



**T.C. İSTANBUL TİCARET  
ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AFET YÖNETİMİNDE LOJİSTİK DEPO SEÇİMİ VE BİR UYGULAMA**

**Hilal TEMİZ**

**Danışman**

**Dr. Öğr. Üyesi Berk AYVAZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
İSTANBUL - 2018**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Hilal AYDIN tarafından hazırlanan " Afet Yönetiminde Lojistik Depo Seçimi Ve Bir Uygulama" adlı tez çalışması 13/07/18 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi Berk AYVAZ  
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Oğuz Borat  
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğretim Üyesi Ali Osman KUŞAKCI  
İbn Haldun Üniversitesi



Onay Tarihi : 23.07.2018



Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK  
Enstitü Müdürü

## AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

13.07.18

**1Hilal TEMİZ**

# İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER.....	vi
ÇİZELGELER .....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ .....	3
3. AFET KAVRAMI .....	8
3.1. Afet Tanımı .....	8
3.2. Afet Türleri .....	9
3.2.1. Doğal afetler .....	9
3.2.2. Doğal olmayan afetler.....	9
3.3. Afetlerin Analizi.....	10
3.3.1. Dünyada afet .....	10
3.3.2. Türkiye’de afet .....	12
4. AFET YÖNETİMİ .....	14
4.1. Afet Yönetimi Aşamaları .....	14
4.1.1. Zarar azaltma .....	15
4.1.2. Hazırlık.....	16
4.1.3. Müdahale .....	17
4.1.4. İyileştirme .....	17
5. AFET LOJİSTİĞİ.....	19
5.1. Afet Lojistiği Aşamaları.....	19
5.1.1. Afet öncesi hazırlık lojistik faaliyetleri .....	19
5.1.2. Afet.müdahale.süreci.lojistik.faaliyetleri.....	23
5.1.3. Afet müdahalesinin ardından lojistik faaliyetler .....	24
5.2. Lojistik Depo Seçimi.....	25
6. UYGULAMA .....	27
6.2. Metodoloji.....	27
6.2.1. P-medyan Problemi.....	27
6.2.2. Küme Kapsama Problemi.....	29
6.3. Çalışmanın Kapsamı.....	30
6.4. Problemin Tanımı ve Modellenmesi.....	31
6.5. Matematiksel Model.....	33
6.5.1. Birinci aşama.....	33
6.5.2. Birinci Aşamanın Çözümü.....	33

6.5.3. İkinci Aşama .....	34
6.5.4. İkinci Aşamanın Çözümü.....	35
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	51



## ÖZET

## Yüksek Lisans Tezi

### AFET YÖNETİMİNDE LOJİSTİK DEPO SEÇİMİ VE BİR UYGULAMASI

Hilal TEMİZ

İstanbul Ticaret Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Berk AYVAZ

2018, 51 sayfa

Ülkemizde meydana gelen afet türleri arasında en başta deprem afeti yer almaktadır. Afetlerin sonuçlarını kontrol edebilmek için yapılması gerekenler afetlerin toplum üzerindeki tesirini en aza indirmek için çalışmalar yapmak ve uygulamaya geçirmektir. Verimli bir afet yönetimi çalışması, afet öncesi, afet esnası ve afet sonrasındaki tüm ihtiyaçları karşılayacak şekilde olmalıdır. Bu çalışmada, afet lojistiği kapsamında önceden belirlenen ihtiyaç noktalarına acil yardım malzemelerinin en kısa sürede ulaştırılması için kurulacak lojistik depolarının yer seçimi problemi ele alınmıştır. Ele alınan problem iki aşamada incelenmiştir. İlk aşamada ihtiyaçların belirli bir hizmet düzeyinde karşılanabilmesi için minimum sayıda alternatif lokasyonların sayısını belirleyen bir küme kapsama modeli olarak, ikinci aşamada ise, talep ağırlıklı mesafe minimizasyonu amaçlı, p-medyan problemi olarak modellenmiştir. Bunun yanı sıra, deprem şiddetinin afetzedelerin ihtiyaç taleplerine olan etkisini ortaya koymak için kapasite kısıtlı bir karma tam sayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Önerilen model İstanbul ilinin Maltepe ilçesinin afet yönetimi hazırlık aşamasında lojistik depolarının yer seçimi problemine uygulanmıştır. Her iki model için çözümler yer seçimleri açısından karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Afet yönetimi, küme kapsama problemi, p-medyan problemi, tesis yer seçimi.

# **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

## **LOGISTIC WAREHOUSE LOCATION SELECTION IN DISASTER MANAGEMENT AND AN APPLICATION**

**Hilal TEMİZ**

**İstanbul Commerce University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Industrial Engineering**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Berk AYVAZ**

**2018, 51 pages**

Being approximately of all disasters, earthquake takes the first place among the disasters in Turkey. The most effective action that can be done in the face of disasters is to study in accordance to minimize their impact on society and put them into practice. An effective disaster management study must be able to compensate all pre-disaster, during disaster and post-disaster entails. In this study, disaster location problems of logistics warehouses that will be established in order to reach the predetermined point to the urgent need for aid in a short span of time are discussed. The tackled two-phased problem is formulated as a set covering problem to determine to minimum number of alternative locations for meeting the needs at a certain level of service in the first phase and formulated as a p-median problem aiming demand-weighted distance minimization in the second phase. In addition to this model, a mixed integer programming model is also developed in order to present the impact of the earthquake intensity to the necessity demands of the disaster-victims. The proposed model is applied to Maltepe district via solving the logistic warehouse location selection problem during the preparation phase of disaster management studies. The proposed model of disaster management Istanbul Maltepe district of the province in preparation was applied to the problem of site selection of logistics warehouse. Optimal solutions for both models are compared in terms of selected locations.

**Keywords:** Disaster logistics, facility location, p-median problem, set covering problem.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Dr. Öğretim üyesi Berk AYVAZ 'a teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın yürütülmesinde manevi yardımlarını gördüğüm Ali Osman KUŞAKCI ve Emel Őeyma KÜÇÜKAŐCI'ya teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme ve eşime sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Hilal TEMİZ  
İSTANBUL, 2018





## ŞEKİLLER

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1 Afet olay sayısının afet türlerine göre dağılımı.....	13
Şekil 3.2 Toplam afetzede sayısının afet türlerine göre dağılımı.....	13
Şekil 4.1 Afet yönetim döngüsü.....	15
Şekil 6.1 Problem akış şeması.....	32
Şekil 6.2 Maltepe ilçe haritası .....	32
Şekil 6.3 Aşama-2 senaryo 1.....	36
Şekil 6.4 Aşama-2 senaryo 2.....	36
Şekil 6.5 Aşama-2 senaryo 3 .....	37
Şekil 6.6 Aşama-2 senaryo 4.....	37
Şekil 6.7 Aşama-2 senaryo 5.....	38
Şekil 6.8 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 1 .....	39
Şekil 6.9 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 2 .....	39
Şekil 6.10 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 3 .....	40
Şekil 6.11 Aşama-2 Kaasiteli Senaryo 4.....	40
Şekil 6.12 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 5 .....	41
Şekil 6.13 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 6 .....	42
Şekil 6.14 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 7 .....	42
Şekil 6.15 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 8 .....	43
Şekil 6.16 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 9 .....	43
Şekil 6.17 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 10.....	44
Şekil 6.18 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 11.....	45
Şekil 6.19 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 12.....	45

## ÇİZELGELER

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Afet Türleri .....	10
Çizelge 2.2 Büyük depremler .....	11
Çizelge 2.3 Büyük Seller .....	12
Çizelge 2.4 Volkanik patlamalar.....	12
Çizelge 6.1 Mahalle-nüfus-koordinat tablosu.....	30
Çizelge 6.2 Etkilenme durumu afettede sayısı değişimi .....	31
Çizelge 6.3 Aşama-1 için çözüm tablosu .....	34
Çizelge 6.4 Aşama-2 kapasitesiz p-medyan kapsama mesafesi senaryoları	35
Çizelge 6.5 Aşama-2 kapasiteli p-medyan kapsama mesafesi senaryoları...	38
Çizelge 6.6 Afettede Senaryoları .....	41
Çizelge 6.7 Kapasite senaryoları.....	44



# 1. GİRİŞ

Farklı şekillerde tanımlanabilen afet genel olarak; bireylerin hayatını ve etkinliklerini etkileyebilen, büyük tahribat, hasar ve hayat kayıplarına sebep olan, ülke içi veya ülkeler arası düzeyde destek gerektirebilen, umulmadık ve genel olarak ani şekilde gelişen bir durum ya da olay şeklinde tanımlanabilmektedir.(Hoyois vd, 2007). Türkiye, jeolojik ve iklimsel yapısı sebebi ile büyük kayıplara sebep olan doğal afetlerle sık sık karşı karşıya gelmektedir. Ülke nüfusunun ve büyük sanayi tesislerinin yoğun olarak kurulmuş bulunduğu bölgelerde, sonuçları kötü olabilecek depremlerin olma ihtimali yüksektir. Ülkemizde sadece depremler yüzünden, 1950'den bu yana yaklaşık 32.000 birey hayatını kaybetmiştir (Gökçe vd, 2008). 1999 Marmara depreminden sonra büyük hasarlar oluşmuş ve telafisi olmayan kayıplar verilmiştir. Bu olaydan sonra afet yönetimiyle alakalı çalışmalar hızlanmış ve daha çok ağırlık verilmeye başlanmıştır.

Globalde yaşanan afetlerin sebep olduğu can ve mal kayıplarının büyük oranda artmasıyla "afet lojistiği" kavramı ortaya çıkmıştır. Afet lojistiği, afetzedelerin gereksinimlerini karşılayabilmek için malzeme ve bilginin üretim alanından son tüketim alanına kadar verimli bir şekilde taşınması ve stoklanması, planlanması ve uygulamaya koyulması olarak tanımlanmaktadır (Önsüz ve Atalay, 2015).

Afet lojistiği, afet yönetiminin can damarıdır. Afet lojistiği insani yardımların, afetzedelere hızlı, düzgün ve zamanında dağıtılması için önemli rol oynamaktadır. Yardımların toplanıp, afet bölgesine ulaştırılmasından, afetzedeye son teslimatına kadar lojistik yardım operasyonlarında başrolü çekmektedir.

Lojistik destek süreçlerinin kesintisiz bir şekilde uygulanması ve afet aşamalarında, acil yardım malzemelerinin ihtiyaç sahiplerine gönderilmesi afet lojistiği dahilinde açılacak depoların uygun konumlanması kritik bir sorumluluk gerektirmektedir. Bu çalışmada afet öncesi hazırlık aşamasına yönelik, malzeme lojistik depolarının yer seçimi problemi ele alınmıştır. Bu amaçla literatürde

küme kapsama ve medyan modelini geliştirilerek iki aşamalı bir model kurulmuştur. Birinci kısımda, afetzedelerin taleplerine yeterli bir hizmet seviyesinde cevap verilebilmesi için küme kapsama problemi modellenmiştir. İkinci aşamada ise küme kapsama probleminden elde edilen tesis sayısı kullanılarak, ağırlıklı mesafe minimizasyonu amaçlı, p-medyan problemi modellenmiştir.

Bu çalışma altı bölüme ayrılmıştır. Birinci bölüm çalışmanın giriş bölümü olup burada genel bilgilere ver verilmiştir; ikinci bölümde depo seçimi ve kullanılan metotlarla alakalı çalışmalar ve sonuçları özetlenmiştir. Üçüncü bölümde afet kavramı detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Dördüncü bölümde afet yönetimi ve aşamalarına, beşinci bölümde ise afet lojistiğine yer verilmiştir. Altıncı bölümde lojistik depo seçimi başlığı altında çalışmanın esas amacı olan Maltepe ilçesinde kurulabilecek lojistik depoların yer seçimi çalışması yapılmıştır ve sonuçlar gözlenmiştir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde, lojistik depo seçimi üzerinde yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Literatür taraması yapılırken makaleler, konferans bildirileri ve tezler dikkate alınmıştır.

Barbarosoglu ve Arda (2004), deprem sonrasında acil yardım malzemeleri için ulaşım planı için bir stokastik programlama modeli önermiştir. Modelde depremin yeri ve etkisi senaryolar haline getirilerek incelenmiştir. Bu bir tesis yeri seçim problemi değildir fakat akış modeli olması yani tedarik edilen malzemelerin rotalanması problemi yer seçimi modelleriyle ilişkilendirmektedir.

Dekle vd (2005), Florida eyaleti için afet müdahale merkezi yerleştirilmesi için çalışma yapmışlardır. Problemlerinde afet müdahale merkezinin hizmet verebileceği noktaları için bir mesafe limiti belirlemişler ve açılan merkez sayısının minimum olmasını hedeflemişlerdir. Problem iki şamadan meydana gelmektedir. Birinci aşamada yerleşim yerleri belirlenmiş, ikinci aşamada ise belirlenen yerleşim yerleri birtakım kriterlerle değerlendirilmiş ve tekrar çözüm gerçekleştirilmiştir. Problemin çözümünde pick the-farthest (PTF) algoritma kullanılmıştır.

Günneç ve Salman (2007), afet sonrasında etkili ulaşım, için afet öncesi yardım ve dağıtım merkezlerinin belirlenmesine yönelik yer seçimi problemi için iki aşamalı stokastik programlama modeli kurmuşlardır. Birinci aşamada tesislerin nerede ve kaç tane açılacağı bulunmuş, ikinci aşamada taşıma problemi kurulmuştur.

Yi ve Özdamar (2007), İstanbul gölgesindeki olası bir deprem için yer seçimi problemini iki senaryoda incelemişlerdir. Kurulan matematiksel model sezgisel algoritma kullanılarak çözülmüştür.

Jia vd (2007), maksimum kapsama modelini kullanarak, malzemelerin depolanacağı tesislerin yetersizliğini ve belirsiz talep durumlarını incelemişlerdir.

Balcik ve Beamon (2008), maksimum kapsama modeli geliştirerek, ekipman dağıtım tesislerinin konumu, miktarı ve bu tesislerde depolanacak ekipmanın miktarı üzerinde çalışmışlardır.

Mete ve Zabinsky (2010) yaptıkları çalışmada medikal ekipmanların stok tutulacağı alanların konumu ile stok seviyelerinin belirlenmesi için geliştirdikleri stokastik modeli iki aşamada incelemişlerdir. Problemin amacı ulaşım süresi ile maliyeti en küçük seviyede tutmaktır.

Yiğit (2010), çalışmasında olası bir afetten sonra, yardım malzemelerinin tutulacağı depo bölgelerini ve bu depoların hizmet vereceği afet bölgelerini belirlemek için olasılıksal yaklaşımlar kullanarak tamsayılı programlama modeli geliştirmiştir. Kurulan model ile karar verici, afetin sebep olacağı hasara göre, hazırlanan planlar arasından amacına en uygun olanını seçebilmektedir.

Rawls ve Turnquist (2011), Amerika Birleşik Devletleri'nde oluşabilecek bir kasırga karşısında, acil yardım malzeme depolarının konum ve kapasitelerinin hesaplanmasını ele almışlardır. Maliyet minimizasyonu amaçlamışlar, stokastik karma tam sayılı programlama modeli kurulmuştur.

İstanbul'un bölgesel ve yerel malzeme depolarının yerlerinin belirlenmesiyle ilgili çalışan Görmez vd (2011), ilk aşamada talep ağırlıklı mesafe minimizasyonu, ikinci aşamada ise ortalama mesafe ve tesis sayısı minimizasyonu için iki aşamalı tam sayılı programlama modeli geliştirmişlerdir.

Duran vd (2011), afet müdahale merkezlerin yer seçimi problemini ele almışlardır. Amaç, afet bölgelerine dağıtılacak olan malzemelerin önceden belirlenerek dağıtım tesislerine yerleştirilmesidir. Talep edilen bölgelere en kısa

sürede ulaşma hedeflenmiş ve merkezlerde bulunması gereken stok düzeyi belirlenmiştir. Problem tam sayılı programlama ile modellenmiştir.

Salman (2011), etkin bir afet lojistiği için şehrin belli yerlerine kurulacak olan Afet Müdahale Merkezlerinin yerlerinin seçilmesi problemini ele almıştır. Temel amaç talep noktalarına en kısa sürede ulaşmak olarak belirlenmiştir. Diğer amaçlar, seçilecek yerlerin deprem risklerinin, karşılanamayan ihtiyacın ve bütçe sınırlarının üzerine çıkılan maliyetlerin minimize edilmeleridir. Salman bu çalışmasında stokastik programlama modelleri kullanarak sezgisel çözüm yöntemleri geliştirmiştir.

Döyen vd (2012), lokal ve ulusal kurtarma merkezlerinin konumlanması problemini ele alarak, tesis, stok, taşıma ve elde bulundurmama maliyetlerinin en aza indirilmesi amacıyla karma tam sayılı doğrusal programlama modeli geliştirmiştir ve model Lagrange Gevşetmesi sezgiseli ile çözülmüştür.

Liu vd (2013), çalışmalarında bulanık mantık kullanarak, maliyet ve mesafe minimizasyonunu amaçlayan olan çok amaçlı karma tamsayılı programlama modeli geliştirmiş ve sezgisel algoritmayla çözmüşlerdir.

Gözaydın ve Can (2013), depo seçim problemini iki aşamada ele almıştır. İlk aşamada lojistik depo ile afetzede noktalarının mesafesi ile afetzede noktalarının toplam ağırlıklarının minimize edilmesini heseflemiş, p-medyan problemi modeli kurulmuştur. İkinci aşamada Maksimum Kapsama Alanı Problemi modellenmiş lojistik tesis sayısı ile kapsanacak talep noktalarının sayısının maksimize edilmesi amaçlanmıştır.

Kalaycı vd (2014), afet lojistik tesislerinin konumlanması, kapasiteleri ve bu tesislerden malzeme-bilgi akışının modellemek için karma tam sayılı programlama modeli oluşturmuşlardır, amaç malzeme sevkiyat süresinin minimize edilmesidir.

Salman ve Yücel (2014), en fazla sayıdaki afetzede bölgesinin talebini karşılayabilme amacıyla, stokastik 0-1 tamsayılı doğrusal programlama modeli kurmuş ve kurulan modeli tabu arama algoritması kullanarak çözmüşlerdir.

Rath ve Gutjahr (2014), lojistik depoların konumlanması ve buradan malzeme dağıtımıyla ilgili çalışmalarında çok amaçlı karma tam sayılı programlama modelini kullanmışlardır. Problem epsilon kısıtıyla çok amaçlıdan tek amaçlıya dönüştürülmüş ve kurulan model sezgisel algoritma yardımı ile çözülmüştür.

Rennemo vd (2014), ihtiyaç duyulan ekipmanların taşınması için çok aşamalı karma tam sayılı stokastik programlama modeli kurmuştur. Birinci aşamada tesislerin konumlanması ve ekipmanların taşınması belirlenmiştir. İkinci aşamada araç rotasyonları belirlenmiş, üçüncü aşamada ise model bir kaç kriter ele alınarak analiz edilmiştir.

Verma ve Gaukler (2015), California 'da uyguladıkları çalışmalarında iki tane yer seçimi modeli kurmuşlardır. İlk model afet müdahale tesisleri ve nüfus merkezleri arasındaki uzaklığa bağlı hasarı içeren deterministik bir modeldir. İkinci model ise birinci modelin genişletilmiş hali olan stokastik bir modeldir ve hasarı rastgele değişkenler kullanarak analiz etmiştir. İkinci model için Benders ayrıştırması temelli yeni bir çözüm metodu geliştirilmiştir.

talep ve taşıma kapasitesi belirsizlikleriyle ağ tasarımı problemi için stokastik bir model kurmuşlardır. Hong vd (2015), afet aşamalarında yürütülen etkinliklerin verimliliğini yükseltmek amacıyla tesislerin konumu ve ekipmanların stoklanması belirlemektedir.

Mohammadi vd (2014), ekipmanların stoklanması, en uygun stok miktarı ve malzeme transfer boyutunun tespit edilmesini amaçlamışlardır. Model afetzede bölgelerinin karşılanma oranının yüksek seviyede, maliyetin ve hizmet seviyesindeki değişimlerin ise en düşük seviyede tutulmasını amaçlamıştır. Çözüm için parçacık sürü optimizasyonu algoritması kullanılmıştır.



Peker vd (2016), iki aşamada gerçekleştirdikleri çalışmalarında, ilk aşamada Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) metodu ile kriterleri ağırlıklandırmış; son kısımda depo konumu VIKOR metodu ile belirlenmiştir.

Chen ve Yu (2016), afet sonrasında, acil sağlık hizmetlerinin talep noktalarına ulaşımının etkinliğini artırmak için geçici tesis yeri ve hizmet ağının belirlenmesi problemini ele almışlardır. Problem tam sayılı programlama modeli, lagranj gevşetme ve sezgisel metodlar kullanılarak çözülmüştür.

Yılmaz ve Kabak (2016), çok amaçlı karar verme modeli kurarak müdahale aşamasında önemli bir rol oynayan ana dağıtım merkezi ve yerel dağıtım merkezlerinin konumlanması problemini ele almışlardır. Çalışmanın amaçları talep noktası, ana ve yerel dağıtım merkezleri arasındaki mesafeyi ve açılacak ana ve yerel dağıtım merkezlerinin sayısını minimize etmektir. Problem hedef programlama yaklaşımı kullanılarak çözülmüştür.

### 3. AFET KAVRAMI

#### 3.1. Afet Tanımı

Birçok farklı kurum ve çalışmalarda afet kavramo farklı şekillerde tanımlanmıştır. Bu tanımların bazılarına aşağıda yer verilmiştir.

Afet, çeşitli doğa olaylarının sebep olduğu yıkımdır (Türk Dil Kurumu).

AFAD'a göre afet ulusun bütünü veya bazı bölümleri çeşitli kayıplara sebep olan, süregelen yaşamı ve toplumsal etkinlikleri durduran veya kesintiye uğramasına sebep olan, zarara uğrayan bireylerin mücadele etmelerinin yetersiz kaldığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olaydır (AFAD, 2014).

Bireylerin ve diğer canlıların hayatını ve etkinliklerini kesintiye uğratabilen, büyük hasar, yıkım ve insan acılarına neden olan, ulusal olanaklar ile başa çıkılamayan, yurt içi ve yurt dışı düzeyinde desteğe ihtiyaç duyulan, hazırlıksız ve ansızın şekilde meydana gelen bir durum ya da olay olarak ifade tanımlanmaktadır(Hoyois vD, 2007) .

Afetin büyüklüğü çoğu zaman bir olayın sebep olduğu can kayıpları, yaralanmalar, yol açtığı sosyal ve ekonomik kayıplarla ölçülmektedir. En mühim kayıp canlılar olduğu için afetin büyüklüğünü sebep olduğu can kaybı ve yaralanmaların oranı ile ölçmek daha doğru olacaktır.

Afetin büyüklüğünü gösteren temel unsurlar şu şekilde söylenebilir (Erkal ve Değerliyurt, 2009):

- Afetin fiziki büyüklüğü,
- Afetin yerleşim bölgelerine olan mesafesi,
- Maddi durum ve gelişme düzeyi,
- Nüfustaki hızlı yükseliş, Riskli alanlardaki hızlı ve kontrolsüz yerleşim ve sanayileşme,

- Doğal çevre ve yeşillik alanların zarar görmesi ya da hatalı kullanımı,
- Eğitimsizlik ve bilinç eksikliği,
- Bireylerin afetlere karşın afet meydana gelmeden yaptığı hazırlık ve aldığı önlemlerin seviyesi.

### **3.2. Afet Türleri**

Afet olayının gerçekleşmesine yol açacak birçok neden olabilir. Afetler; doğal afetler ve doğal olmayan afetler olarak iki sınıfa ayrılmaktadır (Kalkınma Bakanlığı, 2014)

#### **3.2.1. Doğal afetler**

Doğal afetler, doğa olayları sonucu meydana gelen olaylardır. Çok fazla soğuklar ve sıcaklar, kuraklık, kıtlık, deprem, sel, tsunami, doğal afetler sınıfında yer almaktadır (Tanyaş vd, 2013)

Dünya genelindeki doğal afetlere bakıldığında, meydana gelen afetlerin çoğunun meteorolojik afetlerden kaynaklandığı gözlenmiştir. Doğal afetlerin türleri ve önemi bölgeden bölgeye de değişiklik göstermektedir. Türkiye’de en çok meydana gelen meteorolojik zeminli doğal afetler dolu, sel, taşkın, don, orman yangınları, kuraklık, şiddetli yağış, şiddetli rüzgâr, yıldırım, çığ, kar ve fırtınalardır.

#### **3.2.2. Doğal olmayan afetler**

Doğal olmayan afetler, insanların sebebiyet verdiği savaşlar, toplum içi sürtüşmeler, terör olayları, büyük göçler ve benzeri durumlar ile hatalı yapılan planmalar ve eylemlerin sebep olduğu olaylardır(Kadioğlu, 2011).

İnsan kaynaklı afetler, insanların etkin olduğu dikkatsizlik sonucunda ya da kasıtlı olarak yapılan olaylarla meydana gelmektedir. Diğer bir deyişle doğa olaylarından kaynaklanmayan doğrudan insani faaliyetler ve ihmaller

sonucunda oluşan afetlerdir. Bu afetler, mal ve can kayıplarına neden olmaktadır (Barutçu, 2015).

Afetler jeolojik afetler, iklimik afetler, biyolojik afetler, sosyal afetler ve teknolojik afetler olarak da sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırma Çizelge 2.1’de gösterildiği gibidir.

Çizelge 2.1 Afet Türleri( : T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2016)

<b>JEOLJİK AFETLER</b>	Deprem, heyelan, volkanik patlamalar, kaya düşmesi, tsunami
<b>KLİMATİK AFETLER</b>	Sıcak dalgası, soğuk dalgası, kuraklık, dolu, hortum, fırtına, sel-su baskını, çiğ, tipi, buzlanma, asit yağmurları, sis, hava kirliliği, orman yangınları, yıldırım
<b>BİYOLOJİK AFETLER</b>	Erozyon, orman yangınları, salgınlar, böcek istilası
<b>SOSYAL AFETLER</b>	Yangınlar, savaşlar, terör saldırıları ,göçler
<b>TEKNOLOJİK AFETLER</b>	Maden kazaları, nükleer santral kazaları, kimyasal kazalar, endüstriyel kazalar, uçak, demiryolu ve gemi kazaları

### 3.3. Afetlerin Analizi

#### 3.3.1. Dünyada afet

Dünyada son yıllarda görülen afetler dolayısıyla ortalama 3 milyon bireyin yaşamı son buluren maddi kayıplar ise çok ağır olmuştur. Dünyada çeşitli afetler için her gün ortalama 2 milyon dolarlık yatırım gerçekleştirilmektedir. Dünyada her sene afetlerden dolayı ortalama 15000 birey hayatını kaybetmektedir (Ersoy, 2006)

Dünya’da etkili olan doğal afet türleri; şiddetlerine, meydana gelme zamanları ve tesirlerine göre sınıflandırıldığında ilk sıralardakilerin kuraklık, tropikal siklon, bölgesel sel ve taşkınları olduğu belirlenmiştir.

Doğal afetlerden en üst düzeyde etkilenen yerler milyonlarca insanın yaşadığı büyük şehirlerdir. Nüfus ve ekonominin yoğun olduğu bölgelerde meydana gelen doğal afetler, salgınlara, telaşa ve krizlere daha çok sebep olmaktadır. Gelişimini tamamlayamamış olan ülkelerde etkiler daha kritik olabilmektedir. Ardarda gelen doğal afetlerde 336.400 bireyin yaşamı son bulurken, 307 milyon birey evini kaybetmiş ve zarar görmüştür. Bu maddi zararın en büyük kısmına ise 125 milyar ABD dolarlık Katrina kasırgası sebep olmuştur.(Tanyaş vd, 2013).

Bugüne kadar çok miktarda can kaybına yol açan, hasara sebep olan doğal afetlerin bazıları Çizelge 2.2, 2.3 ve 2.4’deki gibidir.

Çizelge 2.2 Büyük depremler

<b>Depremler</b>	<b>Kayıp(Kişi)</b>
Çin(1556)	850.000
Hindistan(1737)	300.000
Çin (1976)	242.000
Peru(1970)	70.000
İran(1990)	50.000
İran(1978)	25.000
Guatemala(1976)	23.000
Ermenistan(1988)	25.000
Türkiye(1999)	20.000
Hindistan(2001)	20.000
İran(2003)	40.000

Çizelge 2.3 Büyük Seller

<b>Seller</b>	<b>Kayıp(Kişi)</b>
Bangladeş(1988)	5.000
Filipinler(1991)	3.000
Çin(1998)	3.656
Güney Kore(1997)	1.265
Tayland(1988)	1.000
Hindistan(1998)	1.000
Türkiye(1998)	120

Çizelge 2.4 Volkanik patlamalar

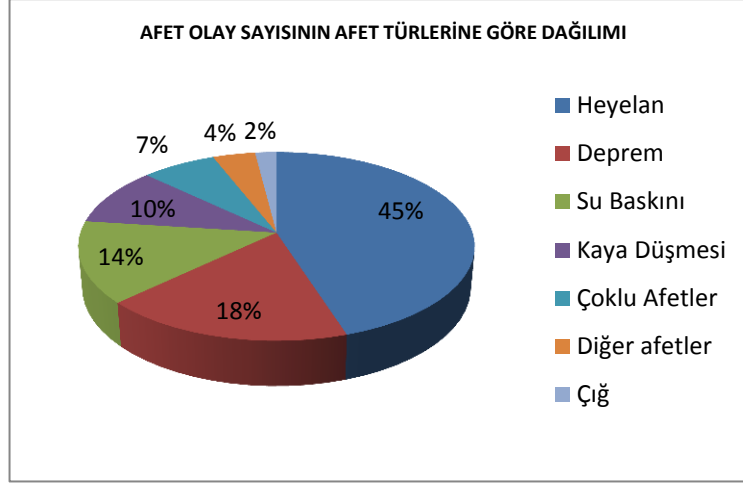
<b>Volkanik Patlamalar</b>	<b>Kayıp (Kişi)</b>
Abd(1980)	57
Kolombiya(1985)	25.000
Filipinler(1991)	800
Endonezya(1883)	36.000
Endonezya(1815)	92.000

### 3.3.2. Türkiye’de afet

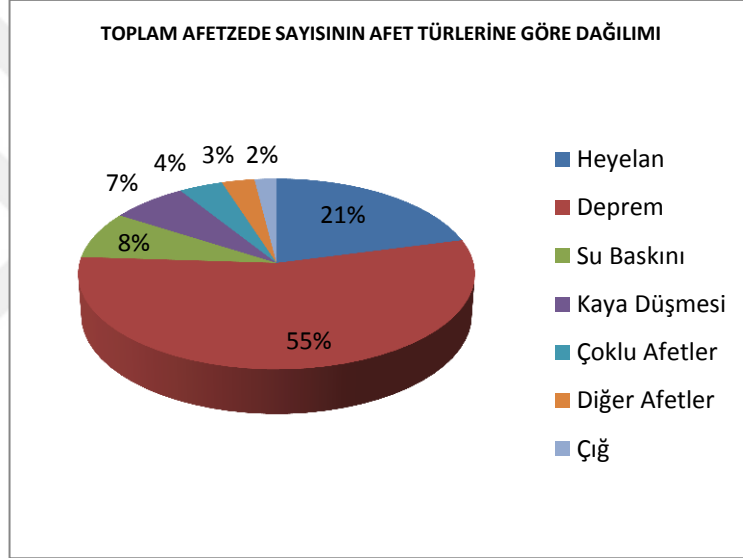
Ülkemizde son yüzyılda çok sayıda doğa kaynaklı afetler meydana gelmiş, can ve mal kaybı açısından büyük zararlara uğramıştır.

Türkiye coğrafi konum itibari ile Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının orta bölümünde yer alması eski kara kıtalarının arasında fiziki özellikleri bakımından doğal afetlerin yoğun olarak meydana geldiği bir coğrafyadadır. Türkiye, aktif deprem kuşaklarından birinin üzerinde olduğundan dolayı tarihi boyunca birçok deprem yaşamıştır. Depremlerin yanı sıra orman yangınları, heyelanlar, çığ, sel ve su baskınları vb. türlü doğal afetler görülmektedir. Ülkemizin ormanlarının geçmişten bu yana tahrip edilmesi şiddetli erozyonlara ve kayıplara neden olmaktadır (Yaylacı, 2015).

Afet olay sayısının afetlere göre dağılımı Şekil 3.1 ve afetzede sayısının afet türlerine göre dağılımı Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Afet olay sayısının afet türlerine göre dağılımı



Şekil 3.2 Toplam afetzede sayısının afet türlerine göre dağılımı

Ülkemizde meydana gelen afetler zararları yönünden kıyaslanırsa %55'i deprem, %21'i heyelan, %8'i su baskını, %7'si kaya düşmesi ve %2'si ise çığ kaynaklıdır. Tüm afet olaylarından yaklaşık 284.996 afetzede etkilenmiştir. Ülkemizdeki yerleşim alanlarının yaklaşık %50'si en az bir afet olayına maruz kalmış ya da kalmaktadır. Kocaeli, Erzurum, Bingöl, Sakarya, Düzce, Van, Yalova, Muş, Adana ve Diyarbakır afetlerden en çok etkilenen illerdir. Hem şehirlerin hem de ilçelerin, afetzedeler bazında afet olaylarından etkilenme derecelerine bakıldığında oranların depremler tarafından belirlendiği anlaşılmaktadır (Gökçe vd, 2008).

## 4. AFET YÖNETİMİ

Toplumun bilgi ve teknoloji düzeyindeki gelişmişliği, doğal afetlere sebebiyet veren doğa olaylarının meydana gelmesine sebep olacak bir tesire sahip değildir. Bunların önüne geçilebilmesi için yapılabilecek şeyler çok sınırlıdır. Bugün ve ileriki yıllarda afetler için yapılabilecek en etkili ve tek hareket, bu afetlerin kötü sonuçlarından korunmak veya bunların bireyler üzerindeki etkilerini en aza indirmek için araştırmalar yapmak, planlama yapmak ve bunları uygulamaya koymaktır(Erkal ve Değerliyurt, 2009).

Afet yönetimi, afetlerin önlenmesi veya zararlarının en aza indirilmesi amacıyla, hazırlık ve olası risk ve zararların azaltılması ile birlikte müdahale etme ve iyileştirme gibi çalışmaların toplumun tüm kesimlerini kapsayacak şekilde planlanması, yönlendirilmesi, koordine edilmesi, gerekli mevzuat ve kurumsal yapıların oluşturulması için toplum kaynaklarının bu ortak amaçlar doğrultusunda yönetilmesidir (Kadıoğlu, 2011).

Afet yönetiminin temel hedef ve amaçları:

- Kayıplara neden olabilecek riskleri en az seviyeye düşürerek, öngörülen kötü sonuçların, kayıpların önüne geçilebilmesi,
- Afetzedelerin yaşam koşullarını eski haline döndürebilmek,
- Önemli varlıkların korunması,
- Afetin ardından yaşamı olağan akışına döndürebilmek

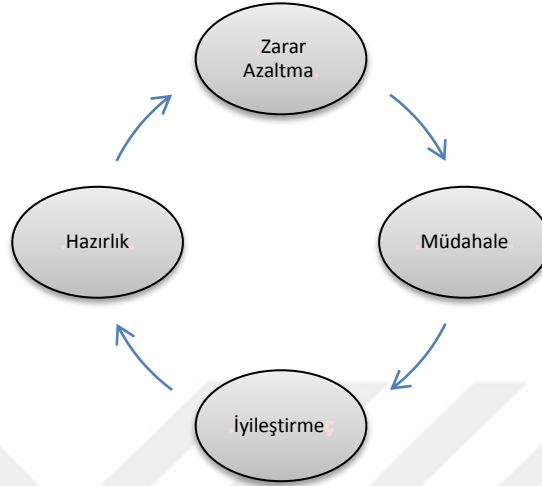
Şeklinde özetlenebilir.

### 4.1. Afet Yönetimi Aşamaları

Afet yönetimi, zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme olmak üzere Şekil 4.1'de gösterildiği gibi 4 aşamadan meydana gelmektedir. Afet yönetim döngüsü olarak isimlendirilen ve ard arda gelen bu aşamaları bir birbirlerinden tam olarak ayırmak mümkün değildir. Bir önceki aşamadaki etkinliklerin verimliliği,



bir sonraki aşamada gerçekleşecek etkinliklere etki edeceğinden afetlerin minimum hasarla geçirilebilmesi için her bir aşamanın titizlikle uygulanması gerekmektedir(Şahin, 2009).



Şekil 4.1 Afet yönetim döngüsü

#### 4.1.1. Zarar azaltma

Afetlerin önlenmesi ya da büyük zararlara sebep olmaması için alınması gereken tüm önlemleri ve yapılan çalışmaları içerir. Bu çalışmalar çeşitli birimlerle, birçok çalışma alanının belirli bir amaçla uygulamalar yapmasına ihtiyaç duyulan geniş vadeli etkinliklerdir (Şahin, 2009). Tüm aşamalardaki risk azaltma faaliyetlerinin amacı;

- Toplum, çeşitli kaynakları, kalkınmayı ve toplumun refahını korumak,
- Afete müdahale ve iyileştirme faaliyetlerinin maddi yatırımlarını azaltmak olduğu söylenebilir.

Dolayısıyla bu aşamada yapılan çalışmalar, diğer etkinliklerden hem kavram hem de uygulayış biçimi bakımından çok farklıdır. Bu çalışmalar birçok kurum ve kuruluşla, çok çeşitli disiplinlerin bir amaç etrafında birleşmesini gerektiren, bireylerle alakalı ve geniş zamanda yapılacak faaliyetlerdir. Bu sebeple,

bireylerin tamamını alakadar etmekte ve katkı ve çaba gerektirmektedir (Kadıoğlu, 2011)

Olası risk azaltma çalışmaları için;

- Yerleşim alanlarında, kurum ve kuruluşlardaki risklerin tespit edilmesi,
- Afet senaryolarının üretilmesi ve çözüm yollarının geliştirilmesi,
- Kısa, orta ve uzun vadeli zarar azaltma çalışmalarının yapılması,
- Toplum afet öncesinde korumaya yönelik erken uyarı alt yapısının kurulması,
- Riskli alanlarda oluşabilecek zararların önlenmesi için uygulanacak tedbirlerle alakalı bireylerin sürekli ve doğru bir şekilde bilgilendirilmesi,
- Bireylerin afet ve afetlerde hazırlık konusunda eğitilmesi,
- Riskli yapı, tesis ve alt yapının sağlamlaştırılması,
- Mevcut planların güncelleştirilmesi ve geliştirilmesi,

hususları bu evrede yapılan temel çalışmaların içinde olduğu söylenebilir (Kadıoğlu, 2011).

#### **4.1.2. Hazırlık**

Bu aşama afet ve acil durumlarda verimli bir müdahale gerçekleştirebilmek için afet gerçekleşmeden yapılan çeşitli çalışmalar olarak tanımlanabilir (Gözaydın ve Can, 2013).

Bunun yanısıra hazırlık evresi, afet sonrasında oluşacak tıbbi, barınma ve tüketim ihtiyaçları için malzeme depolama ve sevk edilmesi süreçlerinin planlanması ve gerektiğinde uygulamaya geçilmesi süreçlerini de içinde bulundurur.

Bu aşamada ihtiyaç duyulan ekipmanların saklandığı lojistik depoların seçilmesini de içermektedir.

Dolayısıyla hazırlık aşaması, afetleri ve olası etkilerini önlemek, afetlere müdahaleyi, afetlerden sonra iyileştirmeyi güçlendirmek ve desteklemek için yapılan çalışmalar, planlamalar ve oluşturulan düzen ile alakalı faaliyetlerdir(Kadıoğlu, 2011).

#### **4.1.3. Müdahale**

Afet olayının ardından gerçekleşen, afetin şiddeti baz alınarak belirlenen bir zaman diliminde yürütülen acil müdahale faaliyetleridir.

Müdahale aşamasında görev alacak kişilerin belirlenmesi, güvenli alanlara sevk edilmesi, barındırılması, bireylere çeşitli verilerin aktarılması, arama kurtarma çalışmaları, temel yaşam ihtiyaçlarının temini, sağlıkla alakalı yardım, hasar tespiti, zarar azaltma için yapılacak faaliyetlerin tespiti ve alan dışından ihtiyaç duyulabilecek destekler bu aşamadaki faaliyetlerdendir(Kadıoğlu, 2011).

Müdahale aşamasındaki tüm faaliyetler kaynakların en çabuk ve verimli metodlarla ihtiyaç duyulan alanlarda tüketimini hedeflediği için sağlam bir planlama ve yönlendirme gerektirmektedir.

#### **4.1.4. İyileştirme**

Müdahale sonrasında önce gerçekleştirilmesi gereken esas amacın, afetten etkilenmiş canlılara destek verilmesi olduğu kadar, ekonominin eski haline döndürülmesi, altyapının geliştirilmesi, sanayinin ve ticaretin geliştirilmesi, toplum bilgilendirilmesi, sosyal ve psikolojik destek hizmetlerinin sağlanarak bireylerin olası afetlere karşı daha güçlü kılınması amaçlanmaktadır.(Gülkan vd, 2003).

Afetler ile oluşan kritik durumlarla alakalı sorumlulukların yürütülmesinden sonraki mühim süreç toplumun en kızı zamanda afetten önceki hayat

şartlarının yeniden sağlanabilmesidir. Bu sürecin olabildiğince kısaltılması iyileştirme faaliyetlerinin temel amacıdır(Gökçe ve Tetik, 2012).

İyileştirme evresinde vazgeçilemez ekonomik ve sosyal faaliyetlerin en az düzeyde de olsa karşılanmasını sağlamak temel hedeflerdendir. Yeniden yapılandırmanın etkili olduğu bu evrede, haberleşme ihtiyacının karşılanması, hasar gören ulaşım hatlarının tamir edilmesi, eğitimin yeniden başlatılması, uzun süreli geçici iskân gibi faaliyetler iyileştirme çalışmalarına örnek verilebilir (Altay vd , 2006).



## 5. AFET LOJİSTİĞİ

Afet lojistiği genel anlamda acil ihtiyaç ekipmanları, yiyecek ve arama kurtarma ekibinin ilk noktadan ihtiyaç bölgelerine dağıtımı; afetzedelerin afet bölgesinden uzaklaştırılması ile sağlık merkezlerine sevk edilmesi ile ilgili faaliyetlerdir(Barbarosoglu ve Arda, 2004).

Özellikle, afetzedelerin gereksinimlerini vaktinde ve buldukları alanda giderebilmek için malzemelerin ve malzemelerle alakalı verilerin saklanması ve tedarik noktasından, talep edilen son noktaya kadar verimli bir biçimde taşınması için çalışmaların planlanması, uygulanması ve koordine edilmesi gerekmektedir. Bu faaliyetler afet lojistiğini meydana getirmektedir. (Thomas ve Kopczak, 2005) .

Afet lojistiği aşamaları;

- Afet öncesi hazırlık lojistik faaliyetleri,
- Afet müdahale süreci lojistik faaliyetleri,
- Müdahale sonrası lojistik faaliyetler

olmak üzere üç kısımda değerlendirilebilir (Pektaş, 2012).

### 5.1. Afet Lojistiği Aşamaları

#### 5.1.1. Afet öncesi hazırlık lojistik faaliyetleri

##### a) Planlama

Planlama uygun özellikteki malzemenin uygun sürede, olması gereken alana, en az maliyetle taşınmasıyla alakalı tasarıları içermektedir (Önsüz ve Atalay, 2015).

Planlama aşamasının faaliyetlerinden bazıları aşağıdaki gibidir(Börühan vd, 2012) :

- Acil durum iletişim şemasının planlanması.
- Süreçlerde görevli personellerin belirlenmesi iş tanımlarının belirtilmesi.
- Afettede alanına ulaşımın yapılacağı en yakın ve en güvenli rotanın oluşturulması,
- Talep edilen, tedarik edilen ekipmanların doğru alana, en kısa sürede, en az maliyetle ve sağlam bir biçimde transferi için alternatiflerin belirlenmesi .
- En uygun tesis miktarının, kapasitesinin ve konumlarının belirlenmesi.
- Stok maliyetinin en aza indirgenmesi.
- Maddi olanakların planlanması.

## **b) Satın alma**

Afet malzemelerinin tedariki esnasında, tedarikçi firmaların seçiminde dikkate alınması gereken kriterler; güvenilirlik, referans, deneyim, kapasite ve mali güçtür. İhtiyaç malzemelerinin en az maliyette olması ve kontrolünün kolaylığı açısından stok seviyesi en düşük düzeyde tutulmalıdır. Gereken malzemeler temin edilerek stoklanmalıdır(Önsüz ve Atalay, 2015).

Satın alma kapsamında tedarikçi seçiminde bu koşulların yani sıra ürün tedarikinin birkaç farklı firmadan yapılması gereklidir. Bu da olası bir risk faktörünü ortadan kaldırmış olur. İstenilen malzemelerin özellikleri önceden belirlenmeli ve bu özellikler firmaya bildirilerek zamanında afet bölgesine ulaştırılması sağlanmalıdır (Pektaş, 2012 ).

## **c) Nakliye yönetimi**

Nakliye yönetimi ihtiyaç duyulan malzemenin doğru yer ve zamanda az maliyetle ve güvenli bir şekilde ulaştırılması için gerekli olan faaliyetleri içermektedir. Bu faaliyetler kapsamında (AFAD, 2013):

- Afet bölgesinde görevli personel ile ekipmanın afet alanına sevk edilmesini sağlamak,

- Görevli kişilerin birleşme alanı ile afet alanı arasındaki naklini sağlamak,
- Afetzedelerin güvenli alanlara sevk edilmesini sağlamak,
- Lojistik malzemelerin depolarından, malzeme dağıtım merkezlerinin gönderilmesini sağlamak.
- İş makinalarının afet alanına sevk edilmesini sağlamak.
- Araç takip sistemi kurmak,
- Kültür varlıklarının sevk edilmesini sağlamak,
- Tahliye edilenlerin nakliye işlemlerini yapmak.

Gibi unsurlar yer almaktadır.

#### **d) Depo yönetimi**

Depolama, malzemelerin kullanılmak ya da sevk edilmek üzere belirlenen koşullara uygun olarak stoklanması işlemidir. Lojistik kavramı içerisinde depoculuk en önemli lojistik aşama olarak belirlenebilir(Önsüz ve Atalay, 2015).

Acil durum ve afet tehlikesine karşı hazır olabilmek için temel ve hayati ihtiyaç malzemelerinin stoklanması şarttır. Doğru ve verimli bir depolama gerçekleştirilebilmesi için;

- Kolay ulaşım sağlanabilen,
- Uygun alanda,
- Dayanıklı binalarda,
- Etkin çalışma ortamlarının olduğu alanların bulunması gerekmektedir.

Depolar konum çerçevesinde iki şekilde incelenir: Bölgesel Depolar (dağıtım depoları) ve Yerel Depolar (küçük kapasiteli depolar). Her olağandışı acil durum ihtimaline karşı, hem bölgesel depolarda hem de yerel depolarda düzenli olarak stokların kontrol edilmesi, sayım işlemleri yapılması gerekmektedir.

Tesis seçimlerinin doğru ve etkili yapılabilmesi için birtakım kısıtlar göz önünde bulundurulmalıdır. Her iki depo çeşidi için ortak olarak dikkat edilmesi gerekenler aşağıda belirtildiği gibidir(Tanyaş vd 2013).

- Ulaşım yollarına kısa süre mesafedeki alanlar.
- Araçlar için elverişli giriş ve alanlar.
- Malzemenin yükleme –boşaltmasının yapılabilmesi için geniş alanlar.
- Ürün çeşitlerine göre ayrılmış depolar.
- Binanın altyapı sağlamlığı.
- Çalışılan alanların havalandırma, aydınlatma, ve iletişim olanakları.
- Güvenliğin sağlanması.
- Kapasite artışı durumunda esneklik sağlayabilecek olan alanların bulunması.

#### **e) Raporlama**

Raporlama yapılmasının amacı; depolanan malzemelerin kontrolü, izlenmesi ve takip edilebilmesidir. Afet yönetim aşamalarında gerçekleştirilen her türlü faaliyet ve hareketlilik raporlanmalıdır. Bu raporlardan çıkarılan bilgilerin yardımıyla(Pektaş, 2012);

- Herhangi bir kesintiye sebep olabilecek durumlar belirlenmelidir.
- Daha iyi hale getirilebilecek yönler belirlenmelidir.
- En etkili müdahale metodu üzerinde çalışılmalıdır.

#### **f) İnsan kaynaklarının geliştirilmesi**

Afet lojistiğinin her aşamasında insan gücüne ihtiyaç vardır. Edinilen tecrübelerden hareketle, duyulan eğitim ihtiyacı, bu ihtiyacın içeriği ve niteliği belirlenmelidir.

Personeller için ise görevleriyle alakalı eğitimler yapılmalıdır. Afetlerin hangi bölgede olacağı, ne zaman olacağı ve yaşam üzerindeki etkilerinin belirsiz olması nedeniyle afet hazırlık aşamalarında oluşturulan planlar tam anlamıyla



uygulama koyulamayabilir. Afet esnasında müdahale çalışmaları için ihtiyaç duyulduğu kadar insan kaynağı olmayabilir. Özellikle afet müdahale anında aktif olacak personebireylerl en çok verim alınacak biçimde farklı alanlarda uzmanlaştırılmalıdır(Pektaş, 2012).

### **5.1.2. Afet müdahale süreci lojistik faaliyetleri**

Bu aşamada ön değerlendirme ve ihtiyaç tespiti, lojistik eylem planı ve uygulanması ile afetle müdahale sürecinin izlenmesi, değerlendirilmesi ve raporlanması hususları yer almaktır.

#### **a) Ön Değerlendirme ve İhtiyaç Tespiti**

Afet esnasında afet alanından ve görevlilerden gelen verilerşe birlikte ön değerlendirme yapılır. Önceden oluşturulan planlar ve hazırlıklar ile afet esnasındaki çalışmalar sonucunda, müdahale esnasında ihtiyaç duyulan ekipmanların afet alanına en kısa sürede ve uygun miktarda taşınması, görevli personellerin alana nakli, sağlam bir veri alışverişi ile sağlanır. Ön değerlendirme çalışmalarında belirtilen hususlara dikkat edilmelidir(Tanyaş vd, 2013);

- Ulaşım yollarının (havayolları, limanlar, demiryolları ve karayolları) durumları ve kapasitelerinin belirlenmesi,
- Farklı alanlardaki depolama imkânları ve kapasitelerinin tespiti,
- Depoların ulaşım imkânlarının belirlenmesi,
- Gerekli malzemelerin temin edilmesi,
- Dış ülkelerden tedarik edilecek ekipmanların kabul işlemleri için en yakın gümrük noktalarının tespiti (Tanyaş vd, 2013).

## **b) Lojistik Eylem Planı ve Uygulanması**

Afete hazırlık döneminde yapılan çalışmalar, ön değerlendirmede aşamasında toplanan veriler doğrultusunda lojistik eylem planı uygulanır ve afet müdahalesi gerçekleştirilir. Lojistik eylem planında;

- Yardım ekiplerine destek verilmesi,
- Acil ihtiyaç malzemelerinin temini,
- Malzeme ve insan kaynaklarının afet bölgesine ulaştırılması,
- Sevkiyatların en hızlı ve güvenli bir şekilde sağlanması, ekiplere ve kriz merkezlerine bilgi verilmesi,
- Depoların bölgesel veya yerel olarak kurulacağına karar verilmesi (Tanyaş vd, 2013)

## **c) Afetle müdahale sürecinin izlenmesi, değerlendirilmesi ve raporlanması**

Bu aşamada gerçekleştirilen tüm çalışmaların gözlenmesini, değerlendirilmesini ve edinilen bilgilerle geniş kapsamlı bir rapor hazırlanmasını içermektedir(Tanyaş vd, 2013)

### **5.1.3. Afet müdahalesinin ardından lojistik faaliyetler**

#### **a) Planlama**

Müdahale sürecinin bitmesiyle afet yardım malzemesi toplanması ve bakım faaliyetleri başlar. Bu alanda çalışan ekipler afet malzemelerinin toplanması, bakımı ve depolara sevk edilmesinden sorumludur. Ekiplerin yapacağı ilk iş toplanma, bakım ve sevk süreçlerini planlamaktır. İhtiyaç duyulan veriler aşağıdaki gibidir;

- Dağıtılacak yardım malzemelerinin istatistiği,
- Malzemelerin toplamacağı bölgelere ait bilgiler,

- Malzeme toplanacak bölgelerin tespiti,
- Malzemelerin toplanması ve bakımında yer alacak ekip ve ekipman bilgileri.

### **b) Malzeme toplama ve bakım faaliyetleri**

Bu faaliyetin en hızlı ve uygun olarak gerçekleşmesi hedeflenerek afet malzeme toplama ve bakım ekibi ile yapılan çalışmalara hayata geçirilmelidir (Önsüz ve Atalay, 2015) Bu faaliyetlerden bazıları aşağıdaki gibidir;

- Ekibin ekipman ve personel ihtiyacının karşılanması,
- Alandaki afet malzemelerinin bir araya getirilmesi,
- Malzemelerin kullanılabilirlik durumlarına göre ayrıştırılması,
- Ayrıştırılan malzemelerden kullanılabilir olanlarının bakım ihtiyacı varsa giderilmesi.

### **c) İzleme, değerlendirme ve raporlama**

Afet müdahale sürecinde ekiplerin faaliyetleri izlenmeli, değerlendirilmeli ve raporlanmalıdır.

## **5.2. Lojistik Depo Seçimi**

Acil yardım malzemelerinin afet ve acil durumlarda afetzedelerin olduğu alanlara nakil edilmek üzere tutulduğu ambarlar afet lojistik deposu şeklinde adlandırılmaktadır (AFAD, 2014). Afet lojistik deposu, afet esnasında acil yardım çalışmalarının etkin yürütülmesi için lazım olan temel unsurlardan biridir(Liu ve diğerleri, 2013).

Afetlere karşı hazırlıklı kalabilmek için acil ihtiyaç malzemelerinin depolanması gerekmektedir. Doğru bir depolamanın yapılabilmesi için tesislerde olması gereken bazı kriterler aşağıda belirtilmiştir (Önsüz ve Atalay, 2015):

- Ulaşımın basit ve çalışma bölgesinin uygun olduğu yerler seçilmelidir.
- Gönderilecek malzemelerin depolanma yeri ve depolanma şekli belirlenerek, en çabuk ulaşım sağlanacak şekilde belirlenmelidir.
- Depolar için gerekli analizler yapılmalı ve depolar afetten zarar görmeyecek bölgelerde kurulmalıdır.
- Depolar ulaşım yollarına yakın ve güvenli yerlerde olmalıdır.

Afet yardım istasyonlarının kuruluş yerlerinin belirlenmesi afet öncesi yapılması gereken faaliyetlerin içerisinde yer almalıdır. Bu çalışmaların afet sonrası aşamaya bırakılması büyük bir kargaşaya sebep olacaktır. Bu konu önceden planlanmalı ve afet planlarında yer almalıdır.

## 6. UYGULAMA

### 6.1. Çalışmanın Amacı

Çalışmanın bu bölümünde, meydana gelebilecek bir afete karşı, hazırlık çalışmaları dahilinde, İstanbul ilinin Maltepe ilçesinde, afetzedelere ihtiyaçları olan acil yardım malzemelerinin en kısa sürede sevk edilmesi için kurulacak lojistik depoların yer seçimini sağlayan matematiksel model kurulacaktır.

Birinci kısımda talebin belirli bir hizmet düzeyinde karşılanabilmesi için en az sayıdaki tesisin sayısını belirleyen bir küme kapsama modeli kurulacaktır.

İkinci kısımda, talep ağırlıklı mesafe minimizasyonu amaçlı, p-medyan modeli uygulanacaktır.

Bunun yanısıra, deprem şiddetinin bireylerin gereksinimleri üzerindeki etkisini ortaya koymak için kapasite kısıtlı bir karma tam sayılı programlama modeli geliştirilecektir.

### 6.2. Metodoloji

#### 6.2.1. P-medyan Problemi

Tesis seçim problemlerinde, uygulanan problem türlerinden en çok kullanılanlardan biri p-medyan problemleridir. P-medyan problemleri; bir şebekede bulunan n adet düğüme p adet tesisin en az maliyeti bulacak şekilde şekilde konumlanmasını hedefleyen yer seçim problemlerinden biridir(Durak ve Yıldız, 2015).

P-medyan probleminin özellikleri aşağıda belirtilmiştir (Jamshidi, 2009);

- Maliyet ve mesafe arasındaki ilişki doğrusaldır.
- Açılması planlanan tesis sayısı belirsizdir.

- Süre kısıtı yoktur.
- Tesislerin kapasite limiti bulunmamaktadır.
- Tesis açma maliyeti yoktur.
- Sabit müşteri talebi varsayılır.
- Tüm tesisler aynı özelliklere sahiptir.
- Tesislerin açılacağı noktalar belirlidir.

P-medyan probleminde n adet düğüm ve açılması planlanan p adet tesisten oluşan bir problemin olası çözüm sayısı;

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

formülü ile bulunur.

Problemin formülasyonu aşağıdaki gibidir (Bastı, 2012):

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i d_{ij} z_{ij}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} = 1 \quad \forall i \quad i = 1, \dots, n \quad (6.2.1.1)$$

$$z_{ij} \leq y_j \quad \forall i, j \quad (6.2.1.2)$$

$$\sum_{j=1}^n y_j = p \quad (6.2.1.3)$$

$$\sum_{i=1}^n a_i z_{ij} = Q_j y_j \quad \forall j \quad (6.2.1.4)$$

$$z_{ij}, y_j \in \{0,1\} \quad (6.2.1.5)$$

*n*: toplam talep sayısı

*a<sub>i</sub>*: *i* noktasındaki talep

*d<sub>ij</sub>*: *i* noktası ile *j* noktası arasındaki en kısa mesafe

*p*: hizmet verecek depo (medyan) sayısı

### Karar Değişkenleri:

$z_{ij}$ : eğer  $i$  müşterisi  $j$  tesisine atanmışsa 1, değilse 0

$y_j$ : eğer  $j$  noktasında bir tesis açılmışsa 1, değilse 0

Amaç fonksiyonuyla amaçlanan hizmet veren tesisler ile talep noktaları arasında oluşan toplam maliyeti en aza indirmektir. Eşitlik 6.2.1.1 talep noktalarının yalnız bir tesise atanabilmesini sağlar. Eşitlik 6.2.1.2 kapalı olan tesise talep noktası atanmasını engeller. Eşitlik 6.2.1.3 ise açılacak tesis sayısını  $p$  adet ile sınırlandırır.

### 6.2.2. Küme Kapsama Problemi

Kapsama problemlerinde, her bir talep noktası belirli bir mesafe içerisinde yerleştirilen tesis ve talep noktaları olmak şartıyla her bir tesisten hizmet alabilir (Özcan, 2014).

Bu problemlerde amaç tüm talep noktalarına hizmet verebilecek ve en az bir tesisin talebi karşılayabileceği şekilde en az sayıdaki tesis noktasını tespit etmektir.

Genel bir küme kapsama problem modellemesi aşağıdaki gibidir:

$$\text{enk } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (6.2.2.1)$$

$$\sum_{j \in J} a_{ij} \cdot x_j \geq 1 \quad \forall i \quad i = 1, \dots, m \quad (6.2.2.2)$$

$$x_j = 0 \text{ veya } 1 \text{ tüm } j' \text{le için} \quad (6.2.2.3)$$

(6.2.2.1) Nolu formülde amaç talebin en az sayıdaki tesisle karşılanmasıdır. Eşitlik (6.2.2.2) talep noktalarını kapsayan aday tesislerin sayısının 1'den az olamayacağını göstermektedir.

### 6.3. Çalışmanın Kapsamı

İstanbul'da yer alan 53 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip 487. 337 nüfuslu Maltepe ilçesi çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Mahalle ilçesinde depo kurulma potansiyeline sahip 18 mahalle bulunmaktadır. Çalışma alanı kapsamındaki mahalle isimleri, nüfusları ve koordinatları Çizelge 6.1'de verilmiştir.

İstanbul'da yaşanacak olası bir deprem sonrasında Maltepe'de etkilenecek nüfus değişimlerine göre önceden kurulacak depoların konum ve sayı tespiti üzerinde çalışma yaptık.

Çizelge 6.1 Mahalle-nüfus-koordinat tablosu

Mahalle Adı	Mahalle Nüfusu	Enlem(x)	Boylam(y)
Cevizli	33639	40,91861875	29,14583
Zümrütevler	75258	40,93578746	29,14646
Küçükyalı	25673	40,94804671	29,1089
Fındıklı	56508	40,96805131	29,12282
Yalı	13002	40,92105237	29,12931
Feyzullah	20064	40,92719809	29,12716
Aydınevler	19301	40,94921766	29,1233
Altayçeşme	29870	40,91435578	29,15388
Girne	15278	40,94246719	29,14153
Bağlarbaşı	41908	40,9235695	29,13366
Gülensu	15769	40,93532294	29,16193
Esenkent	23917	40,92705927	29,1677
Altıntepe	31627	40,95157976	29,1012
Büyükbakkalköy	7577	40,96914494	29,19837
Başbüyük	21773	40,95882353	29,14843
İdealtepe	20792	40,94101247	29,12183
Çınar	19920	40,94353289	29,11466
Gülsuyu	15461	40,92869669	29,15509

Mahalle nüfusları dikkate alınarak afetten etkilenecek kişi sayısının toplam nüfusun %3, %5 ve %7 ve %9'ne tekabül ettiği durumlardaki muhtemel afettede sayıları da çizelge 6.2'de verilmiştir.



Çizelge 6.2 .Etkilenme durumu afetzede sayısı değişimi

Etkilenme Durumu	3%	5%	7%	9%	Etkilenme Durumu	3%	5%	7%	9%
Mahalle Adı	Afetzede Sayısı				Mahalle Adı	Afetzede Sayısı			
Cevizli	1009	1682	2355	3028	Bağlarbaşı	458	764	1069	1375
Zümrütevler	2258	3763	5268	6773	Gülensu	1257	2095	2934	3772
Küçükyalı	770	1284	1797	2311	Esenkent	473	788	1104	1419
Fındıklı	1695	2825	3956	5086	Altıntepe	718	1196	1674	2153
Yalı	390	650	910	1170	Büyükbakkalköy	949	1581	2214	2846
Feyzullah	602	1003	1404	1806	Başibüyük	227	379	530	682
Aydınevler	579	965	1351	1737	İdealtepe	653	1089	1524	1960
Altayçeşme	896	1494	2091	2688	Çınar	624	1040	1455	1871
Girne	1009	1682	2355	3028	Gülsuyu	598	996	1394	1793

#### 6.4. Problemin Tanımı ve Modellenmesi

Çalışmada ele alınan konu afet sonrasında nakil edilecek acil yardım malzemelerinin saklanacağı afet lojistik depolarının konumu için en optimize sonucu verecek sayısal modelin oluşturulmasıdır. Kurulan model Şekil 6.1’de gösterildiği gibi iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada kapsama mesafesi değiştirilerek, küme kapsama problemi ile açılacak en az sayıda depo ve numarası tespit edilmiştir. İkinci aşama da iki farklı senaryodan oluşmaktadır. İlk senaryoya göre birinci aşamanın sonuçları p-medyan probleminde veri olarak kullanılarak talep ağırlıklı mesafe minimizasyonu gerçekleştirilmiş ve atamalar yapılmıştır. İkinci senaryoda depoların kapasite sınırı olduğu düşünülerek kapasiteli p-medyan modeli kurulmuş ve bunun üzerinden mesafe, afetzede sayısı ve kapasite analizleri ile çeşitli senaryolar incelenmiştir.



Şekil 6.1 Problem akış şeması

Modeller kurulurken aşağıdaki varsayımlarla hareket edilmiştir:

- Maltepe ilçesinde 18 adet mahalle bulunmaktadır (Şekil 6.2). Her mahalle hem talep noktası, hem de aday lojistik depo olarak varsayılmıştır.



Şekil 6.2 Maltepe ilçe haritası Kaynak: Maltepe Belediyesi (2016)

- Talep noktası ve aday depoların koordinatları Google Maps'den elde edilmiştir.
- Koordinatlar arasından orijini belirlemek için minimum x (paralel) ve y (meridyen) noktaları orijin olarak kabul edilmiştir. Yani en batıda kalan x ve en güneyde kalan y noktası orijin olarak varsayılmıştır. Ardından bu orijine göre tüm noktaların enlem ve boylamları yeniden belirlenmiştir. İki paralel arası uzaklık olan 111km ile iki meridyen arasındaki yaklaşık uzaklık 85 ile çarpılarak düzeltilmiş x ve y noktaları bulunmuştur.

Düzeltilmiş x ve y noktaları baz alınarak Öklid uzaklık formülüyle iki nokta arasındaki uzaklık hesaplanmıştır (Durak ve Yıldız, 2015).

- Modelde veri olarak kullanılan nüfus rakamları Türkiye İstatistik Kurumundan alınmıştır.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Japon Uluslararası İş Birliği Ajansının (JICA ve İBB, 2002) ortak hazırladığı rapordaki C senaryosu göz önünde bulundurularak, acil durum ilk yardım hizmetleri için varsayılan yaralı sayısı nüfusun %5'i olarak kabul edilmiştir.

## 6.5. Matematiksel Model

### 6.5.1. Birinci aşama

- Küme kapsama problemi modellenmesi:

$$\text{enk } p = \sum_{j=1}^n x_j$$

$$\sum_{j \in J} a_{ij} \cdot x_j \geq 1 \quad \forall i \quad i = 1, \dots, m$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad j=1,\dots,n$$

*i*: talep noktalarının indisi,

*j*: depo indisi,

*m*: mahalle sayısı,

*n*: aday depo sayısı,

$x_j$ : *j* noktasına bir tesis eklenmişse 1, değilse 0

*S*: kabul edilebilir maksimum hizmet seviyesi,

$a_{ij}$ : *i* talep noktası ve *j* tesisi arasındaki mesafe *S*'den küçük veya *S*'ye eşitse 1, değilse 0.

### 6.5.2. Birinci Aşamının Çözümü

Problemin çözümünde GAMS 23.5 paket programı kullanılmıştır. İlk aşamaya göre küme kapsama problemi, talep noktaları ve aday tesis noktaları arasındaki kapsama mesafesi sırayla 1,2,3,4 ve 5 km alınarak çözülmüştür. Çözüm verileri

olarak kurulacak depo sayısı (p) ve numaraları elde edilmiştir, veriler Çizelge 6.3'deki gibidir.

Çizelge 6.3 aşama-1 için çözüm tablosu

Senaryolar	Kapsama Mesafesi(km)	Kurulacak Depo Sayısı(p)	Kurulacak depo no
Senaryo 1	1	10	1,2,3,4,5,7,11,12,14,15
Senaryo 2	2	6	1,4,7,8,9,14
Senaryo 3	3	3	2,14,17
Senaryo 4	4	2	9,14
Senaryo 5	5	1	15

### 6.5.3. İkinci Aşama

- P-medyan problemi modellenmesi:

$$\text{Enk } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i d_{ij} z_{ij}$$

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

$$z_{ij} \leq y_j \quad \forall i, j$$

$$\sum_{j=1}^n y_j = p$$

$$\sum_{i=1}^n a_i z_{ij} = Q_j y_j \quad \forall j$$

$$z_{ij}, y_j \in \{0,1\}$$

$n$ : mahalle sayısı

$a_i$ :  $i$  noktasındaki talep

$d_{ij}$ :  $i$  noktası ile  $j$  noktası arasındaki en kısa mesafe (buradaki  $j$  indisi kümesi kapsama problem çözümünden gelen aday depo numaralarının oluşturduğu kümedir.)

$p$ : hizmet verecek depo (medyan) sayısı ( $p$  sayısı kümesi kapsama probleminden gelen minimum depo sayısıdır.)

$z_{ij}$ : eğer  $i$  mahallesi  $j$  deposuna atanmışsa 1, değilse 0

$y_j$ : eğer  $j$  noktasında bir depo açılmışsa 1, değilse 0

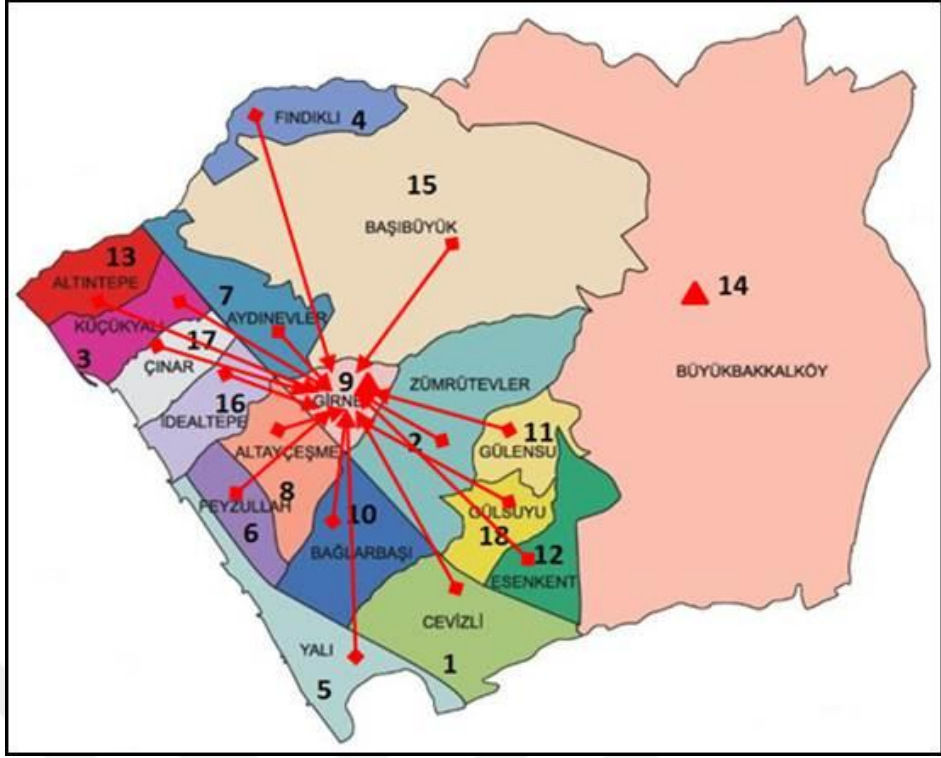
$Q_j$ :  $j$  aday deponun kapasitesi

#### 6.5.4. İkinci Aşamanın Çözümü

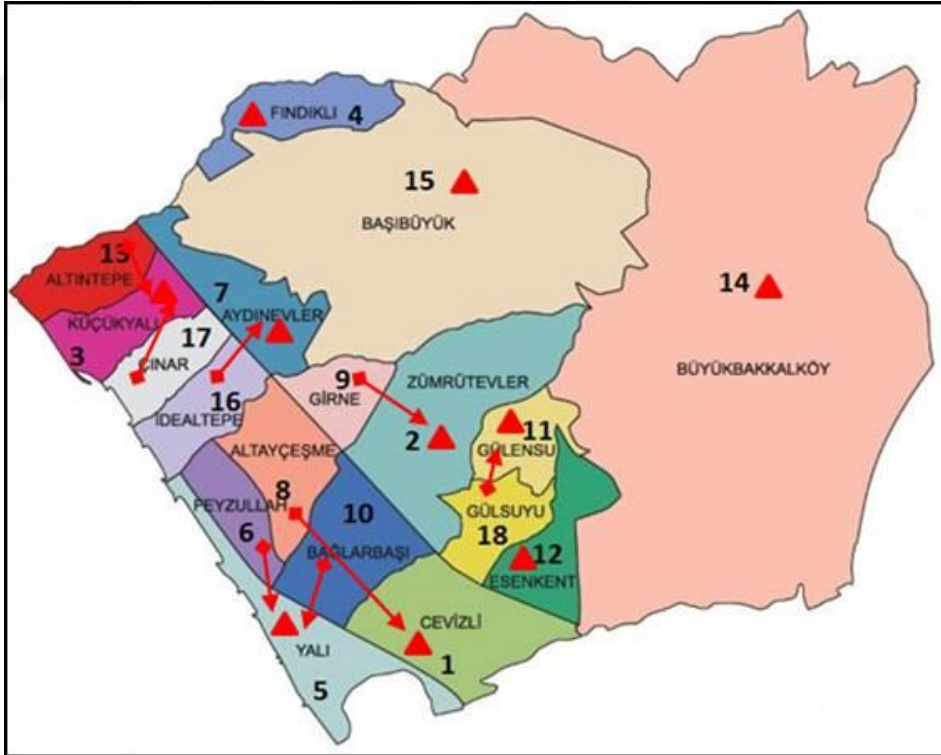
Çizelge 6.4'teki sonuçlara göre kapsama mesafesi arttıkça açılması planlanan depo sayısının azaldığı görülmektedir. İlk aşamadan gelen  $p$  değeri ve depo numaraları girdi olarak kabul edilerek, ikinci aşama olan kapasitesiz  $p$  –medyan provlemi çözülmüştür. Açılacak depolar ve talebi karşılanan ihtiyaç merkezleri belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 6.4 ve Şekil 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.4 aşama-2 kapasitesiz  $p$ -medyan kapsama mesafesi senaryoları

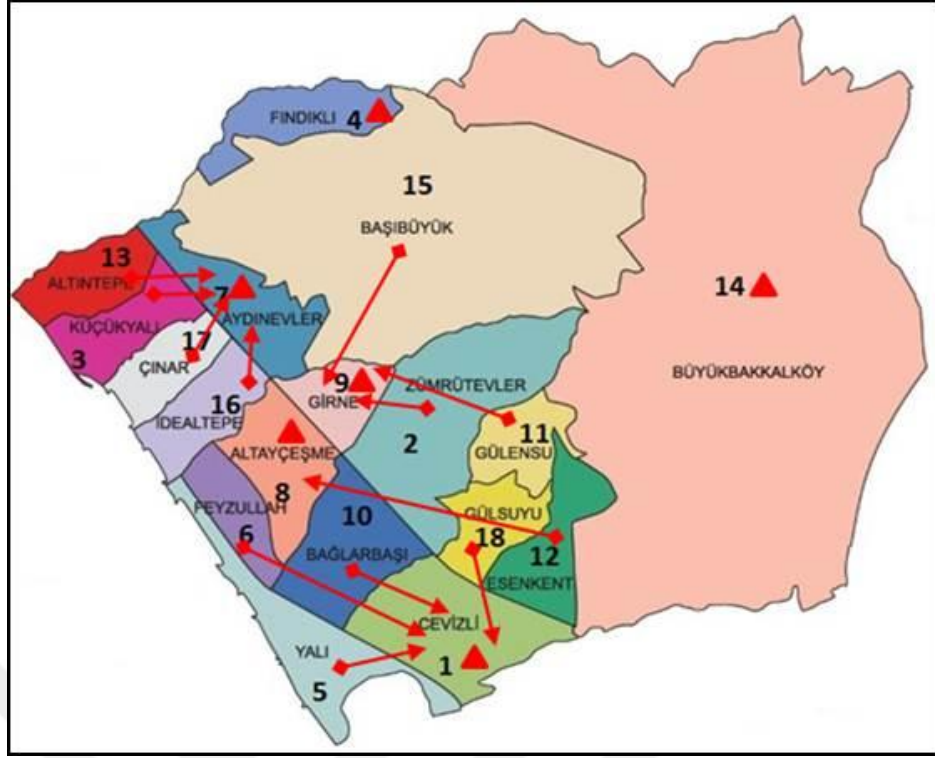
Senaryolar	Amaç fonksiyonu	Depo no.	Karşılanan Talep no.
Senaryo1	7.156,19	1	1,8
		2	2,9
		3	3,13,17
		4	4
		5	5,6,10
		7	7,16
		11	11,18
		12	12
		14	14
		15	15
Senaryo2	21.777,83	1	1,5,6,10,18
		4	4
		7	3,7,13,16,17
		8	8,12
		9	2,9,11,15
		14	14
Senaryo3	34.374,24	2	1,2,5,6,8,9,10,11,12,15,18
		14	14
		17	3,4,7,13,16,17
Senaryo4	53.612,11	9	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,15,16,17,18
		14	14
Senaryo5	79.296,06	15	hepsi



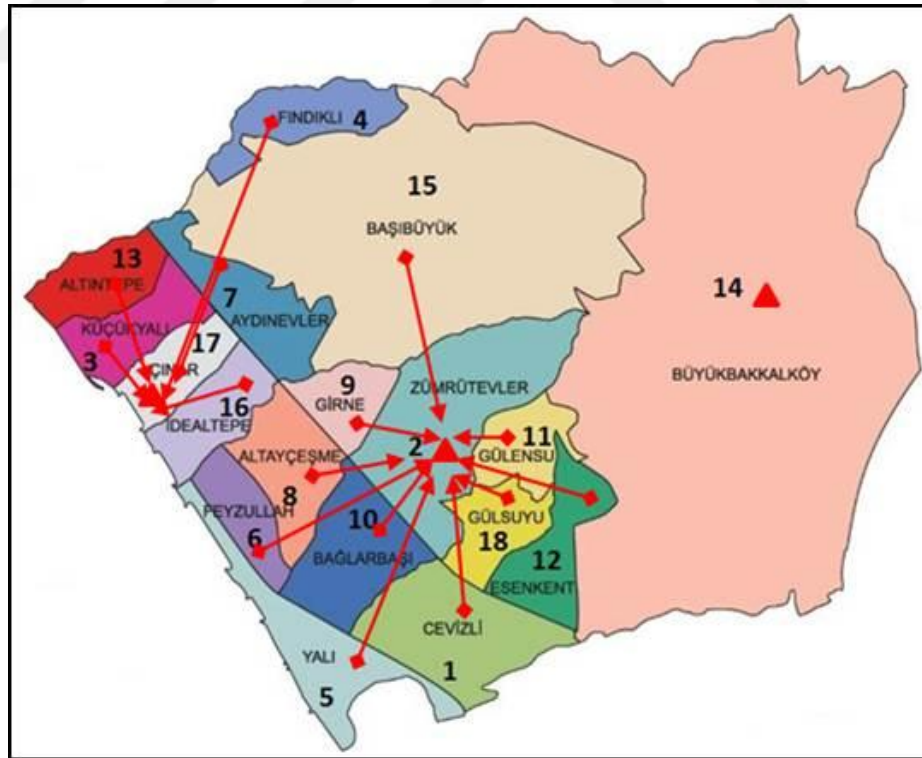
Şekil 6.3 Aşama-2 senaryo 1



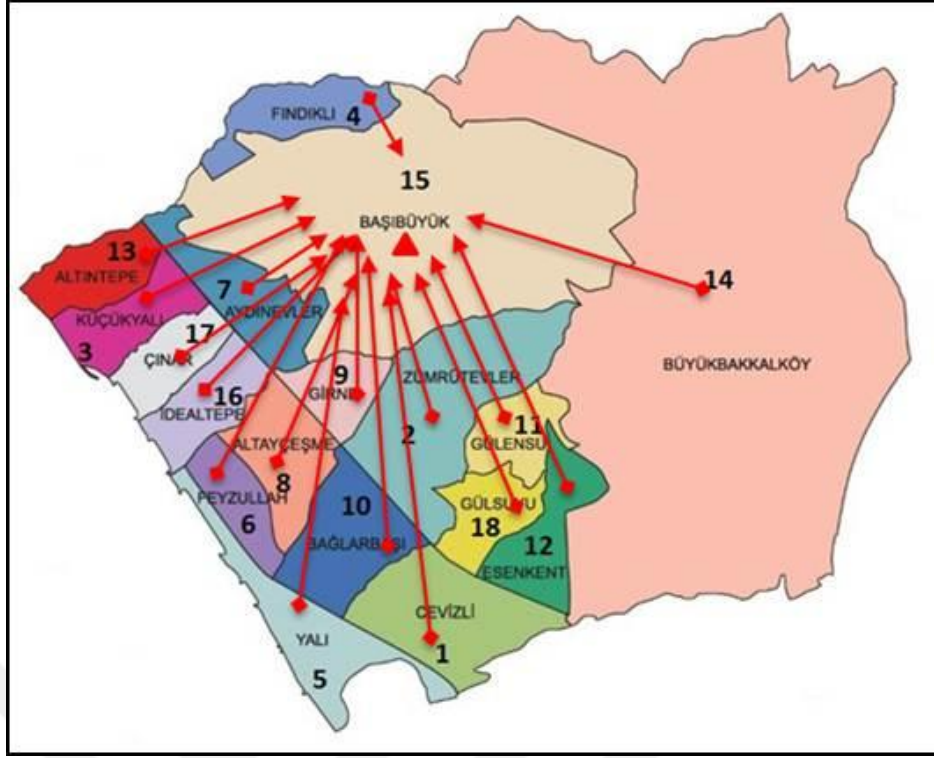
Şekil 6.4 Aşama-2 senaryo 2



Şekil 6.5 Aşama-2 senaryo 3



Şekil 6.6 Aşama-2 senaryo 4



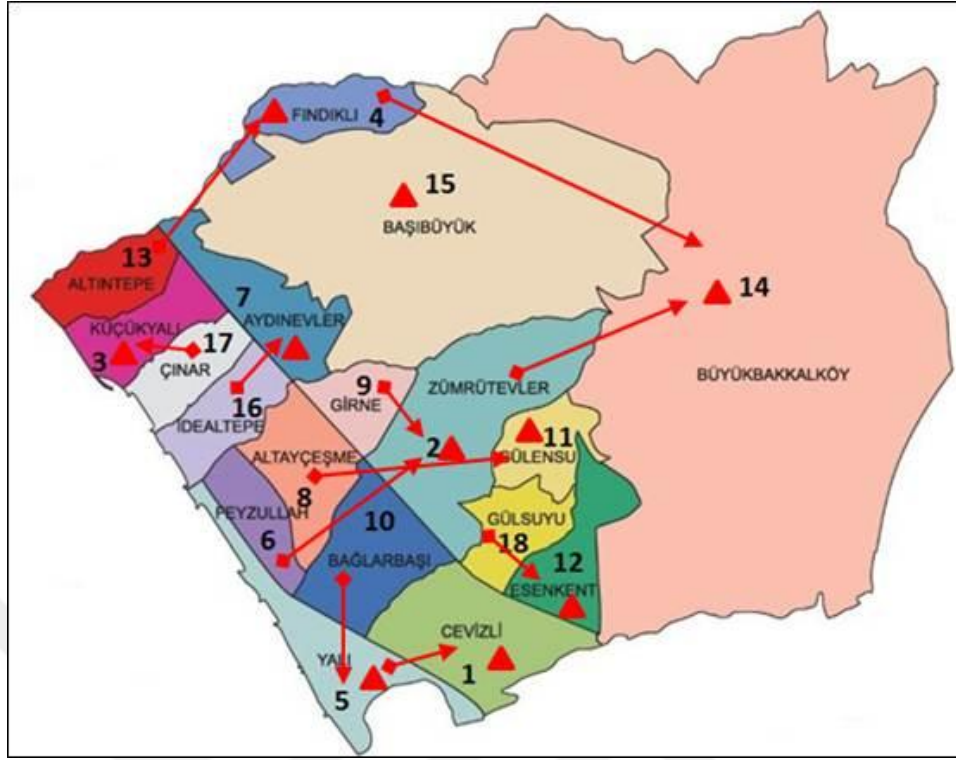
Şekil 6.7 Aşama-2 senaryo 5

Bu aşamada kapasiteli  $p$  -medyan problemi çözülmüştür, bir önceki modelde olduğu gibi birinci aşamanın sonuçları kullanılmıştır. Sonuçlar Çizelge 6.5 ve Şekil 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12'deki gibidir.

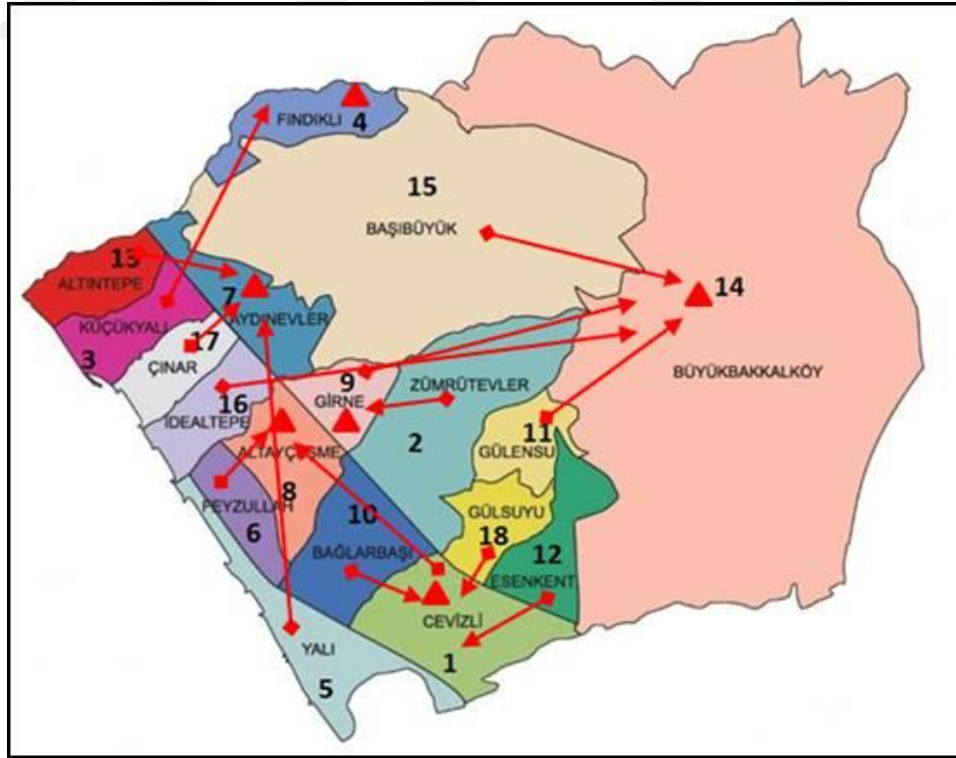
Çizelge 6.5 aşama-2 kapasiteli  $p$ -medyan kapsama mesafesi senaryoları

Senaryolar	Kapasite	Amaç fonks.	Depo no.	Karşılanaan Talep no.
Senaryo1	2500	54.482,43	1	1,5
			2	6,9
			3	3,17
			4	13
			5	10
			7	7,16
			11	8,11
			12	12,18
			14	2,4,14
			15	15
Senaryo2	4500	33.257,83	1	10,12,18
			4	3,4
			7	5,7,13,17
			8	1,6,8
			9	2
Senaryo3	8500	62.032,71	14	9,11,14,15,16
			2	1,2,10,18
			14	4,8,11,12,14,15
Senaryo4	12500	95.814,68	17	3,5,6,7,9,13,16,17
			9	2,3,6,7,9,10,13,16
Senaryo5	25000	79.293,65	14	1,4,5,8,11,12,14,15,17,18
			15	hepsi

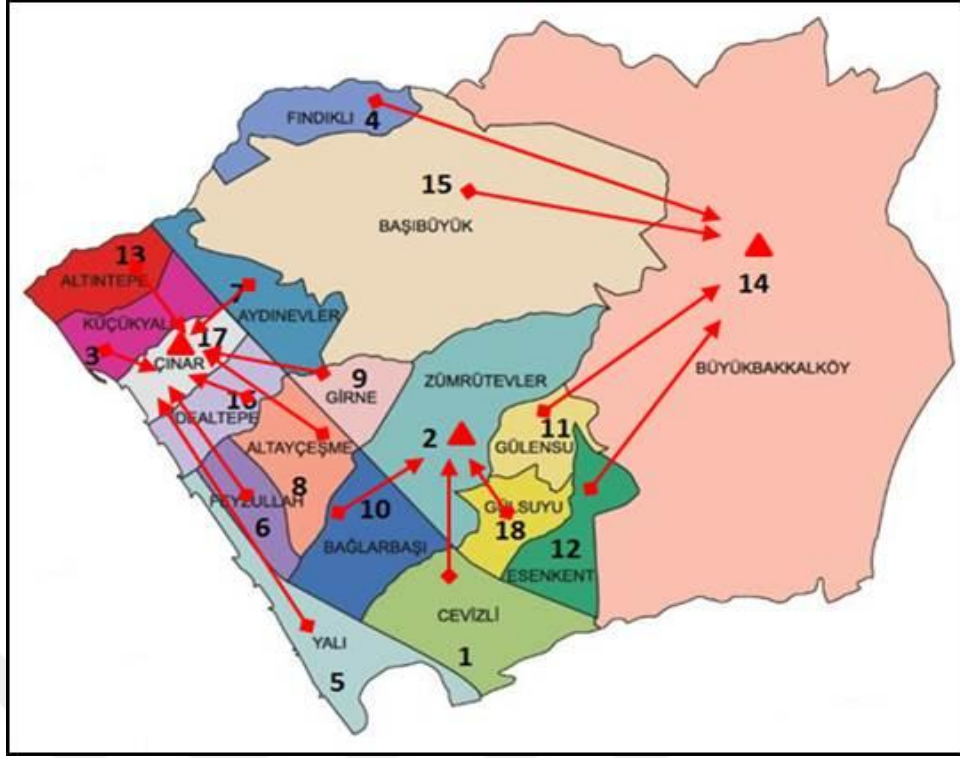




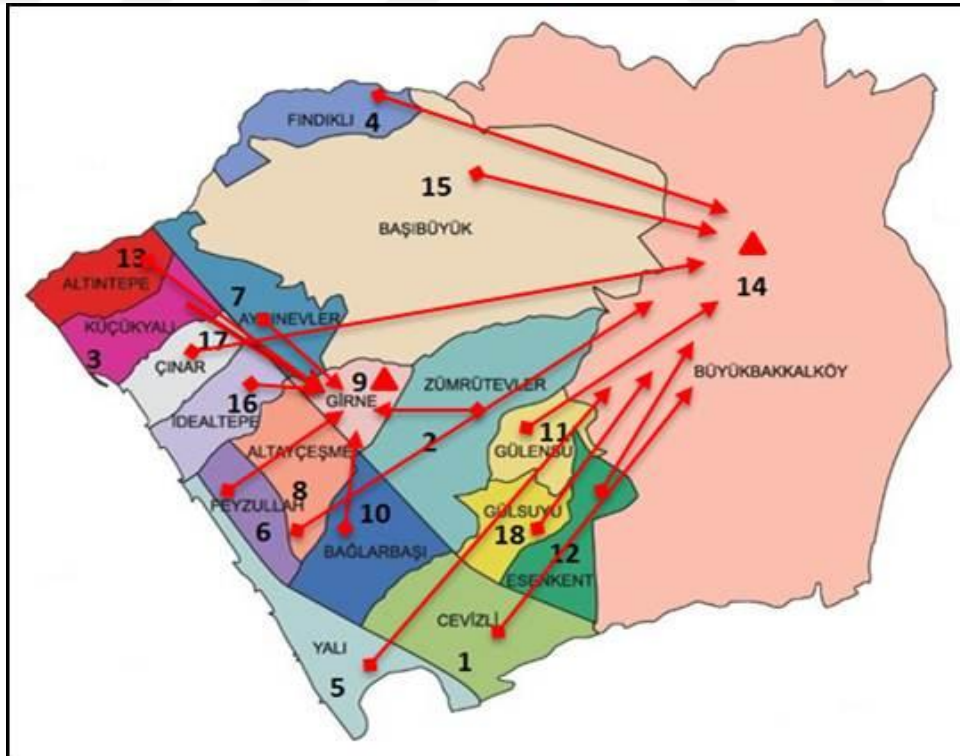
Şekil 6.8 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 1



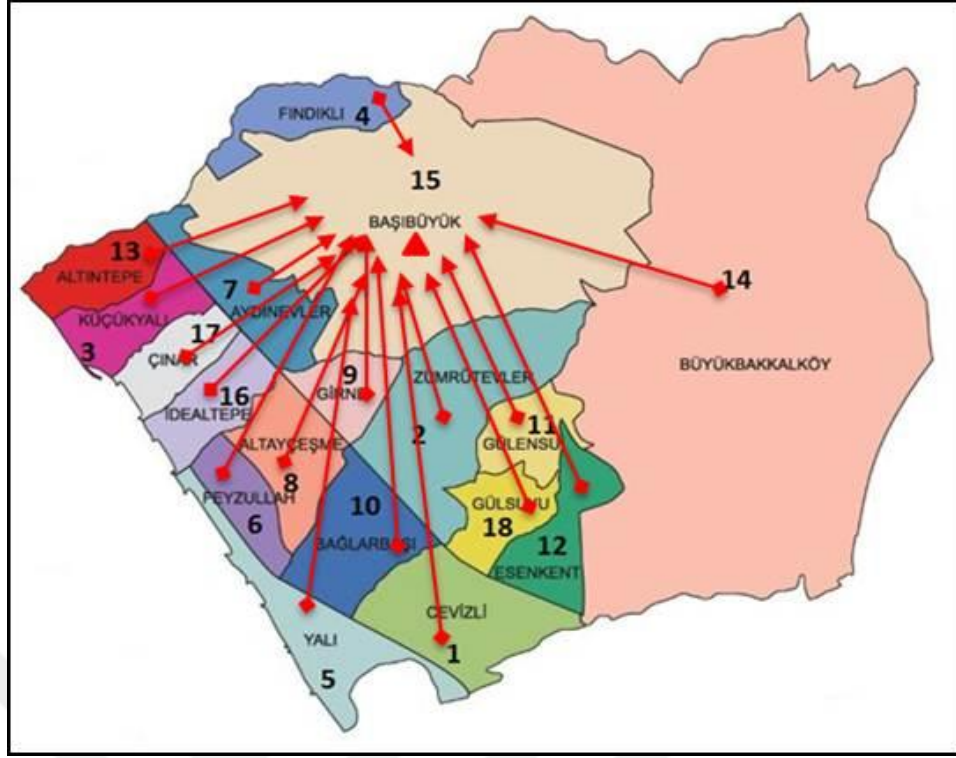
Şekil 6.9 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 2



Şekil 6.10 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 3



Şekil 6.11 Aşama-2 Kapasiteli Senaryo 4

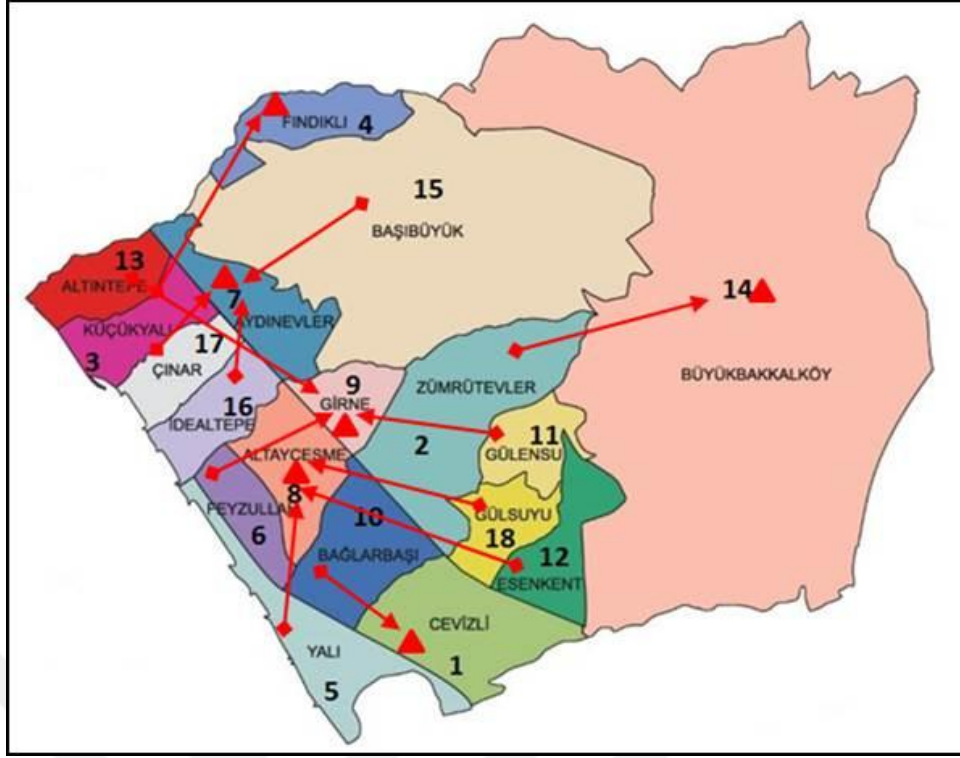


Şekil 6.12 Aşama-2 senaryo 5

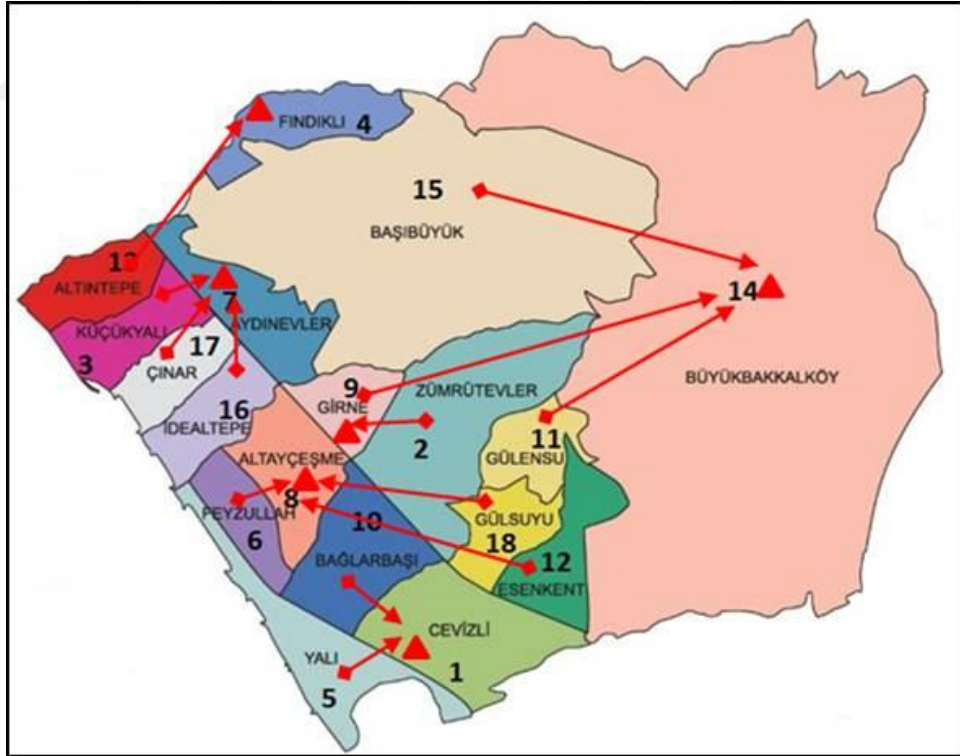
Modelin bu kısmında kapsama mesafesi 2 km sabit tutulup, %5 olarak alınan afetzede nüfusu %3,5,7,9 olarak değiştirilerek probleme yeni senaryolar eklenmiştir. Sonuçlar Çizelge 6.6 ve Şekil 6.13, 6.14, 6.15, 6.16'da gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.6 Afetzede Senaryoları

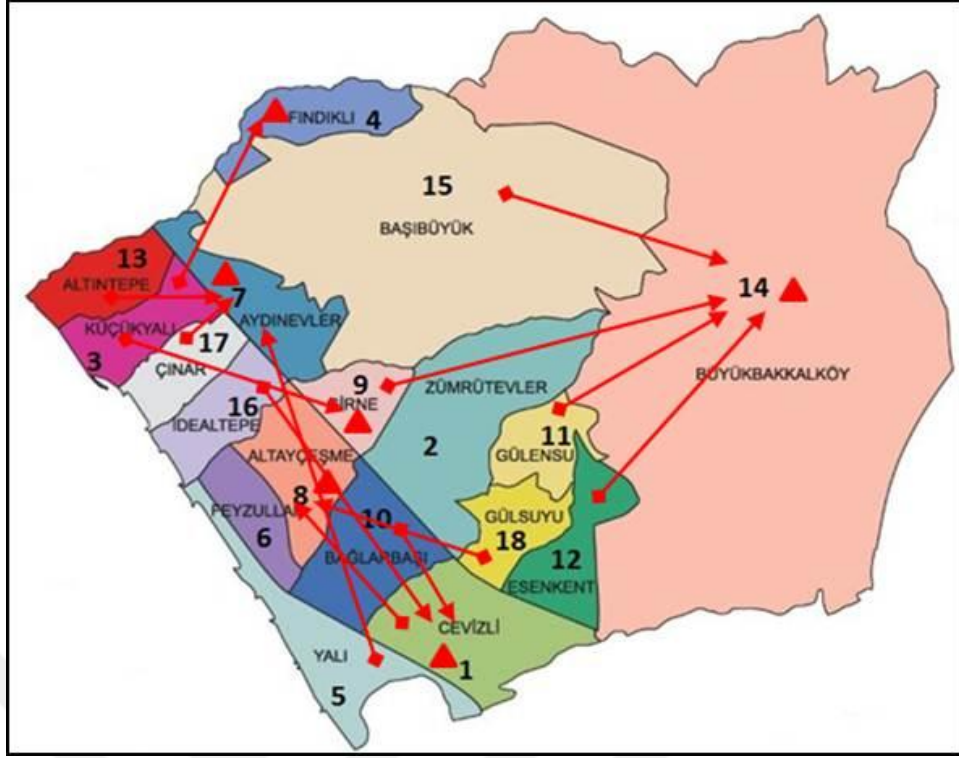
Senaryolar	Afetzede oranı	Kapasite	Amaç fonks.	Depo no.	Karşılanan Talep no.
Senaryo6	%3	2500	27.598,79	1	10,1
				4	3,4
				7	7,15,16,17
				8	5,8,12,18
				9	6,9,11,13
				14	2,14
Senaryo7	%5	4500	33.258,89	1	1,5,10
				4	4,13
				7	3,7,16,17
				8	6,8,12,18
				9	2
				14	9,11,14,15
Senaryo8	%7	6000	58.931,01	1	6,10,16
				4	3,4
				7	5,7,13,17
				8	1,8,18
				9	3
				14	9,11,12,14,15
Senaryo9	%9	7500	82.796,36	1	10,1
				4	3,4
				7	7,15,16,17
				8	5,8,12,18
				9	6,9,11,13
				14	2,14



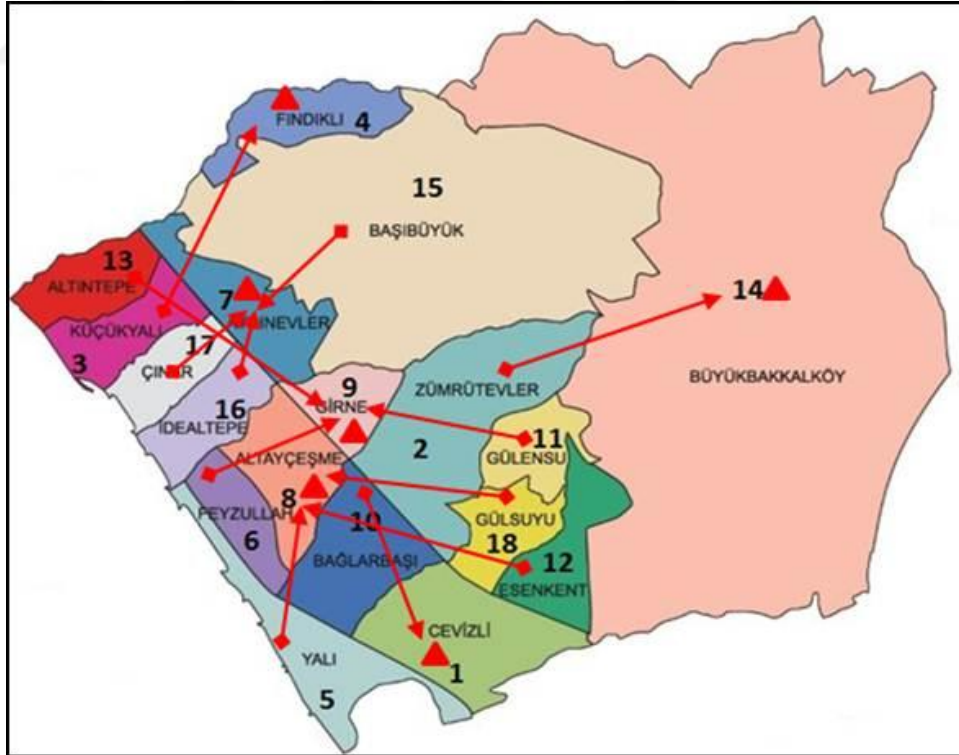
Şekil 6.13 Kapasiteli Senaryo 6



Şekil 6.14 Kapasiteli Senaryo 7



Şekil 6.15 Kapasiteli Senaryo 8

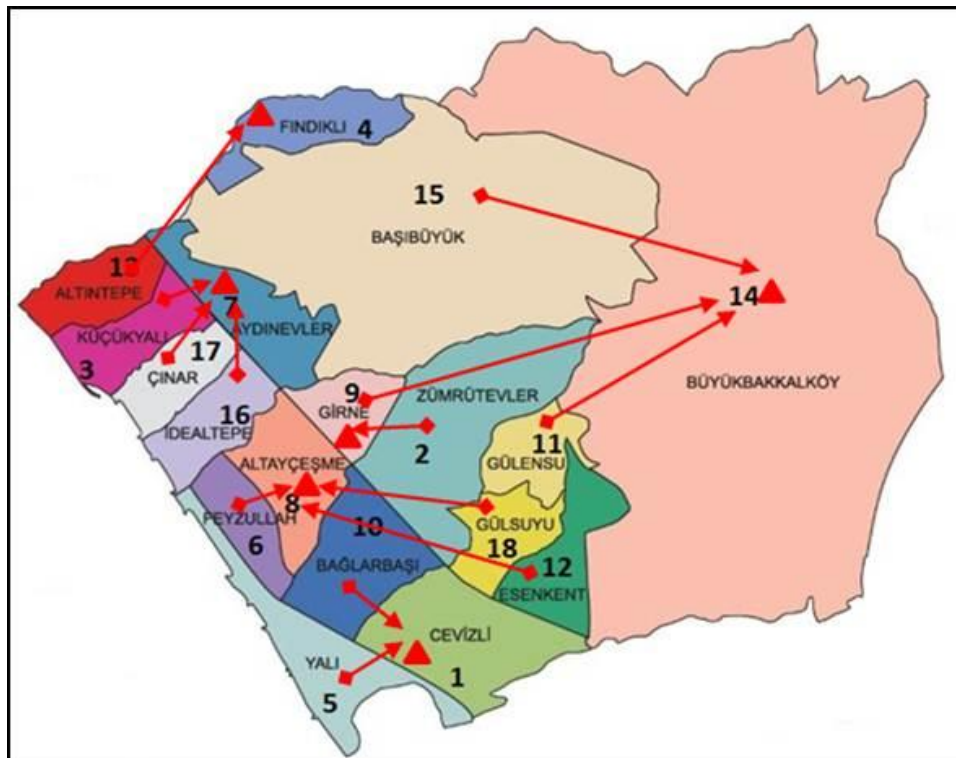


Şekil 6.16 Kapasiteli Senaryo 9

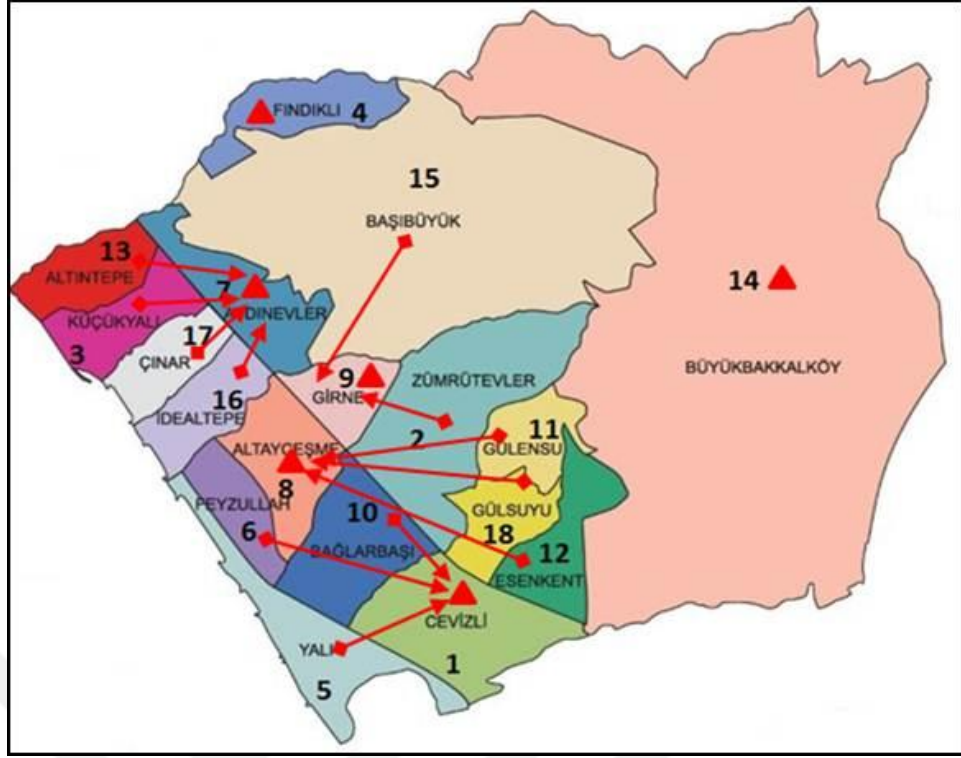
Problemde son olarak kapasite analizi yapılmıştır. Kapsama mesafesi 2 km, afettede nüfusu oranı %5 varsayılarak kapasite parametresine farklı değerler verilip, analizler yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 6.7 ve Şekil 6.17,6.18,6.19'da görüldüğü şekildedir. 7500 birim kapasitenin üzeri aynı değerleri vermektedir.

Çizelge 6.7 Kapasite senaryoları

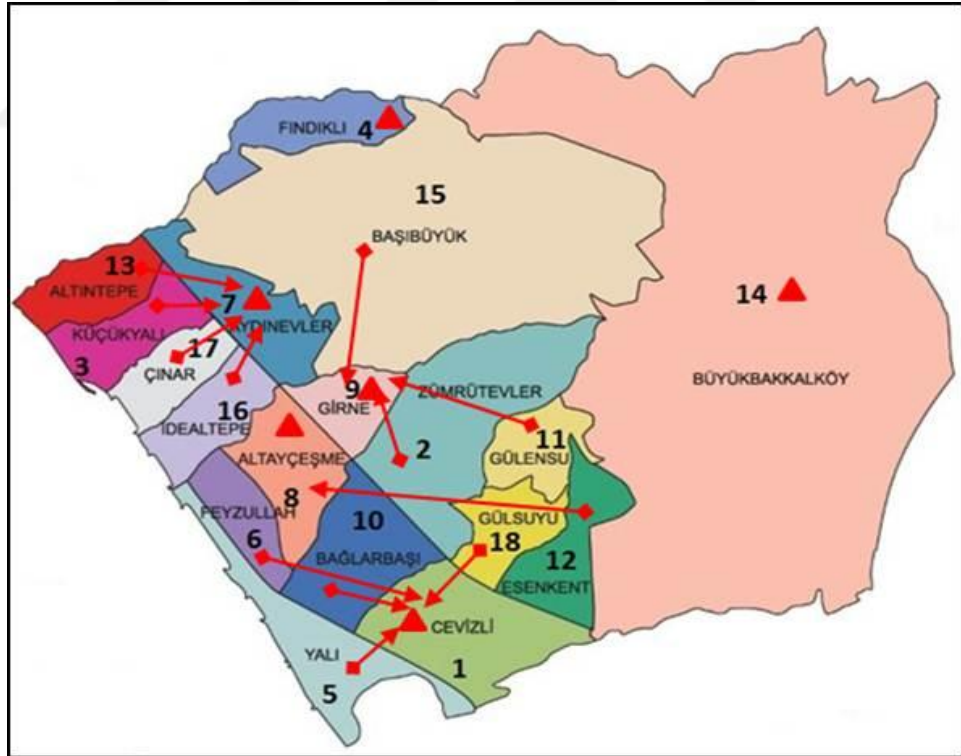
Senaryolar	Kapasite	Amaç fonksiyonu	Depo no.	Karşılanan Talep no.
Senaryo10	4500	33.258,89	1	1,5,10
			4	4,13
			7	3,7,16,17
			8	6,8,12,18
			9	2
			14	9,11,14,15
Senaryo11	6000	22.363,18	1	1,5,6,10
			4	4
			7	3,7,13,16,17
			8	8,11,12,18
			9	2,9,15
			14	14
Senaryo12	7500	21.777,83	1	1,5,6,10,18
			4	4
			7	3,7,13,16,17
			8	8,12
			9	2,9,11,15
			14	14



Şekil 6.17 Kapasiteli Senaryo 10



Şekil 6.18 Kapasiteli Senaryo 11



Şekil 6.19 Kapasiteli Senaryo 12

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toplumun hayatını ve etkinliklerinin durmasına sebep olan, büyük zarar, yıkım ve insan kayıplarına sebep olan, doğa veya insan kaynaklı olaylar afet olarak ifade edilmektedir. Türkiye’de meydana gelen kayıpların büyük bir oranına depremler neden olmaktadır. Bu yüzden, Türkiye’de afet denilince ilk akla gelen deprem olmaktadır ve yapılan çalışmalar da bu yönde ilerlemektedir.

Bu çalışmada afet hazırlık aşaması faaliyetleri arasında yer alan afet lojistik depolarının yer seçimi problemi ele alınmıştır. Problem iki aşamalı modelden oluşmaktadır. Birinci aşamada küme kapsama problemi ile afetzede bölgelerini kapsayacak en küçük miktarda depo sayısı ve konumu bulunmuş; ikinci aşamada  $p$ -medyan problemi ile afetzede bölgelerine açılan depolara diğer afetzede bölgelerini atama çalışması yapılmıştır. Bunun yanında, deprem şiddetinin afetzedelerin gereksinimleri üzerindeki tesirini gözlemlemek için kapasite kısıtlı karma tam sayılı programlama modeli kurulmuştur. Sonuçlar, afet yönetiminde mühim bir yer kaplayan ilk yardım malzemelerinin saklanacağı alanların doğru bir biçimde öngörülmesini sağlayarak, bu konuda yerel disiplinler için karar almayı daha basit hale getirmektedir. Modelin birinci aşamasında işlenen küme kapsama probleminin depoların kapsama mesafesi arttıkça daha etkin sonuçlandığı gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, ikinci modelde artan afetzede sayısı ile beraber depo kapasitelerinin de artırılması ile optimal atamaları veren olumlu çözümlere ulaşılmıştır. Fakat afetzede sayısının fazla olduğu anlarda artan kapasite ile beraber atama maliyetlerinin de arttığı gözlemlenmiştir.

Gelecek çalışmalarda, depo kapasitesi, afetten etkilenecek insan sayısı gibi parametreler belirsiz alınarak stokastik bir model geliştirilebilir. Bunun yanı sıra  $p$ -medyan probleminde amaç fonksiyonundaki ağırlık parametresi afetten etkilenme indeksi adı altında çok kriterli karar verme teknikleri yardımıyla hesaplanabilir.



## KAYNAKLAR

- AFAD. (2013). Türkiye Afet Müdahale Planı.
- AFAD. (2014). *Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü*.
- Altay, N., Prasad, S. ve Sounderpandian, J. (2006). Strategic Planning for International Disaster Relief Logistics: Implications for Research and Practice. *International Journal of Services Sciences*, (146-161).
- Balcık, B. ve Beamon, B. M. (2008). Facility location in humanitarian relief. *International Journal of Logistics: Research & Applications*, 11(2), 101–121. doi:10.1080/13675560701561789
- Barbarosoglu, G. ve Arda, Y. (2004). Two-stage stochastic programming framework for transportation planning in disaster response. *Journal of the Operational Research Society*, 55(1), 43–53.
- Barutçu, S. (2015). *Afet Yönetiminde İtfaiyenin Rolü: Ankara İli Örneği*. Türk Hava Kurumu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı.
- Bastı, M. (2012). P-medyan Tesis Yeri Seçim Problemi ve Çözüm Yaklaşımları. *Online Academic Journal of Information Technology*, 3(7), 47–75. doi:10.5824/1309-1581.2012.2.004.x
- Börühan, G., Ersoy, P. ve Tek, Ö. B. (2012). AFET YÖNETİMİNDE LOJİSTİK PLANLAMA VE KONTROL LİSTESİ YÖNTEMİNİN ÖNEMİ. *Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*, 3.
- Büyükkaracığan, N. (2016). Türkiye’de Yerel Yönetimlerde Kriz ve Afet Yönetim Çalışmalarının Mevzuat Açısından Değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, (12), 195–2119.
- Chen, A. Y. ve Yu, T. (2016). Network based temporary facility location for the Emergency Medical Services considering the disaster induced demand and the transportation infrastructure in disaster response. *Transportation Research Part B*, 91, 408–423. doi:10.1016/j.trb.2016.06.004
- Dekle, J., Lavieri, M. S., Martin, E., Farinas, H. E. ve Francis, R. L. (2005). A Florida County Locates Disaster Recovery Centers. *Interfaces*, 35(2), 133–139. doi:10.1287/inte.1050.0127
- Döyen, A., Aras, N. ve Barbarosoğlu, G. (2012). A two-echelon stochastic facility location model for humanitarian relief logistics. *Optimization Letters*, 6(6), 1123–1145. doi:10.1007/s11590-011-0421-0
- Durak, İ. ve Yıldız, M. S. (2015). P- Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi : Bir Uygulama. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(2), 43–64.
- Duran, S., Gutierrez, M. A. ve Keskinocak, P. (2011). Pre-Positioning of Emergency Items Worldwide for CARE International. *Interfaces*, 41(3),

223–237. doi:10.1287/xxxx.0000.0000

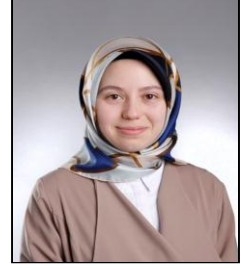
- Erkal, T. ve Değerliyurt, M. (2009). Türkiye’de afet yönetimi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14(22), 147–164.
- Ersoy, Ş. (2006). *Sürdürülebilir (istikrarlı) bir Kalkınma için Doğru Afet Yönetimi Ne Olmalıdır?*
- Gökçe, O., Özden, Ş. ve Demir, A. (2008). *Türkiye’de Afetlerin Mekansal Ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri.*
- Gökçe, O. ve Tetik, Ç. (2012). Afet Sonrası İyileştirme Çalışmaları.
- Görmez, N., Köksalan, M. ve Salman, F. S. (2011). Locating Disaster Response Facilities in İstanbul. *Journal Of The Operational Research Society*, 62(7), 1239–1252. doi:10.1057/jors.2010.67
- Gözaydın, O. ve Can, T. (2013). Deprem Yardım İstasyonları İçin Lojistik Merkezi Seçimi: Türkiye Örneği. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 6(2), 17–31.
- Gülkan, P., Balamir, M. ve Yakut, A. (2003). Afet Yönetiminin Stratejik İlkeleri: Türkiye ve Dünyadaki Politikalara Genel Bakış. Ortadoğu Teknik Üniversitesi Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayını.
- Günneç, D. ve Salman, F. S. (2007). A Two-Stage Multi-Criteria Stochastic Programming Model for Location of Emergency Response and Distribution Centers. *International Network Optimization Conference* içinde (ss. 1–6).
- Hong, X., Lejeune, M. ve Noyan, N. (2015). Stochastic Network Design for Disaster Preparedness. *IIE Transactions*, 47(4), 329–357.
- Hoyois, P., Below, R., Scheuren, J.-M. ve Guha-Sapir, D. (2007). *Annual Disaster Statisal Review: Numbers and Trends 2006.*
- Jia, H., Ordonez, F. ve Dessouky, M. M. (2007). Solution Approaches for Facility Location of Medical Supplies for Large-Scale Emergencies. *Computers & Industrial Engineering*, 52, 257–276. doi:10.1016/j.cie.2006.12.007
- JICA ve İBB. (2002). *Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması* (C. 5).
- Kadioğlu, M. (2011). *Afet Yönetimi*. T.C. Marmara Belediyeler Birliği.
- Kalaycı, S., Aybulut, A., Gürkan, M. ve Genç, A. (2014). *Afet lojistiği: Ulusal malzeme depolama kurulum yerlerinin seçimi, depo iç tasarımı ve malzeme akış planı modeli*. doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2
- Kalkınma Bakanlığı, T. (2014). *Afet Yönetiminde Etkinlik*.
- Liu, C., Chen, Z. H. ve Gong, Y. Y. (2013). Site selection of emergency material warehouse under fuzzy environment. *Journal of Central South University*, 20(6), 1610–1615. doi:10.1007/s11771-013-1653-1

- Maltepe Belediyesi. (2016). No Title. <http://www.maltepe.bel.tr/menu/kent-haritasi/6345> adresinden erişildi.
- Mete, H. O. ve Zabinsky, Z. B. (2010). Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management. *International Journal of Production Economics*, 126(1), 76–84. doi:10.1016/j.ijpe.2009.10.004
- Mohammadi, R., Ghomi, S. M. T. F. ve Jolai, F. (2014). Prepositioning emergency earthquake response supplies: A new multi-objective particle swarm optimization algorithm. *Applied Mathematical Modelling*. doi:10.1016/j.apm.2015.10.022
- Önsüz, M. F. ve Atalay, B. I. (2015). Afet Lojistiği. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 37(3), 1–6.
- Özcan, S. (2014). Tesis Yer Seçimi Probleminde Doğrusal Programlama Yaklaşımı: Entegre Bir Model Önerisi. *Operations Research*, 29.
- Özmen, B. ve Erkan. (2011). Türkiye'nin Yeni Afet Yönetim Sistemi ve Düşündükleri. *Yedinci Ulusal Deprem Mühendisiği konferansı*.
- Pampal, S. ve Özmen, B. (2009). *Depremlerle Baş Edebilmek*. Ankara: Eflatun Yayınevi.
- Peker, İ., Korucuk, S., Ulutaş, Ş., Sayın Okatan, B. ve Yaşar, F. (2016). Afet lojistiği kapsamında en uygun dağıtım merkez yerinin AHS-VIKOR bütünleşik yöntemi ile belirlenmesi: Erzincan ili örneği. *önetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 14(1), 82–103. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Rath, S. ve Gutjahr, W. J. (2014). A math-heuristic for the warehouse location-routing problem in disaster relief. *Computers and Operations Research*, 42, 25–39. doi:10.1016/j.cor.2011.07.016
- Rawls, C. G. ve Turnquist, M. A. (2011). Pre-positioning planning for emergency response with service quality constraints. *OR Spectrum*, 33(3), 481–498. doi:10.1007/s00291-011-0248-1
- Rennemo, S., Fougner, K., Hvattum, L. M. ve Tirado, G. (2014). A Three-stage Stochastic Facility Routing Model for Disaster Response Planning. *TRANSPORTATION RESEARCH PART E*, 62, 116–135. doi:10.1016/j.tre.2013.12.006
- Salman, F. S. (2011). *Ağ Planlaması için Stokastik Optimizasyon Metodları Geliştirilmesi ve Afet Yönetiminde Uygulanması*.
- Salman, F. S. ve Yücel, E. (2014). Emergency facility location under random network damage: Insights from the Istanbul case. *Computers and Operations Research*, 62, 266–281. doi:10.1016/j.cor.2014.07.015
- Şahin, N. (2009). Afet Yönetimi ve Acil Yardım Planları. *TMMOB İZMİR KENT SEMPOZYUMU* içinde (ss. 131–142).

- Tanyaş, M., Günelay, Y., Aksoy, L. ve Küçük, B. (2013). *İstanbul İli Afet Lojistik Planı Klavuzu*.
- Thomas, A. S. ve Kopczak, L. R. (2005). From Logistics to Supply Chain Management: The Path Forward in the Humanitarian Sector.
- Verma, A. ve Gaukler, G. M. (2015). Pre-positioning disaster response facilities at safe locations: An evaluation of deterministic and stochastic modeling approaches. *Computers & Operations Research*, 62, 197–209. doi:10.1016/j.cor.2014.10.006
- Yaylacı, C. T. (2015). *Türkiye'deki Afet ve Acil Durum Yönetimi Uygulamaları: Bir Alan Araştırması*. İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yi, W. ve Özdamar, L. (2007). A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities. *European Journal of Operational Research*, 179(3), 1177–1193. doi:10.1016/j.ejor.2005.03.077
- Yiğit, Ö. E. (2010). *Farklı Afet Tiplerine Ve Oluşma Olasılıklarına Göre Optimal Depo Seçimi Ve Malzeme Miktarının Belirlenmesi*.
- Yılmaz, H. ve Kabak, Ö. (2016). A Multiple Objective Mathematical Program to Determine Locations of Disaster Response Distribution Centers. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 520–525. doi:10.1016/j.ifacol.2016.07.682

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hilal TEMİZ  
Doğum Yeri ve Yılı : Beykoz, 18/02/1993  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : hilalaydin07@gmail.com



### Eğitim Durumu

Lise : Ataşehir Anadolu Lisesi  
Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Endüstri Mühendisliği  
Yüksek Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi,  
Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim  
Dalı

### Mesleki Deneyim

Temaş Gıda San. Ve Tic. AŞ. 2016-...(devam ediyor)

### Yayınları

Aydın H., Okul B., Ayvaz B., Kuşakçı A.O., Kaçtıoğlu S. (2016). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Alt Yüklenici Seçimi: İnşaat Sektöründe Bir Uygulama. Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 7(14), 29-44.

Aydın H., Ayvaz B. Küçükaşçı E.Ş., 2017, Afet Yönetiminde Lojistik Depo Seçimi Problemi: Maltepe İlçesi Örneği, Journal of Yaşar University, 2017,12(özel sayı), 1-13