı ve Kırış [28] afet istasyonları (konteynerleri) ve afet sonrası toplanma alanları için yer seçimi problemini incelemiştir. Birimleri koordinatlarına göre gruplandırmak için kümeleme analizi yöntemini kullanmış ve afet istasyonlarının yerlerini insan sayısını dikkate alarak ağırlık merkezi metoduyla belirlemişlerdir. Amaçları, afetlerden sonra organize yardım gelene kadar kayıpları en aza indirmektir. Kütahya'daki Dumlupınar Üniversitesi'nde bir vaka çalışması gerçekleştirmişlerdir. Arslan [29] P-Medyan, Maksimum Kapsama Problemi ve Kapasite Kısıtsız Sabit Ücretli Tesis Yer Seçimi modellerine dayalı matematiksel modelleme yaklaşımları önermiştir. Afet konteynerleri ile ilgili olan ve WoS ve Scopus veri tabanlarında indekslenen çalışmalar şu şekildedir: Parisi vd. [30] afet bölgelerinde telekomünikasyon hizmetleri sağlayabilecek telekomünikasyon ekipman konteyneri (TC) için kavramsal bir tasarım önermiştir. Yazarlar, bir doğal afet sonrasında telekomünikasyon sistemi

geliştirmenin zor ve zaman alıcı olabileceğini ve TC sistemi sayesinde afetlerden sonra kısa sürede telekomünikasyon hizmeti sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, tıbbi tedavi ve hijyen gibi yardım malzemeleri için konteynerler oluşturulmasının afet yönetiminde faydalı olabileceğini vurgulamışlardır. Gökçe ve Ercan [9] mahalle afet istasyonlarındaki bozulabilir acil yardım malzemeleri için bir ikmal planı geliştirmek ve belirli bir planlama ufkuunda afet deposundan afet konteynerlerine rotalar oluşturmak için MILP modeli önermiştir. Önerilen model, afet konteynerlerindeki her bir ürünün son kullanma tarihini dikkate alarak ikmal zamanını belirlemekte ve ikmal için ana depodan konteynerlere en uygun rotaları oluşturmaktadır. Yazarlar, konteynerlerdeki malzemeler için ikmal problemini çalışmışlar fakat afet konteynerlerinin yer seçimi problemini incelememişlerdir. Yoruk vd. [10] afet konteynerleri için yer seçimi ve bozulabilir malzemelerin ikmalı problemlerini birlikte ele almış ve çok amaçlı bir MILP modeli önermişlerdir. Önerilen model, afet konteynerlerinin yerine karar vermekte ve ikmal süreci için afet deposundan konteynerlere rotalar oluşturmaktadır. Modelin öncelikli amacı, seçilen her afet sonrası toplanma alanı ile ona en yakın afet konteyneri arasındaki maksimum mesafeyi minimize ederek doğal afet sonrasında yardım malzemelerine erişilebilirliği sağlamaktır. İkincil amaç ise ikmal sürecindeki toplam taşıma maliyetini minimize etmektir. Yazarlar, İzmir/Buca'da bir vaka çalışması gerçekleştirmişlerdir.

Detaylı yazın taraması sonucunda afet konteynerleri ile ilgili çok sınırlı sayıda çalışmanın bulunduğu görülmektedir. Hem literatürdeki boşluk hem de uzman görüşleri ve gerçek hayat uygulamaları dikkate alındığında konteynerler hakkında yeni ve daha fazla çalışmanın yapılması gerektiği görülmektedir. Doğal afet gerçekleşikten sonra afet bölgesinde yardım malzemeleri ile arama kurtarma ekipmanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. 1999 Gölcük ve 2023 Kahramanmaraş depremlerinde bu ekipmanların kısa sürede bölgeye ulaştırılmaması sebebiyle daha fazla kayıp verildiği raporlanmıştır [6, 22]. Afet konteynerleri, bu ekipmanların ulaşmasını beklemeye gerek kalmadan hızlı ve etkin müdahale imkanı sunarak kayıpları en aza indirmede önemli katkı sağlamaktadır. Bu durum, afet konteyneri uygulamalarının gündeme getirilmesi gereken bir konu olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda, bu alanda uzman kişilerin görüşlerinin ve yaşanan problemlerin dikkate alınmasıyla afet konteynerlerinin yönetimi için sürdürülebilir bir sisteme ihtiyaç olduğu görülmektedir. Bu motivasyonla, takip eden bölümde afet konteynerlerinin yönetim süreci ile ilgili ele alınması gereken bazı problemler ve çözüm önerileri sunulmuştur.

4. Afet Konteynerlerinin Yönetim Süreci ile İlgili Tanımlanmış Problemler ve Önerilen Çözüm Yaklaşımları (The Defined Problems and Proposed Solution Approaches Related to the Management Process of Disaster Containers)

Literatürde afet konteynerlerinin yönetimi ile ilgili çalışmalar, konteynerlerin yer seçimi ve malzeme ikmalı problemlerini incelemektedir. Afet konteynerleri için yer seçimi problemini inceleyen mevcut çalışmalar [28-30] problemi temel düzeyde ele almaktadır. Gökçe ve Ercan [9] konteynerlerde stoklanan bozulabilir malzemeler için ikmal planlaması problemini çalışmakta fakat yer seçimi problemini dikkate almamaktadır. Literatürde afet konteynerlerinin yer seçimi ve yardım malzemelerinin ikmalı problemlerini aynı anda temel düzeyde inceleyen bir tane çalışma [10] bulunmaktadır. Belirtilen problemler, sürdürülebilir afet konteyneri yönetim sistemi için önemlidir fakat etkin bir afet yönetim planına sahip olmak ve doğal afete karşı dirençliliği arttırmak için dikkate alınması gereken farklı problemler de olduğu görülmektedir. Bu motivasyonla afet konteynerlerinin yönetimi ile ilgili literatürde yer alan problemlere ek olarak literatürde yer almayan ve bu çalışmada tanımlanan problemler aşağıda açıklanmaktadır.

- *Afet konteynerlerinin yerine karar verme:* Literatürde afet konteynerlerinin yer seçimi problemini inceleyen çalışmalar bulunsa da bu çalışmalarda [10, 28, 29] yer seçimine etki eden faktörler ve gerçek hayat kısıtları detaylı bir şekilde ele alınmamıştır. Bu sebeple, gerçek hayattaki uygulamalara, kısıtlara ve literatürdeki çalışmalara dayanarak afet konteynerlerinin yer seçimini etkileyen faktörler, bu faktörlerin önem dereceleri ve kısıtlar tanımlanabilir ve bu bilgiler ışığında konteynerlerin yerleri belirlenebilir. Bu problemi çözmek için çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) ile optimizasyon modellerinden yararlanılabilir. Sonraki bölümde bu problem kapsamında bir uygulama yapılmıştır.
- *Afet konteynerlerinin sayısına karar verme:* Seçilen bölgeye yerleştirilecek olan konteyner sayısı, afet sonrasında bölgedeki talebin karşılanması açısından çok önemlidir. Yerleştirilecek konteyner sayısını belirlerken dikkate alınması gereken pek çok faktör bulunmaktadır; seçilen bölgenin nüfusu, konteyner yerleşimine uygun olan alanın kapasitesi, bu iş için ayrılan bütçe bu faktörlere örnek olarak verilebilir. Bunlara ek olarak, yerleştirilecek olan konteyner sayısı, seçilen bölgedeki doğal afet riskleri ve doğal afetin beklenen yıkıcı etkisi göz önünde bulundurularak belirlenebilir.
- *Afet konteynerlerinde stoklanacak olan yardım malzemelerinin türlerinin belirlenmesi:* Afet konteynerlerinde, mevcut sistemde belirtilen standart yardım malzemeleri [17] stoklanabileceği gibi bazı konteynerlerdeki malzemeler özelleştirilebilir. Örneğin, elektronik cihazlar veya haberleşme cihazları gibi bazı yüksek maliyetli malzemeler bütçe sınırı veya güvenlik problemi gibi nedenlerden dolayı sadece seçilen konteynerlerde saklanabilir.
- *Afet konteynerlerinde stoklanacak olan yardım malzemelerinin sayısının belirlenmesi:* Afet konteynerlerinde stoklanacak her malzeme türü için konteynerlerdeki stok miktarı belirlenmelidir. Bu durumda, bölgenin afet riski, nüfusu, iklimi, bölgedeki binaların stok durumu, afet senaryolarına göre beklenen yıkım oranı gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.
- *Afet konteynerlerinde stoklanacak olan bozulabilir malzemelerin ikmalı ve bakım gerektiren ekipmanların bakım süreçlerinin planlanması:* Gökçe ve Ercan [9] ve Yoruk vd. [10] afet konteynerlerinde bulunan antiseptik, ağrı kesici ve ilaç gibi bazı malzemelerin son kullanma tarihleri olduğunu, bu malzemelerin kullanıma hazır olması için periyodik olarak yenilenmesi gerektiğini vurgulamış ve afet konteynerlerinde stoklanacak olan bozulabilir malzemelerin ikmal problemini incelemişlerdir. Bu çalışmalar [9, 10] malzeme ikmal sürecinde ana depodan ilgili konteynerlere malzeme transferi için araç rotalama problemini ele almıştır. Bu problem gerçek hayat kısıtlarını da içerecek şekilde genişletilebilir ve farklı problemlerle birlikte incelenebilir. Bozulabilir malzemelere ek olarak jeneratör, yangın söndürme tüpü, el feneri gibi son kullanma tarihi olmayan diğer malzemelerin kontrol edilmesi, bakımlarının yapılması ve gerekiyorsa yenilenmesi ile ilgili süreçlerin planlanması bunlara örnek olarak verilebilir. Belirtilen süreçler ile ilgili planlamalar yapılması, konteynerlerde stoklanan malzemelerin her zaman kullanılabilir durumda olmasını sağlamaktadır.
- *Afet konteynerlerinden (güvenlik, bakım, afet müdahalesi vb. açısından) sorumlu birimlerin ve kişilerin belirlenmesi:* Afet konteynerlerinin afet öncesinde güvenliğinin sağlanması, konteyner içindeki malzemelerin ikmalinin ve bakımının gerçekleştirilmesi, afet sonrasında ise karışıklık olmadan müdahale edilebilmesi için sorumlu birimlerin ve kişilerin belirlenmesi sürdürülebilir ve etkin afet yönetimi için çok önemlidir. Belirtilen konularda ilçe belediyeler ile mahalle afet gönüllerinin birlikte çalışmasının yararlı olacağı düşünülmektedir [11]. Bu kapsamda, güvenlik ve bakım süreci ile ilgili her konteyner için sorumlu ekiplerin belirlenmesi, afet sonrasında her konteynerde bulunan acil yardım malzemelerine ulaşacak ve müdahale edecek mahalle

gönüllülerinin ve ekiplerinin planlanması ve görevlerinin çizelgelenmesi gibi önemli problemler incelenmelidir.

Yukarıda açıklanan problemlerin incelenmesiyle ve gerekli planlamaların yapılarak uygulamaya geçirilmesiyle afet sonrasında hızlı ve etkin müdahale sağlanacağı ve istenmeyen kayıpların minimum seviyeye indirileceği düşünülmektedir.

Afet konteynerleri için yer seçimi problemi afet sonrası etkinliğin artırılması kapsamında ele alınması gereken problemlerden biridir. Yukarıda bahsedildiği üzere, afet konteyneri yer seçimi problemini çözebilmek için ÇKKV ve optimizasyon modelleri kullanılabilir. Bu amaçla, yer seçimi problemini çözebilmek için sonraki bölümde bu yöntemleri içeren temel bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

5. Afet Konteynerlerinde Yer Seçimi Probleminin Çözümü İçin Temel Bir Uygulama Örneği (A Case Study on Solving the Problem of Site Selection for Disaster Containers)

Afet konteynerlerine doğal afet gerçekleştiikten sonra kolayca ulaşılabilmesi hızlı müdahale için çok önemlidir. Bu kapsamda, afet konteynerlerinin kolayca erişilebilir ve güvenli noktalara yerleştirilmesi gerekmektedir. Afet konteynerlerinin yer seçimi ile ilgili bazı kriterler tanımlanmıştır ve tanımlanan kriterler aşağıda listelenmektedir.

- *Aday lokasyona yakın alanlardaki nüfus yoğunluğu:* Afet konteynerlerine ve içindeki acil yardım malzemelerine maksimum sayıda afetzedenin kolayca erişebilmesi için konteynerlerin nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelere yerleştirilmesi önemlidir.
- *Aday lokasyonun kapasitesi (kişi sayısı):* Afet konteynerinin yerleştirildiği lokasyonun geniş bir alan olması afet sonrası müdahalenin daha hızlı gerçekleştirilebilmesi açısından önemlidir. Lokasyonun kapasitesi büyük olduğunda alana daha fazla insan sığabileceği için hem müdahale ekibi hem de afetzedeler konteynerden kolaylıkla yararlanabilir.
- *Aday lokasyonun ulaşılabilirliği:* Doğal afet gerçekleştiikten sonra hızlı ve etkin müdahale sağlanabilmesi için acil yardım malzemelerine en kısa sürede ulaşılması hayati önem taşımaktadır. Bu sebeple, afet konteynerleri için yer seçimi yapılırken seçilecek lokasyonun kolayca ulaşılabilir bir konumda olmasına dikkat edilmelidir.
- *Aday lokasyonun altyapı durumu:* Aday lokasyonda su, elektrik bağlantısı gibi donanımların bulunması durumunda afet sonrası daha hızlı ve etkin müdahale sağlanabileceği öngörülmektedir.
- *Aday lokasyonun afet sonrası toplanma alanına yakınlığı:* Doğal afet gerçekleştiikten sonra bölge halkının toplanabileceği güvenli alanlar olarak tanımlanan afet sonrası toplanma alanları, nüfus yoğunluğu, ulaşılabilirlik, arazi yapısı ve ikincil tehlikelerden uzaklık gibi pek çok faktör dikkate alınarak belirlenmektedir [31]. Gerek güvenli alanlar olması gerek daha çok insanın erişebilmesi için afet konteynerlerinin afet sonrası toplanma alanlarına ve/veya

bu alanlara yakın noktalara yerleştirilmesinin hızlı ve etkin müdahale için yararlı olacağı düşünülmektedir [10].

Bu kapsamda, bu uygulamada afet konteynerleri için aday lokasyonlar güvenli ve erişilebilir noktalar olan afet sonrası toplanma alanları olarak belirlenmiştir. Bölgedeki tüm toplanma alanlarına en az bir afet konteyneri yerleştirildiğinde afet sonrası müdahalede maksimum yarar sağlanabilir ancak her noktaya konteyner yerleştirmenin maliyeti (konteynerin maliyeti, malzemelerin maliyeti, bozulabilir malzemelerin periyodik yenilenme maliyeti, bakım maliyeti vb.) yüksek olduğu için bunu gerçekleştirmek mümkün olmayabilir. Bu sebeple, aday lokasyonlar arasından seçim yapılması gerekmektedir. Yer seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta konteynerlere hızlıca ulaşılabilmesidir. Çınar vd. [32] ve Gerdan ve Şen [33] erişilebilir maksimum yürüme mesafesini 500 metre olarak tanımlamışlardır. Bu motivasyonla, bu çalışmada afet konteynerleri için yer seçimi problemi, küme kapsama problemi olarak ele alınmış ve kapsama uzaklığı 500 m olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, her bir aday lokasyon, yukarıda açıklanan kriterler dikkate alınarak değerlendirilmiş, kriter ağırlıkları entropi metodu kullanılarak bulunmuş ve ÇKKV yöntemlerinden biri olan WASPAS yöntemi kullanılarak her aday lokasyon için bir fayda değeri hesaplanmıştır. Ele alınan problemi çözebilmek için tam sayılı matematiksel programlama modeli kullanılmıştır. Modelin amacı kapsama uzaklığı kısıtı altında fayda değeri maksimum olacak şekilde aday lokasyonlardan (afet sonrası toplanma alanlarından) hangilerine afet konteyneri yerleştirileceğine karar vermektir.

5.1. Afet Konteynerlerinin Yer Seçimi için Küme Kapsama Modeli (Set Covering Model for Site Selection of Disaster Containers)

Afet konteynerlerinde yer seçimi probleminin matematiksel çözümü için tam sayılı matematiksel model kullanılmıştır. Modele ait notasyon Tablo 1’de verilmiş, amaç fonksiyonu (Eş. 1) ve kısıtlar (Eş. 2-Eş. 3) açıklanmıştır.

Matematiksel programlama modeli:

$$\min \sum_{j=1}^N \frac{1}{w_j} y_j \quad (1)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^N a_{ij} y_j \geq 1 \quad \forall i \in N \quad (2)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in N \quad (3)$$

Eş. 1 toplam fayda değeri maksimum olacak şekilde minimum sayıda aday lokasyona konteyner yerleştirilmesini ifade etmektedir. Eş. 2 her aday lokasyon için o noktanın kapsama mesafesinde bulunan en az bir

Tablo 1. Modele ait notasyon (Nomenclature for the model)

İndisler ve Kümeler	
i, j	Aday lokasyon indisi
N	Aday lokasyon kümesi ($i=1, \dots, N; j=1, \dots, N$)
Parametreler	
a_{ij}	1, eğer i ve j aday lokasyonları arasındaki uzaklık kapsama mesafesinden az veya eşitse; 0, aksi halde
w_j	Aday lokasyon j için fayda değeri (ağırlık değeri)
Karar Değişkeni	
y_j	1, eğer j aday lokasyonuna afet konteyneri yerleştirilirse; 0, aksi halde

aday lokasyona afet konteyneri yerleştirilmesini sağlar. Eş. 3 karar değişkenlerinin tanım kümesini (0-1) ifade etmektedir.

5.2. Matematiksel Modelin İzmir - Narlıdere'ye Uygulanması (Application of the Mathematical Model in İzmir - Narlıdere)

İzmir'in Narlıdere ilçesinde afet konteynerlerinin yerleştirilebileceği lokasyonları belirlemek için matematiksel model kullanılarak bir uygulama yapılmıştır. İzmir'de pek çok bölge deprem açısından çok tehlikeli olsa da; Narlıdere jeotermal etkinlik açısından Ege Bölgesi'nin aktif bölgelerinden biri olması sebebiyle deprem bakımından çok yüksek risklidir [34]. Bu sebeple, mevcut çalışmada Narlıdere bölgesi örnek uygulama için seçilmiştir. Daha önce belirtildiği üzere, mevcut çalışmada, afet konteyneri yerleştirmek için aday lokasyonlar acil durum toplanma alanları olarak isimlendirilen afet sonrası toplanma alanları olarak tanımlanmıştır. Narlıdere ilçesinde toplam 66 tane acil durum toplanma alanı bulunmaktadır ve bu toplanma alanlarının bulunduğu mahalle, adresi, mülkiyet bilgileri, kapasitesi ve enlem-boylam gibi bilgileri liste halinde verilmektedir [35]. Ayrıca, Narlıdere Belediyesi'nin internet sayfasında afet sonrası toplanma alanları harita üzerinde görüntülenebilmekte ve ilgili toplanma alanlarına yol tarifi alınabilmektedir. Her bir toplanma alanı için detaylı bilgi ve fotoğraflara yine aynı siteden [36] ulaşılabilmektedir. Örneğin, Narlıdere 2. İnönü Mahallesi'ndeki afet sonrası toplanma alanına ait bilgiler Şekil 6'da gösterilmektedir [36]. Matematiksel modelde kullanılan parametrelerden ilki aday lokasyonlar arasındaki uzaklığın kapsama mesafesinde olup olmadığını ve erişilebilirliği gösteren (0-1 değerlerinden oluşan) a_{ij} parametresidir. Daha önce açıklandığı üzere, erişilebilir maksimum yürüme mesafesi 500 m olarak tanımlandığı için [32, 33] bu modelde kapsama uzaklığı 500 m olarak kabul edilmiştir. Şekil 6'daki örnekten görüldüğü gibi, Narlıdere'de bulunan tüm afet sonrası toplanma alanlarının (tüm aday lokasyonların) bulunduğu konum enlem-boylam olarak verilmektedir [35, 36]. Python 3.11 kullanılarak 66 aday lokasyonun mevcut enlem-boylam bilgileri ile mesafe hesabını yapan ve kapsama uzaklığını dikkate alarak 66*66 boyutunda 0-1 matrisi oluşturan bir program yazılmıştır. Aday lokasyonlar arasındaki mesafe 500 m'den az olsa da bir aday lokasyondan diğerine araya çevre yolu girmesi, yol olmaması gibi durumlardan dolayı kolayca erişmek mümkün olmayabilir. Bu sebeple, programın çıktısı üzerinden erişilebilirlik kısıtını sağlama durumu kontrol edilerek a_{ij} parametresi (verisi) oluşturulmuştur. Modeldeki bir diğer parametre de aday lokasyonun fayda değeri, w_j , olarak tanımlanmıştır. Bu parametreye karar vermek için Narlıdere ilçesindeki afet sonrası toplanma alanları yukarıda tanımlanan kriterler açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirme yapılırken her mahalle için Şekil 6'da belirtilen örnek bilgiler ile birlikte nüfus yoğunluğu için farklı veriler kullanılmıştır. Değerlendirme süreci ile ilgili detaylar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- **Aday lokasyona yakın alanlardaki nüfus yoğunluğu:** Narlıdere'deki 66 tane afet sonrası toplanma alanından her birinin bulunduğu mahalle (Şekil 6'da 1 ile işaretli) verilmektedir [35, 36]. Toplanma alanlarının bulunduğu mahalleler için nüfus yoğunluğu bilgisi Endeksa'nın internet sitesinden [37] alınmıştır. Örneğin, Endeksa, Narlıdere 2. İnönü Mahallesi'nin nüfus yoğunluğu 11,26 insan/km² olarak tanımlanmıştır [37]. Bu sebeple, Şekil 6'da bilgisi verilen 1. aday lokasyon (Narlıdere İlçesi Afet Sonrası Toplanma Alanı-1) için nüfus yoğunluğu değeri 11,26 olarak kabul edilmiştir. Geriye kalan 65 aday lokasyon için de nüfus yoğunluğu bilgisi benzer şekilde elde edilmiştir.
- **Aday lokasyonun kapasitesi (kişi sayısı):** Narlıdere'deki tüm afet sonrası toplanma alanları için kapasite (kişi sayısı) bilgisi verilmektedir [35, 36]. Örneğin, Şekil 6'da 2 ile işaretlenmiş kısımda görüldüğü gibi, 1. Aday lokasyon için kapasite 5.352 kişi olarak belirtilmiştir.
- **Aday lokasyonun ulaşılabilirliği:** Narlıdere'deki her bir afet sonrası toplanma alanı için ulaşım durumu verilmektedir [36]. Şekil 6'da 3 ile işaretlenmiş kısımda görüldüğü üzere, 1. aday lokasyon ulaşım için elverişlidir. Geriye kalan diğer aday lokasyonlar için de bu bilgi kontrol edildiğinde tüm aday lokasyonların ulaşım için elverişli olduğu değerlendirilmiştir.
- **Aday lokasyonun altyapı durumu:** Tüm aday lokasyonlar için su ve elektrik bağlantısı gibi bilgileri verilmektedir [36]. Şekil 6'da 4 ile işaretlenmiş kısımda görüldüğü üzere, 1. aday lokasyon için altyapı durumu elverişlidir. Geriye kalan diğer aday lokasyonlar için de bu bilgi kontrol edildiğinde tüm aday lokasyonların altyapı durumunun elverişli olduğu anlaşılmaktadır.
- **Aday lokasyonun afet sonrası toplanma alanına yakınlığı:** Narlıdere uygulamasında seçilen tüm aday lokasyonlar afet sonrası toplanma alanlarıdır.

Tanımlanan kriterler için Narlıdere'deki mevcut durum incelendiğinde, tüm aday lokasyonların ulaşılabilirlik ve altyapı durumlarının uygun olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, aday lokasyonların tümü afet sonrası toplanma alanı olarak belirlenmiştir. Bu sebeple, bu kriterler (3-5) mevcut uygulamadaki alternatif lokasyonların değerlendirmesinde fark oluşturmayacağından dikkate alınmamıştır. Aday lokasyonların fayda değeri hesaplanırken yalnızca aday lokasyona yakın alanlardaki nüfus yoğunluğu ve aday lokasyonun kapasitesi (kişi sayısı) (1 ve 2) kriterlerinin kullanımı yeterli olacaktır. Bu iki kriter de fayda (maks) türünde olduğundan matematiksel modelin amaç fonksiyonunda toplam faydanın tersi alınmıştır. Bu kriterler için objektif kriter ağırlıkları entropi yöntemi kullanılarak belirlenmiş olup aday lokasyonların fayda değeri ise WASPAS yöntemiyle hesaplanmıştır. WASPAS yöntemi sonucunda elde edilen her aday lokasyon için önem derecesi değeri matematiksel modeldeki aday lokasyonun fayda değeri, w_j , parametresidir. Matematiksel modelde girdi oluşturan yöntemler aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

1-NARLIDERE İLÇESİ, 2. İNÖNÜ MAHALLESİ, 1 NO'LU AFET VE ACİL DURUM TOPLANMA ALANI	
İLÇE-MAHALLE ADI	1 NARLIDERE-2. İNÖNÜ
ADRESİ	27 MAYIS CAD. VE GÖKKUŞAĞI SOKAK ARASI
TOPLANMA ALANI SIRA NO	1
İMAR PLANINDAKİ DURUMU	B.H.A., PARK, YEŞİL ALAN, TEMEL EĞİTİM ALANI
MÜLKİYET DURUMU	KAMU
ALANI (m2)	13.380
KAPASİTE (Kişi) (Kişi başına 2.50 m2)	2 5.352
ULAŞIM DURUMU	3 VAR
SU DURUMU	VAR
ELEKTRİK BAĞLANTISI	4 VAR
ENLEM-BOYLAM BİLGİLERİ (Ondalık Derece)	38.383055-27.015833

Şekil 6. Narlıdere İlçesi Afet Sonrası Toplanma Alanı-1 için Mevcut Bilgiler [36]
(Available Information for Narlıdere District Post Disaster Assembly Area-1 [36])

5.2.1. WASPAS yöntemi (The WASPAS method)

WASPAS yöntemi, Zavadskas vd. [38] tarafından Ağırlıklı Toplam Yöntemi (WSM) ve Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (WPM) entegre edilerek geliştirilmiştir. WASPAS yöntemi kolay anlaşılabilir ve uygulaması kolay bir yöntem olmasının yanında WSM ve WPM'ye kıyasla daha tutarlı sonuçlar sunabilmektedir [38]. Bu sebeple, WASPAS ÇKKV problemlerinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir [39, 40]. WASPAS yönteminin hesaplama adımları şu şekildedir.

Adım-1. Karar Matrisi (KM) oluşturulması: m tane alternatif ve n tane kriter için $m \times n$ boyutunda karar matrisi oluşturulur. Karar matrisindeki x_{ij} j . kriter için i . alternatifin puanını belirtir.

Adım-2. KM Normalizasyonu: KM normalizasyonu genellikle fayda ve maliyet kriterleri için sırasıyla Eş. 4 ve Eş. 5 kullanılarak hesaplanır. Burada \bar{x}_{ij} , x_{ij} 'nin normalize edilmiş halini temsil eder.

$$\bar{x}_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=0}^m x_{ij} \quad (4)$$

$$\bar{x}_{ij} = (1/x_{ij}) / \sum_{i=0}^m (1/x_{ij}) \quad (5)$$

Adım-3. Alternatiflerin göreceli önem derecelerinin hesaplanması: i . alternatifin WSM ve WPM'ye göre göreceli önem derecesi sırasıyla Eş. 6 ve Eş. 7 kullanılarak belirlenir. Burada w_j j . kriterin ağırlığını (göreceli önemini) gösterir.

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n w_j \bar{x}_{ij} \quad (6)$$

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j} \quad (7)$$

Adım-4. Alternatiflerin toplam göreceli öneminin hesaplanması: Her bir alternatifin toplam göreceli önemi, WSM ve WPM'nin verilen kombinasyon parametresi, λ , ile birleştirilmesiyle Eş. 8 kullanılarak hesaplanır.

$$Q_i = \lambda \sum_{j=1}^n w_j \bar{x}_{ij} + (1 - \lambda) \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j}, \quad \lambda \in [0,1] \quad (8)$$

En uygun alternatif hesaplanan Q değerine göre seçilir. En yüksek Q değerine sahip olan alternatif en uygun seçenektir.

Eş. 8'de gösterildiği üzere λ parametresi 0 ile 1 arasında herhangi bir değer alabilir. $\lambda = 0$ olduğunda WASPAS yöntemi WPM yöntemine; $\lambda = 1$ olduğunda ise WSM yöntemine dönüşür. Bu sebeple λ parametresi nihai sonucu etkilemektedir. Literatürdeki çalışmaların çoğunda gerekçesiz olarak λ değeri genellikle 0.5 olarak seçilmiştir. Öte yandan bazı çalışmalarda [39-41] λ değerinin nihai sonuca etkisi incelenmiştir. Zavadskas vd. [38] eniyi λ parametresinin kullanılmasıyla WASPAS yönteminde sıralama doğruluğunun artırılabilirliğini ortaya koymuşlardır. Baykasoğlu ve Gölcük [39] alternatifler için optimal λ değerini belirleyebilmek amacıyla [38] tarafından türetilen hatalı formülasyonları yeniden türetmiş/düzenlemişlerdir ve Eş. 9- Eş. 11 ile gösterilen formülasyon WASPAS yönteminde her bir alternatif için optimal λ değerini belirlemek amacıyla kullanılabilir [39].

$$\sigma^2(Q_i^{(1)}) = \sum_{j=1}^n w_j^2 \sigma^2(\bar{x}_{ij}) \quad (9)$$

$$\text{Burada } \sigma^2(\bar{x}_{ij}) = (0,05\bar{x}_{ij})^2$$

$$\sigma^2(Q_i^{(2)}) = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\prod_{k=1}^n (\bar{x}_{ik})^{w_k}}{(\bar{x}_{ij})^{w_j} (\bar{x}_{ij})^{(1-w_j)}} w_j \right) \sigma^2(\bar{x}_{ij}) \quad (10)$$

$$\lambda_i = \frac{\sigma^2(Q_i^{(2)})}{\sigma^2(Q_i^{(1)}) + \sigma^2(Q_i^{(2)})} \quad (11)$$

Burada λ_i i . alternatif için optimum λ değerini göstermektedir.

Daha önce de bahsedildiği üzere, mevcut çalışmada, Narlıdere bölgesindeki 66 tane afet sonrası toplanma alanı için aday lokasyona yakın alanlardaki nüfus yoğunluğu ve aday lokasyonun kapasitesi (kişi sayısı) kriterleri dikkate alınarak WASPAS yöntemiyle (Eş. 4- Eş. 11 kullanılarak) fayda değerleri hesaplanmıştır. Her aday lokasyon için hesaplanan Q değeri, önerilen matematiksel modeldeki aday lokasyonun fayda değeri, w_j , olarak kullanılmıştır.

5.2.2. Entropi yöntemi (The Entropy method)

Shannon'ın bilgi entropisi yönteminin [41], ÇKKV problemlerinde objektif kriter ağırlıklarını belirlemek için kullanılan etkili bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır [42]. Bu yöntem, veriler arasındaki ayırım düzeyini dikkate almaktadır. Buna göre, daha düşük bilgi entropisi olan bir kriter, problemle ilgili daha fazla miktarda bilgi sağlar ve sonuç olarak karar verme sürecinde daha fazla ağırlık alır. Bilgi entropisi tekniği, ÇKKV alanında ağırlıkların objektif olarak belirlenmesi için güvenilir bir yöntemdir. Bu teknik, öncelikle gürbüzlüğü ve veri seti içindeki aykırı değerleri etkili bir şekilde ele alma yeteneği nedeniyle tercih edilen bir yöntemdir [43]. Bu yöntemin hesaplama adımları şu şekildedir.

Adım-1. KM (x_{ij}) Normalizasyonu: Normalize edilmiş KM (\bar{x}_{ij}) Eş. 4 ve Eş. 5 kullanılarak oluşturulur.

Adım-2. Entropi Değerlerinin Hesaplanması: Her kriter için entropi değerleri Eş. 12 ile hesaplanır.

$$e_j = (-1/\ln m) \sum_{i=1}^m x_{ij} \ln \bar{x}_{ij} \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

Adım-3. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi: Her bir kriterin ağırlık değeri Eş. 13 kullanılarak belirlenir.

$$\text{weight}_j = (1 - e_j) / (n - \sum_{j=1}^n e_j) \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

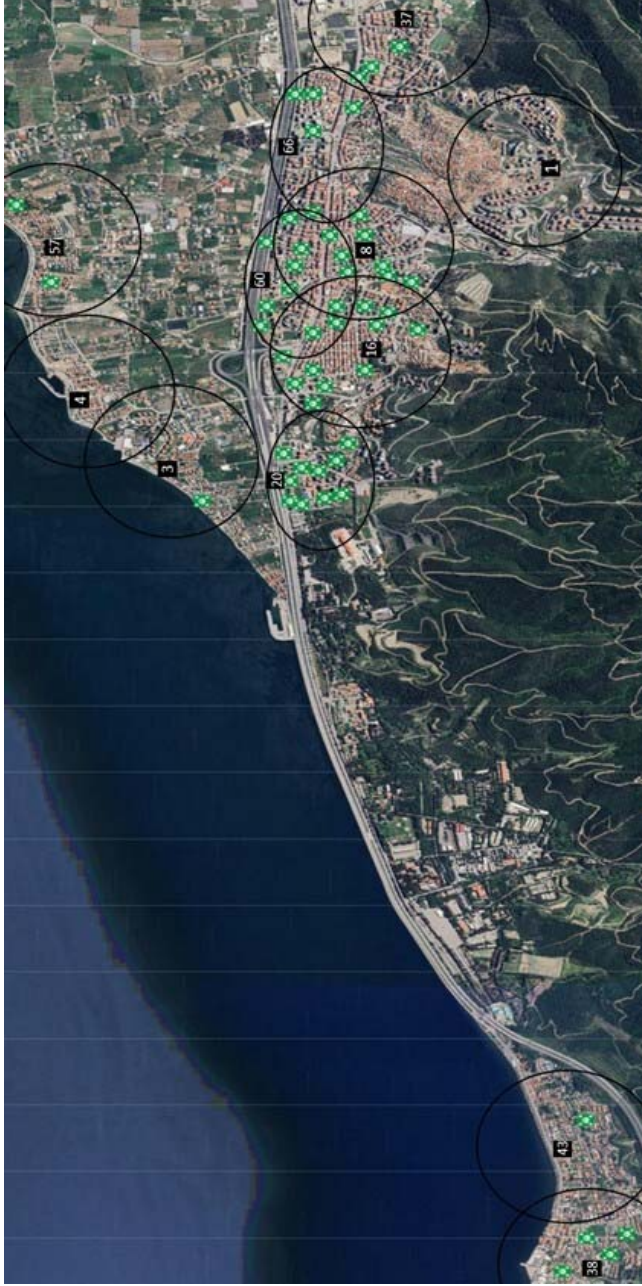
Verilerden elde edilen sonuçlara göre aday lokasyonun kapasitesi kriterinin ağırlığı 0,4153; aday lokasyona yakın alanlardaki nüfus yoğunluğu kriterinin ağırlığı 0,58477 olarak hesaplanmıştır. Bu ağırlık değerleri, WASPAS yönteminde kriter ağırlığı girdisi olarak kullanılmıştır. WASPAS ve Entropi yöntemlerinin Narlıdere için uygulama adımları Tablo 2'de gösterilmektedir.

5.2.3. Matematiksel Modelin Çözülmesi ile Elde Edilen Sonuçlar (The Results of the Mathematical Model)

Matematiksel model Python 3.11 kullanılarak Gurobi 11 çözücüsünde 0.1 saniyenin altında optimal olarak çözülmüştür. Elde edilen sonuca göre, Narlıdere'deki 66 afet sonrası toplanma alanından 12 tanesine afet konteyneri yerleştirilmesi uygun görülmüştür. Konteyner yerleştirilecek olan lokasyonlar listedeki 1, 3, 4, 8, 16, 20, 37, 38, 43, 57, 60 ve 66 sıra numaralı afet sonrası toplanma alanlarıdır. Bu toplanma alanlarının toplam fayda değeri 0,1786 ve modelin amaç fonksiyonu değeri 1602,391'dir. Optimal sonuca göre afet konteyneri yerleştirilecek olan afet sonrası toplanma alanları, belirtilen alanların buldukları mahalleler ve o mahalledeki toplanma alanı numarası ile enlem boylam bilgileri Tablo 3'te gösterilmektedir. Ayrıca, afet sonrası toplanma alanları ve kapsama mesafeleri Şekil 7'de harita üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 2. WASPAS ve Entropi yöntemlerinin uygulama adımları (Application steps of WASPAS and Entropy methods)

Adım 1. KM oluşturulması, x_{ij}				Entropi yöntemi ile elde edilen kriter ağırlığı (w_i)				
Alternatif ↓	Kapasite	Nüfus Yoğunluğu	Adım 2. Normalize Edilmiş KM	Adım 3.1 Q_1 (WSM)	Adım 3.2 Q_2 (WPM)	Adım 4.1 Optimum λ_i	Adım 4.2 Q_i (Sıra)	
Alt.-1	5342	11,26	0,055	0,003	0,0245	0,0097	0,085	
Alt.-2	482	15,39	0,005	0,004	0,0043	0,0043	0,5027	
...	
Alt.- 66	2606	143,47	0,027	0,036	0,0323	0,0320	0,4781	



Şekil 7. Optimal Çözümüne göre Konteyner Yerleştirilecek Olan Toplanma Alanları ve Kapsadıkları Alan
(Post-Disaster Assembly Areas where Containers will be Placed according to the Optimal Solution and Their Coverage Area)

Tablo 3. Optimal Çözümüne göre Konteyner Yerleştirilecek Olan Toplanma Alanlarına ait Bilgiler

(The information about the post disaster assembly areas where disaster containers will be placed according to the optimal solution)

Toplanma Alanı No	Mahalle - No	Enlem	Boylam
1	2. İnönü - No: 1	38,383,055	27,015,833
3	Altievler - No: 2	38,401,389	26,990,833
4	Altievler - No: 3	38,405,555	26,996,667
8	Çamtepe - No: 4	38,391,944	27,009,166
16	Çatalkaya - No: 6	38,391,666	27,000,833
20	Huzur - No: 3	38,396,111	26,990,000
37	İlica - No: 8	38,390,000	27,028,055
38	Limanreis - No: 1	38,381,111	26,925,000
43	Limanreis - No: 6	38,382,579	26,934,833
57	Sahilevleri - No: 2	38,406,666	27,009,166
60	Yenikale - No: 2	38,396,944	27,006,666
66	Yenikale - No: 8	38,395,555	27,017,500

6. Sonuçlar (Conclusions)

Doğal afet gerçekleştikten sonra, afet bölgesine en kısa süre içinde acil yardım malzemelerinin ve ekiplerinin ulaştırılması ve müdahale edilmesi hayati önem taşımaktadır. Bu alanda uzman kişilerin de belirttiği üzere, riskli olan bölgelere afet konteynerlerinin yerleştirilmesi, bu süreçle ilgili planlamaların yapılması ve uygulanması sayesinde doğal afet sonrası bölgeye kapsamlı yardımların gelmesini beklemeye gerek kalmadan hızlıca müdahale edilmesiyle kayıpların azaltılabileceği öngörülmektedir. Bu motivasyonla, mevcut çalışmada afet konteynerleri hakkında detaylı bir araştırma yapılmıştır. Öncelikle, afet konteynerlerinin kullanım amacı, özellikleri, Türkiye'deki ve dünyadaki uygulamaları ve mevcut durumdaki yönetimsel süreci incelenmiştir. Yapılan detaylı incelemeler sonucunda, afet konteynerlerinin afet sonrası hızlı ve etkin müdahale için son derece önemli olduğu anlaşılmış fakat konteynerlerin mevcut yönetim sürecinde bazı sorunlar yaşandığı görülmüştür. Ayrıca, afet konteynerleri ile ilgili yapılan detaylı yazın taraması sonucunda bu alanda çok kısıtlı sayıda çalışma olduğu ve mevcut çalışmaların ele alınan problemleri temel düzeyde incelediği görülmüştür. Gerek konunun önemi gerekse literatürdeki boşluk göz önüne alındığında afet konteynerlerinin yönetimi ile ilgili çalışmalar ve planlamalar yapılmasının, doğal afet sonrasında hızlı müdahale ile istenmeyen kayıpları en aza indirebilmek ve bu süreçte afet konteynerlerinden maksimum düzeyde yararlanabilmek için son derece yararlı olacağı öngörülmektedir. Özellikle Türkiye gibi doğal afet açısından riskli bölgelerde, afete dirençli şehirler oluşturarak kayıpları minimize edebilmek için afet konteynerlerinin kullanımı ve yönetimi ile konuların öne çıkacağı ve bu kapsamda hem akademik hem de yönetimsel olarak farklı çalışmaların yapılacağı öngörülmektedir. Bu motivasyonla, uzman görüşleri doğrultusunda mevcut durum dikkate alınarak afet konteynerlerinin planlama ve yönetimi ile ilgili literatürde çalışılmamış bazı problemler tanımlanmıştır. Tanımlanan problemlerden her biri potansiyel çalışma

alanı olarak bölüm 4'te listelenmiş ve tartışılmıştır. Bu çalışmada, tanımlanan problemlerden biri olan afet konteynerleri için yer seçimi problemi incelenmiş, bu problemi çözmek için küme kapsama temelli bir matematiksel model önerilmiş ve bu kapsamda gerçek hayat verisi ile İzmir-Narlıdere'de bir uygulama yapılmıştır. Sonraki çalışmalarda, önerilen matematiksel modelin kapsamının geliştirilmesi ve farklı yönetsel problemler ile birlikte ele alınması hedeflenmektedir.

Teşekkür (Acknowledgement)

İlk yazar, TÜBİTAK 2211-E Yurt İçi Doğrudan Doktora Burs Programı kapsamında desteklenmektedir.

Kaynaklar (References)

1. ReliefWeb. The Report of 2022 Disasters in Numbers. <https://reliefweb.int/report/world/2022-disasters-numbers#:~:text=In%202022%2C%20the%20Emergency%20Event,totaled%20around%20US%24%20223.8%20billion.> Yayın tarihi Mart 17, 2023. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
2. Atlas Dergisi. Türkiye Deprem Tehlike Haritası. <https://www.atlasdergisi.com/gundem/turkiyenin-deprem-tehlike-haritasi.html>. Yayın tarihi Şubat 13, 2023. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
3. ReliefWeb. Turkey-Earthquake: Emergency Situation Report (21.06.2023). <https://reliefweb.int/report/turkiye/turkey-earthquake-emergency-situation-report-21062023>. Yayın tarihi Haziran 21, 2023. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
4. Shrestha, J.K., Pudasaini, P., Mussone, L., Rural road network performance and pre-disaster planning: an assessment methodology considering redundancy, *Transportation Planning and Technology*, 44 (7), 726–743, 2021.
5. Huang, J.S., Huang, Y.C., Wang, Y.S., Lien, Y.N., Design of a Contingency Communication Network, Submitted to 13th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium, 21–23, 2011.
6. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası. TMMOB Kahramanmaraş Depremi Güncel Durum Tespiti -2- (14 Şubat 2023). <https://ankara.imo.org.tr/TR,146884/tmmob-kahramanmaraş-depremi-guncel-durum-tespiti--2--14-subat-2023.html>. Yayın tarihi Şubat 1, 2023. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
7. Sebatlı, A., Çavdur, F. Analysis of relief supplies distribution operations via simulation. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34 (4), 2079-2096, 2019.
8. Çavdur, F., Sağlam, A. S., Küçük, M. K. A scenario-based decision support system for allocating temporary-disaster-response facilities. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36 (3), 1499-1514, 2021.
9. Gökçe, M. A., Ercan, E., Multi-period vehicle routing & Replenishment problem of neighbourhood disaster stations for pre-disaster humanitarian relief logistics, *IFAC-PapersOnLine*, 52 (13), 2614–2619, 2019.
10. Yörük, E., Baykasoglu, A., Avci, M.G., Location and replenishment problems of disaster stations for humanitarian relief logistics along with an application, *Natural Hazards*, 119 (3), 1713-1734, 2023.
11. Sözcü. İstanbul'da deprem konteynerleri hırsızların hedefi oldu. <https://www.sozcu.com.tr/2021/gundem/istanbulda-deprem-konteynerleri-hirsizlarin-hedefi-oldu-6300256/amp/>. Yayın tarihi Mart 7, 2021. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
12. Graves, S.M. Community Disaster Cache Planning Guide. <https://seagrant.oregonstate.edu/sites/seagrant.oregonstate.edu/files/tsunamidisastercacheplanningguide.pdf>. Yayın tarihi Mayıs, 2021. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
13. Norm Yapıtek. İso Konteyner. <https://www.normyapitek.com/urunlerimiz/iso-konteyner/#afet-deprem>. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
14. Özçelik Konteyner. Afet Konteynerleri. <https://www.ozcelikkonteyner.com/detay.asp?iType=&iPic=141>. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
15. Norm Yapıtek. Deprem, Yangın, Sel Afetlerinde; Keşke Dememek İçin Hazır Mıyız?. <https://www.normyapitek.com/urunlerimiz/afet-mudahele-ve-deprem-konteyneri/>. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
16. Life Safety Associates. Disaster Containers (ARKs). <https://www.lifesafety.com/disaster-containers-arks/>. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
17. Norm Yapıtek. Deprem (Afet) Konteyneri İçerisinde Bulunan Malzeme ve Ekipman Listesi. <https://www.normyapitek.com/malzemeler/malzeme-listesi/>. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
18. Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi. Afet Konteynerleri. https://afet.tekirdag.bel.tr/afet_konteynerleri. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
19. İzmir Büyükşehir Belediyesi. İzmir Afet Planı. <https://afetplani.izmir.bel.tr/documents/sunum.pdf>. Yayın tarihi Mart 1, 2023. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
20. Bursa Nilüfer Belediyesi. Afet Konteynerleri. <https://www.nilufer.bel.tr/kategoriler/tesisler/idari-binalar/afet-konteynerleri>. Yayın tarihi Aralık, 2022. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
21. Yeni Çizgi Haber. Mersin'in ilk acil durum deprem konteyneri Mezitli'ye yerleştirildi. <https://www.yenicizgihaber.com/haber/mersinin-ilk-acil-durum-deprem-konteyneri-mezitliye-yerlestirildi-haberi-151940.html>. Yayın tarihi Nisan 28, 2021. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
22. Sözcü. İstanbul'da kaç 'Deprem Afet Konteyneri' var?. <https://www.sozcu.com.tr/2023/gundem/istanbulda-kac-deprem-afet-konteyneri-var-7611338/>. Yayın tarihi Mart 5, 2023. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
23. Hürriyet. İşte deprem konteynerleri için merak edilenler. <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/iste-deprem-konteynerleri-icin-merak-edilenler-41304151>. Yayın tarihi Ağustos 17, 2019. Erişim tarihi Aralık 11, 2023.
24. Şahin, A., Ertem, M.A., Emür, E., Using containers as storage facilities in humanitarian logistics, *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 4 (2), 286–307, 2014.
25. Şahin-Arslan, A., Ertem, M.A., A warehouse design with containers for humanitarian logistics: A real-life implementation from Turkey, *International Journal of Industrial Engineering: Theory Applications and Practice*, 26 (2), 139–155, 2019.
26. Demirbas, S., Ertem, M.A., Determination of equivalent warehouses in humanitarian logistics by reallocation of multiple item type inventories, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 66(January), 102603, 2021.
27. Ertem, M.A., Akdoğan, M.A., Kahya, M., Intermodal transportation in humanitarian logistics with an application to a Turkish network using retrospective analysis, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 72 (February), 102828, 2022.
28. Çiçekdağı, H.İ., Kırış, Ş., Afet İstasyonu ve Toplanma Merkezi için Yer Seçimi ve Bir Uygulama, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28, 67–76, 2012.
29. Arslan, H.M., Optimum Locating of Disaster Containers, *International Journal of Business and Management Invention*, 6 (12), 74–80, 2017.
30. Parisi, S., Achillas, C., Aidonis, D., Folinias, D., Conceptual design of a telecommunications equipment container for humanitarian logistics, *International Journal of Business Science and Applied Management*, 11 (2Special Issue), 12–23, 2016.
31. AFAD. Afet ve Acil Durum Toplanma Alanları. https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/39521/xfiles/toplanma_alanlari.pdf. Erişim tarihi Mart 1, 2024.
32. Çınar, A.K., Akgün, Y., Maral, H., Afet sonrası acil toplanma ve geçici barınma alanlarının planlanmasındaki faktörlerin incelenmesi: İzmir-Karşıyaka örneği, *Planlama*, 28 (2), 179-200, 2018.
33. Gerdan, S., Şen, A., Afet ve acil durumlar için belirlenmiş toplanma alanlarının yeterliklerinin değerlendirilmesi: İzmit örneği. *İdealkent*, 10 (28), 962-983, 2019.
34. Gök, E., Polat, O., İzmir Kuvvetli Yer Hareketi Deprem İstasyon Ağı: İzmirNET, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15 (3), 233-243, 2014.
35. Narlıdere İlçesi Afet ve Acil Durum Toplanma Alanları. https://itfaiye.izmir.bel.tr/CKYuklenen/ATN20022020/NARLIDERE_66-.pdf. Erişim tarihi Mart 1, 2024.
36. Narlıdere Belediyesi Acil Toplanma Alanları. <https://www.narlıdere-bld.gov.tr/acil-toplanma-alanlari.aspx>. Erişim tarihi Mart 1, 2024.
37. Endeksa - Narlıdere İlçesi İstatistikleri. <https://www.endeksa.com/en/analysis/turkiye/izmir/narlıdere/demography>. Erişim tarihi Mart 1, 2024.

38. Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Antucheviciene, J., Zakarevicius, A., Optimization of weighted aggregated sum product assessment, *Elektronika ir Elektrotechnika*, 122 (6), 3-6, 2012.
39. Baykasoğlu, A., Golcuk, I., Revisiting ranking accuracy within WASPAS method, *Kybernetes*, 49 (3), 885-895, 2020.
40. Baykasoğlu, A., Ercan, E., Analysis of rank reversal problems in “Weighted Aggregated Sum Product Assessment” method, *Soft Computing*, 25 (24), 15243-15254, 2021.
41. Shannon, C.E., A mathematical theory of communication, *The Bell System Technical Journal*, 27 (3), 379-423, 1948.
42. Chen, F., Wang, J., Deng, Y., Road safety risk evaluation by means of improved entropy TOPSIS–RSR, *Safety Science*, 79, 39-54, 2015.
43. Kumar, R., Bilga, P.S., Singh, S., Multi objective optimization using different methods of assigning weights to energy consumption responses, surface roughness and material removal rate during rough turning operation, *Journal of Cleaner Production*, 164, 45-57, 2017.