

Afet Lojistiğinde Depo Yer Seçimi: Avcılar İlçesi Örneği

Elif Nurhayat SEZER^a,

Meryem Sena BABACAN^b,

Zeynep Beyza ARSLAN^c

Mehmet GÜDELEK^d

Emine Elif NEBATİ^e

Öz

Makale Hakkında

Deprem afeti, Türkiye’de oluşabilecek olan afetler arasında %70’lik bir oran ile birinci sırada yer almaktadır. Yaşanabilecek olası afet anında, etkilerini en aza indirilebilecek, toplum üzerindeki etkilerini minimum seviyede tutabilecek çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda dikkat edilmesi gereken en önemli faktör ise; çalışmanın, afet öncesi, afet anı ve afet sonrası olmak üzere tüm gereksinimleri karşılayabilecek şekilde hazırlanmalıdır. Bu çalışmada, İstanbul ilinde oluşabilecek olası deprem afetinin olası sonuçlarını azaltmayı amaçlayan geçici depo yeri problemi ele alınmıştır. Ele alınan bu problem kapsama alanı Marmara fay hattına yakınlığı sebebi ile Avcılar ilçesidir. Avcılar ilçesi güney (E5 altı) ve kuzey (E5 üstü) olmak üzere iki bölge kapsamında çalışılmıştır. Yapılan çalışmada ilçede bulunan bina bilgileri; yapım yılı 1980 öncesi, yapım yılı 1980-2000 ve yapım yılı 2000 sonrası olarak sınıflandırılmış ve bina dağılımları haritadan gözlemlenmiştir. Bununla beraber mahallelerdeki nüfus yoğunluğu dağılımı ve ilçe için yapılmış olan olası depremde bina hasarları ve can kaybı analizleri incelenmiştir. Avcılar ilçesi için güney ve kuzey bölgeleri olmak üzere kurulabilecek 4 adet depo yeri matematiksel modelleme yöntemlerinden P-Medyan matematiksel modeli kullanılarak afet lojistiği için depo yeri belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, afet lojistiği çalışması kapsamında ihtiyaç noktalarına, acil yardım malzemelerinin en kısa sürede ve en çok kişiye ulaştırılmasını sağlayan afet lojistik depolarının yer seçimi problemi ele alınırken 4 adet depo yeri seçimi yapılmıştır. Belirlenen depolar Avcılar İlçe Kaymakamlığı’nın belirlediği depolar ile karşılaştırılmıştır.

Geliş Tarihi: 17.04.2025

Kabul Tarihi: 01.08.2025

Yayın Tarihi: 30.12.2025

Atf için: Sezer, E. N., Babacan, M. S., Arslan, Z. B., Güdelek M., Nebati E. E. (2025). Afet Lojistiğinde Depo Yer Seçimi: Avcılar İlçesi Örneği. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 89-112. <https://doi.org/10.47769/izufbed.1678068>

Etik Beyan

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (Emine ELİF NEBATİ).



Anahtar Kelimeler: Afet, Deprem, Afet lojistiği, Depo yeri seçimi

^a **Sorumlu Yazar:** Doç. Dr., İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye. E-mail: emine.nebatin@izu.edu.tr ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3950-4279>

^b Endüstri Mühendisi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye. E-mail: nurrhayatsezer@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0009-0002-5584-0552>

^c Endüstri Mühendisi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye. E-mail: meryemsenababacan@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0009-0006-4496-6933>

^d Endüstri Mühendisi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye. E-mail: byz.ars.z@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0009-0000-7379-5439>

^e Endüstri Mühendisi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye. E-mail: mehmet.gudelek@ogr.gsu.edu.tr ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4534-9025>

* Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde yapay zekâ tabanlı herhangi bir araç veya uygulama kullanılmamıştır. Çalışmanın tüm içeriği, yazar(lar) tarafından bilimsel araştırma yöntemleri ve akademik etik ilkelere uygun şekilde üretilmiştir.

Warehouse Location Selection in Disaster Logistics: The Case of Avclar District

Elif Nurhayat SEZER^a, Meryem Sena BABACAN^b, Zeynep Beyza ARSLAN^c

Mehmet GÜDELEK^d, Emine Elif NEBATİ^e

Abstract

Earthquake disaster ranks first among the disasters that may occur in Turkey with a rate of 70%. In the event of a possible disaster, studies are carried out to minimize its effects and keep its effects on the society at a minimum level. The most important factor to be considered in these studies is that the study should be prepared in a way to meet all requirements before, during and after the disaster. In this study, the problem of temporary warehouse location, which aims to reduce the possible consequences of a possible earthquake disaster that may occur in Istanbul province, is addressed. The scope of this problem is Avclar district due to its proximity to the Marmara fault line. Avclar district was studied within the scope of two regions, south (below E5) and north (above E5). In the study, the building information in the district; construction year before 1980, construction year 1980-2000 and construction year after 2000 were graphed and building distributions were observed from the map. In addition, the distribution of population density in the neighborhoods and the analysis of building damages and loss of life in a possible earthquake for the district were examined. For Avclar district, 4 warehouse locations that can be established in the southern and northern regions were determined for disaster logistics by using the P-Median mathematical model from mathematical modeling methods. In this study, within the scope of the disaster logistics study, it is aimed to select 4 warehouse locations while addressing the problem of location selection of disaster logistics warehouses that enable the delivery of emergency aid materials to the points of need in the shortest time and to the most people. The determined warehouses were compared with the warehouses determined by Avclar District Governorship.

Keywords: Disaster, Earthquake, Disaster logistics, Warehouse location selection

About Article

Received Date: 17.04.2025

Accepted Date: 01.08.2025

Publication Date: 30.12.2025

To Cite: Sezer, E. N., Babacan, M. S., Arslan Z. B., Güdelek M., Nebati E. E. (2025). Warehouse Location Selection in Disaster Logistics: The Case of Avclar District. *Istanbul Sabahattin Zaim University Journal of Institute of Science and Technology*, 7(2), 89-112. <https://doi.org/10.47769/izufbed.1678068>

Ethical Statement

It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (Emine Elif NEBATİ).

^b **Corresponding Author:** Assoc. Prof. Istanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Industrial Engineering, İstanbul, Türkiye. E-mail: emine.nebatin@izu.edu.tr ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3950-4279>

^a Industrial Engineer, Istanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Industrial Engineering, İstanbul, Türkiye. E-mail: nurhayatsezer@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0009-0002-5584-0552>

^b Industrial Engineer, Istanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Industrial Engineering, İstanbul, Türkiye. E-mail: meryemsenababacan@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0009-0006-4496-6933>

^c Industrial Engineer, Istanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Industrial Engineering, İstanbul, Türkiye. E-mail: byz.ars.z@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0009-0000-7379-5439>

^d Industrial Engineer, Istanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Industrial Engineering, İstanbul, Türkiye. E-mail: mehmet.gudelek@ogr.gsu.edu.tr ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4534-9025>

* No artificial intelligence-based tools or applications were utilized in the preparation of this manuscript. All content was generated solely by the author(s) in adherence to scientific research methodologies and academic ethical standards.

Giriş

Son zamanlarda dünya genelinde, iklim değişikliği gibi faktörler veya doğal oluşumlar sebebiyle birçok doğal afet meydana gelmektedir. Dünya sağlık örgütüne göre afet: olağanüstü bir müdahale gerektirecek her türlü durum, hasar, yıkım, ekolojik dengenin bozulması, insanların yaşamını kaybetmesi, çektiği acılar ve sağlık hizmetlerinin etkilenmesi gibi olayları içermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde afetler, milyonlarca insanın ölümüyle sonuçlanarak büyük etkiler yaratmıştır. Bilim ve teknolojideki gelişmelere rağmen, deprem, kasırga, volkanik patlamalar gibi kontrol edilemeyen doğal afetler milyonlarca dolarlık habitat kaybına, maddi zarara ve insanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar gibi çok büyük acılara sebep olmak ile birlikte kişiler üzerinde sosyal ve psikolojik açıdan olumsuz etkilere de sebep olduğu gözlemlenmiştir (Budak ve diğerleri, 2020). Her afet türü kendine özgü etkilere sahip olsa da depremlerin doğal afetler içerisinde özgü bir yeri vardır. Bunun sebebi, depremlerin etkileyebileceği alanının geniş olması, can ve mal kayıplarının fazla olmasıdır. Deprem, yerkabuğundaki çatlaklardan kaynaklanan ani titreşimlerin ortaya çıkardığı kaçınılmaz bir doğa olayıdır ve yayılan dalgalar aracılığıyla geçtikleri ortamları sarsar (AFAD, 2019). Dünya'nın başlangıcından bu yana, milyonlarca insanın depremler nedeniyle hayatını kaybettiği ve evlerinin yıkıldığı gerçeği bilinmektedir. Acil durumlar veya felaketler yaşandığında, bu durumlarla başa çıkabilmek için insan ve mali kaynakları da içeren büyük çaba gerekmektedir. Toplumsal olarak afetlere hazırlandığımızda, olası bir afet anında can ve mal kaybının azalabileceği ve toplumun daha hızlı bir şekilde toparlanabileceği söylenebilir (Durdağ ve diğerleri, 2020). Dünya genelindeki temel zorluklardan biri, afetlerden etkilenen bölgelere insani yardımların (ilaç, gıda, su ve benzeri) zamanında ulaştırılmasıyla yardımın hızlandırılmasıdır (Taouktsis ve Zikopoulos, 2023). Yaşanan afetlerin ardından yazılı ve görsel basında en sık yer alan haberlerde, afetzedelere yapılan yardımların ulaştırılması ve dağıtılmasında yaşanan yetersizlik ve plansızlık öne çıkmaktadır (Durdağ ve diğerleri, 2020). Buna örnek olarak 2023 yılında merkez üstü Kahramanmaraş olan 7.6 ve 7.7 şiddetinde meydana gelen depremlerde birçok can ve mal kaybı yaşanmıştır. Bu yaşanan felakette yardımların geç ulaşması veya ulaşamaması afetten etkilenen halkı deprem dışında imkânsızlıklarla da savaşmak zorunda bırakmıştır. Bu durum bize afet lojistiğinin ne kadar önemli olduğunu bir kez daha göstermiştir. Ancak afetlerde lojistik yönetimi karmaşık ve zorlu bir süreçtir çünkü sınırlı zamanı göz önünde bulundurarak talebi en etkili şekilde karşılamayı hedeflemektedir (Guo ve Matsuda, 2023). Afetlerin ardından hızla etkilenen bölgelerde acil yardım ihtiyacına hızlı bir şekilde müdahale edilmesi, acil durum lojistiği için hayati bir konudur. Doğal bir felaketin ardından afet zedelere yiyecek, ilaç, battaniye, çadır, hijyen ürünleri ve diğer yardım malzemeleri temin edilmelidir. Fakat felaketin etkilediği bölgedeki altyapı genellikle ciddi şekilde zarar görebilir. Bu nedenle, yardım malzemelerini tedarikçilerden alıp afet mağdurlarına ulaştırabilmek

için depoların hangi şehirlere kurulacağını ve aynı zamanda depo kurulmayan diğer şehirlerin hangi depolardan faydalanacağı gibi alanların tespitleri yapılmalıdır (Ergün ve diğerleri, 2020). Depoların uygun yerlerde bulunması, afetzedelerin ihtiyaç duydukları malzemelere hızla ulaşması ve bu sayede yaşamlarını devam ettirebilmeleri için oldukça önemlidir. Türkiye, dünya üzerindeki en kritik deprem bölgelerinden biri olan Alp-Himalaya kuşağında konumlanmıştır. Bu nedenle, yüksek deprem potansiyeline sahip tektonik bölgeleri içermektedir. Marmara Bölgesi'nde meydana gelebilecek büyük bir deprem, özellikle İstanbul'u etkileyebilecek önemli bir olaydır. Birçok uzmanın yürüttüğü çalışmalar, İstanbul'da yakın bir gelecekte yıkıcı bir depremin kaçınılmaz olduğunu vurgulamaktadır. Türkiye'nin en büyük metropolü ve ekonomik merkezi olan İstanbul'da böyle bir depremin, ciddi kayıplara neden olacağı öngörülmektedir. Bu konu, bu kayıpları minimize etmek adına büyük önem taşımakta olup, depremlere karşı hazırlıklı olmak için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. (Yalçındağ ve diğerleri, 2023). Bu çalışmada, Avcılar ilçesinin Marmara fay hattına yakınlığı sebebi ve olası büyük İstanbul depreminde ağır hasar alması beklenen bir ilçe olmasından dolayı araştırma konusu olarak seçilmiş ve olası uygun depo yer seçimi problemi olarak ele alınmıştır. Bu çalışmanın amacı, afet lojistiğinde İstanbul Avcılar ilçesi için depo yeri seçimi yapmaktır. Afet lojistiği kapsamında, acil yardım malzemelerinin, ihtiyaç noktalarına en kısa zamanda ve en çok kişiye ulaştırılmasını sağlayan afet lojistik depolarının yer seçiminin doğru yapılması büyük önem arz etmektedir. Çalışma kapsamında, Avcılar ilçesi için güney ve kuzey bölgeleri olmak üzere kurulabilecek 4 adet depo yeri matematiksel modelleme yöntemlerinden p-Medyan matematiksel modeli kullanılarak çözümlenmesi hedeflenmektedir.

Literatür Araştırması

Çalışmada, “afet, lojistik, afet yönetimi, afet lojistiği” gibi anahtar kelimeler kullanılarak literatür araştırması yapılmıştır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda afet öncesi yapılan hazırlıkların ve yapılacak planlamanın önemi vurgulanmıştır. Son yıllarda öne çıkan çalışmalardan bazıları; Bastı çalışmasında, tesis yeri seçim kararının öneminden, tedarik zinciri performansını direkt olarak etkilediğinden ve lojistik maliyetler açısından da önemini vurgulamıştır. Tesis yeri seçim problemlerinde en çok bilinen, çözüm amacı ile literatürde birçok çalışması yapılmış olan bir tesis yerleşim ve atama modeli olan p-medyan modelini kullanmıştır. (Bastı,2012). Önsüz ve Atalay, afet öncesinde yapılması gereken hazırlık ve planlama evrelerinde afet lojistiğinin eksik kalması sonucunda afetten etkilenen insanlara yapılacak olan yardımların ne kadar aksadığı anlatılmak istenmiştir (Önsüz ve Atalay, 2015). Karataş ve diğerleri, bir tesis yerleştirmesinde en iyi konumu bulmak için iki konum modelinden yararlanılmıştır. Bunlar p -medyan ve maksimum kapsamadır. Performans gereksinimi ise beş karar kriterine göre karşılaştırılmıştır (Karataş ve diğerleri, 2016). Boonmee ve diğerleri, tesis problemleri üzerinde hem veri modelleme türleri hem de

problem tipleri temelinde bir araştırma yapmıştır. Çalışmada dört temel unsur incelenmiştir. Her problem için tesis lokasyon tipi, veri modelleme tipi, afet tipi, kararlar, hedefler, kısıtlar ve çözüm yöntemleri değerlendirilmiş, daha sonra uygulamaları ve vaka çalışmaları yapılmıştır (Boonmee ve diğerleri, 2017). Aydın ve diğerleri çalışmada, afet lojistik depolarının yerlerinin belirlenmesi problemi ele alınmıştır. Afet anında acil yardım malzemelerinin minimum zamanda ihtiyaç duyulan noktalara ulaştırılması hedeflenmiştir. İlk aşamada bir küme kapsama modeli geliştirilerek en az sayıda alternatif lokasyonların sayısı belirlenmiştir. İkinci aşamada, talep ağırlıklı mesafe minimizasyonu amaçlı, p-medyan problemi sunulmuştur (Aydın ve diğerleri, 2017). Demirdöğen ve diğerleri, afet lojistiği alanında ideal dağıtım merkezi konumunun belirlenmesi amaçlanmıştır ve Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi-2 (SMAA-2) yöntemi kullanılarak, TRA1 Bölgesinde bulunan üç şehir (Erzurum, Erzincan, Bayburt) için dağıtım merkezi yer seçimi problemi ele alınmıştır (Demiröğen ve diğerleri, 2017). Loree ve diğerleri, afet sonrasında insanlara yardım edilebilmesi için dağıtım noktalarının belirlenmesine yönelik matematiksel model geliştirmiştir. Modelde optimum tesis sayısı belirlenmiş ve çoklu kaynak kullanımına izin verilmiştir. Bu modelin oluşturulmasında küme kapsama ve p-medyan teknikleri kullanılmıştır (Loree ve diğerleri, 2018). Konu ve diğerleri, İstanbul ilinde deprem anında kullanılması gereken acil ihtiyaçların depolanması ve bu depoların yerlerinin incelenmesi yapılmıştır. Geliştirilmiş olan karışık tam sayılı programlama modeli uygulanırken İstanbul şehrinin Avrupa yakasında dört adet, Anadolu yakasında ise üç ayrı ilçede depo merkezi kurulması gerektiği sonucuna varılmıştır (Konu ve diğerleri, 2018). Temur ve diğerleri, deprem sonrası hayatta kalan kişilerin ihtiyaçlarını en kısa sürede sağlanabileceği bir senaryo sunmuştur. Çalışmada kriter olarak ihtiyaç skor ağırlığı ve uzaklık minimizasyonu kullanılarak p-medyan yöntemiyle hesaplamalar yapılmıştır (Temur ve diğerleri, 2018). Adiguzel, afet lojistiğinin önemi ve bu alanda yapılması gerekenleri belirlemiştir (Adiguzel, 2019). Durak ve diğerleri, bir gıda firmasının tesis yeri seçimini konu almıştır. Seçtikleri gıda firmasında Düzce ili ve ilçelerinde maksimum depo sayısını hedeflemiştir ve bu depoların yerlerini bulmayı amaçlamıştır. Elde edilen maliyet eğrisine göre firmanın mevcutta olan depo sayısının yetersiz olduğu ve depo sayısının ikiye çıkarılması gerektiği sonucuna varılmıştır (Durak ve diğerleri, 2016). Ergin çalışmasında, Türkiye’de gerçekleşebilecek bir afet durumunda, afetzedelerin ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli depo yerlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. İlk olarak K-Means algoritması ile kümeleme analizi yapılarak bölgelere ayrılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra belirlenen kısıtlara göre P-medyan modellenmiştir (Ergin, 2016). Hazırcı ve diğerleri, çalışmada olası bir deprem afeti sonrasında Burdur ili için etkilenen afetzedelerin geçici barınma ihtiyacının teminini sağlamak amaçlanmıştır. Çalışmada ilk olarak geçici AHP metoduyla kriterler belirlenmiştir. İkinci aşamada p-medyan modelinde karar değişkeni katsayı olarak kullanılmış ve GAMS programı kullanarak çözüme ulaşılmıştır (Hazırcı ve diğerleri, 2019). Salam ve

diğerleri Haiti'de yaşanan depremde yola çıkarak yaşanan doğal afetlerden sonra lojistik yönetiminin ne kadar önemli olduğunu vurgulamıştır (Salam ve Khan, 2020). Budak ve diğerleri, birleşik bulanık tabanlı karar verme yaklaşımı kullanarak en uygun RTLS teknolojisini seçmeyi amaçlamışlardır. Geliştirilen yaklaşım insani yardım lojistiği deposuna seçim için Ultra Geniş Bant, Wi-Fi, UHF RFID ve Aktif RFID olmak üzere dört alternatif uygulanarak uygulanmıştır (Budak ve diğerleri, 2020). Durdağ ve diğerleri, İstanbul depreminde az etkilenmesi beklenen Beykoz ilçesine yönelik yapılan bir uygulama çalışması ele almıştır. Depo yer seçimi için alanında uzman olan 18 tane itfaiyeciye anket yöntemiyle sorular sorularak depo yeri belirlemek için etmen puan tekniği kullanmıştır. Böylece elde edilen sonuçlarda ortaya çıkan verilere göre artı ve eksi yönleriyle değerlendirmeler yapılmış ve doğru depo yer seçimi için idari birimlere fikir verilmiştir (Durdag ve diğerleri, 2021). Taouktsis ve Zikopoulos doğal veya insan kaynaklı felaketlerde insani yardım dağıtım merkezinin yerinin hızlı bir şekilde seçilmesini amaçlayan, kâr amacı gütmeyen kuruluşlar ve hükümetler için gerekli olan yenilikçi bir karar verme aracı geliştirmişlerdir (Taouktsis ve Zikopoulos, 2023). Tezcan ve diğerleri, sanayi kuruluşlarının üretim tesislerini sınırları içerisinde bulundurmasından kaynaklı olarak Kırıkkale ili için afet sonrası geçici depo yeri seçimi problemi ele almıştır. Bu problemde ulaşım, kapasite, güvenlik ve alt yapı kriterleri dikkate alınarak, belirlenen kriterlerin ağırlıklandırılmasında AHP ve BAHF yöntemleri kullanılmış olup sıralanması ve uygun konumun elde edilmesinde ise TOPSIS, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır (Tezcan ve diğerleri, 2023). Guo ve Matsuda, Japonya'nın Kanto bölgesinde meydana gelen deprem örneğini baz alınmış ve afet öncesi dönemde dağıtım merkezlerinin seçimine odaklanarak AVM seçimini etkileyen kriterlerin önemini tanımlamak, mevcut özel AVM'leri sıralamak ve ağırlıklı toplu toplama göre konum eğilimlerini ve kullanımlarını değerlendirilmesi için (WASPAS) ve k-ortalamları yöntemlerini kullandıkları bir çalışma yapmışlardır (Guo ve Matsuda, 2023). Yalçındağ ve diğerleri, İstanbul ili için deprem anında yardım malzemelerinin en kısa sürede ihtiyaç noktalarına ulaşmasını sağlayacak depoların yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kurulan modelde, küme kapsama problemi ile açılacak depo sayısı belirlenmiş ve p-medyan ile ağırlıklı mesafe en aza indirilmiştir. Genel Cebirsel Modelleme Sistemi (GAMS) kullanılarak problem çözülmüş ve optimum senaryoya karar verilerek senaryoların haritaları çıkarılmıştır (Yalçındağ ve diğerleri, 2023). Gök ve diğerleri 2024 yılındaki çalışmada, afet lojistiğinde depo yer seçimi çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi ele alınmıştır. Örnek uygulama olarak Bursa ili tercih edilmiştir (Gök ve diğerleri, 2024). Yazar ve Eren, Bingöl ili Merkez ilçesi çalışma bölgesi seçilerek afet durumunda haberleşmenin kesilmesi durumunda planlı bir şekilde tüm ilçeyi kapsayacak haberleşme altyapısının kurulması için küme kapsama problemine odaklanmıştır (Yazar ve Eren, 2025).

Araştırmalarda sıklıkla P-Medyan, Küme Kapsama, Karma Tamsayı Programlama, AHP, TOPSIS, VIKOR, SMAA-2, GAMS, WASPAS gibi optimizasyon ve çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Pek çok çalışma, afet öncesi yapılan hazırlıkların ve planlamanın ne kadar kritik olduğunu vurguluyor. Özellikle tesis yeri seçimi bu hazırlıkların en önemli parçalarından biri olarak görülmektedir. Depo yerlerinin seçimi hem zamanında yardım ulaştırma hem de maliyet etkinliği açısından incelenmiştir. İstanbul, Erzurum, Burdur, Kırıkkale, Düzce, Bingöl ve Bursa gibi Türkiye'nin farklı illerinde afet senaryoları üzerine uygulanabilir modeller geliştirilmiştir. Bu yerel yaklaşımlar, çalışmalara saha gerçekliği ve uygulanabilirlik kazandırmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalar ise, afet sonrası haberleşme, karar destek sistemleri ve yapay zekâ destekli modellemeler gibi konularda ele alınmaya başlamıştır. Bu çalışmada, afet lojistiği kapsamında acil yardım malzemelerinin ihtiyaç noktalarına minimum zamanda ve en çok kişiye ulaştırılmasını sağlayacak afet lojistik depolarının yer seçiminin doğru yapılmasını hedeflediği ve 4 depo kısıtı olması sebebiyle, afet depo yeri seçimi problemi çözümünde GAMS ve P medyan yönteminden yararlanılmıştır. Literatürde İstanbul bölgesi yüksek riskli bir bölge olmasına rağmen, Avcılar ilçesi için bir araştırma yapılmaması bu bölgeye yönelik araştırma yapılmasını öncelikli kılmıştır.

Afet Lojistiğinde Depo Yeri Seçimi

Afetler genellikle doğal sebeplerden kaynaklanan büyük ölçekli olaylardır. Bu olaylar genellikle büyük zarara, can kaybına ve toplumsal etkilere yol açmaktadır. Afetler, ülkenin altyapısını tamamen tahrip etmek ile birlikte toplumsal, finansal, ekonomik ve fiziksel yapıya karşı olumsuz etkiler yarattığı için acil yardım, kurtarma ve iyileştirme çabalarını gerektirmektedir. Afetlerin etkilerini azaltabilmek ve yardım çabalarının doğru koordinasyonunu sağlayabilmek için afet yönetim sistemi oluşturulmuştur. Afet yönetimi sistemi, afetlerin önlenmesi ve etkilerinin azaltılması amacıyla afet öncesinde, sırasında ve sonrasında gereken eylemlerin ve faaliyetlerin planlanması, yönlendirilmesi, koordine edilmesi, desteklenmesi ve etkin bir şekilde uygulanması olarak tanımlanır (AFAD 2014).

Afet yönetimi üç faaliyet aşamasını içerir: hazırlık, müdahale ve kurtarmadır. (Morgi ve diğerleri ,2022) Afet yönetim sisteminin ilk aşaması olan afet hazırlık aşamasında afette ortaya çıkabilecek olası kayıpların azaltılması ve acil yardım ihtiyaçlarının karşılanması amaçlanmaktadır. (Aydın ve diğerleri, 2017) Afet yönetiminin ikinci aşaması olan müdahale evresinde Riski önlemek ve afetin oluşturabileceği olası zararları azaltmak için afetin önlenmesi veya büyük kayıplara sebep olmaması için gerekli olan tedbirlerin alınmasını hedefler. Afet yönetiminin son aşaması olan iyileştirme evresinde ise afetten etkilenen toplulukların ihtiyaçlarının karşılanması, hayatın bir an önce kaldığı yerden devam edebilmesi için gerekli faaliyetleri kapsar. Afet yönetiminin ilk aşaması olan hazırlık aşamasında, acil yardım ihtiyaçlarının

karşılanması için afet lojistik depoları oldukça önemlidir. Bu depoların ihtiyaçları sağlıklı bir şekilde karşılayabilmesi için belli başlı özellikleri bulunmaktadır, bunlar şu şekilde sıralanabilir;

- Rahat ulaşımın sağlanabileceği ve uygun çalışma alanlarının bulunduğu yerler seçilmelidir.
- Dağıtılacak malzemelerin önceden belirlenmesi ve bu malzemelere uygun depo yerlerinin ulaşım süresi mümkün olduğunca az olacak şekilde belirlenmelidir.
- Depoların afetten zarar görmeyecek yerlere konumlandırılması gerekmektedir.
- Depolar havayolları, karayolları, demiryolları ve limanlara yakın ve güvenli yerlerde olmalıdır (Aydın ve diğerleri, 2017)

Depo yerlerinin belirlenmesi konusu stratejik bir karar olup gerçek hayatta çok fazla karşılaşılan optimizasyon problemlerinden biridir. (Bastı ,2012) Afet lojistiği için depolama alanlarının belirlenmesi ve afete hazırlanılması, bir ülkenin dayanıklılığını önceden inşa etmede hayati bir rol oynamakla birlikte etkilenen insanların ve ülkelerin normale dönmelerine de olanak tanır. Afet müdahale faaliyetlerinin başarısı ve başarısızlığı, önceden hazırlanmış olan çalışmalara büyük ölçüde bağlıdır. Depolama, afetten etkilenen kişilere gerekli ihtiyaçları ulaştırma süresini azaltarak onların acılarını doğrudan azaltmaya yardımcı olmayı sağlayan önemli hazırlık aşamalarından biridir (Maharjan ve Hanakoka, 2016). İstanbul'da depremden en çok etkilenmesi beklenen ilçeler genellikle kuzeybatıda Marmara Denizi kıyısında bulunan ve Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın etkisi altında olan ilçelerdir. Avcılar ilçesi, deprem riskine karşı önlemler alınması gereken bölgelerden biridir. Yapılan araştırmalara göre ilçede bulunan binaların yalnızca %37'lik bir kısmı 2000 yılı sonrası inşa edilmiştir. Bu oran olası bir depremde Avcılar ilçesi için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bu oran Şekil 4 de verilmiştir.

Avcılar, İstanbul'un batı tarafında, Marmara Denizi kıyısında, şehir merkezine yaklaşık 27 kilometre uzaklıkta bulunan bir ilçedir. Yaklaşık 42.59 km²'lik bir toplam alanı bulunan ilçe, batısında Yakuplu ve Esenyurt ilçesi, kuzeyinde Bahçeşehir ilçesi ve güneyinde Marmara Denizi ile sınırlanmıştır. Doğusunda ise Küçükçekmece Gölü ve Küçükçekmece ilçesini içermektedir. İlçe, E-5 (D-100) otoyolu ve TEM otoyolu kavşağı ile üçe bölünmüştür. 2019 verilerine göre, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), ilçede 448,882 kişinin yaşadığını bildirmektedir. Özetle afet lojistiğinde depo yer seçimi, hızlı ve etkili müdahale için kritik öneme sahiptir. Doğru lokasyon, malzeme ve yardım dağıtımının hızını artırarak afet sonrasında kurtarma çalışmalarına büyük katkı sağlar.

P-Medyan Problemleri

P-medyan problemleri, p adet deponun n adet düğümünden şebeke üzerinde minimum maliyette yerleştiren ve depodan alınacak olan hizmet noktalarını belirleyen problemlerdir (Bastı,2012). Bahsi geçen maliyet terimi; süre, parasal tutar ve hizmet noktaları ile talep noktaları arasındaki mesafe olabilir. Kısaca, p-medyan problemleri talep noktaları ile depoların arasındaki uzaklığı azaltmayı hedefleyen problem türüdür (Durak ve Arkadaşı, 2015).

P-medyan problemleri sadece tesis yeri seçim problemlerinde kullanılmasının yanı sıra aynı zamanda yerleştirilen tesislerden hizmet alacak talep noktalarının en yakın tesise atanması problemlerini de içeren bir modeldir. Modelin temel amacı, p adet tesisin en uygun yerlerinin (şebeke üzerindeki düğümler) belirlerken, talep ağırlıklı toplam mesafeyi minimum yapmaktır. (Bastı, 2012). P-medyan problemine ilişkin varsayımlar aşağıdaki gibidir (Jamshidi, 2009):

- 1.Maliyet ve mesafe arasındaki bağlantı doğrusaldır.
- 2.Açılabilecek olan yeni tesislerin sayısı bilinmektedir.
- 3.Zaman kısıtlaması bulunmamaktadır.
- 4.Hizmet sunacak olan tesislerin kapasitesine yönelik bir sınırlama yoktur.
- 5.Bir tesisi açma kararı, maliyet tarafından etkilenmez.
- 6.Sabit müşteri talebi göz önüne alınmalıdır.
- 7.Her tesisin aynı özelliklere sahip olduğu gözlemlenir.
- 8.Net bir problem yapısı bulunmakta olup, tesisler sadece düğümlerde açılabilir.
- 9.Tesislerin açılabilme potansiyel noktaları belirlenmiştir.

P medyan problemlerinde, koşul olarak sunulan tesislerin sadece şebekeler üzerindeki düğümler üzerinde açılabilir olması durumu, sürekli modellere göre daha olumsuz bir çözüm ortaya çıkarabilmektedir. Hâkimi tarafından 1965 yılında yapılan bir çalışmada p-medyan problemlerinde belirlenen p adet tesisin şebeke üzerindeki düğümlere yerleştirildiğinde en az bir optimum sonuca varıldığı sonucuna varılmıştır (Hâkimi,1964). Sonuç olarak ayırık bir yapıya sahip olan problem optimum sonuca ulaşmak adına bir engel teşkil etmemektedir. P medyan problemlerinin bu özelliklerini göz önünde bulundurarak n adet düğüm ve p adet tesisten oluşan bir problemin çözüm sayısını aşağıda verilmiş olan Eşitlik 1 ile ifade etmek mümkündür (Bastı, 2012).

$$\binom{n}{p} = \frac{n!}{p!(n-p)!} \quad (1)$$

P-medyan problemlerinin matematiksel modelinin formülasyonu ilk defa ReVelle ve Swain tarafında 1970 yılında yapılmıştır. Yapılan formülasyonda zamanla küçük değişiklikler yapılmış olsa da büyük ölçüde orijinali ile aynı durumdadır. ReVelle ve Swain tarafından yapılan formülasyonu temel alan, Rolland ve arkadaşlarının yapmış oldukları p-medyan problemine ait matematiksel modelin formülasyonu aşağıdaki gibidir (ReVelle ve Swain, 1970).

Amaç Fonksiyonu:

$$\min \sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^n a_i d_{ij} z_{ij} \quad (2)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} = 1 \quad \forall i \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

$$z_{ij} \leq y_j \quad \forall i, j \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n y_j = p \quad (5)$$

$$z_{ij}, y_j \in \{0, 1\} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

Burada;

Indisler

i: Talep noktalarının indisi (Avcılar ilçesi mahalleleri)

j: Tesislerin indisi (Afet lojistik depo)

Parametreler;

n=toplam talep noktası sayısı

a_i =i noktasındaki talep

d_{ij} =i noktası ile j noktası arasındaki en kısa mesafe

p = yerleştirilecek olan hizmet verecek tesis (medyan) sayısı

Karar değişkenleri:

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ müşterisi } j \text{ tesisine atanmışsa} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ noktasında bir tesis açılmışsa} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

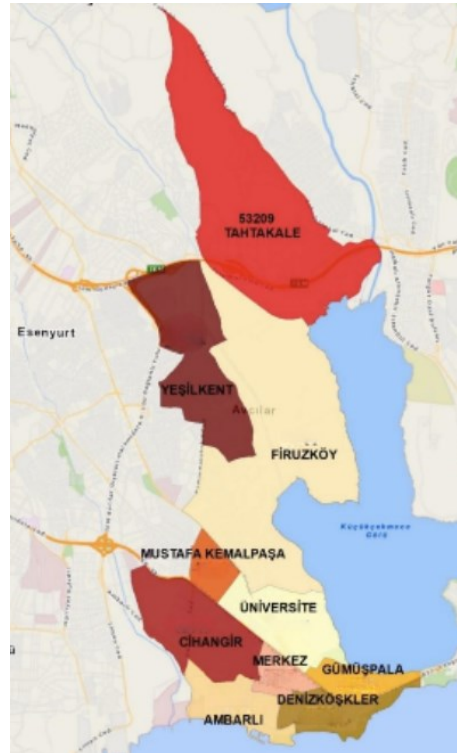
Eşitlik 2’de verilmiş olan amaç fonksiyonunda talep noktaları ile hizmet veren tesisler arasındaki oluşan toplam maliyeti minimize etmek amaçlanmaktadır. Eşitlik 3’te her bir talep noktası yalnızca bir tesise atanmalıdır yani seçilen bir talep noktasının tüm oluşan taleplerinin yalnız bir tesisten karşılanması anlamına gelir. Eşitlik 4 tutarlılığı sağlamak amaçlı oluşturulmuştur. Amaç; açık olmayan bir tesise talep noktası atanmamasını ifade etmektedir. Eşitlik 5’te ise açılacak olan tesis sayısını p adet ile sınırlandırmak amaçlı kullanılmaktadır.

Uygulama

Çalışmada, p -medyan modeli İstanbul’un Avcılar ilçesinde afet lojistik depo yer seçim problemine uygulanmıştır. Avcılar ilçesi on mahalleden oluşmaktadır Şekil 1’de gösterilmiştir. Çalışmada belirlenen kriterlere uygun olacak şekilde her mahalle için kurulmuştur. Afet lojistik noktaları koordinatları Google Harita kullanılarak alınmıştır. Bu koordinatlar merkezleri esas alınarak kodlar hesaplanmıştır. Bunun sonucunda mahallerinin uzaklık mesafeleri 1000 metre cinsinden ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 1’de paylaşılmıştır.

Şekil 1.

Avcılar İlçe Haritası (Avcılar Olası Deprem Kayıp Tahminleri Kitapçığı, 2020)



Oluşturulan modelde kullanılmak üzere Avcılar ilçesinin mahallerinin her birine ait nüfus bilgileri Avcılar Kaymakamlığı’ndan alınmıştır. P -medyan çözümünde GAMS 23.5 sürümü kullanılmıştır. GAMS uygulamasında kullanılan parametreler; nüfus

bilgisi, ağır hasar bina sayısı ve bu mahaller arası mesafedir. Detaylı bilgiler Tablo 2 ve Tablo 3' te gösterilmiştir.

Tablo 1.

Avcılar Mahalleler Arası Mesafe

Mahalle Adı	Ambarlı	Cihangir	Deniz-köşkler	Firuzköy	Gümüş-pala	M. Kemal Paşa	Merkez	Tahtakale	Üniversite	Yeşilkent
Ambarlı	0	1319	2167	4246	2809	3049	1274	8668	2046	6112
Cihangir	1319	0	3272	3899	3470	2031	2022	7896	1767	5148
Deniz-köşkler	2167	3272	0	4143	1406	4242	1359	8855	2700	6821
Firuzköy	4246	3899	4143	0	2913	2483	3311	4712	2231	3044
Gümüş-pala	2809	3470	1406	2913	0	3701	1550	7586	2175	5805
M.Kemal Paşa	3049	2031	4242	2483	3701	0	2913	5891	1569	3119
Merkez	1274	2022	1359	3311	1550	2913	0	7947	1430	5667
Tahtakale	8668	7896	8855	4712	7586	5891	7947	0	6650	2969
Üniversite	2046	1767	2700	2231	2175	1569	1430	6650	0	4248
Yeşilkent	6112	5148	6821	3044	5805	3119	5667	2969	4248	0

Tablo 2.

Avcılar Nüfus Bilgisi (Avcılar Olası Deprem Kayıp Tahminleri Kitapçığı, 2020)

Mahalle Adı	Yüzölçümü (Hektar)	2014	2015	2016
Ambarlı	182,35	38777	39068	38642
Cihangir	380,72	59431	60544	61320
Denizköşkler	169,65	45823	45503	45601
Firuzköy	1253,06	21348	21716	22102
Gümüşpala	115,6	40511	40807	41279
M. Kemal Paşa	95	46050	46938	46681
Merkez	85,65	31478	31590	31515
Tahtakale	1129,44	44196	46919	50695
Üniversite	284,06	20381	20815	21135
Yeşilkent	507,52	69857	71328	71800
	4203,05	417852	425228	430770

Tablo 3.

M_w=7.5 Senaryo Depremi İçin Avcılar İlçesi Mahalle Bazlı Bina Hasar Tahminleri (Avcılar Olası Deprem Kayıp Tahminleri Kitapçığı, 2020)

Mahalle Adı	Çok Ağır Hasarlı	Ağır Hasarlı	Orta Hasarlı	Hafif Hasarlı
Ambarlı	26	105	388	634
Cihangir	37	169	688	1171
Denizköşkler	33	138	516	843
Firuzköy	19	150	676	1005
Gümüspala	27	115	446	750
M. Kemal Paşa	17	64	253	471
Merkez	21	91	416	821
Tahtakale	5	52	321	658
Üniversite	12	64	276	480
Yeşilkent	36	313	1565	2452
	233	1261	5545	9286

Analizin ikinci adımında, P-Medyan Problem Çözümü gerçekleştirilmiştir. GAMS uygulamasına population (i), damage (j) ve bunların arasındaki mesafe için distance (i,j) olarak tanımlanmıştır. Tablo 2 ve Tablo 3'te ki sayısal veriler kullanılarak 10 ilçe arasındaki mesafeler hesaplanmıştır. Problemin çözümü için belirlenen kısıtlar her mahalleye bir depo atanması ve toplamda 4 depo kurulması kısıtlarıyla sınırlandırılmıştır.

İndisler

$x(i, j)$ assigning a warehouse to the neighborhood

$y(j)$ open warehouse

min objective variable;

Parametreler

atamaKurali (i) Her mahalle en az bir depo atanmalı

depoLimiti (j) Toplam depo sayısı 4 ile sınırlı

talep

minDefinition;

minDefinition $\sum((i, j), x(i, j) * population * distance_data(i, j)) = \min$

$$\text{atamaKurali (i)} \quad \sum(j, x(i, j)) \geq 1$$

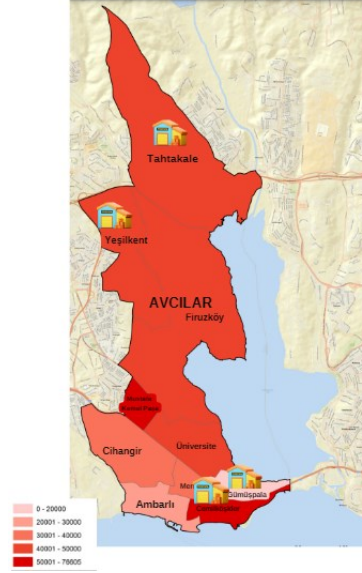
$$\text{depoLimiti (j)} \quad \sum(j, y(j)) = 4$$

$$\text{talep (i, j)} \quad x(i, j) \leq y(j)$$

Tüm bu denklem GAMS programında çözülmüştür. Bunun sonucunda ağır hasarlı bina sayısı, nüfus yoğunluğu ve mahalleler arasındaki mesafeler kriterlerine uygun olacak şekilde; Denizköşkler, Gümüşpala, Tahtakale ve Yeşilkent mahallerine birer depo yerleştirilmesine sonucuna varılmıştır. Bu mahallere konulacak olan depolar olası bir depremde Avcılar ilçesinde yaşayan insanlara acil yardım malzemelerini kolayca ulaşmasını sağlayacaktır. Son adımda, alternatifler karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen depo yerlerini Avcılar belediyesinin daha önceden belirlemiş olduğu depo yerleriyle karşılaştırması Şekil 2 ve Şekil 3'de yapılmıştır. Yapılan çalışmada depo yerlerini belirlerken dikkate alınan kriterlerden biri mahallelerin nüfus yoğunluğu olmuştur. Belediyeden aldığımız bilgilere göre; Yeşilkent mahallesi 70.800, Cihangir mahallesi 61.320, Tahtakale mahallesi 50.695, Mustafa Kemal Paşa mahallesi 46681, Denizköşkler 45.671, Gümüşpala mahallesi 41.279, Merkez mahallesi 31.515, Ambarlı mahallesi 38.642, Firuzköy mahallesi 22.102 ve son olarak Üniversite mahallesi 21.135 nüfus yoğunluğuna sahiptir. Bir diğer dikkate alınan kriter ise mahallelerin ağır hasarlı bina sayıları olmuştur. Yeşilkent mahallesi 36, Cihangir mahallesi 37, Tahtakale mahallesi 5, Mustafa Kemal Paşa mahallesi 21, Denizköşkler 33, Gümüşpala mahallesi 27, Merkez mahallesi 17, Ambarlı mahallesi 26, Firuzköy mahallesi 19 ve son olarak Üniversite mahallesi 12 adet çok ağır hasarlı yapıya sahiptir. Bu bilgiler dikkate alındığında belediyenin iki adet deposunu nüfus yoğunluğu açısından sıralamada en altta yer alan Firuzköy mahallesine yerleştirmiş olması deponun asıl ihtiyaç sahiplerine ulaşmakta zorluk yaşayabileceğini göstermektedir. Bununla beraber hem nüfus yoğunluğu hem de sahip olduğu ağır hasarlı bina sayılarının fazla olduğu Denizköşkler mahallesi, Cihangir mahallesi ve çevresi için tek bir deponun ihtiyaç duyulan kişilere ulaşmakta yetersiz kalacağı öngörülebilmektedir. Depo yerlerinin belirlenmesinde nüfus yoğunluğu ile ağır hasarlı bina sayısı gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması, ihtiyaç sahiplerine ulaşımın daha etkin hale gelmesini ve kaynakların doğru bir biçimde dağıtılmasını sağlamaktadır. Özellikle, yüksek nüfus ve hasar oranları bulunan bölgelerde birden fazla depo yerleştirilmesi, acil durumlarda hızlı bir müdahale imkânı sunmaktadır. Bu durum, hizmetin ulaşılabilirliğini artırarak, potansiyel sorunları en aza indirmektedir. Ayrıca, bu model mevcut durumu analiz ederek daha etkili bir strateji geliştirilmesine de olanak tanımaktadır.

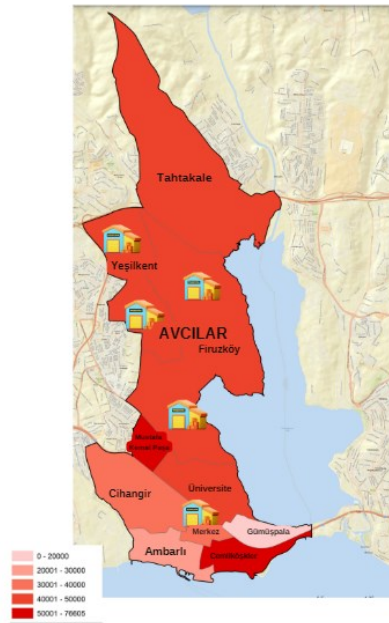
Şekil 2.

Çalışma Sonucunda Elde Edilen Depo Konumları



Şekil 3.

Avcılar Belediyesinin Daha Önceden Belirlemiş Olduğu Depo Konumları



Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Deprem afeti, Türkiye’de oluşabilecek olan afetler arasında %70’lik bir oran ile birinci sırada yer almaktadır. Yaşanabilecek olası afet anında, etkilerini en aza indirilebilecek, toplum üzerindeki etkilerini minimum seviyede tutabilecek çalışmalar yapılmaktadır. İstanbul aktif bir deprem bölgesi olduğu için deprem riski her zaman mevcuttur. Çalışmada, oluşabilecek deprem anında alınabilecek önlemler incelenmiş ve oluşacak hasarı en aza indirmek adına yapılan çalışmalar taranmıştır. Avcılar ilçesinin Marmara fay hattına yakınlığı sebebi ve olası büyük İstanbul depreminde ağır hasar alması beklenen bir ilçe olmasından dolayı araştırma konusu olarak seçilmiş ve olası uygun depo yer seçimi problemi olarak ele alınmıştır. Avcılar ilçe belediyesinde afet hazırlık bölümü ile iletişime geçilmiş ve onların da yaptığı çalışmalar taranmıştır. Avcılar Belediyesinin, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü ile birlikte oluşturdukları Avcılar olası deprem kayıp tahminleri çalışmasından ilçe bilgileri, ilçe bina bilgileri (yapım yıllarına göre bina dağılımları, yapım türüne göre bina dağılımları, kat sayısına göre bina dağılımları), ilçe altyapı bilgileri, ilçe nüfus bilgileri, yerel zemin koşulları ve yapmış oldukları hasar görülebilirlik analizleri incelenmiştir. Avcılar Belediyesinde deprem ve afet biriminde çalışan görevlilere, ilçede deprem afeti için depo kurulacak olursa bütçelerini, düşündükleri depo sayısı gibi kriterlerimize yönelik sorular sorulmuştur. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Şube Müdürlüğü’nün hazırlamış olduğu hızlı müdahale ve erken uyarı sistemi ihtiyaç analiz raporu incelenmiştir. Benzer sorular ve çalışmalar aynı şekilde Avcılar İlçe Kaymakamlığına da sorulmuştur. Avcılar İlçe Kaymakamlığı’nın afet anında tahsis ettikleri 5 adet depo bulunmaktadır. Afet lojistiği kapsamında ihtiyaç noktalarına acil yardım malzemelerinin en kısa sürede ve en çok kişiye ulaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında 4 adet depo yeri seçimi yapılacaktır. Çalışmada, öncelikli olarak Avcılar ilçesi mahallelerinin birbirleri arasındaki mesafeler colab.research kullanılarak saptanmıştır. Afet lojistik noktalarının depo koordinatlarını Google Harita kullanılarak alınmıştır. Bu koordinatlar merkezleri esas alınarak mesafeler hesaplanmıştır. Bunun sonucunda mahallerinin uzaklık mesafeleri 1000 metre cinsinden ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2. de paylaşılmıştır. İncelenen çalışmalar ve yöntemler kapsamında, Avcılar ilçesi için güney ve kuzey bölgeleri olmak üzere kurulabilecek 4 adet depo yeri matematiksel modelleme yöntemlerinden biri olan P-Medyan matematiksel modelleri kullanılarak çözümlenmiştir. Bunun sonucunda ağır hasarlı bina sayısı, nüfus yoğunluğu ve mahalleler arasındaki mesafeler kriterlerine uygun olacak şekilde; Denizköşkler, Gümüşpala, Tahtakale ve Yeşilkent mahallerine birer depo yerleştirilmesine sonucuna varılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen depo yerlerini Avcılar belediyesinin daha önceden belirlemiş olduğu depo yerleriyle karşılaştırması yapılmıştır. Belediyenin iki adet deposunu nüfus yoğunluğu açısından sıralamada en alta yer alan Firuzköy mahallesine

yerleştirmiş olması deponun asıl ihtiyaç sahiplerine ulaşmakta zorluk yaşayabileceğini göstermektedir. Bununla beraber, hem nüfus yoğunluğu hem de sahip olduğu ağır hasarlı bina sayılarının fazla olduğu Denizköşkler mahallesi, Cihangir mahallesi ve çevresi için tek bir deponun ihtiyaç duyulan kişilere ulaşmakta yetersiz kalacağı öngörülebilmektedir.

Extended Abstract

Introduction

In recent years, the frequency and severity of natural disasters have increased due to factors such as climate change and geological events. According to the World Health Organization, a disaster is defined as any situation that requires extraordinary intervention and results in destruction, loss of life, disruption of ecological balance, human suffering, and compromised health services (WHO, n.d.). Natural disasters have caused millions of deaths in developing countries and continue to create profound social, physical, and economic consequences (Budak et al., 2020). Despite advancements in science and technology, uncontrolled natural hazards such as earthquakes, hurricanes, and volcanic eruptions still lead to large-scale habitat damage, financial losses, and long-term psychological effects on affected communities (Budak et al., 2020). Among all disaster types, earthquakes hold a significant place because of their widespread impact and high potential for casualties and destruction. An earthquake is defined as a sudden ground movement caused by fractures and energy release within the Earth's crust, generating seismic waves that shake the surrounding environment (AFAD, 2019). Throughout history, earthquakes have resulted in the loss of millions of lives and extensive structural damage worldwide. Effective disaster preparedness can minimize casualties and accelerate recovery (Durdağ et al., 2020).

One of the major global challenges in disaster response is the timely delivery of humanitarian aid, including food, medicine, water, and essential supplies (Taouktsis & Zikopoulos, 2023). Media reports following large-scale disasters frequently highlight delays and inefficiencies in aid distribution (Durdağ et al., 2020). For example, during the 2023 Kahramanmaraş earthquakes in Türkiye measuring 7.6 and 7.7, significant delays in humanitarian logistics forced survivors to struggle not only with the disaster itself but also with the lack of timely assistance. This event emphasized the critical importance of disaster logistics. However, logistics operations during disasters are challenging due to limited time, infrastructure damage, high uncertainty, and the need to prioritize urgent demand (Guo & Matsuda, 2023). Determining optimal warehouse locations plays a crucial role in ensuring rapid and effective emergency response (Ergün et al., 2020). Warehouses positioned strategically can significantly reduce delivery times and improve access to essential resources for affected populations. Türkiye is located within the Alpine-Himalayan seismic belt,

making it one of the most earthquake-prone regions globally. Numerous studies indicate a high probability of a major destructive earthquake in Istanbul in the near future (Yalçındağ et al., 2023). Considering Istanbul's population density and economic significance, preparedness is vital to reducing potential losses.

This study focuses on the Avcılar district, selected due to its proximity to the Marmara Fault Line and high expected damage rate in a potential large-scale earthquake. The primary objective is to determine optimal warehouse locations for emergency logistics in Avcılar. Four potential warehouse sites, located in northern and southern zones of the district, were evaluated using the p-Median mathematical model to minimize the distance between supply points and affected demand zones. The findings of the study are expected to support policymakers and emergency management authorities in designing effective humanitarian logistics strategies and improving resilience against future seismic disasters in Istanbul.

Method

Location selection problems are among the most frequently encountered optimization problems in real-life applications (Bastı, 2012). These problems play a significant role not only in determining public service points such as schools and hospitals, but also in the private sector for selecting sales points, production centers, and warehouse locations (Bastı, 2012). In general, the mathematical models developed for such problems aim to place n facilities within m candidate locations ($n < m$) in a way that minimizes the transportation cost (Engin, 2016). In this study, one of the widely used methods for solving the warehouse location selection problem, the p-Median model, is applied.

P-median problems refer to optimization models in which p warehouses are located on a network consisting of n nodes at minimum cost, while also determining the service areas associated with each warehouse (Bastı, 2012). The cost term mentioned in these models may include time, monetary cost, or the distance between demand and service points. In summary, p-median problems aim to minimize the distance between demand points and the selected warehouse locations (Durak & Arkadaşı, 2015).

In addition to being used in facility location problems, p-median models also address the assignment of demand points to the nearest facilities. The main objective of the model is to determine the most suitable locations (nodes on the network) for p facilities while minimizing the demand-weighted total distance (Bastı, 2012). The main assumptions of the p-median problem are as follows (Jamshidi, 2009):

1. There is a linear relationship between cost and distance.
2. The number of new facilities to be opened is known.
3. There is no time constraint.
4. There are no capacity limitations for facilities.

5. The decision to open a facility is not influenced by cost.
6. Customer demand is assumed to be fixed.
7. All facilities have identical characteristics.
8. A well-defined problem structure exists, and facilities may only be located at nodes.
9. Potential locations for the facilities are predetermined.

In p -median problems, the constraint that facilities can only be located at existing nodes may result in less optimal solutions compared to continuous models. However, in a study conducted by Hâkimi in 1965, it was demonstrated that placing the selected p facilities on the nodes of the network guarantees at least one optimal solution (Hâkimi, 1964).

Findings and Discussion

Earthquake disasters rank first among potential natural hazards in Türkiye, with a probability rate of approximately 70%. To minimize the impacts of such events and reduce their consequences on society, preparedness studies are being conducted. Since Istanbul is located in an active seismic zone, the risk of a major earthquake remains consistently high. In this study, potential precautionary strategies for earthquake response were examined, and existing mitigation efforts were reviewed. Avcılar district was selected as the research area due to its proximity to the Marmara fault line and the expectation that it will experience severe structural damage during a potential major Istanbul earthquake. Therefore, the district was analyzed in the context of an optimal warehouse location selection problem.

Communication was established with the Disaster Preparedness Department of Avcılar Municipality, and their existing studies were reviewed. Data from the collaborative study conducted by Avcılar Municipality, Istanbul Metropolitan Municipality, Kandilli Observatory, and the Earthquake Research Institute—titled Avcılar Earthquake Loss Estimation Report—were examined. These included district demographics, building characteristics (distribution by construction year, material type, and number of floors), infrastructure data, population density, local soil conditions, and vulnerability assessments. Interviews were conducted with personnel working in the Disaster and Emergency Unit of Avcılar Municipality to collect additional information regarding available budgets, the number of warehouses planned, and other relevant operational criteria. The Rapid Response and Early Warning System Needs Analysis Report prepared by the Istanbul Metropolitan Municipality Earthquake and Soil Analysis Directorate was also reviewed. Similar inquiries were made to the Avcılar District Governor's Office, which currently operates five designated warehouses for disaster response.

Within the scope of disaster logistics, the objective of this research is to ensure the fastest and most efficient delivery of emergency supplies to affected populations. Accordingly, four warehouse locations were determined. First, inter-neighborhood distances within Avcılar district were calculated using Google Colab. Warehouse coordinates were obtained through Google Maps, and distances were calculated based on central coordinate points. These distances were standardized to meters and presented in Table 2. Using the methods identified in the literature review, four candidate warehouse locations—two in the northern and two in the southern zones of the district—were evaluated using the p-Median mathematical model. Based on criteria such as population density, number of severely damaged buildings, and inter-neighborhood distances, the optimal warehouse locations were determined to be the neighborhoods of Denizköşkler, Gümüşpala, Tahtakale, and Yeşilkent.

Finally, the proposed warehouse locations were compared with those previously identified by Avcılar Municipality. It was observed that two of the municipal warehouses were placed in Firuzköy neighborhood, which ranks lowest in population density. This suggests that aid distribution from these sites may be inefficient and fail to reach high-need areas effectively. Moreover, having only one warehouse allocated to neighborhoods such as Denizköşkler and Cihangir—both characterized by high population density and a high number of severely damaged structures—may result in insufficient logistical coverage during a large-scale disaster.

Etik

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur. Bu araştırma ile ilgili etik sorularınız için lütfen izufbed@izu.edu.tr adresine başvurun.

Katkı Oranı Beyanı

Bu çalışmada yazarlar eşit katkıda bulunmuşlardır.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Çalışma herhangi bir destek almamıştır.

Çatışma Beyanı

Yazarlar bu araştırma makalesinin araştırma, yazma ve/veya yayınlanmasına ilişkin herhangi bir kurum ve/veya kişi ile potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Ethical Considerations

It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited. For ethical inquiries regarding this research, please contact: izufbed@izu.edu.tr

Author Contributions

All authors made equal contributions to the research and the preparation of this manuscript.

Funding and Acknowledgments

This study did not receive any financial support.

Conflict of Interest

The authors have no conflicts of interest to declare related to the research, writing, or publication of this manuscript.

KAYNAKÇA

- Adiguzel, S. (2019). Logistics Management in Disaster. *Journal of Management Marketing And Logistics*, 6(4), 212-224.
- Arslan, H. M. (2018). Electre Ve Maksimum Kapsama Modeli Yöntemleri İle Bilim Merkezlerinin Optimum Tesis Yeri Seçimi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(65), 337-355.
- Aydın, H., Ayvaz, B., & Küçükaşçı, E. Ş. (2017). Afet Yönetiminde Lojistik Depo Seçimi Problemi: Maltepe İlçesi Örneği. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 12, 1-13.
- Bastı, M. (2012). P-Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi Ve Çözüm Yaklaşımları. *Ajıt-E: Academic Journal Of Information Technology*, 3(7), 47-75.
- Bayram, B., & Tamer, E. R. E. N. (2023). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Afet Sonrası Geçici Depo Yeri Seçimi. *Acil Yardım ve Afet Bilimi Dergisi*, 3(2), 22-30.
- Boonmee, C., Arimura, M., & Asada, T. (2017). Facility Location Optimization Model For Emergency Humanitarian Logistics. *International Journal Of Disaster Risk Reduction*, 24, 485-498.
- Budak, A., Kaya, I., Karaşan, A., & Erdoğan, M. (2020). Real-Time Location Systems Selection By Using A Fuzzy Mcdm Approach: An Application in Humanitarian Relief Logistics. *Applied Soft Computing*, 92, 106322.
- Demirdöğen, O., Erdal, H., Yazıcılar, F. G., & Aykol, S. (2017). Afet Lojistiği Tesis Yeri Seçimi Problemi: Tra1 Bölgesi İçin Bir Uygulama. *The International New Issues In Social Sciences*, 5(5), 323-342.
- Durak, İ., & Yıldız, M. (2015). P-Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi: Bir Uygulama. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(2).
- Durdağ, C., Ergenecoşar, S., Kınık, Z., & Yılmaz, K. K. (2021). Afet Bakış Açısıyla Lojistik Depo Yeri Seçimi: İstanbul Beykoz İlçesi Üzerine Bir Uygulama. *Beykoz Akademi Dergisi*, 9(1), 98-107
- Ergin, C. (2016). Afet Lojistiğinde Depo Yeri Seçim Probleminin Optimizasyon ve Kümeleme Teknikleri İle Çözülmesi (Doctoral Dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- Ergün, M., Korucuk, S., & Memiş, S. (2020). Sürdürülebilir Afet Lojistiğine Yönelik İdeal Afet Depo Yeri Seçimi: Giresun İli Örneği. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 144-165.
- Guo, Y., & Matsuda, T. (2023). Study On The Multi-Criteria Location Decision Of Wide-Area Distribution Centers In Pre-Disaster: Case Of An Earthquake In The Kanto District Of Japan. *Asian Transport Studies*, 9, 100107.

- Gök, M., Toklu, R., Güven, E., & Eren, T. (2024). Afet Lojistiğinde Depo Yeri Seçimi. *Resilience*, 8(2), 123-138.
- Hâkimi, S.L. (1964). Optimum Location of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph, *Operations Research*, 12 (3), 450–459.
- Medians of a Graph”, *Operations Research*, Vol.12, No:3, pp.450–459.
- Karatas, M., Razi, N., & Tozan, H. (2016). A Comparison Of P-Median And Maximal Coverage Location Models With Q-Coverage Requirement. *Procedia Engineering*, 149, 169-176
- Konu, A. S., Duran, S., & Yakıcı, E. (2018). İstanbul'da Deprem Yardım Malzemelerinin Önceden Konumlandırılması. *Verimlilik Dergisi*, (1), 141-159.
- Loree, N., & Aros-Vera, F. (2018). Points Of Distribution Location And Inventory Management Model For Post-Disaster Humanitarian Logistics. *Transportation Research Part E: Logistics And Transportation Review*, 116, 1-24.
- Maharjan, R., & Hanaoka, S. (2017). Warehouse Location Determination For Humanitarian Relief Distribution In Nepal. *Transportation Research Procedia*, 25, 1151-1163.
- Moghri, A., & Khalili, A. (2022). Investigating The Influential Post-Disaster Factors In Determining The Optimal Location Of Shelters: A Case Study, Sarpol-E Zahab, Kermanshah Province, Iran. *Frontiers of Architectural Research*, 11(5), 846-864.
- Ofluoglu, A., Birdogan, B. A. K. İ., & Ar, İ. M. (2017). Multi-Criteria Decision Analysis Model For Warehouse Location In Disaster Logistics. *Journal Of Management Marketing and Logistics*, 4(2), 89-106.
- Ozcarar, N., & Bastı, M. (2012). P-Medyan Kuruluş Yeri Seçim Probleminin Çözümünde Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması Yaklaşımı. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 41(2), 241-257.
- Önsüz, M., & Atalay, B. (2015). Afet Lojistiği. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 37(3), 1-6.
- Özbek, A., & Erol, E. (2016). Copras ve Moora Yöntemlerinin Depo Yeri Seçim Problemine Uygulanması. *Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 2(1), 23-42.
- ReVelle, C. & Swain, R. (1970). “Central Facilities Location”, *Geographical Analysis*, 2(1), 30–42.
- Salam, M. A., & Khan, S. A. (2020). Lessons From The Humanitarian Disaster Logistics Management: A Case Study Of The Earthquake In Haiti. *Benchmarking: An International Journal*, 27(4), 1455-1473.

- Şahin, Y., & Hazırcı, M. (2019). Geçici İskân Alanlarının Seçimi İçin Ahp Temelli P-Medyan Modeli: Burdur Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(2), 403-417.
- Taouktsis, X., & Zikopoulos, C. (2023). A Decision-Making Tool For The Determination Of The Distribution Center Location In A Humanitarian Logistics Network. *Expert Systems With Applications*, 122010.
- Temur Tekin, G., Turgut, Y., Yılmaz, A., Arslan, Ş., & Camcı, A. (2019). Deprem Sonrası Planlamaya Yönelik Lojistik Ağ Tasarımı: Ümraniye Bölgesinde Farklı Deprem Senaryoları İçin Bir Uygulama.
- Tezcan, B., Alakaş, H. M., Özcan, E., & Eren, T. (2021). Afet Sonrası Geçici Depo Yeri Seçimi Ve Çok Araçlı Araç Rotalama Uygulaması: Kırıkkale İlinde Bir Uygulama. *Politeknik Dergisi*, 26(1), 13-27.
- Yalcindag, A. G., Dursun, M., & Goker, N. (2023). Evaluation Of The Warehouse Location Alternatives For Possible Great Istanbul Earthquake. *Bilge International Journal Of Science And Technology Research*, 7(1), 38-42.
- Yazar, Y., & Eren, T. (2025). Afet Sonrası Taşınabilir Baz İstasyonu Yer Seçimi: Bingöl Şehir Merkezi Örneği. *Politeknik Dergisi*, 28(1), 1-12. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1310410>