



RESILIENCE

e-ISSN: 2602-4667

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Resilience<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>

Afet Lojistiğinin Lojistik ve Kentsel Lojistik İlkeleri Kapsamında Değerlendirilmesi: Beslenme Hizmet Grubu için Alternatif Fabrika-Dağıtım Merkezi Optimizasyon Modeli

Evaluation of Disaster Logistics from the Aspects of Logistics and Urban Logistics: Factory-Distribution Centre Optimization Model for Nutrition Service Group

Mehmet TANYAŞ¹ , Meliha BULUT^{*1} ¹ Maltepe Üniversitesi, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Bölümü, 34857, İstanbul, Türkiye

ORCID 0000-0001-8934-3787

ORCID 0000-0002-0893-9835

Öne Çıkanlar

- Afet lojistiğinin lojistiğin 7 faaliyet ve 7 doğrusu açısından değerlendirilmesi
- Afet lojistiğinin kentsel lojistik ilkeleri açısından değerlendirilmesi
- Beslenme hizmet grubu için alternatif tedarik zinciri ağ tasarımı modeli
- Doğrusal programlama ile maliyet minimasyonu



Makale Bilgisi

Gönderim

23/04/2024

Kabul

08/07/2025

Anahtar Kelimeler

Afet Lojistiği

Kentsel Lojistik

Tedarik Zinciri

Keywords

Disaster Logistics

Urban Logistics

Supply Chain

Özet

Küresel ısınma nedeniyle ortaya çıkan iklim krizleri ve yeryüzünün dinamik bir yapıya sahip olması nedeniyle doğal afetler tüm canlıların yaşamlarını tehlikeye atmaktadır. Olumsuz doğa olaylarına diğer bir deyişle afetlere karşı siyasi otoriteler, bilim insanları ve sivil kuruluşlar önlemler almaya çalışmakta ve karşılaşılabilecek afet durumunda etkin bir afet yönetimi sağlamak üzere çalışmalar yapmaktadır. Afet yönetimini içeren en önemli konulardan biri afet lojistiğidir. Afet sonrası afetzedelere yardımların etkin ve verimli bir şekilde ulaştırılması afet lojistiğinin kapsamındadır. Afet lojistiğinin etkin bir şekilde ilerlemesi ise lojistik ve kentsel lojistik ilkelerine dayanmaktadır. Akademik araştırmalar afet lojistiğinin temel yapısından ziyade çoğunlukla afet lojistiğinin aşamalarına odaklanmış durumdadır. Bu çalışmada afet lojistiği lojistik ve kentsel lojistik bakış açısıyla sunularak literatüre katkı sağlama amaçlanmıştır. Öncelikle kavramsal olarak afet lojistiği, lojistik ilkeleri (7 Faaliyet-7 Doğru) ve kentsel lojistik ilkeleri ele alınarak afet lojistiğinin bu prensipler üzerine kurgulanmasına vurgu yapılmıştır. Bunu desteklemek için alternatif tedarik zinciri ağ tasarımı modeli kurgulanmış ve doğrusal programlama ile tedarikçi-dağıtım merkezi optimizasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek lojistik ve kentsel lojistik ilkelerinin afet lojistiğinde uygulama şekli tedarik zinciri ağ tasarımı ve optimizasyon modelinde belirtilmiştir. Bu çerçevede afet lojistiği optimizasyon problemlerinde uygulanabilecek kısıtlar bir sonraki çalışmalar için sunulmuştur.

Abstract

Climate crises that arise from global warming and natural disasters due to dynamic structure of earth endanger the lives of all living creatures. Political authorities, scientists and civil organizations are trying to take precautions against adverse natural events; in other word disasters; and are working to ensure effective disaster management in a case of disaster. One of the most important issues involving in disaster management is disaster logistics. Delivering

the aid to disaster victims effectively and efficiently after a disaster is the subject of the disaster logistics. The effective progress of disaster logistics is based on the principles of logistics and urban logistics. The literature is mostly focused on the stages of disaster logistics rather than the basic structure of disaster logistics. This study aims to make contribution by considering disaster logistics in terms of logistics principles (7 Actions-7 Rights) and urban logistics principles. In order to support this, an alternative supply chain network design is presented and an optimization model that is between supplier and distribution centre is carried out in the study. The results obtained is evaluated and the application of logistics and urban logistics principles in disaster logistics is specified in the supply chain network design and optimization model. In the same frame, the constraints for further disaster logistics optimization problems are noted.

1. GİRİŞ

Afet, maruz kalma, savunmasızlık ve kapasite koşulları ile etkileşime giren tehlikeli olaylar nedeniyle herhangi bir ölçekte bir topluluğun veya toplumun insani, maddi, ekonomik ve çevresel kayıplara ve etkilere neden olmasıdır (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2023). Teknoloji ve sanayinin hızlı ilerleyişi, nüfusun artması ve ekolojik dengenin bozulması, tehlike oluşumuna müsait bölgelerin yerleşime açılması, doğal kaynakların bilinçsiz kullanılması, güvenlik tedbirlerinin göz ardı edilmesi gibi insan kaynaklı etmenler ile doğal kaynaklı hareketlenmeler küçük, orta veya büyük ölçekli afetlerin meydana gelmesine neden olmaktadır (Topal, 2016). Oluşan olumsuz durumlar afetlerin türlerine, olayların oluş zamanına ve yerlerine bağlı olarak değişebilir (Macit, 2019).

Afetlere neden olan riskleri tam anlamıyla sıfırlamak mümkün olmamakla beraber, etkin bir afet yönetimi zararların azaltılmasında faydalı olabilir. Bu noktada risk belirleme ve zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarından oluşan bütünlüklü afet yönetimi kabul görmektedir (Memiş & Babaoğlu, 2020). Afet yönetimi, afetlerin önlenmesi ve vereceği zararların azaltılması amacıyla afet olayının zarar azaltma, hazırlıklı olma, afet sonrası müdahale ve iyileştirmeyi içeren dört ana aşamasında yapılması gereken faaliyetlerin planlanması, yönlendirilmesi, desteklenmesi, koordine edilmesi ve uygulanması için toplumun tüm kurum ve kuruluşları ile birlikte kaynakların bir ortak amaç doğrultusunda kullanımını gerektiren çok aktörlü, çok disiplinli, çok kapsamlı ve çok karmaşık bir yönetim modelidir (Tanyaş, Kılıç, & Küçük, 2014).

Afet yönetimi içerisinde afet lojistiğinin önemli bir yeri bulunmaktadır. Özellikle büyük ölçekli afetlerde kayıpların azaltılması ve mağdurların acılarını azaltma çabalarında ilaç, gıda ve su gibi malzemelere olan ihtiyacın en kısa sürede giderilmesi lojistiği önemli bir unsur haline getirmiştir (Safeer, Anbuudayasankar, Balkumar, & Ganesh, 2014). Lojistik, malzemeleri ihtiyaç duyulduğu yere ulaştırma işidir (Long, 2016). Lojistik bir anlamda malzemelerin hareketidir. Bununla birlikte lojistik yönetimi ise, müşterilerin gereksinimlerini karşılamak amacıyla üretim noktası ile tüketim noktası arasındaki malların, hizmetlerin ve ilgili bilgilerin ileri ve geri yöndeki akışını ve depolanmasını verimli, etkili bir şekilde planlayan, uygulayan ve kontrol eden tedarik zinciri yönetiminin bir parçasıdır (CSCMP, 2023). Bir hareketin lojistik olarak nitelendirilmesi için Şekil 1'deki faaliyetlerden bir veya birkaçını içermesi gerekmektedir.

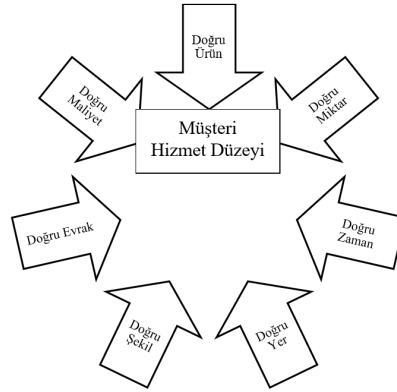


Şekil 1. Lojistikte 7 Faaliyet

Afet öncesi, afet süresince ve afet sonrasındaki afet lojistiği aşamalarında temel lojistik faaliyetlerin (taşımacılık, sigorta, gümrük, depolama, katma değerli hizmetler, terminal hizmetleri, sipariş ve stok yönetimi) kapsamlı bir şekilde ele alınması gerekmektedir. Bu şekilde beslenme, barınma, giyecek, ısınma, ilaç gibi ihtiyaç malzemelerinin etkin ve verimli bir şekilde afetzedelere ulaştırılarak

afetzedelerin kendilerinin yalnız olmadıklarının hissettirilmeleri sağlanır ve afet lojistiğinin amacı gerçekleştirilmiş olunur.

Kusursuz bir lojistik hizmeti için gerekli olan 7 doğru vardır. Şekil 2’de gösterildiği üzere bu doğru ürünü, doğru miktarda, doğru yere, doğru zamanda, doğru evrakla, doğru şekilde ve doğru maliyetle müşteriye ulaştırmaktır. Lojistik hizmetini gerçekleştirirken bu prensiplerden birinin veya birkaçının tam olarak yerine getirilmemesi müşteri hizmet düzeyini düşürecektir. Müşteri hizmet düzeyinin düşmesi ise müşteri kayıplarına yol açabilmektedir. Afet lojistiğinde lojistiğin yedi doğrusu olan doğru ürünü, doğru miktarda, doğru zamanda, doğru yere, doğru şekilde, doğru evrakla, doğru maliyetle (Ugochukwu, Goyal, & Aruguman, 2022) afetzedeye ulaştırmak afetzedelere etkin bir şekilde yardımcı olabilmek ve afet yönetiminin verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için önem arz etmektedir.



Şekil 2. Lojistikte 7 Doğru

Afet lojistiği aynı zamanda bir kentsel lojistik sürecidir. Taniguchi ve arkadaşları (2001) kentsel lojistiği ‘piyasa ekonomisi çerçevesinde kentsel alanlardaki trafik ortamı, sıkışıklığı, trafik güvenliği ve enerji tasarrufu dikkate alınarak özel şirketler tarafından edilmesidir’ olarak tanımlamıştır. Büyük ölçekli deprem gibi bir afetin meydana gelmesi karayolu ağındaki ve diğer alanlardaki hasarın ciddiyeti konusunda belirsizliğe neden olabilir. Bu belirsizliklere rağmen afet öncesinde ve sonrasında bir lojistik faaliyet olan yardımcı malzemelerin dağıtımının büyük ölçüde başarılı olabilmesi için kritik kararlar verilmesi gerekmektedir (Chang, Chiang, & Chang, 2023). Şehirler karayollarını güçlendirmiş olmalarına rağmen afet durumunda gerçekleşen hasar ve enkaz nedeniyle karayolu bağlantılarının bazıları kullanılmayabilir ya da tam kapasite çalışmayabilir (Qureshi & Taniguchi, 2020). Afet durumunda kentsel lojistik tarafları olan yükleyiciler (üreticiler, toptancılar, perakendeciler), taşıyıcılar (lojistik firmaları), kent sakinleri (afetzedeler) ve kent yöneticileri ve yasa koyucular (belediyeler) arasındaki koordinasyon ihtiyaç malzemelerinin doğru ve düzenli bir şekilde afet bölgesine ulaştırılması açısından önemlidir.

Bununla birlikte kentsel lojistik ilkeleri olan hareketlilik, sürdürülebilirlik, yaşanabilirlik ve dirençlilik bu sistemin kurulmasında yol göstericidir. Hareketlilik, yüklerin kent içinde hareket ettirilmesi, hareketi sağlama kabiliyeti ve seviyesidir. Hareketliliğin artırılabilmesi için sosyo-ekonomik gelişme hızlandırılmalı, ürünlerin güvenli taşınabilmesi için taşımacılık ağında erişilebilirlik artırılmalı, taşıma süreleri ve maliyetleri azaltılmalıdır. Sürdürülebilirlik, lojistik kaynaklı hava kirliliği, gürültü, pis koku, görsel kirlilik, enerji tüketimi gibi olumsuz çevre etkilerinin azaltılmasıdır. Yaşanabilirlik ilkesi, kent sakinlerinin konforu, sağlığı ve güvenliğini oluşturan yaşam kalitesidir. Doğal ve insan kaynaklı afet ve acil durumlar, iklim değişikliği gibi olumsuz durumlara karşı kentsel lojistiğin zamanında ve etkin bir şekilde uyum geliştirme ve iyileşme sağlayarak olumsuz etkileri en aza indirmesi ise dirençlilik ilkesini ifade etmektedir.

Literatürde afet lojistiği konusunun lojistiğin yedi faaliyeti ve yedi doğrusu açısından irdelendiği kaynaklara rastlanmamıştır. Ayrıca afet lojistiği bir kentsel lojistik problemi olduğundan bu alanda da yeterli bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu çalışma ile bu alandaki boşluk bir tedarik zinciri ağ

tasarımı ile doldurulmaya çalışılacaktır. Tedarik zinciri ağ tasarımı ile bir afet durumunda ilk beslenme ihtiyaçlarının en kısa zaman aralığında gerekli miktarda hangi kaynaklardan temin edilebileceği ve bunların hangi vasıta ve durak noktaları ile depremzedelere ulaştırılabileceği görselleştirilmiştir. Afet gibi olağanüstü bir durumda afetzedelere yardımların en kısa zaman içerisinde doğru miktarda gönderilebilmesi için doğrusal programlama ile fabrika ve dağıtım merkezi arasında bir optimizasyon yapılmıştır. Optimizasyon kaynakların en iyilenmesini sağladığı için lojistiğin temel prensipleri ve kentsel lojistik ilkelerine katkı sağlamaktadır.

Çalışmanın ilerleyen bölümleri afet lojistiği ile ilgili literatür araştırması ve sonrasında metodoloji bölümü ile devam etmektedir. Metodoloji bölümünde literatür araştırmasından yola çıkarak araştırma soruları ve alternatif bir tedarik zinciri (TZ) modeli önerilmektedir. Doğrusal Programlama ile bir optimizasyon problemi oluşturulmaktadır ve Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) içerisinde yer alan Beslenme Hizmet Grubu'nun afetzedelere gıda malzemelerinin etkin ve verimli bir şekilde ulaştırılması konusunu içeren bir vaka çözümlemesi yapılmaktadır. Akabinde bulgular ve tartışma bölümünde optimizasyon sonuçları değerlendirilmekte ve afet lojistiği lojistikte 7 Faaliyet 7 Doğru ve kentsel lojistik açısından değerlendirilmektedir. Sonuç kısmı ve öneriler ile çalışma tamamlanmaktadır.

2. AFET LOJİSTİĞİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Afet lojistiği, acil durum ve afetlerden etkilenmiş afetzedelere yardım etmek üzere, bilgi, insan ve kaynak lojistiğinin etkin ve verimli bir şekilde yönetimidir (Tanyaş, Kılıç, & Küçük, 2014). Benzer başka bir tanım da Van Wassenhove tarafından yapılmış olup afet lojistiğini, olağanüstü olumsuz durumlardan etkilenen (doğal afetler gibi), yardıma ihtiyacı olan, zayıf ve muhtaç insanlara yardım edebilmek için insanların, kaynakların, teknik imkanların ve bilginin toplanmasını kapsayan sistemler ve süreçler olarak tanımlamıştır (Van Wassenhove, 2006).

Afetlerden maddi ve manevi anlamda en az zararlı çıkabilmek etkin bir afet yönetim ve lojistik yönetim sistemine bağlıdır. Ulaşım planlama, yardım malzemelerinin alımı ve dağıtımı, kaynakların çeşidi ve miktarı, yardım malzemelerinin temini ve stoklanması, takip sistemi ve etkilenen bölgeye araçların ulaşımı, operasyona katılan ekiplerin uzmanlaşması ve bu ekipler arasındaki koordinasyon afet müdahale sürecinde hayat kurtarıcı rol oynayarak lojistik planlama ile doğrudan bağlantılıdır (Ergün, Usta, Gök, & Weber, 2023). Tablo 1'de afet lojistiğinin aşamaları ve yapılması gereken faaliyetler listelenmiştir.

Tablo 1. Afet Lojistiği Aşamaları

Afet Öncesi Hazırlık	Afet Müdahale Süresi	Müdahale Sonrası
- Planlama - Satınalma - Taşımacılık Yönetimi - Depo Yönetimi - Raporlama - İnsan Kaynakları Geliştirme ve Tatbikatlar	- Ön Değerlendirme ve İhtiyaç Tespiti - Lojistik Eylem Planı Yapılması ve Uygulanması - İzleme, Değerlendirme ve Raporlama	- Planlama - Malzeme Toplama ve Bakım Faaliyetleri - İzleme, Değerlendirme ve Raporlama

Kaynak: (Tanyaş, Günelay, Aksoy, & Küçük, 2013)

Planlama farklı koşulların üstesinden gelebilmek için stratejiler geliştirmeye teşvik eder (Rodriguez-Espindola, 2022). Afet öncesi planlama, ekiplerin ve ekipmanların afet sonrası afet bölgesine daha hızlı ve verimli şekilde dağıtımını sağlaması açısından önemlidir (Arif, Wang, Chen, & Chen, 2020). Cotes & Cantillo (2019)'a göre etkili planlama yapmak, harcanacak çabayı azaltmak, afete müdahalenin etkinliğini arttırmak için afet öncesi hazırlık süreci bir fırsattır. Afet öncesi hazırlık dönemindeki planlama sağlık, gıda, su, barınma ve sanitasyon gibi yardım dağıtım programlarının etkinliği ve hızı açısından çok önemlidir (Özdamar & Demir, 2012). İyi takip edilen afet lojistik yönetim sistemi ile afet öncesi hazırlık aşamasında gerekli malzeme stoku uygun düzeyde sağlanacak ve olası bir afet sonrası

en hızlı şekilde bölgeye ulaştırılacak böylece kayıplar azaltılabilecektir (Topal, 2016). Diğer taraftan Wang, Yang, Yang, & Dong (2023) göre afet öncesi dönemde yardım kuruluşlarının büyük miktarlarda yardım malzemesi bulundurması bütçe ve depo kapasitesi nedeniyle mümkün olmamakla birlikte afet sonrası oluşan belirsiz talep yoksunluk ve kıtlığa yol açabilmektedir. Bu nedenle oluşacak bu tür bir riski azaltmak için afet hazırlık döneminde envanter ön konumlandırması ile birlikte uygun tedarik sözleşmelerinin birleştirilmesi gerekmektedir. Yardım malzemelerinin taşınmasında en önemli faktör hızdır. Bu nedenle malzeme taşıma plan ve rotaları belirlenirken en hızlı ulaşım güzergahları dikkate alınmalıdır (Topal, 2016). Afetzedelerin su, yiyecek, ilaç ve barınma ihtiyaçlarını karşılamak, arama kurtarma çalışmalarını desteklemek ve yaralı kişilere müdahale edebilmek için afet bölgelerine yardım dağıtım tesislerinin en hızlı şekilde gönderilmesi gerekmektedir (Amiri, Jabalameli, Alinaghian, & Heydari, 2012).

Afet öncesi hazırlık döneminde yardım malzemelerinin uygun miktarda ve uygun yerlerde konumlandırılması afet sırasında yardım malzemelerinin verimli bir şekilde dağıtılmasına olanak sağlar. Fakat afet uzun bir süre sonra meydana gelebilir ve bu durumda çabuk bozulan yardım malzemelerinin (tıbbi ürünler ve paketlenmiş süt gibi) kullanım ömürleri vardır (Rezaei-Malek, Tavakkoli-Moghaddam, Zahiri, & Bozorgi-Amiri, 2016). Gökçe & Ercan (2019) yaptığı çalışmada Türkiye'deki büyükşehirlerde belirlenen lokasyonlarda yer alan deprem konteynerlerinden bahsetmektedir. Bu deprem konteyneleri içerisinde herhangi bir afet durumunda gerekli olacak yardım malzemeleri bulunmaktadır. Bu yardım malzemeleri içerisinde son kullanma tarihi olan ürünler de yer almaktadır. Bu nedenle düzenli zaman aralıkları ile bu tür ürünlerin yenileri ile değiştirilmesi ve bu ürünlerin yeniden satılması ya da kullanılması gerekmektedir. Yapılan çalışmada karışık tamsayıli doğrusal programlama ile yeniden satıştan elde edilen tutardan bu ürünlerin ikmalinde kullanılacak aracın maliyeti çıkarılarak kar en büyüklenmiştir. İkmal kararında heterojen bir yapıya sahip olan araç kapasiteleri dikkate alınarak her bir araç için rotalama yapılmaktadır.

Cotes & Cantillo (2019) yaptığı afet hazırlık sürecini konu alan çalışmada ulaşım maliyeti, tesis maliyeti ve stok maliyetini ve bununla birlikte yoksunluk maliyetini de dikkate alarak global sosyal maliyeti minimize etmeye çalışmıştır. Bu çalışmada ilk 24 saat içinde afet bölgesine gönderilecek ürün çeşidini adetsel olarak hesaplamaktadır. Çalışma sonucunda yoksunluk maliyetinin toplam sosyal maliyetin %50'sini oluşturduğu ortaya çıkmıştır. Loree & Aros-Vera (2018) yaptığı çalışmada sosyal maliyeti minimize etmek için tesis lokasyon maliyeti, taşıma maliyeti ve yoksunluk maliyeti olmak üzere üç unsuru dikkate almıştır. Bu şekilde doğrusal olmayan karışık tam sayılı bir modelleme ile tesis sayısını ve tahsis edilecek envanter miktarını belirlemiştir. Bununla birlikte sezgisel bir yaklaşım ile etkili bir müdahalenin sosyal maliyeti düşürecek ölçüde uygulanabilmesi için tesis lokasyon maliyeti, taşıma maliyeti ve yoksunluk maliyeti arasındaki dengeleri uygun bir şekilde değerlendirmeye çalışmıştır.

Son yıllarda sık sık meydana gelen doğal afetler insan hayatını ciddi şekilde tehdit etmekte ve ciddi maddi hasarlara yol açmaktadır. Afetten hemen sonra acil durum malzemelerine önemli bir talep vardır ve bunların belirlenen sürelerde afet bölgesine taşınması gerekir. Bu nedenle sınırlı kaynakların afet bölgelerine zamanında ve makul bir şekilde ulaştırılması çok önemlidir. Bir yandan yardım malzemelerinin depolanması ve taşınması için belirli sayıda dağıtım merkezlerinin uygun yerlere yerleştirilmesi, diğer yandan ise dağıtım merkezlerinden afet bölgelerine malzeme teslimi için uygun araçların sevk edilmesi ve rotaların planlanması gerekmektedir (Wei, ve diğerleri, 2020). Afet öncesi hazırlık döneminde tedarikçi seçimi, envanter ön konumlandırması, satınalma ve yardım tahsisi kararları yanlış belirlenmiş olasılık dağılımlarına göre yapılmışsa, afet müdahale sürecinde hayal kırıklığı yaratan performansa neden olabilir (Wang, Yang, Yang, & Dong, 2023).

Afet gibi acil durumlarda yardım talebi ile arz arasındaki uyumsuzluk oldukça sık olarak gözlemlenmektedir (Zhan, Liu, Ignatius, Chen, & Chan, 2021). Bu nedenle afetin gerçekleştiği ilk anlarda oluşacak bilgi boşluğu nedeniyle ana dağıtım planlarının gelen bilgiler doğrultusunda ihtiyaçların giderilmesi için değiştirilmesi gerekebilir (Maghfiroh & Hanaoka, 2017). Bu nedenle mevcut duruma göre planlarda değişiklik yapılabilir. Zhan, Liu, Ignatius, Chen, & Chan (2021)' e göre afet sonrası yaşanan en önemli sorunlardan biri sınırlı yardım malzemeleri ile sürekli artan talebin dengesiz dağılımıdır. Bu nedenle yaptıkları çalışmada sıralı bir yaklaşım geliştirerek afet müdahale

sürecinde talep noktası belirleme ve her talep noktasında oluşan talebin tedarikçilere hemen mi sonra mı atanacağı konusunu ele almıştır. Bu şekilde sıralı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Araştırma sonucunda sıralı yaklaşımın mevcut talebi karşılamakla birlikte bir sonraki talepte oluşabilecek artışı da azalttığı tespit edilmiştir. Değişen talebi konu olan bir başka çalışma Du, Ji, Qu, Wu, & Yang (2020) tarafından afet müdahale süreci ve ardıl bir afetin gerçekleşmesi durumunda yardım malzemelerin dağıtımı için üç aşamalı karma tam sayılı dirençli doğrusal programlama kullanılarak yapılmıştır. Birinci aşamada afet bölgelerinde yardım noktalarının seçimi ve talebin maksimum düzeyde karşılanması, ikinci aşamada yardım malzemelerinin afet bölgelerine taşınması için yol planlamanın yapılması, üçüncü aşamada ardıl bir afet durumunda değişen ihtiyaç talebini dikkate alarak araç rotalamanın yapılması sağlanmıştır. Çözüm için dirençli (robust) optimizasyon kullanarak gerçeğe yakın sonuçların elde edilebileceğini göstermiştir.

Yardım malzemelerinin afetzedelere ulaştırılması yolların, köprülerin güvenliği ve güvenilirliği, binaların yıkılması gibi belirsiz unsurlar nedeniyle kısa sürede gerçekleşmeyebilir. Bundan dolayı yardım kuruluşlarının alternatif oluşturabilecek yerel tesisler kurması ve bu tesislerde afetzedelerin acil ihtiyaçlarını (su, gıda, hijyenik malzeme, medikal malzeme gibi) karşılayacak miktarda yardım malzemelerinin bulundurulması gerekir (Küçük & Çavdur, 2018). Afet müdahale sürecinin en zor konularından biri de dağıtım noktası olarak görev yapacak tesislerin uygun bir şekilde konumlandırılmasıdır (Loree & Aros-Vera, 2018). Bozorgi-Amiri, Jabalameli, Alinaghian, & Heydari (2012) sundukları modelde yardım dağıtım merkezlerinin konumunun ve etkilenen afet bölgelerinin bu tesislere tahsisini ele almıştır. Bozorgi-Amiri, Jabalameli, & Al-e-Hashem (2013)'ün afet hazırlık dönemi ve afet müdahale sürecine ilişkin gerçekleştirdiği çalışmada belirsizlik ortamında yardım dağıtım merkezlerinin konumunu, bulunduracağı stok miktarını ve dağıtım merkezleri ile afet bölgesi arasında gerçekleşecek ulaşım miktarını ele almıştır. Lp Metrik Metod'u ile toplam maliyeti enküçüklemeyi ve müşteri memnuniyetini enbüyüklemeyi gerçekleştirmiştir. Vaka çalışması ile de toplam maliyette %3,8 iyileştirme sağlamıştır.

Hartomo, Purnomo, & Anwar (2017) yaptığı çalışmada lojistik merkezlerden talep noktalarına (afetzedeler noktasına) ihtiyaç malzemelerinin araç kapasitesi ve sefer süreleri dikkate alındığı taşıma süresinin minimize edilerek taleplerin maksimum düzeyde karşılanmasını için bir model oluşturmuştur. Çalışmada küçük araçların içerisinde bulunduğu geniş araç filolarından faydalanmanın büyük araçların içerisinde bulunduğu küçük filolardan daha iyi sonucu ortaya çıkmıştır. Lojistik tırlarının ve il dışından gelen müdahale ekiplerinin hedeflerine ulaşmasını sağlamak için karşılama ve yönlendirme hizmetlerinin aktif bir şekilde verilmesi gerekir. Yol boyunca levhaların konulması ve haberleşme kanalları ile yönlendirmelerin yapılması yararlı olacaktır. Köylerin zorlu coğrafyalarında navigasyon sistemlerinin sorun çıkarma ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır (Bostan & Yüce, 2021).

Afet durumunda tedarikçileri konu alan çalışmalar da bulunmaktadır. Eş zamanlı bir afet durumuna karşı yardım malzemelerinin tedarikçilerden temini, depo yeri, stok miktarı, dağıtımı, afet sonrası tedarik ve envanter yönetimi içeren bir çalışma Rodriguez-Espindola (2022) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada ortaya konulan model ile maliyet ve kıtlık minimize edilmeye çalışılmıştır. Tek bir afete göre yapılan planlamanın eş zamanlı birden fazla afet ile karşılaşılan durumlarda yetersiz kaldığı Meksika için yapılan bir vaka çalışması ile gösterilmiştir. Sheu (2007) afet müdahale sürecinde yardım malzemelerinin dağıtımı için tedarikçiler, dağıtım merkezi ve afet bölgesi olmak üzere üç kademeli bir ağ tasarımı oluşturmuştur. Zamanla değişen talep, afetten etkilenen bölgede gruplandırma, dağıtım önceliği, grup bazlı yardım dağıtımı aşamaları dikkate alınarak model oluşturulmuştur. Her bir aşama için farklı amaç fonksiyonları tanımlanmıştır. Tayvan'da meydana gelen bir afetten elde edilen sonuçlar ile kurgulanan model çalıştırılmış ve önerilen modelin sığınma merkezleri tarafından yürütülen dağıtım sisteminden %30,6 oranında daha etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Gan ve Liu (2017) yaptığı çalışmada geniş çapta bir afet durumunda karar vericilerin acil durum planlamaları yapabilmeleri için birden fazla kaynağın, birden fazla noktadan, birden fazla araçla, birden fazla afetzedeye yardım noktasına ulaştırılması için bir model oluşturarak Baskın Olmayan Sıralama Genetik Algoritma II yöntemi ile problemi çözmüştür. Diğer taraftan Das (2018) yaptığı çalışmada merkez depo, bölgesel depo, lokal depo ve talep

noktası olmak üzere dört kademeli bir lojistik ağ tasarımı kurgulanmıştır. Dağıtım maliyetini en küçüklemek ve talep noktalarına cevap verebilmeyi en büyükmek için doğrusal tam sayılı bir model oluşturmuştur.

Afet lojistiği kapsamında yapılan çalışmalar Tablo 2’de sıralanmıştır. Tablo 2 incelendiğinde literatürde yapılan çalışmaların afet öncesi hazırlık ve afet müdahale sürecine yönelik olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar tesis sayısı ve konumlandırma, talep tahminleme, malzeme siparişi, yardımların afetzedelere ulaştırılması, dağıtım merkezlerinde (tesis) tutulması gereken stok miktarı, afet bölgesi ile dağıtım merkezi arasındaki sefer sayısı, afetzedelerin tahliyesi, araç rotalama, depo seçimi, lojistik servis sağlayıcı seçimi konularını farklı yöntemler kullanarak içermektedir. Bu çalışmada ise tedarikçi-dağıtım merkezi-yerel depo-talep noktası birlikte ele alınarak bu noktalar arasındaki ulaşımın hangi tip araç ile gerçekleştireceğini gösteren tedarik zinciri ağ tasarımı sunulmuş ve tedarikçiden dağıtım merkezine yardım malzemesi ataması doğrusal programlama ile çözümlenmiştir. Khalili,S.M.ve diğerleri (2016) benzer bir çalışmayı afet müdahale süreci aşamasında ve iki amaçlı doğrusal olmayan tam sayılı programlama ile gerçekleştirmiştir. Bu çalışma ise afet öncesi planlama aşamasını içermekte ve doğrusal programlama kullanarak Khalili,S.M.ve diğerleri (2016)’nin çalışmasından farklılık göstermektedir. Bu çalışmanın literatüre en önemli katkısı afet lojistiğini lojistik ve kentsel lojistik ilkeleri kapsamında ele almasıdır. Tablo 2’ de görüldüğü üzere Chong,M.ve diğerleri (2019) ve Mota-Santiago, L.R.ve diğerleri (2023) çalışmalarında altyapı ve trafik konularına değinerek kentsel lojistiğe vurgu yapmış olmasına rağmen bu konuları içeren başka çalışmalara rastlanmamıştır. Bu çalışma ile literatüre bu boşluk doldurulmaya çalışılacaktır.

Tablo 2.Literatür Araştırması

Yazar	Yıl	Afet Lojistiği Aşamaları					TZ Ağ Tasarımı Problemi	Metod	Amaç Fonksiyonu	
		<i>Afet Öncesi Hazırlık</i>	<i>Afet Müdahale Süreci</i>	<i>Müdahale Sonrası</i>	Kentsel Lojistik	7 Faaliyet 7 Doğru			<i>Min</i>	<i>Mak</i>
Agarwal,S.ve diğerleri	2020	✓	✓				Stok ön konumlandırma, tesis tahsisi ve sevki planı	Klasik yaklaşım, Dizi arama algoritması, Genetik algoritma	Maliyet	
Alem,D.ve diğerleri	2016	✓					Bütçe, yerleşim, araç sayısı, tedarik, teslim zamanı gibi değişkenlere bağlı olarak yardım malzemelerini afetzedelere ulaştırılması	İki aşamalı stokastik optimizasyon modeli	Maliyet	
Arif,A.ve diğerleri	2020	✓	✓				Depo, ekipman ve ekip sayısı belirleme, yeni ekipman ve ekip temini	İki aşamalı stokastik karışık tamsayılı optimizasyon modeli	Maliyet	
Aslan, M.H.ve diğerleri	2015		✓				Afet istasyonlarının kuruluş yeri seçimi	Bulanık topsis yöntemi		
Bozorgi-Amiri,A.ve diğerleri	2012	✓					Yardım dağıtım merkezlerinin konumu ve afet bölgelerinin bu dağıtım merkezlerine tahsisi	Parçacık sürü optimizasyonu (Particle swarm opt.)	Maliyet	

Afet Lojistiğinin Lojistik ve Kentsel Lojistik İlkeleri Kapsamında Değerlendirilmesi: Beslenme Hizmet Grubu için Alternatif Fabrika-Dağıtım Merkezi Optimizasyon Modeli
Evaluation of Disaster Logistics from the Aspects of Logistics and Urban Logistics: Factory-Distribution Centre Optimization Model for Nutrition Service Group

Bozorgi-Amiri,A.ve diğerleri	2013	✓	✓		Yardım dağıtım merkezlerinin konumu ve tutulması gereken stok miktarı, afet bölgesi ile dağıtım merkezleri arasındaki sefer sayısı	Lp-metrics method	Maliyet, Maliyet değişkenliği ve ceza	Müşteri memnuniyeti
Chang,K.H.ve diğerleri	2023		✓		Dağıtım merkezlerinden afet bölgesine en iyi araç ve rota belirleme	İki aşamalı stokastik optimizasyon modeli, Yen algoritması	Maliyet	
Chong,M.ve diğerleri	2019		✓	✓	Dağıtım için gerekli olan depo sayısı	Hedef programlama	Sapma	
Cotes,N.ve Cantillo,V.	2019	✓			Malzemelerin önceden konumlandırılmasına yönelik tesis yerleşimi	Doğrusal olmayan programlama	Küresel sosyal maliyet	
Das,R.	2018	✓			Tesis konumlandırma	Çok amaçlı tam sayılı doğrusal programlama	Maliyeti	Ulaşılan talep noktaları
Du,J.ve diğerleri	2020		✓		Afet bölgesine gerekli olan yardım malzemelerin taşınması için araç rota planlama	Üç aşamalı karma tam sayılı dirençli doğrusal programlama		
Ferina,A.K.ve Utama,D.N.	2023	✓			En uygun depo seçimi	Öklit yaklaşımı, DSM-Wheel yaklaşımı		
Gan,X.ve Liu,J.	2017		✓		Gıda,su ve ilaçların acil durum kaynakları noktasından afetzedelerle belirlenen araçlar ile ulaştırılması	Baskın olmayan sıralıma genetik algoritma II	Maliyet ve bekleme süresi	
Gökçe,M.A.ve Ercan,E.	2019	✓			Yardım malzemelerinin ikmal ve araç rotalama	Karışık tamsayılı doğrusal programlama		Kar
Handayani,N. U. Ve diğerleri	2015	✓			Depo seçimi	AHP ve Fuzzy-TOPSIS		
Hartomo, K.D. ve diğerleri	2017	✓	✓		Araç rotalama	Matematiksel model	Zaman	
Khalili,S.M.ve diğerleri	2016		✓		Gıda ve suyun tedarikçilerden, dağıtım noktasına ve sonrasında afetzedelere ulaştırılması	İki amaçlı doğrusal olmayan karışık tam sayılı programlama ve reservation level driven Tchebycheff procedure	Maliyet	Müşteri memnuniyeti

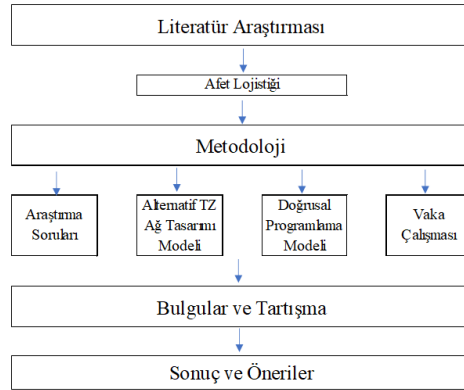
Khorsi, M.ve diğerleri	2020	✓			Yardım merkezlerinden afet bölgelerine yardım malzemesi dağıtımı	Augmented epsilon constraint metod	Karşılanamayan talep ve seyahat süresi
Kim,S.ve diğerleri	2019	✓			Lojistik servis sağlayıcı seçimi	Dematel	
Küçük,M.K. ve Çavdur,M.	2018	✓			Yardım malzemesi taşınma	Rota üretme-eleme algoritması, Tam sayılı programlama	Mesafe
Küçük,M.K. ve Çavdur,M.	2019	✓			Afet müdahale tesislerinden malzeme dağıtımı	Zaman pencereli bölünmüş-dağıtımli araç rotalama	Maliyet
Loree,N.ve Aros-Vera,F.	2018	✓			Tesis sayısı ve envanter tahsisi	Karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama	Sosyal maliyet
Maghfiroh, M.F.N.ve Hanaoka,S.	2017	✓			Son nokta teslimat	Doğrusal programlama	
Mota-Santiago, L.R.ve diğerleri	2023	✓		✓	Talep tahminleme, tesis yeri ve dağıtım rotası	Senaryo geliştirme	
Nugroho, A. ve diğerleri	2019	✓			Bölgesel dağıtım merkezi yer seçimi	Risk analizi, mülakat ve GIS	
Özdamar,L.ve Demir,O.	2012	✓			Araç rotalama	hiyerarşik kümeleme ve rotalama (HOGCR)	
Peker,İ.ve diğerleri	2016	✓			Dağıtım merkezi yer seçimi	AHS-Vikor	
Qureshi,A. and Taniguchi,E.	2020	✓			Yardım malzemeleri dağıtımı	Genetik algoritma	Maliyet
Rezaei-Malek,M.ve diğerleri	2016	✓			Süre aşımı olan yardım malzemelerin siparişi	Reservation level driven Tchebycheff method, robust, stochastic optimization	Yanıt süresi, maliyet, afet sonrası karşılanmaya n talep ve kullanılmayan malzemeler için ceza

Afet Lojistiğinin Lojistik ve Kentsel Lojistik İlkeleri Kapsamında Değerlendirilmesi: Beslenme Hizmet Grubu için Alternatif Fabrika-Dağıtım Merkezi Optimizasyon Modeli
Evaluation of Disaster Logistics from the Aspects of Logistics and Urban Logistics: Factory-Distribution Centre Optimization Model for Nutrition Service Group

Rodriguez-Espindola, O.	2022	✓	✓			Tedarikçi, tesis yeri seçimi, stok, kaynak tahsisi, yardım malzemelerinin dağıtımı, afet sonrası tedarik ve envanter yönetimi	Çift amaçlı dinamik iki aşamalı stokastik optimizasyon	Maliyet ve kıtlık	
Sarma,D.ve diğerleri	2018		✓			Yardım malzemelerinin dağıtımı	Doğrusal programlama	Maliyet	
Sheu,J.	2007	✓				yardım malzemelerinin dağıtımı	fuzzy clustering and multi-objective dynamic programming models	Maliyeti	
Singh,A.ve diğerleri	2017		✓			Yardım malzemelerinin afet bölgesine dağıtımı	Global criteria method	Maliyet	Yol güvenlik
Soyöz,H.ve Özyörük, B.	2021		✓			Afetzede tahliyesi ve malzeme tedarigi	Üç aşamalı karma tam sayılı model	Maliyet	
Temur,G.T.ve diğerleri	2019		✓			Dağıtım merkezi yer seçimi	P-Medyan modeli	Uzaklık	
Wang ,S.L. ve Sun, B.Q.	2023	✓				Acil durum malzemelerinin tahsisi	Çok amaçlı optimizasyon, Gini Katsayısı	Maliyet, karşılanmaya talep, karşılanan talep ile ideal talep karşılama arasındaki oran	
Wang,D.ve diğerleri	2023	✓	✓			Envanter konumlandırma ve opsiyon sözleşmesi	İki aşamalı dağıtımsal olarak güçlü optimizasyon	Maliyet	
Wei,X.ve diğerleri	2020		✓			Bir dizi depo noktasından afet bölgesine araç yönlendirme	Karınca kolonisi optimizasyonu	Maliyet	
Yorvarak,C.ve diğerleri	2017	✓				Depodan afetzedelere su temini	Elektrik devresi simülasyonu		
Yuan,Y.ve Wang,D.	2009		✓			Seyahat süresi	Dijkstra algoritması, ant colony optimization algorithm	Seyahat süresi, yol karmaşıklığı	
Zhan,S.ve diğerleri	2021		✓			Talep noktası belirleme ve tedarikçi atama	swarm optimization algorithm	Karşılanmaya talep	
Mevcut Çalışma		✓		✓	✓	Yardım malzemelerinin tedarikçilerden dağıtım merkezlerine tahsisi	Doğrusal Programlama	Maliyet	

3. METODOLOJİ

Afet lojistiğinin lojistik ve kentsel lojistik ilkeleri kapsamında değerlendirilmeye çalışıldığı bu çalışmanın içeriği Şekil 3’de gösterilmektedir. Literatür araştırmasında afet lojistiği kavramı, içeriği ve akademik alanda yapılan çalışmalara yer verilmektedir. Metodoloji bölümü dört kısma ayrılmaktadır. Birinci kısımda literatür araştırmasından yola çıkarak oluşturulan araştırma konusuna ilişkin sorular yer almaktadır. İkinci kısımda bu araştırma sorularına cevap bulmak için alternatif tedarik zinciri ağ tasarımı yer almaktadır. Üçüncü kısımda afet beslenme hizmet grubunu içeren bir vaka çalışması ile alternatif tedarik zinciri ağ tasarımının optimizasyonu yapılmaktadır. Dördüncü kısımda optimizasyon sonuçları ve bulgulara yer verilmektedir. Son olarak sonuç bölümümde bu çalışmaya ilişkin elde edilen sonuçlara önerilere yer verilmektedir.



Şekil 3. Çalışmanın Akış Şeması

3.1. Araştırma Soruları

Bu çalışmada afet lojistiği kapsamında aşağıdaki araştırma sorularına (AS) cevap aranmaya çalışılacaktır.

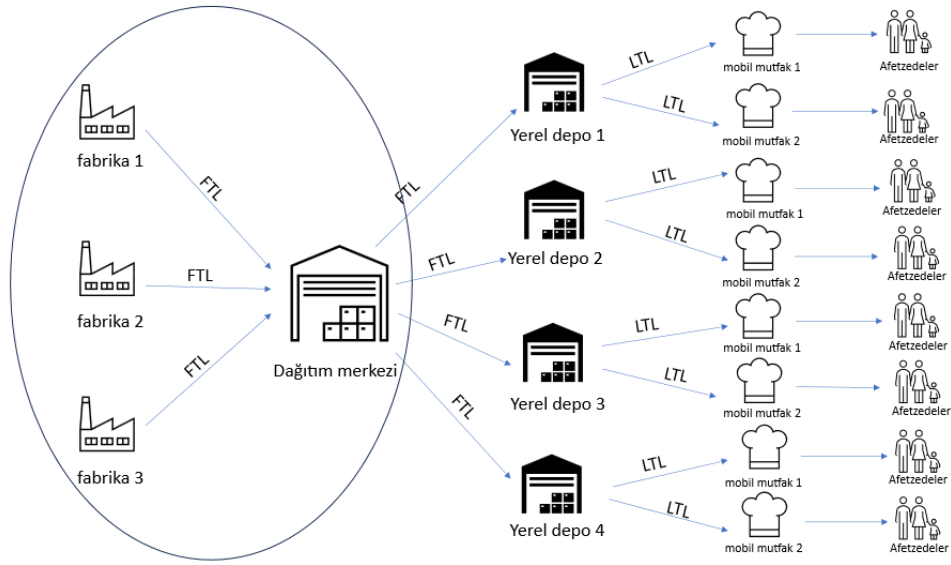
AS 1: Oluşabilecek herhangi bir afet durumunda afetzedelerin ihtiyaçlarının en uygun şekilde temin edilmesi ve afetzedelere ulaştırılması bir tedarik zinciri ağ tasarımı ile sağlanabilir mi?

AS 2: Oluşturulan tedarik zinciri ağ tasarımının hangi aşamasında ya da aşamalarında lojistiğin yedi faaliyeti ve yedi doğrusu uygulanabilir ve nasıl?

AS 3: Herhangi bir afet durumunda kentsel lojistiğin ilkeleri nasıl uygulanabilir?

3.2. Afet Sonrası Müdahale Aşaması için Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Önerisi

Acil durum ve afetlerde mağdur durumda olan afetzedelere en kısa sürede insani yardımların ulaştırılması afet lojistiğinin amacıdır. Şekil 4’de afet müdahale sürecinde afet beslenme malzemelerinin afetzedelere ulaşması için alternatif tedarik zinciri modeli kurgulanmıştır. Ana tedarikçilerden (fabrikalar) dağıtım merkezine, buradan afet bölgesindeki yerel depolara, yerel depolardan da afetzedelerin bulundukları noktalara (mobil mutfak) beslenme malzemelerinin ulaştırılması kurgulanmıştır. Yardım malzemeleri genellikle yardım deposundan talep noktalarına tırlar ile gerçekleştirilmektedir. Ulaşım ağı ve coğrafi konum kısıtlamaları nedeniyle bazı talep noktalarına ulaşılamamaktadır. Ayrıca bir tırın birçok talep noktasını ziyaret etmesi uzun sürmektedir. Bu nedenle bazı talep noktalarının ihtiyaçları tam olarak karşılanırken diğerlerinin karşılanamayabilir (Das, 2018). Bu nedenle ağ tasarımında yerel depolardan talep noktalarına tırdan küçük araçlar (LTL) kullanılmıştır. Tedarikçilerden temin edilen yardım malzemeleri afet hazırlık sürecinde dağıtım merkezinde bulundurulmuş diğer yardım malzemeleri ile birlikte lokal dağıtım merkezine gönderilecek buradan da afetzedelere ulaştırılacaktır (Maghfiroh & Hanaoka, 2017).



Şekil 4. Alternatif Tedarik Zinciri Modeli

3.3. Optimizasyon Modeli

Bu çalışmada önerilen alternatif tedarik zinciri ağ tasarımının birinci kademesini oluşturan fabrika-dağıtım merkezi arasındaki dağıtım için bir doğrusal programlama modeli oluşturulacaktır. Oluşturulan model Excel Solver vasıtasıyla çözümlenecektir.

Notasyonlar;

I	Tesis
X	Tedarik edilen adet
C	Adet başına taşıma maliyeti
K	Tesis kapasitesi

Karar Değişkenleri;

X_i i tesisinden tedarik edilen adet

Amaç Fonksiyonu;

$$\text{Min. } Z = \sum X_i \cdot C_i \quad (1)$$

Kısıtlar;

$$X_i \leq K_i \quad (2)$$

$$X_i \geq 0 \quad (3)$$

Amaç fonksiyonunda (1) birim maliyet ile her bir tedarikçiye atanacak olan miktar kullanılarak maliyet enküçüklenmiştir. Tesis kapasitesi (2) ve tedarik edilen miktarın negatif olmama koşulu (3) modeldeki kısıtlardır.

3.4. Vaka Çalışması

Afet ve Acil Yönetim Başkanlığı, afet ve acil durum hizmetlerinin koordinasyonu, eğitim politikalarının oluşturulması ve bu konularda mevzuat düzenlemesi yapılması 2009 yılında T.C.İçişleri Bakanlığı'na bağlı olarak kurulmuştur. Bu kapsamda afetlere etkin müdahaleyi sağlamak üzere 2014 yılında Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) hazırlanmıştır. TAMP'nın amacı; afet ve acil durumlara ilişkin müdahale çalışmalarında görev alacak çalışma grupları ve koordinasyon birimlerine ait rolleri ve sorumlulukları tanımlamak, afet öncesi, sonrası ve sonrasındaki müdahale planlamasının temel prensiplerini belirlemektir (TAMP Türkiye Afet Müdahale Planı, 2023).

Müdahale aşamasında yürütülen hizmetlerin niteliğine göre 28 hizmet grubu bulunmaktadır. TAMP'ta herhangi bir acil yardım veya afet durumunda görev alacak hizmet grupları ve koordinasyon birimlerinin rolleri, görev ve sorumlulukları tanımlıdır. Hizmet gruplarının koordinasyonunu üstlenen ana çözüm

ortakları, ilgili hizmetin ulusal seviyede esas sorumlusu olup aynı hizmet grubunda görevli destek çözüm ortaklarının da rollerini ve çalışmalarını belirlemektedir.

Afet beslenme hizmet grubunun ana çözüm ortağı Türk Kızılay olmakla birlikte görev sorumlulukları aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (TAMP Türkiye Afet Müdahale Planı, 2023):

1. Afet bölgesine giden personelin ve afetzedelerin beslenme hizmetlerinin yürütülmesi ve koordinasyonunu sağlamak.
2. Afet bölgesinden/Dağıtım noktalarından uzak Arama Kurtarma çalışmalarına AFAD Koordinesinde beslenme hizmeti sunmak,
3. Ana ve destek çözüm ortakları tarafından talep edilmesi durumunda yemek üretim tesislerinden sıcak yemek verilmesini sağlamak
4. Afet ve acil durumlar öncesinde yerel kapasitenin (kamu ve özel şirketler) belirlenmesine yönelik çalışmalar yapmak.
5. Afet bölgesinde görev yapan arama kurtarma personelleri ile birlikte görev yapan STK'lara yüksek kalori içerikli beslenme hizmeti sunmak.
6. Afet bölgesinde bulunan çalışma gruplarına ve çalışma grupları ile birlikte görev yapan STK'lara ihtiyaçlar dâhilinde beslenme hizmetleri sunmak.
7. Beslenme için gerekli tesisler kurulmasını sağlamak
8. Afet bölgesine yiyecek, içecek, su teminini sağlamak.
9. Gıda dağıtım standartlarını belirlemek.
10. Gıda tedarik zincirini kurmak ve dağıtımını yapmak.

Türk Kızılay'ın ulusal düzey beslenme hizmet grubu planı afetzedelere beslenme ihtiyaçlarını kendileri karşılayana kadar beslenme hizmetinin verilmesi amacıyla tüm kaynakların ulusal, bölgesel ve yerel düzeyde planlanması, olay yerine etkin ve hızlı bir biçimde müdahale ekiplerinin intikali ile destek çözüm ortakları arasındaki koordinasyonu ve yönetimi etkin bir şekilde sağlanmasını içermektedir (Türk Kızılay Afetlerde Beslenme Kılavuzu, 2023).

Beslenme hizmetlerinin süresi, erken dönem (ilk 72 saat) ve uzun dönem (72 saat sonrası) olmak üzere iki gruba ayrılır:

- a) Erken Dönem Beslenme Hizmeti
Afet ve acil durumda, 0-72 saat içerisinde sunulan beslenme hizmetidir. Acil beslenme kiti, kumanya, soğuk ve sıcak içecek, yüksek enerjili beslenme malzemeleri afet ve acil durumda kolay temin edilebilen ve kolaylıkla dağıtımı yapılabilen ürünler içerir. Afet ve acil durumun büyüklüğüne göre beslenme hizmetinde kullanılacak araçlar değişiklik gösterebilir. Alana kolay intikal edebilen, kurulumu kolay ve hızla hizmet sunabilen araçların kullanımı önemlidir (Türk Kızılay Afetlerde Beslenme Kılavuzu, 2023).
- b) Uzun Dönem Beslenme Hizmeti
Acil dönemin sonlanması, ihtiyaç tespit çalışmalarının tamamlanması ile afetzedelerin toplu olarak geçici/kalıcı barınma ünitelerinde ikamet etmeye başlamaları itibarıyla (72 saat ve sonrasında) başlayan dönemdir (Türk Kızılay Afetlerde Beslenme Kılavuzu, 2023). Bu dönem de kendi arasında ikiye ayrılabilir. Birinci dönemde afetzedelerin normal yaşam koşullarına geri dönene kadar sıcak yemek servisinin yapılması ve ikincisi de normal yaşama dönmeleri ya da içinde bulundukları koşullara uyum sağladıktan sonraki dönemde gıda paketi ve mutfak seti yardımlarıdır.

Bu çalışmada Türk Kızılay'ın ilk 72 saatte afetzedelere temin etmesi gereken su, meyve suyu ve bisküviyi içeren beslenme kitlerinin temini ve dağıtımı bir alternatif tedarik zinciri modeli ile kurgulanmıştır ve hangi tedarikçilerden kaç adet temin edilmesi gerektiği bir doğrusal programlama modeli ile optimize edilmiştir.

Afet beslenme hizmet grubunun afetten sonra uygulamaya koyabileceği alternatif tedarik zinciri modeli için Kırıkkale ilçesi ele alınmıştır. Bu çalışma için Çiftçi, S., Çakırer Z. ve Sakallı, Ü.S.'nin 2020 yılında Kırıkkale ilçesi için gerçekleştirdiği deprem senaryosu simülasyon çalışmasında elde etmiş oldukları veriler kullanılmıştır. Das (2018)'e göre yardım talep afet hazırlık sürecinde önemli bir parametredir.

Optimizasyon probleminin çözümü aşağıdaki varsayımlar ile gerçekleştirilmiştir.

1. Yardıma ihtiyacı olan afet sayısı toplam nüfustan simülasyon sonucu elde edilen T4 sayısı çıkarılarak hesaplanmış olup 188149 kişidir.
2. 0-72 saatlik süre zarfında temin edilmesi gereken beslenme kiti her bir kişiye bir adet düşecek şekilde varsayılmıştır. (Beslenme kiti 2 adet bisküvi, bir adet su ve bir adet meyve suyundan oluşmaktadır)
3. Su temini için dört tedarikçi, meyve suyu için beş tedarikçi ve bisküvi için altı tedarikçi olduğu varsayılmıştır.
4. Tesislerin kapasiteleri varsayımdır.
5. Her bir ürün için birim taşıma maliyeti varsayım olup tesislerin dağıtım merkezi ile arasındaki mesafe (km) gerçeğe yakındır. Tesislerin dağıtım merkezlerine konumları sırasıyla; A-466 km Batı, B-485 km Batı, C-511 km Batı, D-229 km Güneydoğu, E-361 km Kuzeybatı, F-480 km Doğu, G-295 km Kuzeybatı, H-141 km Güneydoğu, I-91 km Batı, J-366 km Güney, K-367 km Güney, L-366 km Güney, M-90 km Batı, N-315 km Batı, O-309 km Güneybatı.
6. Mesafe ve maliyet arasındaki doğrusal bir ilişki olduğu varsayılarak maliyet optimizasyonu ile en yakın mesafedeki tedarikçilerden ürünleri temin etme olanağı sağlanmıştır.
- 7.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Doğrusal Programlama Sonuçları

Bu çalışmada afete maruz kalmış insanlara 0-72 saatlik sürede beslenme ihtiyaçlarının karşılanması için bir afet lojistiği optimizasyon modeli uygulanmıştır. Bu model tedarikçi ile dağıtım merkezi arasındaki dağıtım ağını içermekte olup hangi tedarikçiden kaç adet ürün temin edileceği doğrusal programlama ile çözümlenmiştir. Excel Solver üzerinden gerçekleştirilen optimizasyon sonuçları Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Doğrusal Programlama Sonuçları

Tesis (i)	Bisküvi (Xi)	Meyve Suyu (Xi)	Su (Xi)	Kapasite (Ki)
A		25000		25000
B		38149		40000
C		0		15000
D		50000		50000
E		75000		75000
F			23149	75000
G			90000	90000
H			25000	25000
I			50000	50000
J	0			45000
K	30000			30000
L	75000			75000
M	125000			125000
N	100000			100000
O	46298			50000
Toplam ($\sum Xi$)	376298	188149	188149	

Tablo 3’de görüldüğü üzere beslenme kitlerinin hazırlanması için ihtiyaç duyulan ürün adetleri doğrusal programlama kullanılarak en uygun düzeyde olacak şekilde mevcut tedarikçiler arasından temin edilmiştir. Maliyet ve uzaklık arasındaki doğrusal ilişki göz önüne alındığında Tesis C ve Tesis J’ den ürün temin edilmemiş olmasının nedeninin bu tesislerin dağıtım merkezlerine uzaklığı olduğu söylenebilir. Diğer taraftan Tesis M dağıtım merkezine en yakın nokta olduğundan dolayı tesis kapasitesinin tamamı dağıtım merkezine gönderilecek şekilde ortaya çıkmıştır. Tesis B, F ve O için dağıtım merkezine Tesis C ve J’den sonraki en uzak noktalar olduğu söylenebilir. Bunun nedeni ise diğer tesislerin (Tesis C ve J hariç) kapasiteleri tam olarak kullanıldıktan sonra kalan ihtiyaç miktarları bu tesislerden temin edilmiş olmasıdır.

Bu çalışma ile afet bölgesinde 0-72 saat zarfında afetzedelere ulaştırılması gereken beslenme malzemelerinin hangi tesislerden kaç adet temin edilebileceği hesaplanmıştır. Bu şekilde uygun bir tedarik zinciri ağ tasarımı ihtiyacı temini gösterilmiş olup çalışmanın AS1 ‘Oluşabilecek herhangi bir afet durumunda afetzedelerin ihtiyaçlarının en uygun şekilde temin edilmesi ve afetzedelere ulaştırılması bir tedarik zinciri ağ tasarımı ile sağlanabilir mi?’ olumlu olarak cevaplanmış bulunmaktadır.

4.2. Afet Lojistiğinde 7 Faaliyet 7 Doğru

Gerçekleşen bir olayın lojistik kapsamında olabilmesi için lojistiğin yedi temel faaliyetlerinden bir veya birkaçının bir arada bulunması gerekmektedir. Bu açıdan afet gibi olağanüstü durumlarda insani yardımların afetzedelere ulaştırılması için afet lojistiğinin de bu yedi faaliyet altında incelenmesi faydalı olacaktır. Vaka çalışmasında yer alan alternatif tedarik zinciri modeli üzerinden afet lojistiğinde yedi faaliyetin nasıl gerçekleştirileceği irdelenecektir.

Taşıma: Afet bölgesine gönderilecek beslenme malzemelerinin taşıma modu veya modları belirlenmelidir. Türkiye’de 9 bölge ve 25 yerel afet yönetim merkezi bulunmaktadır. Bu bölgelerde meydana gelebilecek acil durum ve afette Türk Kızılay’ı bu bölgelere beslenme malzemelerini hangi taşıma modu veya modları ile gerçekleştireceğini afet hazırlık sürecinde belirlemelidir. Bu taşımaları gerçekleştirecek araç sayısını ve kapasitelerini belirlemeli, hangilerini dışarıdan (outsourcing) temin edeceğini, tedarikçi firmalar ile anlaşmalarını afet hazırlık sürecinde gerçekleştirmesi gerekmektedir. Afet durumunda ulaşım yollarının elverişsizliği de göz önünde bulundurularak her bir bölge için alternatif rotalar belirlenmelidir. Bu şekilde kritik 0-72 saat içerisinde ulaştırılması gereken beslenme malzemeleri afetzedelere hızlı bir şekilde ulaştırılabilir. Malzemelerin niteliğine göre soğuk zincir de dikkate alınarak ulaşım aracı seçilmelidir.

Sigorta: Afet bölgesine gönderilecek yardım malzemelerini taşıyan araçların taşıma sigortaları olup olmadığı, yoksa sigorta anlaşmalarının yapılması önemlidir. Yolda gerçekleşebilecek herhangi bir kayıp ya da zarar durumunda sigorta gerçekleşen hasarı karşılayacaktır.

Depolama: Depo operasyonları yardım malzemelerinin düzgün bir şekilde depolanmasına, hızlı ve doğru bir şekilde dağıtılmasına olanak sağlar (Handayani, Rinawati, & Wiguna, 2015). Afet lojistiği hazırlık sürecinde gerçekleşebilecek herhangi bir afete karşı 9 bölgede yardım malzemelerinin hazırda tutulacağı bir depo bulunmalıdır. Bu depoda muhafaza edilecek beslenme malzemeleri son kullanım tarihi bulunan paket ya da konserve ürünler olabilir. Depolarda düzenli kontroller yapılmalı, tarihi geçmiş ürünler yeni ürünler ile yer değiştirmelidir.

Katma Değerli Hizmetler: Afet hazırlık sürecinde depoda bulunan ürünlerden beslenme kiti ve kumanya hazırlanabilir. Bu şekilde herhangi bir acil durum ya da afette malzemeler hazır olduğu için araca hemen yüklenebilir. Zaman kaybı yaratmaz.

Gümrük: Afet lojistiğinde yardım malzemeleri uluslararası, ulusal ve bölgesel olmak üzere birkaç koridordan gelecektir (Maghfiroh & Hanaoka, 2017). Afet sırasında yurtdışından gelebilecek olan beslenme malzemelerinin gümrük işlemlerinde öncelik tanınmalıdır.

Terminal Hizmetleri: Afet sırasında araçlar hızlı ve güvenli bir şekilde yüklenmelidir. Özellikle araçlar mümkün mertebe tam dolu olarak gönderilmelidir. Lojistik ilkelerinden bir olan yüklerin konsolidasyonu göz önünde bulundurulmalıdır. Araçların çeşitli beslenme malzemeleri ile yüklenmesi afet bölgesinde ihtiyaçları daha çabuk karşılamak açısından önemlidir.

Talep ve Stok Yönetimi: Afet hazırlık sürecinde muhtemel afetler nedeniyle mağdur olabilecek afetzede sayısı ön görülebilmeli ve bu doğrultuda beslenme malzemeleri için bir talep tahminleme yapılarak ihtiyaç miktarı belirlenmelidir. Bu ihtiyaçların bir kısmı depolarda hazır bulundurulmalı bir kısmı ile tedarikçilerden temin edilebilecek durumda olmalıdır. Bununla birlikte afetten etkilenen bölgelerde zamanla değişen yardım malzemelerine olan talep için yardım talebi tahminin gerçekleştirilmesi birincil şarttır (Sheu, 2007).

Bu doğru ürünü, doğru miktarda, doğru yere, doğru zamanda, doğru evrakla, doğru şekilde ve doğru maliyetle müşteriye ulaştırmak lojistiğin yedi doğrusudur. Acil durum ve afet zamanında bu beslenme malzemelerinin afetzedelere hızlı ve güvenilir şekilde ulaştırılması için bu yedi doğru temel prensip edinilmesi faydalı olacaktır. 2010 yılında Endonezya'daki Merapi patlamasında afet müdahale sürecinde yardım malzemelerinin gecikmiş olması ve yardım malzemelerindeki uyumsuzluklar afetzedeler tarafından şikayet konusu olmuştur (Handayani, Rinawati, & Wiguna, 2015). Müdahale döneminde sunulan erken dönem beslenme malzemelerinin sevk edilmesi ve bu malzemelerin tarihinin geçmiş olmaması doğru ürünü temsil eder. İhtiyaç duyulan miktarda beslenme malzemelerinin afet bölgesine gönderilmesi doğru miktarı, gönderilen beslenme malzemelerinin afet bölgesindeki afetzedeye ulaşması doğru yere, erken dönem beslenme malzemelerinin 0-72 saatlik aralıkta, uzun dönem malzemelerin 72 saat ve sonrasında afetzedeye ulaşması doğru zamanı, beslenme malzemelerin kurumun ilgili evrakları ile (irsaliye, teslim tutanağı vb.) doğru evrakla, beslenme malzemelerinin doğru şekilde paketlenmiş olması, muhafaza şartları doğru şekli temsil eder. Son olarak önceden belirlenmiş olan maliyetler içerisinde lojistik faaliyetleri tamamlamak da doğru maliyeti temsil eder. Afet öncesi hazırlık döneminde maliyetler belirlenmiştir. Fakat afet durumunda olağanüstü bir durum söz konusu olduğundan standart iş yapma koşulları değişebilir. İnsan hayatı ön planda olduğu için maliyetin göz ardı edilebileceği durumlar yaşanabilir.

4.3. Afet Lojistiğinde Kentsel Lojistik İlkeleri

Afetin büyüklüğüne ve şiddetine bağlı olarak afet bölgesinin fiziksel durumu ve afetzedelerin içinde bulundukları ortamın koşulları göz önüne alındığında yardım malzemelerinin afetzedelere ulaştırılması bir kentsel lojistik sorunu haline gelmektedir. Kentsel lojistik ilkeleri göz önünde bulundurularak vaka çalışmasındaki beslenme malzemelerinin afetzedelere ulaştırılması irdelenmiştir.

Hareketlilik (Mobility): Bir afet durumunda afet beslenme hizmet grubu afet bölgesindeki ulaşım imkanlarının kontrol etmelidir. Afetler yol, köprü, market ve alışveriş merkezi gibi alt yapıların zarar görmesine neden olacaktır (Nugroho, Maulana, Fachruddin, Ariyati, & Kurniawan, 2019). Afet bölgesinin dışındaki ve afet bölgesinin içerisinde ulaşım imkanları en iyi şekilde analiz edilerek araç rotalama gerçekleştirilmelidir. Örneğin; depolardan gelecek yardım malzemelerinin boşaltılma alanları belirlenmeli, bu alanlardan diğer bölgelere (köy, mahalle, sokak gibi) yardım malzemelerinin hangi araçlarla hangi güzergahlardan sevk edileceği ve nerede boşaltılacağı, ne kadar araca ihtiyaç olduğu, dönen araçların bir sonraki sevkıyatı ne zaman gerçekleştireceği gibi konuların kısa sürede neticelendirilerek bölgede araçların etkin ve verimli bir şekilde kullanılması sağlanmalıdır.

Sürdürülebilirlik (Sustainability): Afet bölgelerine teslim edilecek beslenme malzemelerini taşıyan araçların rotalarının en iyi şekilde kurgulanması gerekmektedir. Araç yoğunluğu azaltılmalıdır ve karbon emisyonlarından tasarruf edilmelidir. Afet bölgesinde yaşanan olumsuz durum nedeniyle yakıt gibi kaynaklara erişim zor olabilir. Bu durum beslenme malzemelerinin afetzedelere düzenli bir şekilde ulaştırılmasını engelleyebilir. Bu nedenle kıt kaynaklar en etkin şekilde kullanılarak yardım malzemeleri afetzedelere ulaştırılmalıdır.

Yaşanabilirlik (Liveability): Afet sonrasında beslenme malzemelerinin boşaltılacağı ve depolanacağı alanların afetzedelerin konaklamaya başladığı alanların dışında konumlanması uygun olacaktır. Bunun nedeni gelen-giden araç yoğunluğunun afetzedeyi rahatsız etmesini önlemektir. Beslenme malzemelerinin afetzedeye ulaştırılması Kızılay'ın seyyar ikram aracı, mobil mutfak vb. ile gerçekleştirilebilir. Bu şekilde afetzedeye kendini güvende hissedebileceği bir alan sağlanmış olur.

Dirençlilik (Resilience): Afetlerin ne zaman gerçekleşeceğini bilmesi oldukça zordur. Fakat afetlere hazır bir alt yapı kurmak her kurum için mümkündür. Bir şehrin dayanıklılığı aynı zamanda afete uyum sağlama ve kentsel gelişimi sürdürme kapasitesidir (Chong, Lazo, Pereda, & Machuca de Pina, 2019). Türk Kızılay'ı afet öncesi yapmış olduğu hazırlıklara ek olarak afetin beklenenden büyük olması ve çok fazla insanın etkilenmesi durumuna karşı mevcut kaynaklarını kısa sürede arttırabilecek çevikliğe sahip olmalıdır. Örneğin, çok sayıda afetzedenin beslenme ihtiyaçlarını karşılanması gerektiği durumlarda bu ihtiyaçları çok kısa bir zamanda karşılayarak afetzedeye ulaştırabilecek bir tedarik zinciri yapısı kurmuş olmalıdır.

Bu çalışmada afet lojistiğinin lojistikte 7 doğru, 7 faaliyet ve kentsel lojistik ilkeleri kapsamında konu edilme şekli Tablo 4 Özet Tablo'da sunulmuştur. Bu tablo aynı zamanda gelecek çalışmalarda kullanılabilecek kısıtlar da içermektedir.

Tablo 4.Özet Tablo

		Alternatif Tedarik Zinciri Tasarımı ve Optimizasyon Modelinde Yer Alan	Bir sonraki araştırmalarda uygulanabilecek kısıtlar
Lojistikte 7 Faaliyet	Taşıma Sigorta	Taşıma modu ve araç tipi Risk olmadığı varsayılmıştır	Araç kapasiteleri Taşıma sırasında oluşabilecek hasar nedeniyle kademeli olarak bir risk oranı belirlenebilir
	Depolama	Dağıtım merkezi, yerel depo	Dağıtım merkezi kapasitesi
	Katma Değerli Hizmetler	Beslenme kitlerinin dağıtım merkezlerinde oluşturulması	Beslenme kitleri için katlanılan süre ve işçi sayısı
	Gümrük Terminal Hizmetleri	Beslenme ihtiyaçları yerel karşılanmıştır Ürünlerin tedarikçilerden yüklenmesi ve dağıtım merkezine indirilmesi, tekrar yüklenerek yerel depolara gönderilmesi	Gümrük sayısı ve çalışma süresi İşçi sayısı
	Talep ve Stok Yönetimi	Talep miktarı, Tedarikçi sayısı ve üretim miktarı	Talebin az/çok olma durumu için bir risk oranı belirlenebilir.
Lojistikte 7 Doğru	Ürün	0-72 saat içerisinde ulaştırılması gereken su, meyvesuyu ve bisküvi	Yanlış ürün riski için bir oran belirlenebilir
	Miktar	İhtiyaç miktarını belirlemek için simülasyon verileri kullanılmıştır	Tarihi geçmiş ürün riski için bir oran belirlenebilir
	Yer	Mobil mutfak	-
	Zaman	0-72 saat	Süre azaltılabilir/arttırabilir
	Evrak Şekil	Tedarikçilerden dağıtım merkezlerine irsaliye Tüm ürünlerin şekil açısından kullanılabilir olduğu varsayılmıştır	- Hasar riski için bir oran belirlenebilir
	Maliyet	Optimizasyon	Bütçe
Kentsel Lojistik İlkeleri	Hareketlilik	Yolların kullanılabilir olduğu varsayılmıştır	Ana yolların kullanılamaması durumunda alternatif yollar için harcanan süre
	Sürdürülebilirlik	Tedarikçi-dağıtım merkezi-yerel depo-mobil mutfak-afetzedede olarak beş kademeli bir ağ tasarımı oluşturularak düşük emisyon tüketimi sağlanmaya çalışılmıştır	Emisyon miktarı, emisyon sınırı
	Yaşanabilirlik	Dağıtım merkezlerinden LTL araçlar ile mobil mutfaklara dağıtım kurgularak bölgeye büyük araç girişi olmamaktadır	Mobil mutfaklara ürün taşıyan LTL araçların giriş ve çıkış süreleri ve araç sayısı
	Dirençlilik	Tedarik noktaları ve alternatif tedarik noktaları belirlenmiştir	Yakın çevre tedarikçilere ulaşılamaması durumuna dair risk oranı belirlenebilir

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Acil durum ve afetleri önlemek mümkün olmamakla birlikte oluşabilecek zararı en düşük seviyede tutmak mümkündür. Bilginin ve kaynakların doğru bir şekilde kullanılması ile afet öncesi süreçte gerekli hazırlıklar, afet müdahale sürecinde ve sonrasında gerekli operasyonel faaliyetler gerçekleştirilerek afetzedelerin yaşadıkları psikolojik ve sosyal olumsuzluklar en aza indirilebilir. Herhangi bir afet durumunda afetzedeler yalnız olmadıklarını bilmek, onların ihtiyaçlarını giderebilecek kurumların onların yanında olduğu görmek ister. Bunu gerçekleştirebilmenin en temel yolu ise yardımların zamanında ve yeterli miktarda afetzedelere ulaşması için lojistik alt yapının sorunsuz işlemesidir.

Acil durum ve afetlerde beslenme hizmet grubunun başarı kriteri tüm afetzedelere ulaşabilmek, onların birincil beslenme ihtiyaçlarını (su, gıda gibi) karşılayabilmektir. Bunu gerçekleştirirken de verdikleri hizmetin hızlı, kaliteli ve sosyal yaşama olumlu olması gerekmektedir. 6 Şubat 2023'te meydana gelen deprem felaketinde 11 ilde toplam 13,5 milyon kişi etkilenmiştir. Beslenme hizmet grubunun ana çözüm ortağı olan Türk Kızılay'ı 11 Şubat 2023 itibariyle bölgeye toplam 326 mobil mutfak, 86 ikram aracı, 11 mobil fırın ve 252 hizmet aracı bölgeye sevk etmiştir. Afet bölgesinde 8.560.506 sıcak yemek, 1.668.872 çorba, 7.494.615 lt. su, 8.519.787 ekmek, 4.519.263 ikramlık malzeme, 16.700 çay dağıtımı, 3.718.138 içecek dağıtımı yapılmıştır (AFAD, 2023). Rakamlara bakıldığında yardım miktarının afetzede sayısının bir kısmını karşıladığı görülmektedir. Bunun en önemli nedeni tedarik ağının zamanında koordine edilmemiş olması olabilir. Mevcut kaynak, altyapı ve bilgi eksikliği afet sonrasında iki soruna yol açar. Birincisi ihtiyaç duyulandan daha az sayıda yardımın ulaşması, ikincisi ise afetzedelerin dayanıklılığını etkileyen uzun bir bekleyişin ardından yardımların ulaşmasıdır (Qureshi & Taniguchi, 2020). Bu nedenle bu çalışmada alternatif bir tedarik zincir modeli oluşturularak afetzedelere yardımın en uygun şekilde ulaştırılması sağlanmaya çalışılmıştır. Çiftçi, S. ve arkadaşları (2020) bir simülasyon çalışması ile Kırıkkale ilçesinde meydana gelebilecek şiddetli bir deprem sonrasında afetzede sayısını tahmin etmişlerdir. Bu çalışmadaki veriler kullanılarak doğrusal programlama ile afetzedelere ulaştırılmak üzere tedarikçi-dağıtım merkezi arasındaki ağ ele alınarak hangi tesisten ne kadar ürün temin edileceği hesaplanmıştır. Bu şekilde kurulacak uygun bir tedarik zincirinin ihtiyaçların temin edilmesi açısından önemi vurgulanmıştır. Bir afetten sonra mevcut ağ kapasitesine ve deponun konumuna bağlı olarak yardım dağıtım süresi ve güvenilirliği çok elzem olabilir (Qureshi & Taniguchi, 2020)

Acil durum malzemelerinin tahsisi, can ve mal kurtarmak, afet sonrası can kaybının azaltmak ve afetzedelerin acılarını hafifletebilmek için önemli bir konudur (Wang & Sun, 2023). Afet gibi olağanüstü durumlarda ihtiyaçların temini, taşınması ve afetzedeye ulaştırılması afet bölgesinin şartlarından olumsuz etkilenebilir. Bu nedenle afet lojistiğinde lojistiğin yedi faaliyeti afet öncesi dönemde en iyi sonuçları verecek şekilde kurgulanmalı, operasyonel anlamda ise lojistiğin yedi doğrusu prensip edilerek afet bölgelerinde hareket edilmelidir.

Acil durum ve afet normal yaşamı olumsuz etkileyen ve yaşam koşullarını değiştiren olağanüstü olaylardır. Bu nedenle Türk Kızılay'ı afet beslenme hizmet grubu değişen koşullara uyum sağlamalı, mevcut kaynakları etkin bir şekilde kullanma konusunda dirençli olmalıdır. Bunu dinamik bir alt yapı ile gerçekleştirebileceği için afet öncesi hazırlık çalışmaları operasyonel anlamda iyi kurgulanmalı, tatbikatlar yapılmalı, eksiklikler tespit edilmeli ve düzeltmeler yapılmalıdır. Planla, uygula, kontrol et, onar (PUKO) ilkesi dahilinde operasyonel faaliyetler düzenli bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Zira, Türk Kızılay'ın üstlenmiş olduğu sorumlulukta insan hayatı söz konusudur.

Bu çalışmadaki kısıt taşıma süreleridir. Coğrafi koşullar, hava koşulları ve ulaşım alt yapısı taşıma sürelerini etkileyen faktörlerdir. Özellikle afet gibi olağanüstü durumlarda ulaşım alt yapısının nasıl etkileneceği bir fizibilite çalışması ile afet öncesinde analiz edilerek taşıma süreleri dikkate alınmalı ve tesis seçiminde bir kısıt oluşturulabilmelidir. Bu çalışmada sunulan tedarik zinciri ağ tasarımının sadece tedarikçi-dağıtım merkezi kısmı çözümlenmiştir. Diğer kısımlar bir başka çalışmanın konusunu oluşturabilir.

Bir sonraki çalışmalar için alternatif tedarik zincirindeki dağıtım merkezi-mobil mutfak ağı bir doğrusal programlama çalıştırılarak hangi mutfaklara ne kadar ürün gönderilmesi gerektiği hesaplanabilir. Bununla birlikte dağıtım merkezlerinde oluşturulacak beslenme kitlerinin cross-docking uygulaması ile gerçekleştirilmesi durumunda harcanan zaman ve gerekli olan işçi sayısı hesaplanabilir. Ayrıca Tablo 4’de yer alan kısıtlar bir sonraki çalışmalar için kullanılabilir.

KAYNAKLAR

AFAD, 2023. Mayıs 18, 2023 tarihinde Kahramanmaraş’ta Meydana Gelen Depremler Hk. Basın Bülteni– 26: <https://www.afad.gov.tr/kahramanmarasta-meydana-gelen-depremler-hk-basin-bulteni-26> adresinden alındı

Agarwal, S., & Kant, R., 2022. Humanitarian supply chain management: modeling the pre and post-disaster relief operations. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 13(4), 421-439.

Alem, D., Clark, A., & Moreno, A., 2016. Stochastic Network Models for Logistics Planning in Disaster Relief. *European Journal of Operational Research*, 255, 187-206.

Amiri, A., Jabalameli, M., Alinaghian, M., & Heydari, M., 2012. A Modified Particle Swarm Optimization For Disaster Relief Logistics Under Uncertain Environment. *International Journal of Advanced Manufacturng Tehnology*(60), 357-371.

Arif, A., Wang, Z., Chen, C., & Chen, B., 2020. A Stochastic Multi-commodity Logistic Model for Disaster Preparation in Distribution Systems. *IEEE Transaction on smart grid*, 11(1), 565-576.

Aslan, H., Yıldız, M., & Uysal, H., 2015. Afet İstasyonlarının Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS Yönteminin Uygulanması: Düzce’de Bir Lokasyon Analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 111-128.

Bostan, S., & Yüce, M., 2021. Ayvacık Depremi Üzerinden Afet Lojistiği Konusunda Uzman Görüşleri. *İşletme Bilimi Dergisi (JOBS)*(9(3)), 519-541.

Bozorgi-Amiri, A., Jabalameli, M., & Al-e-Hashem, S., 2013. A Multi-objective Robust Stochastic Programming Model for Disaster Relief Logistics Under Uncertainty. *OR Spectrum*, 35, 905-933.

Bozorgi-Amiri, A., Jabalameli, M., Alinaghian, M., & Heydari, M., 2012. A Modified Particle Swarm Optimization For Disaster Relief Logistics Under Uncertain Environment. *Int J Adv Manuf Technol*, 60, 357-371.

Chang, K., Chiang, Y., & Chang, T., 2023. Simultaneous Location And Vehicle Fleet Sizing Of Relief Goods Distribution Centers And Vehicle Routing For Post-Disaster Logistics. *Computers and Operations Research*, Pre-Proof.

Chong, M., Lazo, J., Pereda, M., & Machuca de Pina, J., 2019. Goal Programming Optimization Model Under Uncertainty And The Critical Areas Characterization İn Humanitarian Logistics Management. *Journal of Humanitarian Logistics*, 9(1), 82-107.

Cotes, N., & Cantillo, V., 2019. Including Deprivation Costs İn Facility Location Models For Humanitarian Relief Logistics. *Socio-Economic Planning Sciences*, 65, 89-100.

CSCMP, 2023. CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary. Kasım 25, 2023 tarihinde CSCMP

https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/adresinden_alindi

Çağlayan, N., Satoğlu, Ş., & Kapukaya, E., 2018. Afet Yönetiminde Büyük Veri ve Veri Analitiği Uygulamaları: Literatür Araştırması. 7.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi . Bursa.

Das, R., 2018. Disaster Preparedness For Better Response: Logistics Perspectives. International Journal of Disaster Risk Reduction, 31, 153-159.

Du, J., Ji, Y., Qu, D., Wu, X., & Yang, D., 2020. Three-Stage Mixed Integer Robust Optimization Model Applied to Humanitarian Emergency Logistics by Considering Secondary Disasters. IEEE Access, 8, 223255-223270.

Ergün, S., Usta, P., Gök, S., & Weber, G., 2023. A Game Theoretical Approach To Emergency Logistics Planning In Natural Disasters. Annals of Operations Research, 324, 855–868.

Espindola, O., 2020. Multiperiod Model for Disaster Management in Simultaneous Disasters. IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT, 1-14.
doi:<https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3227329>

Ferina, A., & Utama, D., 2023. A Euclidean-Based Decision Model For Logistic Mobilisation To Disaster Area. Journal of Transport and Supply Chain Management, 17(0).
doi:<https://doi.org/10.4102/jtscm.v17i0.963>

Gan, X., & Liu, J., 2017. A Multi-Objective Evolutionary Algorithm For Emergency Logistics Scheduling In Large-Scale Disaster Relief. 2017 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), (s. 51-58).

Gökçe, M., & Ercan, E., 2019. Multi-Period Vehicle Routing And Replenishment Problem Of Neighbourhood Disaster Stations For Pre-Disaster Humanitarian Relief Logistics. IFAC PapersOnLine, 52(13), 2614-2619.

Handayani, N., Rinawati, D., & Wiguna, Y., 2015. Model of Pre-Positioning Warehouse Logistics for Disaster Eruption of Mount Merapi in Sleman Yogyakarta. Joint International Conference on Electric Vehicular Technology and Industrial, Mechanical, Electrical and Chemical Engineering (ICEVT & IMECE) 2015, (s. 401-405).

Hartomo, K., Purnomo, H., & Anwar, M., 2017. Routing Model for Medium Disaster Relief Operations. 2017 International Conference on Innovative and Creative Information Technology (ICITech).

Khalili, S., Babagolzadeh, M., Yazdani, M., Saberi, M., & Chang, E., 2016. A Bi-Objective Model For Relief Supply Locaton In Post-Disaster Management. 2016 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, (s. 428-434).

Khorsi, M., Chaharsooghi, S., Bozorgi-Amiri, A., & Kashan, A., 2020. A Multi-Objective Multi-Period Model for Humanitarian Relief Logistics with Split Delivery and Multiple Uses of Vehicles. J SYST SCI SYST ENG, 29(3), 360-378.

Kim, S., Ramkumar, M., & Subramanian, N., 2019. Logistics Service Provider Selection For Disaster Preparation:A Socio-Technical Systems Perspective. Annals of Operations Research, 283, 1259-1282.

Küçük, M., & Çavdur, F., 2018. Afet Sonrası Yardım Malzemesi Dağıtımı için Rota Üretme-Element Algoritması ve Tamsayılı Programlama Kullanımı. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 23(4).

- Küçük, M., & Çavdur, F., 2019. Zaman Pencereyi Bölünmüş-Dağıtım Araç Rotalama ile Afet Sonrası Yardım Malzemesi Dağıtım Planlaması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(1).
- Long, D., 2016. Uluslararası Lojistik: Küresel Tedarik Zinciri Yönetimi (2. b.). (M. Tanyaş, & M. Düzgün, Çev.) Ankara: Nobel.
- Loree, N., & Aros-Vera, F., 2018. Points Of Distribution Location And Inventory Management Model For Post-Disaster Humanitarian Logistics. *Transportation Research Part E*, 116, 1-24.
- Macit, İ., 2019. Bütünleşik Afet Yönetiminde Sendai Çerçeve Eylem Planının Beklenen Etkisi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(1), 175-186.
- Maghfiroh, M., & Hanaoka, S., 2017. Last Mile Distribution In Humanitarian Logistics Under Stochastic And Dynamic Consideration. 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), (s. 1411-1415).
- Memiş, L., & Babaoğlu, C., 2020. Acil durum ve Afet Yönetiminde Süreç Yaklaşımı ve Teknoloji. *Ömer Halis Demir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(13(4)), 776-791.
- mevzuat.gov.tr, 2023. <https://mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/3.5.20135703.pdf> adresinden alındı
- Mota-Santiago, L., Lozano, A., & Ortiz-Valera, A., 2023. Determination Of Disaster Scenarios For Estimating Relief Demand To Develop An Early Response To An Earthquake Disaster In Urban Areas Of Developing Countries. *International Journal of Disaster Risk Reduction*(87), 103570.
- Nugroho, A., Maulana, H., Fachruddin, Ariyati, N., & Kurniawan, D., 2019. Scenario Based Logistic Capacity Assessment For Disaster Preparedness. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 273, (s. 1-8).
- Özdamar, L., & Demir, O., 2012. A Hierarchical Clustering And Routing Procedure For Large Scale Disaster Relief Logistics Planning. *Transportation Research Part E*, 48, 591-602.
- Peker, İ., Korucuk, S., Ulutaş, Ş., Okatan, B., & Yaşar, F., 2016. Afet Lojistiği Kapsamında En Uygun Dağıtım Merkez Yerinin Ahs-Vikor Bütünleşik Yöntemi İle Belirlenmesi: Erzincan İli Örneği. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 14(1), 82-103.
- Pektaş, T., 2012. İlçe Bazında Afet Lojistiği: Başakşehir Uygulaması. *Bahçeşehir Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.
- Qureshi, A., & Taniguchi, E., 2020. A Multi-Period Humanitarian Logistics Model Considering Limited Resources And Network Availability. *Transportation Research Procedia*(46), 212-219.
- Rezaei-Malek, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Zahiri, B., & Bozorgi-Amiri, A., 2016. An Interactive Approach For Designing A Robust Disaster Relief Logistics Network With Perishable Commodities. *Computers & Industrial Engineering*, 94, 201-215.
- Rodriguez-Espindola, O., 2022. Multiperiod Model For Disaster Management In Simultaneous Disasters. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1-14. doi:<https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3227329>
- Safeer, M., Anbuudayasankar, S., Balkumar, K., & Ganesh, K., 2014. Analyzing Transportation and Distribution in Emergency Humanitarian Logistics. *Procedia Engineering*(194), 2248-2258.
- Sarma, D., Das, A., Bera, U., & Singh, A., 2018. A Post-Disaster Humanitarian Relief Logistic Model: Evacuation and Transportation. 2018 3rd International Conference for Convergence in Technology (I2CT).

Sheu, J., 2007. An Emergency Logistics Distribution Approach For Quick Response To Urgent Relief Demand İn Disasters. Transportation Research Part E, 43, 687-709.

Singh, A., Bera, U., & Sarma, D., 2017. Two Stages Post-Disaster Humanitarian Logistics. 2017 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), (s. 259-262).

Soyöz, H., & Özyörük, B., 2021. Afet Lojistiğinde Üç Aşamalı Karma Tamsayı Bir Model Önerisi. Journal of Turkish Operations Management, 5(1), 641-661.

TAMP Türkiye Afet Müdahale Planı, 2023.

https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Planlar/TAMP.pdf adresinden alındı

Taniguchi, E. T., 2001. City Logistics: Network Modelling And İntelligent Transport Systems (Birinci b.). Elsevier Science Publishing Company.

Tanyaş, M., Günalay, Y., Aksoy, L., & Küçük, B., 2013. İstanbul İli Afet Lojistik Planı Klavuzu. İstanbul : İstanbul Kalkınma Ajansı.

Tanyaş, M., Kılıç, E., & Küçük, B., 2014. Bölgesel Afet Lojistik Depo Tasarımı. III.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi. Trabzon.

Temur, 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. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25 (1), 98-105.

Topal, B., 2016. Türkiye Afet Lojistik Sistemi Üzerine Bir Değerlendirme. 3rd International Symposium on Environment and Morality. Alanya.

Türk Kızılay Afetlerde Beslenme Kılavuzu, 2023. Kızılay Akademi: https://kizilayakademi.org.tr/wp-content/uploads/2021/10/86107045_afetlerde-beslenme-hizmetleri-kilavuzu.pdf adresinden alındı

Ugochukwu, N., Goyal, S., & Aruguman, S., 2022. Blockchain-Based IoT-Enabled System for Secure and Efficient Logistics Management in the Era of IR 4.0. Hindawi journal of Nanomaterials(7295395). United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2023. <https://www.undrr.org/terminology/disaster> adresinden alındı

Van Wassenhove, L., 2006. Humanitarian Aid Logistics: Supply Chain Management in High Gear.Journal of The Operational Research Society(57(5)), 475-489.

Wang, D., Yang, K., Yang, L., & Dong, J., 2023. Two-Stage Distributionally Robust Optimization For Disaster Relief Logistics Under Option Contract And Demand Ambiguity. Transportation Research Part E, 170, 103025.

Wang, S., & Sun, B., 2023. Model of multi-period emergency material allocation for large-scale sudden natural disasters in humanitarian logistics: Efficiency, effectiveness and equity. International Journal of Disaster Risk Reduction(85), 103530.

Wei, X., Qiu, H., Wang, D., Duan, J., Wang, Y., & Cheng, T., 2020. An İntegrated Location-Routing Problem With Post-Disaster Relief Distribution. Computers & Industrial Engineering(147), 106632.

Yorvarak, C., Takahashi, K., Sasaki, T., Kikuchi, T., & Harada, N., 2017. Modelling of Logistic Network of Disaster Relief using Similarity to Electric Circuit. 2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE), (s. 739-742).

Yuan, Y., & Wang, D., 2009. Path Selection Model And Algorithm For Emergency Logistics Management. *Computers & Industrial Engineering*, 56, 1081-1094.

Zhan, S., Liu, S., Ignatius, J., Chen, D., & Chan, F., 2021. Disaster Relief Logistics Under Demand-Supply Incongruence Environment: A Sequential Approach. *Applied Mathematical Modelling*, 89, 592-609.