

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN SEZGİSEL BİR
ALGORİTMA İLE ÇÖZÜLMESİ: BİR BOYA
FABRİKASINDA UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ecem Nükte KILIÇ

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Harun Reşit YAZĞAN

Ocak 2020

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN SEZGİSEL BİR
ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMLENMESİ: BİR BOYA
FABRİKASINDA UYGULAMA

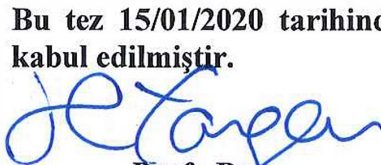
YÜKSEK LİSANS TEZİ

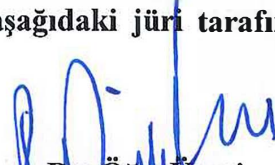
Ecem Nükte KILIÇ

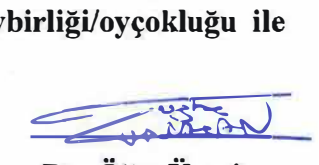
Enstitü Anabilim Dalı

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 15/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr.
Harun Reşit YAZGAN
Jüri Başkanı


Dr. Öğr. Üyesi
Berrin DENİZHAN
Üye


Dr. Öğr. Üyesi
Tuğba TUNACAN
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Ecem Nükte KILIÇ

26.12.2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Harun Reşit YAZGAN'a ve bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Sayın Hocam Arş. Gör Serap Ercan CÖMERT'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY	viii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
-------------	---

BÖLÜM 2.

ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ	2
2.1. Araç Rotalama Probleminin Tanımı.....	2
2.1.1. Araç rotalama problemlerinin temel bileşenleri.....	3
2.1.2. Araç rotalama probleminin matematiksel modeli.....	4
2.2. Araç Rotalama Problemlerinin Türleri.....	5
2.2.1. Kapasite kısıtlı araç rotalama problem (KKARP)	5
2.2.2. Zaman pencereci araç rotalama problem (ZPARP).....	5
2.2.3. Dağıtım ve toplamalı araç rotalama problem (DTARP).....	6
2.2.4. Mesafe kısıtlı araç rotalama problem (MKARP).....	6
2.2.5. Çok depolu araç rotalama problemi.....	7
2.3. Araç Rotalama Problemlerinin Çözüm Yöntemleri	7
2.3.1. Kesin çözüm yöntemleri	8
2.3.1.1. Minimum K-ağaç yöntemi.....	8
2.3.1.2. Araç rotalama problem için çok yüzlü yaklaşım.....	9

2.3.2. Sezgisel yöntemler	9
2.3.2.1. Araç rotalama problem için klasik sezgisel yöntemler.....	9
2.3.3. Metasezgisel yöntemler	11
BÖLÜM 3.	
CLARKE VE WRIGHT TASARRUF ALGORİTMASI.....	13
3.1. Clarke ve Wright Tasarruf Algoritmasının Tanımı.....	13
3.2. Kapasiteli Araç Rotalama Problemi İçin Yeni Bir Sezgisel Algoritma...	14
3.2.1. CVRP için yeni bir algoritma.....	14
BÖLÜM 4.	
UYGULAMA	18
4.1. Problemin Tanımı.....	18
4.2. Problemin Çözümü	19
4.3. Sonuçların Friedman Testi İle Yorumlanması.....	32
BÖLÜM 5.	
SONUÇ VE ÖNERİLER	34
KAYNAKLAR.....	36
EKLER.....	39
ÖZGEÇMİŞ	61

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Q	: Araç Kapasitesi
N	: Müşteri ve veya Durak Sayısı
q_i	: i Müşterisinin talep miktarı
d_{ij}	: i müşterisi ile j müşteri arasındaki uzaklık
d_j	: j müşterisinin dağıtım talebi miktarı
λ	: Tur biçimlendirici
s_j	: Servis süresi
T	: Bir aracın kat edebileceği maksimum mesafe
s_{ij}	: i ve j müşteri çifti için tasarruf değeri
C_{ij}	: Müşteri i den müşteri j ye gidene kadar geçen seyahat süresi
S	: Alt turların oluşmasını engelleyen kısıt
D	: optimize edilecek parametre sayısı
X_j^{\min}	: j . Parametrenin alt sınırı
X_j^{\max}	: j . Parametrenin üst sınırı
ARP	: Araç rotalama problemi
ÇTARP	: Çok depolu araç rotalama problemi
DTARP	: dağıtım ve toplamalı araç rotalama problemi
KKARP	: Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi
MKARP	: Mesafe kısıtlı araç rotalama problemi
ZPARP	: Zaman pencereci araç rotalama problemi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Araç Rotalama Problemi Çözüm Yöntemleri (Ekizler. H 2011).....	8
Şekil 2.2. Tasarruf Yöntemindeki Müşteri Birleştirilmesi.....	10
Şekil 3.1. Yer Değiştirme.....	17
Şekil 3.2. Önerilen Algoritmanın Kodları.....	17
Şekil 4.1. Afyon deponun bir günlük Müşteri Birleştirilmesi Hattı.....	22

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. Trabzon ve Afyon deponun dağıtım listesi.....	18
Tablo 4.2. Problemin Çözüm Aşamaları.....	19
Tablo 4.3. Afyon depo ve müşterilerinin bir günlük mesafe matrisi(km)	19
Tablo 4.4. Afyon depo bir günlük müşteri sayısı ve talep miktarı (Adet)	20
Tablo 4.5. Afyon Deposunun bir günlük tasarruf matrisinin hesaplanması	20
Tablo 4.6. Afyon Deposunun bir günlük tasarruf matrisi	21
Tablo 4.7. Afyon Depo için günlük km ve Maliyet Hesabı	23
Tablo 4.8. Trabzon Depo ve müşterilerinin bir günlük mesafe matrisi	24
Tablo 4.9. Trabzon Depo bir günlük müşteri sayısı ve talep miktarı (Adet)	25
Tablo 4.10. Trabzon Deposunun bir günlük tasarruf matrisinin hesaplanması	25
Tablo 4.11. Trabzon Deposunun bir günlük tasarruf matrisi	26
Tablo 4.12. Trabzon Depo için günlük km ve Maliyet Hesabı	28
Tablo 4.13. Afyon depo tasarruf algoritması ve mevcut fabrikanın sonuçları (km)	30
Tablo 4.14. Trabzon depo tasarruf algoritması mevcut fabrikanın sonuçları (km)	31

ÖZET

Anahtar kelimeler: Araç Rotalama Problemi, Tasarruf Algoritması, FRIEDMAN Testi

Talepleri belirli olan müşterilere, depolardaki ürünlerin, standart kapasiteli araçlarla en kısa güzergâhı izleyerek dağıtım yapması problemine “Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi (KK ARP)” denir.

Bu tez çalışmasında, boya sektöründe faaliyet gösteren şirketin, depolarından yapılan günlük sevkiyatları için en uygun rotanın belirlenmesi problemi çözülmüştür. Amacımız müşteri taleplerini az mesafeli rota ile karşılamaktır. Bu amaçla Clarke ve Wright algoritması ile uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma uygulanmıştır. Algoritma sonuçları ile firmanın gerçek sonuçları FRIEDMAN testi ile karşılaştırılmıştır.

SOLUTION OF VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH AN HEURISTIC ALGORITHM: AN APPLICATION IN A PAINT FACTORY

SUMMARY

Keywords: Vehicle Routing Problem, Saving Algorithm, FRIEDMAN Test

The Capacity limited vehicle routing problem (CC VRP) is the problem that customers with specific demands, distributing the products in the warehouses by following the shortest route with standard capacity vehicles.

In this thesis, the problem of determining the most suitable route for daily shipments from the warehouses of the company operating in the paint industry is solved. Our goal is to meet customer demands with short distance route. To this end, the Clarke and Wright algorithm and a new Local Search 2-opt Heuristic Algorithm, were applied. The results of the algorithm and the real results of the company were compared with the FRIEDMAN test.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yeni Dünya düzenindeki pazar koşulları şirketleri, daha rekabetçi haline getirmiştir. Yöneticiler karşılaştıkları problemlere daha hızlı ve yaratıcı çözümler üretirken aynı zamanda bu çözümlerin sürdürülebilir olmasını sağlamadılar. Bu sebeple oluşturulmuş olan çözümlerin performans göstergeleri klasik hedeflerden daha ziyade sürdürülebilir olmayı sağlayan hedefleri yerine getirecek yaratıcı fikirleri içermelidir. Bu durum içerisinde müşteri beklentilerini karşılayabilmek adına, Tedarik Zinciri halkalarından olan Lojistik bölümünün, en etkin şekilde yönetilmesi beklenilmektedir. Araç rotalama problemi, talepleri belirli olan müşterilere, depolardaki ürünlerin, standart kapasiteli araçlarla en kısa güzergâhı izleyerek dağıtım yapmaktadır. Sektörde araç rotalama problem çözümleri için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler üçe ayrılmıştır.

- Klasik yöntemler
- Sezgisel yöntemler
- Metasezgisel yöntemler

Çok değişkenli problemlerde sonuca ulaşmak için kesin yöntemler kullanmak çözümü imkânsız kılabilir. Ölçütler arttıkça problem daha karmaşık hale gelebilir. Bu sebeple daha karmaşık problemlerde klasik sezgiseller ve metasezgiseller tercih edilmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümde ilk olarak araç rotalama problemi ele alınmaktadır. Ayrıca çözüm yöntemleri ve araç rotalama problemi çeşitleri örneklendirilmektedir. Üçüncü bölümde Clarke ve Wright algoritmasından bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde bir boya fabrikasında bulunan, örnek iki deponun günlük talep sevkiyatları dikkate alınmıştır. Sonuçlar FRIEDMAN Testi ile karşılaştırılmıştır. Son bölümde ise yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.

BÖLÜM 2. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

2.1. Araç Rotalama Probleminin Tanımı

ARP, coğrafi olarak dağınık müşterilere, bir veya birden fazla depodan hizmet vermek üzere görevlendirilen araçların optimum dağıtım/toplama rotalarının tasarlanması problemidir (Demircioğlu, M.2009).

Araç Rotalama Problemi, 1959 yılında "Dantzig ve Ramser" tarafından literatüre kazandırılmıştır. Yazarlar bu çalışmalarında benzin istasyonlarına benzin dağıtım problemi üzerinde durmuşlar ve problemin çözümü için ilk matematiksel programlama modelini kurmuşlardır. Daha sonra 1964 yılında Clarke ve Wright probleme sezgisel bir çözüm önermiş ve bu çalışmadan sonra ARP'ye ilgi daha da artarak büyümüştür (Dantzig ve Ramser, 1959).

Araç rotalama problemi uygulamaların da dikkate alınan üç kısıt bulunmaktadır. Birinci ve en önemli kısıt araç kapasite kısıtı, toplam zaman kısıtı ve sürücü çalışma saatlerini belirten yasal kısıtlamalardır. İkinci kısıtımız müşteri ve son kısıt ise aynı araç ile bir den fazla tur yapılması ve birden fazla depo durumunu kapsar (Düzakın, E, Demircioğlu, M.2009).

Sektöründe araç filosu kiralaması yapan bir şirketin, belirli özellikleri taşıyan araç rotalama probleminde, en az maliyet rota kümesi tasarlanmaktadır. Lojistik hatları bir depodan ürünleri, daha önceden bilinen müşterilere dağıtım yaptıktan sonra aynı depoda sonlanır. Müşteriler ve araçlar aynı sepette eşleştirilmeli ve müşterinin talebi aracın kapasitesini aşmamalıdır (Aydemir, E.2006).

Araç rotalama problemlerinde kısıtların yanında bir diğere önemli konuda amacın belirlenmesidir. Bir araç rotalama probleminin amaçlardan bazıları şunlardır (Kurt,M.2008):

- Araç veya araçların kullanım zamanını en çok yapmak
- Araç veya araçların kapasite kullanım oranını en çok yapmak
- Yolculuk mesafesini en az yapmak
- Kullanılan araç sayısını en az yapmak

2.1.1. Araç rotalama problemlerinin temel bileşenleri

Araç rotalama problemlerinde üç temel bileşen bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Talep Yapısı: Araç rotalama problemlerinde talep yapısı dinamik veya statik olabilir. Statik talep yapısında talep önceden bilinirken, dinamik durumda ise bazı düğümlerde araç rotasına devam ederken talep belirlenir.

Malzeme Cinsi: Birçok farklı sektörde taşımacılık yapılmaktadır. Bunlar tehlikeli ürünler, gıda ürünleri basit paket taşıma ürünleri olabilir. Bu sebepten probleme ilave bir karmaşıklık getirmezler.

Dağıtım/Toplama noktaları: Dağıtım noktaları müşterileri kapsarken toplama noktaları depoları temsil etmektedir. Her ikisi de bir veya birden fazla olabilir. Eğer dağıtım ve toplama noktaları ile ilgili güzergâh biliniyorsa hizmet edecek araçlar belirlenir. Bilinmediği durumda araç sayısı belirlenmeden önce potansiyel adaylar arasında yol güzergâhına ilişkin karar alınmalıdır.

Filo: Çalışmalarda genelde araçların kapasiteleri bilinmektedir ve aynı olduğu varsayılır (Eryavuz, M.Gencer 2001).

2.1.2. Araç rotalama probleminin matematiksel modeli

Klasik bir araç rotalama probleminin matematiksel modeli aşağıdaki gibidir.

Parametreler:

Q = araç kapasitesi,

N = müşteri veya durak sayısı,

q_i = i ($i > 0$) müşterisinin talep miktarı,

d_{ij} = i müşteri ile j müşteri arasındaki uzaklık

Değişkenler:

X_{ij} = {1, eğer araç i müşterisinden j müşterisine gidiyorsa 0, aksi takdirde

$i \neq j, \quad i, j \in \{0, \dots, N\}$ ve 0 ana depo

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{En az } Z = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0, i \neq j}^N d_{ij} X_{ij} \quad (2.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1, i \neq j}^N X_{ij} = 1 \quad \forall j, \quad j \in \{1, \dots, N\} \quad (2.2)$$

$$\sum_{j=1, j \neq i}^N X_{ij} = 1 \quad \forall i, \quad i \in \{1, \dots, N\} \quad (2.3)$$

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0, i \neq j}^N X_{ij} + X_{ji} \leq 1, \quad (2.4)$$

$$\sum_{i=1}^N q_i \sum_{j=0, j \neq i}^N X_{ij} \leq Q, \quad (2.5)$$

Amaç fonksiyonu (2.1) toplam kat edilen mesafenin en az yapılması gerektiğini ifade etmektedir. (2.2) ve (2.3) nolu kısıt, bir müşterinin mutlaka bir araç tarafından ziyaret edilmesi gerektiği ve bir müşteriye ziyaret eden aracın aynı zamanda o müşteriden hareket etmek zorunda olduğunu belirtmektedir. (2.4) nolu kısıt, depoda başlamayan ve depoda bitmeyen turları elemekte kullanılmaktadır. (2.5) nolu kısıt ise araçlara

yapılan yüklemelerin araç kapasite değeri ‘q’ geçmemesi gerektiğini belirtmektedir. (Kurt, M.2008)

2.2. Araç Rotalama Problemlerinin Türleri

2.2.1. Kapasite kısıtlı araç rotalama problem (KKARP)

Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi talepleri belirli olan müşterilerin, depolardaki ürünlerin, standart kapasiteli araçlarla en kısa güzergâhı izleyerek dağıtım yapmasıdır. Araçlar depolardan başlayarak müşterilere uğrarlar ve tekrar depoya dönerler. Her müşteriye sadece bir araç uğrar. Araçların standart bir kapasitesi olduğundan müşteri talepleri toplamı, araç kapasitesinden fazla olamaz. Araçların kapasiteleri birbirine eşittir. Müşterilerin talepleri de araç kapasiteleri gibi önceden bellidir (Erol, V.2006).

2.2.2. Zaman pencereci araç rotalama problem (ZPARP)

Dağıtım işleminde zaman kısıtı en önemli unsurdur. ZPARP çok önemli bir lojistik problemi türü olduğundan birçok probleme uygulanmıştır. Amaç, araç kapasitesini, servis zamanlarını ve zaman aralıklarını dikkate alan kısıtlarla, optimal rota sayısını ve rotalardaki müşterilerin sırasını bulmaktır (Braysy, O.Gendreau, M.2001).

ZPARP, depodan hareket eden araçların müşterileri belli zaman aralığı içinde ziyaret etme zorunluluğu olan (zaman penceresi kısıtı) özel bir araç rotalama problemi türüdür. Yapısı nedeniyle okul otobüsü rotalama, posta, gazete dağıtımı, akaryakıt dağıtımı, tam zamanlı üretim için satıcı dağıtımı, güvenlik devriyesi kontrolleri, kentsel atık toplama ve zincir mağaza dağıtım lojistiği gibi gerçek hayat problemlerine daha uygundur. Bu nedenlerden dolayı diğer araç rotalama problemlerine göre hakkında daha çok araştırma yapılmıştır. Bu problem türünde, zaman penceresi sert kısıt olarak davrandığında, araç en son izin verilen süreden sonra servis yapmaya izin verilmez. Fakat araç önceden müşteriye ulaşırsa, müşterinin hazır olması için bekler (McNabb ve diğerleri, 2015; Langevin, 1989).

2.2.3. Dağıtım ve toplamalı araç rotalama problem (DTARP)

Dağıtım ve toplama işlemlerini beraber yürüten bir araç rotalama problemi (DTARP) türüdür. Araçların güzergahtaki sürelerini minimuma indirirken ürünleri müşteriye dağıtmak ve müşterilerdeki ürünleri geri getirmeye çalışmak amacındadır (Yılmaz, Ş. 2008).

Araçlar dağıtımına bir depodan başlayarak dönüşte tekrar başladığı depoya uğrarlar. Müşterilere bir araç uğrarken, güzergâhtaki dağıtılacak ve toplanacak müşteri talepleri toplamı aracın kapasitesini geçemez. Dağıtım ve toplama işlemi her müşteri de gerçekleştirilir (Gerdan, O. 2007).

Dağıtım ve toplamalı araç rotalama problemleri üçe ayrılır. Önce dağıt sonra topla araç rotalama problemlerinde, ilk önce ürünler dağıtılır arkasından geriye dönecekler toplanır. Birden çok güzergâhlara uğranabilir. Karışık dağıtım ve toplamalı araç rotalama problemlerinde, kapasiteler önem arz eder ve güzergâh karmadır. Birden çok güzergâhlara uğranabilir. Eş zamanlı dağıtım ve toplamalı araç rotalama problemlerinde, kapasiteler çok önemli olup doldur boşalt işlemi yapılmaktadır. Güzergâhlara sadece birkez uğranır (Gerdan, O. 2007).

2.2.4. Mesafe kısıtlı araç rotalama problem (MKARP)

Mesafe kısıtlı Araç Rotalama Probleminde, en önemli nokta gidilebilecek maksimum mesafe kısıtıdır (Oropeza ve diğerleri, 2012).

T: maksimum mesafe kısıt

Denklem (2.6) aracın gidebileceği maksimum mesafeyi göstermektedir.

$$\sum_{i=0} \sum_{j=0} C_{ijk} X_{ijk} \leq T \quad (2.6)$$

2.2.5. Çok depolu araç rotalama problemi

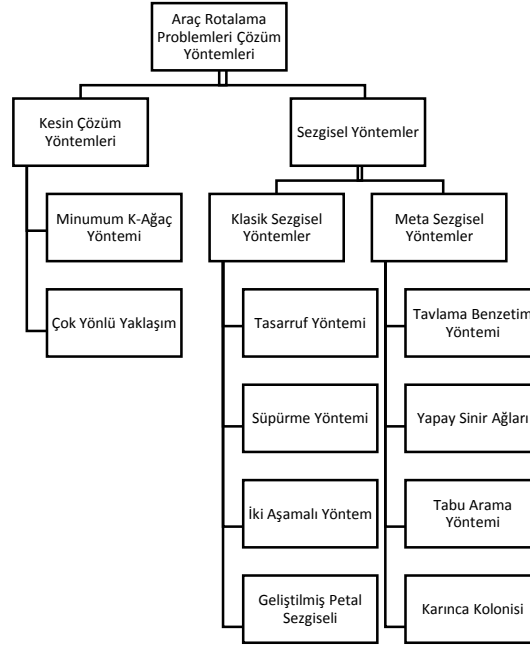
İşletmelerin depolarını Lojistik merkezi olarak düşünüp, o bölgedeki depoya bağlı müşterilerine ürünlerini gönderme problemidir. Standart ÇDARP'de her araç rotası aynı depodan başlar ve aynı depoda sonlanır (Crevier, B., Cordeau, J.F., Laporte, G., 2007).

Toplam taleplerin karşılanması sırasında müşteriye bir kez ziyaret ederken en kısa km ve depolara geri dönme kısıtları en planda tutulmaktadır.

2.3. Araç Rotalama Problemlerinin Çözüm Yöntemleri

Araştırmacılar tarafından çeşitli yöntemler ortaya koyulmuştur. Araç rotalama problemlerinin çözümünde en uygun değerler veren ve kısa sürede çözümü sağlayan yöntemler kullanılmaktadır (Ekizler. H 2011).

Araç rotalama probleminde, birçok yöntem ele alınıp geliştirilmiştir. Ele alınan Çözüm yöntemleri, kesin çözüm yöntemleri ve sezgisel yöntemler olarak iki guruba ayrılır. Bir diğer kullanılan çözüm yöntemleri Şekil 2.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Araç Rotalama Problemi Çözüm Yöntemleri (Ekizler. H 2011)

2.3.1. Kesin çözüm yöntemleri

GSP yöntemlerinin geliştirilmesi ile kesin çözüm yöntemleri oluşturulmuştur (Düzakın ve Demircioğlu,2009). ARP için kesin çözüm yöntemleri direkt ağaç arama, tamsayı doğrusal programlama ve dinamik programlama diye üç sınıfa ayrılmaktadır (Christofides, 1985; Laporte ve Nobert, 1987; Laporte, 1992).

2.3.1.1. Minimum K-ağaç yöntemi

K-ağaç yönteminde, araç rotalama problemi talepleri belirli olan müşterilerin standart kapasiteli araçlarla her bir müşteriye bir kez uğrama kısıtını sağlayarak minimum maliyet bulunur (Fisher, 1994).

2.3.1.2. Araç rotalama problem için çok yüzölü yaklaşım

ARP uygulamasının ilham kaynağı GSP'in çok yüzölü yaklaşımının başarısıdır. 1995 yıllarında büyük bir arp problemini ele alan 134 müşterilik problem başarıyla çözülmüştür (Laporte ve diğerleri, 1985).

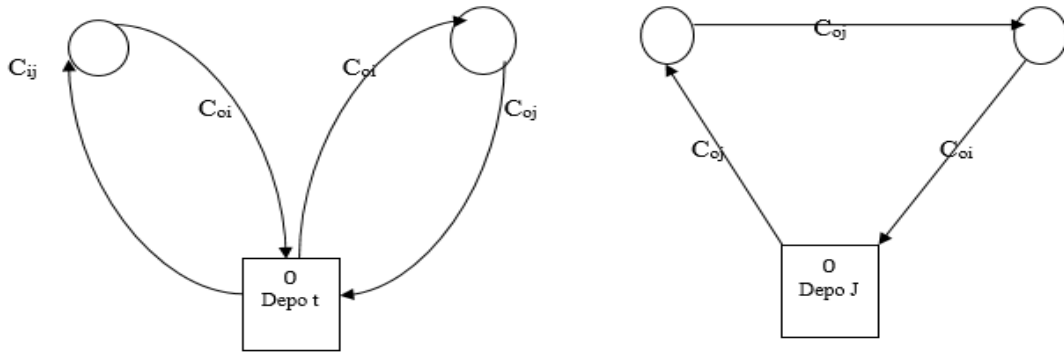
2.3.2. Sezgisel yöntemler

ARP de sezgisel yöntemler ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan ilki klasik sezgisel yöntemler ikincisi meta sezgisel yöntemlerdir. Tasarruf yöntemi, Clark ve Wright (1964) tarafından ortaya atılmıştır. Süpürme yöntemi, Gillet ve Miller (1974) tarafından önerilmiştir. İki aşamalı yöntem, Christofides ve arkadaşları (1979) tarafından geliştirilmiştir. Petal yöntemi Renaud ve arkadaşları (1996) tarafından önerilen klasik sezgisel yöntemlerdir. Meta sezgisel yöntemler kendi arasında dörde ayrılmaktadır. Genetik Algoritma, Tavlama Benzetim, Yapay Sinir Ağları ve Tabu Arama (Aarts ve Lenstra, 1997).

2.3.2.1. Araç rotalama problem için klasik sezgisel yöntemler

Bu kısımda kısaca ARP için üretilen klasik sezgisel yöntemlerden bahsedilecektir.

Tasarruf Algoritması: Daha geniş olarak 3.1 bölümün de yer verilecektir. Burada kısaca tanımlamak istersek Şekil 2.2.'de görüldüğü gibi i ve j. müşteri ayrı turlardadır, i. müşteriden sonra j. müşteri eklenerek turlar birleştirilir.



Şekil 2.2. Tasarruf Yöntemindeki Müşteri Birleştirilmesi

$$s_{ij} = (c_{oi} + c_{io} + c_{oj} + c_{jo}) - (c_{oi} + c_{ij} + c_{jo}) \quad (2.7)$$

$$s_{ij} = c_{io} + c_{oj} - c_{ij} \quad (2.8)$$

Denklem (2.8)'deki tasarruf miktarı (s_{ij}) i. müşteri ve j. müşterinin ayrı değil aynı turda hizmet almasından kaynaklanan bir maliyet tasarrufudur. İki bağımsız turun birleştirilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Her zaman tasarruf yönteminde, en büyük tasarrufu sağlayan (i,j) ikilisi, müşteri talebi ve araç kapasitesi kısıtları dikkate alınarak seçilir. Bütün müşterilerin araçlara atanmasına kadar bu işlem tekrarlanır.

Süpürme yöntemi: Orta ve büyük boyutta KARP problemlerini çözmek Gillet ve Miller (1974) tarafından gündeme getirilmiştir (Laporte, 1992).

Her bir nokta polar koordinatlar $i=1, \dots, n$ için (r_i, q_i) ve depo ise $r_0=0$ ve $q_0=0$ olarak ifade edilir. Koordinatlar q_i temel alınarak artan sıra ile dizilir.

Amaç güzergâhın içerisindeki ürünleri, araç doluluk oranına kadar eklemektir. Güzergâhlardaki bütün müşteriler bitene kadar süreç devam eder.

İki aşamalı yöntem: İki Aşamalı Yöntem, KARP problemlerini çözmek için geliştirilmiştir.

Geliştirilmiş petal sezgiseli: Petal sezgiseli ARP için ilk olarak Foster ve Ryan (1976) tarafından önerilmiştir. Daha sonra 1993 yılında Ryan ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir (Renaud ve diğerleri, 1996). Geliştirilmiş petal sezgiseli ise Renaud ve arkadaşları tarafından 1996 yılında önerilmiştir. Bu sezgisel yöntem, petal yöntemi ile turların oluşturulması ve kolon yenileme işlemine göre optimal seçimin yapılmasıdır. Bu sezgisel kısa sürede optimale yakın sonuçlar vermektedir. 1- petal sezgiseli ve 2- petal sezgiseli aşağıda anlatıldığı gibi turların oluşturulmasında kullanılmaktadır (Renaud ve diğerleri, 1996).

2.3.3. Metasezgisel yöntemler

S ARP de en çok kullanılan yöntemler Genetik Algoritma (GA), Yapay Sinir Ağları (YSA), Tabu Arama (TA) ve Tavlama Benzetimidir (TB).Klasik sezgisel yöntemlere göre bu yöntem daha iyi bir sonuç vermiştir.

Tavlama benzetim yöntemi: ARP de Tavlama Benzetim (TB) üç'e ayrılmaktadır. Alfa ve arkadaşları (1991), Osman (1993) ve Breedam (1995) tarafından önerilen yöntemlerdir. 1991 yılında Alfa ve arkadaşlarının önerdiği TB yöntemi, küçük ve orta boyuttaki problemler için çok iyi sonuçlar vermemiştir (Aarts ve Lenstra, 1997).

Yapay sinir ağları: Yapay sinir ağları sinir setlerinin birbirine bağlanmasından oluşur. Bu sinir setleri birbirlerinden farklı olup ağ hakkında bilgi veririr. Öğrenme algoritması Sinirlerin gelişmesine bağlıdır. Böylece ağırlıklar ayarlanır.

Tabu arama yöntemi: ARP de en iyi sonuçları Tabu arama yöntemi vermiştir. Bu yöntemde günlük problemlerin çözümleride yapılmıştır. Tabu arama yönteminde, uygulanan Taillard (1993) ve Rochat ve Semet (1994) yöntemi maliyetleri %15 oranda azaltmıştır.

Karınca kolonisi optimizasyonu: Marco Dorigo, doğadaki birçok etkene rağmen mutlaka kısa yolları tercih ettikleri için karıncaların farklılıklara adaptasyonun en yüksek hayvanlardan birisi olduğunu düşünmektedir.

Deneylerde kullandığı karınca sayısı 250 adettir. Karıncaların hareketlerini yollara yiyecek ve engeller koyarak incelemiştir. Feromen, bazı hayvanların kendi cinslerinden diğer hayvanları etkilemek için kullandıkları kimyasal salgıdır. Sakladıkları feromenleri, av sırasında yola bırakırlar. Diğer karıncılara yardımları dokunmaktadır (Dorigo, Gambardella, 1997).

BÖLÜM 3. CLARKE VE WRIGHT TASARRUF ALGORİTMASI

3.1. Clarke ve Wright Tasarruf Algoritmasının Tanımı

ARP problemlerinin çözümünde kullanılan Clarke ve Wright'ın 1964'de geliştirdikleri tasarruf algoritmasıdır. Algoritma araç sayısının değişken olarak ele alındığı problemlerde uygulanmaktadır. Tasarruf algoritması sıralı ve paralel olarak ikiye ayrılmaktadır. Paralel tasarruf algoritmasında ise sıralamaya bakılarak yeni rotalar açılabilir. Paralel tasarruf algoritmasının adımları aşağıda belirtilmiştir.

Adım 1: Tasarruflar $s_{ij} = c_{io} + c_{oj} - c_{ij}$ formülü ile hesaplanmaktadır. C_{ij} büyükten küçüğe sıralanır.

Adım 2: Araç kapasite kısıtı dikkate alınarak iki güzergâh birleştirilir. Tasarruf sağlayamayan uygun birleşmeler olması durumunda sezgisel yöntem sonuçlanmış olur. Kapasite ile doğru orantılı biçimde yüksek olanlar birbirine ve depoya bağlanmaya çalışılır. Sıralı algoritmada güzergâhlara aynı anda iki rotaya gidilmez. Güzergâh içerisinde araç kapasitesinin hepsi kullanılmalıdır ya da uygun durumlar güzeraha eklenir. Aşımlarda yeni güzergâhlar için çalışma yapılır ve mevcuttan eklemeler yapılır.

Gaskell (1967) ve Yellow (1970) tasarruf algoritması üzerinde güncellemeler yapmıştır. Gaskell ve Yellow tasarruf formunu daha etkin rotalar üretebilmek için λ pozitif bir parametre olmak üzere;

$$S = c_{io} + c_{oj} - \lambda * c_{ij} \quad (3.2)$$

Genelleştirmişlerdir (Cordeau ve diğerleri, 2002).

Denklem (2.11)' de müşteri güzargahı düşünüldüğünde depo ve müşteri arasındaki uzaklığın simetrik olmayan bir yanının dikkate alınmasını önerilmiştir (Passens, 1988).

$$s_{ij} = c_{io} + c_{oj} - \lambda c_{ij} + \mu |c_{oi} - c_{jo}| \quad (3.3)$$

Paessen 'in önerisi düşünüldüğünde λ ve μ parametrelerinin değişikliği yeni bakış açısına neden olmuştur. Sonuç olarak kalitede bir artış meydana getirirken çözüm yollarını zorlaştırmıştır (Altinel ve Öncan, 2005).

Bu geliştirmeler Golden ve arkadaşları (1977) ve Nelson ve arkadaşları (1985) tarafından da önerilirken içerik olarak zaman kısalmasına fayda sağlamıştır ve daha sonra kullanılmak üzere maliyet hesaplamaları datalara kayıt edilmiştir. Fakat maliyet sayısının azalması oluşsada bugünkü koşullar düşünüldüğünde sadece büyük problemler için geçerlidir (Altinel ve Öncan, 2005).

3.2. Kapasiteli Araç Rotalama Problemi İçin Yeni Bir Sezgisel Algoritma

(Kır, Yazgan, & Tuncel, 2017, s. 40) tarafından hazırlanmış komşuluk aramasına dayalı yeni bir yerel arama sezgiseli kullanılması uygun görülmüştür. Önerilen algoritmanın detayları aşağıdadır.

3.2.1. CVRP için yeni bir algoritma

Algoritmanın detayları aşağıdaki gibidir.

Ziyaret edilecek noktalar, p elemanı olan S kümesi ile belirtilir $S = \{1, \dots, p\}$. Tüm noktalar P set ile belirtilir. $P = \{(x_i, y_i) : i \in S\}$.

$$\Delta_{ij} = \left((x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \right)^{0.5}$$

S kümesinin elemanları arasındaki mesafeyi belirten mesafe matrisidir. Çözüm, k rotalarının ve aynı zamanda araçların R kümesi, $R_k \subseteq S$ t araç sayısı k araç sayısından daha az ve eşittir.

Ziyaret edilecek tüm noktaların bir talebi vardır ve toplam talebin karşılanması serbest araçların kapasitesi olarak kabul edilir $\sum d_i \leq tC$.

Amaç fonksiyonu;

$$F = \sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p \pi_{ijk} \Delta_{ij} \text{ hepsi için } i, j \in S, i \neq j \text{ ve } k \leq t.$$

Burada ;

$$\pi_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{i. müşteriden j. müşteriye k aracı ile} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

Bir çözüm aranırken kapasite kısıtı dikkate alınmalı ve her atamada kalan kapasite azaltılmıdır. Bu nedenle aday çözümün fizibilitesini kontrol etmek için bir fonksiyon belirlemektedir.

$$\sum_{k=1}^t \pi_{ijk} d_j \leq C \quad \text{for all } i, j \in S \text{ and } i \neq j.$$

Algoritmanın performansına ilk çözüm kalitesi etki etmektedir. Algoritmanın detayları adım adım aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Rastgele bir i noktasından başlayıp ve minimum değeri göz önünde bulundurarak π_{ijk} 'i 1 olarak belirlenir Δ_{ij} burada $S=S^*$ ve $R_k=R_k^*$.

Adım 2: $\bar{C}_k = C_k + d_j$ ve $S^*=S \setminus \{j\}$ ve $R_k^*=R_k \cup \{j\}$ hesaplanır

Adım 3: $\bar{C}_k \geq C$ gerçekleşene kadar aşama 1 ve 2 tekrarlanır. Gerçekleşme durumunda $k=k+1$ olur

Adım 4: $S^* \in \emptyset$ olana kadar önceki tüm adımları uygulanır. Sonunda ise tüm R_k^* bize çözümü ifade eder.

İlk çözümün belirlenmesinden sonra, yeni çözümlerin bulunmasına geçilir.

Bundan sonraki süreçte ise, komşuluk aramak için bir yer değiştirme prosedürü çalışır.

Adımlar aşağıdaki gibidir:

Aşama 1: Rulet tekerleği prensibi ile her bir rotadan R_k^* her bir denklemden i denklemini kullanarak seçilir. (3.4)

$$p_k = \frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p \pi_{ijk} \Delta_{ij}}{\sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p \pi_{ijk} \Delta_{ij}} \quad (3.4)$$

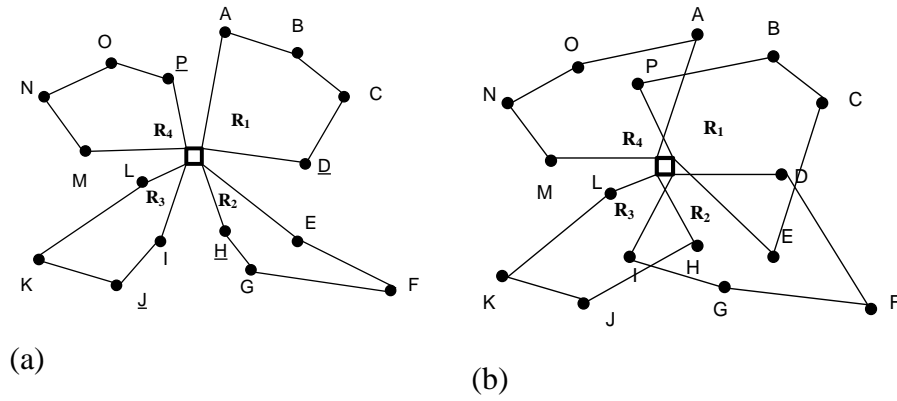
Aşama 2: Δ_{ij} matrisine göre seçilen her noktaya en yakın ikinci noktaları belirleyin.

Aşama 3: R_1 'den başlanır ve seçilen noktayı en yakın ikinci noktasiyla yeniden konumlandırın. Seçilen nokta ve ikinci noktası aynı rotadaysa, yerini değiştirmeyin. Böylece çözüm alanını çok fazla geliştirmeyi önleyebiliriz.

Aşama 3': Yer değiştirirken, $\bar{C}_k = C_k + d_j$ kapasitesi kontrol edilmelidir.

Aşama 4: Aşama 1 de seçilen tüm noktalar için Aşama 2 ve 3 tekrarlanır.

Yer değiştirme prosedürü Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'in (a) kısmında D, H, J ve P noktaları rastgele seçilmiştir. İkinci sırada sırasıyla E, I, H ve A bulunur. Şekil 1'in (b) kısmında, kapasite kısıtlamasının aşılmaması koşuluyla yer değiştirmeden sonra bize komşu bir çözüm gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Yer Değiştirme

Ayrıca, önerilen algoritmada döngüyü önlemek için bir hareket listesi vardır. Bu liste, son yinelemelerde bunlardan biri kullanılıyorsa, birkaç yineleme için bazı özel çözüm kümelerinin kullanılmasını yasaklar. Bu nedenle, arama yerel optimum noktaların etrafında dolaşmaz. Listenin boyutunu deneysel olarak belirlemeyi tercih ettik.

Son olarak, önerilen algoritmanın her bir yinelemesinde, iki rotayı ayrı rotalarda bırakmak yerine aynı rotada sunarak gerçekleştirilebilir, çözümü geliştirmek için uygulanır ve yeni bir çözüm olarak tabu olmayan bir çözüm seçilir. Bir ilk çözelti adımları belirlendikten sonraki algoritma, kodlarla Şekil 3.2.'de özetlenebilir (Kır ve diğerleri, 2017).

```

while ( $F = F_0$  and  $k = 1$ )
   $F^* = F_k$ 
  if (İçermez ise ( $F^*$ , tabu list) ve içermez ise (değişiklik listesi)) or ( $F^* > F_{best}$ )
     $c(F^*) = k \times \text{Kapasite ihlali}$ 
    if ( $c(F^*) < c(F)$ )
      set  $F = F^*$  and  $c(F) = c(F^*)$ 
      Güncelleme (frekans matrisi, tabu listesi, değişiklik listesi, değişiklik matrisi,  $k$ )
    end
    if ( $F > F_{best}$  ve  $s$  uygun)
       $F_{best} = F$ 
    end
  end
return ( $F_{best}$ )

```

Şekil 3.2. Önerilen Algoritmanın Kodları

BÖLÜM 4. UYGULAMA

4.1. Problemin Tanımı

Bu çalışmada, ana depo ve çok sayıda dağıtım merkezi bulunmaktadır. Herhangi bir belirsizlik bulunmadığından dolayı Clarke ve Wright algoritması ve uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma uygulanmıştır. Amacımız araçların toplam kat ettiği mesafeyi en aza indirmektir.

Uygulama yapılan firma, Gebze’de faaliyet gösteren bir boya fabrikasıdır. Boya Fabrikası 1985 yılında kurulmuş olup, o yıldan itibaren boya üretimi yapmaktadır. Problem için fabrikanın iki örnek deposu ele alınmıştır. Tablo 4.1.’de örnek iki ana deponun kapsadığı iller gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Trabzon ve Afyon deponun dağıtım listesi

Depo Yerleri	Kapsadığı İller
Trabzon Depo	Trabzon-Giresun-Rize-Gümüşhane-Bayburt-Ordu-Artvin-Erzurum-Erzincan-Ağrı-Ardahan-Kars-Iğdır
Afyon Depo	Afyon-Eskişehir-Kütahya-Uşak-İsparta-Denizli-Burdur-Konya

Afyon deposunun dağıtım ürünleri, Afyon hattından Konya hattına kadar olan güzergâhta yapılmaktadır. Bu hatta boya fabrikasının müşterilere dağıtım yaptığı toplam 400 adet müşterisi mevcuttur. Afyon depo yedi bölgeye ayrılmıştır. Bölgelerden sorumlu satış temsilcileri çalışmaktadır. Bu satış temsilcilerinin görevi sipariş aldıkları ürünler için müşterilerden talepleri toplamak ve ödeme işlemlerini almaktır.

Trabzon deposunun dağıtım ürünleri, Trabzon hattından Iğdır hattına kadar olan güzergâhta yapılmaktadır. Bu hatta boya fabrikasının müşterilere dağıtım yaptığı toplam 360 adet müşterisi mevcuttur. Trabzon depo on iki bölgeye ayrılmıştır.

Bölgelerden sorumlu satış temsilcileri çalışmaktadır. Bu satış temsilcilerinin görevi sipariş aldıkları ürünler için müşterilerden talepleri toplamak ve ödeme işlemlerini almaktır. Şubat, Mart, Nisan aylarının 2018 tarihinde satış temsilcilerinin topladığı veriler kullanılarak, dağıtım rotası bulunmuştur

4.2. Problemin Çözümü

Bu çalışma kapsamında ele alınan problemin çözüm aşamaları Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Problemin Çözüm Aşamaları

Aşamalar	Yapılan İşlemler
1	Mesafe matrisi (Depo ve müşteri arası uzaklık km hesaplanması)
2	Rotaların Clarke ve Wright tasarruf algoritması ile hesaplanması
3	FRIEDMAN testi

Aşama 1: Tasarruf algoritmasını uygulamak için, depo ve müşteri arası uzaklık km hesaplanması Google Mapsden bulunmuştur.

Afyon bölgesindeki Afyon hattından Konya hattına kadar olan 0 ile başlayan M1,M2...M13 ile biten müşteriler alınmıştır. Hat üzerinde aynı şehirde birkaç müşteriye uğranabilir. Tablo 4.3.'de Afyon depo ve müşterilerinin bir günlük mesafe matrisi verilmiştir.

Tablo 4.3. Afyon depo ve müşterilerinin bir günlük mesafe matrisi(km)

Depo ve Müşteriler	0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
0	-													
M1	134	-												
M2	148	280	-											
M3	141	274	28,5	-										
M4	66,7	180	166	160	-									
M5	148	280	0,22	28,6	166	-								
M6	135	5,3	282	276	184	282	-							
M7	123	97,6	260	254	129	260	101	-						
M8	132	265	62,3	34,8	126	62,5	267	234	-					
M9	123	97,1	260	254	129	261	102	0,7	268	-				
M10	22,5	113	167	163	88,3	168	114	132	154	131	-			
M11	105	5,2	54,2	65,7	183	54,4	1,1	103	78,6	101	115	-		
M12	116	0,55	279	289	194	295	15,6	112	280	112	127	14,5	-	
M13	136	5,4	283	277	185	283	1,3	102	268	102	115	0,5	14,8	

Google Inc. Afyon depo ve müşterilerinin mesafe matrisleri oluşturulmuştur. Uzaklık matrisleri Ek de mevcuttur. (EK-A, Ek-B, Ek-C, Ek-D,Ek-E

Aşama 2: Tasarruf algoritmasını uygulamak için birinci aşama Tablo 4.3.'de depo ve müşterilerin mesafe matrisi belirlenmiştir. Ayrıca her bir müşterinin talep miktarları da listelenmiştir. Tablo 4.4.'de Müşterilerin sayısı ve talep verileri bulunmaktadır.

Tablo 4.4. Afyon depo bir günlük müşteri sayısı ve talep miktarı (Adet)

Müşteri Sayısı	Talep(adet)
M1	1880
M2	4116
M3	29
M4	5016
M5	75
M6	2328
M7	3571
M8	144
M9	9
M10	92
M11	577
M12	382
M13	297

Tablo 4.3.'de Km hesapları alınarak tasarruf algoritması ile çözüm için $S_{ij}=C_{oi}+C_{oj}-C_{ij}$ formülüne göre oluşturulan tasarruf matrisi uygulanmıştır. Depo ve noktaların mesafe matrisinde M1,M2...M13 müşteri bulunduğundan $1 \leq i \leq j < 13$ durumu için, tüm (i, j) çiftleri için tasarruflar hesaplanır. Tablo 4.5.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Afyon Deposunun bir günlük tasarruf matrisinin hesaplanması

$S(1, 3) = C_{01} + C_{03} - C_{1,3} =$	$134 + 141 - 274 = 1$
$S(1,4) = C_{01} + C_{04} - C_{1,4} =$	$134 + 66,7 - 180 = 21$
$S(1,5) = C_{01} + C_{05} - C_{1,5} =$	$134 + 148 - 280 = 2$
$S(1,6) = C_{01} + C_{06} - C_{1,6} =$	$134 + 135 - 5,3 = 264$
$S(1,7) = C_{01} + C_{07} - C_{1,7} =$	$134 + 123 - 97,6 = 159$
$S(1,8) = C_{01} + C_{08} - C_{1,8} =$	$134 + 132 - 265 = 1$
$S(1,9) = C_{01} + C_{09} - C_{1,9} =$	$134 + 123 - 97,1 = 160$
$S(1,10) = C_{01} + C_{10} - C_{1,10} =$	$134 + 22,5 - 113 = 44$
$S(1,11) = C_{01} + C_{11} - C_{1,11} =$	$134 + 105 - 5,2 = 234$
$S(1,12) = C_{01} + C_{12} - C_{1,12} =$	$134 + 116 - 0,55 = 249$
$S(1,13) = C_{01} + C_{13} - C_{1,13} =$	$134 + 136 - 5,4 = 265$

Afyon Deposunun bir günlük tasarruf matrisi Tablo 4.6.'da mevcuttur. Hesaplanan günlerin Tasarruf matrisleri Ek-A, Ek-B, Ek-C, Ek-D ve Ek-E de yer almaktadır.

Tablo 4.6. Afyon Deposunun bir günlük tasarruf matrisi

Depo ve Müşteriler	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
M1	-												
M2	1	-											
M3	21	260	-										
M4	2	49	48	-									
M5	264	296	261	49	-								
M6	160	1	0	18	1	-							
M7	1	11	10	61	11	157	-						
M8	160	218	239	73	217	0	21	-					
M9	44	11	10	61	10	156	245	0	-				
M10	234	4	0	1	2,5	43	13	1	14	-			
M11	249	199	180	0	199	239	125	158	127	12	-		
M12	2645	0	0	0	0	235	127	0	127	11	206	-	
M13	1	2	0	0	0	2	0	1	2	2	0	0	-

Tablo 4.6.'da değerler büyükten küçüğe sıralanarak rotalar oluşturulur. Oluşturulan bu rotalara müşteriler atanır. Müşterilerin taleplerine göre aracın kapasitesini aşmayacak şekilde iterasyona devam edilip en yüksek tasarruf ile yeni bir rota ile birleştirilir. Araç kapasitesini aşana kadar iterasyona devam edilir. Araç kapasitesini aştığında ikinci araca geçilir.

Tablo 4.6.'nın İlk adımında, en büyük tasarruf 296 dır. 2. ve 6. müşteri rotaları birleştirilir. $4.116+2.328=6.444$ araç kapasitesi '4.100' olduğu için 'Araç Kapasitesini Aşar' ibaresi verilir.

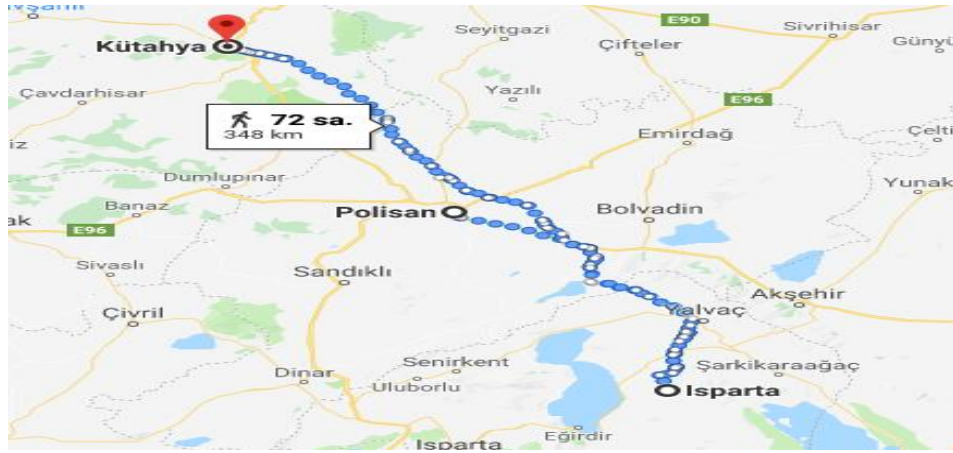
Sonraki en büyük tasarruf olan 265, 1. ve 13. müşteri rotaları birleştirilir. $1880+297=2.177$ (2 ton 177) kilo araç kapasitesi 4.100 den küçüktür. Böylece 1,13 no'lu müşterilerin bulunduğu rota birleştirilir.

1.ROTA [M1, M13, M12, M3, M9, M11, M5, M8, M10]

Böylece bir guruba bir araç atanmaktadır. Tasarrufların sıralaması önemli değildir. Hesaplama da değişiklik yaratmamaktadır. Aynı hatta olan müşteriler değerlendirmeye

katılmaz ve itersayona devam edilir. Müşterilerin talepleri karşılanana kadar itersayona devam edilir. İtersayonda araç kapasitenin aşıldığı durumlarda rota birleştirilmesine katılmaz ve 'Araç kapasitesini aşar' şeklinde belirtilir.

Optimize Edilmiş 1.ROTA [M1, M13, M12, M3, M9, M11, M5, M8, M10] Aracın uğrayacağı hat Afyon, İsparta, Kütahya, bölgelerinin müşterileridir Milk-run Planı 875 km dir. Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Afyon deponun bir günlük Müşteri Birleştirilmesi Hattı

Tablo 4.7. Afyon Depo için günlük km ve Maliyet Hesabı

Gün	Araç Kapasitesi (kg)	Müşteri Sayısı	Rota Mesafesi (km)	Maliyet (TL)
1.02.2018	4100	13	716,7	419,27
5.02.2018	4100	4	338	197,73
6.02.2018	4100	9	875	511,88
8.02.2018	4100	10	1248	730,08
9.02.2018	4100	3	322	188,37
14.02.2018	4100	5	166	97,11
15.02.2018	4100	7	549	321,17
16.02.2018	4100	6	345	201,83
19.02.2018	4100	5	476	278,46
20.02.2018	4100	8	457	267,35
21.02.2018	4100	5	237	138,65
22.02.2018	4100	2	51,6	30,19
22.02.2018	4100	4	127	74,3
26.02.2018	4100	2	115	67,28
28.02.2018	4100	2	416	243,36
1.03.2018	4100	11	703,3	411,43
2.03.2018	4100	13	979	572,72
3.03.2018	4100	13	979	572,72
5.03.2018	4100	13	1780	1.041,30
7.03.2018	4100	11	690	403,65
8.03.2018	4100	4	33,6	19,66
9.03.2018	4100	8	763	446,36
12.03.2018	4100	6	682	398,97
13.03.2018	4100	2	74,4	43,52
15.03.2018	4100	8	1335	780,98
19.03.2018	4100	4	404	236,34
20.03.2018	4100	2	122	71,37
21.03.2018	4100	4	296	173,16
22.03.2018	4100	6	367	214,7
26.03.2018	4100	7	673	393,71
27.03.2018	4100	10	1210	707,85
29.03.2018	4100	6	781	456,89
2.04.2018	4100	19	2158	1.262,43
3.04.2018	4100	14	1.415	827,78
4.04.2018	4100	2	117	68,45
5.04.2018	4100	13	946,7	553,82
6.04.2018	4100	11	1759	1.029,02
9.04.2018	4100	4	409	239,27
10.04.2018	4100	8	957	559,85
11.04.2018	4100	4	480	280,8
12.04.2018	4100	4	409	239,27
16.04.2018	4100	2	217	126,95
18.04.2018	4100	4	621	363,29
19.04.2018	4100	2	109	63,77
21.04.2018	4100	3	725	424,13
24.04.2018	4100	8	957	559,85
25.04.2018	4100	2	3,8	2,22
26.04.2018	4100	3	240	140,4
27.04.2018	4100	5	510	298,35
28.04.2018	4100	4	616	360,36

Trabzon bölgesindeki Trabzon hattından İğdır hattına kadar olan 0 ile başlayan M14,M15...M27 ile biten müşteriler alınmıştır. Hat üzerinde aynı şehirde birkaç müşteriye uğranabilir. Tablo 4.8.'de Deponun ve müşterinin birbirlerine ait uzaklıkları verilmiştir.

Tablo 4.8. Trabzon Depo ve müşterilerinin bir günlük mesafe matrisi

Depo ve Müşteriler	0	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27
0	-														
M14	28	-													
M15	14	16	-												
M16	25	50	17	-											
M17	30	3	17	51	-										
M18	28	1	15	49	2	-									
M19	16	21	3	36	15	13	-								
M20	16	13	2	363	16	14	1	-							
M21	80	105	89	56	108	105	92	92	-						
M22	12	17	17	33	20	17	4	3	88	-					
M23	29	9	15	49	2	4	12	13	105	16	-				
M24	8	21	5	29	24	21	8	7	84	4	22	-			
M25	15	15	2	36	17	15	2	2	91	3	16	7	-		
M26	24	49	34	0	52	50	37	36	5	32	50	28	36	-	
M27	16	17	2	33	20	17	4	4	88	8	18	4	3	32	-

Google Inc. Trabzon Depo ve müşterilerinin mesafe matrisleri oluşturulmuştur. Uzaklık matrisleri Ek de mevcuttur. (EK-A, Ek-B, Ek-C, Ek-D, Ek-E)

Tasarruf algoritmasını uygulamak için birinci aşama Tablo 4.8.'de depo ve müşterilerin mesafe matrisi belirlenmiştir. Ayrıca her bir müşterinin talep miktarları da listelenmiştir. Tablo 4.9.'da Müşterilerin sayısı ve talep verileri bulunmaktadır

Tablo 4.9. Trabzon Depo bir günlük müşteri sayısı ve talep miktarı (Adet)

Müşteri Sayısı	Talep (adet)
M14	2.886
M15	228
M16	356
M17	40
M18	1.301
M19	42
M20	258
M21	44
M22	9
M23	8
M24	31
M25	5
M26	95
M27	2

Tablo 4.9.'da Km hesapları alınarak tasarruf algoritması ile çözüm için $S_{ij}=C_{oi}+C_{oj}-C_{ij}$ formülüne göre oluşturulan tasarruf matrisi uygulanmıştır. Depo ve noktaların mesafe matrisinde M14,M15...M27 müşteri bulunduğundan $14 \leq i \leq j < 27$ durumu için, tüm (i, j) çiftleri için tasarruflar hesaplanır. Tablo 4.10.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.10. Trabzon Deposunun bir günlük tasarruf matrisinin hesaplanması

$S(1, 17) = C_{01} + C_{03} - C_{1,3} =$	$134 + 141 - 274 = 1$
$S(1, 18) = C_{01} + C_{04} - C_{1,4} =$	$134 + 66,7 - 180 = 21$
$S(1, 19) = C_{01} + C_{05} - C_{1,5} =$	$134 + 148 - 280 = 2$
$S(1, 20) = C_{01} + C_{06} - C_{1,6} =$	$134 + 135 - 5,3 = 264$
$S(1, 21) = C_{01} + C_{07} - C_{1,7} =$	$134 + 123 - 97,6 = 159$
$S(1, 22) = C_{01} + C_{08} - C_{1,8} =$	$134 + 132 - 265 = 1$
$S(1, 23) = C_{01} + C_{09} - C_{1,9} =$	$134 + 123 - 97,1 = 160$
$S(1, 24) = C_{01} + C_{10} - C_{1,10} =$	$134 + 22,5 - 113 = 44$
$S(1, 25) = C_{01} + C_{11} - C_{1,11} =$	$134 + 105 - 5,2 = 234$
$S(1, 26) = C_{01} + C_{12} - C_{1,12} =$	$134 + 116 - 0,55 = 249$
$S(1, 27) = C_{01} + C_{13} - C_{1,13} =$	$134 + 136 - 5,4 = 265$

Trabzon Deposunun bir günlük tasarruf matrisi Tablo 4.11.'de mevcuttur.

Tablo 4.11. Trabzon Deposunun bir günlük tasarruf matrisi

Depo ve Müşteriler	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27
M14	-													
M15	3	-												
M16	56	22	-											
M17	56	27	5	-										
M18	23	27	4	0	-									
M19	30	27	6	0	32	-								
M20	3	27	5	0	30	31	-							
M21	23	4	49	0	3	4	4	-						
M22	47	25	4	0	23	25	25	4	-					
M23	15	27	5	0	52	33	31	3	25	-				
M24	28	17	4	0	15	17	17	4	17	15	-			
M25	3	27	4	0	28	30	29	4	25	28	17	-		
M26	3	2	0	0	0	1	2	4	0	0	0	0	-	
M27	2	3	0	2	0	1	0	0	2	1	1	1	0	-

Tablo 4.11.'deki değerler büyükten küçüğe sıralanarak rotalar oluşturulur. Oluşturulan bu rotalara müşteriler atanır. Müşterilerin taleplerine göre aracın kapasitesini aşmayacak şekilde iterasyona devam edilip en yüksek tasarruf ile yeni bir rota ile birleştirilir. Araç kapasitesini aşana kadar iterasyona devam edilir. Araç kapasitesini aştığında ikinci araca geçilir.

Tablo 4.11.'in İlk adımında, en büyük tasarruf olan 55,6 olan 1. ve 4. müşteri rotaları birleştirilir. $2.886+40=2.926$ araç kapasitesi 4.100 den küçüktür. Böylece 1,4 nolu müşterilerin bulunduğu rota birleştirilir. Sonraki en büyük tasarruf olan 55,6, 1 ve 5 no'lu müşterilere eklenmiştir. $2.926+1.301,97=4.227,97$ araç kapasitesi '4.100' olduğu için araç kapasitesini aşar ibaresi verilir

1.ROTA [M14, M17]

Böylece bir guruba bir araç atanmaktadır. Tasarrufların sıralaması önemli değildir. Hesaplama da değişiklik yaratmamaktadır. Aynı hatta olan müşteriler değerlendirmeye katılmaz ve iterasyona devam edilir. Müşterilerin talepleri karşılanana kadar

itersayona devam edilir. İtersayonda araç kapasitenin aşıldığı durumlarda rota birleştirilmesine katılmaz ve ‘Araç kapasitesini aşar ’ şeklinde belirtilir.

Optimize Edilmiş 1.ROTA [M14, M17] Aracın uğrayacağı hat Trabzon, Akçaabat, Yomra bölgelerinin müşterileridir Milk-run Planı. 108 km dir.

2.ROTA [1.4.3.9.10.6.11.7.8.13.12.2] , rotası Milk-run Planı. 370 km dir. Aracın uğrayacağı HAT Trabzon depodan başlayıp, Yomra, Araklı, Akçaabat, bölgelerinin müşterileridir.

Hesaplanan tasarruf adımları sonucunda Optimize Edilmiş Milk-run Planının km ve rota bilgileri Tablo 4.12.’de verilmiştir.

Tablo 4.12.’de verilen km bilgileri ile Yapılan optimizasyon sonucunda 4 ton 100 kg’lık aracın maliyet hesaplaması; 108 km de 95,12 litre yakıtla 63,18 TL ye gitmiştir. Üç Şubat, Mart, Nisan Ayında ürün sevkiyatı yapan araçlar toplamda 21.936 km yol katederken harcadığı yakıt maliyeti 13.652,36 TL’dir. Hesaplamalara göre Kilometre başına yakılan litre ücreti 0,6799 dir. Toplam mesafe ve maliyetlendirme Tablo 4.18.’de verilmiştir.

Tablo 4.12. Trabzon Depo için günlük km ve Maliyet Hesabı

GÜN	Araç Kapasitesi(KG)	Müşteri Sayısı	Rota Mesafesi (km)	Maliyet TL
1.02.2018	4100	9	108	63,18
2.02.2018	4100	14	370	216,45
5.02.2018	4100	8	644	376,74
6.02.2018	4100	15	268	156,78
7.02.2018	4100	6	794	464,49
8.02.2018	4100	3	102	59,67
9.02.2018	4100	5	420	245,7
12.02.2018	4100	4	477	279,05
13.02.2018	4100	4	508	297,18
14.02.2018	4100	7	1.238	724,23
15.02.2018	4100	3	32	18,14
16.02.2018	4100	3	108	63,18
19.02.2018	4100	8	1.252	732,42
20.02.2018	4100	4	265	155,03
21.02.2018	4100	2	7	4,15
22.02.2018	4100	3	262	153,27
23.02.2018	4100	2	198	115,83
27.02.2018	4100	4	645	377,33
28.02.2018	4100	2	108	63,18
1.03.2018	4100	9	1502	878,67
2.03.2018	4100	2	52,6	30,77
5.03.2018	4100	4	137	80,15
6.03.2018	4100	3	176	102,96
7.03.2018	4100	5	533	311,81
8.03.2018	4100	2	201	117,59
9.03.2018	4100	2	18,6	10,88
12.03.2018	4100	6	1187	694,4
14.03.2018	4100	2	62,6	878,67
15.03.2018	4100	4	343	36,62
16.03.2018	4100	5	737	200,66
19.03.2018	4100	4	413	431,15
20.03.2018	4100	4	609	241,61
21.03.2018	4100	2	20,2	356,27
23.03.2018	4100	2	64,2	11,82
26.03.2018	4100	5	561	37,56
27.03.2018	4100	4	950	328,19
28.03.2018	4100	3	131	555,75
29.03.2018	4100	5	442	76,64
30.03.2018	4100	3	33,1	258,57
2.04.2018	4100	2	30,2	19,36

Tablo 4.12. (Devamı)

3.04.2018	4100	5	550	17,67
4.04.2018	4100	2	80,8	321,75
5.04.2018	4100	4	274	47,27
6.04.2018	4100	2	38,8	160,29
9.04.2018	4100	5	770	22,7
10.04.2018	4100	2	132	450,45
11.04.2018	4100	7	1310	77,22
12.04.2018	4100	3	224	766,35
13.04.2018	4100	2	40	131,04
16.04.2018	4100	3	117	23,4
17.04.2018	4100	5	653	68,45
18.04.2018	4100	4	341	382,01
19.04.2018	4100	5	314	199,49
20.04.2018	4100	2	62	183,69
24.04.2018	4100	5	427	36,27
25.04.2018	4100	2	117	249,8
26.04.2018	4100	3	228	68,45
27.04.2018	4100	2	148	133,38

Boya fabrikasının ele alınan Afyon ve Trabzon depolarının tasarruf algoritması ile bulunan toplam mesafe(km) ve maliyet hesaplamaları ile mevcut fabrikanın km ve maliyet hesaplamaları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.13. Afyon depo tasarruf algoritması ve mevcut fabrikanın sonuçları (km)

Talepler	Tasarruf ile bulunan toplam mesafe (km)	Tasarruf ile bulunan (km) hesabına göre maliyet	Toplam mesafe (km)	Firma (km) hesabına göre maliyet	Uyarlanmış Yerel Aramalı 2opt Sez. Alg. ile bulunan toplam mesafe (km)	Uyarlanmış Yerel Aramalı 2opt Sez. Alg. ile bulunan (km) hesabına göre maliyet
1	716,7	419,27	731,7	428,04	1078	630,63
2	338	173,16	306	179,01	625	365,63
3	875	511,88	900	526,5	875	511,00
4	1248	730,08	1280	748,8	350	204,75
5	322	188,37	367	214,7	367	386,10
6	166	97,11	191	111,74	350	204,75
7	549	321,17	580	339,3	704	411,26
8	345	201,83	407	238,1	671	392,54
9	476	278,46	551	322,34	183	107,06
10	457	406	472	425	910	535,86
11	237	30,19	255	48,91	126	74,295
12	51,6	74,3	83,6	81,32	115	67,99
13	127	67,28	139	74,88	463	270,00
14	115	243,36	128	267,93	464	271,96
15	358	411,43	393	455,31	736	500,00
16	605	572,72	670	579,74	690	469,13
17	842	572,72	852	582,66	840	570,00
18	842	1.041,30	857	1.077,57	1475	1.000,00
19	1535	403,65	1580	447,53	912	619,39
20	592	19,66	657	28,43	50	34,00
21	29	446,36	42	470,93	590	400,00
22	655	398,97	692	417,69	557	378,70
23	588	43,52	614	87,4	60	40,79
24	64	780,98	128	789,75	310	209,41
25	1149	236,34	1159	260,91	815	557,52
26	347	71,37	385	90,09	125	85,00
27	106	173,16	133	200,07	250	170,00
28	255	214,7	300	223,47	122	82,95
29	315	393,71	330	418,28	660	457,57
30	580	707,85	615	726,57	1019	700,00
31	1050	456,89	1073	475,61	450	305,28
32	671	1.262,43	700	1.271,21	870	591,51
33	1860	827,78	1860	852,35	980	703,70
34	1.200	68,45	1255	87,17	148	100,00
35	101	553,82	128	590,09	620	426,98
36	813	1.029,02	869	1.034,87	840	571,12
37	1512	239,27	1498	248,04	290	200,00
38	352	559,85	365	570,96	618	422,90
39	823	280,8	976	295,43	405	273,32
40	412	239,27	433	252,14	600	407,94
41	352	126,95	372	162,05	449	305,28
42	185	363,29	239	383,18	380	259,72
43	580	63,77	564	105,3	500	337,23
44	94	424,13	153	431,15	600	407,94
45	624	559,85	635	568,62	520	371,91
46	823	67,99	835	72	80	54,39
47	3,8	140,4	107	164,97	241	163,18
48	207	298,35	245	307,13	400	271,96
49	439	360,36	452	369,72	530	360,36
Toplam:	27517	18.153,57	29101,3	19.104,96	26013	17.242,96

Tablo 4.14. Trabzon depo tasarruf algoritması mevcut fabrikanın sonuçları (km)

Talepler	Tasarruf ile bulunan toplam mesafe (km)	Tasarruf ile bulunan (km) hesabına göre maliyet	Toplam mesafe (km)	Firma (km) hesabına göre maliyet	Uyarlanmış Yerel Aramalı 2opt Sez. Alg. ile bulunan toplam mesafe (km)	Uyarlanmış Yerel Aramalı 2opt Sez. Alg. ile bulunan (km) hesabına göre maliyet
1	108	63,18	124	84,83	108	63,18
2	370	216,45	425	248,63	225	131,63
3	644	376,74	720	421,2	634	370,00
4	268	156,78	258	175,5	309	180,18
5	794	464,49	790	468	685	400,00
6	102	59,67	110	64,35	86	50,00
7	420	245,7	383	260,33	420	245,70
8	477	279,05	423	287,82	477	279,05
9	508	297,18	447,16	304,2	359	210,00
10	1.238	724,23	1.400	819	1.200	700,00
11	86	50,56	104	60,72	78	45,00
12	108	63,18	109	64,35	108	63,18
13	1.252	732,42	1.200	734,18	845	494,33
14	265	155,03	240	160,88	217	126,00
15	68	46	10	60	59	40,00
16	226	153,27	235	157,95	226	157,95
17	170	115,83	194	117	398	270,27
18	555	377,33	605	409,5	544	370,00
19	92	63,18	94	64,35	73	50,00
20	1292	878,67	1370	936	740	505,17
21	45	30,77	52,6	38,03	67	45,55
22	117	80,15	125	87,75	384	261,76
23	150	102,96	176	114,08	367	248,16
24	450	311,81	533	333,45	480	326,35
25	175	117,59	185	128,7	165	112,00
26	148	100	192	130	105	71,39
27	1026	694,4	940	643,5	320	218,25
28	1300	878,67	1125	760,5	1290	877,00
29	60	36,62	52	36,27	54	36,00
30	295	200,66	320	200,66	213	144,14
31	632	431,15	620	438,75	328	223,69
32	360	241,61	340	241,61	806	548,68
33	520	356,27	538	362,7	870	596,95
34	104	70	147	100	90	60,00
35	55	37,56	55	38,61	75	51,67
36	480	328,19	450	328,77	450	300,00
37	820	555,75	800	558,68	960	651,34
38	112	76,64	116	79,56	89	60,00
39	380	258,57	390	263,25	535	363,75
40	90	60	89	60	75	50,00
41	148	100	178	120	118	80,00
42	472	321,75	520	351	640	436,50
43	70	47,27	80	58,5	60	40,00
44	236	160,29	238	161,46	267	181,53
45	148	100	180	120	118	80,00
46	663	450,45	620	462,15	730	497,69
47	110	77,22	110	79,56	75	50,00
48	1100	766,35	1200	830,7	818	556,84
49	193	131,04	270	187,2	192	130,00
50	60	40	68	46,8	65	44,87
51	101	68,45	100	67,28	226	153,66
52	370	250	570	380,25	369	250,00
53	294	199,49	292	198,9	382	259,72
54	270	183,69	270	187,2	496	337,23
55	54	36,27	70	46,8	65	44,87
56	368	249,8	390	263,25	295	200,00
57	102	68,45	135	81,9	138	93,15
58	200	133,38	260	175,5	191	130,00
59	127	86,58	138	93,6	118	80,00
Toplam:	21448	13958,79	22175,76	14755,71	20877	13644,37

Tablo 4.13.'de Afyon depo için Clarke ve Wright algoritmasını uyguladığımızda elde ettiğimiz sonucun ortalamasının 370,48 km, firma verilerinin ortalaması ise 389,90 km uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritmanın 351,90 km olduğunu görüyoruz. Tablo 4.14.'de sonuçların ortalamasına baktığımızda Trabzon depo hattındaki geçmiş verilerinin ortalaması 250,10 km dir. Clarke ve Wright algoritması 236,59 km uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma 231,26 km olduğunu görüyoruz. Afyon ve Trabzon deposunun maliyeti firmanın km hesabının maliyetine göre daha azdır. Önerilen uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma yöntemi bu durumda da mevcut yönteme göre %5,27 azalarak daha iyi sonuç vermiştir diyebiliriz.

4.3. Sonuçların Friedman Testi İle Yorumlanması

Bu çalışmada;

Afyon depo ve Trabzon deponun sonuçlarını istatistiksel olarak doğrulamak için, Friedman testini 0,05 anlamlılık düzeyinde yapılan çoklu karşılaştırma çalışması için uyguladık. İlk olarak Afyon depo için sıfır hipotez

H₀: “Clarke ve Wright tasarruf algoritması ve uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma sonucunda bulduğumuz sonuç ile firma verileri arasında performans farkı yoktur” ve alternatif bir hipotez

H_a: “Clarke ve Wright tasarruf algoritması ve uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma sonucunda bulduğumuz sonuç ile firma verileri arasında performans farkı vardır”

Şeklinde tanımlanmıştır. Tablo 4.13 Friedman test sonuçlarını göstermektedir. Friedman test ($p \leq 0.05$), bu nedenle sıfır hipotezi reddedilebilir. Bu durumda, sonuçların ortalamasına baktığımızda Afyon depo hattındaki geçmiş verilerinin ortalaması 389,90 km dir. Clarke ve Wright algoritması uygulaması ile elde edilen sonucun 370,48 km ve uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma uygulaması

ile elde edilen sonucun ise 351,90 km olduğunu görüyoruz. Bu durumda uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma uyguladığımızda daha iyi sonuçlar elde ettiğimizi söyleyebiliriz.

Tablo 4.15. Friedman istatistiği_Afyon

Total N	49
Chi-Square	29,426
df	2
p-value	0.0000

Trabzon depo için sıfır hipotez

H_0 : “Clarke ve Wright tasarruf algoritması ve uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma sonucunda bulduğumuz sonuç ile firma verileri arasında performans farkı yoktur” ve alternatif bir hipotez

H_a : “Clarke ve Wright tasarruf algoritması ve uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma sonucunda bulduğumuz sonuç ile firma verileri arasında performans farkı vardır”

Şeklinde tanımlanmıştır. Tablo 4.14 Friedman test sonuçlarını göstermektedir. Friedman test ($p \leq 0.05$), bu nedenle sıfır hipotezi reddedilebilir. Bu durumda, sonuçların ortalamasına baktığımızda Trabzon depo hattındaki geçmiş verilerinin ortalaması 250,10 km dir. Clarke ve Wright algoritması uygulaması ile elde edilen sonucun 236,59 km ve uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma uygulaması ile elde edilen sonucun ise 231,26 km olduğunu görüyoruz. Bu durumda uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma uyguladığımızda daha iyi sonuçlar elde ettiğimizi söyleyebiliriz.

Tablo 4.16. Friedman istatistiği_Trabzon

Total N	59
Chi-Square	30,555
df	2
p-value	0.0000

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tedarik zinciri yönetimi doğru ürünün doğru zamanda tedarik edilmesine, doğru miktarda üretimine ve doğru lokasyona ulaştırılmasına odaklanır; zincirin tüm halkalarında, rekabet avantajı sağlayacak ve katma değer yaratacak süreçleri geliştirmeyi hedefler.

Araç Rotalama Problemi, gerçek hayatta her alanda karşılaşılan bir problemdir. Ticaretin başlamasından beri ürünlerin belirli bir yerden başka bir yere taşınması, dünya ekonomisi açısından çok önemli bir yere sahiptir. Bu problemin çözülmesi için araştırmacılar yıllardır çalışmalarını sürdürmektedirler. Bu sebepten dağıtım sisteminde yapılan ufak bir geliştirme, tatmin edici bir maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Dağıtım merkezinin yeri ve dağıtımın yapılacağı müşteriler, dağıtım sisteminin iki parçasını oluşturmaktadır. Dağıtım problemi dağıtım rotalarının belirlenmesi ve optimize edilmesi ile ilgilidir.

Bu çalışmada boya sektöründe hizmet veren bir işletmenin günlük taleplerinin karşılanabilmesi için araç rotalarının belirlenmesi problemi ele alınmıştır. Bu problem kapasite kısıtlı ARP'dir. Araçların hepsi maksimum dört ton yüz kilo kapasitelidir. Bu ele alınan kapasite kısıtlı ARP, ürünlerin dağıtım yapılacağı günlere göre ayrılmaktadır. Afyon ve Trabzon bölgesinde birbirlerine yakın olan müşteriler gruplanmıştır. Bölgeye ayrılan müşteriler de kendi arasında birbirlerine olan uzaklıklarına göre sıralanmıştır. Dağıtım yapılırken birinci bölgedeki ilk müşteriden başlanarak sırayla bütün müşteri talepleri karşılanmaktadır. Clarke ve Wright tasarruf algoritması, uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma ve firmadan alınan gerçek sonuçlar FRIEDMAN testi yardımıyla karşılaştırılmıştır.

FRIEDMAN testi sonuçlarını incelediğimizde uyarlanmış Yerel Aramalı 2-opt Sezgisel Algoritma daha iyi bir sonuç çıkardığını görmekteyiz.

Bu çalışmada ele alınan problemde ürünlerin teslim zamanı ile ilgili kısıt dikkate alınmamıştır. Bundan sonraki çalışmamıza bu kısıtın da eklenmesi düşünülmektedir. Ayrıca bu problemde ürün dağıtımını yapan araçların sayısı sınırsız olarak ele alınmıştır. Zaman kısıtına ilave olarak araç sayısının sabit tutulması kısıtı da modele eklenebilir. Böylece ele alınan problemin gerçek hayat problemlerine yaklaştırılması düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Aydemir, E. (2006). Esnek Zaman Pencerele Araç Rotalama Problemi ve Bir Uygulama. Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [2] Bayzan, S. Çetin, M. & Ugur, A. (2002). "Araç rotalama probleminde araç rotalarının tespitinde en kısa yol yaklaşımı: Denizli örneği". Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi.
- [3] Boğ, S. (2006). "Algorithms for the vehicle routing problem with time windows and the location-routing problem". Yüksek Lisans Tezi, Koç University Graduate School of Sciences and Engineering, İstanbul-Türkiye,, 3-8.
- [4] Chao, I.-M., Golden, B., & Wasil, E. (1999). "A computational study of a new heuristic for the site-dependent vehicle routing problem". Infor Journal, 37(3):, 19-36.
- [5] Crevier, B., Cordeau, J., & Laporte, G. (2007). The Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Inter-Depot Routes. European Journal of Operational Research, 176:, 756-773.
- [6] Demirok, E. (2007). "Vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick up and intermediary delivery". İstanbul, Türkiye: Graduate School of Engineering and Natural Sciences of Sabancı University, Yüksek Lisans Tezi.
- [7] Düzakın, E., & Demircioğlu, M. (2009). Araç Rotalama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri. Çukurova Üniversitesi, İİBF Dergisi 13s, 68-67.
- [8] Ekizler, H. (2011). Araç Rotalama Probleminin Çözümünde Karınca Kolonisi Optimizasyonu Algoritmasının Kullanılması,. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [9] EroL, V. (2006). Araç Rotalama Problemleri İçin Popülasyon ve Komşuluk Tabanlı Metasezgisel Bir Algoritmanın Tasarımı ve Uygulaması,. Yıldız Teknik Üniversitesi, Sistem Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Sabancı Kütüphanesi, İstanbul.
- [10] Gaskell, T.J., (1967). Basis For Vehicle Fleet Scheduling. Opl. Res. Q. , 281.

- [11] Yellow, P., (1970). A Computational Modification To The Savings Method Of Vehicle Scheduling. *Operational Research Quarterly*, Vol. 21, 281.
- [12] Rand, G.K., (2009). The life and times of the Savings Method for Vehicle Routing Problems. *Orion Volume 25 (2)*, pp. 125–145.
- [13] Pan, L., (2015). Cutting Plane Method. *The Chinese University of Hong Kong, Operations Research and Logistics Jan.* 20.
- [14] Altinel İ. K., Öncan T. (2005), “A New Enhancement of the Clarke and Wright Savings Heuristic for the Capacitated Vehicle Routing Problem”, *Operational Research Society*, c. 56, sf. 954-961
- [15] Cordeau, J.F., Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J.Y., Semet, F., (2002). A Guide to Vehicle Routing Heuristics. *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 53, No. 5 pp. 512-522.
- [16] Clarke, G., Wright, J.W., (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. *Operations Research*, Vol. 12, pp. 568-581
- [17] Dorigo, M., Maniezzo, V., Colorni, A., (1991). Positive Feedback as a Search Strategy. *Technical Report N. 91-016*, Politecnico di Milano.
- [18] Renaud, J., Boctor, F.F., Laporte, G., (1996). An Improved Petal Heuristic for the Vehicle Routing Problem. *Journal of Operational Research Society*, c. 47, sf. 329-336.
- [19] Gillett, B.E., Miller, L.R., (1971). A Heuristic Algorithm For the Vehicle Dispatch Problem. *Operation Research*, vol. 22: 340-349
- [20] Lysgaard J., (1997). Clarke & Wright's Savings Algorithm. Department of Management Science and Logistics, The Aarhus School of Business, Fuglesangs Allé 4, DK-8210 Aarhus V, September
- [21] Fisher, M.L., Jaikumar, R., (1981). A Generalized Assignment Heuristic For Vehicle Routing. *Networks* 11, 109-124.
- [22] Laporte, G., SEMET, F., Classical Heuristics for the Vehicle Routing Problem, *Les Cahiers du GERAD*, G-98- 54, Canada, 1999.
- [23] GerdaN, O. (2007). “Müşteriler arası malzeme akışlı eş zamanlı dağıtım-toplama yapılan araç rotalama problemi ve sezgisel çözümü”. *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 6-7.
- [24] Oropeza, A., Cruz-Chávez, M., & Martín H., C.-R. (2012). Unsupervised Clustering Method for the Capacitated Vehicle Routing Problem, *Ninth Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference*. Mexico.

- [25] Yılmaz, Ş., Çok Depolu Araç Rotalama Probleminin Karınca Kolonisi Optimizasyonu ile Modellenmesi ve Bir Çözüm Önerisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008.
- [26] Langevin, A. & Soumis, F. (1989). Design of multiple-vehicle delivery tours satisfying timeconstraints. *Transportation Research Part B*, Vol. 23, No. 2, April 1989, 123-138, ISSN:0191-2615
- [27] Kurt, M. (2008). Çoklu Depolu Araç Rotalama Problemleri için Bir Karınca Kolonisi Optimizasyonu Algoritmasının Tasarımı ve Uygulaması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,
- [28] Gencer, C., & Eryavuz, M. (2001). Araç Rotalama Problemine ait bir Uygulama. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- [29] Toth, P., Vigo, D., An Overview of Vehicle Routing Problems-Chapter 1, The vehicle routing problem, SIAM, Philadelphia, pp.1-26, 2002.
- [30] Demircioğlu, M., Araç Rotalama Probleminin Sezgisel Bir Yaklaşım ile Çözülmesi Üzerine Bir Uygulama, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2009.
- [31] Kır, S.H.R. Yazgan, E. Tüncel - A Novel Heuristic Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problem - *Journal of Industrial Engineering International* - 2017

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0														
1	134													
2	148	280												
3	141	274	29											
4	67	180	166	160										
5	148	280	0	29	166									
6	135	5	282	276	184	282								
7	123	98	260	254	129	260	101							
8	132	265	62	35	126	63	267	234						
9	123	97	260	254	129	261	102	1	268					
10	23	113	167	163	88	168	114	132	154	131				
11	105	5	54	66	183	54	1	103	79	101	115			
12	116	1	279	289	194	295	16	112	280	112	127	15		
13	136	5	283	277	185	283	1	102	268	102	115	1	15	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0											
1	134										
2	139	274									
3	133	2	272								
4	136	3	275	4							
5	137	4	276	4	1						
6	134	1	273	1	3	3					
7	133	2	376	0	4	4	1				
8	136	4	272	5	2	2	1	239			
9	130	5	269	4	7	7	4	236	3		
10	133	227	125	226	228	228	226	389	225	223	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	114					
2	101	198				
3	133	246	78			
4	132	245	77	1		
5	171	209	126	197	198	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	102					
2	100	2				
3	101	3	2			
4	96	7	1	7		
5	88	161	159	160	161	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0										
1	112									
2	148	129								
3	139	31	161							
4	114	2	132	31						
5	148	131	1	162	132					
6	113	2	132	30	1	133				
7	0	111	147	139	113	147	112			
8	113	1	131	31	1	132	1	111		
9	16	127	162	155	129	162	128	17	128	

kod	0	1	2	3	4	5	6
0							
1	93						
2	132	78					
3	133	76	4				
4	138	135	65	68			
5	23	100	124	124	120		
6	133	76	5	1	69	125	
7	148	89	19	15	79	139	15

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	63					
2	100	73				
3	2	62	98			
4	100	134	10	98		
5	37	74	61	35	0	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0														
1	142													
2	89	63												
3	1	141	89											
4	22	163	110	22										
5	1	142	90	2	22									
6	139	159	120	140	158	138								
7	126	207	168	126	144	123	80							
8	125	208	169	127	145	125	82	1						
9	155	249	210	156	166	154	118	43	42					
10	111	236	184	112	122	110	110	35	34	46				

11	149	260	223	150	160	148	129	53	53	11	41			
12	88	218	165	89	100	87	133	58	57	67	23	62		
13	171	241	202	171	189	170	103	47	48	37	75	48	98	

kod	0	1	2	3
0				
1	121			
2	136	101		
3	133	98	3	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	61					
2	150	252				
3	116	106	297			
4	114	104	294	0		
5	112	102	292	0	0	

kod	0	1	2	3
0				
1	1			
2	5	5		
3	133	133	131	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0														
1	139													
2	1	139												
3	141	276	141											
4	132	68	133	274										
5	116	67	117	273	6									
6	137	72	137	278	0	5								
7	140	277	149	12	285	281	286							
8	144	279	144	25	279	274	279	37						
9	133	65	133	274	5	1	5	282	277					
10	142	277	141	0	278	273	278	12	25	276				
11	130	67	133	273	6	1	5	281	275	3	274			
12	345	461	345	378	415	0	415	388	372	419	378	416		
13	137	72	137	278	2	416	1	285	279	7	278	5	417	
14	132	256	131	35	268	263	268	25	59	266	35	263	401	268

3	373	240	241	■									
4	275	142	144	103	■								
5	311	178	179	67	36	■							
6	243	101	112	158	56	91	■						
7	134	274	283	502	409	436	375	■					
8	68	190	187	391	301	326	282	111	■				
9	267	125	129	141	39	74	25	399	293	■			
10	324	190	192	57	48	13	104	448	337	87	■		
11	269	126	137	149	47	82	27	401	301	9	96	■	
12	266	123	134	145	43	79	24	398	296	5	93	5	■

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	■									
1	152	■								
2	148	150	■							
3	139	287	243	■						
4	156	236	276	181	■					
5	113	261	218	30	187	■				
6	22	167	146	123	148	165	■			
7	145	152	0	244	276	218	148	■		
8	112	260	216	32	186	2	96	216	■	
9	142	268	290	159	34	165	148	290	164	■

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
0																											
1	84																										
2	136	209																									
3	130	203	6																								
4	152	235	143	139																							
5	102	159	75	73	204																						
6	100	158	75	74	203	3																					
7	141	74	278	271	269	233	232																				
8	167	224	94	94	233	65	67	297																			
9	136	207	2	6	143	73	74	277	297																		
10	135	208	6	6	138	78	79	276	276	7																	
11	137	204	107	6	142	75	76	274	274	2	6																
12	148	205	106	108	248	47	48	278	279	106	111	107															
13	133	206	9	3	134	77	78	274	274	9	5	9	112														
14	137	209	1	7	142	75	76	279	278	2	6	1	108	8													
15	6	90	138	147	146	103	101	146	146	137	136	138	149	134	138												
16	148	75	283	277	275	234	234	29	29	282	281	284	280	279	283	152											
17	147	205	107	108	248	47	48	278	278	106	112	107	0	112	108	149	279										
18	141	75	279	272	269	233	232	3	3	278	277	279	116	275	279	147	27	281									
19	148	75	283	277	275	235	233	29	29	282	282	283	280	279	283	153	0	280	27								
20	149	206	108	109	249	47	49	279	279	107	112	108	1	113	109	150	280	1	280	232							
21	100	158	75	73	203	2	0	230	230	74	79	76	47	78	76	101	231	48	231	231	49						
22	136	206	6	6	144	69	70	277	277	74	10	6	101	11	6	137	281	102	278	280	102	70					
23	132	204	10	6	133	78	78	273	273	10	6	10	113	1	9	133	278	113	274	278	114	79	70				
24	133	205	6	4	137	76	77	274	274	6	2	5	109	4	5	134	279	110	275	279	110	77	8	5			
25	61	113	113	109	195	51	49	186	186	112	115	113	96	114	114	63	187	97	187	187	97	49	108	114	113		
26	209	134	342	336	336	290	288	90	90	341	340	342	313	338	342	214	62	313	88	62	313	288	339	337	338	239	
27	101	158	75	73	205	2	2	231	232	74	79	75	47	78	76	102	232	47	232	232	48	2	70	78	77	50	289

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0																	
1	133																
2	113	202															
3	211	322	130														
4	114	245	132	133													
5	139	229	31	101	127												
6	113	203	1	131	133	31											
7	148	15	217	337	260	244	218										
8	96	78	134	254	193	161	136	91									
9	137	272	160	159	31	154	161	285	223								
10	60	193	159	171	64	158	160	208	156	87							
11	167	248	56	84	157	32	56	261	175	185	189						
12	142	274	164	163	34	159	165	290	227	5	92	189					
13	100	76	130	259	197	160	130	89	5	226	160	173	231				
14	109	199	36	123	98	43	36	214	131	126	130	74	130	135			
15	99	75	129	258	196	165	130	89	4	225	159	173	230	1	135		
16	79	168	34	154	124	60	35	184	101	153	128	88	157	105	30	104	

kod	0	1	2	3
0				
1	1			
2	138	137		
3	119	117	21	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0														
1	135													
2	148	3												
3	5	135	131											
4	136	3	5	136										
5	134	3	0	131	5									
6	133	2	1	132	4	1								
7	112	204	200	111	204	200	201							
8	134	3	2	133	3	2	1	202						
9	2	134	130	2	135	130	131	110	132					
10	62	184	181	63	185	181	182	99	183	61				
11	75	182	179	74	183	179	180	60	180	73	39			
12	2	133	130	2	134	130	131	108	132	1	61	73		
13	2	134	131	2	135	131	132	109	131	5	61	73	1	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0													
1	3												
2	100	95											
3	112	109	129										
4	1	2	99	110									
5	171	168	125	79	170								
6	144	147	228	158	145	235							
7	155	152	94	88	154	37	244						
8	149	146	88	98	148	48	255	11					
9	132	134	231	185	132	263	59	272	280				
10	111	108	50	80	110	75	234	46	41	242			
11	244	247	328	257	245	335	100	344	354	125	333		
12	132	134	231	186	133	263	59	272	281	4	242	126	

kod	0	1	2	3	4
0					
1	112				
2	2	109			
3	139	31	137		
4	148	131	147	162	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0									
1	22								
2	105	126							
3	34	59	82						
4	63	83	50	321					
5	133	152	72	102	81				
6	132	125	233	161	183	226			
7	129	150	24	105	73	76	256		
8	36	42	131	59	81	135	108	154	

kod	0	1	2	3	4	5	6
0							
1	90						
2	121	32					
3	121	31	1				
4	170	81	52	52			
5	257	347	378	378	427		
6	137	213	244	244	293	146	

kod	0	1	2	3	4
0					
1	112				
2	2	109			
3	139	31	137		
4	148	131	147	162	

kod	0	1	2	3	4
0					
1	89				
2	116	30			
3	197	282	310		
4	89	5	30	282	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	130					
2	129	343				
3	142	426	12,9			
4	2,2	342	109	121		
5	36,1	344	105	117	14,5	

kod	0	1	2	3	4	5
0						

1	48					
2	126	173				
3	118	164	53			
4	365	371	342	292		
5	67	28	192	183	383	

kod	0	1	2	3
0				
1	169			
2	100	129		
3	102	129	4	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	126					
2	133	160				
3	79	68	167			
4	134	161	1	169		
5	148	173	15	183	14	

kod	0	1	2	3	4
0					
1	142				
2	93	223			
3	148	29	226		
4	67	160	159	166	

6	25	3	1	45	24	14											
7	17	38	37	82	14	23	37										
8	18	38	38	83	15	24	38	9									
9	27	47	47	92	24	33	47	10	19								
10	28	49	49	94	26	34	49	11	20	2							
11	25	5	2	45	24	15	6	38	39	49	50						
13	7	28	28	73	5	14	28	12	11	2	23	28					
14	14	35	35	80	12	21	35	3	8	14	15	35	8				
15	18	39	38	83	15	24	39	2	10	12	13	39	11	4			
16	169	145	35	100	168	159	145	182	183	193	194	145	172	179	183		

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0											
1	23										
2	17	16									
3	251	268	262								
4	204	222	217	47							
5	18	12	2	265	218						
6	166	161	149	412	366	149					
7	121	122	133	310	263	135	283				
8	104	99	87	350	304	87	62	220			
9	200	218	213	62	72	214	362	259	300		
10	156	175	169	94	48	170	319	215	257	46	

kod	0	1	2	3	4	5	6
0							
1	51						
2	10	57					
3	29	25	56				
4	50	47	60	21			
5	29	25	35	0	21		
6	50	47	56	22	0	21	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0									
1	115								
2	18	120							
3	16	128	8						
4	115	1	120	115					
5	92	23	97	24	43				
6	123	10	129	9	10	32			
7	72	43	77	43	45	20	52		

8	5	115	6	14	115	92	124	73	■
---	---	-----	---	----	-----	----	-----	----	---

kod	0	1	2	3	4	5
0	■					
1	245	■				
2	156	359	■			
3	68	271	17	■		
4	4	247	152	64	■	
5	191	51	309	220	194	■

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	■									
1	313	■								
2	310	52	■							
3	191	499	496	■						
4	137	445	442	54	■					
5	16	324	321	176	122	■				
6	156	156	153	344	290	168	■			
7	68	367	365	131	77	44	215	■		
8	194	502	499	3	57	178	212	134	■	
9	25	333	330	5	59	9	177	37	219	■

kod	0	1	2	3	4	5
0	■					
1	13	■				
2	18	5	■			
3	3	10	15	■		
4	65	47	42	63	■	
5	14	2	4	11	53	■

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	■													
1	170	■												
2	15	156	■											
3	150	31	135	■										
4	15	156	0	136	■									
5	18	163	7	143	634	■								
6	15	157	0	137	7	7	■							
7	27	143	12	123	12	19	12	■						
8	8	165	7	145	7	10	7	20	■					
9	15	156	1	139	1	8	1	13	7	■				
10	4	170	14	150	14	17	14	28	8	15	■			

11	151	31	135	1	135	142	135	123	142	135	149			
12	26	144	11	124	11	18	11	1	18	11	25	124		
13	15	159	2	136	2	8	1	15	7	3	14	138	13	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0											
1	8										
2	195	3									
3	210	18	15								
4	260	68	18	54							
5	262	70	67	56	2						
6	290	478	481	496	546	548					
7	193	1	2	18	67	69	475				
8	9	184	187	202	252	254	291	187			
9	15	235	182	253	303	305	242	6	6		
10	196	4	2	17	67	68	478	3	187	181	

kod	0	1	2	3
0				
1	19			
2	244	7		
3	12	7	252	

kod	0	1	2	3	4
0					
1	16				
2	248	261			
3	246	260	3		
4	247	258	4	1	

kod	0	1	2	3	4	5	6
0							
1	149						
2	123	268					
3	93	233	195				
4	15	134	134	100			
5	123	268	0	196	136		
6	71	216	0	195	134	0	

kod	0	1	2

0			
1	170		
2	14,9	156	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0															
1	29														
2	68	92													
3	104	108	165												
4	3	26	73	100											
5	248	252	310	177	247										
6	68	93	0	166	66	310									
7	24	4	85	101	22	245	86								
8	24	49	47	123	23	267	47	44							
9	253	257	315	122	252	42	315	252	272						
10	86	111	20	185	85	329	20	106	66	334					
11	11	35	57	109	9	253	57	30	14	258	76				
12	22	46	46	120	20	264	46	41	3	269	65	11			
13	164	168	226	93	163	84	226	163	183	90	245	170	180		
14	42	66	28	140	40	284	28	61	21	289	47	31	20	200	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	131					
2	132	3				
3	113	18	19			
4	202	63	63	54		
5	142	13	11	31	74	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7
0								
1	78							
2	22	55						
3	28	50	30					
4	22	56	1	7				
5	69	8	47	42	47			
6	85	64	63	58	63	16		
7	52	24	30	26	31	15	40	

kod	0	1	2	3	4	5	6
0							

7	24	4	85	101	22	245	86										
8	24	49	47	123	23	267	47	44									
9	253	257	315	122	252	42	315	252	272								
10	86	111	20	185	85	329	20	106	66	334							
11	11	35	57	109	9	253	57	30	14	258	76						
12	22	46	46	120	20	264	46	41	3	269	65	11					
13	164	168	226	93	163	84	226	163	183	90	245	170	180				
14	42	66	28	140	40	284	28	61	21	289	47	31	20	200			

kod	0	1	2	3	4	5	6
0							
1	168						
2	21	161					
3	163	47	157				
4	4	166	19	162			
5	135	33	130	28	136		
6	17	152	11	148	18	120	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7
0								
1	112							
2	131	108						
3	130	106	4					
4	90	23	99	98				
5	112	1	77	76	23			
6	131	106	3	0	184	105		
7	196	117	81	80	107	54	80	

kod	0	1	2	3	4
0					
1	31				
2	63	33			
3	87	115	146		
4	351	321	289	432	

kod	0	1	2	3	4
0					
1	31				
2	13	10			

3	6	13	8		
4	31	10	25	32	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	17					
2	267	256				
3	269	260	0			
4	208	193	349	350		
5	270	256	1	7	333	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	17					
2	113	124				
3	22	8	129			
4	130	116	211	122		
5	103	88	181	94	29	

kod	0	1	2	3	4	5	6
0							
1	192						
2	208	16					
3	22	208	273				
4	192	2	16	260			
5	190	2	16	258	1		
6	52	239	254	80	240	239	

kod	0	1	2	3	4	5	6	7
0								
1	131							
2	142	11						
3	160	33	44					
4	257	125	130	157				
5	22	172	182	160	295			
6	31	191	202	181	280	15		
7	22	171	185	160	267	7	23	

kod	0	1	2	3	4	5	6
0							

1	17						
2	22	33					
3	22	33	1				
4	21	32	2	0			
5	67	77	45	45	46		
6	68	79	47	47	47	2	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	4					
2	11	6				
3	31	30	36			
4	105	100	94	130		
5	4	2	8	30	102	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	18					
2	131	143				
3	23	6	148			
4	253	237	342	234		
5	31	14	191	11	224	

kod	0	1	2	3
0				
1	289			
2	116	399		
3	158	132	268	

kod	0	1	2	3
0				
1	267			
2	167	268		
3	15	228	160	

kod	0	1	2	3	4	5	6
0							
1	31						
2	31	0					
3	32	0	0				

4	31	5	5	5			
5	14	23	23	23	15		
6	29	3	3	3	5	20	

kod	0	1	2	3	4	5	6
0							
1	22						
2	31	23					
3	259	275	284				
4	62	53	31	315			
5	14	6	17	267	43		
6	20	9	12	273	48	7	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	131					
2	135	11				
3	113	18	20			
4	31	190	195	137		
5	105	285	290	174	129	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	4					
2	22	18				
3	18	19	3			
4	29	30	14	13		
5	11	12	5	7	19	

kod	0	1	2
0			
1	68		
2	53	16	

kod	0	1	2	3	4	5
0						
1	82					
2	22	97				

3	621	581	637		
4	80	155	58	694	
5	4	80	19	619	77

ÖZGEÇMİŞ

Ecem Nükte Kılıç, 27.06.1992'da Kocaeli'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli'de tamamladı. 2010 yılında Seymen Kolejinden mezun oldu. 2010 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü 2014 yılında bitirdi. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.