

**BİR OTOMOTİV FABRİKASINDA ÜRÜNLERİN TEDARİKÇİLERDEN
DÖNGÜSEL SEFER UYGULAMASI İLE TOPLANMASI PROBLEMİ**

Serkan Salih YÜREK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2012
ANKARA**

Serkan Salih YÜREK tarafından hazırlanan “BİR OTOMOTİV FABRİKASINDA ÜRÜNLERİNİN TEDARİKÇİLERDEN DÖNGÜSEL SEFER UYGULAMASI İLE TOPLANMASI PROBLEMİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Ertan GÜNER

Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ertan GÜNER

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. Fulya ALTIPARMAK

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Ümit Sami SAKALLI

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, K.K.Ü

Tarih:23/02/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Serkan Salih YÜREK

BİR OTOMOTİV FABRİKASINDA ÜRÜNLERİN TEDARİKÇİLERDEN DÖNGÜSEL SEFER UYGULAMASI İLE TOPLANMASI PROBLEMİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Serkan Salih YÜREK

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Şubat 2012

ÖZET

Dağıtım ve toplama faaliyetleri, tedarik zinciri yönetimi içinde önemli bir maliyet unsurudur. Bu lojistik faaliyetleri içinde üreticiler için son ürünlerin müşterilere dağıtımı kadar, hammaddelerin tedarikçilerden toplanması da çok önemli bir adımdır. Lojistik yönetiminde en önemli karar, dağıtım ve toplama noktalarının rotalanmasıdır.

Literatürde milk-run olarak geçen döngüsel sefer uygulaması, tek bir merkezden dağıtım yerine birden fazla tedarikçiden malzeme alarak, gelen malzeme envanterini azaltmayı, teslimat sürelerinin tahmin edilebilir düzeylerde olmasını, iş yükünün düzenlenmesini ve tedarikçilerden gelebilecek taleplerin tahmin edilmesini amaçlayan bir uygulamadır.

Bu çalışmanın amacı, bir işletmede toplama faaliyetlerini düzenleyerek tedarik ve üretimin birbirleri ile uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlamak, en iyi rotayı belirlemek ve bu sayede lojistik ve stok maliyetlerini düşürmektir. Bunun için döngüsel sefer uygulaması problemi ele alınmış ve problemi çözmek için karma tam sayılı matematiksel model verilmiştir. GAMS, CPLEX çözücüsünden alınan sonuca göre, lojistik maliyetlerinde, işgücünde ve tesellüm sürelerinde önemli iyileşmeler elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 906.1.141.

Anahtar Kelimeler: Tedarik Zinciri Yönetimi, Araç Rotalama, Milk-run (Döngüsel sefer uygulaması), Karışık Tamsayılı Doğrusal Programlama.

Sayfa Adedi : 86

Tez Yöneticisi : Prof.Dr. Ertan GÜNER

**PICK-UP PRODUCTS FROM SUPPLIERS BY MILKRUN METHOD AT A
AUTOMOTIVE FACTORY**

(M.Sc. Thesis)

Serkan Salih YÜREK

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

February 2012

ABSTRACT

Pick up and delivery activities are important cost factors in the supply chain management system. Pick up the commodity from suppliers is an important issue as delivery of the products to customer in the logistic activities. The most important decision in the logistic management is routing supplier and demand points.

Milk- Run in literature is a sophisticated application that aims to decrease the incoming material stock, estimate the delivery times, manage the job-sharing and forecast the demand by getting materials not from a distribution center but from various suppliers.

The aim of this study is to determine the optimum route with vehicle routing and scheduling methods while decreasing the logistic and stock costs and keep production and supply coordinated. So, the milk run application is considered and a mixed integer mathematical model has been developed to calculate the routes. As a result of solving model by GAMS, Cplex solver, it has seen that in addition to decreasing on logistic and labor cost also delivery time savings can be obtained.

Science Code : 906.1.141.
Key Words : Supplier Chain Management, Vehicle Routing, Milk-run, Mixed Integer Programming.
Page Number : 86
Adviser : Prof.Dr. Ertan GÜNER

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof.Dr.Ertan GÜNER'e ve bu çalışmada olduğu gibi tüm yaşamım boyunca beni destekleyen değerli aileme şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	3
2.1 Tedarik Zinciri Tasarımı	4
2.2 Tedarik Zinciri Analizinde Ele Alınan Konular	5
2.3 Tedarik Zincirinin Unsurları.....	6
2.4 Tedarik Zinciri Yönetiminin Rekabet Gücüne Katkısı.....	8
3. DÖNGÜSEL SEFER UYGULAMASI VE TEDARİK ZİNCİRİ.....	10
3.1. Tam Zamanında Üretim ve Döngüsel Sefer Uygulaması.....	14
3.2. Kanban Sistemi ve Döngüsel Sefer Uygulaması	15
3.3. Araç Rotalama ve Döngüsel Sefer Uygulaması.....	17
3.4. Çapraz Sevkiyat ve Döngüsel Sefer Uygulaması	18
3.5. Döngüsel Sefer Uygulamasının Avantajları	21
3.6. Uzak Tedarikçiler İçin Döngüsel Sefer Uygulamaları.....	24
3.7. Literatür Taraması	28

Sayfa

4. UYGULAMA: BİR OTOMOTİV FABRİKASINDA DÖNGÜSEL SEFER UYGULAMASI İLE TEDARİKÇİLERDEN PARÇA TOPLAMA	34
4.1. Uygulamanın Amacı	35
4.2. Problemin Tanımlanması	35
4.2.1. Tedarikçiler	36
4.2.2. Ürünler.....	42
4.2.3. Araçlar	46
4.3. Modelin Geliştirilmesi.....	47
4.4. Modelin Uygulanması	53
4.5. Çözüm Sonuçlarının Analizi.....	57
5. SONUÇ.....	63
KAYNAKLAR	65
EKLER	67
EK-1 İşletmeden alınan sevkiyat ve ürün verisi örneği.....	68
EK-2 İşletmeden alınan ürün boyut, maliyet ve tüketim verisi örneği	69
EK-3 GAMS Programı Çıktısı.....	70
ÖZGEÇMİŞ	86

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Tedarik zinciri optimizasyonunun işletmeye sağladığı katma değer.....	9
Çizelge 4.1. İşletmenin yurtiçi ve yurtdışı tedarikçi sayıları	36
Çizelge 4.2. Ürünlerin günlük çevrimde yarattığı maliyet	39
Çizelge 4.3. Fabrika ve tedarikçileri arasındaki mesafe matrisi.....	41
Çizelge 4.4. Fabrikanın tedarikçilerinden günlük palet bazında ürün talebi..	44
Çizelge 4.5. Araç ölçüleri	46
Çizelge 4.6. Çözüm sonucu oluşan rotalar.....	55
Çizelge 4.7. Çözüm sonucu kullanılan araçların kapasite kullanım oranı	57
Çizelge 4.8. Lojistik maliyet kalemleri	57
Çizelge 4.9. Rotaların toplam maliyeti.....	58
Çizelge 4.10. Ürünlerin günlük çevrimde yarattığı envanter maliyet	59
Çizelge 4.11. Mevcut durum ve geliştirilen durumda envanter maliyeti.....	60
Çizelge 4.12. Döngüsel sefer ile toplanan ürünlerin günlük çevrimde yarattığı lojistik maliyeti	60
Çizelge 4.13. Geliştirilen modelin işletmeye sağladığı katma değer	61

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Tedarik zinciri performansının yönlendirici unsurları	6
Şekil 2.2. Tedarik zincirinde mal, para ve bilgi akışı.....	7
Şekil 3.1. Döngüsel sefer uygulaması öncesi sevkiyat durumu	12
Şekil 3.2. Döngüsel sefer uygulaması uygulanması durumunda sevkiyat durumu	13
Şekil 3.3. Kanban stratejisi: bileşenleri ve çekme mekanizması	17
Şekil 3.4. İhracat lojistik akışı.....	20
Şekil 3.5. Merkezi taşıma yöntemi ve döngüsel sefer uygulamasında stok .	21
Şekil 3.6. Yerel depo kullanan uzak tedarikçi.....	24
Şekil 3.7 Yerel uzak döngüsel sefer uygulaması.....	25
Şekil 3.8. Tedarikçiye yakın çapraz sevkiyat noktası ile yerel uzak döngüsel sefer uygulaması	26
Şekil 3.9. Toplama merkezi ile uzaktan yönetilen döngüsel sefer uygulaması	27
Şekil 4.1. Mesafe-Tedarikçi grafiği.....	37
Şekil 4.2. Tedarikçilerin ülkemiz içindeki dağılımı	37
Şekil 4.3. Araç rotalarının gösterimi	56

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Kullanılan standart palet	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
K	Araç
i	Şehir
j	Şehir
N	Müşteri noktası
C_{ij}	i noktasından j noktasına taşıma maliyeti/mesafe
X_{ijk}	eğer k aracı i noktasından j noktasına giderse 1, aksi halde 0
$t_karsıla(k,i)$	k aracıyla i noktasından tedarik edilen miktarı gösteren tamsayıli değişken
M_i	i müşteri noktasındaki talep
q_k	k aracının kapasitesi
Z	Toplam kat edilen mesafe
M	Büyük bir sayı

Kısaltmalar	Açıklama
ARP	Araç Rotalama Problemi
DP	Doğrusal Programlama
ERP	Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlaması)
GAMS	Guide to available mathematical software
GPS	Global Positioning System
JIT	Just In Time
NP-Hard	Non-Deterministic Polynomial-Time Hard
TDP	Tam Sayılı Doğrusal Programlama
TZÜ	Tam Zamanında Üretim

GİRİŞ

Firmalar hızla gelişen ve değişen rekabet ortamında ayakta kalabilmek, rakiplerle rekabet edebilmek ve pazar payını genişletebilmek için işletmenin toplam maliyetlerini en düşük seviyeye indirmelidir. Özellikle otomotiv sektörü ile ortaya çıkan ve gelişen hat tipi yerleşimde stoklu çalışmaya ve ürün stoğu tutmaya yönelik yığın üretim sistemi, zaman içerisinde yaşanan gelişmeler ve ekonomik krizler sonucunda yerini stoksuz ve siparişe yönelik olan yalın üretim sistemlerine bırakmıştır. Bu sebeple bileşenler, ham maddeler ve hizmetler iş merkezlerine tam olarak ihtiyaç duyulan zamanda getirilmelidir. Bu da uygun bir toplama planının oluşturulmasıyla gerçekleşir.

Taşıt rotalaması ve çizelgelemesi konusunun önemi bu nedenlerle artmaya devam edecek, çok sayıda rotalama çizelgeleme problemlerine yenileri eklenecektir. Taşıt rotalama ve çizelgelemenin, lojistik alanda da sıkça dile getirilen bir konu olduğu bilinmektedir. Lojistik genel olarak ürünün ya da hizmetin bir tedarik noktasından çeşitli talep noktalarına taşınması olarak tanımlanmaktadır. Tam bir lojistik sistemi hammaddelerin satıcılardan ya da tedarikçilerden alınarak taşınması, bu hammaddelerin üretim için imalat fabrikalarına dağıtılması, üretilen bu ürünlerin depolara ya da dağıtım merkezlerine aktarılması ve son olarak müşterilere dağıtılmasını kapsamaktadır.

Döngüsel sefer uygulamasını sanayide kullanılmaya başlanması ile gerek fabrika içi stok noktaları gerekse fabrika dışı tedarikçi ağlarının tasarlanması için çeşitli akademik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, araçların kat ettiği toplam mesafe, toplama performansı, en az çevrim süresi gibi ölçütler gözlenerek, araçların rotalanması için matematiksel model ve sezgisel yöntemlerden yararlanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı işletmenin tedarik ağını tedarikçilerin yönetiminden kurtarıp, işletmenin tam zamanında üretim felsefesine uygun, bir ağ tasarlanmasıdır. Çalışmada tedarik zinciri yönetiminde iyileştirme uygulamalarından döngüsel sefer uygulaması üzerinde durulmuş, döngüsel ağ tasarımının kurulması öncesinde gerekli sistem elemanları incelenmiştir. Uygulama yapılan işletmede mevcut durum analizi yapılmış, sistemin yaşadığı sorunlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Öte yandan döngüsel sefer uygulaması sistemini uygulayabilmek için gerekli olan veriler derlenerek analize uygun hale getirilmiştir.

Bu çalışma 4 Bölümden oluşmaktadır: 2. Bölümde Tedarik zinciri kavramı açıklanmış, tedarik zinciri unsurları tanıtılmış ve tedarik zinciri analizinde ele alınan konular irdelenmiştir. 3.Bölümde tedarik zinciri, döngüsel sefer uygulaması ve diğer sistemlerin ilişkisinden bahsedilmiş, döngüsel sefer uygulamasının avantajlarına değinilmiş, ve literatür taramasına yer verilmiştir. 4.Bölüm uygulama bölümüdür. Bir otomotiv işletmesinin yan sanayiden hammadde ve yarı mamul tedarikinde yaşadığı sorunlar ve uygulamanın amacı bu bölümde açıklanmış ve döngüsel sefer uygulanabilirliğinin analizine geçilmiştir. Tedarikçiler, ürünler ve araçlar incelenmiş daha sonra model geliştirilmiştir. Model çözümünde araç rotaları tespit edilirken GAMS programı ve CPLEX çözücüsünden yararlanılmıştır. 5.Bölümde bu uygulama ile ilgili sonuçlar ve öneriler anlatılmıştır.

2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Dünya çapında ticaretin ve uzak bölgelerdeki pazara egemen olabilmek için tedarik zincirinin öneminin artması nedeniyle, tedarik zinciri yönetimi önce ticari bunun sonucunda da akademik olarak önemi artan bir konu olmuştur.

Firmalar açısından bakıldığında, büyük bir çoğunluğu için tedarik giderleri, en önemli gider kalemleri arasında yer alır. Tedarik sürecindeki verimsizlik ve aksaklıklar, stok kontrolü, nakliye planlaması, üretim planlaması ve müşteri ilişkileri gibi şirketin diğer alanlarına da yansır.

Tedarik Zinciri; mal ve hizmetlerin tedarik aşamasından, üretimine ve nihai tüketiciye ulaşmasına kadar birbirini izleyen tüm halkaları kapsar. İş süreçleri açısından bakıldığında, tedarik zinciri; satış süreci, üretim, envanter yönetimi, malzeme temini, dağıtım, tedarik, satış tahmini ve müşteri hizmetleri gibi pek çok alanı içine almaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi, her türlü ürün, servis hizmeti, bilgi akışı ve hammaddenin başlangıç noktasından, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketlerin, etkili ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması, taşınması, depolanması ve kontrol altında tutulması hizmetidir. Toplam maliyeti düşürmek ve müşteri hizmet kalitesini artırmak amacıyla bu elemanlar arasındaki ilişkinin koordinasyonu ve işbirliği stratejilerinin oluşturulmasıdır.

2.1. Tedarik Zinciri Tasarımı

Tedarik zinciri tasarımı üç temel alt başlıkta ele alınmıştır: Genişletilmiş Organizasyon Yapısı, Bilgi Paylaşım Yapısı ve Üretim Yönetimi.

Genişletilmiş Organizasyon Yapısı:

Zinciri oluşturan diğer ortakların da yapıya dâhil edilmesi ile ilgilidir. Tedarik zinciri yönetimi, ürünün tasarımından, üretim ve satışına kadar tüm aşamalarda yer alan üretici, satıcı, müşteri, dağıtıcı ve bayi gibi kanalların genişletilmiş şirket çatısı altında birbirine bağlandığı ve müşterinin almak isteyebileceği ürün ve servisin bu çatı altında oluşturulduğu bir değer işbirliğidir.

Bilgi Paylaşım Yapısı:

Bilgi paylaşımına esas olan dosya başlıkları şunlardır;

- Satış-ürün/pazar (tarihsel ve tahmini),
- Taşıma-şekil/miktar/sınıf (nakliye özellikleri, oranlar/maliyetler, yükler),
- Stok-parça/bölge (stok seviyesi, maliyet faktörleri, hizmet seviyeleri),
- Üretim-parça/fabrika/hat (üretim seviyesi, maliyetler, kapasite),
- Depolama-parça/bölge (miktar, kapasite, maliyetler).

Bilgi Paylaşımının Kritik Faktörleri; planlama süresi, ürün karmaşıklık, analiz kapsamı, sınırlamalar ve prensiplerden oluşur. İşletmenin stok politikası, üretim politikası, nakliye planları, hizmet seviyesi, stok tutma maliyeti de tedarik zinciri yönetimi tasarımında göz önünde bulundurulması gereken politika ve parametreleri oluşturmaktadır. Minimum maliyet, maksimum hizmet, iyimser satış, kötümser satış, maliyet değişimlerine ilişkin dosyalar da çözüm dosyaları olarak tanımlanmaktadır.

Üretim Yönetimi:

Üretim yönetimi, temelde üretimin stok için mi yoksa sipariş için mi yapılacağı noktasında odaklanmaktadır. Üretim yönetimi konusunda verilecek karar ürüne göre değişir. İtme-çekme stratejilerine de bu doğrultuda karar verilir.

2.2. Tedarik Zinciri Analizinde Ele Alınan Konular

Tedarik zinciri yönetiminin uygulanması ile üretim ve pazarlama süreçleri değişecektir. Bunun sonucu olarak; tedarikçi entegrasyonu sağlanacak, tam zamanında üretim gerçekleştirilecek, sığırda yakın stok bulundurulacak, satın almaya ilişkin sistemde otomasyona geçilecek ve talepler düzenli olarak karşılanabilecektir. Firmalar, kendi tedarik zincirlerini değerlendirmeleri açısından, tedarik zinciri analizinde ele alınan konular aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

- Malzeme ve parçaların temin edileceği tedarikçiler,
- Yarı mamul ve malzemelerin stoklama alanı,
- Üretim miktarı ve zamanı,
- Son ürünler ve parçaların depolanacağı yer, depolanacak parça miktarı, depolama sistemi,
- Taşınacak ürünlerin ebatları, taşıma yöntemi, sevkiyat rotası,
- Hangi malzemenin ne miktarda ve ne zaman sevk edileceği, taşıma yöntemi,
- Satılacak ürünler.

Tedarik zincirinin iyi yönetilmesi ile bu sorulara net cevaplar bulunabilir. Satın alma, malın fabrika içinde dağıtımı, son ürünün depolanması, malın depodan alınıp tüketiciye ulaştırılması farklı işlerdir. Her biri kendi içinde iyi bilinmesi gereken süreçlerdir.

2.3. Tedarik Zincirinin Unsurları

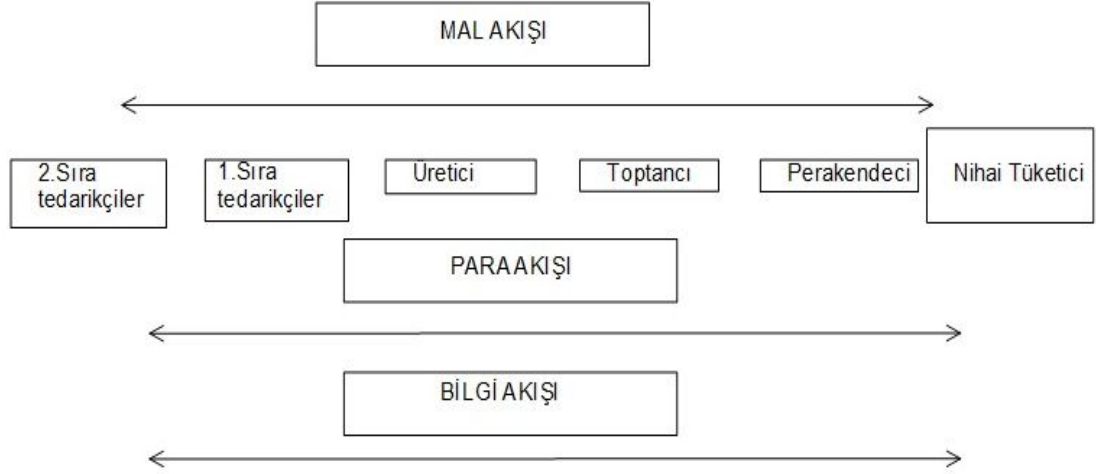
Tedarik zinciri yönetimi öncelikli olarak işletme içinde ve işletmeler arasında temel iş fonksiyonlarını ve iş süreçlerini birbirine bağlayarak daha yüksek performanslı ve birbirine kuvvetle bağlı iş modelleri yaratmaktır. Tedarik zinciri yönetimi tüm lojistik ve üretim faaliyetlerini de bünyesine alarak pazarlama, satış, ürün geliştirme, finans ve bilgi teknolojilerini de kapsayacak şekilde koordinasyonu sağlar. Bu tanımla birlikte işletmelerin içindeki tedarik zinciri yöneticilerinin yetki ve sorumlulukları artmıştır. Yöneticiler üretimi etkileyecek her konuyu planlamak, yapmak veya yaptırmak ve de kontrol etmek durumundadırlar. Tedarik zinciri performansını etkileyen unsurlar Şekil 2.1’ de verilmiştir.



Şekil 2.1. Tedarik zinciri performansının yönlendirici unsurları
[Çağlayan, 2002]

Tedarik zincirinde üç akış vardır: Mal akışı, Parasal Akış ve Bilgi Akışı. Bu üç akış oldukça iç içe geçmiştir. Mal akışı tek yönlü olarak tedarikçiden müşteriye doğru hareket ederken, bilgi akışı karşılıklı olarak hareket etme

özelliğine sahiptir. Bu üç akış, ürün özelliklerine, zincir yapısına göre farklılık gösterebilmektedir. Şekil 2.2 'de özetlenmiştir.



Şekil 2.2. Tedarik zincirinde mal, para ve bilgi akışı
[Çağlayan, 2002]

Ürünler farklılık gösterdikçe tedarik zincirleri de farklılaşacaktır. Gıda sanayi, otomotiv ana ve yan sanayi ile tekstil sektörü için rekabet zinciri yapıları farklılık arz etmektedir. Tedarik süreleri farklı olan ürünlerin tedarik zinciri yapıları da farklı olacaktır. Nakliye, Depolama, Üretim Faaliyetleri ve Envanter, Bilgi tedarik zincirinin yönlendirici unsurlarını oluşturmaktadır. 1998 yılında Grenoble Ecole de Management tarafından yapılan bir çalışmada, Avrupa ülkelerinde uluslar arası ticaret açısından bakıldığında, maliyet kalemleri içinde nakliyeye ilişkin masrafların %40, depolamanın %26, envanterin %18, idari masrafların % 16 paya sahip olduğu görülmüştür. Aynı çalışmada, gıda (bakkaliye) sektörünün etkin lojistik ve tedarik zinciri sayesinde %10 maliyet azaltarak 30 milyar \$ daha fazla kazanç sağlayabildiği tespit edilmiştir [Çağlayan, 2002].

2.4. Tedarik Zinciri Yönetiminin Rekabet Gücüne Katkısı

Başarılı bir tedarik zincirine sahip olmak için hızlı ve düşük maliyetli olmanın yanı sıra; çevik, kolay uyum sağlayabilen, zincir ortaklarının karlılığını da gözeten niteliklere sahip olmak zorunludur.

Etkin bir tedarik zinciri yönetimi, işletmenin üretim ve pazarlamaya ilişkin faaliyetlerini olumlu yönde etkileyecek; daha fazla müşteri memnuniyeti, daha etkin ve verimli bir işletme olunmasını sağlayacak, daha düşük maliyetler ve daha yüksek kar ile birlikte istikrarlı büyümenin yolunu açacaktır.

Tedarik zinciri yönetiminin etkin olması işletme açısından;

- Girdilerin teminini garantileyerek, üretimin devamlılığını sağlar
- Tedarik süresini azaltarak, pazardaki değişikliklere kısa sürede cevap verilmesini sağlar
- Tüketici taleplerini en iyi şekilde karşılayarak kaliteyi artırır
- Teknoloji kullanarak, yeniliği teşvik eder
- Toplam maliyetleri azaltır
- İşletmenin tüm bilgi, materyal ve para akışı yönetilebilir duruma gelir.

Etkin bir Tedarik zincirinin en iyilenmesi ile işletmeye sağlanan katma değer Çizelge 2.1' de özetlenmiştir

Çizelge 2.1. Tedarik zinciri optimizasyonunun işletmeye sağladığı katma değer

İyileşme Sağlanan Alanlar	Net Katkı
Teslim Performansının İyileştirilmesi	%15-28
Envanter Azaltılması	%25-60
Sipariş Karşılama Oranının İyileştirilmesi	%20-30
Talep Tahmin Başarısı	%25-80
Tedarik Çevrim Süresinin Kısaltılması	%30-50
Lojistik Masraflarının Azaltılması	%25-50
Verimlilik ve Kapasite Artışı	%10-20

Tedarik zinciri yönetiminin kritik başarı ölçütleri şunlardır;

- Doğru ürün
- Doğru miktar
- Doğru zaman
- Doğru yer
- Yüksek esneklik
- En az toplam maliyet
- En kısa çevrim süresi
- En az toplam stok düzeyi

Tedarik zinciri yönetimi; sipariş yönetimi, üretim, depolama ve fiziksel dağıtım olanaklarını birlikte ele alır ve toplam maliyeti en az olan lojistik stratejileri, kaynak kullanımı ve organizasyon yapısına odaklanır. Diğer yandan üretim planlama sistemlerinde, kaynak ve kapasite planlanır fakat dağıtım kaynakları eş zamanlı olarak planlanmaz.

3. DÖNGÜSEL SEFER UYGULAMASI VE TEDARİK ZİNCİRİ

Tedarik Zincirinde malzeme akışının sürekliliğini sağlamanın en iyi yöntemlerinden biri olan döngüsel sefer uygulaması yenilikçi işletme düzenlemelerinde yalın lojistik uygulamalarının vazgeçilmez bir unsurudur. Periyodik olarak işleyen bir döngüsel sefer uygulaması, tek bir merkezden dağıtım yerine birden fazla tedarikçiden malzeme alarak, gelen malzeme envanterini azaltmayı, teslimat sürelerinin tahmin edilebilir düzeylerde olmasını, iş yükünün düzenlenmesini ve tedarikçilerden gelebilecek taleplerin öngörülebilmesini amaçlayan sofistike bir yaklaşımdır [Baudin, 2004].

Otomotiv sanayinde Toyota ile başlayan Kanban sisteminin en önemli adımı sıkça yapılan sevkiyatlardır. Stoğu düşürmek ve sevkiyat-üretim uyumunu en üst düzeye çıkarmak için sevkiyat sıklığının mümkün olduğunca fazla olması gerekmektedir. Tedarik ve tüketimin gerçek zamanlı çalışması için tedarikçiden mümkün olduğunca fazla seferde malzeme alımı gerekmektedir. Bu sebeple otomotiv fabrikaları hacme göre en yüksek sayıda sevkiyatla günlük hatta saatlik mal alımını hedeflemektedir.

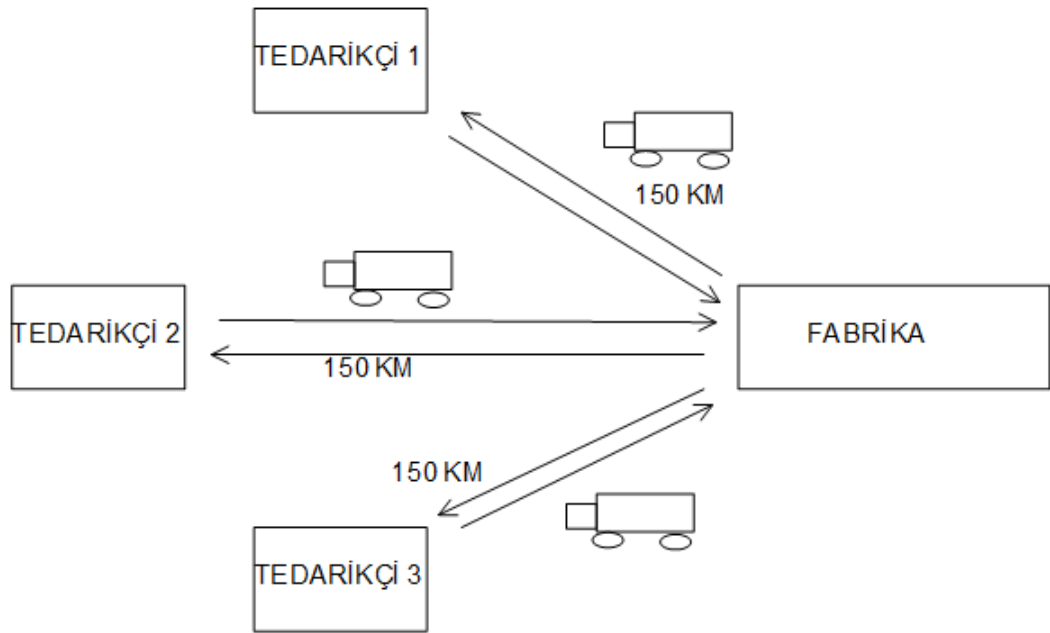
Günlük veya saatlik sevkiyatlar için otomobil üreticileri kendi organize ettikleri kamyonlarla tedarikçileri dolaşarak istenen sıklığa göre gereken miktarda malzemeyi toplayıp üretimine yetiştirmek istegindedir. Bu sebeple hacme göre hesaplanan günlük kamyon ihtiyacı kadar seferde belirli bir rota üzerinde dolaşan kamyon her uğradığı tedarikçiden istenen kadar malzeme alır. Otomotiv sanayinde bu tip kamyon taşımasına döngüsel sefer uygulaması adı verilmektedir.

Milk-run ingilizce bir terimdir. Anlamını mandıralar için çiftliklerden süt toplayan arabalardan almaktadır. Günlük olarak süt çiftlikleri dolaşan bir araba sütleri toplamaktadır. Bu sistemde süt üreticileri süt taşıma arabalarına sütü zamanında yetiştirmek durumundadır. Aksi halde sütü satamayacaktır

Döngüsel sefer uygulamasının çalışma mantığı kamyonun belirli saatlerde tedarikçileri dolaşıp sevkiyat sıklığının gerektirdiği kadar malzemeyi toplamasıdır. Kamyon aynı saatlerde yola çıkıp sürekli aynı rotayı takip ederek tedarikçileri sırayla dolaşmakta ve tedarikçilere Kanban veya sipariş yoluyla bildirilen kadar malzemeleri toplamaktadır. Sistemin ilk uygulayıcısı Kanban sisteminin de yaratıcısı olan Toyota'dır. 1970'lerde başlattığı Kanban ile sipariş sistemiyle beraber üretimini de düzgünleştiren Toyota sevkiyat sıklığını günlük ve saatlik olarak düzenlemiş ve tedarikçileri dolaşan ilk döngüsel sefer kamyonlarını uygulamaya koymuştur.

Döngüsel sefer uygulaması kurulurken ilk adım sisteme dâhil olacak tedarikçileri seçmektir. Seçimde tedarikçilerin yerleri, sağladıkları parçaların kullanım sıklığı ve her tedarikçiden gelen parçaların ortalama günlük hacimleri gibi değerler göz önünde bulundurulur. Belirlenen tedarikçilerden alınacak olan günlük taşıma hacimleri her gün için alınır. Bu veriler ile tedarikçi ve günlük taşıma hacmi belirlendikten sonra toplam hacme göre ihtiyaç duyulacak kamyon miktarı hesaplanır. Günlük ihtiyaç duyulacak kamyon sayısı sevkiyat sıklığını göstermektedir. Tüm bu bilgiler toplanarak kamyonların rotası, kalkış ve her tedarikçiye giriş çıkış saatleriyle, teslimatın yapılacağı noktaya varış saatleri belirlenir. Böylece döngüsel sefer uygulaması çalışmaya hazır hale gelir.

Örneğin, birbirine yakın konumlarda bulunan 3 tedarikçinin sürekli bir fabrikaya sevkiyat yaptıklarını düşünürsek her biri bulundukları yerden fabrikaya kadar olan yolu ayrı ayrı kat edip aradaki mesafeyi 3 sefer gidip gelmektedirler. Her bir tedarikçinin fabrikaya olan uzaklığının ortalama 150 km olduğunu varsayarsak, her bir sevkiyat için gidiş-geliş 300 km yol kat etmeleri gerekecek ve bu toplam 3 sefer sonunda toplam 900 km yol yapılacaktır. Tüm bu işlemler her bir tedarikçiden çıkan 3 farklı kamyonla gerçekleştirilecektir. Şekil 3.1' de verilmiştir.

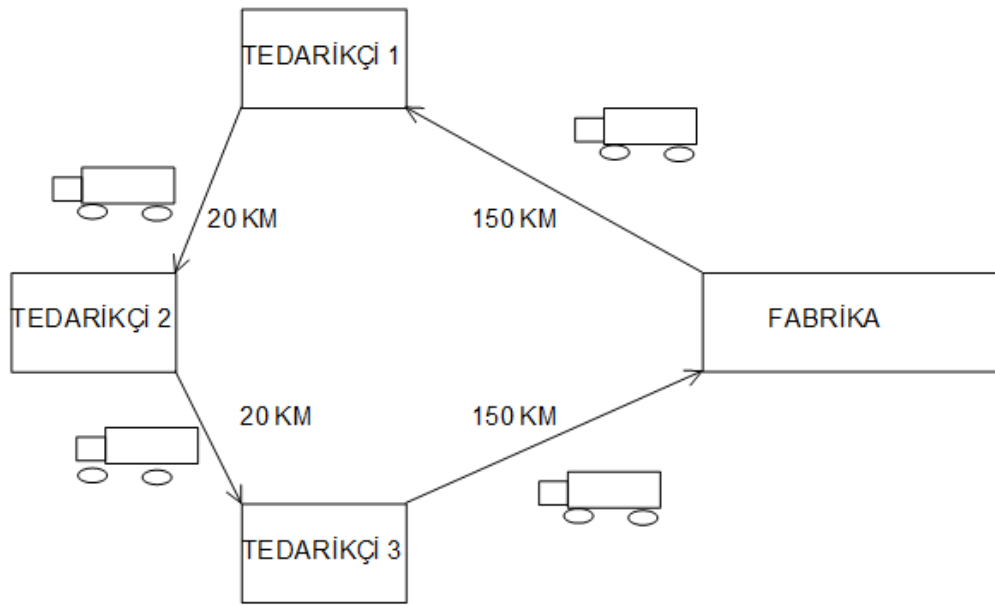


Şekil 3.1. Döngüsel sefer uygulaması öncesi sevkiyat durumu

Bu tip sevkiyatlarda işletmeyi sıkıntıya sokacak bazı durumlar söz konusudur:

- Sevkiyat zamanlarının belirsizliği
- Ayrı araçlarla taşıma, küçük araçlar
- Yüksek özel sevkiyat maliyetleri
- Yükleme boşaltma yerlerinde sıkışıklılar, uzun araç bekleme kuyrukları
- Sık yaşanan parça eksikliği, yetersiz stok
- Büyük çoğunlukla dönüşümsüz paketlenme
- Yüksek stok maliyeti

Döngüsel sefer uygulamasına geçildiğinde tedarikçileri dolaşan kamyon toplam kat edilen mesafeyi düşürüp sevkiyat ve boşaltmalarında düzgünlük sağlar.



Şekil 3.2. Döngüsel sefer uygulanması durumunda sevkiyat durumu

Şekil 3.2 'de görüldüğü gibi her bir tedarikçi arasındaki mesafenin 20 km olduğunu varsayalım. Bu durumda tek bir kamyon kullanılarak her bir tedarikçi dolaşılacak ve alınan parçalar fabrikaya götürülecektir. Sonuç olarak toplam kat edilen yol 340 km olacaktır.

Döngüsel sefer uygulaması öncelikli olarak yerel tedarikçilerin akış sorununu çözmek için kullanılır. Ancak, yerel tedarikçilere oranla fabrikaya uzak olan tedarikçi kümelerine de kamyon veya intermodal taşımacılık yöntemleriyle konsolidasyon merkezleri veya çapraz yükleme ile hizmet verilebilir [Baudin, 2004].

Döngüsel sefer uygulaması, teoride verilen üretim seviyesine göre çok sayıda tedarikçiden parçaların programlı olarak toplanması olmasına rağmen, uygulama da tedarikçi sayısı 4'ü veya 5'i geçmemelidir. Eğer ki, bu tedarikçilerden birkaçı mesafe olarak birbirlerine yakınlarsa, bu durumda fabrika güzergâhı bir grupta kriteri olarak kullanılabilir. Döngüsel sefer rotaları, çevrimiçi haritalama hizmetleri kullanılarak planlanabilir. Ancak sınır

geçiş, trafik ve hava koşulları ve yol çalışmaları gibi durumlar daha dinamik bir analiz gerektirir. Bu analiz de Excel veya Access kullanılarak yapılabilir [Baudin, 2004].

3.1. Tam Zamanında Üretim ve Döngüsel Sefer Uygulaması

Yalın tedarik, tedarikçiler ile olan ilişkileri, boşlukları ortadan kaldırmak ve değer eklemek amacıyla uzun dönem perspektife dayanarak yöneten bir uygulamadır. Yalın tedarik, Toyota tarafından öncülük edilen Japon üretim kavramlarına dayanır. Yalın sistemler birçok organizasyona Delphi Üretim Sistemi gibi farklı isimler altında adapte edilmiştir. Buna rağmen Toyota üretim sistemi yalın operasyonların en iyi modeli olarak bilinmektedir. Yalın felsefeyi kapsayan en popüler sistem ise tam zamanında üretim(just in time: JIT)'dir. TZÜ sisteminde, bileşenler, ham maddeler ve hizmetler iş merkezlerine tam olarak ihtiyaç duyulan zamanda getirilirler. Bu özellik yarı bitmiş ürün stoklarındaki kuyruğu büyük ölçüde azaltır [Leenders ve ark., 2006].

İşletmeler tam zamanında üretim sistemlerini geliştirmek için tedarikçileriyle birlikte çalışır. Tam Zamanında Üretim'in Tedarik Zinciri Yönetimi'ne bazı etkileri vardır. Bunlardan biri tedarikçiler ile yüksek ve uygun kalitede ve güvenilir sevkiyatla bağlantı kurmanın gereksinimidir. Bu durum ise tedarikçi seçiminde daha az sayıda ve yakın mesafede tedarikçi ile satın alım fiyatlarına yoğunlaşılmasını gerektirir. Tam zamanında üretimde her alıcı için sevkiyat partileri boyca küçük olduğu için aynı zamanda alıcı konumlarındaki tüm teslimatları uygun kapasitede tek bir taşıma aracı ile tek bir sevkiyatta yapmak daha uygun olabilir. Küçük boyutta siparişlerin sevkiyatını sıkça yapmak, taşıma çeşidinin de tekrar düşünülmesini gerektirir. Bu nedenle TZÜ'de döngüsel seferler tercih edilmektedir [Banerjee ve ark., 2007].

Tedarikçilerden TZÜ sevkiyatının olabilmesi için aşağıdakiler sağlanmalıdır [McLachlin, 1997];

- a. Lisanslı tedarikçiler ile uzun dönemli ilişkiler geliştirilmelidir.
- b. Tedarikçiler uzun dönem de ancak çekme işaretleri veren çizelgeye sahip olmalıdırlar.
- c. Fabrika, tedarikçi gruplarından malzemeleri toplarken sabit döngüsel seferler yapmalıdır.
- d. Tedarikçiler bitmiş ürünleri gönderme üzerine üretim yapmak yerine belli bir takvime odaklanarak üretim yapmalıdırlar.
- e. İzin verilen konteyner türleri üzerinde kısıtlamalar olmalıdır.
- f. Tedarikçilerin hemen hemen tümü yakın bölge de olmalıdır.
- g. Gelen mallar için stok engelleyicileri azaltılmalıdır.
- h. Gelen materyaller doğrudan kullanılacak noktaya gitmelidir.
- i. Sık ve küçük boyutta sevkiyatlar yapılmalıdır.
- j. Fabrika çok iyi seviyede bilgi sağlamalı ve tedarikçilerin bu verilere güvenmesini özenle sağlamalıdır.

3.2. Kanban Sistemi ve Döngüsel Sefer Uygulaması

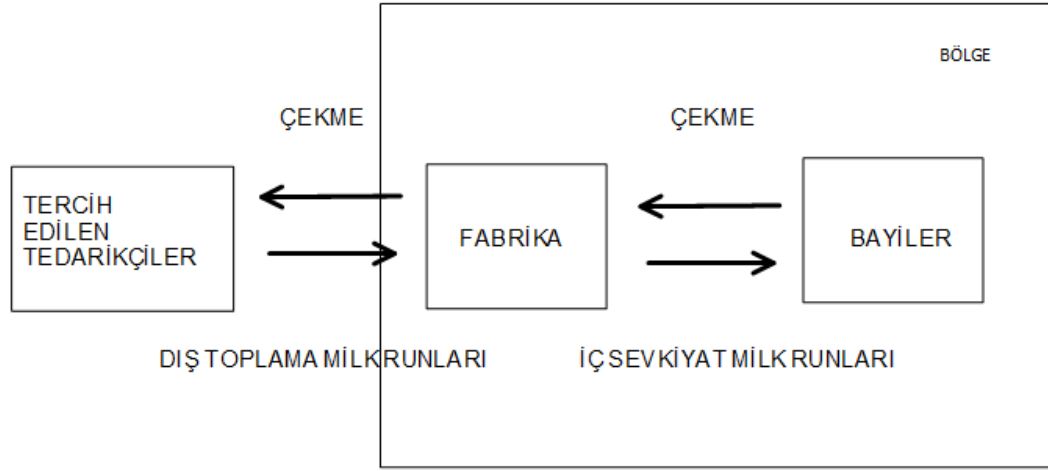
Tam zamanında üretim, doğru uygulandığında imalat organizasyonlarının karlılık oranı, kalite ve verimliliklerinde etkileyici iyileştirmeler sağlar. Üretimin tam zamanında gerçekleştirilebilmesi için tüm süreçlere ne zaman ne kadar üretim yapacaklarını zamanında bildiren bir bilgi sisteminin kurulması gereklidir. Tam zamanında üretim sistemlerinde bu işlevi gerçekleştiren Kanban sistemidir

Japonca bir kelime olan Kanban'da kan; görsel, görülebilir ve ban; kart ya da tahta anlamına gelmektedir. Akademisyenlerin bazılarına göre Kanban sürecini daha hızlı çevrilebilir hale getirmek sistemi %10–30 arasında daha esnek bir yapıya dönüştürebileceğini öne sürer. Kanban üretim ve malzeme akışını kontrol etmek için kullanılan; üretim süreçlerine neyi, ne zaman, ne

kadar üreteceklerini ve nereye göndereceklerini söyleyen bir üretim yönetimi aracıdır. Kanban ile ürün ve bilgi akışı birlikte ele alınır, ayrı bir stok yönetimi gerekmez, fazla üretim engellenir ve israfların en aza indirilmesi sağlanır.

İtme üretim planlamasının başarısında önemli bir belirleyici itmeyi sağlayan talep tahmininin kalitesidir. Buna karşılık kanban, tedariki veya mevcut müşteri talebinin ihtiyaç duyduğu üretimi belirleyen çekme sisteminin bir parçasıdır. Kanban sisteminde, sonraki süreçler önceki süreçlerden sadece tükettikleri miktarda ve zamanda parça talep eder ve çekerler. Kanban üretim sisteminde, üretim çizelgesi sadece son üretim sürecine (ya da darboğaz halindeki bir sürece) gönderilir. Hangi ürünün, ne zaman ve ne miktarda üretilceğinin sadece son süreç tarafından bilinmesi bu sürecin önceki süreçlerden sadece kendine gereken parçaları çekmesini sağlayacaktır ve böylece sonraki aşamanın parça çekimi olmadan önceki aşamada üretim yapılmayacak ve sonuçta her aşama kendisinden sonra gelen aşamanın ihtiyacını karşılamak üzere tam zamanında üretim yapacaktır. Bu da süreçler arasında oluşacak ara stokları ve stok düzeylerinde gözlenen dalgalanmaların minimize edilmesini sağlayacaktır

Kanban üretim süreçlerinde bu stokların nasıl en küçükleneceği aşağıdaki şekil yardımıyla da incelenip bu süreçlerin iyileştirilmesinde döngüsel sefer uygulamalarının ne kadar etkin bir araç olduğu görülebilmektedir. Kanban stratejisi: bileşenleri Şekil 3.3' te görülmektedir.



Şekil 3.3. Kanban stratejisi: bileşenleri ve çekme mekanizması
[Arbulu ve ark., 2003]

Kanban stratejisinin bileşenleri; (1) fabrika ya da merkez depolar, (2) döngüsel seferler, (3) tedarikçi kanbanları, (4) bayiler ve (5) bir stok yönetim sistemidir. Bayi ihtiyaç duyduğu ürünlerin siparişini fabrikaya iletir. Fabrika ise bu siparişi tercih edilen tedarikçilere sipariş açarak geçer. Sipariş emrini alan tedarikçi sistemine işler ve üretmeye başlar. Fabrika döngüsel sefer aracını tedarikçilere yönlendirir. Döngüsel sefer aracı siparişi verilmiş olan ürünleri tedarikçilerden toplar ve fabrikaya getirir. Bayinin siparişi üzerine dış toplama döngüsel seferleri ile fabrikaya gelen ürünler iç sevkiyat döngüsel seferleri ile bayiiye dağıtılır [Arbulu ve ark., 2003].

3.3. Araç Rotalama ve Döngüsel Sefer Uygulaması

Araç rotalama problemi birçok endüstride ilginç araştırma alanlarından biridir. Klasik araç rotalama probleminde birkaç kamyon ve tedarikçi vardır. Kamyonlar malların tedarikçilerden talep merkezlerine taşınmasından sorumludur. Araç rotalama probleminin (ARP) temel amacı ulaştırma harcamalarını en küçükmektir [Sadjadi ve ark., 2008]. Araç rotalama problemi işletme ve tedarikçileri ya da bayileri arasındaki taşıma

faaliyetlerinde özellikle kat edilen mesafeyi en küçüklemek için kullanılır. Modelleme genelde tamsayılı programlama ile yapılır. Döngüsel sefer uygulaması ise rotayı, zaman çizelgesini ve tüm kamyonların talep merkezinden (örneğin otomobil üreticisi) boş paletlerle çıkması varsayımı ile çeşitli tedarikçilerden siparişlerin taşınması için seçilmesi gereken farklı kamyonların sayısını ve çeşidini belirler [Sadjadi ve ark., 2008]. Döngüsel sefer rotalarının tespiti teslim alma ve/veya sevkiyat taleplerini içeren klasik araç rotalama problemi ile yapılabilir. Döngüsel sefer ağındaki araç sevk etme problemini çözmek, araç rotalama problemini çözmek ile aynıdır [Du ve ark., 2006].

Döngüsel seferler ile doğrudan sevkiyat sisteminin ana bileşeni olan araç rotalama problemi üzerine kapsamlı araştırmalar vardır. Bu problem bir ya da daha fazla depo ve müşteri konumları arasındaki rotaları, toplam kat edilen mesafeyi en küçükleyerek belirlemeyi amaçlar. Bir araç rotalama problemi ağın ve araç kapasitesinin, sevkiyat zaman aralığının, çoklu depo vb. sevkiyat taleplerinin kısıt ve ihtiyaçlarına göre çeşitli formlar alabilir [Liu ve ark., 2003].

3.4. Çapraz Sevkiyat ve Döngüsel Sefer Uygulaması

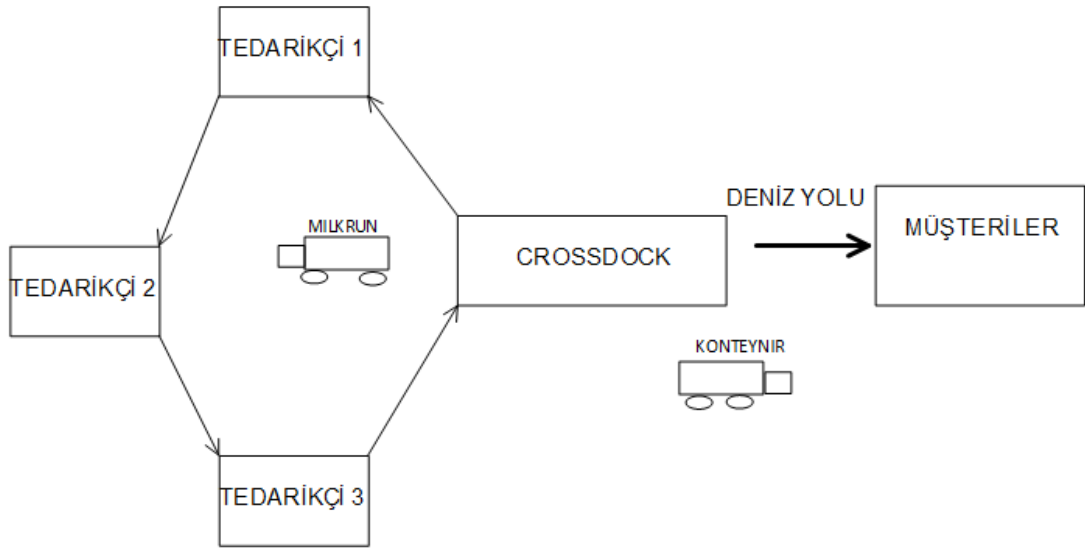
Crossdock kelimesinin tam Türkçe bir karşılığı olmamakla beraber, “çapraz sevkiyat” olarak Türkçeye çevrilebilir. Lojistik uygulamalarında çapraz sevkiyat yapılması nispeten yeni bir uygulama olmakla beraber, yalın üretim, yalın düşünce çalışmalarının neticesinde ortaya çıkmıştır.

Çapraz sevkiyat, malzemelerin gelen araçlardan boşaltılması, sıfır stok veya çok az miktarda bir stok tutularak, müşterilere gidecek araçlara yüklenmesini kapsayan bir lojistik disiplindir. Bu çalışma nakliye tipinin değişmesi, farklı noktalara gidecek, farklı noktalarından toplanan malların birleştirilmesi

sebebiyle yapılabilir. Malzemeler çapraz sevkiyat alanlarında depolanmamakta, ancak elleçlenmektedir.

En sade haliyle çapraz sevkiyat, direkt olarak gelen malzemenin giden araçlara yüklenmesi ile ya da çok az stok ve ambarcılık ile yapılabilir. Uygulamada, çapraz sevkiyat için malzemelerin karşılandığı malzeme kabulü alanı, daha sonra müşterilere göre tasnif edildiği tasnif alanına ve gitmeye hazır malzemelerin beklediği alanlara ihtiyaç vardır. Eğer bu operasyonlar saatlik olarak ya da bir günlük sürede yürütülebiliyorsa buna “çapraz sevkiyat” dağıtım merkezi adı verilebilir. Eğer bu operasyonlar günler hatta haftalık periyotlarda yapılıyorsa “ambar” olarak değerlendirilebilir. Bu açıdan çapraz sevkiyat noktalarını yüksek hızlı depolar olarak tanımlanabilir.

Tedarikçilerden parçaların toplanması için araç-rota planlarının yapılması, hacim hesaplamaları, araçların belirlenen saatte çapraz sevkiyat’a ulaştırılması, müşterilere göre tasnif edilmesi ve setlenmesi, konteyner yüklemelerinin yapılması ve yurtdışından dönen boş kutuların tekrar tedarikçi firmalara ulaştırılması ve genel olarak çapraz sevkiyat yönetimidir. Şekil 3.4’te özetlenmiştir.



Şekil 3.4. İhracat lojistik akışı

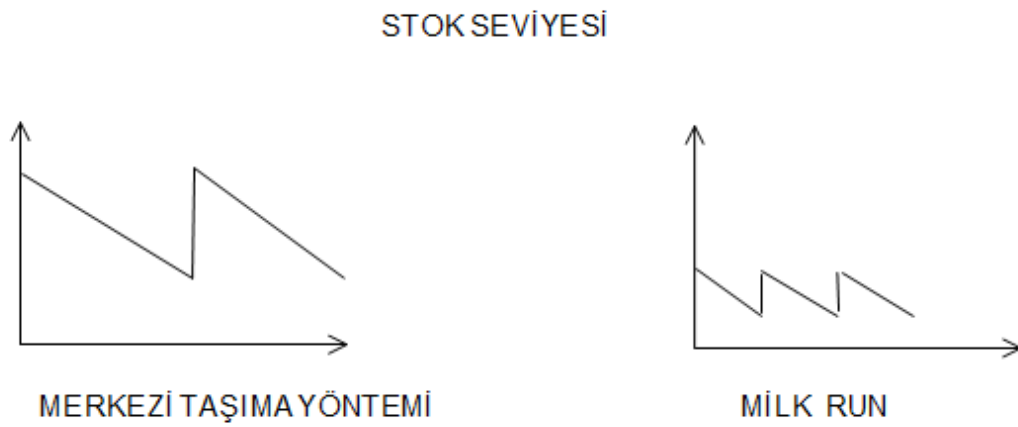
Operasyonun standartlarının korunması için parçaların paketleme standartlarının da belirlenmiş olması gerekmektedir. Parça paketlemelerinin birincil amacı en uygun stoklama şartlarının sağlanarak parçaların kalitesinin korunması ve en az maliyet ile tedarikçilerden alınıp üretim hatlarına sorunsuz şekilde standartlar dâhilinde getirilmesidir. Her bir parça için standart paketlemenin olması hacim hesaplamalarının hatasız olarak yapılmasına yardımcı olmaktadır. Döngüsel sefer uygulamasının genel paketleme prensiplerinden bir tanesi de geri dönüşümlü paketlemelerin kullanılmasıdır.

Buradaki uygulamada döngüsel sefer uygulaması toplama sistemi ile geleneksel parça tedariki arasında karşılaştırma yapılacak ve belirlenen kriterlere göre iki yöntemin avantajları, dezavantajları değerlendirilecektir. Belirlenen performans ölçütlerine göre değerlendirme yapılacaktır.

3.5. Döngüsel Sefer Uygulamasının Avantajları

Döngüsel sefer uygulamasının işletmeye sağladığı avantajlar aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır [Baudin, 2004].

a-) Döngüsel sefer uygulaması envanter seviyesinin azalmasını sağlar.



Şekil 3.5. Merkezi taşıma yöntemi ve döngüsel sefer uygulamasında stok [Baudin, 2004].

Şekil 3.5' ten de anlaşılacağı gibi, merkezi taşıma yöntemi ile güvenlik stoklarını seyahat sürelerindeki dalgalanmalardan dolayı yüksek tutmak gerekiyor. Ancak, döngüsel sefer uygulandıktan sonra tedarikçilerin envanter düzeylerinde %80 oranında azalma gerçekleşmiştir.

b-) Daha iyi tahmin edilebilen sipariş yenileme süreleri sağlar.

Döngüsel sefer uygulaması yalnızca sabit tüketim aralıklarıyla sınırlı değildir. Gerçekte bir döngüsel sefer uygulaması, öngörülebilir ulaştırma kanallarıdır. Örneğin, tek bir merkezden dağıtım esasında kamyonlar, tedarikçilere her iki saatte bir veya 3 saatte bir uğramaktadır. Ancak, düzenli işleyen bir döngüsel

sefer uygulamasında kamyonlar 15 dakika arayla tedarikçileri ziyaret etmekte ve dolayısıyla akışı arttırmaktadır. Şekil 3.5 sabit tüketim altında farklı ürünleri göstermektedir. Gerçek üretim koşulunda, 50, 500 veya 5000 farklı ürünün farklı teslimat frekansları söz konusudur. Böyle bir ortamda her ürünün tek tek fabrikaya getirilmesi, ortamda 3. Partilerin sürece dâhil olması veya ulaşım masraflarının tedarikçiler tarafından karşılanması söz konusu olsa dahi çok maliyetlidir. Bu tür durumlar da, karmaşıklığı azaltmak için devreye döngüsel sefer uygulaması girer. Böylece, parça ürünlerin fazla ulaştırma maliyeti oluşturmadan sürece dâhil olmasını sağlar. Ürün tüketimi değişken olduğunda, döngüsel sefer uygulaması daha zorunlu bir hale gelir. Çünkü merkezi dağıtım sistemlerin de, kamyonlar her ihtiyaç olduğunda mevcut değildirler ve genelde ekonomik kullanım nedeniyle büyük siparişler için saklanırlar. Böyle bir ortam da, sipariş sürelerini tahmin edilemez boyutlara çeker ve bundan en çok tedarik süreçleri etkilenir. Fabrikadaki malzeme ve parçaların stokları sadece bir sonraki teslimi karşılayacak büyüklükte ölçülendirilmektedir. Tüketim oranları da iç talebi karşılamak için geliştirilen üretim planlarına dayandırılmaktadır. Sipariş yenileme süreleri ise, bunların aksine, tedarik ağına bağlıdır ve sipariş yenileme sürelerindeki farklılıklar tedarik zinciri yöneticilerinin en önemli sorunlarından bir tanesidir.

c-) Daha iyi envanter görünebilirliği sağlar.

Şekil 3.5'te de görüldüğü gibi aksak işleyen merkezi dağıtım sisteminde depoların raflarında biriken malzeme hakkında net bir bilgi sağlamak için yoğunluğu açısından çok zordur. Sistem herhangi bir uyarı vermeden, raflar tamamen X malzemesi ile dolu olup hiç Z malzemesi olmayabilir. Buna karşılık, döngüsel sefer uygulaması, aynı zamanda birbiri ile eşleşen birçok ürünü teslim eder ve böylece normal operasyonlarda depodaki ürünler farklı olsa da miktarların birbirine eşitliği sağlanır. Bu nedenler, ürünlerin herhangi birinde olan bir dengesizlik kolayca görülebiliyor, o yanlışın üzerine gidilme fırsatı olabilir.

d-) Gelişmiş bir tedarikçi iletişimi sağlar.

Döngüsel sefer uygulaması tedarikçileri daha sık ziyaret etmek anlamına gelir. Bu sık ziyaret, uygulamaya inanılmaz boyutlarda bir iletişim gücü kazandırır. Çünkü bu ziyaretler sayesinde gelişen iletişim ile tedarikçilerden daha sık teslimat veya kalite konusunda bilgi alma imkânı doğduğu gibi iş ilişkisinin sıklığı ve uzunluğu beraberinde bir tedarik zincirinin en önemli unsuru olan güven ilişkisinin oluşmasını sağlar.

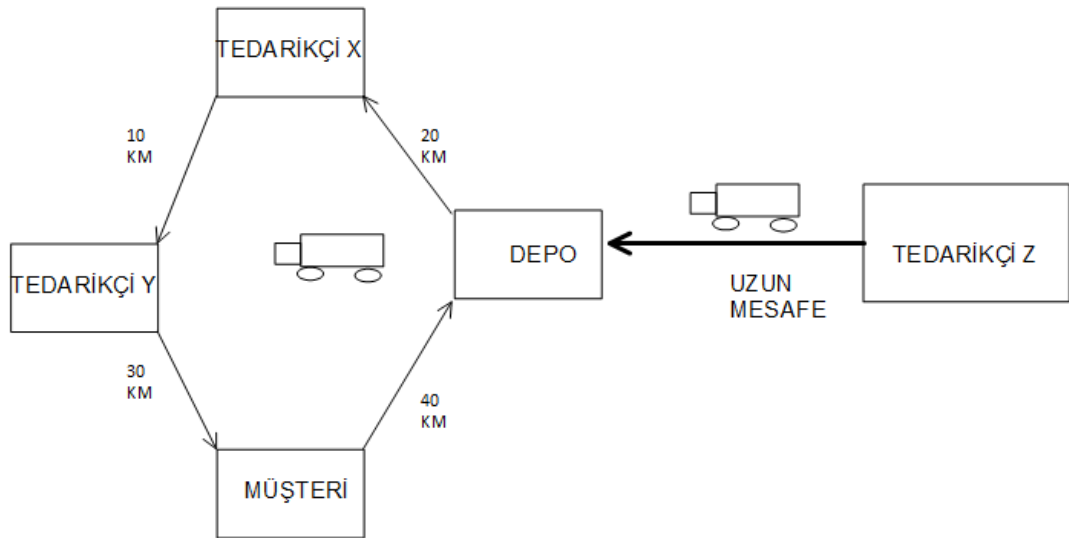
Özetle, döngüsel sefer uygulaması kullanıldığında aşağıdaki avantajlar sağlanır;

- Toplam nakliye maliyetinden tasarruf,
- Zaman kazancı,
- Sistem içerisinde kullanılan paketin dönüşümlü olması fırsatı,
- Sevkiyat zamanları üzerinde kontrol,
- Depolardaki birikmelerin önlenmesi,
- Düşük stok maliyeti,
- Yeterli miktarda stok alanları,
- Kontrollü malzeme sevkiyatı,
- Büyük araç kullanımı,
- Yüksek hacim kullanımı,
- Daha kolay stok kayıt ve takibi,
- Ana sanayi için yan sanayi üzerinde etkin kontrol,
- Yan sanayi için ölçek ekonomisi yaratma ve etkin konsolidasyon sağlayabilme olanağı,
- Yan sanayi için farklı kullanıcıların birlikte hizmet alması ve verimliliğin artırılması.

3.6. Uzak Tedarikçiler İçin Döngüsel Sefer Uygulamaları

Döngüsel sefer kavramı, bir fabrikaya 40 ile 60 km mesafede olan tedarikçilere uygulanması üzerine kurulmuştur. Ancak, birçok fabrika yüzlerce veya binlerce km uzaktaki tedarikçilerle çalışmak durumundadır. Aşağıda bu konuya örnek olabilecek 4 tane döngüsel sefer uygulaması çeşidi incelenecektir [Baudin, 2004].

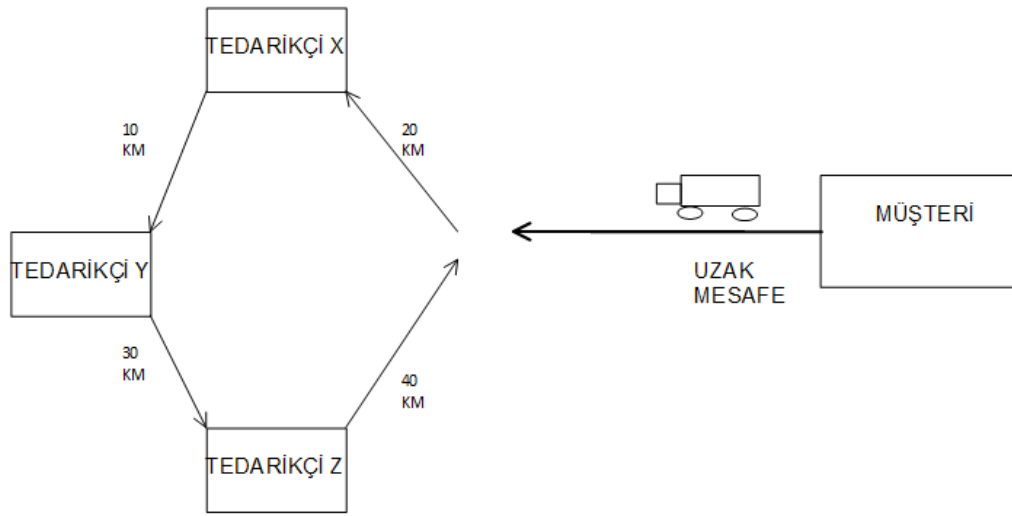
1-) Fabrikaya yakın olan tedarikçi depoları üzerinden döngüsel sefer uygulaması Şekil 3.6' da görüldüğü gibidir. Tedarikçilerin fabrikaya uzak oldukları durumda döngüsel sefer uygulanabilmesi için en iyi çözüm uzak tedarikçinin diğer tedarikçilere yakın bir deposunun olmasıdır. Eğer, tedarikçi yerel bir depoyu işletemeyecek kadar küçükse, o zaman da fabrikanın yerel bir depo kullanması veya 3.partilerden destek alması bu durumda en iyi çözümdür.



Şekil 3.6. Yerel depo kullanan uzak tedarikçi [Baudin, 2004]

2-) “Yerel-Uzak” Döngüsel Sefer Uygulaması:

Döngüsel sefer kavramı, birbirine yakın ama fabrikaya uzak olan tedarikçi kümeleri için de uygulanabilir. Örneğin, otomotiv sanayinde fabrikalar, kendilerine 1000 km uzakta ve uzun taşıma süreleri gerektirse bile tedarikçi kümeleriyle çalışmayı tercih ederler

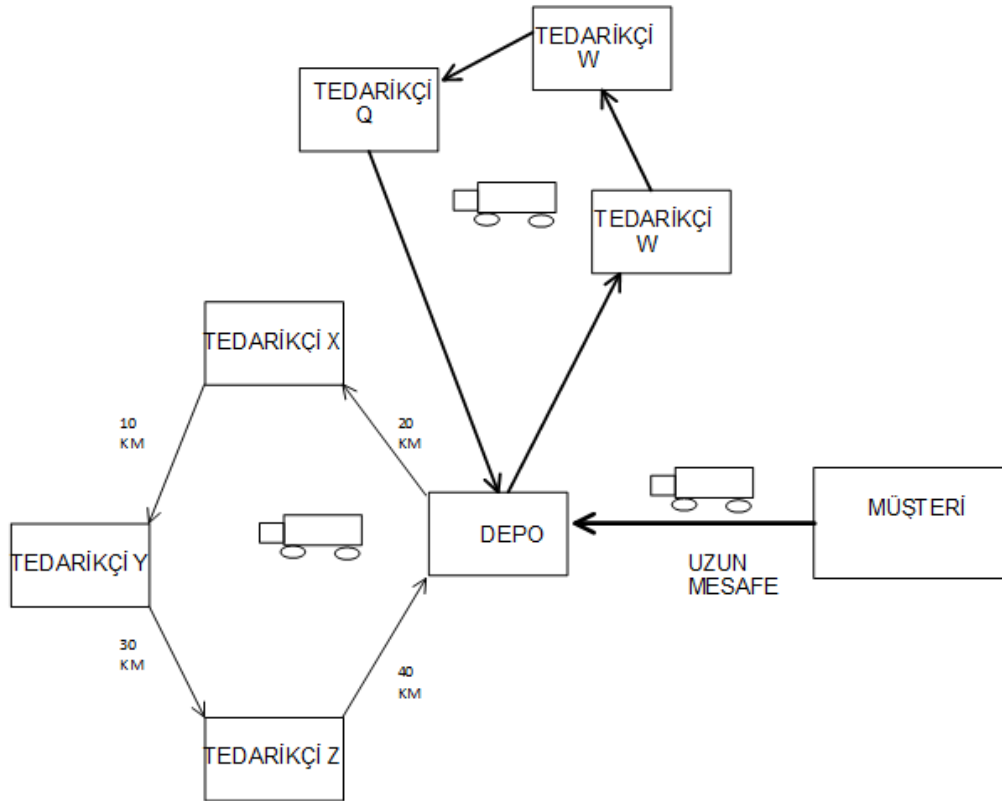


Şekil 3.7 Yerel uzak döngüsel sefer uygulaması [Baudin, 2004]

Bu işlemlerde Şekil 3.7’ de görüldüğü gibi tek kamyon kullanımı mümkündür. Ancak üreticinin kamyonu ve döngüsel sefer uygulaması işlemini yapmış tedarikçilerin kamyonu orta mesafede buluşup kamyonları değiştirerek bu işlemleri gerçekleştirirlerse hem şoförlerin dinlenme süresinin artması bakımından hem de ulaştırma masraflarının azalması yönünden bir fayda sağlanmış olur

3-) Tedarikçilere yakın Çapraz Yükleme Noktaları oluşturularak “Yerel Uzak” döngüsel sefer uygulaması:

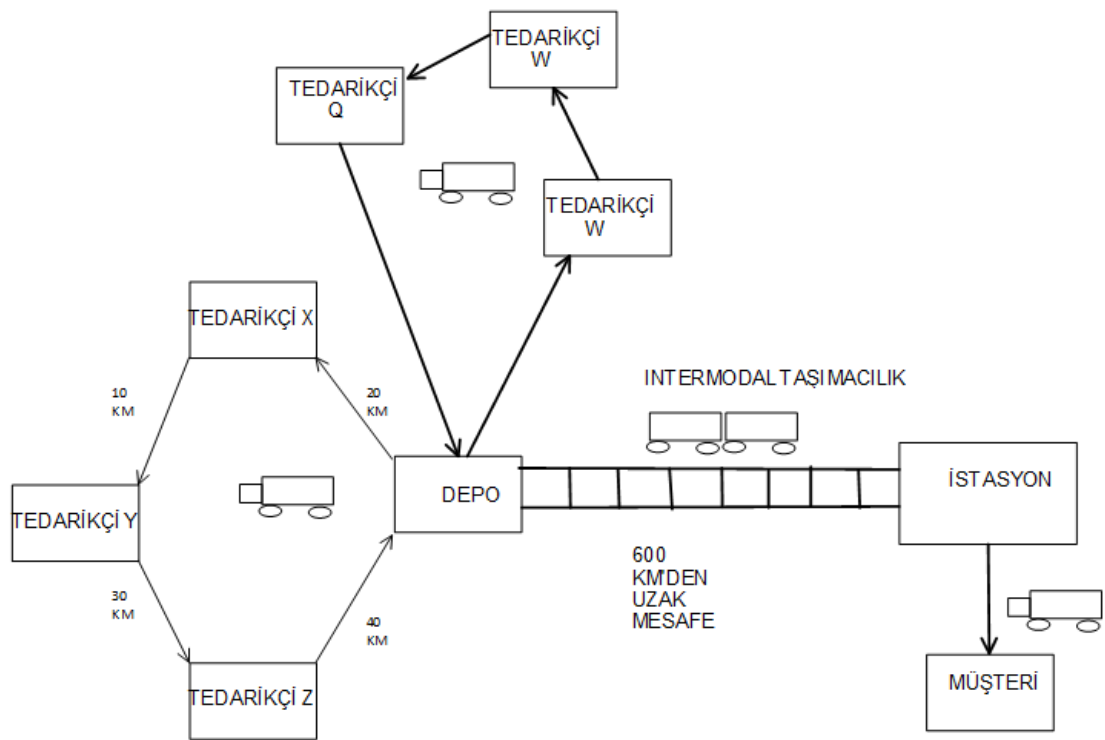
Şekil 3.8’ de görüldüğü gibi, bu döngüsel sefer uygulamasına göre, malzemeler veya parçalar fabrikaya uzak bir çapraz yükleme noktasının sanki fabrikanın kendisiymiş gibi uygulamaya dâhil edilmesidir. Buradaki tek fark, çapraz yükleme noktasından fabrikaya tekrar bir yükleme sürecinin eklenmesidir



Şekil 3.8. Tedarikçiye yakın çapraz sevkiyat noktası ile yerel uzak döngüsel sefer uygulaması [Baudin, 2004]

4-) Uzun Mesafeli Döngüsel Sefer Uygulaması:

Bu uygulamada 1000 km mesafenin üzerindeki tedarikçilerle çalışırken uygulanabilecek bir işlemdir. 1000km'yi geçen mesafelerde kamyon taşımacılığı kullanmak yerine tren veya gemi gibi diğer taşıma araçlarından faydalanmak daha avantajlıdır. Şekil 3.9' da görülmektedir.



Şekil 3.9. Toplama merkezi ile uzaktan yönetilen döngüsel sefer uygulaması [Baudin, 2004]

Bu sisteme göre fabrika tedarikçilerinin merkez noktasına bir konsolidasyon merkezi kurar ve bu konsolidasyon merkezinden malzeme veya parçalar intermodal taşımacılık esaslarıyla fabrikaya getirilir.

3.7. Literatür Taraması

Toyota TZÜ üretim felsefesini 1930'larda geliştirmiş ve uygulamaya koymuştur. Daha sonra Toyota Üretim Sistemi 1950'lerde tüm dünyada yaygınlaşmıştır ve Toyota Kanban kavramını uygulamaya başlamıştır. Yüzlerce birincil tedarikçiye sahip olan Toyota'da hiçbir tedarikçi 2 haftanın stokundan fazla stok yollayamaz ve işlemleri tamamlanan arabalar tesisi 48 saat içinde terk ederler. Toyota bunu Tedarikçilerin fabrikaya uzak oldukları durumda döngüsel sefer uygulanabilmesi için en iyi çözüm uzak tedarikçinin diğer tedarikçilere yakın bir deposunun olmasıdır. Eğer, tedarikçi yerel bir depoyu işletemeyecek kadar küçükse, o zaman da fabrikanın yerel bir depo kullanması veya 3. partilerden destek alması bu durumda en iyi çözümdür. sistemi sayesinde başarılır. Parçalar, TZÜ yani tam zamanında üretimin gerektirdiği şekilde montajlanır ve Toyota'dan döngüsel sefer uygulamasının döngüleri vasıtasıyla 2 ila 4 saatte bir toplanır. Gerekli parçaların %99,9u doğru zamanda tedarik edilir.

Döngüsel sefer uygulaması çevrimlerinin sanayide kullanılmaya başlaması ile bu konuda akademik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Williams 1992 yılında taşıma üzerine yaptığı çalışmada sezgisel bir çizelgeleme metodu kullanırken döngüsel sefer uygulaması yönteminden de yardım almıştır [Williams, 1992].

Barnhart ve Ratliff'in çalışmasında (1993), taşıt rotalamaları için "en kısa yol problem'i" kullanmaktadır. Maliyetler olarak, taşıma ve envanter maliyetleri göz önüne alınmaktadır. Envanter maliyetinin bileşenleri olarak: Güvenlik stoğu ve taşınan malın envanter maliyetleri verilmektedir. Örnekte, ele alınan ağ kesimindeki konteynerlerin minimum maliyetle rotalamalarının nasıl yapılacağından bahsedilmiştir. Kısıtlayıcı olarak, çizelge ve uygun vagon bulunması kullanılmaktadır. Maliyetlerin daha da küçük olabilmesi için bir vagon üzerinde iki adet konteyner taşınması durumu da incelenmiştir. Bu

durumda, yakın Baş ve Son noktasına sahip konteynerlerin rotalanması problemi ortaya çıkmıştır. Sözü edilen bu kısıtlar ve maliyetler hesaba katılarak, taşımanın hangi yöntemle yapılacağına karar verilmiştir [Barnhart ve Ratliff, 1993].

McLachlin (1997) JIT konusunu incelerken tedarik kısmının döngüsel sefer uygulaması ile sağlandığına dikkati çekmiştir. Bu çalışmada yalın üretim sistemlerinin kullanımının yararlarını araştırmıştır. Önce yalın üretim sistemi basamaklarının hangilerinin daha fonksiyonel olduğu tartışılmış, daha sonra bu basamaklar değişik firmalar için sınanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır [McLachlin, 1997].

Locklear (2000), lojistikte bir karar destek sistemi oluştururken rota modellemede döngüsel sefer uygulaması senaryolarından bahsetmiştir. Çalışmalarında ısıtma ve havalandırma firmasında, ürünlerin geri toplanmasının analizi sonucu oluşan parametreleri incelemişlerdir. Ürünleri geri toplama, tersine lojistik sistemini modellemek ve sonuçları değerlendirmek için bir excel tablosu ve coğrafi bilgi sistemi kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Modelin değerlendirilmesi sonucu, ekonomik, ekolojik ve sosyal boyutlarda meydana gelen çeşitli etkileri inceleyerek sürdürülebilirliğin temel ilkeleri belirlenmiştir [Locklear, 2000].

Holweg ve arkadaşları 2001 yılında otomobil lojistiğinde bir döngüsel sefer uygulaması yapmış ve döngüsel sefer uygulamasının yararlarını anlatmışlardır. Bu raporda karayolu ve deniz taşımacılığı için hem iç hem de dış lojistik sistemlerinde, mevcut uygulamalar, operasyonel performanslar verimsizlik ve gecikmelerin temel nedenleri incelenmiştir. Mevcut durum, haritalandırma, röportaj, iç lojistik ile ilgili 3 durum çalışması ve dış lojistik için karayolu firması anketleri ile değerlendirilmiştir [Holweg ve ark., 2001].

Posthuma (2001), çalışmasında tam zamanında üretim için geliştirilen yeni bir metod olarak döngüsel sefer uygulamasından bahsetmiştir [Posthuma, 2001]. Jones ve Clarke (2002) döngüsel sefer uygulamasının Toyota'da nasıl uygulandığını şematik olarak göstermişlerdir [Jones ve Clarke, 2002].

Liu ve arkadaşları (2003) yaptıkları çalışmada döngüsel seferler kullanarak dağıtım merkezi ile sevkiyat ve döngüsel seferler kullanarak doğrudan taşıma sevkiyat modüllerinin ikisine birden izin veren bir karma araç rotalama sistemi üzerinde çalışmışlardır. Her talep için sevkiyatın türünü belirleyen ve sevkiyatların iki türünün de araç rotalamasını gerçekleştiren bir sezgisel algoritma geliştirmişlerdir. Denemeler dağıtım merkezi kullanarak ve doğrudan taşıma sevkiyat sistemlerini karma sistemle karşılaştırmak için rastgele örnek problemler üretilerek uygulanmıştır. Çözüm sonuçları iki ayrı sistemle karşılaştırıldığında karma sistemin kat edilen toplam mesafede ortalama %10 gibi bir iyileştirme yarattığını göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada sevkiyat sistemlerinin döngüsel seferler ile kullanmanın etkileri de incelenmiştir [Liu ve ark., 2003]. Kuchiki, 2005 yılında yaptığı çalışmada döngüsel sefer uygulaması teriminin nasıl ortaya çıktığını belirtmiş ve döngüsel sefer uygulaması ile ilgili örneklerle yer vermiştir [Kuchiki, 2005].

Du, Wang ve Lu'nun (2007) yaptıkları çalışmada birleştirilmiş döngüsel seferleri için bir gerçek zamanlı araç gönderme sisteminin parametreleri incelenmiştir. 7 modül, kapsamlı bir deney tasarımı ile elde edilen gerçek zamanlı sistemi ve parametrelerini iyileştirmek için kullanılmıştır. Gerçek zamanlı araç gönderme sistemi farklı döngüsel sefer uygulaması durumlarında gösterilmiştir. Deneylerin sonuçları, sistem bir başlangıç araç gönderme modülü ve rota geliştiren bir modül önermektedir [Du ve ark., 2007].

Sadjadi ve arkadaşları 2008 yılında yayınladıkları çalışmalarında otomotiv endüstrisinde döngüsel sefer uygulaması problemi için yeni bir matematiksel

modelleme ve genetik algoritma araştırması yapmışlardır. Çalışmalarında tedarik zinciri problemlerini yönetmek için karışık tamsayı uygulaması gibi yeni bir döngüsel sefer uygulaması metodu önermişlerdir. Sonuçta ortaya çıkan formülasyon NP-Hard olduğundan dolayı bazı meta-sezgiseller kullanılmış ve sonuçlar önerilen döngüsel sefer uygulaması metodunun en iyi çözümleri ile karşılaştırılmıştır. Meta-sezgiseli ve matematiksel metot gerçek veriler kullanarak gerçekleştirmişlerdir

Mevcut çalışmalar genelde döngüsel sefer uygulaması sisteminin bir araç rotalama problemi olduğuna ya da araç rotalama probleminde yaptıkları bazı uygulamaların döngüsel sefer uygulamasından ibaret olduğuna dikkat çekmezler. Çalışmada araç rotalama problemi tanıtıldıktan sonra döngüsel sefer uygulaması sisteminden bahsedilmiştir [Sadjadi ve ark., 2008].

Kaneko ve Nojiri (2008), tedarikçiler ve firma arasındaki tam zamanında üretim (TZÜ) lojistiğini incelerken uygulamalarında döngüsel sefer uygulaması metodunu kullanmışlardır. Denizaşırı yapılan coğrafi çalışmada JIT'in, dünyanın çeşitli bölgelerinde birçok yoldan şirketlerin birbiriyle bir ağ ile bağlı olmasını sağladığı görülmüştür. Bu sebeple çalışmanın konusu Japonya'da otomotiv parçalarının TZÜ tabanlı dağıtımıdır.

Bu dağıtımı oluşturan önemli bir kriter ise taşrada işçi ücretlerinin daha düşük olması gibi ekonomik kriterlerdir. Bu sebeple şirketler tedarikçilerini ve fabrika/tesislerinin kurulacağı bölgeleri seçerken ekonomi kriteri ölçü olarak almaya başlamışlar ve global oluşumlar ve denizaşırı tedarikçileri de alternatifleri arasına almışlardır. Bu yüzden bu çalışmada global ağda tedarikçilerin ve tesislerin yer alacağı bölge / coğrafya seçimi incelenmiştir. Çalışmada tesis ve parça tedarikçilerinin elektronik bir bilgi ağı ile birbirine bağlı olması gerektiği vurgulanıyor ve müşteri ile tedarikçileri arasında coğrafi bir yakınlık olması gerektiği sonucuna ulaşıyor [Kaneko ve Nojiri, 2008].

Kovacs (2009), çalışmasında depo yerleşiminin, değişik parça talep ihtimallerinin organizasyon yapısı ile plan ilişkisi olarak bilinen ve bir matematiksel model ile açıklanan özel bir durumu incelenmiştir. Bildirilen çözüm depo yerleşim problemleri için geliştirilen küme tabanlı çözümlere göre avantajlara sahiptir. Toplama performansını belirgin olarak modelleme ve minimal sipariş çevrim süresi ve ortalama toplama sayısı gibi çelişkili kriterler arası değişim gözlenmiştir [Kovacs, 2009]. Tümtürk, 2009 çalışmasında, bir işletmede döngüsel ağ tasarımı için gerekli analizleri yapmış ve tedarikçilerden yarı mamul tedarigi yapmak için matematiksel model kullanarak, araç rotalarını belirlemiştir [Tümtürk, 2009].

Akıllıoğlu ve arkadaşları (2009) çalışmalarında fabrika içi stok noktalarını tedarikçi, montajı ise müşteri olarak ele alıp çekme esaslı tekrarlı dağıtım sistemi tasarımı yapmışlardır. Çalışmanın ilk aşamasında matematiksel model ile rotaların belirlenmesinden sonra, ikinci aşamada simülasyon ile matematiksel modelden çıkan sonucun ve alternatiflerin analizi yapılmıştır. Simülasyonda farklı ölçütler de değerlendirilmiştir. Trafik yoğunluğu, taşıma araçları vb [Akıllıoğlu ve ark., 2009].

Nemoto ve arkadaşları (2010). Çalışmada öncelikle üretim süreci ve lojistik şirketlerinin yakın koordinasyonda olduğu bir sistem tasarlanmıştır. Böylece montaj hatlarını küçük ve sık partilerle besleyebilmesi için yüksek frekansta ürün teslimatı yapılmasını sağlamıştır. Daha sonra, parçaların tedarigi ve üretim hattı operasyonlarını birbiriyle koordine etmek için, araçlara yüklenen GPS sistemleriyle döngüsel sefer uygulaması lojistiği gerçek zamanlı olarak takip edilebilmiştir. Ayrıca çalışmada döngüsel sefer uygulaması uygulamasının, verimli yükleme oranları ile egzoz gazlarının salınımını azaltarak çevreye olan katkısı, ulaşım yönetimi ile yakından ilgisi sayesinde şehirlerin yol politikası, ambalajlama konusunda standardizasyon (palet vb.) ve üretim planlaması ile paralel işlenmesi konularına değinilmiştir [Nemoto ve ark., 2010].

Çay ve arkadaşları (2010), BSH çamaşır makinesi fabrikası mevcut sisteminde malzemelerin depolardan üretim hattına taşınmasında yaşanan verimsizlik, döngüsel sefer araçlarının kat ettikleri mesafenin uzun olması ve araçların fabrika içinde sebep olduğu trafik gibi problemler gözlenmiştir. Performans ölçütleri; döngüsel sefer araçlarının kat ettiği toplam mesafe, döngüsel sefer uygulaması vagonlarının doluluk oranı, ihtiyaç duyulan döngüsel sefer operatörleri, araç sayısı ve çakışan rota uzunluğudur. Çalışmada SYMECA karar destek sistemi kullanılmıştır. Matematiksel model, sezgisel çözüm modeli ve benzetim modelinin bütünleşmiş bir şekilde ürettiği çözümlerin bir java kullanıcı ara yüzüyle kullanıcıya aktarılmasına olanak sağlamıştır. Matematiksel model genel olarak döngüsel sefer uygulaması araçlarını daha önceden belirlenmiş hazır rotalara, malzemeleri de döngüsel sefer araçlarına atamaktadır [Çay ve ark.,2010].

Döngüsel sefer uygulaması konusunda, gerek fabrika içi stok noktaları gerekse fabrika dışı tedarikçi ağlarının tasarlanması için yapılan çeşitli akademik çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalarda, araçların kat ettiği toplam mesafenin en küçüklenmesi, ürün toplama performansı, en az çevrim süresi gibi ölçütler gözlenerek, araçların rotalanması için matematiksel model ve sezgisel yöntemlerden yararlanılmıştır.

Çalışmalarda dikkat çeken husus döngüsel sefer uygulaması, teoride üretim seviyesine göre çok sayıda tedarikçiden parçaların toplanması problemine çözüm getirmesi gerektiği halde, uygulamada tedarikçi sayısı 4'ü veya 5'i geçtiği durumda tercih edilmemektedir. Bu çalışmada temel modele ilave olarak zaman penceresi ve farklı kapasitelere sahip araçlar için seçim kısıtları dâhil edilmiş, otomotiv alanında çalışan, çok sayıda tedarikçisi olan bir fabrika için rota oluşturabilecek bir model üzerinde çalışılmış ve en iyi çözüme ulaşılmıştır.

4. UYGULAMA: BİR OTOMOTİV FABRİKASINDA DÖNGÜSEL SEFER UYGULAMASI İLE TEDARİKÇİLERDEN PARÇA TOPLAMA

Bu tez çalışmasında, Ankara'da faaliyet gösteren bir otomotiv fabrikasının tedarikçi ağı modellenmiştir. İşletme çok sayıda tedarikçiye sahip olup, bu tedarikçilerden alınan ürün çeşitliliği oldukça fazladır. İşletmenin Türkiye ve yurtdışında yüzlerce tedarikçisi bulunmaktadır. Ankara dâhil ülkemizde 32 şehirde tedarikçisi bulunan işletmenin tedarik sistemi ise tedarikçilerin kontrolündedir.

Tedarikçi ürettiği ürünü tamamladığı andan itibaren kendi aracına yüklemekte ve işletmeye yollamaktadır. İşletmenin girişinde tedarikçilerden gelen araçlar nedeniyle uzun kuyruklar oluşmakta, kuyruğun eritilmesi için araçlardaki ürünler kontrol edilemeden içeri alınmaktadır. Ürünler içeri alınırken kontrol edilemediğinden dolayı depoya alınıp kontrol işlemine başlandığında ürünün istenenden daha az ya da daha çok miktarda gönderildiği hatta bazen yanlış ürün gönderildiği gerçeğiyle karşılaşılmalıdır. Bu durum işletmenin depolarında yarı mamul stoklarını artırmaktadır. Üstelik yanlış ya da eksik gelen ürünler nedeniyle özellikle planlama bölümünde tedarikçi ilişkilerinden sorumlu personelin tedarikçi ile olan bu sorunu çözümleyebilmek için telefon görüşmesi yapması ya da yüz yüze görüşmesi gerekmektedir. Yanlış ya da eksik ürünün gelmesi elbette ki üretim hattına da yansımakta, duruşlara sebep olmakta ve bu nedenle ciddi maliyetler oluşturmaktadır.

Bunun yanında depo personelinin hiç planda olmayan fazla ya da yanlış gelen ürünleri yerleştirmek için harcadığı zaman ve bu ürünlerin depolanmaları da depolama maliyetine ekstra yük getirmektedir.

4.1. Uygulamanın Amacı

İşletmenin ürün tedarik yapısı daha önce açıklandığı gibi tedarikçilerin elindedir. Tedarikçi işletmeler üretim hacimlerini ve hızlarını istedikleri gibi ayarlamakta ve istedikleri zaman istedikleri ürünleri kendi araçlarıyla işletmeye bırakmaktadırlar. İşletme ayrıca tedarikçilerine yaptıkları taşıma için aylık lojistik bedeli ödemektedir.

Bu çalışmanın amacı işletmenin tedarik ağını tedarikçilerin yönetiminden kurtarıp, işletmenin tam zamanında üretim felsefesine uygun bir ağ tasarlanmasıdır. Ağın tasarımı problemin yapısı ve bileşenlerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Mevcut uygulamada işletmenin planlamaya bağlı tüm bölümleri ve giriş güvenliğinde fazla zaman ve emek harcanmakta, ayrıca taşıma maliyet kalemi de sistemde yaşanan tıkanıklıklar ve yanlışlar nedeniyle artmaktadır. Uygulamada işletme ve tedarikçi arasındaki taşımanın sorumluluğunu tedarikçilerden alıp işletmeye verecek bir sistem tasarlanması ve bu yolla mevcut uygulamada yaşanan problemleri azaltarak maliyette de düşüş sağlanması amaçlanmaktadır.

4.2. Problemin Tanımlanması

Mevcut durum ve amaç ortaya konulduktan sonra sıra problemin tanımlanmasına geldi. Bu noktada çözülmeye çalışılan problem birden fazla tedarikçiden malzeme alınarak, gelen malzeme envanterini azaltmayı, teslimat sürelerinin tahmin edilebilir düzeyde olmasını, iş yükünün düzenlenmesini ve tedarikçilerden gelebilecek taleplerin öngörülebilmesini sağlamaktır. Tedarik ve tüketimin gerçek zamanlı çalışması için tedarikçiden mümkün olduğunca fazla seferde malzeme alımı gerekmektedir. Bu sebeple otomotiv fabrikaları yüksek sayıda sevkiyatla günlük hatta saatlik mal alımını hedeflemektedir.

İşletme günlük veya saatlik sevkiyatlar için organize edilen kamyonlar ve tırlarla tedarikçileri dolaşarak istenen sıklığa göre gereken miktarda malzemeyi toplayıp üretimine yetiştirmek durumundadır. Bu sebeple ihtiyaca göre hesaplanan ürünü almaya yetecek kadar seferde belirli bir rota üzerinde dolaşan kamyon ve tır her uğradığı tedarikçiden istenen kadar malzeme alır. Otomotiv sanayinde bu tip kamyon taşımasına döngüsel sefer adı verilmektedir.

Döngüsel sefer sistemi kurulurken ilk adım sisteme dâhil olacak tedarikçileri seçmektir. Seçimde tedarikçilerin yerleri, sağladıkları parçaların kullanım sıklığı ve her tedarikçiden gelen parçaların ortalama günlük hacimleri gibi değerler göz önünde bulundurulur. Belirlenen tedarikçilerden alınacak olan günlük taşıma hacimleri her gün için alınır. Bu veriler ile tedarikçi ve günlük taşıma miktarı belirlendikten sonra tedarikçilerden toplanacak toplam ürün ihtiyacına göre ihtiyaç duyulacak kamyon miktarı hesaplanır. Tüm bu bilgiler toplanarak kamyonların rotası, kalkış ve her tedarikçiye giriş çıkış saatleriyle, teslimatın yapılacağı noktaya varış saatleri belirlenir. Böylece döngüsel sefer sistemi çalışmaya hazır hale gelir. Bu bilgiler ışığında problemin alt unsurları incelenmiştir.

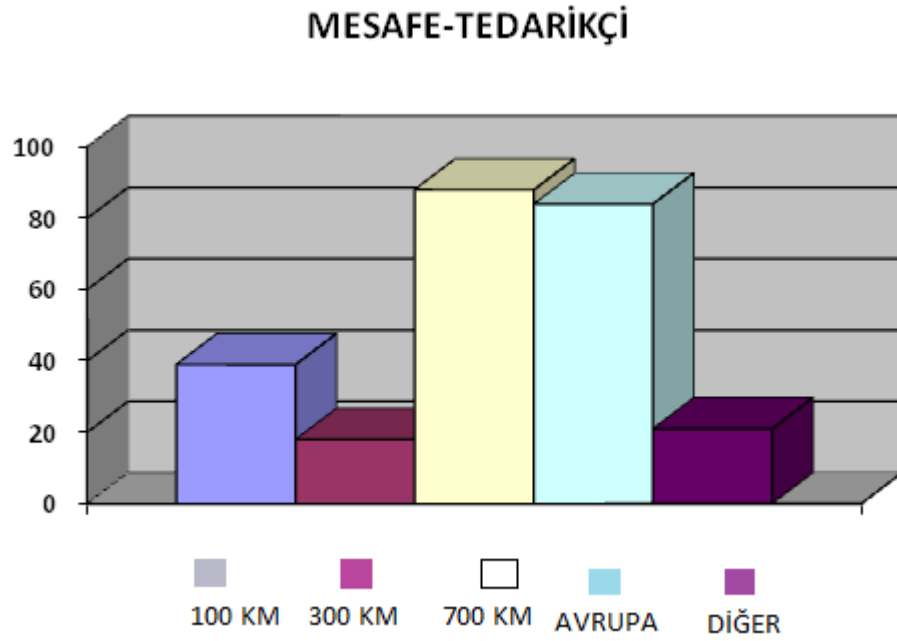
4.2.1. Tedarikçiler

Çizelge 4.1' de görüldüğü gibi işletmenin 135 tanesi Türkiye, 105 tanesi ise Yurtdışında olmak üzere toplam 240 adet tedarikçisi mevcuttur.

Çizelge 4.1. İşletmenin yurtiçi ve yurtdışı tedarikçi sayıları

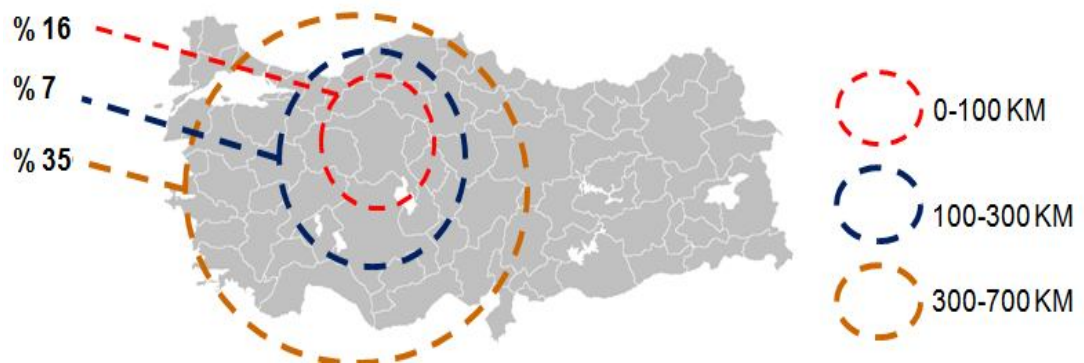
Toplam Tedarikçi	Türkiye	Yurtdışı
240	135	105

Tedarikçi ile işletme arası mesafe grafiği Şekil 4.1' de görülmektedir.



Şekil 4.1. Mesafe-Tedarikçi grafiği

Tedarikçilerin, işletmeden uzaklıklarının ülkemiz içindeki dağılımı Şekil 4.2' de verilmiştir.



Şekil 4.2. Tedarikçilerin ülkemiz içindeki dağılımı

Uygulamada gerçeklik sağlamak amacıyla değişik miktarlarda sevkiyat yapan, farklı ürünleri (metal parça veya plastik parça) üreten, dolayısıyla

farklı palet-kasa tipleri ile sevkiyat yapan tedarikçilerden, tesisin bulunduğu Ankara ili hariç, öncelikle tamamı dikkate alınarak bir çalışma yapılmıştır.

Tedarikçilerin sağladığı hammadde ve alt montaj ürünlerinin işletmeye günlük olarak yarattığı maliyetin hesaplanması için işletmenin kullandığı yazılımın veri tabanından alınan, tedarikçilerin gönderdiği araçların sevkiyat sıklığı, araçlardaki ürünlerin miktarı ve işletmeye olan maliyeti gibi 9 aylık süreye ait verilerin bulunduğu çizelgenin bir kısmı Ek-1' de verilmiştir. Bir şehirde birden fazla tedarikçi bulunmaktadır. Ancak aynı şehir içinde bulunmaları sebebiyle mesafe göz ardı edilmiş ve tedarikçiler şehir adı altında toplanmıştır. Bundan sonra tedarikçiler kısaca şehir olarak anılacaktır. Ek-1' de sunulan veriler kullanılarak, tedarikçinin bulunduğu şehir bilgisi ve işletmeye gönderdiği ürünlerin günlük bazda hesaplanması sonrası oluşan maliyet bilgileri oluşturulmuş ve Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ürünlerin günlük çevrimde yarattığı maliyet

İL	Ürün Maliyeti	% Değeri	Kümülatif
ESKİŞEHİR	786 412	39,33	39,33
BURSA	217 992	10,90	50,23
KOCAELİ	182 832	9,14	59,38
BİLECİK	123 060	6,15	65,53
BALIKESİR	97 276	4,87	70,40
İZMİR	71 492	3,58	73,97
ÇANKIRI	53 912	2,70	76,67
NEVŞEHİR	52 740	2,64	79,31
İÇEL	46 880	2,34	81,65
İSTANBUL	46 880	2,34	84,00
MANİSA	43 364	2,17	86,17
KAYSERİ	42 192	2,11	88,28
AMASYA	41 020	2,05	90,33
KIRŞEHİR	37 504	1,88	92,20
NİĞDE	32 816	1,64	93,85
AYDIN	26 956	1,35	95,19
TEKİRDAĞ	19 924	1,00	96,19
HATAY	14 064	0,70	96,89
DÜZCE	12 892	0,64	97,54
SİVAS	11 720	0,59	98,12
ADANA	10 548	0,53	98,65
KIRIKKALE	8 204	0,41	99,06
SAKARYA	7 032	0,35	99,41
VAN	2 344	0,12	99,53
ŞANLIURFA	2 344	0,12	99,65
ERURUM	1 172	0,06	99,71
KARABÜK	1 172	0,06	99,77
YOZGAT	1 172	0,06	99,82
ANTALYA	1 172	0,06	99,88
ÇORUM	1 172	0,06	99,94
SAMSUN	1 172	0,06	100,00
TOPLAM	1 999 432	100	

İşletmeden alınan veriler içinde tedarikçilerden gelen araçlar için ödenen lojistik maliyeti kalemi yoktur. İşletme bu maliyet kalemini envanter maliyetinin % 1,5 'i olarak hesaplamıştır. Çizelge 4.2' nin incelenmesi sonrası, hesaplama kolaylığı açısından, envanter maliyetinin % 92,2' lik kısmını yaratan 14 ilde bulunan tedarikçiler seçilmiş, % 7,8'lik toplam envanter maliyetini yaratan diğer 17 ildeki tedarikçi göz ardı edilmiştir. Bu iller: Niğde, Aydın, Tekirdağ, Hatay, Düzce, Sivas, Adana, Kırıkkale, Sakarya, Van, Şanlıurfa, Erzurum, Karabük, Yozgat, Antalya, Çorum, Samsun.

Tedarik Sistemi: Mevcut sistemde tedarikçiler kendi firmalarına ait araçlar ile teslimat yapmaktadır. Daha sonraki yüklemeler için boş paletler firmalara aynı araçlar ile geri gönderilmektedir. Tasarlanan sistemde ise işletme kendi araçları ile ürünleri toplayacaktır.

Taşıma Matrisi: Belirlenen tedarikçilerin fabrikaya olan uzaklığını gösteren tablodur. Burada dikkat edilmesi gereken konu araç toplama planı yapılırken, tedarikçilerden toplama frekansının hesaplanmasıdır. Bu çalışmada, çevrimler günlük olarak hesaplanacaktır.

Çizelge 4,3' te İşletmenin deposunun da bulunduğu fabrika ve tedarikçiler arası mesafeler kilometre cinsinden verilmiştir. Şehir "1" yani işletmenin bulunduğu Ankara ili depodur.

Çizelge 4.3. Fabrika ve tedarikçileri arasındaki mesafe matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	334	530	313	382	131	233	483	453	579	318	184	342	561	275
2	334	0	833	622	682	248	567	639	671	913	348	308	560	895	363
3	530	833	0	246	151	659	297	886	390	173	837	703	279	137	761
4	313	622	246	0	95	444	80	760	247	417	620	486	136	381	577
5	382	682	151	95	0	508	149	829	243	322	689	555	132	286	646
6	131	248	659	444	508	0	364	569	497	710	348	214	386	692	305
7	233	567	297	80	149	364	0	680	322	412	540	406	211	394	497
8	483	639	886	760	829	569	680	0	932	892	326	368	821	874	280
9	453	671	390	247	243	497	322	932	0	561	771	637	111	525	728
10	579	913	173	417	322	710	412	892	561	0	848	752	450	36	767
11	318	348	837	620	689	348	540	326	771	848	0	134	660	830	81
12	184	308	703	486	555	214	406	368	637	752	134	0	526	734	91
13	342	560	279	136	132	386	211	821	111	450	660	526	0	414	617
14	561	895	137	381	286	692	394	874	525	36	830	734	414	0	749
15	275	363	761	577	646	305	497	280	728	767	81	91	617	749	0

4.2.2. Ürünler

Kutu/Palet tipleri: Otomotivde kullanılan kutu ve palet tipleri parça tiplerine göre çok çeşitlilik göstermekte ve bir standardı olmamakla beraber çoğu otomotiv ana sanayinin kullandığı ve tedarikçilerine kullandırdığı kutular benzerdir. Başlıca iki tipte kutu kullanılmaktadır. Bunlar plastik kutular ve metal paletlerdir. Plastik kutular, araca yükleme ve indirme sırasında forklift ile alınabilmesi için euro palet ölçüsünde (120cm x 80cm) plastik bir taban üzerine yerleştirilmekte, üst üste stoklanabilmesi için üzeri uygun bir plastik kapak ile kapatılmaktadırlar. Metal paletler ise forklift ile taşınabilecek ve üst üste stoklanabilecek şekilde tasarlanırlar. Bu çalışmada standart bir palet kullanılacaktır (Resim 4.1). Kullanılacak standart paletin ölçüsü ise 120 cm, 100 cm. Aynı şekilde üst üste stoklanabilmesi için üzeri uygun bir plastik kapak ile kapatılmaktadır ve bu şekilde bir paletin yüksekliği 100 cm olmaktadır.



Resim 4.1. Kullanılan standart palet

İşletmenin, tam zamanında üretim felsefesine uygun bir şekilde, günlük ihtiyaca göre belirlediği, Ek-2' de bir örneği sunulan her ürüne ait miktar, maliyet ve ürün boyutuna göre palet bilgisi kullanılarak Çizelge 4.4 'teki

bilgiler elde edilmiştir. Bu tabloda tedarik noktası olarak şehir isimleri ve her şehirde bulunan farklı tedarikçilere ait ürünlerin günlük ihtiyaç miktarları birleştirilmiş olarak gösterilmiştir. Ayrıca her bir ürün çeşidinin plastik standart kasalara kaç adet konulduğu bilgisi de mevcuttur. Bu bilgilerden hareketle fabrikanın her bir tedarikçiden günlük palet talebi ortaya çıkmıştır. Döngü başına tedarikçilerden palet talebi verisinin tam sayı olması gerekliliği düşünülmüştür. Bu nedenle palet talepleri yukarı yuvarlanarak, yani düzeltilerek tam sayı olarak ele alınmıştır.

Çizelge 4.4. Fabrikanın tedarikçilerinden günlük palet bazında ürün talebi

2/ AMASYA	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
Afn 34	2200	230	9,565217	10
Azn 22	760	195	3,897436	4
			Toplam	14
3/BALIKESİR	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
Bkn 40	89	13	5,846154	7
Ben 57	119	25	3,76	5
Bbx95	154	20	5,7	8
			Toplam	20
4/BİLECİK	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
Bhn 71	92	13	7,076923	8
Bbk 43	140	25	5,6	6
Bcx 90			Toplam	14
5/BURSA	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
Bhn 74	1162	195	5,958974	6
Bki 48	380	195	1,948718	2
			Toplam	8
6/ÇANKIRI	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
Çqb 56	1540	200	7,7	8
Çlc 33	640	180	3,555556	4
			Toplam	12
7/ESKİŞEHİR	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
Ezn 69	84	25	3,36	4
Evv 70	140	37	3,783784	4
Ebg 30	1520	390	3,897436	4
Etj 49	640	350	1,828571	2
Ehb 40	76	40	1,9	2
Eqt 42	94	50	1,88	2
Ere 80	114	60	1,9	2
Erw 99	280	150	1,866667	2
Exm 71	900	90	10	6
Ezz 90	2080	270	7,703704	8
Emb 30	1940	1000	1,94	2
			Toplam	38
8/İÇEL	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
İkk 90	280	50	5,6	6
İöm 88	1800	370	4,864865	6
İpp 67	668	350	1,908571	2
İpc 94	154	90	1,711111	2
			Toplam	16

Çizelge 4.4. (Devam) Fabrikanın tedarikçilerinden günlük palet bazında ürün talebi

9/İSTANBUL	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
İkk 90	840	260	3,230769	4
İöm 88	700	185	3,783784	4
			Toplam	8
10/İZMİR	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
İln 76	380	70	5,428571	6
İnn 34	1820	330	5,515152	6
İhh 36	740	400	1,85	2
			Toplam	14
11/KAYSERİ	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
Kun 23	1540	390	3,948718	4
Krv 78	300	40	7,5	8
Krh 44	114	60	1,9	2
Kyb 64	180	50	3,6	4
			Toplam	18
12/KIRŞEHİR	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
Kvb57	268	150	1,786667	2
Kkn 67	530	90	5,888889	6
Khb 65	1740	290	6	6
Kbb 66	1880	1000	1,88	2
			Toplam	16
13/KOCAELİ	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
Kll 89	280	75	3,733333	4
Kjn 78	1395	490	2,846939	3
Knn 34	2205	370	5,959459	6
			Toplam	13
14/MANİSA	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
Mkm 42	340	65	5,230769	6
Mhk 53	1880	330	5,69697	6
Mgg 56	710	370	1,918919	2
Mer 32	192	100	1,92	2
			Toplam	16
15/NEVŞEHİR	Adet/Gün	Adet/Palet	Palet/Gün	Düzeltilmiş
Nhh 54	340	130	2,615	3
Nbb 44	1880	660	3,354	3
			Toplam	6

4.2.3. Araçlar

Kullanılan Araçlar: döngüsel sefer uygulamasında parça toplanacak olan firmaların yükleme alanlarının fiziksel şartları müsait olduğu sürece, toplamalar tır ve kamyonlar kullanılarak yapılmaktadır. Tır kasalarının kamyon kasalarına göre daha büyük olması sonucu toplam hacim/iş gücü maliyeti düşüktür. Ancak tır kullanırken yatırım maliyetleri yüksek olması ve modelin esnekliğinin sağlanabilmesi için ile ilave olarak kamyon da kullanılmaktadır. Uygulamada 5 adet tır ve 5 adet kamyon olmak üzere toplam 10 araç kullanılacaktır. Bu 10 araçtan 1-5 numaralar tır, 6-10 numaralar ise kamyon olarak belirlenmiştir. Standart kamyon ve tır ölçüleri ve hacim bilgisi Çizelge 4.5' de görülebilir.

Çizelge 4.5. Araç ölçüleri

ARAÇLAR	BOY(m)	EN(m)	YÜKSEKLİK(m)	Kapasite (Palet)
TIR	12	2,5	2,7	48
KAMYON	6	2,5	2,45	24

Daha önce verilen palet bilgileri ve bu bölümde aktarılan tır/kamyon ölçüleri bilgileri ışığında araçların palet taşıma kapasiteleri tır içi 48 palet, kamyon için ise 24 palettir.

Rota: Firmaların bulunduğu ana bölgeler. Türkiye'de firmanın etkin olarak parça tedarik ettiği 14 şehirdeki tedarikçiler seçilmiştir. Döngüsel sefer uygulaması yapılırken, rotalar bu tedarikçiler üzerine kurulacaktır.

Uygulama yapılan işletme daha önce bahsedilen sıkıntıları çözümleyebilmek için bir döngüsel sefer uygulaması girişiminde bulunmuş ve tüm yurt içi tedarikçileri ile eş zamanlı olarak bu projeyi başlatmış ancak başarısız olmuştur. Buna neden olarak çok farklı boyutta, farklı ağırlıkta ve farklı çeşitte birçok çeşidin aynı araçta taşınmanın imkânsızlığı gösterilebilir. Bu nedenle bu uygulamada projenin içinde bulunacak tedarikçi sayısı azaltılmıştır. Tedarikçiler mal grubuna göre seçilmiştir. Her firma ürün çeşitliliği çok fazla olmasına rağmen aynı araçta taşınabilecek ürünler üretmektedir. Ayrıca seçilen firmaların ürünlerinin taşınmasında karton koliler yerine plastik ve standart boyutta kutular kullanılmaya başlanmıştır. Bu ürün grubunun hem çeşitliliği fazla hem de hacmi yüksektir. Bu nedenle işletme ve tedarikçileri arasında en büyük karmaşa bu grupta çıkmaktadır.

Döngüsel sefer uygulamasının uygulanabilmesi bu sisteme dâhil olacak tüm üyelerin önceden belirlenecek olan yüklenecek ürün ve yükleme-boşaltma zamanı konusunda dikkatli davranmasına bağlıdır. Aksi takdirde oluşturulacak rotalar arasında döngü yapacak olan araçların seferleri aksayacaktır. Döngüsel sefer uygulamasının kurulma aşamasında işletme ve tedarikçileri arasında bir ERP programı kullanılmasına başlanmalı, işletme ihtiyaç duyduğu malzeme çeşit ve miktarını önceden tedarikçilerine geçmeli ve tedarikçiler üretim planlarını aldıkları bu siparişlere göre planlamalıdır.

4.3. Modelin Geliştirilmesi

Doğrusal programlama (DP) bu alanda en çok uygulama alanı bulan yöntemdir. DP modeli hemen her türlü işletme sorunlarını çözmek için uygulanabilecek yapıda olmasına rağmen, uygulamada ortaya çıkan sonuç, ya işletmenin üretim şekline bağlı, ya da DP modelinin uygulandığı sorunun yapısından dolayı istenilen durumu ortaya koymayabilir. Çünkü DP modelinin temel varsayımlarından birisi tüm değişkenlerin sürekli olmasıdır. Günlük hayatta ise sistemler her zaman girdi ve çıktılarının bölünmezlik

sorunları ile karşı karşıyadır ve bu problemler incelenirken uygulanan modeller de tam sayı olmalıdır. Tamsayılı Doğrusal Programlamada (TDP) ise değişkenlerin bir kısmının tam sayılı geriye kalan kısmının ise pozitif olması gerekiyorsa Karışık Tamsayılı Doğrusal Programlama (KTDP) ile karşı karşıya kalınmıştır.

Doğrusal programlama yardımıyla araç rotalamada kısıtlar müşterilerden, araçlardan, depodan ve müşteriler ile depo arasındaki şebeke bağlantılarından oluşur. N+1 adet müşteri noktası ve K adet araç bulunmaktadır. Depo, 0. müşteri olarak ifade edilir. Araçlar rotaya depodan baslar, müşteri noktalarını ziyaret eder ve tekrar depoya geri dönerler Şebeke içersindeki rotaların sayısı kullanılan araçların sayısına eşittir. Bir araç sadece bir rota üzerinde faaliyet gösterebilir. Rotalama yaparken şebeke içersindeki her bir müşteri araçlardan sadece biri tarafından ziyaret edilebilir. Tüm araçlar aynı kapasiteye sahiptir ve müşteri talepleri değişebilmektedir. Aracın kapasitesi rota üzerinde bulunan tüm müşterilerin taleplerinin toplamından küçük ya da eşit olmalıdır. Bunun anlamı araçların kapasitelerinin üzerinde yüklenememesidir. Doğrusal programlama yardımıyla bir araç rotalama problemi şu şekilde formüle edilebilir:

Parametreler:

K: Toplam araç sayısı

N: Toplam müşteri sayısı

C_{ij} : i noktasından j noktasına taşıma maliyeti

M_i : i müşteri noktasındaki talep

q_k : k aracının kapasitesi

Değişkenler:

X_{ij} : eğer k aracı i noktasından j noktasına giderse 1, aksi halde 0

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j \sum_k C_{ij} X_{ijk} \quad (4.1)$$

$$\sum_k \sum_{i,i \neq j} X_{ijk} \leq K \quad i=0 \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=0,i \neq j} X_{jik} = \sum_{i=0,i \neq j} X_{ijk} \leq 1 \quad \forall j \quad (4.3)$$

$$\sum_k \sum_{i,i \neq j} X_{ijk} = 1 \quad \forall j \quad (4.4)$$

$$\sum_k \sum_{j,j \neq i} X_{ijk} = 1 \quad \forall i \quad (4.5)$$

$$\sum_{i=1} M_i \sum_{j=0,i \neq j} X_{ijk} \leq q_k \quad (4.6)$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \quad (4.7)$$

Yukarıdaki doğrusal programlama modelinde eşitlik (4.1) modelin amacını yani toplam seyahat mesafesinin ve dolayısıyla toplam rotalama maliyetinin en küçüklenmesini ifade etmektedir. Eşitlik (4.2) oluşabilecek maksimum K rota sayısını ifade etmektedir. Eşitlik (4.3) her bir rotanın depodan başlayıp yine depoda bittiğini göstermektedir. Eşitlik (4.4)ve (4.5) müşteri noktalarının her birinin sadece bir araç tarafından yalnızca bir defa ziyaret edildiğini göstermektedir. Eşitlik (4.6) üzerinde bulunan müşterilerin toplam talep miktarının rotaya çıkacak olan aracın toplam kapasitesinden fazla olmayacağını ifade etmektedir. Eşitlik (4.7) X_{ijk} değişkeninin 0 ya da 1 değerini alabileceğini göstermektedir [Khan ve Siddiqui, 1998].

Temel rotalama problemlerinin modellenmesinden yola çıkılarak geliştirilen sistemde yolun en küçüklenmesini sağlamak amaçlanmıştır. Aşağıda geliştirilen modelde kullanılan indis, değişken ve parametrelere yer verilmiştir.

İndisler;

i :Şehir

j :Şehir

k :Araç

Değişkenler;

Z : Toplam kat edilen mesafe

X_{ijk} : k aracının i şehrinden j şehrine gittiğini gösteren 0,1 değişkeni

$t_{karsila_{k,i}}$: k aracıyla i noktasından tedarik edilen miktarı gösteren tamsayılı değişken

Parametreler;

C_{ij} : i noktasından j noktasına giderken kat edilen mesafe

q_k : k aracının kapasitesi

M_i : i. Tedarikçiden sağlanacak parça miktarı

M: Büyük bir sayı.

Amaç denklemi: Amaç kat edilen yolu en küçükmektir. Bunu gösteren eşitlik aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j \sum_k C_{ij} \cdot X_{ijk} \quad (4.8)$$

KISITLAR

Her şehre bir kez uğramasını sağlayan kısıt;

$$\sum_k \sum_{i,i \neq j} X_{ijk} = 1 \quad j \geq 2 \quad (4.9)$$

$$\sum_k \sum_{j,j \neq i} X_{ijk} = 1 \quad i \geq 2 \quad (4.10)$$

Bir şehre giren aracın o şehri terk etmesi kısıtı;

$$\sum_{j,j \neq i} (X_{ijk} - X_{jik}) = 0 \quad \forall i, k \quad (4.11)$$

Gidilen yoldan geri dönmeme kısıtı;

$$X_{ijk} + X_{jik} = 1 \quad \forall i, j, k \quad (4.12)$$

Rotanın depoda başlaması kısıtı;

$$BigM * \sum_{j, i \neq j} X_{ijk} \geq \sum_i t_{karşıla_{ki}} \quad i = 1, \forall k \quad (4.13)$$

Rotanın depoda bitmesi kısıtı;

$$BigM * \sum_{j, j \neq i} X_{jik} = \sum_i t_{karşıla_{ki}} \quad i = 1, \forall k \quad (4.14)$$

Taşınan miktarın araç kapasitesini aşmamasını sağlayan kısıt;

$$\sum_i t_{karşıla_{ki}} \leq qk \quad \forall k \quad (4.15)$$

Çevrim kısıtı;

$$\sum_i \sum_j C_{ij} \cdot X_{ijk} \leq 1992. \quad \forall k \quad (4.16)$$

Talebin(tedarik edilecek ürünün) karşılanması kısıtı;

$$t_{karşıla_{ki}} = M(i) * \sum_i X_{ijk} \quad \forall j, k \quad (4.17)$$

Talebi karşılayacak kadar rota olması kısıtı;

$$\sum_{j, j \neq i, k} X_{ijk} \cdot M \geq t_{karşıla_{ki}} \quad \forall k, i \quad (4.18)$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \quad (4.19)$$

$$t_{karşıla_{ki}} \geq 0 \quad (4.20)$$

Amaç fonksiyonunda yol en küçüklenmeye çalışılmaktadır. Eşitlik (4.9) ve (4.10) 'e göre her şehre yalnızca bir araç uğranabilir. Eşitlik (4.11)'e göre bir şehre giren araç o şehri terk etmelidir. Eşitlik (4.12)'e göre araç gittiği yoldan geri dönmeyecektir. Eşitlik (4.13), mal taşıyan aracın rotasına depo noktası,

yani şehir “1” den başlamasını sağlamaktadır. Eşitlik (4.14)’a göre ise mal taşıyan her araç rotasını depoda sonlandırmaktadır. Eşitlik (4.15) her aracın taşıdığı miktarın kendisi için belirlenen kapasiteyi aşmamasını sağlamaktadır. Eşitlik (4.16) ile araç yasal hız sınırı olan 83 km hız ile 24 saat süre içerisinde yapabileceği yol mesafesi olan 1992 km’ ye sınırlandırılmaktadır. Eşitlik (4.17)’ ye göre her şehrin talebinin karşılanması gerekmektedir. Eşitlik (4.18) talebi karşılayacak kadar rota olmasını sağlamaktadır. Eşitlik (4.19) X_{ijk} değişkeninin 0-1 tam sayı olduğunu, Eşitlik (4.20) ise $t_{karsila_{k,i}}$ değişkeninin pozitif bir sayı olduğunu belirtir.

Bu çalışmada ortaya çıkan modelin avantajı, çok sayıda tedarikçi için farklı kapasitedeki araçlarla çözüm geliştirmesidir. Model, farklı kapasitelere sahip araç filosu içerisinde tedarikçilerden toplanacak malları taşıyacak kadarını rota oluşturmak için seçecektir. Son olarak modele eklenen yeni kısıt, döngüyü bir günde tamamlaması için araçların bir çevrimde yapacağı kilometrenin sınırlandırılmasıdır (Eşitlik 4.16).

4.4. Modelin Uygulanması

Toplama faaliyetlerinin en iyilenmesi için yolun en küçüklenmesi amaç edinen doğrusal model çözüldüğü takdirde toplama faaliyeti için gerekli araç rotaları belirlenmiş olacak ve en iyi toplama planı oluşturulmuş olacaktır. Bu modeli çözmek için GAMS programı, CPLEX çözücüsü kullanılmıştır.

Modelin GAMS programında yazılışı aşağıdaki gibidir.

sets

ij /1*15/

k /1*10/

Alias (ij,i,j)

Parameters

kapasite(k) /1 48, 2 48, 3 48, 4 48, 5 48, 6 24, 7 24, 8 24, 9 24, 10 24/

M(i) /1 0, 2 14, 3 20, 4 14, 5 8, 6 12, 7 38, 8 16, 9 8, 10 14, 11 18, 12 16, 13 13, 14 16, 15 6/;

Table c(i,j)

Çizelge 4.3.' te verilen mesafe matrisi bu noktada tablo şeklinde programa girilmiştir.

scalars BigM /10000/;

Positive variable t_karsila(k,ij);

Binary Variables x(i,j,k);

Variable z;

Equations

amac

hersehir1(i)

hersehir2(j)

girencikan(ij,k)

ciftler(i,j,k)

depodan1(k)

depodan2(k)

kapasit(k)

talep(k,j)

rota(k,j)

cevrim(k)

;

amac..z=e=sum((i,j,k)\$ (ord(i) ne ord(j)),x(i,j,k)*c(i,j));

hersehir1(i)\$ (ord(i) ge 2).. sum(k,sum(j \$ (ord(j) ne ord(i)),x(i,j,k)))=e=1;

hersehir2(j)\$ (ord(j) ge 2).. sum(k,sum(i \$ (ord(i) ne ord(j)),x(i,j,k)))=e=1;

girencikan(ij,k).. sum(i,x(i,ij,k))=e=sum(j,x(ij,j,k)) ;

ciftler(i,j,k)\$ (ord(i) ne ord(j)).. x(i,j,k) + x(j,i,k) =l= 1;

depodan1(k).. sum(j \$ (ord(j) ne 1) ,x("1",j,k))*BigM=g=sum(j,t_karsila(k,j));

depodan2(k).. sum(i \$ (ord(i) ne 1) ,x(i,"1",k))*BigM=g=sum(j,t_karsila(k,j));

kapasit(k).. sum((ij), t_karsila(k,ij)) =l=kapasite(k);

talep(k,j).. t_karsila(k,j)=e=M(j)*sum(i,x(i,j,k)) ;

rota(k,j)\$ (ord(j) ge 2).. sum(i\$ (ord(i) ne ord(j)), x(i,j,k))*BigM =g= t_karsila(k,j);

cevrim(k)..sum((i,j)\$ (ord(i) ne ord(j)),x(i,j,k)*c(i,j))=l=1992;

option reslim=36000;

Model tez /all/;

Solve tez using mip minimizing z;

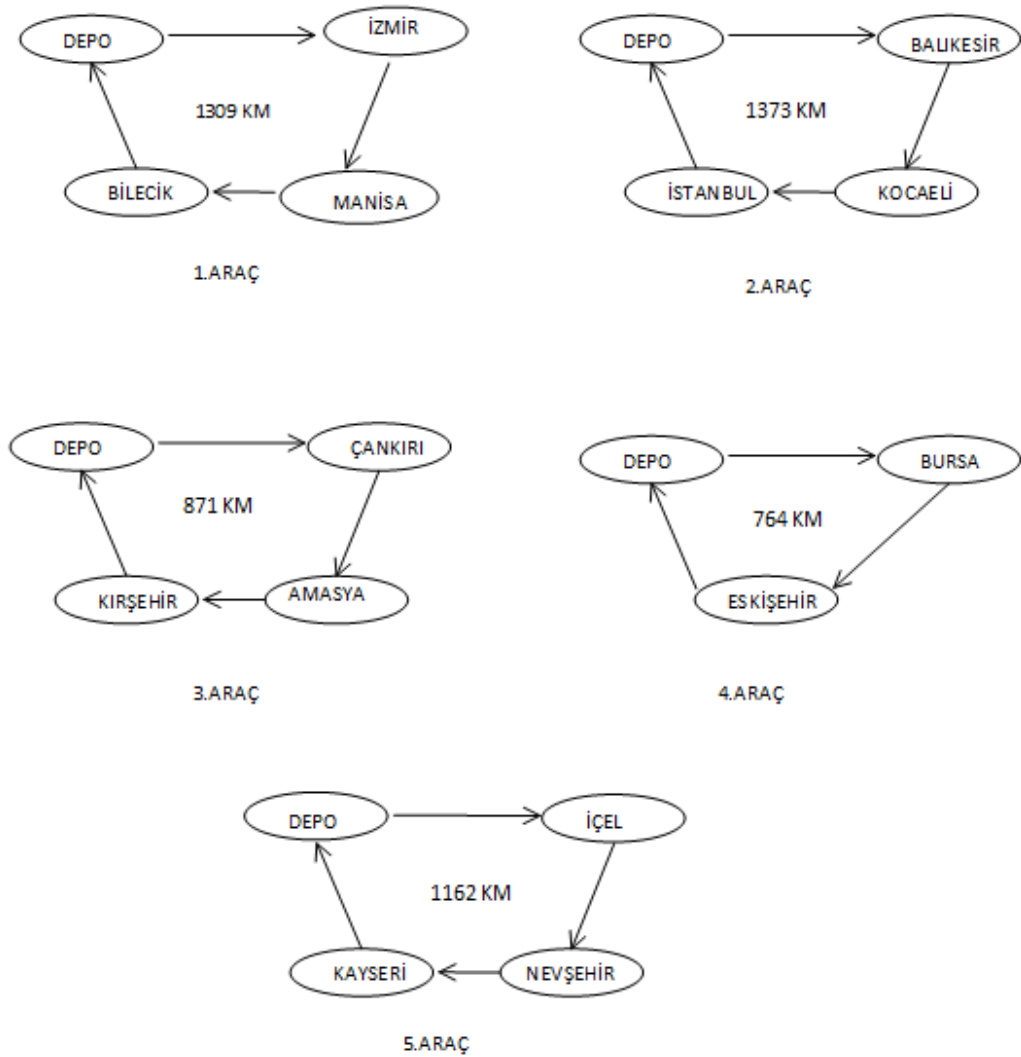
Display x.l,x.m;

Oluşturulan model için GAMS programı çözümü 1 saat 59 dakikada vermiştir. En düşük toplam yolu 5479 km' lik bir rotadır. Ortaya çıkan çözüm sonucu oluşan rotalar, toplam yol ve süreler Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Çözüm sonucu oluşan rotalar

Araçlar	ŞEHİRLER					YOL (KM)	Süre (Saat)
1.Araç	ANKARA	10/ İZMİR	14/MANİSA	4/BİLECİK	ANKARA	1309	15,77
2.Araç		3/BALIKESİR	13/KOCAELİ	9/İSTANBUL		1373	16,54
3.Araç		6/ÇANKIRI	2/AMASYA	12/KIRŞEHİR		871	10,49
4.Araç		5/BURSA	7/ESKİŞEHİR			764	9,2
5.Araç		8/İÇEL	15/NEVŞEHİR	11/KAYSERİ		1162	14
	TOPLAM YOL					5479	

Çözüm sonucunda 10 araçlık filodan 5 araç seçilmiştir. 5 araç da tırdır. Çözüm sonucuna göre toplam yol 5479 km' dir. Araçların rotaları Şekil 4.3' te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Araç rotalarının gösterimi

Çözümde kullanılan araçların taşıdıkları palet sayıları ve kullanım kapasiteleri Çizelge 4.7' de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Çözüm sonucu kullanılan araçların kapasite kullanım oranı

Araç	Taşınan Palet sayısı	Kullanılan kapasite (%)
1.ARAÇ	44	91,67
2.ARAÇ	41	85,41
3.ARAÇ	42	87,5
4.ARAÇ	46	95,83
5.ARAÇ	40	83,33

4.5. Çözüm Sonuçlarının Analizi

Mevcut durumda tedarikçilerin yolladığı araçların lojistik maliyeti, işletmenin hesaplamalarına göre envanter maliyetinin % 1,5 'ini oluşturmaktadır. Fabrika lojistik faaliyetlerini kendi bünyesinde yönetecektir. Bu durumda, bakım, kasko, trafik sigortası vb. giderler ve faaliyetlerden kaçınmak adına araçları kiralama yoluna gidilmesi önerilmektedir. Araçların kiralanması şoför maaş ve yolluk ücretleri, ayrıca araçların yakıt giderleri Çizelge 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Lojistik maliyet kalemleri

Gider (TL) / Araç	Tır	Kamyon
Kira/Ay	6000	5000
Şoför Maaş/Ay	1750	1750
Şoför Yolluk/Gün	100	100
Yakıt /km	1,9	1,3

Lojistik için harcanacak bu maliyet kalemleri sonrası, çözüme dâhil olan rotaların toplam maliyetleri ise Çizelge 4.9' da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Rotaların toplam maliyeti

	Toplam Mesafe (KM)	Kira Bedeli (Günlük)	Yakıt Bedeli	Şoför Maaş (Günlük)	Şoför Yolluk (Günlük)	TOPLAM
1.Araç	1309	285,71	2487,1	83,33	100	2956,14
2.Araç	1373	285,71	2608,7	83,33	100	3077,74
3.Araç	871	285,71	1654,9	83,33	100	2123,94
4.Araç	764	285,71	1451,6	83,33	100	1920,64
5.Araç	1162	285,71	2207,8	83,33	100	2676,84
TOPLAM	5479					12755,3

Mevcut durum ve geliştirilen durum için envanter maliyetleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Mevcut durum maliyeti Çizelge 4.2' den alınmıştır. Geliştirilen sistemde 14 tedarikçi için günlük talep bazında ürünlerin maliyeti ise işletmeden alınan ve tam zamanında üretim felsefesine uygun olarak ihtiyaç duyulan ürünlerin Ek-2' de örneği sunulan verisi kullanılarak oluşturulmuştur.

Çizelge 4.10. Ürünlerin günlük çevrimde yarattığı envanter maliyet

İL	Mevcut durum envanter maliyeti	TZÜ'e uygun olarak geliştirilen çözümde envanter maliyeti
ESKİŞEHİR	786 412	636 993,72
BURSA	217 992	167 853,84
KOCAELİ	182 832	138 952,32
BİLECİK	123 060	100 909,2
BALIKESİR	97 276	78 793,56
İZMİR	71 492	55 048,84
ÇANKIRI	53 912	43 129,6
NEVŞEHİR	52 740	42 192
İÇEL	46 880	14 064
İSTANBUL	46 880	37 504
MANİSA	43 364	34 691,2
KAYSERİ	42 192	31 222,08
AMASYA	41 020	31 175,2
KIRŞEHİR	37 504	33 003,52
TOPLAM	1 843 556	1 445 532

Mevcut durumun stok politikasına göre envanter maliyeti toplam 1 843 556 TL 'dir. Mevcut hesaplamalara göre ise bu envanter maliyetinin % 1,5 i yani 27 653 TL' si ise lojistik maliyeti olarak tedarikçi firmalara ödenmektedir. Mevcut durumun gereksiz stok tutulmasına neden olduğundan daha önce söz edilmişti. Bu çalışmada tam zamanında üretim sistemlerine uygun olarak, bileşenler, ham maddeler ve hizmetlerin iş merkezlerine tam olarak ihtiyaç duyulan zamanda getirildiği kabul edildi. Bu özellik hammadde ve alt montaj ürünlerinin stoklarını da büyük ölçüde azaltır. Bu yaklaşım ile geliştirilen döngüsel sefer uygulamasında ise envanter maliyeti 1 445 532 TL' ye indirilmiştir.

Günlük ürün taleplerinin tedarikçilerden günlük çevrimlerle toplanması sağlanan sistemde, Çizelge 4.11' de görüldüğü üzere hammaddeye yapılan yatırımda %21,6 lik bir iyileştirme sağlanmıştır. Bunun sonucu stok alanları vb. iyileştirme de sağlanmıştır.

Çizelge 4.11. Mevcut durum ve geliştirilen durumda envanter maliyeti

	Envanter Maliyeti
Mevcut Durum	1 843 556 TL
Geliştirilen Durum	1 445 532 TL
İyileştirme	%21,6

Çizelge 4.12. Döngüsel sefer ile toplanan ürünlerin günlük çevrimde yarattığı lojistik maliyeti

	Envanter Maliyeti	Mevcut Taşıma Yöntemi ile %1,5 lik lojistik maliyeti	Geliştirilen çözüm lojistik maliyeti
Geliştirilen Durum	1 445 532 TL	21 682 TL	12 755,3

Çizelge 4.12' de verilen günlük çevrimde meydana gelen lojistik maliyetlerinden de görüleceği üzere, geliştirilen çözüm işletmeye, günlük çevrimlerde lojistik maliyetinde 8 927,7 TL'lik , %41,2' lik bir kazanç sağlayabilecektir. Ayrıca envanter yatırımında günlük olarak 398 024 TL'lik bir indirgeme sağlanacaktır. Tedarikçilerden alt montaj ürünlerinin toplanması için yeni geliştirilen sistemin, işletmeye sağlayacağı getiriler Çizelge 4.13' de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Geliştirilen modelin işletmeye sağladığı katma değer

İYİLEŞTİRİLEN ALAN	İYİLEŞTİRME
Lojistik Maliyeti	% 41,2
Envanter Maliyeti	% 21,6
Stok Alanları	% 15-20

Tabi ki döngüsel sefer uygulamasının fabrikaya getirisi ancak tedarikçi sistemine katılacak tüm üyelerin zamanlamaya dikkat etmesini gerektirir. Tedarik zinciri mantığını henüz sindirememiş ve her şeyin kendi kontrolünde olmasına alışmış tedarikçilerin döngüsel sefer uygulamasının her aşamasında problem çıkarabilir.

Etkin bir döngüsel sefer uygulaması sistemi yönetiminde ise her bir tedarikçi firmanın ayrı ayrı taşımayla uğraşması sonucu oluşan lojistik maliyetleri bir havuzda toplanacak, yapılan rotalama ile malzeme taşımada tasarruf yapılacak ve bu tasarruf malzeme fiyatlarına yansıtılacaktır. Bu sayede malzeme tedarikinin yan sanayi tarafından değil işletmenin kendisi tarafından yönetilmesi sağlanacak, tesise giren yabancı araç miktarı en küçüklenecektir. Ayrıca malzeme kayıpları azalacak, tesellüm aşamasında her tedarikçiden gelen her seferinde farklı araçlar ve şoförler yerine sistemi öğrenmiş olan birkaç kişiyle muhatap olunacak ve tedarikçilerin sevkiyat sistemini düzenlemek için harcadığı zamandan tasarruf, gecikmelerde azalma, bekleme sürecinde iyileşme ve araçların verimli kullanılması sağlanacaktır. Stoğa neden olan malzemenin sevkiyatı engellenecek, depolama alanlarının en uygun şekilde kullanılması sağlanacak, tesellüm alanlarındaki birikme önlenmiş olacaktır.

Döngüsel sefer uygulaması sistemi işletmeye getirileri şöyle sıralanabilir.

- Envanter maliyetleri günlük 398 024 TL düşürülecektir.
- Günlük çevrimlerde lojistik maliyetinde 8 927,7 TL'lik, %41,2' lik bir kazanç sağlayabilecektir.
- Ortalama stok seviyesini % 15-20 indirilecektir.
- JIT malzeme akışı ve stok çevrim hızında artış sağlanacaktır.
- Sevkiyat güvenilirliği artacaktır.
- Tesellüm hızlandırılacaktır.

5. SONUÇ

Mal ve/veya hizmet üreten sistemler için parça veya malzeme tedariki ve bu malzemelerin uygun miktar ve şekillerde depolanması, maliyetler açısından tesis, işgücü ya da hammadde maliyetleri kadar önemlidir. Lojistik faaliyetlerinin uygulanması ve yönetilmesi ne kadar başarılı yapılırsa o kadar tasarruf sağlanır. Uygun kapasiteyle yüklenmiş araçların müşteri noktalarına en kısa mesafede ve en kısa zamanda ulaşması, toplam dağıtım maliyetlerinin azalmasında, servis kalitesinin arttırılmasında ve de firmanın rekabet koşullarında daha avantajlı konuma geçmesine imkân sağlar.

Önerilen döngüsel sefer uygulaması sisteminde rotaların tespiti için karışık tam sayılı programlama yöntemi kullanılarak bir model geliştirilmiş ve GAMS programı, CPLEX çözücüsü yardımıyla çözümlenerek rotalar bulunmuştur. Döngüsel sefer uygulaması, teoride verilen üretim seviyesine göre çok sayıda tedarikçiden parçaların toplanması olduğu halde, uygulamada tedarikçi sayısı 4'ü veya 5'i geçmemelidir. Çünkü matematiksel modellerle hesaplama güçlüğü oluşmakta, çözüm için sezgisel yöntemlere başvurulmasına ve en iyi çözümün bulunamamasına sebep olmaktadır. Bu tez çalışmasında kurulan model depo noktası hariç 14 nokta için tedarikçilerin rotasını oluşturmuştur.

Çalışmada, döngüsel sefer uygulaması ile, toplam taşıma kilometre cinsinden azalırken, lojistik maliyetlerinde %41,2 ve envanter maliyetlerinde %21,6 indirgeme sağlanacaktır. Bunun sonucu olarak depo yönetiminde stoksuz tesellüm uygulaması ile kullanım alanından tasarruf sağlanabilecek, mevcut alanın genişletilmesine, yeni yatırıma gerek kalmadan yeni projeler için yer kazanılabilecektir. Ancak, döngüsel sefer uygulamasının işletmeye getirisi bu sisteme katılacak tüm tedarikçilerin zamanlamaya gereken özeni göstermesini gerektirir.

İleriki çalışmalarda tedarik zincirinin tüm taşıma faaliyetlerini hatta üretim sürecinin de dâhil edildiği bir model geliştirilebilir. Bunu yapabilmek için problem boyutunun büyüklüğünden dolayı sezgisel yöntemlere başvurulması kaçınılmaz olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akıllıoğlu, H., Baydoğan, M.G., Bolatlı, Y., Canbaz,D., Halıcı, A., Sezgin, Ö., Özdemirel, N.E., Türkcan, A., “Dizel Enjektör Üretimi Yapan Bir Şirket İçin Fabrika İçi Çekme Esaslı Tekrarlı Dağıtım Sistemi Tasarımı”, **Endüstri Mühendisliği Dergisi**, 17 (3): 2-15 (2006).
- Arbulu, R. Ballard, N., Harper, B., “Kanban In Construction”, **Proceedings of IGLC**, 17:5 (2003).
- Banerjee, A., Kim, S., Burton, J., “Supply Chain Coordination Through Effective Multi-Stage Inventory Linkages In A JIT Environment”, **Int. J. Production Economics**, 31: 108 (2007).
- Barnhart, C., Ratliff, H.D., “Modeling Intermodal Routing”, **Journal of Business Logistics**, 14 (1):22-35 (1993).
- Baudin, M., “Lean Logistics: The Nuts And Bolts Of Delivering Materials And Goods”, **Productivity Press**, New York, 131-138 (2004).
- Çağlayan, V., “Küresel Rekabet Ortamında Tedarik Zinciri Yönetimi”, Yüksek Lisans Tezi, **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Konya, 8-45 (2002).
- Çay,S.B., Bilgin, E., Çakır,C., Arslan,Y., Cabioğlu, M.F., Tansel, B., ”Çamaşır Makinesi Fabrikası İç Lojistik Aktivitelerinin Optimize Edilmesi” **Endüstri Mühendisliği Dergisi**, 21 (3): 25-38 (2010).
- Du, T., Wang, F.K., Lu, P., “A Real Time Vehicle Dispatching System For Consolidating Milk Runs”, **Transportation Research** , 43: 565-567 (2007).
- Holweg, M., Miemczyk, J., Williams, G., “The 3daycar Logistics Study - How To Organise Automotive Logistics in A Build-To-Order Environment”, **Systems And Environment Streams**, 35-54 (2001).
- Jones D.T., Clarke, P., “Creating A Customer-Driven Supply Chain”, **ECR Journal**, 2 (2): 4-6 (2002).
- Kaneko, J., Nojiri, W.,“The logistics of Just-in-Time between parts suppliers and car assemblers in Japan”, **Journal of Transport Geography**, 16: 155–173 (2008).
- Khan, M.S., Siddiqui, A.S., “The Radius Method: A Modified Heuristic For The Vehicle Routing Problem”, **Department of Industrial Engineering and Operations Research University of California Berkeley** , 5-13 (1998).

Kuchiki, A., "Theory Of A Flowchart A pproach To Industrial Cluster Policy", **Discussion Paper**, No. 36, Institute Of Developing Economies, 18-24 (2005).

Kovacs, A., "Optimizing the storage assignment in a warehouse served by milk-run logistics", **Int. J. Production Economics**, 22: 32-37 (2010)

Leenders, M.R., Johnson, P.F., Flynn, A.E., Fearon, H.E., "Purchasing And Supply Management: With 50 Supply Chain Cases", **Mcgraw Hill**, USA, 40-45 (2006).

Liu, J., Li, C., Chan, C., "Mixed Truck Delivery Systems With Both Hub-And-Spoke And Direct Shipment", **Transportation Research**, 39: 325–339 (2003).

Locklear, E.C., "A Decision Support System For The Reverse Logistics Of Product Take-Back Using Geographic Information Systems And The Concepts Of Sustainability", Master Of Science, **University Of South Carolina**, 31-41 (2000).

Mclachlin, R., "Management Initiatives And Just-in-Time Manufacturing", **Journal Of Operations Management**, 15: 271-292 (1997).

Nemoto, T., Hayashi, K., Hashimoto, M., "Milk-Run logistics by Japanese automobile manufacturers in Thailand ", **Procedia Social and Behavioral Sciences**, 2: 5980–5989 (2010).

Posthuma, A.C., "Industrial Renewal And Inter-Firm Relations In The Supply Chain Of The Brazilian Automotive Industry", **Working Paper, Geneva**, 46:5-12 (2005).

Sadjadi, S.J., Jafari, M., Amini, T., "A New Mathematical Modeling And A Genetic Algorithm Search For Milk Run Problem (An Auto Industry Supply Chain Case Study)", **Int. J. Adv. Manuf. Technol.**, 44:194-200 (2008).

Tümtürk, A. "Tedarik Zincirinde İyileştirme Ve Yan Sanayiden Tedarik Sürecinde Döngüsel Sefer Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, **Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Manisa, 72-95 (2009).

Williams, T.M., "Heuristic Scheduling Of Ship Replenishment At Sea", **J.Op.Res. Soc.**, 43(1): 1-18 (1992).

EKLER

EK-1 İşletmeden alınan sevkiyat ve ürün verisi örneği

Çizelge 1.1. İşletmeden alınan sevkiyat ve ürün verisi

TEDARİKCI	PARCA_NO	ADET	TL TUTAR	EURO	SEVKİYAT
AKRO16	5089603	2.000	10.916,95	5.500,00	21
AKRO16	5089749	2.100	18.548,89	9.345,00	22
AKRO16	5091914	10	47,27	23,82	1
AKRO16	5093809	1.099	8.507,48	4.286,10	11
AKRO16	5094898	800	11.115,44	5.600,00	19
AKRO16	5094900	3.150	937,87	472,50	63
AKRO16	5096917	66	917,02	462,00	3
AKRO16	5097987	5.880	131.301,14	66.150,00	68
AKRO16	5099289	2.325	18.921,06	9.532,50	32
AKRO16	84180778	400	5.676,81	2.860,00	7
AKRO16	84245194	1.472	12.505,19	6.300,16	48
AKRO16	84253878	124	1.946,87	980,84	4
AKRO16	84262865	1.864	32.743,70	16.496,40	48
AKRO16	84262870	950	17.480,02	8.806,50	24
EREE 55	84175932	5.400	12.862,15	6.480,00	49
EREE 55	84187377	530	2.209,19	1.113,00	14
EREE 55	84187490	444	4.406,48	2.220,00	6
EREE 55	84187518	975	2.399,74	1.209,00	21
EREE 55	84187538	553	1.723,31	868,21	18
EREE 55	84188039	1.072	3.191,72	1.608,00	19
EREE 55	84188063	1.060	4.102,79	2.067,00	27
GOO46	5092736	8	3.164,96	1.594,52	3
GOO46	5092737	542	215.455,84	108.547,45	20
GOO46	5092757	2	1.046,12	527,04	1
GOO46	5092771	16	12.416,32	6.255,39	4
GOO46	5092774	152	121.425,20	61.174,47	10
GOO46	5096413	176	39.459,20	19.879,69	31
GOO46	5151594	302	90.183,24	45.434,65	44
GOO46	5151620	703	238.007,68	119.909,15	68
GOO46	5151801	66	49.208,94	24.791,65	9
GOO46	5151815	16	8.368,96	4.216,31	4

EK-2 İşletmeden alınan ürün boyut, maliyet ve tüketim verisi örneği

Çizelge 2.2 Ürün bilgileri

TEDARİKÇİ	SEGMENT	TUKETİM	TL TUTAR	BOYUT T..
CIM33	10041014	75	65,12	170
CNI99	10092611	83	58,08	66
COB99	10124511	58	93,28	45
CON99	10159004	46	5,28	79
COR99	10184311	74	72,16	95
CORCO	10186590	48	63,36	33
COS16	10248471	87	44	51
CPM99	10257060	58	100,32	78
CRG99	10259960	107	105,6	184
CTP34	10269601	105	70,4	56
CVT34	10273111	36	86,24	51
DANN	10275011	101	95,04	75
DEV34	10275501	40	1,76	24
DIT51	10278660	23	12,32	12
DNL99	10284460	108	75,68	1080
DNS99	10291090	20	52,8	18
DOG06	10298360	33	93,28	46
DOK16	10300711	59	95,04	118
DOV34	10305111	51	21,12	30
DRE06	10335010	85	93,28	354
DRG06	10375011	47	42,24	49
EDO34	10390211	22	95,04	220
EKS06	10390311	55	84,48	30

EK-3 GAMS Programı Çıktısı

GAMS Programı Çıktısı

1 sets

2 ij /1*15/

3 k /1*10/

4 Alias (ij,i,j)

7 Parameters

8 kapasite(k) /1 48, 2 48, 3 48, 4 48, 5 48, 6 24, 7 24, 8 24,9 24,10 24/

9 M(i) /1 0,2 14, 3 20, 4 14, 5 8, 6 12, 7 38, 8 16, 9 8, 10 14, 11 18, 12

16, 13 13, 14 16, 15 6/;

11 Table c(i,j)

12	1	2	3	4	5	6
----	---	---	---	---	---	---

7	8	9	10	11	12	13
---	---	---	----	----	----	----

14	15
----	----

13	1	0	334	530	313	382	131
----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----

233	483	453	579	318	184	342
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

561	275
-----	-----

14	2	334	0	833	622	682	248
----	---	-----	---	-----	-----	-----	-----

567	639	671	913	348	308	560
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

895	363
-----	-----

15	3	530	833	0	246	151	659
----	---	-----	-----	---	-----	-----	-----

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

297	886	390	173	837	703	279
137	761					
16 4	313	622	246	0	95	444
80	760	247	417	620	486	136
381	577					
17 5	382	682	151	95	0	508
149	829	243	322	689	555	132
286	646					
18 6	131	248	659	444	508	0
364	569	497	710	348	214	386
692	305					
19 7	233	567	297	80	149	364
0	680	322	412	540	406	211
394	497					
20 8	483	639	886	760	829	569
680	0	932	892	326	368	821
874	280					
21 9	453	671	390	247	243	497
322	932	0	561	771	637	111
525	728					
22 10	579	913	173	417	322	710

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

23	11	318	348	837	620	689	348
540		326	771	848	0	134	660
830		81					
24	12	184	308	703	486	555	214
406		368	637	752	134	0	526
		734	91				

32 scalars BigM /10000/;

33 Positive variable t_karsila(k,ij);

34 Binary Variables x(i,j,k);

35 Variable z;

37 Equations

38 amac

39 hersehir1(i)

40 hersehir2(j)

41 girencikan(ij,k)

42 ciftler(i,j,k)

44 depodan1(k)

45 depodan2(k)

46 kapasit(k)

47 talep(k,j)

48 rota(k,j)

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

```

49  cevrin(k)

52  amac..z=e=sum((i,j,k)$ ( ord(i) ne ord(j)),x(i,j,k)*c(i,j));

53  hersehir1(i)$ (ord(i) ge 2).. sum(k,sum(j $ (ord(j) ne
ord(i)),x(i,j,k)))=e=1;

54  hersehir2(j)$ (ord(j) ge 2).. sum(k,sum(i $ (ord(i) ne
ord(j)),x(i,j,k)))=e=1;

55  girencikan(ij,k).. sum(i,x(i,ij,k))=e=sum(j,x(ij,j,k)) ;

56  ciftler(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j)).. x(i,j,k) + x(j,i,k) =l= 1;

57  depodan1(k).. sum(j $ (ord(j) ne 1 )
,x("1",j,k))*BigM=g=sum(j,t_karsila(k,j));

58  depodan2(k).. sum(i $ (ord(i) ne 1 )
,x(i,"1",k))*BigM=g=sum(j,t_karsila(k,j));

59  kapasit(k).. sum((ij), t_karsila(k,ij)) =l=kapasite(k);

60  talep(k,j).. t_karsila(k,j)=e=M(j)*sum(i,x(i,j,k)) ;

61  rota(k,j)$ (ord(j) ge 2).. sum(i$ (ord(i) ne ord(j)), x(i,j,k))*BigM =g=
t_karsila(k,j);

62  cevrin(k)..sum((i,j)$ ( ord(i) ne ord(j)),x(i,j,k)*c(i,j))=l=1992;

67  Solve tez using mip minimizing z;

68  Display x.l,x.m;

```

COMPILATION TIME = 0.016 SECONDS 3 Mb WIN225-148 May
29, 2007

GAMS Rev 148 x86/MS Windows
2

03/04/12 12:56:05 Page

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

General Algebraic Modeling System

Equation Listing SOLVE tez Using MIP From line 67

amac =E=

amac.. - 334*x(1,2,1) - 334*x(1,2,2) - 334*x(1,2,3) - 334*x(1,2,4)
 334*x(1,2,5) - 334*x(1,2,6) - 334*x(1,2,7) - 334*x(1,2,8) - 334*x(1,2,9)
 334*x(1,2,10) - 530*x(1,3,1) - 530*x(1,3,2) - 530*x(1,3,3)
 530*x(1,3,4) - 530*x(1,3,5) - 530*x(1,3,6) - 530*x(1,3,7) - 530*x(1,3,8)
 530*x(1,3,9) - 530*x(1,3,10) - 313*x(1,4,1) - 313*x(1,4,2)
 313*x(1,4,3) - 313*x(1,4,4) - 313*x(1,4,5) - 313*x(1,4,6) - 313*x(1,4,7)
 313*x(1,4,8) - 313*x(1,4,9) - 313*x(1,4,10) - 382*x(1,5,1)
 382*x(1,5,2) - 382*x(1,5,3) - 382*x(1,5,4) - 382*x(1,5,5) - 382*x(1,5,6)
 382*x(1,5,7) - 382*x(1,5,8) - 382*x(1,5,9) - 382*x(1,5,10)
 131*x(1,6,1) - 131*x(1,6,2) - 131*x(1,6,3) - 131*x(1,6,4) - 131*x(1,6,5)
 131*x(1,6,6) - 131*x(1,6,7) - 131*x(1,6,8) - 131*x(1,6,9)
 131*x(1,6,10) - 233*x(1,7,1) - 233*x(1,7,2) - 233*x(1,7,3)
 233*x(1,7,4) - 233*x(1,7,5) - 233*x(1,7,6) - 233*x(1,7,7) - 233*x(1,7,8)
 233*x(1,7,9) - 233*x(1,7,10) - 483*x(1,8,1) - 483*x(1,8,2)
 483*x(1,8,3) - 483*x(1,8,4) - 483*x(1,8,5) - 483*x(1,8,6) - 483*x(1,8,7)
 483*x(1,8,8) - 483*x(1,8,9) - 483*x(1,8,10) - 453*x(1,9,1)

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

hersehir1(2).. x(2,1,1) + x(2,1,2) + x(2,1,3) + x(2,1,4) + x(2,1,5) + x(2,1,6)
 + x(2,1,7) + x(2,1,8) + x(2,1,9) + x(2,1,10) + x(2,3,1) + x(2,3,2)
 + x(2,3,3) + x(2,3,4) + x(2,3,5) + x(2,3,6) + x(2,3,7) + x(2,3,8)
 + x(2,3,9) + x(2,3,10) + x(2,4,1) + x(2,4,2) + x(2,4,3) + x(2,4,4)
 + x(2,4,5) + x(2,4,6) + x(2,4,7) + x(2,4,8) + x(2,4,9) + x(2,4,10)
 + x(2,5,1) + x(2,5,2) + x(2,5,3) + x(2,5,4) + x(2,5,5) + x(2,5,6)
 + x(2,5,7) + x(2,5,8) + x(2,5,9) + x(2,5,10) + x(2,6,1) + x(2,6,2)
 + x(2,6,3) + x(2,6,4) + x(2,6,5) + x(2,6,6) + x(2,6,7) + x(2,6,8)
 + x(2,6,9) + x(2,6,10) + x(2,7,1) + x(2,7,2) + x(2,7,3) + x(2,7,4)
 + x(2,7,5) + x(2,7,6) + x(2,7,7) + x(2,7,8) + x(2,7,9) + x(2,7,10)
 + x(2,8,1) + x(2,8,2) + x(2,8,3) + x(2,8,4) + x(2,8,5) + x(2,8,6)
 + x(2,8,7) + x(2,8,8) + x(2,8,9) + x(2,8,10) + x(2,9,1) + x(2,9,2)
 + x(2,9,3) + x(2,9,4) + x(2,9,5) + x(2,9,6) + x(2,9,7) + x(2,9,8)
 + x(2,9,9) + x(2,9,10) + x(2,10,1) + x(2,10,2) + x(2,10,3) + x(2,10,4)
 + x(2,10,5) + x(2,10,6) + x(2,10,7) + x(2,10,8) + x(2,10,9) + x(2,10,10)
 + x(2,11,1) + x(2,11,2) + x(2,11,3) + x(2,11,4) + x(2,11,5) + x(2,11,6)
 + x(2,11,7) + x(2,11,8) + x(2,11,9) + x(2,11,10) + x(2,12,1) + x(2,12,2)
 + x(2,12,3) + x(2,12,4) + x(2,12,5) + x(2,12,6) + x(2,12,7) + x(2,12,8)
 + x(2,12,9) + x(2,12,10) + x(2,13,1) + x(2,13,2) + x(2,13,3) + x(2,13,4)
 + x(2,13,5) + x(2,13,6) + x(2,13,7) + x(2,13,8) + x(2,13,9) + x(2,13,10)
 + x(2,14,1) + x(2,14,2) + x(2,14,3) + x(2,14,4) + x(2,14,5) + x(2,14,6)

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

+ x(2,15,3) + x(2,15,4) + x(2,15,5) + x(2,15,6) + x(2,15,7) + x(2,15,8)

+ x(2,15,9) + x(2,15,10) =E= 1 ; (LHS = 0, INFES = 1 ***)

rota =G=

rota(1,2).. - t_karsila(1,2) + 10000*x(1,2,1) + 10000*x(3,2,1) +
10000*x(4,2,1)

+ 10000*x(5,2,1) + 10000*x(6,2,1) + 10000*x(7,2,1) + 10000*x(8,2,1)

+ 10000*x(9,2,1) + 10000*x(10,2,1) + 10000*x(11,2,1) + 10000*x(12,2,1)

+ 10000*x(13,2,1) + 10000*x(14,2,1) + 10000*x(15,2,1) =G= 0 ; (LHS = 0)

rota(1,3).. - t_karsila(1,3) + 10000*x(1,3,1) + 10000*x(2,3,1) +
10000*x(4,3,1)

REMAINING 137 ENTRIES SKIPPED

---- cevrim =L=

cevrim(1).. 334*x(1,2,1) + 530*x(1,3,1) + 313*x(1,4,1) + 382*x(1,5,1)

+ 131*x(1,6,1) + 233*x(1,7,1) + 483*x(1,8,1) + 453*x(1,9,1)

+ 579*x(1,10,1) + 318*x(1,11,1) + 184*x(1,12,1) + 342*x(1,13,1)

+ 561*x(1,14,1) + 275*x(1,15,1) + 334*x(2,1,1) + 833*x(2,3,1)

+ 622*x(2,4,1) + 682*x(2,5,1) + 248*x(2,6,1) + 567*x(2,7,1) + 639*x(2,8,1)

+ 671*x(2,9,1) + 913*x(2,10,1) + 348*x(2,11,1) + 308*x(2,12,1)

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

+ 886*x(3,8,1) + 390*x(3,9,1) + 173*x(3,10,1) + 837*x(3,11,1)
 + 703*x(3,12,1) + 279*x(3,13,1) + 137*x(3,14,1) + 761*x(3,15,1)
 + 313*x(4,1,1) + 622*x(4,2,1) + 246*x(4,3,1) + 95*x(4,5,1) + 444*x(4,6,1)
 + 80*x(4,7,1) + 760*x(4,8,1) + 247*x(4,9,1) + 417*x(4,10,1)
 + 620*x(4,11,1) + 486*x(4,12,1) + 136*x(4,13,1) + 381*x(4,14,1)
 + 577*x(4,15,1) + 382*x(5,1,1) + 682*x(5,2,1) + 151*x(5,3,1) + 95*x(5,4,1)
 508*x(5,6,1) + 149*x(5,7,1) + 829*x(5,8,1) + 243*x(5,9,1)
 + 659*x(6,3,1) + 444*x(6,4,1) + 508*x(6,5,1) + 364*x(6,7,1) + 569*x(6,8,1)
 + 497*x(6,9,1) + 710*x(6,10,1) + 348*x(6,11,1) + 214*x(6,12,1)
 + 386*x(6,13,1) + 692*x(6,14,1) + 305*x(6,15,1) + 233*x(7,1,1)
 + 567*x(7,2,1) + 297*x(7,3,1) + 80*x(7,4,1) + 149*x(7,5,1) + 364*x(7,6,1)
 + 680*x(7,8,1) + 322*x(7,9,1) + 412*x(7,10,1) + 540*x(7,11,1)
 + 406*x(7,12,1) + 211*x(7,13,1) + 394*x(7,14,1) + 497*x(7,15,1)
 + 483*x(8,1,1) + 639*x(8,2,1) + 886*x(8,3,1) + 760*x(8,4,1) + 829*x(8,5,1)
 + 569*x(8,6,1) + 680*x(8,7,1) + 932*x(8,9,1) + 892*x(8,10,1)
 + 326*x(8,11,1) + 368*x(8,12,1) + 821*x(8,13,1) + 874*x(8,14,1)
 + 280*x(8,15,1) + 453*x(9,1,1) + 671*x(9,2,1) + 390*x(9,3,1)
 + 247*x(9,4,1) + 243*x(9,5,1) + 497*x(9,6,1) + 322*x(9,7,1) + 932*x(9,8,1)
 + 561*x(9,10,1) + 771*x(9,11,1) + 637*x(9,12,1) + 111*x(9,13,1)
 + 525*x(9,14,1) + 728*x(9,15,1) + 579*x(10,1,1) + 913*x(10,2,1)
 + 173*x(10,3,1) + 417*x(10,4,1) + 322*x(10,5,1) + 710*x(10,6,1)

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

$$\begin{aligned}
& + 752*x(10,12,1) + 450*x(10,13,1) + 36*x(10,14,1) + 767*x(10,15,1) \\
& + 318*x(11,1,1) + 348*x(11,2,1) + 837*x(11,3,1) + 620*x(11,4,1) \\
& + 689*x(11,5,1) + 348*x(11,6,1) + 540*x(11,7,1) + 326*x(11,8,1) \\
& + 771*x(11,9,1) + 848*x(11,10,1) + 134*x(11,12,1) + 660*x(11,13,1) \\
& + 830*x(11,14,1) + 81*x(11,15,1) + 184*x(12,1,1) + 308*x(12,2,1) \\
& + 703*x(12,3,1) + 486*x(12,4,1) + 555*x(12,5,1) + 214*x(12,6,1) \\
& + 406*x(12,7,1) + 368*x(12,8,1) + 637*x(12,9,1) + 752*x(12,10,1) \\
& + 134*x(12,11,1) + 526*x(12,13,1) + 734*x(12,14,1) + 91*x(12,15,1) \\
& + 342*x(13,1,1) + 560*x(13,2,1) + 279*x(13,3,1) + 136*x(13,4,1) \\
& + 132*x(13,5,1) + 386*x(13,6,1) + 211*x(13,7,1) + 821*x(13,8,1) \\
& + 111*x(13,9,1) + 450*x(13,10,1) + 660*x(13,11,1) + 526*x(13,12,1) \\
& + 414*x(13,14,1) + 617*x(13,15,1) + 561*x(14,1,1) + 895*x(14,2,1) \\
& + 137*x(14,3,1) + 381*x(14,4,1) + 286*x(14,5,1) + 692*x(14,6,1) \\
& + 394*x(14,7,1) + 874*x(14,8,1) + 525*x(14,9,1) + 36*x(14,10,1) \\
& + 275*x(15,1,1) + 363*x(15,2,1) + 761*x(15,3,1) + 577*x(15,4,1) \\
& + 646*x(15,5,1) + 305*x(15,6,1) + 497*x(15,7,1) + 280*x(15,8,1) \\
& + 728*x(15,9,1) + 767*x(15,10,1) + 81*x(15,11,1) + 91*x(15,12,1) \\
& + 617*x(15,13,1) + 749*x(15,14,1) =L= 1992 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

t_karsila

t_karsila(1,1)

(.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)

-1 depodan1(1)

-1 depodan2(1)

1 kapasit(1)

1 talep(1,1)

t_karsila(1,2)

(.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)

-1 depodan1(1)

-1 depodan2(1)

1 kapasit(1)

1 talep(1,2)

-1 rota(1,2)

t_karsila(1,3)

(.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)

-1 depodan1(1)

-1 depodan2(1)

1 kapasit(1)

1 talep(1,3)

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

REMAINING 147 ENTRIES SKIPPED

---- x

x(1,2,1)

(.LO, .L, .UP = 0, 0, 1)

-334 amac

1 hersehir2(2)

-1 girencikan(1,1)

1 girencikan(2,1)

1 ciftler(1,2,1)

1 ciftler(2,1,1)

10000 depodan1(1)

-14 talep(1,2)

10000 rota(1,2)

334 cevrin(1)

x(1,2,2)

(.LO, .L, .UP = 0, 0, 1)

-334 amac

1 hersehir2(2)

-1 girencikan(1,2)

1 girencikan(2,2)

1 ciftler(1,2,2)

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

-14 talep(2,2)

10000 rota(2,2)

334 cevrim(2)

x(1,2,3)

(.LO, .L, .UP = 0, 0, 1)

-334 amac

1 hersehir2(2)

-1 girencikan(1,3)

1 girencikan(2,3)

1 ciftler(1,2,3)

1 ciftler(2,1,3)

10000 depodan1(3)

-14 talep(3,2)

10000 rota(3,2)

334 cevrim(3)

REMAINING 2237 ENTRIES SKIPPED

z

(.LO, .L, .UP = -INF, 0, +INF)

1 amac

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

General Algebraic Modeling System

Model Statistics SOLVE tez Using MIP From line 67

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS 11 SINGLE EQUATIONS 2,609

BLOCKS OF VARIABLES 3 SINGLE VARIABLES 2,391

NON ZERO ELEMENTS 21,601 DISCRETE VARIABLES 2,240

GENERATION TIME = 0.062 SECONDS 4 Mb WIN225-148 May 29, 2007

EXECUTION TIME = 0.062 SECONDS 4 Mb WIN225-148 May 29, 2007

GAMS Rev 148 x86/MS Windows
5

03/04/12 12:56:05 Page

General Algebraic Modeling System

Solution Report SOLVE tez Using MIP From line 67

S O L V E S U M M A R Y

MODEL tez OBJECTIVE z

TYPE MIP DIRECTION MINIMIZE

SOLVER CPLEX FROM LINE 67

**** SOLVER STATUS 1 NORMAL COMPLETION

**** MODEL STATUS 8 INTEGER SOLUTION

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

RESOURCE USAGE, LIMIT 7119.942 36000.000

ITERATION COUNT, LIMIT 62203561 10000

GAMS/Cplex Jun 1, 2007 WIN.CP.CP 22.5 034.037.041.VIS For Cplex
10.2

Cplex 10.2.0, GAMS Link 34

Cplex licensed for 1 use of lp, qp, mip and barrier, with 4 parallel threads.

Solution satisfies tolerances.

MIP Solution: 5479.000000 (62203561 iterations, 1418689 nodes)

Final Solve: 5479.000000 (0 iterations)

Best possible: 4931.101943

Absolute gap: 547.898057

Relative gap: 0.100000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
--	-------	-------	-------	----------

---- EQU amac	.	.	.	1.000
---------------	---	---	---	-------

---- EQU hersehir1

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
--	-------	-------	-------	----------

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

4 1.000 1.000 1.000 .

---- EQU hersehir2

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
--	-------	-------	-------	----------

2	1.000	1.000	1.000	.
---	-------	-------	-------	---

3	1.000	1.000	1.000	.
---	-------	-------	-------	---

---- EQU girencikan

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
--	-------	-------	-------	----------

1.1	.	.	.	.
-----	---	---	---	---

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
--	-------	-------	-------	----------

---- VAR z -INF 5479.000 +INF .

**** REPORT SUMMARY : 0 NONOPT

0 INFEASIBLE

0 UNBOUNDED

EK-3 (Devam) GAMS Programı Çıktısı

General Algebraic Modeling System

Execution

---- 68 VARIABLE x.L

	1	2	3	4	5
1 .3		1.000			
1 .5				1.000	
1 .6			1.000		
1 .8					1.000
1 .10	1.000				
2 .12			1.000		
10.14	1.000				
11.1					1.000
12.1			1.000		
13.9		1.000			
14.4	1.000				
15.11					1.000

---- 68 VARIABLE x.M

EXECUTION TIME = 0.032 SECONDS 3 Mb WIN225-148 May
29, 2007

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : YÜREK, Serkan Salih
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 21.07.1985 Osmancık/ÇORUM
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 (312) 252 62 00 / 58 70
 Faks : 0 (312) 252 62 00
 e-posta : ssalihyurek@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi/ Endüstri Mühendisliği	2008
Lise	İzmir Maltepe Askeri Lisesi	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2008-2012	Kara Kuvvetleri Komutanlığı, Lojistik Komutanlığı, 5'inci Ana Bakım Merkezi Komutanlığı	Üretim Kontrol Bölüm Amiri

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Kros, Kayak, Yüzme, Tiyatro.