



**OTOMOTİV CAMI ÜRETİMİNDE MALZEME İHTİYAÇ
PLANLAMA OPTİMİZASYONU**

ÖZGE SOFUOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi ULVIYE POLAT**

2020

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OTOMOTİV CAMI ÜRETİMİNDE MALZEME İHTİYAÇ PLANLAMA
OPTİMİZASYONU**

ÖZGE SOFUOĞLU

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi ULVIYE POLAT

TEKİRDAĞ-2020

Her hakkı saklıdır.



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Özge SOFUOĞLU
İMZA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

OTOMOTİV CAMI ÜRETİMİNDE MALZEME İHTİYAÇ PLANLAMA

OPTİMİZASYONU

ÖZGE SOFUOĞLU

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi ULVIYE POLAT

Bu çalışma Türkiye’de otomotiv yan sanayi sektöründe cam üreticisi olarak faaliyet gösteren bir firmanın, dışarıdan tedarik ettiği malzemelerin MİP tasarımı ve uygulamasını içermektedir. Çalışma ile malzemelerin verilecek sipariş miktarı ve elde bulundurulacak stok miktarlarının hesaplanması için MINLP optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Optimizasyon modeli ile sipariş, elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetlerinden oluşan toplam maliyetin minimizasyonu amaçlanmıştır. Modelde kullanılan malzemelerin seçimi için 2019 yılında talebi olan ürünlerin ürün ağacında yer alan 78 kalem malzemeye ABC analizi yapılmıştır. ABC analizi sonucu A sınıfında yer alan 7 adet ön cam malzemesi matematiksel modelde kullanılmak üzere belirlenmiştir. Firmanın birim maliyetleri ve kısıtları dikkate alınarak oluşturulan model, LINGO paket programında kapalı formatta matematiksel olarak ifade edilmiştir. Modelin çözüm raporu incelenmiş ve ekonomik yorumlaması yapılmıştır. Modelin çözümü sonucu 7 malzeme için toplam maliyet 1.434.046 TL olarak elde edilmiştir. Kurulan modele alternatif olarak FOQ, EOQ, LFL, FPQ, POQ, MEOQ ve WW sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri kullanılmış, malzemelerin sipariş büyüklükleri ve toplam maliyetleri hesaplanmıştır. Çalışmaya ek olarak matematiksel modelde kullanılan malzemeler için firmanın MİP planlama ekibinin 2019 yılı içerisinde verdikleri sipariş bilgileri firmadan alınmış ve firma birim maliyetlerine göre verilen siparişlerin toplam maliyetleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak modelin, yöntemlerin ve sezgisel siparişlerin toplam maliyetleri kıyaslanmıştır. Sipariş belirleme yöntemlerinden LFL, MEOQ ve POQ toplam maliyetleri model toplam maliyetinden %30 daha düşük sonuç vermiştir. Ancak bu 3 yöntemin stok bulundurmadığı belirlenmiş ve otomotiv sektöründe uygulanabilir olmadığı neticesine varılmıştır. Modelin çözümü ve WW yöntemi sonucu oluşan toplam maliyetler analiz edildiğinde 4 malzeme için modelin %6, 3 malzeme için ise WW yönteminin %2 daha düşük maliyetli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Model çözümü ve sipariş belirleme yöntemlerinden FOQ, EOQ ve FPQ yöntemlerinin toplam maliyetleri karşılaştırıldığında tüm malzemeler için sırasıyla ortalama %64, %22 ve %46 model çözümü daha düşük maliyetli hesaplanmıştır. Model çözümü ve sezgisel verilen siparişlerin toplam maliyeti karşılaştırıldığında ise modelin %75 daha düşük maliyetli sonuç verdiği elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Malzeme İhtiyaç Planlama (MİP), Karma Tam Sayılı Doğrusal Olmayan Programlama (MINLP), Sipariş Belirleme Yöntemleri

2020, 127

ABSTRACT

MSc. Thesis

OPTIMIZATION OF MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING IN AUTOMOTIVE GLASS PRODUCTION

Özge SOFUOĞLU

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi ULVIYE POLAT

The study includes the design and application of MRP for the materials supplied from outside by a company which operating as a glass manufacturer in the automotive supply industry in Turkey. With this study, MINLP optimization model has been created to calculate the order quantity of materials and stock quantities to be held. With the optimization model; it is aimed minimizing of the total cost consists order cost, holding cost and non-holding cost. ABC analysis was performed to 78 materials in the product tree of the products that were requested in 2019 for the selection of materials used in the model. As a result of ABC analysis, 7 windshield materials in A class have been determined to be used in a mathematical model. The model which was created by considering the firm unit costs and constraints, was expressed mathematically in a closed format in the LINGO program. The solution report of the model was examined and its economic interpretation was made. As a result of the solution of the model, the total cost for 7 materials was obtained as 1.434.046 TL. As an alternative to the installed model, FOQ, EOQ, LFL, FPQ, POQ, MEOQ and WW order size determination methods were used, order sizes and total costs of the materials were calculated. In addition to the study, for the materials used in the mathematical model, the order information given by the firm's MRP planning team in 2019 was taken from the company and the total costs of the orders placed according to the firm unit costs were calculated. As a result; the model, methods and the total costs of the orders given intuitively were compared. LFL, MEOQ and POQ total costs, which are among the order determination methods, yielded 30% lower than the total model cost. However, it was determined that these 3 models do not have stocks and it was concluded that they are not applicable in the automotive industry. When the total costs resulting of the model solution and the WW method were analyzed, it was obtained that the total cost of the model solution was lower for 4 materials with an average of 6% difference, the total cost of the WW method was lower for 3 materials with an average of 2% difference. When total costs of the model solution and FOQ, EOQ and FPQ total costs, which are among the order determination methods, were compared the model solution, on average, at 64%, 22% and 46%, respectively, calculated lower costs. When the total cost of the model solution and the orders given intuitively are compared, it was obtained that the total cost of the model solution is 75% less than the total cost of the orders given intuitively.

Key words: Material Requirement Planning (MRP), Mixed Integer Non- Linear Programming (MINLP), Order Size Methods

2020, 127

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	vi
ŞEKİL DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.2. Çalışmanın İçeriği.....	3
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. MİP Çalışmaları ile İlgili Kaynak Özetleri.....	4
2.2. Planlamada Kullanılan Optimizasyon Çalışmaları ile İlgili Kaynak Özetleri.....	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM	20
3.1. Problemin Tanımlanması.....	20
3.2. Cam Üretimi ve İncelenen Ürün Bilgisi	22
3.3. Malzeme İhtiyaç Planlama (MİP).....	24
3.3.1. MİP Sisteminin Tanımı, Varsayımları ve Amaçları	24
3.3.2. MİP Sisteminin Yapısı	26
3.3.3. MİP Sistemi Girdileri	27
3.3.3.1. Ana üretim programı	27
3.3.3.2. Ürün ağacı	28
3.3.3.3. Stok verileri ve kontrol sistemleri	28
3.3.4. MİP Sistemi Çıktıları.....	31
3.3.5. MİP Sistematiği	31
3.3.6. MİP Sipariş Miktarının Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler.....	33
3.3.6.1. FOQ	33
3.3.6.2. EOQ	34
3.3.6.3. LFL	34
3.3.6.4. FPQ.....	34
3.3.6.5. POQ	35
3.3.6.6. MEOQ	35

3.3.6.7. LUC	35
3.3.6.8. LTC.....	36
3.3.6.9. WW.....	36
3.3.6.10. SM	36
3.3.6.11. Sipariş miktarı belirleme yöntemlerin değerlendirilmesi	37
3.3.7. MİP Sisteminde Stok Maliyetleri	38
3.3.7.1. Elde bulundurma maliyeti	39
3.3.7.2. Satın alma maliyeti	39
3.3.7.3. Sipariş ve üretime hazırlık maliyeti.....	40
3.3.7.4. Elde bulundurmama ve ceza maliyeti.....	40
3.3.8. ABC Analizi	41
3.3.9. MİP Sisteminin Özellikleri, Yararları ve Sakıncaları.....	42
3.4. Doğrusal Programlama (LP).....	43
3.4.1. LP Programlamanın Gelişimi ve Uygulama Alanları	44
3.4.2. LP Programlamanın Dayandığı Varsayımlar	45
3.4.3. LP Modellerinin Kurulması.....	46
3.4.4. LP Modellerinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler	47
3.4.5. IP Programlama	49
3.4.6. NLP Programlama	50
3.5. Problemin Modellenmesi.....	52
3.5.1. Modelin Terimleri	53
3.5.2. Modelin Varsayımları.....	54
3.5.3. Modelin Amaç Fonksiyonu	55
3.5.4. Modelin Kısıtları	55
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	59
4.1. Firmaya Ait Veriler	60
4.1.1. ABC Analizi	60
4.1.2. Modelde Kullanılan Girdi Verileri	65
4.2. Matematiksel Model Çözümü ve Sonuçları	68
4.3. MİP Sipariş Miktarı Belirleme Yöntemleri ile Sipariş Miktarı Hesaplamaları.....	74
4.3.1. LFL Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması	74
4.3.2. FOQ Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması	75
4.3.3. EOQ Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması	75

4.3.4. MEOQ Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması.....	76
4.3.5. FPQ Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması	76
4.3.6. POQ Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması	77
4.3.7. WW Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması.....	77
4.3.8. Sipariş Maliyeti Belirleme Yöntemleri Çözümü ile Elde Edilen Toplam Maliyetler	79
4.4. Firma Tarafından Sezgisel Verilen Sipariş Miktarının Değerlendirilmesi.....	80
4.5. Model ve Diğer Yöntemlerin Maliyetlerinin Karşılaştırılması	81
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	85
KAYNAKLAR.....	89
EKLER	100
ÖZGEÇMİŞ.....	119

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. MIP ve optimizasyon alanında incelenen çalışmalar matrisi	19
Çizelge 3.1. Sipariş büyüklüğü yöntemlerinin değerlendirilmesi (Erdem ve Durmuş, 2016) .	37
Çizelge 4.1. ABC analiz verileri.....	61
Çizelge 4.2. ABC analiz sonuçları	63
Çizelge 4.3. Ürünlerin malzeme bazında dönemlik talepleri (ad.).....	65
Çizelge 4.4. Modelde kullanılan malzemelerin ürün başına kullanım miktarı, tedarik süresi ve depo kısıtı	66
Çizelge 4.5. Modelde kullanılan malzemelerin birim maliyetleri (TL)	66
Çizelge 4.6. Model çözümü sonucu malzeme talepleri (ad.).....	69
Çizelge 4.7. Model çözümü sonucu emniyet stoku ve dönem stoku hesaplamaları (ad.).....	70
Çizelge 4.8. Model çözüm sonucu minimum sipariş miktarı, net ihtiyaç, verilen sipariş ve hangi dönem sipariş verileceği hesaplamaları (ad.).....	71
Çizelge 4.9. Model çözüm sonucu amaç fonksiyonu hesaplamaları (TL)	73
Çizelge 4.10. LFL yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.)	75
Çizelge 4.11. FOQ yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.)	75
Çizelge 4.12. EOQ yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.).....	76
Çizelge 4.13. MEOQ yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.)	76
Çizelge 4.14. FPQ yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.).....	77
Çizelge 4.15. POQ yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.)	77
Çizelge 4.16. WW yöntemi çözümü ile elde edilen dönem toplam maliyetleri (TL)	78
Çizelge 4.17. WW yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.).....	79
Çizelge 4.18. Sipariş maliyeti belirleme yöntemleri çözümü ile elde edilen toplam maliyetler (TL).....	79
Çizelge 4.19. Sezgisel verilen sipariş miktarları (ad.).....	81
Çizelge 4.20. Firma malzeme siparişleri sonucu oluşan maliyetler (TL).....	81
Çizelge 4.21. Çözüm sonucu oluşan toplam maliyetler (TL).....	84

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 3.1. Lamine ön camların üretimi (Kaçar, 2008).....	24
Şekil 3.2. MİP sistemi (Acar, 2003).....	27
Şekil 3.3. Emniyet stoku gösterimi (Tanyaş ve Baskak, 2008).....	30
Şekil 3.4. Tedarik süresi sabitken emniyet stoku hesaplama (Tanyaş ve Baskak, 2008).....	30
Şekil 3.5. ABC analizi grupları (Tanyaş ve Başkak, 2008).....	42
Şekil 3.6 MİP modeli iş akış şeması.....	53
Şekil 4.1. Tüm yöntemler için hesaplanan OC_x maliyetleri (TL).....	82
Şekil 4.2. Tüm yöntemler için hesaplanan HC_x maliyetleri (TL).....	83
Şekil 4.3. Tüm yöntemler için hesaplanan TC_x maliyetleri (TL).....	83



SİMGELER VE KISALTMALAR

BW	: Veri Ambarı Çözümü (Business Warehouse)
CCD	: Yanıt Yüzey Yöntemi (Central Composite Design)
EDI	: Elektronik Veri Değişimi (Electronic Data Interchange)
EKK	: En Küçük Kareler (Least Squares Method)
EWMA	: Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (Exponentially Weighted Moving Average)
FOQ	: Sabit Sipariş Miktarı (Fixed Order Quantity)
EOQ	: Ekonomik Sipariş Miktarı (Economic Order Quantity)
FPQ	: Sabit Dönem Miktarı (Fixed Period Quantity)
IP	: Tam Sayılı Doğrusal Programlama (Integer Programming)
JIT	: Tam Zamanlı Üretim (Just In Time)
LFL	: Kesikli Sipariş Miktarı (Lot For Lot)
LP	: Doğrusal Programlama (Linear Programming)
LUC	: En Düşük Birim Maliyet (Least Unit Cost)
LTC	: En Düşük Toplam Maliyet (Least Total Cost)
MEOQ	: Değiştirilmiş Ekonomik Sipariş Miktarı (Modified Economic Order Quantity)
MINLP	: Karma Tam Sayılı Doğrusal Olmayan Programlama (Mixed Integer Non-Linear Programming)
MİP	: Malzeme İhtiyaç Planlama (Material Requirement Planning)
NLP	: Doğrusal Olmayan Programlama (Non Linear Programming)
POQ	: Dönem Sipariş Miktarı (Periodic Order Quantity)
PPB	: Parti Dönem Dengelemesi (Part Period Balancing)
SAP	: Systems Analysis and Program Development
SM	: Silver-Meal
ÜP	: Üretim Planlama (Production Planning)
YSA	: Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)
WW	: Wagner-Whitin

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın hazırlanmasında beni yönlendiren, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ulviye POLAT'a saygı ve teşekkürü bir borç bilirim. Tez savunma sınavımda tezin gelişimine katkı sağlayan değerli jüri üyelerine saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca modelin kurulmasında desteklerini esirgemeyen meslektaşım ve sevgili dostum Setenay GÜRER'e teşekkürlerimi sunarım.

Firma içinde analizlerime yardım eden ve gerekli bilgilere ulaşmamı sağlayan Serdar G.'ye ve firmada çalışan arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince beni yüreklendiren, maddi, manevi desteklerini esirgemeyen ve hayatımın her anında yanımda olan başta babam Nurettin SOFUOĞLU olmak üzere annem Nuran, abim Ümit, yengem Kübra ve müstakbel eşim Çağatay ŞAHİNOĞLU'na şükranlarımı sunarım. Ayrıca bu süreçte beni destekleyen tüm dostlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2020

Özge SOFUOĞLU

1. GİRİŞ

Ekonomilerde yaşanan gelişmeler sonrası küreselleşen dünyada rekabet artmaktadır. Bu rekabet ortamında ayakta kalabilmek için firmalar kalite standartlarını arttırmakla beraber müşteri hizmet düzeylerini arttırmayı ve istenilen zamanda, istenilen ürünü müşteriye sevk edebilmeyi hedeflemektedir. Firmaların hedeflenen zamanda kaliteli ürünleri müşteriye sevk edebilmek için mevcut olan kaynaklarını etkin ve doğru şekilde kullanmaları oldukça önemli bir hal almıştır. Bu nedenle tüm firmaların üretimde verdikleri kararları daha hızlı bir şekilde alabilmeleri için çözüm sistemlerine ihtiyaçları vardır. Firmaların istenilen zamanda kaliteli ürün üretebilmeleri için geliştirilen çözüm sistemlerinden biri de malzeme ihtiyaç planlama (MİP) sistemidir. Kaynakların etkin şekilde kullanılarak müşteri taleplerinin belirlenen tedarik süresinde karşılanması ve firma envanter maliyetlerinin minimize edilmesi için MİP sisteminin oluşturulması önemli bir husustur. MİP sistemi endüstride ürünleri üretebilmek için gerekli malzemelerin sipariş miktarının hesaplanması için kullanılan bir prosedürdür. Ana üretim programı, ürün ağacı ve envanter bilgilerini dikkate alarak ne zaman ve ne miktarda malzeme siparişi verileceğinin planlanmasını içerir (Berretta ve Rodrigues 2004).

İşletmelerde üretim sistemlerinin ilerlemesi ile birlikte hedeflenen sürede ürünleri üretebilmek için ihtiyaç olan malzemelerin zamanında tedarik edilmesi gerekliliği meydana gelmiştir. Malzemelere bağlı olarak üretimin planlanan tedarik süresinde gerçekleştirilebilmesi için ürünlerde hangi malzemelerin kullanılacağı, müşteri talepleri, ürün ve malzemelerin envanter bilgilerini dikkate alan MİP sistemleri tercih edilmiştir. MİP sistemlerinin tercih edilmesi ile stok miktarlarının azalması, kalite düzeyi, verimlilik ve müşteri memnuniyetinin artması sağlayacaktır. MİP sistemi etkili plan yapmayı, malzeme ve hammaddelerin doğru takibi ve beklenmedik durumlara karşı planların revize edilmesi gibi avantajlar sağlamaktadır.

Bu çalışmada otomotiv camı üreten bir firmanın ürünlerinde kullanılan malzemeler için sipariş büyüklüğünün belirlenmesi ile ilgili yöntem geliştirmesi ve yöntemin sektör içinde farklı ürünler için kullanılabilir olması amaçlanmıştır. Firmanın mevcut sistemi analiz edildiğinde tüm MİP planlama işleminin sezgisel yapıldığı görülmektedir. Sezgisel yapılan planın hata oranını arttırdığı MİP planlamacıları tarafından gözlemlenmiştir. Sezgisel yapılan plan nedeniyle makine duruşları, müşteriye istenilen zamanda ürün sevk edilememesi, buna bağlı olarak da müşteri duruş riski, envanter fazlalıkları, bu envanter fazlalıklarından kaynaklı alan sıkıntısı gibi problemler yaşandığı tespit edilmiştir. Ek olarak mevcut MİP planında

gelecek dönemlerde verilecek siparişler ile ilgili problemlerin fark edilemediği görülmüş ve bu problemler için gerekli çözümlerin zamanında üretilmesinde yetersiz kaldığı saptanmıştır. Bu tip malzeme planı ile ilgili problemlere çözüm olabilmesi amacı ile bu çalışmada firmanın 2019 yılı ürün talepleri, ürünlerin ürün ağaçları, envanter bilgileri ve firma kısıtları dikkate alınarak elde bulundurma, sipariş ve elde bulundurmama maliyetlerinin toplamalarını minimize etmek üzere MINLP modeli tasarlanmıştır. Tasarlanan optimizasyon modeli kapalı formatta LINGO programında ifade edilip, çözüm ve sonuçları incelenmiştir. Kurulan modele ek olarak model girdi verileri kullanılarak sabit sipariş miktarı (FOQ), ekonomik sipariş miktarı (EOQ), kesikli sipariş miktarı (LFL), sabit dönem miktarı (FPQ), dönem sipariş miktarı (POQ), değiştirilmiş ekonomik sipariş miktarı (MEOQ) ve Wagner-whitin (WW) yöntemleri ile malzeme siparişleri ve toplam maliyetler hesaplanmıştır. Kurulan model MİP sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri ve firmanın sezgisel verdiği siparişler ile karşılaştırılmıştır.

MİP modeli firmanın bir müşterisinin araçlarında kullanılan ön cam malzemeleri dikkate alınarak kurulmuştur. Model, diğer müşterilerin araçlarında kullanılan farklı türdeki cam malzemeleri için de genişletilebilir şekilde oluşturulmuştur. MİP modelinin farklı türdeki malzemelere uygulanabilmesi için malzemelerin girdi verilerinin değiştirilmesi yeterlidir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Günümüzde firmalar verimliliklerini arttırabilmek için maliyetleri düşürmek, işlem sürelerini kısaltmak ve envanter miktarlarını azaltmak gibi farklı alanlarda geliştirmeler yapmaktadır. Bu kapsamda hazırlanan çalışmada günümüzün teknolojik geliştirmelerine ayak uydurabilen, hızlı ve etkin çözümler sunabilen bilgisayar destekli MİP planlama optimizasyonu yapılması amaçlanmıştır. Çalışma ile oluşturulan optimizasyon modeli mevcut MİP sistemi ile ilgili problemleri dikkate alarak toplam maliyetin minimize edilmesi için hangi malzemeden ne kadar ve ne zaman sipariş verilmesi gerektiğinin tespit edilmesini hedeflenmektedir.

Çalışmada MİP sistemi ile ilgili literatür incelemesi yapılmıştır. MİP sistemi çözümlerinde yer alan sipariş belirleme yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalarda işletmelerin kısıtları dikkate alınmadan malzeme siparişleri belirlendiği gözlemlenmiştir. MİP sistemlerinde toplam maliyet minimizasyonu veya kar maksimizasyonu amacıyla sipariş belirleme yöntemlerini de içererek kurulan optimizasyon modelleri incelendiğinde ise

modellerde genellikle elde bulundurma ve sipariş maliyetleri esas alınmıştır. Kurulan modelde elde bulundurma maliyeti ile sipariş maliyeti toplamının minimum olduğu noktayı hesaplayan EOQ yöntemine ek olarak elde bulundurmama maliyeti de yer almaktadır. Firmaya özgü kısıtların da dahil edildiği bir MİP modeli geliştirilmiştir. MİP modelinin firma verileri kullanılarak çözülmesi hem modelin doğruluğunun test edilmesi açısından hem de kurulan modelin firmaya uygulanabilirliğinin test edilmesi açısından oldukça önemlidir. Kurulan modelin gerçek hayatta kullanılabilirliği ve kısıtların özgünlüğü sebebiyle malzeme planının oluşturulması ile ilgili literatürde gelecek çalışmalara da katkı sağlaması amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada kurulan modelde maliyet minimizasyonun da katkısı olan depo kısıtı verileri değiştirilerek tüm dönemlerde elde tutulacak stokun ne kadar minimize edilebileceği analiz edilebilir. Stok yokluğundan kaynaklı karşılaşılabilecek problemler için öngörü oluşturması açısından önemli bir kısıttır. Depo kısıtı ile elde tutulacak stokun azaltılması ve stoksuz kalma noktasının hesaplanabilmesi amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmanın İçeriği

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümü olan giriş bölümünde MİP tanımı ve çalışma ile ilgili genel bilgilere yer verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde MİP sistemleri, LP ve NLP modelleri ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Üçüncü bölümde ilk olarak çalışmanın problemi açıklanmış, problemin ele alındığı firmanın tanıtımı yapılmıştır. Ardından MİP sisteminin tanımı, varsayımları, amaçları, yapısı, girdi ve çıktıları, sipariş miktarı belirleme yöntemleri, stok yönetimi ve ABC analizi açıklanmıştır. Devamında ise, LP sistemleri tanımı, gelişimi ve uygulama alanları, varsayımları, model kurulumu, çözüm yöntemleri, LP ve NLP sistemleri açıklanmıştır. Son olarak kurulan modelin terimleri, varsayımları, amaç fonksiyonu ve kısıtlarının açıklaması yapılmıştır.

Dördüncü bölümde ilk olarak adetli takip edilen malzemelerin ABC analizi ve modelin girdi verilerinin açıklaması yapılmıştır. Ardından yapılan ABC analizi sonuçlarına göre önemli değer grubunda bulunan A sınıfı malzemelerden seçilen 7 malzeme için matematiksel modelin çözümü ve sonuçlarının açıklaması yapılmıştır. Önerilen modelin uygulanabilirliği açıklanmıştır. Modelin çözüm etkinliği verilmiş, sonuç çıktıları

yorumlanmıştır. Devamında MİP sipariş miktarı hesaplama yöntemleri ile sipariş miktarının değerlendirilmesi ve firma tarafından sezgisel olarak verilen siparişlerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Son olarak model ve diğer yöntemlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Beşinci bölümde çıkarımlar ve gelecek çalışmalar ile ilgili önerilere yer verilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Önerilen MİP modeli ile ilişkili ve modele kaynaklık edebilecek MİP ve LP çalışmaları bu bölümde ele alınmıştır.

2.1. MİP Çalışmaları ile İlgili Kaynak Özetleri

Sanchez vd. (2001) yaptıkları çalışmada temel sipariş politikalarından LFL, FOQ ve FPQ açısından MİP teorisinin temel denklemlerini analiz etmişlerdir. Amaç, dış talep özellikleri göz önüne alındığında, üretim zaman gelişimi için kapalı form Laplace dönüşüm ifadelerinin bulunmasıdır. Bu tür ifadelerin türetilmesinin mümkün olduğu ancak bu dönüşümün oldukça karmaşık hale geldiği belirtilmiştir.

Şenyiğit ve Yıldırım (2002) bir firmada ürünlerin aylık satış değerlerini aylık talep olarak kabul ederek sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinin değerlendirilmesi için Quant System paket programı kullanmışlardır. Yapılan çalışma sonucu WW yönteminin, geliştirilen çift katsayılı algoritmanın, PPB yönteminin ve LTC yönteminin iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmada FOQ, LFL ve EOQ yöntemlerinin kötü performans gösteren yöntemler olduğundan bahsetmişlerdir. Bu sonucun sebebi olarak bu yöntemlerin talepteki değişimlere karşı yeterince hassas tepki verememelerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Özyörük (2003) yaptığı çalışmada elektrik motorları üreten bir firmada, dalgıç motoru malzemeleri için stokta tutma ve hazırlık maliyetlerini minimize edecek sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerini araştırmıştır. Bu makalede sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinden LFL, WW, LUC ve SM yöntemleri kullanılmıştır. En uygun sipariş politikası olarak en düşük maliyeti veren WW yöntemi seçilmiştir. Diğer yöntemlerin performansları da analiz edilerek yöntemlerin sonuçları WW yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Sonuç değerleri incelendiğinde LUC yönteminin ortalama yüzde sapmasının daha düşük olduğu görülmüştür.

Kabak ve Örnek (2004) sürekli revize edilmeyen bir planının yapılabilmesi için MİP sisteminin etkin kurulması gerektiğini belirtmişlerdir. MİP planlarının değiştirilmesine ürün taleplerindeki dengesizliklerin ve malzemelerin zamanında tedarik edilememesinin sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Planların revize olmasına sistemin cevap verebilme kapasitesi ‘esneklik’ olarak, planlama yöntemlerinin değişikliklere duyarsızlığı ‘planların kuvveti’ olarak ele alınmıştır. Çalışmada planların bir bölümünün dondurulması ile planların sürekli revize edilmesinin azaltılabileceği belirtilmiştir.

Paksoy ve Altıparmak (2004) sürekli değişen faiz oranları, malzeme tedarik sıkıntıları ve stokları doğru takip edememekten kaynaklanan sorunlara çözüm olarak MİP sistemi üzerinde çalışmışlardır. Siparişe göre üretim yapan bir firmada MİP çalışması için malzemeler belirlenmiştir. Ürünün üretim planının oluşturulması için talep tahmini yapılmıştır. Ürünlerin işlem süreleri, ana üretim planı ve ürün ağaçları dikkate alınarak iki farklı güven düzeyi ($\alpha = 0,5$ ve $\alpha = 0,8$) için Excel programında MİP çalışması yapılmıştır. Güven düzeyinin değiştirilmesi iş sürelerini değiştirdiği için malzeme planının da değiştiği tespit edilmiştir. Bu sayede malzeme planlarına esneklik kazandırıldığı ifade edilmiştir.

Wuttipornpun ve Yenradee (2004) montaj aşamaları için sonlu kapasite MİP sistemi geliştirerek kapasite sorunlarını çözmeyi amaçlamışlardır. Direksiyon üretimi yapan fabrikanın verileri ile sistem test edilmiştir. Oluşturulan sonlu kapasiteli MİP sisteminde, üretim ve satın alma planını oluşturulan değişken tedarik süreleri, işlerin öncelikli makinelerle göre zamanlanması, aynı gün planlanan işlerin öncelik kurallarına göre yeniden düzenlenmesi, fazla işlerin ikinci öncelikli makinelerle tahsis edilmesi, kapasite sorununu ortadan kaldırmak için işlerin zamanlanmasının ayarlanması gibi kurgulardan oluştuğunu belirtmişlerdir.

Ulupınar ve Tarım (2005) talebin sabit olmadığı durumlarda MİP sisteminin zorluklarını yok etmek için Tarım-Kingsman modeli üzerine çalışmışlardır. Kurulan modelin uygulandığı örnekte 10 dönemden oluşan iki farklı amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Modellerin çözümlenmesi sonucunda her bir malzeme için minimum sipariş miktarı ve bu siparişlerin hangi dönemde verileceği bilgisine ulaşılmıştır. Sonuç olarak Tarım-Kingsman modelinin klasik modellere göre daha iyi sonuç verdiği ortaya koyulmuştur.

Ural (2005) tarafından yapılan çalışmada MİP sistemi incelenerek, sipariş belirleme yöntemleri araştırılmıştır. Sipariş belirleme yöntemleri çözüm sonuçları toplam maliyet

minimizasyonu ve kullanım sıklığı açısından karşılaştırılmıştır. Toplam maliyet minimizasyonu açısından WW ve LUC yöntemlerinin, kullanım sıklığı açısından ise FOQ ve LFL yöntemlerinin kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Tırsan şirketinde yapılan uygulama ile firmada kullanılan bilgisayarlı sistem incelenerek sezgisel sistemle karşılaştırması yapılmıştır. Bilgisayar destekli bu sistem ile sezgisel planlama, satın alma, maliyet, depo ve yönetim açısından karşılaştırılmıştır. Stoklarda %30, üretim maliyetlerinde %8, bekleme sürelerinde %20 ve üretim sürelerinde %10 azalma olduğu belirtilmiştir.

Ram vd. (2006) MİP sistemi için sabit olan ürün ağaçlarının, ana üretim planındaki esnekliği tolere edebilmesi için esnek ürün ağacı üzerine çalışma yapmışlardır. Ana üretim planındaki gereklilikler için malzemelerin ikame olarak kullanılması sağlanıp, ürünlerin zamanında üretilmesi amaçlanmıştır. Ürün ağaçlarındaki esnekliği sağlamak için LP modeli kullanılmıştır. Modelin uygulaması gıda sektöründe bir firmada yapılmıştır. Sonuç olarak ürün ağacı iki düzeyden az ise modelin çalıştığı, ürün ağacının düzeyi ikiden fazla olduğunda önerilen modelin değiştirilmesi gerektiğine karar verilmiştir.

Şener (2006) problem çözme yöntemlerini kullanarak otomotiv sektöründeki bir firmada SAP sistemi üzerinde tüketime dayalı MİP çalışması yapmıştır. Firmanın ürün ağaçlarının düzeltilmesi, sisteme siparişlerin yansıtılması ve malzemelerin stok hareketlerinin sistem üzerindeki doğruluğunun sağlanması gibi çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Erozan (2007) MİP sistemi ile ilgili yazılım geliştirmiştir. Programın algoritması için çalışmanın gerçekleştirildiği aydınlatma firmasının verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda malzeme planı ve analizi yapabilecek program geliştirilmiştir.

Mabert (2007) fabrikaların üretim ve tedarik zinciri akışlarında rol oynayan MİP sistemlerinin kronolojik gelişimini araştıran bir çalışma yapmıştır. Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler ve malzeme yönetimindeki değişiklikler ele alınarak MİP'in temellerinin geliştirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Mula vd. (2007) yaptıkları çalışmada ürünlerin MİP verileri, stok seviyeleri, birikmiş talepleri ve kapasite plan verileri dikkate alınarak bulanık bir model oluşturulmuştur. Modelin amaç fonksiyonunda toplam maliyet minimizasyonu yapılmıştır. Model diğer matematiksel programlama yaklaşımları ile karşılaştırılmıştır. Modelinin uygulaması otomobil koltuk sistemleri yapan bir firmada yapılmıştır.

Alwan vd. (2008) Monte Carlo simülasyonu ile farklı talep tahmini senaryoları altında MİP sisteminin performansını değerlendirmişlerdir. Bir MİP sisteminin sabit korelasyon ile talep süreci göz önünde bulundurularak EWMA tahmin modeline dayanan MİP sisteminin performansı incelenmiştir. MİP sistemi EKK tahmin yöntemi ile çözülerek iki yöntemin karşılaştırması yapılmıştır. Toplam maliyet ve hizmet oranı açısından EKK tahmin yönteminin EWMA tahmin yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Ho (2008) işlem sürelerindeki belirsizlikler ve talep dalgalanmaları gibi çalışma ortamındaki sapmaların sistem performansını etkileyip etkilemediğini test etmek için simülasyon deneyi yapmıştır. Üretim sistemlerinde meydana gelen belirsizliklerin MİP sistemi tarafından oluşturulacak uyarı mesajları ile kişilere aktarılmasını sağlamak için bilgi prosedürleri ve sipariş büyüklüğü kuralları ile ilgili araştırma yapılmıştır. Bu araştırma ile sistemin daha iyi performans elde ettiği belirtilmiştir.

Nakıboğlu (2008) yeniden üretim yapan bir firmada MİP sistemin toplam maliyetini en aza indirebilmek için matematiksel bir model kurmuştur. Amaç fonksiyonu ve kısıtlar ile tüm değişkenler tam sayı olarak alınarak model GAMS programında çözülmüştür. Model sonucunda ihtiyaç duyulan parçayı demontaj ile elde etmenin yeni malzeme satın alınmasına oranı, müşteriden iade alınan ürünün tedarik süresi, satın alınan malzemelerin tedarik süresi ve müşteriden iade alınan ürünün demontajından kazanım oranı faktörlerinin model üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Bu faktörlerin model üzerindeki etkisini ölçmek için yeni bir çalışma yapılmış ve tüm faktörlerin model üzerinde etkili olduğu kanıtlanmıştır.

Noori vd. (2008) toplam maliyetin ve MİP sisteminin toplam süresinin en aza indirilmesi ile ilgili çalışma yapmışlardır. Model iki hedefin minimize edilmesini sağlarken her dönem için ürünlerin optimum üretim oranını bulmak üzerine kurulmuştur. Çalışmada kurulan model bulanık çok amaçlı bir LP modelidir. Model simetrik ve asimetrik durumlarda oluşan iki koşul kümesi için çözülmüştür. Modelin sonucunda üreticilerin aynı kısıtlar ve belirsizlikler altında doğru karar almalarını sağlamayı hedeflemişlerdir. Üreticilerin memnuniyet dereceleri sonuçlarına göre önerilen MİP modelinin uygulanabilirliğini ölçmüşlerdir.

Torbachi (2008) üretim kaynakları kullanılarak MİP sistemlerinde SaaS yazılımı geliştirmiştir. Geliştirilen yazılımın daha düşük bütçeye sahip olduğu belirtilmiştir. Yazılım ile kaynakların hazırlık maliyetinde azalma ve hazırlık hızında artış sağlandığı belirtilmiştir.

Ayan (2009) MİP sistemi için geri yayımlı ve ileri beslemeli ağ yapısını kullanarak dinamik sipariş büyüklüğü belirleme çalışması yapmıştır. Kurulan yapay sinir ağı modelinde eğitim verisi olarak sipariş maliyetleri, birim stok maliyetleri ve talep miktarları alınmıştır. Çıktı olarak ise toplam maliyeti minimize edecek şekilde siparişin ne zaman ve ne miktarda olması gerektiği araştırılmıştır. YSA modelinin öğrenmesi için WW yöntemi kullanılarak en uygun çözümler bulunmuştur. Sonuç olarak YSA modelinin dönemdeki sipariş miktarı hesabını %81 oranında, sipariş verilir verilmeyeceği kararını da %74 oranında doğru çözdüğü tespit edilmiştir.

Aydın (2009) yapmış olduğu çalışmada müşteri memnuniyetini sağlamak için stok maliyetlerinin minimizasyonunu amaçlamıştır. Çalışmanın yapıldığı tedarikçi firmadan modelin uygulanması için 49 kalem ürün seçilmiştir. Modelin sayısal veriler ile çözümünde ürün müşteri hizmet düzeylerine göre minimum toplam maliyet bulunmuştur. Sonuç olarak bu maliyetin %79,5'inin stok maliyeti, %18,8'inin satış kaybı ve %1,6'sının ceza maliyetinden oluştuğu belirtilmiştir. Sınırlayıcı karar değişkenlerinin sınırları değiştirilirse hedef fonksiyonun değerlerinin de değişeceği belirtilmiştir.

Aydoğan ve Asal (2009) küçük ve orta ölçekli farklı sektörlerdeki firmaların katıldığı MİP sistemi ile ilgili çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışma sonuçlarına göre MİP etkinliğinin kısıtlanmasının nedenleri ana üretim çizelgesinin iyi hazırlanmaması, ürün ağaçlarının yanlışlığı, stokların yanlış tutulması, malzeme çeşitliliğinin fazla oluşu, kapasite planlarının yanlışlığı ve deneyimli kişilerin yokluğu olarak sıralanmıştır. MİP etkinliğini azaltan en büyük etkenin stokların yanlışlığı olduğu belirtilmiştir. MİP sistemini kullanan firmaların %62,8'i fiziksel kaynakların etkili kullanımında yarar sağladığını, %44,2'si üretim maliyetlerinin azalmasında önemli rol oynadığını, %46,5'i ürün kalitesini arttırdığını belirtmişlerdir.

Güzeldülger (2009) vals makinesi üretimi yapan bir firmanın verilerini kullanarak belirsizlik altında MİP modeli geliştirmiştir. Sipariş belirleme yöntemlerinden en düşük maliyetli olan yöntemin seçilmesi için firmanın kısıtları kullanılarak matematiksel programlama modeli oluşturulmuştur. Kurulan model ile toplam maliyetler hesaplanmıştır. Model çözümü ile en düşük toplam maliyeti POQ yönteminin verdiği belirtilmiştir.

Feili vd. (2010) talep, tedarik süresi, üretim maliyeti, kapasite ve kaynaklar gibi plan parametrelerinde belirsizlik olsa da planlamanın yapılabileceği bir model üzerine

çalışmışlardır. Bu modelde bulanık kümeler teorisi ile MİP çalışması yapmayı hedeflemişlerdir. Amaç fonksiyonu üretim maliyetleri, stok maliyetleri, talep biriktirme maliyetleri ve mesai maliyetlerini kapsayan toplam maliyetin minimize edilmesini içermektedir. Modelin çözümü LINGO programında yapılmıştır. Sonuç olarak kullanılan bilimsel yöntemlerle modelin çözümü zaman aldığından farklı yaklaşımların araştırılmasına karar verilmiştir.

Gharakhani (2010) üretim, bekletme ve kaynaklarda harcanan sürenin ve üretim maliyetlerinin en aza indirilebilmesi için hedef programlama modeli oluşturmuştur. Modelin uygulaması için otomotiv sektörü şanzıman üretim verileri kullanılmıştır. Modelin amaç fonksiyonları üretim maliyetinin minimizasyonu, elde bulundurma maliyetinin ve fazladan harcanan zamanların azaltılması şeklinde ifade edilmiştir. 142 sınır ve 278 değişkenden oluşan model LINGO programında çözülmüştür.

Sun vd. (2010) minimum risk kriterlerine sahip iki aşamalı bulanık MİP modeli kurmuşlardır. Malzeme talebi, malzeme birim fiyatı ve malzeme tedarik miktarının belirsiz ve bulanık değişken olduğu varsayılmıştır. Çalışmanın amacı toplam malzeme tedarik maliyetini izin verilen yatırım seviyesinin altında tutmak için model kurulmasıdır. Kurulan modelde iki sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmaların etkinliğini kıyaslamak için yakıt tedarik sektöründe bir optimizasyon uygulaması yapılmıştır.

Şeflek (2010) makine imalatı yapan bir firmada ana üretim planının oluşturulmasında modellemeden, MİP sistemi için de sipariş belirleme yöntemlerinden yararlanarak toplam maliyetin minimize edilmesini amaçlamıştır. Kurulan modelin amaç fonksiyonuna üretim maliyeti, elde bulundurma maliyeti, elde bulundurmama maliyeti ve hazırlık maliyeti dahil edilmiştir. Yapılan MİP uygulaması ile net ihtiyaçlar ve satın alma siparişleri oluşturulmuştur. Net malzeme ihtiyaçların belirlenmesi için WW ve diğer parti büyüklüğü yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler arasında en az maliyetli yöntemin WW yöntemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Zhao ve Xie (2010) WW yöntemi, düşük maliyetli WW yöntemi ve WW yönteminin önerilerini kullanarak geliştirilen sezgisel yöntemi karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda yeni oluşturulan sezgisel yöntemin WW yöntemlerinin sonuçlarından daha iyi performans göstermediği sonucuna varılmıştır.

Chandraju vd. (2012) üretim ve tedarik zinciri yönetiminin entegre takip edilebilmesi için bilgisayar destekli sistemlerin kullanılması ile ilgili şeker fabrikasında çalışma yapmışlardır. Çalışmanın başlangıcında malzeme seçimi için ABC analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucu malzemeler için SAP'nin malzeme yönetimi modülü kullanılarak sistemin sipariş açması amaçlanmıştır.

Jodlbauer ve Reitner (2012) makine kapasitelerini ve sabit teslim sürelerini dikkate alan kapasite planlamasını MİP sistemine entegre etmek için çalışma yapmışlardır. Kapasite planlamasının parti büyüklüğü belirme ve hat dengeleme esnasında yapılması sağlanmıştır. Kapasite planlamasının MİP sistemine entegre edilmesi ile plan revizyonu için ekstra zaman kaybedilmeyeceği sonucuna ulaşılmıştır.

Ioannou ve Dimitriou (2012) üretim teslimat süresi tahminlerinin sürekli güncellenmesi üzerine çalışma yapmışlardır. Yeni gelen siparişlerin hangi üretim sistemine gireceği ve o üretim sisteminde ne kadar süre işlemden kalacağı, ne zaman üretime başlanacağı ve makineler arasında geçen tahmini sürelerin ne kadar olduğu sorularına yanıt bulunmuştur. Basit yinelemeli algoritmalar ile MİP sisteminin sabit teslimat süresi tahminlerinde geliştirmeler yapmışlardır. Yapılan uygulama sonucu gerçek veriler ile uyumluluğu test edilmiştir.

Milne vd. (2012) üretim tesisinde alternatif üretim süreçlerini ve parça değişimlerini modellemek için LP ve MİP sistemi birlikte kurgulamışlardır. Üretim talepleri, satın alma siparişleri ve üretim emirlerinin ihtiyaç tarihlerini belirlemek için LP modeli ve MİP sistemi kullanılmıştır. LP modeli amaç fonksiyonunda toplam üretim, satın alma, sipariş ve stokta tutma maliyetleri dikkate alınmıştır. Malzemelerin stok dengesinin sağlanması ve siparişlerin tedarik sürelerine göre verilmesi kısıt olarak kullanılmıştır.

Oladokun ve Olaitan (2012) imalat firmasının stok maliyetlerini azaltmak amacıyla bilgisayar destekli MİP sistemi geliştirilmiştir. LFL, FOQ, POQ ve MEOQ yöntemlerinin her biri için Microsoft Visual Basic programı kullanılarak MİP algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemler işletme verileri kullanılarak test edilmiştir. Manuel hesaplamalar ile eş değer sonuçlar verdiği görülmüştür.

Acar ve Yılmaz (2013) matbaa firmasında stok yönetimi ve üretim planının etkili yapılabilmesi için MİP sistemini kullanmışlardır. MİP sistemini kullanabilmek için yazılım geliştirilmiştir. Bu geliştirilen MİP yazılımı ile gereksiz stokların ortadan kaldırıldığı,

Üretim maliyetlerinin drldgn, malzeme tedarik sknts yaanmadg için ürünlerin teslim süresinin azaldg ve mteri memnuniyetinin arttırldg sonuçlarına varlmtır.

Islam vd. (2013) programlama dili C ile MP sistemi gelitirmlerdir. MP sisteminin mantgn açıklamak için malzemelerin planlaması manuel olarak yaplmtır. Sonrasında veriler kurgulanan yazlmda test edilmitir. Yazlm ile girdi ve kt süreçleri, mamül, yarı mamül ve malzemelerin planlaması gsterilmitir. Yazlmın kolay ve kullanlı oluu, veri girişinin kolay oluu, gelecekteki planların alınmasına olanak sağlaması gibi olumlu sonuçları olduğundan bahsedilmitir. Geliştirilen yazlm ile üretim maliyeti, fazla mesai ve boşta kalma süresinin azaltldg ve mteri hizmet düzeyinin arttırldg belirtilmitir.

Madronero vd. (2014) otomobil sektöründe tedarikçi olan bir firmada mamül, yarı mamül ve hammaddelerin stok maliyetlerinin, boşta kalma sürelerinin ve sipariş miktarlarının en aza indirilmesi için çok amaçlı bulanık hedef programlama yaklamn kullanarak model kurmulardır. Modelde kst olarak envanter bakiyesi denkliği, normal, fazla mesai ve taşeron için uygun kapasite, fazla mesai limitleri, gecikme ve olumsuzluk snrlamaları kullanlmtır. Modelin gerçek veriler ile uygulanması sonucunda üretim ve stok maliyetlerinde %34,8 azalma olduğu belirtilmitir.

Sadeghi vd. (2014) farklı dönemlerde  seviyeli ürün ağacı içeren bir ürünün üretim ve montaj MP alımasn gerekletirmtir. Hammadde ve yarı mamüllerin planlamasında POQ yöntemi kullanlmtır. Çalışmada tüm bileşenlerinin maliyetinin, ürünün stokta tutma maliyetinin, üretim maliyetinin ve kurulum maliyetlerinin en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Model sonucunda POQ miktarı ve planlanan teslimat süreleri belirlenmitir. Monte-Carlo similasyonu ile bileşenlerin teslimat süresine bağlı senaryolar gelitirilmitir.

Jimenez vd. (2015) bulanık tedarik süreleri ile bulanık çok amaçlı IP modeli kurmulardır. Modelde hesaplanan dönemlerdeki toplam maliyetin en aza indirilmesi, tüm planlama dönemi boyunca geri dönen sipariş miktarının en aza indirilmesi ve üretken kaynakların boşta kalma süresinin en aza indirilmesi şeklinde  farklı amaç fonksiyonu kullanlmtır. Modelde envanter bakiyesi, mevcut kapasite ve son planlama dönemindeki gecikmelerin azaltılması için kst koyulmutur. Model sonucunda her bir amaç fonksiyonu için çözüm kümesi elde edilmitir.

Madronero vd. (2015) MP sistemi üzerine yaptıkları çalışmada bulanık teslimat süreleri baz alınarak çok amaçlı LP modeli kurmulardır. Modelin amaç fonksiyonu toplam

maliyetin ve üretim kaynaklarının boŖta kalma süresinin en aza indirilmesi üzerine kurulmuŖtur. Mevcut kapasite kısıtı, stok bakiyelerinin dengesi, taŖeron üretimi, normal üretim ve fazla mesai kısıtları gibi kısıtlamalar modelde kullanılmıŖtır. 24 farklı örnek kullanılarak tedarik süreleriyle ilgili bilgi eksikliğini dikkate alan modeller çözülmüŖtür. Ürün ve yarı ürünler tedarik süreleri bir değer kümesi olarak ele alınıp, test edilmiŖtir.

Raupp vd. (2015) bir yeniden üretim sisteminde geri dönen ürünler ve bileŖenlerin kurtarılma ve yeniden üretilmesi üzerine çalıŖma yapmıŖlardır. ÇalıŖmada MİP gereksinimlerinin planlanması ve geri kazanılması amaçlanarak karma IP modeli kurulmuŖtur. Kurulan modelin amaç fonksiyonunda üretim ve stok maliyetlerini en aza indirmek amaçlanmıŖtır. Üretim sistemi için farklı senaryolar göz önüne alınarak önerilen MİP modeli ile hesaplamalar yapılmıŖtır.

Yıldız (2015) yaptığı çalıŖmada stokta tutma maliyetine katlanmamak için CCD ve klasik formüle göre model kurarak EOQ miktarı hesaplamaları gerçekleŖtirmiŖtir. EOQ'nun hesaplanabilmesi için seramik üreten bir firmanın malzemelerine ABC analizi yapılmıŖtır. Talep tahmini sonucunda model kurularak ürünlerin EOQ miktarları hesaplanmıŖtır. Minitab programında CCD ile EOQ miktarları hesaplanmıŖtır. İki yöntemin hesaplamaları sonucunda CCD yöntemi EOQ yöntemine göre daha iyi sonuç verdiği analiz edilmiŖtir.

Sukkerd ve Wuttiornpun (2016) montaj iŖlemleri yapan bir akıŖ atölyesinde sonlu kapasiteli MİP sistemi için yeni bir algoritma geliŖtirmişlerdir. GeliŖtirilen algoritmada ilk olarak değişken tedarik süresi MİP tarafından bir üretim programına iŖlenmiŖtir. Sonra üretim emirlerini üretmek için gönderme ve rastgele kurallar uygulanır. GeliŖtirilen algoritma mevcut sisteme göre toplam maliyeti ortalama %31,34 azalttığını belirtmişlerdir.

Wilson (2016) MİP sistemini oluŖturan teorik yapının ortaya çıkıŖının Frederick W. Taylor'un kurduğu planlama ofisi tarafından olduğunu belirtmiŖtir. Planlama ofisinin kullandığı manuel sistemin karmaŖık, yönetilemez ve günün Ŗartlarına uygun olmadığı için başarısız olduğunu belirtmiŖtir. MİP sistemi geliŖimi ile birlikte malzeme reçeteleri, envanter bilgileri, malzeme ve üretim planlarının geliŖiminden de bahsedilmiŖtir.

Arslan vd. (2017) otel mutfak ürünleri üreten bir firmada ürün ve yarı mamüller için MİP çalıŖması yapmıŖlardır. MİP sisteminin kurulması ile ilgili bilgisayar destekli yeni bir yazılımı devreye almıŖlardır. Ürün talebi sisteme girildiğinde ürünlerin ve o ürünlerin ürün ağacında yer alan malzemelerin ihtiyaçları ve stoklarının görüntülenebileceği yazılım

oluşturmuşlardır. Yapılan yeni geliştirmeler sonucu hatların üretim miktarları ve verimliliklerinin arttığını belirtmişlerdir.

Guillaume vd. (2017) belirsiz talebe sahip üretim ve MİP modelleri üzerine çalışmışlardır. Planlama modelleri için LFL ve POQ yöntemlerini kullanılarak doğrusal modeller kurulmuştur. Talepteki belirsizlik, sipariş miktarları ve termin süreleri ile ilgili hatalar dikkate alınarak doğrusal bir MİP modeli de kurulmuştur.

Peidro vd. (2017) bulanık teslimat süreleri ile bulanık çok amaçlı karma tam sayılı MİP üzerine çalışma yapmışlardır. Toplam maliyetin ve üretken kaynakların boş zamanlarının en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Kısıt olarak stok dengesi kısıtı, mevcut kapasite kısıtı, karar değişkenleri için olumsuzluk yapmama kısıtı kullanılmıştır. Kurulan modeller teslim süresi örnekleri ile ilişkilendirilmiştir. Modele bulanık sayılar eklenerek belirsiz teslim süresinin ortaya çıkma olasılığını üzerine çalışılmıştır. Sayısal bir örnekle modelin doğrulaması yapılmıştır.

Wang vd. (2018) MİP ve JIT'ın bilgi işlem yapısı ve verimliliklerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak JIT yapısının düşük sipariş büyüklüğü ve fazla ürün çeşitliliği olan üretim için, MİP yapısının yüksek sipariş büyüklüğü ve az ürün çeşitliliği olan üretim için uygun olduğu belirtilmiştir.

Madronero vd. (2018) üretim, envanter ve lojistik planlama kararları alırken oluşan toplam maliyeti minimize etmek için üretim sistemlerine entegre matematiksel model kurmuşlardır. Modelde kısıt olarak üretim kapasite kısıtları, güvenlik stoku ve envanter kapasite kısıtlamaları ve taşıma kapasite kısıtları kullanılmıştır. Amaç fonksiyonunda üretim maliyetlerini, satın alma maliyetlerini, stok maliyetlerini, fazla mesai maliyetleri ve nakliye maliyetleri dikkate alınmıştır. Sonuçlar önceki sistemle karşılaştırıldığında maliyetin %15,45 azaldığını belirtmişlerdir.

Bogataj ve Bogotaj (2019) yaptıkları çalışmada MİP sisteminde gecikmelerin karmaşık değişkenler altında hesaplanması ile ilgili araştırma yapmışlardır. Çalışmada kapalı sistem teorileri araştırılıp, yorumlanmıştır. Üretim ve envanter sistemlerinde dönüşümlerin kullanılması, MİP teorisinin bileşenleri, MİP bugünkü değer, girdi-çıkı analizleri, Laplace dönüşümleri, son 20 yıllık MİP yaklaşımları, küresel tedarik zincirlerini için MİP teorisinin ulaştırma matrisi ile genişletilmesi, MİP teorisinin uygulanması ve genişletilmiş MİP sistemlerinin yayılmasındaki yeni yöntemler üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Kiran (2020) doğrudan veya dolaylı maliyet tasarrufu sağlayan çeşitli malzeme tüketimlerini analiz ederek MİP çalışması yapmıştır. Çelik sac üretimi yapan bir firmada ürün ağaçlarını ve kullanım miktarlarını inceleyerek üretimde kullanılan malzemelerden en az hangi miktarda tüketim yapılacağı üzerine vaka çalışması yapmıştır.

Mehdizadeh (2020) otomotiv yedek parça üretimi yapan bir firmada stok kontrol sürecine odaklanan bir MİP çalışması ele almıştır. Çalışmada müşteri siparişlerini üreticiye gönderirken satılan araçların sayısına ve kilometresine dikkat edilen yeni bir metodoloji geliştirilmiştir. İyi seviyede servis seviyesi ve aynı zamanda minimum stok miktarını amaçlayan bir sistem geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2.2. Planlamada Kullanılan Optimizasyon Çalışmaları ile İlgili Kaynak Özetleri

Yan vd. (2003) malzeme kısıtı olan üretim ve dağıtım problemleri için karma IP modeli kurmuşlardır. Modelde toplam maliyetin en aza indirilmesi amaçlayan amaç fonksiyonunda satın alma, üretim, nakliye, dağıtım, sabit sipariş, sabit açılma ve işletme maliyetleri yer almaktadır. Modelde kısıt olarak ürün ağaçları, tedarikçinin kapasite limitleri, üreticilerin üretim kapasitesi sınırları, çıkış sınırı kısıtlamaları, servis seviyesi kısıtlamaları ve mantıksal tutarlılık kısıtlamaları dikkate alınmıştır. Modelin sonucunda toplam maliyete etki ettiği düşünülen 5 maliyetten sipariş maliyetini %10 arttırmanın toplam maliyeti %5 arttırdığı diğer maliyetlerin arttırılmasının toplam maliyet üzerinde çok küçük değişikliklere neden olduğu elde edilmiştir.

Çetinbağ (2005) makine ve teçhizat kısıtlarını dikkate alarak firmanın karını maksimize etmek için LP çalışması yapmıştır. Modelde kısıt olarak günlük üretilen ürünlerin mevcut hammadde miktarı kadar üretilebileceği, günlük üretimin günlük talepten fazla olamayacağı, günlük üretim miktarlarının negatif değer alamayacağı, ürün teslim tarihlerinin aynı ürün grupları için sınırlandırılması, tedarik ve makine kısıtları dikkate alınmıştır. Hazırlanan program ile hata oranının asgari düzeye indirildiği belirtilmiştir.

Paksoy (2005) lojistik noktalarının planlanması ve bu noktaların optimum seviyeye getirilmesi için bileşen gereksinimleri de göz önünde bulundurularak modelleme çalışması yapmıştır. Çok kademeli ve tam sayılı modelin amaç ve kısıt fonksiyonları belirlendikten sonra örnek çalışma yapılmıştır. Kurulan model Xpress Solver Engine ile çözümlenmiş, sonuçlar değerlendirilmiştir.

Narlı (2007) sağlık sekt6r6nde yaptığı çalışmada çalışma saatlerini izelgelemek için IP kullanılarak matematiksel model kurmuştur. Vardiya saatlerinin d6zenlenmesinin çalışan personelin verimliliği açısından 6nemli olduğu vurgulanmıştır. Matematiksel modelin optimum 6z6mlerinin bulunmasında LINGO programından yararlanılmıştır.

6zg6n (2007) tersine lojistik ile ilgili ileri ve geriye d6n6k akışları beraber optimize etmek için tam sayılı bir model kurmuştur. Model firmalar arası transfer edilecek 6r6nlerin miktarları ile ayrıştırma, dağıtım ve toplama merkezlerinin açılıp açılmayacağı kararının verilmesi ve maliyet minimizasyonu amacıyla kurulmuştur. Kurulan model GAMS-CPLEX programında 6z6lm6řt6r. Model sonucunda dağıtım ve ayrıştırma tesislerinin iki tanesinin, toplama tesislerinden birisinin açılmasına karar verilmiştir.

6zbay (2008) tedarik zinciri modeli kurarak dağıtım yeri ve m6şteri arasında en az maliyetli dağıtım ağını kurmayı hedeflemiştir. Tedarikçi seçimi yapıldıktan sonra 6r6nlerin m6şteriye zamanında ulaşabilmesi için dağıtım ağlarının optimizasyonu ile ilgili LP modeli kurulmuştur. Modelde 4 farklı dağıtım merkezi, 3 fabrika, 3 m6şteri ve 4 6r6n kullanılmıştır. Modelde fabrikadan dağıtım merkezlerine, dağıtım merkezlerinden de m6şteriye taşınması gereken miktarlar bulunmuştur. Farklı fabrikalarda farklı 6r6nlerden 6retilmesi gereken minimum miktarlar bulunmuştur.

Cavlak (2009) bitkisel yağ 6reten firmanın tedarik zinciri dağıtım ağlarının kurulması ve modellenmesi 6zerine çalışma yapmıştır. Modelin amaç fonksiyonunda firma, tedarikçi ve depolara arası taşıma maliyetleri yer almaktadır. Modelde kısıt olarak t6m tedarikçilerin, dolum hatlarının, ham yağ rafinelерinin ve yağ 6retim makinelerinin kapasite kısıtları, bitkisel yağların 6retim eşitliği kısıtları kullanılmıştır. LINGO 6z6c6s6 kullanılarak model 6z6lm6řt6r. Model sonucunda ilk ve ikinci senaryoların taşıma maliyeti ve toplam maliyeti etkilemediği, son senaryonun toplam maliyeti etkilediği sonucuna varılmıştır.

6zceylan (2010) malzemelerin tedarik edilmesi, 6r6nlerin 6retim aşamaları ve dağıtım kanallarını içeren bir model kurmayı amaçlamıştır. Oluşturulan modellerin amaç fonksiyonunda taşıma maliyetleri, fırsat kayıp maliyeti, stok maliyetleri, yok satma maliyetleri gibi farklı maliyetler yer almaktadır. Model m6şteri taleplerini eksiksiz karşımlarken fazla stok tutmamak için malzemelerin doğru zamanda, doğru fabrikaya taşınması ve montajı bitmiş 6r6nlerin dağıtım merkezlerine g6nderilmesine g6re kurulmuştur. Kurulan model LINGO programında ifade edilmiştir. Sonuç olarak model sonuçları değerlendirilmiştir.

Louly ve Dolgui (2011) tedarikçilerden alınan bileşenler için bileşen tedarik planlama algoritması üzerine çalışmışlardır. Bileşenlerin tedarik planlaması için POQ politikasına sahip bir MİP yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu yaklaşım ile ortaya çıkan ürün yığılma ve kurulum maliyetlerinin toplamını en aza indirmek hedeflenmiştir.

Stadtler (2011) öngörü taleplerini karşılayabilmek için karışık tam sayılı sipariş büyüklüğü belirleme ve zamanlama problemi üzerine çalışmıştır. Kurulan modelin uygulaması ilaç firmasında yapılmıştır. Sıfır tedarik süresi altında parti büyüklüğü kısıtlamaları ile model genişletilerek, test edilmiştir.

Dalay (2013) firmadaki tedarik zinciri fonksiyonlarını, stok politikalarını, performans yönetimini ve ölçüm yöntemlerini incelemiştir. Firmadaki SAP uygulaması ve yöneticilerin tedarik zinciri yönetimi hakkındaki düşünceleri ile ilgili anket yapılmıştır. Anket sonuçları SPSS paket programı ile analiz edilmiştir.

Dinçer (2014) döküm fabrikasında bir hattın üretim planının LP modeli ile yapılabilmesi için çalışma yapmıştır. Kurulan model LINGO programı ile çözülmüştür. Modelin amaç fonksiyonu karı maksimize etmek üzerine kurulmuştur. Modelde işletmenin hammadde, sermaye, işçilik ve döküm ve toplam üretim miktarları kısıt olarak kullanılmıştır. Model sonucunda karı arttırmak için üretilmesi gereken ürün miktarları belirlenmiştir.

Gansterer vd. (2014) siparişe göre üretim yapan firmada etkili üretim planı yapabilmek için gerekli planlanan teslimat süresi, emniyet stoku ve sipariş büyüklüğü parametrelerinin iyi dengelenmesi için matematiksel model kurmuşlardır. Kurulan matematiksel modelde üç planlama parametresinin kalite ve hassaslık performansı 6 farklı optimizasyon yöntemi ile çözülmüştür.

Sarıkaya vd. (2014) tesis yeri seçimi için karışık MINLP programlama modeli kurmuşlardır. Kurulan modelde taşıma, satın alma, sipariş verme, stokta bulundurma ve yok satma maliyetlerinin azaltılması amaçlanmıştır. Modelin kısıtlarında sipariş verilen malzemeler için tedarikçinin kapasitesi, ürün üretebilmek için hammadde ve yarı mamüllerin stokta olması, her dönem için açılacak üretim tesisi seçimi, kaliteli olmayan ürünlerin kaliteli olan ürünlerden fazla olmaması, müşteri taleplerinin her koşulda karşılanması, dağıtım merkezlerinin kapasitesi gibi kısıtlar yer almıştır. Kurulan model GAMS programında çözülmüştür.

Koca (2015) üretim maliyetlerini minimize etmek için NLP modeli kurmuştur. Doğrusal olmayan üretim maliyeti olarak indirimler, taşeron kullanma, aşırı yükleme, minimum üretim maliyetleri ve kapasiteler dikkate alınmıştır. Yazılan algoritma küçük ve orta büyüklükteki işletme problemleri için kullanılmıştır. Büyük çaplı işletme problemleri için algoritmadan yararlanılıp, sezgisel yöntem geliştirilmiştir. Algoritmaya dahil edilen üretim maliyetlerine ek olarak işlem süreleri de dikkate alınarak karmaşık tam sayılı model oluşturulmuştur.

Cafieri vd. (2016) frezeleme işleminde kesme parametresi optimizasyonu için takım yörüngelerinin uzunluklarını, kontrol yasalarını ve kesme kuvvetlerini dikkate alarak MINLP model önerilmiştir.

Alpan vd. (2017) tedarik zinciri maliyetleri ile müşteri memnuniyeti arasındaki dengeyi kurabilmek için satış ve operasyon planlama modeli geliştirmişlerdir. Ürün tedarikini yönetmek için Renault firmasında uygulama yapılmıştır. Geliştirilen optimizasyon modeli sistem performansı ve hesaplama süreleri açısından karşılaştırılmıştır.

Altendorfer (2017) sabit ve esnek kapasite için talebe bağlı karar içeren stokastik bir model geliştirmiştir. Verilen teslimat sürelerinden dolayı yaşanan satış kaybı, kapasite yetersizliği ve esnek kapasite maliyeti arasındaki değişimler ele alınmıştır. Satış maliyetleri, talep farkı ve müşteri teslimat süresinin aksatılmamasından dolayı yüksek kapasite esnekliğinin gerekli olduğu belirtilmiştir. Kurulan stokastik modelin uygulama çalışması sonucu optimum esnek kapasite bulunmuş ve teslimat süreleri düşürülmüştür.

Adeinat ve Ventura (2018) tedarik zincirinde entegre fiyatlandırma, tedarikçi seçimi ve stok yenileme problemi ele alarak karma MINLP modeli kurmuşlardır. Seçilen tedarikçilere gönderilecek sipariş sayısı ve miktarlarını belirlemek, istasyonlar arasındaki sipariş büyüklüğü kararları vermek ve uzun vadede ortalama karı maksimize etmek amaçlarıyla satış fiyatı belirlenmiştir. Tedarik zincirinin herhangi bir aşamasında stok sıkıntısını önlemek için stok kararlarını koordine etmek amacıyla sıfır iç içe sipariş politikası göz önünde bulundurulmuştur. Kurulan model LINGO programında çözülmüştür.

Pelt ve Fransoo (2018) çoklu ürün ve sınırlı kapasiteye sahip doğrusal olmayan fonksiyonların doğrusal tahmin edilebilmesi için bir model geliştirmişlerdir. Doğrusal optimizasyon modeli ile kurulum ve stokta tutma maliyetini minimize etmeyi amaçlamışlardır. Karar değişkeni olarak eldeki envanter listesini, mevcut kapasiteyi, kurulum

kararlarını ve üretim miktarını dikkate almışlardır. Talep belirsiz olduğu için üretimi sabitlemek için hizmet seviyesini de kısıt olarak kullanmışlardır.

Yu ve Lee (2018) yeniden üretim yapan firmada bir ürünün parçalara ayrıştırılması ile elde edilen bileşenlerin yeniden işlenerek tekrar birleştirilmesi için yeniden montaj iş istasyonlarına ilişkin bir zamanlama problemini ele almışlardır. Kurulan IP modelinin amacı iş istasyonlarındaki işlerin sırasını belirlemek ve toplam işlem süresini en aza indirmektir. Karma IP modeli geliştirildikten sonra iade alınan ürünlerin ayrıştırılma işlemi, yeniden işleme ve montajı problemlerini ayrı ayrı çözen ve tüm işlemleri aynı problemde ele alan iki tür çözüm algoritması geliştirilmiştir. Yapılan hesaplama deneyleri sonrası entegre algoritmaların sezgisel olarak verilen kararlardan daha iyi performans gösterdiği elde edilmiştir.

Sahling ve Hahn (2019) üretilen ürünlerde kapsamlı kalite kontrol işleminin yapılabilmesi ve sınırlı raf ömrünün doğru hesaplanabilmesi için matematiksel model kurmuşlardır. Modelin amaç fonksiyonunda kurulum, toplu işlem, envanter, bekleme ve elden çıkartma maliyetleri kullanılmıştır. Kurulan modelin uygulaması biyofarmasötik sektöründeki bir üründe yapılmıştır. Yapılan uygulama sonucunda %26 oranında potansiyel maliyet tasarrufu sağlanmıştır.

Barron vd. (2020) doğrusal olmayan stoka bağlı talep ve stokta tutma maliyeti dikkate alınarak EOQ envanter modeli üzerine çalışma yapmışlardır. Modelde toplam karı maksimum seviyeye ulaştıracak optimum sipariş miktarı ve stok seviyesinin bulunması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda stok seviyesinin sıfır veya negatif değere inmesine izin vermeyen ve stok seviyesi her zaman pozitif olmalı şekilde iki model kurularak sonuçları karşılaştırılmıştır.

Chae vd. (2020) malzeme depodan üretime taşınan malzeme sayısını minimize etmek için makinelerin düzenlenmesi ile ilgili karma IP modeli üzerine çalışma yapılmıştır. Daha önce çalışılan bir modeli daha sıkı kısıtlamalar getirerek yeni bir karma bir IP modeli önerilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu yeni modelin önceden çalışılan modele göre oldukça iyi performans gösterdiği belirtilmiştir. Önerilen modelin malzeme sayısı fazla ve daha büyük problemleri çözdüğü ve tüm örnekler için en kısa işlem süresi elde ettiği sonucuna varılmıştır.

Gao vd. (2020) petrol üretim sürecinin maliyetini en aza indirmeyi amaçlayan deniz yağı üretimi için bir MINLP planlama optimizasyon modeli önermişlerdir. Önerilen model

gereksiz görülen maliyetleri azaltmak için petrol kuyularının başlangıç ve bitiş sürelerini analiz etmişlerdir. Petrol üretimi için talepler ve üretim kısıtlamaları göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma sonucunda üretim verimliliği ve güvenilirliğinin artacağını belirtmişlerdir.

MİP sistemi ve LP modellemesi ile ilgili önemli bulunan çalışmalar Çizelge 2.1'deki incelenen çalışmalar matrisinde gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. MIP ve optimizasyon alanında incelenen çalışmalar matrisi

Çalışma Yöntemi	Çalışma Yılı	Çalışma Yazarları
Malzeme İhtiyaç Planlama	2002	Şenyiğit, E., Yıldırım, F.
	2003	Özyörük, B.
	2005	Ulupınar, M., Tarım, Ş.A.
		Ural, E.
	2008	Ho, C.J.
	2009	Aydın, C.
		Güldürgüzel, A.
	2010	Gharakhani, D.
	2012	Milne, R.J., Wang, C.T., Yen, C.K.A., Fordyce, K.
	2013	Acar, S.G., Yılmaz, M.
		Islam, S., Rahman, Mahbubur., Saha, R.K., Saifuddoha, A.
	2014	Madronero, M.D., Mula, J., Jimenez, M.
		Sadeghi, H., Makui, A., Heydari, M.
	2015	Raupp, F.M.P., Angeli, K., Alzamora, G.G.S., Maculan, N.
		Yıldız, R.
	2016	Sukkerd, W., Wuttiornpun, T.
		Wilson, J.M.
2017	Guillaume, R., Thierry, C., Zielinski, P.	
	Peidro, D., Mula, J., Madronero, M.D., Jimenez, M.	
2018	Wang, H., Gong, Q., Wang, S.	
	Madronero, M.D., Mula, J., Peidro, D.	
2019	Bogataj, D., Bogataj, M.	
2020	Kiran, D.R.	
	Mehdizadeh, M.	
Tam Sayılı Programlamama	2003	Yan, H., Yu, Z., Cheng, T,C,E.
	2005	Paksoy, T.
	2007	Narlı, M.
	2011	Stadtler, H.
	2020	Chae J, Regan A,C.
Doğrusa Programlamama	2005	Çetinbağ, M.
	2008	Özbay, B.
	2017	Altendorfer, K.

Karma Tam Sayılı Doğrusal Olmayan Programlama	2018	Yu, J,M., Lee, D,H.
	2019	Sahling, F., Hahn, G,J.
	2014	Sarıkaya, H,A., Çalıklan, E., Türkbey, O.
	2016	Cafieri, S., Monies, F., Mongeau, M., Bes, C.
	2018	Adeinat, H., Ventura, J,A.
	2020	Gao X, Xie Y, Wang S, Wu M, Wang Y, Tan C, Zuo X, Chen T
		Barron, L,E., Shaikh, A,A., Tiwari, S., Garza, G,T.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Problemin Tanımlanması

Çalışmada Türkiye’de otomotiv yan sanayi sektöründe cam üreticisi olarak faaliyet gösteren bir firmanın dışarıdan tedarik ettiği malzemeler için sipariş büyüklüğü belirleme problemi ele alınmıştır. Firmanın mevcut sezgisel MİP sistemi analizi edildiğinde; malzemelerin siparişlerinin geç verilmesinden kaynaklı makine ve müşteri duruşları, siparişi verilen ve kullanılması gerekli malzeme miktarı arasındaki farklılıklar, envanter miktarlarındaki fazlalıklar ve fazla stokun sebep olduğu alan yetersizliği gibi malzeme siparişlerinin doğru belirlenememesinden kaynaklanan problemler tespit edilmiştir. Bu problemlerden ötürü firmanın MİP sistemine daha sistematik ve gerçekçi bir yaklaşım sunulması amaçlanmıştır. Model, diğer müşterilerin araçlarında kullanılan farklı türdeki cam malzemeleri için de genişletilebilir şekilde oluşturulmuştur. Ek olarak kurulan modeldeki kısıtlar genel olarak MİP çalışması için gerekli kısıtlardır. Bu sebeple model cam sektörü harici başka sektörler için de uygulanabilir şekildedir. MİP modelinin farklı türdeki malzemelere uygulanabilmesi için malzemelerin girdi verilerinin değiştirilmesi yeterli olacaktır.

Siparişe göre üretim yapan firmanın MİP faaliyetleri analiz edildiğinde aşağıdaki aşamalardan geçtiği tespit edilmiştir.

1. Pazarlama ve lojistik ekibi son ürün siparişlerini müşteri portalından elektronik veri değişimi (EDI) sistemi ile alır. EDI sistemi ile alınan siparişler otomatik olarak firmanın BW sistemine aktarılır.

2. Son ürünün üretilebilmesi için gerekli malzemeler kademeli olarak son ürünün ürün ağaçlarına SAP sisteminde işlenir.

3. Planlama yapılacağı zaman ürünlerin ürün ağacı ve mevcut stok bilgileri her planlama yapıldığında sistemden Excel uygulamasına aktarılır.

4. Satış tahminleri ve önceki ayların tüketimleri karşılaştırılır. Malzemelerin tedarik süreleri göz önüne alınır. Belirlenen stok politikalarına ve işletme kısıtlarına göre bağımlı talebe sahip malzemeler için sezgisel olarak malzeme planı oluşturulur.

5. Açılacak siparişler için SAP üzerinde satın alma talebi oluşturulur. Oluşturulan satın alma talepleri gerekli onaylar sonrası satın alma ekibi tarafından satın alma siparişlerine dönüştürülür ve tedarikçilere iletilir.

6. Firma siparişlerin alınması, stokların yönetilmesi, üretim ve malzeme ile ilgili tüm operasyonel süreçlerini iç kaynaklar aracılığı ile yürütmektedir. Lojistik aracı olarak büyük oranda karayolu, daha az oranda denizyolu ve acil durumlarda ise hava yolu tercih edilmektedir.

Firmanın MİP planlama bölümünde yapılan analiz sonucu eldeki imkanları en etkin kullanarak daha verimli ve kaliteli malzeme planı yapılabilmesi için optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan optimizasyon modelinin gerçek yaşamdaki sorunları daha iyi analiz edebilmesi için maliyet minimizasyonunu amaçlayan, çok dönemli, firma kısıtları ile beraber malzemelerin elde bulundurma, sipariş ve elde bulundurmama maliyetlerini de dikkate alan MINLP modeli tasarlanmıştır. Optimizasyon modeli ile toplam maliyetin en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

Önerilen MİP modelinin amaçlarından bir diğeri de teorik olarak açıklanan MİP süreçlerinin gerçeğe yakın veriler kullanılarak incelenmesi ve kurulan modelin firmaya uygulanabilirliğinin test edilmesidir.

Firmanın bağımsız talebe sahip olan ürünlerinin 2019 senesi sipariş verileri baz alınarak ürünlerin ürün ağaçlarında yer alan malzemelerin bağımlı talepleri hesaplanmıştır. Malzeme verileri kullanılarak yapılan ABC analizine göre seçilen A sınıfı malzemeler üzerinde MİP optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. MİP sisteminin iyileştirilmesi için kurulan optimizasyon modeli LINGO programında kapalı formatta matematiksel olarak ifade edilmiştir.

Optimizasyon modelinin çözüm raporu incelenerek indirgenmiş maliyet, aylak/artık değişken ve gölge fiyat değerlerinin amaç fonksiyonu ve kısıt değerlerine olan etkisinin ekonomik yorumlaması yapılmıştır. Kurulan modele alternatif olarak aynı veriler kullanılarak

MİP sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinden LFL, FOQ, EOQ, MEOQ, FPQ, POQ ve WW yöntemleri ile malzemelerin sipariş büyüklükleri ve toplam maliyetleri elde edilmiştir. Ek olarak firmanın MİP ekibinin sezgisel verdiği aylık bazdaki siparişler SAP sisteminden alınmış ve sezgisel verilen siparişlerin toplam maliyetleri elde edilmiştir. Sipariş belirleme yöntemleri ile belirlenen toplam maliyet ve sezgisel verilen siparişlerin toplam maliyetleri önerilen modelin çözüm sonuçları ile kıyaslanarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.2. Cam Üretimi ve İncelenen Ürün Bilgisi

Cam mukavemetli bir malzeme olduğundan hem görsel hem de işlevsel açıdan gerekliliği her geçen gün artmaktadır. Cam sektörü yaklaşık 2 milyon dolarlık üretim değeri ile ülke ekonomisinin %0,6'sını kapsamaktadır (Kaçar, 2008).

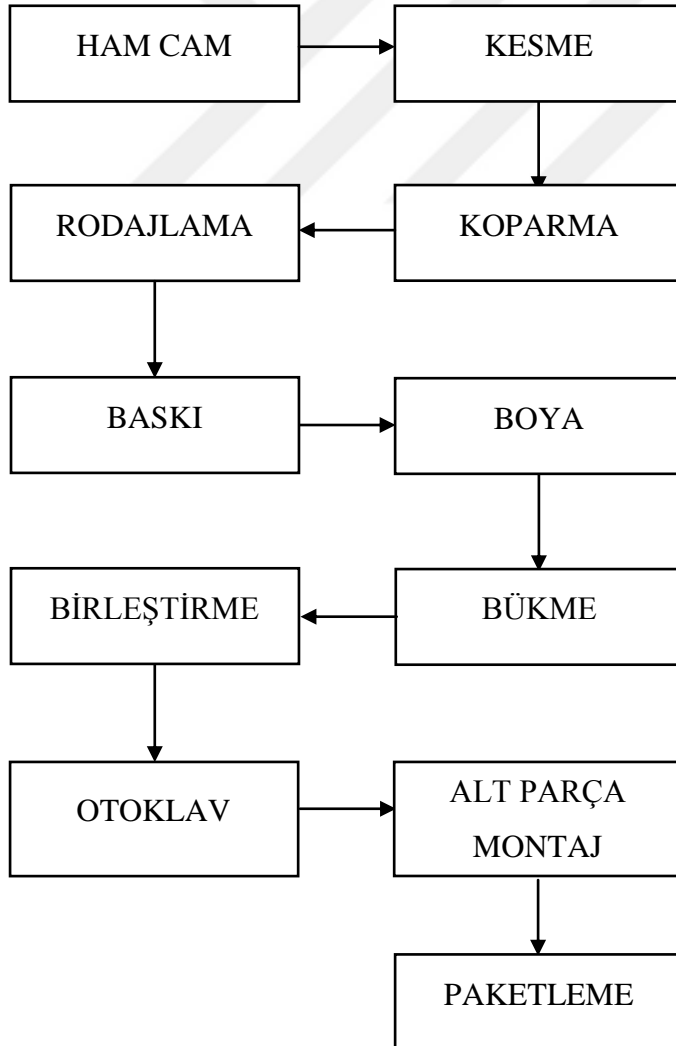
Cam sodyum oksit, kalsiyum oksit ve farklı maddelere katılan silis kumunun ateşte ergitilmesiyle yapılan sert, saydam ve çabuk kırılır bir cisimdir. Cam üretimi için kullanılan maddeler 1500 °C'ye kadar ısıtıldıktan sonra yavaş yavaş soğumaya bırakılarak ham cam oluşturulur. Oluşan ham cam hangi otomotiv camı üretiminde kullanılacağına göre farklı proseslerden geçmektedir (Kantur 2009).

Çalışmanın yapıldığı firmada cam üretimi lamine ve temperli cam üretimi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Lamine cam iki veya daha fazla cam katmanının arasına polivinil butral (PVB) malzemesinin koyularak ısı ve basınç altında kalıcı olarak birleştirilmesi ile oluşur. Temperli cam yatay hat üzerinde camın dış yüzeyinin basınç gerilimi, camın merkez bölümüne de çekme gerilimi kazandırmak için ısıtma ve soğutma aşamalarından oluşur. Genel olarak ısıtılmalı ve ısıtmasız ön camlar lamineli cam, arka cam, yan cam, kelebek camı, kapı camı ve otobüs camları temperli cam olarak üretilmektedir.

Lamine cam üretim süreci ön üretim ve alt parça montaj aşamalarında oluşmaktadır. Ön üretim sırasıyla kesme, koparma, yıkama, rodajlama, bükme, birleştirme, otoklav ve son kontrol işlemlerinden oluşmaktadır. Ön üretim işlemlerinde, istenilen kalınlıktaki ham cam ürün teknik resmindeki boyutlara getirilmek için ham cam kesim makinelerinde kesme ve koparma işlemi yapılır. Kesim sonrası keskin kenarlara elmas uçlar yardımıyla rodajlama işlemi yapılır. Deminarilize su ile yıkanan cam müşterilerin özel baskı ve marka desenlerine göre baskı işleminden geçer. Bu işleme kadar gelen iç ve dış camlar müşterinin istediği bombe değerlerine ulaşmak için 640 °C'de ısıtılarak yer çekimi veya kalıplar yardımıyla

gerekli şekil verme işlemine tabi tutulur. Özel şeffaf veya opak bağlayıcı olan PVB malzemesi araya koyularak iki veya daha çok farklı kalınlıktaki camların ısı/basınç altında lamine edilmesi ile birleştirme işlemi gerçekleştirilir. İç ve dış camın son birleştirilmesinin sağlanması için 150°C ve 14 bar ile otoklav işlemi gerçekleştirilir. Optik testlerden geçerek camın son kontrolü yapılır. Ön cama ikincil işlem olarak alt parça montaj işlemi uygulanır. Alt parça montaj işleminde camın üzerine yağmur sensörü ve ayna plaketi gibi alt parçalar takılır. Alt parça prosesi sırasında gerekiyorsa primerleme işlemleri uygulanır. Şekil 3.1'deki işlemlerden geçerek otomotiv ön camını oluşturulmaktadır (Kaçar, 2008).

Temperli cam üretim süreci lamine ön camı üretim süreci ile benzerdir. Ön üretim ve alt parça montaj aşamalarından oluşmaktadır. Temperli cam üretiminde ön üretim kesme, koparma, yıkama, rodajlama ve bükme aşamalarından oluşmaktadır. Temperli camlara ikincil işlem olarak lamine camlarda olduğu gibi alt parça montaj işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 3.1. Lamine ön camların üretimi (Kaçar, 2008)

3.3. Malzeme İhtiyaç Planlama (MİP)

MİP 1960'lerden itibaren yaygın olarak kullanılan bilgisayar destekli, sürdürülebilir ve tahmin edilebilir bir üretim ortamı için tasarlanmıştır. Sistem Kuzey Avrupa'da ortaya çıkıp, ABD ve Japonya'da geliştirilerek kullanılmıştır. MİP sistemi bağımlı ve bağımsız envanterin (hammadde, malzeme, yarı mamül, son ürün, bileşen parçalar ve alt montaj parçaları) çizelgelemesini içeren bir tasarımdır (Tersine, 1988, Aktaran: Tanyaş ve Başkak, 2008).

MİP ana üretim programında ürün üretiminde kullanılan bileşenlerin üretimi ve satın alınması için kullanılan bir yöntemdir. İhtiyaç duyulan miktarların ne zaman sipariş verilmesi gerektiğinin planını gösterir (Mula vd., 2007).

Ürün ağacı, stok bilgileri ve ana üretim programından yola çıkarak net malzeme gereksinimlerini belirlemeyi amaçlar ve planlı üretim siparişlerini oluşturur. Planlama sürecinde MİP sistemi eldeki stok miktarlarını brüt ihtiyaçlara yansıtır ve net ihtiyaçların belirlenmesinde açılmış siparişlerin doğruluğunu kontrol eder. Net ihtiyaçların karşılanması için sistem her envanter birimine sipariş çizelgesi hazırlar. Hazırlanan sipariş çizelgesi ile ilgili dönemlerdeki üretimin gerçekleşebilmesi için hangi malzeme ve hammaddelerden ne zaman, ne kadar gerektiği ve siparişlerin ne zaman verilmesi gerektiği bilgileri analiz edilir. Ana üretim planının gerçekleşmesi için gerekli tüm parça ve malzeme ihtiyaçları ile bu ihtiyaçların karşılanması ile ilgili bilgiyi içeren plan MİP sistemi tarafından oluşturulur (Acar, 2003).

3.3.1. MİP Sisteminin Tanımı, Varsayımları ve Amaçları

MİP sistemi firmanın üretim miktarlarını, müşteri hizmet oranını ve verimliliğini artırmak amacıyla hammadde ve malzemeler için hazırlanan sipariş tablolarının ayrıntılı bir bilgisayar destekli programa dönüştürmeye yönelik kullanılan çizelgeleme ve kontrol yöntemidir (Atınç, 2000).

MİP üretici, tedarikçi ve müşteri arasındaki ilişkileri ayırt eden bir sistem olup, malzeme ihtiyaçlarına yanıt verecek şekilde geliştirilmiştir. Bu sistem üretim ortamında stok

yönetiminin, üretim planlamasından ayrı olarak düşünülmemeyeceği gerçeğini göz önünde bulundurur. Bir MİP sistemi, üretimde kullanılan tüm envanterin talep tahminlerine ve müşteriye gönderileceği tarihe göre hazırlanan ana üretim çizelgesi ile stok bilgilerini, ürün ağaçlarını ve daha önceki MİP sonuçlarını kullanarak iş emri ve satın alma sipariş planlarını hazırlayan bir yazılım sistemidir. Sipariş ve envanter yönetim politikaları ve diğer üretim amaçları da dikkate alınarak, envanter maliyetlerini de optimize edecek şekilde dönemler bazında planlanma yapar (Erdem, 2000, Aktaran: Çetin, 2014).

Stok miktarı ve maliyetlerini düşürebilmek, müşteri hizmet düzeyini arttırabilmek, müşteri taleplerini tedarik süresi içinde karşılayabilmek, ana üretim planını revize edebilmek, sipariş verme ve kullanılmayan kapasite maliyetlerini düşürebilmek MİP sistemi kullanımı ile mümkündür. MİP sistemi planlanan üretim ve müşteri teslimatı için malzeme, bileşen ve ürünlerin zamanında varlığının sağlanması, üretim süreci ve teslimat şartlarının da planlanabilmesine olanak sağlar. MİP sistemi aynı zaman da programlama etkinliğini geliştirme ve değişikliklere hızlı yanıt verebilme özellikleri ile işletmelerin kalite ve verimliliklerini arttıracığından işletmeler değişen iş koşullarına ayak uydurmada ve rekabet ortamında başarı elde edeceklerdir. MİP sistemi ürünü ve ürüne bağımlı hammadde, malzeme ve yarı mamulü üretmek için kullanılan üretim sisteminin belirli özellikleri olduğunu ve ön hazırlıkların gerekliliğini varsayar (Orlicky, 1975, Aktaran: Acar 2003). Bu varsayımlar;

- MİP sistemine ürün ve ürüne bağımlı hammadde, malzeme ve yarı mamülleri tanımlanmış olmasını,
- Ürün ve yarı mamüllerde kullanılan malzeme ve hammaddeler için ürün ağaçlarının oluşturulması,
- MİP ürün ve ürüne bağımlı hammadde, malzeme ve yarı mamüllerin tedarik sürelerinin bilindiğini ve stoka girdi-çıkıtı miktarının kontrolünün yapılabildiğini,
- Ürünü ve yarı mamüllerin ihtiyaçlarını oluşturacak tedarik süresinin belirlenmesi gerektiği ve o tedarik süresine kadar ürün ve yarı mamülleri oluşturan parçaların hazır olması gerektiğini,
- Her malzeme, hammadde, yarı mamül ve ürünün üretilmesi ve çıktısının oluşması devamlı olmadığı,
- Her ürün ve yarı mamülün üretiminin birbiriyle bağlantısı olmadığı varsayılır.

MİP sistemlerinin asıl amacı ürün, yarı mamül, hammadde ve malzemeler arasındaki ilişkiyi, ihtiyaçları doğru belirlemek ve siparişi olan tüm ürünlerin planını doğru yapabilmektir. Temel amaçları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Ural, 2005).

- Planlanan üretim, montaj ve müşteri teslimatı için hammadde ve malzemelerin satın alma işlemleri ve teslim edilme sürelerinin planlanarak üretim verimliliğinin artırılması,
- En düşük malzeme ve ürün seviyesini korumak yani stok yatırımını en aza indirmek,
- Müşteri hizmetlerini düzenleyip geliştirmek olarak sıralanabilmektedir.

Üretim verimliliğinin sağlanması için doğru ve eksiksiz bir planlama yapılması gereklidir. Planlanan üretim, müşteri teslimat ve satın alım işlem sürelerinin bilinmesi ve birbirlerine entegre edilmesi üretim verimliliği açısından önemlidir. Satın alınacak malzeme ve hammaddelerin ne zaman, ne miktarda alınacağı belirlenmesi doğru planlama yapılmasını sağlamaktadır.

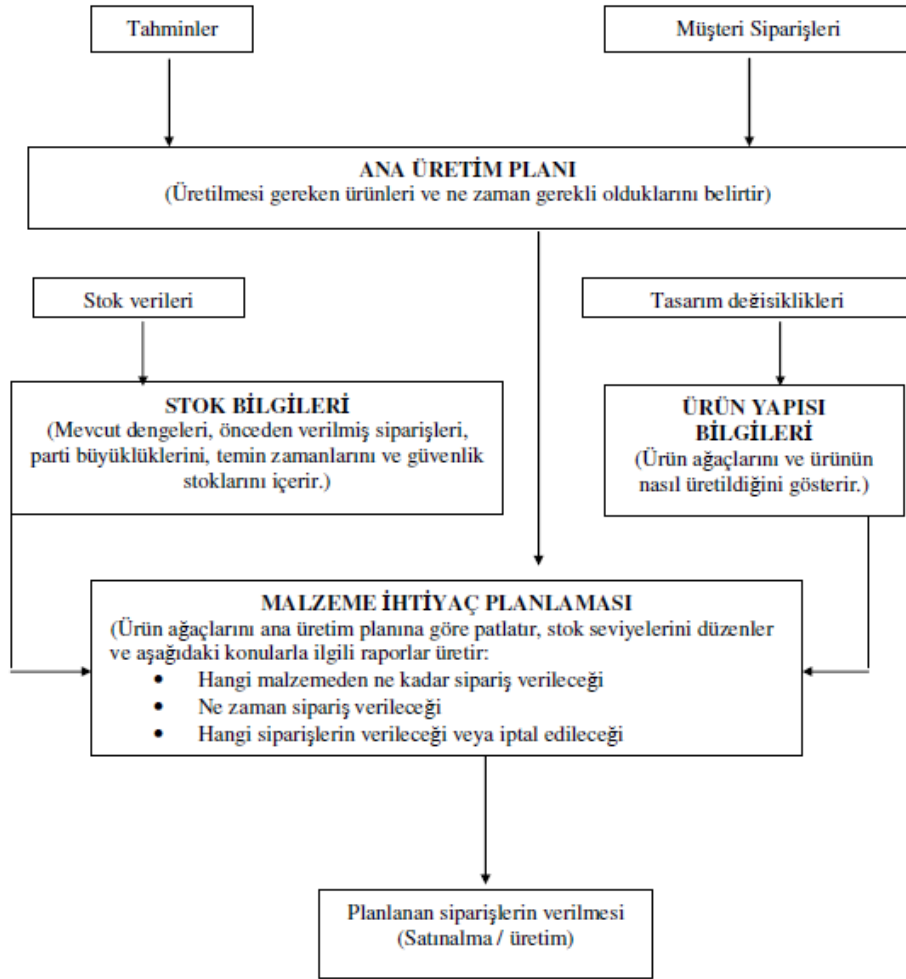
Malzeme, hammadde, yarı mamül ve ürün stokunun düşük tutulabilmesi için ürünün özelliklerine en uygun kaynakların bulunması, üretim planında yer alan ürünü oluşturacak kadar malzeme alınması ve bu malzemelerin en uygun anda getirilmesi gereklidir.

Belirlenmiş müşteri isteklerinin zamanında ve eksiksiz karşılanması, uzun dönemli müşteri isteklerinin analiz edilip kapasite planlamasının yapılması müşteri hizmet düzeyi arttırmaktadır (Cavlak, 2009).

3.3.2. MİP Sisteminin Yapısı

MİP sistemi üretim ve teslimat işlemleri arasındaki problemleri kendi sistemi içinde tanıyan bir yöntem olduğu için üretimin ihtiyaçlarını yanıtlar (Acar, 2003). MİP sisteminin çalışabilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gereklidir.

- Sisteminin çalışabilmesi için bir üretim planı bulunmalıdır. Ana üretim planında ile son ürünün belirlenen tedarik süresinde kaç birim üretileceği bulunmaktadır.
- Her envanter kaleminin sistemde kolay anlaşılabilmesi için bir değer atanmalıdır.
- Envanter listeleri ve ürün ağaçları gereklidir.
- Malzeme, hammadde, yarı mamül ve ürünlerin stok kayıtlarının doğru ve eksiksiz tutulması önemlidir.



Şekil 3.2. MİP sistemi (Acar, 2003)

3.3.3. MİP Sistemi Girdileri

Dolgui vd. (2005)'ne göre MİP sisteminde planlama yapılabilmesi için güvenlik stokları, tedarik süreleri, ana üretim planı bilgilerinin doldurulması, sipariş belirleme kurallarının bilinmesi, geleceği yönelik planlama yapılabilmesi için gerekli girdi bilgileridir.

3.3.3.1. Ana üretim programı

Malzeme gereksinimlerinin, müşteri isteğine göre ürün sıralanmasının, hat, işçi, makine kısıtlarının, depolama kapasitesinin göz önünde bulundurulması ve ürünlerin üretiminin sağlanması için bir bütün oluşturmaktır (Orlicky, 1975, Aktaran: Acar 2003).

Ana üretim programı, firma tarafından üretilecek olan ürünlerin kaç birim ve ne zaman üretileceğinin analiz edilmesini sağlayan programdır. Son ürün için müşterinin talep ettiği miktarlara bakılarak o parça için program üzerinde dengeleme işlemi yapılır. Üretim programını belirleme yöntemleri, sipariş büyüklüğü, müşteri memnuniyeti ve ürün çeşitliliği ana üretim programının nasıl yapılacağını değiştirir (Öztürk, 2008).

Ana üretim programı MİP planı için doğru öncelikleri belirlemek, kapasite ihtiyaçlarını planlamak, satış ve üretim birimlerinin entegrasyonunu sağlamak ve siparişleri taahhüt etmeyi kolaylaştırmak gibi özelliklere sahiptir. Ana üretim planının hazırlanması için üreticinin tüm siparişlerine, son ürünün depolanmasına, emniyet stoklarına, müşteri siparişlerine, tahminlere, stok tutmak için verilen siparişlere ve servis parçası ihtiyaçlarına gereksinim vardır. Ana üretim programının yapılmasının amacı toplam maliyeti en aza indirebilmek için belirlenen tedarik süresinde gelecekteki ihtiyaçları etkili bir şekilde tahmin etmektir (Dolgui vd., 2005).

3.3.3.2. Ürün ağacı

Ürün ağaçları ürünü ve ürün için gerekli tüm yarı mamülleri oluşturmak için gerekli olan malzemelerin reçetesidir (Ram vd., 2006). MİP sisteminde son ürün üretmek için gerekli yarı mamül, hammadde ve malzemelerin listesidir. MİP yapılması için her bir son ürünün malzeme listeleri hazırlanır. Malzeme listeleri görsel olarak ağaç yapısı şeklinde ürün ağaçlarına dönüştürülür. Ürün ağacında en üst seviyeye ürün koyularak kademe kademe aşağıya doğru tüm malzemeleri içerir. Böylece her kademedeki malzeme ihtiyacı belirlenebilir (Koçak, 2007).

Ürünün bütün bileşenlerinin geriye doğru dökümünün sistematik çatısını oluşturmak amacıyla bir kodlama sistemi tasarlanmıştır. Bu sistemde nihai üründen başlayarak her ürün ağacına bir kademe kodu verilmektedir. Ürün ağacında son ürünün bulunduğu seviye sıfır olarak kodlanarak alt seviyeye doğru kodlama devam eder. Son kademedeki alt bileşenler üretilen bileşen olabileceği gibi, satın alınabilir bileşende olabilir.

3.3.3.3. Stok verileri ve kontrol sistemleri

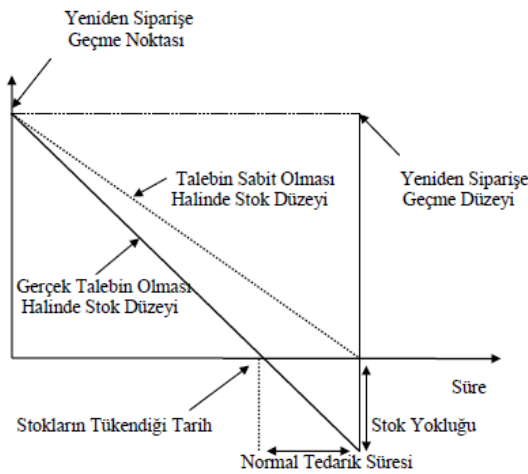
MİP sisteminde malzeme ve fiziksel envanterlerin %100 oranında doğru olmaması yinelenen ve yanlış yerleştirilmiş süreç içi stok envanterlerini sıfıra indirmekte başarılı olamayacaktır. Bu nedenle, doğru ve eksiksiz bir malzeme ve envanter veritabanı, günümüz iş

ortamında MİP sisteminin en önemli araçlarından biridir (Taylor, 2012). MİP sistemi tüm parçaların kodlarını, malzeme giriş çıkış hareketlerini, fire oranlarını, emniyet stoklarını ve tedarik sürelerini dikkate alarak planlama yapar (Acar, 2003).

Bir ürüne ihtiyaç bildirilmesinden, kullanıma sunulacağı ana kadar geçen zamana tedarik süresi denir. Satın alınacak parçaların siparişinin verilmesinden, verilen siparişin teslimatına kadar geçen süredir. Ürünlerin üretim siparişlerinin verildiği andan son ürün deposuna aktarılması kadarki süre tedarik süresi yerine genel olarak işlem süresi olarak adlandırılır (Aydın, 2009). Sırada bekleme zamanı, çevrim süresi, makinelerin hazırlık süresi, lojistik ve taşımacılık süreleri, hareket zamanları tedarik süresini etkileyen faktörlerdir (Ho, 2008).

Tedarik süresinde yaşanan aksamaları önlemek için stoklar hesaplanan optimum değerden daha fazla miktarda tutulur ve bu fazlalık emniyet stoku olarak değerlendirilir. Tahminlere dayalı taleplerden kaynaklanan değişimin, tedarik süresinde oluşan gecikmenin, stokta olup da çeşitli nedenlerden dolayı kullanılmayacak ürünlerin, stoksuz kalma ve yönetsel hatalardan meydana gelen değişimin etkilerini ortadan kaldırmaya yardımcı olmaktadır (Gökgöz vd., 2018).

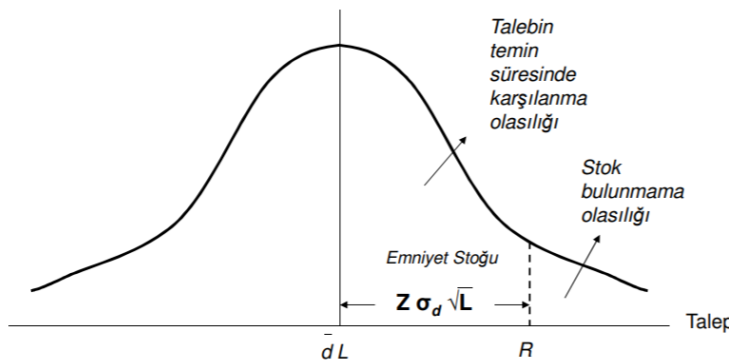
Emniyet stokları tahmin edilmeyen durumlardan kaçınmayı amaçladıkları için üretim açısından oldukça önemli bir kavramdır. Üretim ekipleri stok eksikliği ve elde tutma maliyetini en aza indirmek ve hizmet düzeyini maksimum seviyede tutabilmek için güvenlik stoku bulundurmaya dikkat ederler (Dolgui vd., 2005).



Şekil 3.3. Emniyet stoku gösterimi (Tanyaş ve Baskak, 2008)

Şekil 3.3'te görüldüğü gibi talebin beklenenden daha fazla olması halinde, stoklar normal tedarik süresinden önce tükenmekte, böylece stoksuzluk meydana geldiği görülmektedir. Bu noktada emniyet stok düzeyinin maliyetleri artırmayacak şekilde tespit edilmesi önem arz etmektedir.

Hizmet düzeyi modelinde talep ve tedarik süresi önemli kavramlar olduğu için farklı senaryolar için inceleme yapılmıştır. Emniyet stoku belirlemede incelenecek ilk senaryo talebin değişken ve tedarik süresinin sabit olma durumudur. Toplam talep, çok sayıda müşteriden gelen küçük talep miktarlarının toplamından oluşmaktadır. Bu nedenle, toplam talebin sürekli olduğu ve genelde normal dağıldığı kabul edilebilir (Tanyaş ve Baskak, 2008). Talebin değişken ve tedarik süresinin sabit olduğu durumlarda Şekil 3.4'de görülen bağıntı (3.1) ile hesaplanır.



Şekil 3.4. Tedarik süresi sabitken emniyet stoku hesaplama (Tanyaş ve Baskak, 2008)

$$G_t = Z * \sigma_d * \sqrt{L} \quad (3.1)$$

L = Tedarik Süresi

σ_d = Günlük Talebin Standart Sapması

Z = Talep Yoğunluğuna İlişkin Z-Score Değeri

Hem talebin hem tedarik süresinin değişken olduğu durumlarda emniyet stoku hesaplama deneysel formülü (3.2) denklemindeki gibidir. Formüldeki σ_d değeri, talep ve tedarik süresi değerlerinin değişken olduğu durumda talebin standart sapmasıdır. Tedarik süresi 0 olduğu durumda formül 3.1 de gösterilen bağıntıya dönüşür.

$$G_t = Z * \sqrt{\sigma_d^2 * L + \sigma_L^2 * d^{-2}} \quad (3.2)$$

$$\sqrt{\sigma_d^2 * L + \sigma_L^2 * d^{-2}} = \text{Günlük Talebin Standart Sapması}$$

3.3.4. MİP Sistemi Çıktıları

MİP sistemi ana üretim programı ürün ağaçlarındaki ihtiyaçlara göre yarı mamül ve malzemelerin ihtiyaçlarını çıkarır. Brüt gereksinimlerden mevcut stok kayıtları eksiltilecek net gereksinimlere ulaşılır. Net gereksinimlere göre verilecek siparişlerin miktarı sipariş büyüklüklerine göre belirlenebilir. Verilecek siparişler ürünün meydana gelmesini aksatmayacak ve aynı zamanda ara stokları gereğinden fazla yükseltmeyecek şekilde planlanır (Selçuk, 2007).

MİP sisteminin ana çıktıları malzeme ve hammaddeler için satın alma siparişi taleplerini, üretimi yapılacak yarı mamül ve ürünler için iş emri talepleri, malzeme siparişlerinin ve üretim emirlerindeki yeniden çizelgeleme ve iptal etme uyarılarıdır. Ana üretim çizelgesinde yer alan ürünün üretilmesi için kendisine sabitlenmiş tüm satın alma siparişlerinin zamanında gelmiş olması gereklidir (Hegedus ve Hopp, 2001).

MİP sisteminin birincil rapor çıktıları gelecekteki siparişlerin ne zaman ve ne miktarda olacağını gösteren raporlar, ana üretim çizelgesi için uygulama raporları, ana üretim çizelgesini revize etmek için kullanılan raporlar, açılmış siparişlerin ertelenmesi ve iptal edilmesi için kullanılan raporlar ve stok durum bilgi raporları şeklindedir (Sultanov, 2004). MİP sisteminde siparişteki gecikmeler, aşırı hasar oranları için istisna raporlar, stok analizleri, çalışma performansı için performans raporları ve planlama raporları şeklinde ikincil rapor çıktıları mevcuttur (Erozan, 2007).

3.3.5. MİP Sistematiği

MİP sistemi, ürünü üretmek için kullanılan hammadde, malzeme ve yarı mamüllerin envanter bilgilerine sahip olmalıdır. Elde tutulan envanter miktarı, stoktan farklı ürünler üretmek için ayrılan miktar, sipariş edilmiş miktar ve emniyet stokları gibi envanter durum bilgilerine planlama yapabilmek için ihtiyaç vardır.

Üretim için gerekli malzeme ve hammaddeler üretim çizelgesinde mevcut olan son ürünler ve ürün ağaçları incelenerek belirlenir. Bu inceleme sonucu malzeme ve hammaddelerin brüt ihtiyaçları bulunur. Brüt ihtiyaçların belirlenmesinden sonraki adım net ihtiyaçların bulunması ve malzemelerin ne zaman sipariş edileceğini belirlemektir.

Bütün envanter bilgileri analiz edildikten sonra MİP sisteminin tüm malzeme, hammadde, yarımamül ve mamüllerin gerçek ihtiyacını hesaplayabilmesine ihtiyaç vardır. Net ihtiyaçlar (3.3) bağıntısı ile hesaplanabilir (Tanyaş ve Başkak, 2008).

$$N_t = B_t - \{E_t + A_t + G_t\} - P_t \quad (3.3)$$

t : Planlama Dönemi

N_t : Net Gereksinim

B_t : Brüt Gereksinim

E_t : Eldeki Stok Miktarı

A_t : Mevcut Stoktan Ayrılan Miktar

G_t : Güvenlik Stoku

P_t : Planlı Gelecek Sipariş Miktarı

Brüt gereksinim belirli bir malzemeye olan toplam ihtiyaç şeklinde açıklanabilir. Farklı ürünlerde yarı mamül olarak kullanılan ve aynı zamanda hammadde olarak da satın alınan malzemelerin üretim gereksinimi ile yedek parça gereksinimi toplam ihtiyacı brüt ihtiyaçtır (Aydın, 2010).

Üretilen ürün, yarı mamül ya da satın alınacak malzeme ve hammaddelerin net miktarı parçaların net gereksinimlerini belirler. Brüt gereksinimden eldeki stok miktarının, başka ürünler üretmek için ayrılan miktarın, güvenlik stokunun ve planlı sipariş miktarının çıkartılmasıyla net ihtiyaç elde edilir (Acar, 2003).

Net gereksinim dengesinin, son ürünler ve o ürünlerin her ürün ağacı kademesinde yer alan parçalar için her dönem yapılması gereklidir. Her ürün ağacı kademesinden diğerine geçerken brüt ihtiyacın net olması gereklidir (Sultanov, 2004).

Planlanan sipariş miktarı net gereksinimleri karşılamak için yapılacak olan sipariş veya imalat miktarını gösterir. Planlanan sipariş miktarı tüm ihtiyacı karşılayabilmek için net gereksinimden küçük olmamasına dikkat edilir (Ural, 2005).

3.3.6. MİP Sipariş Miktarının Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler

MİP sistemi üretim planına göre son ürüne olan talebi dikkate alarak ürünü oluşturan parçaların bağımlı talebini oluşturur. Parçaların talepleri bağımlı olduğu için kesikli talep oluşturur ve standart envanter kontrol modellerinin kullanımı engellenir. Son ürün taleplerini karşılamak için parçaların sipariş büyüklüklerinin belirlenmesi için çeşitli sipariş belirleme yöntemleri kullanılmaktadır (Acar, 2003).

Sipariş büyüklüklerinin belirlenmesinde amaç envanter maliyetlerinin minimize edilmesidir. MİP sisteminde değişken plan aralıkları ile planlama yapıldığında veya talepte dalgalanmalar olduğunda farklı sipariş belirleme yöntemleri kullanılmaktadır (Erdem ve Durmuş 2016).

Bir MİP sürecinde sipariş büyüklüğü yöntemlerinden hangisinin kullanılacağına karar verilirken en az envanter stokuna ve en iyi gecikme zamanına sahip sezgisel metot seçilmelidir. En sık kullanılan sipariş miktarlarının belirleme yöntemleri aşağıdaki gibidir.

- Sabit Sipariş Miktarı - Fixed Order Quantity (FOQ)
- Ekonomik Sipariş Miktarı - Economic Order Quantity (EOQ)
- Kesikli Sipariş - Lot For Lot (LFL)
- Sabit Dönem Miktarı - Fixed Period Quantity (FPQ)
- Dönem Sipariş Miktarı - Periodic Order Quantity (POQ)
- Değiştirilmiş Ekonomik Sipariş Miktarı - Modified Economic Order Quantity (MEOQ)
- En Düşük Birim Maliyet - Least Unit Cost (LUC)
- En Düşük Toplam Maliyet - Least Total Cost (LTC)
- Wagner-Whitin Algoritması
- Silver-Meal Algoritması

3.3.6.1. FOQ

MİP sisteminde sipariş verilme maliyeti yüksek olan kalemler için sabit sipariş miktarı yöntemi kullanılabilir. Yöntemde belirlenen sipariş miktarları net ihtiyaçları karşılayabilmesi için dönemlere dağıtılır. Verilen sipariş miktarının net ihtiyaçtan yüksek olmasına dikkat edilir. Net ihtiyacı karşılamak için verilen siparişler her zaman aynı miktardadır. FOQ

miktarları, üretilen parçalar için kapasite kısıtlarından kaynaklanan bir miktar olabileceği gibi, satın alınan parçalar için de fiyat indirimlerinin söz konusu olduğu miktar, nakliye aracı kapasitesi, taşıma kabı (konveyör) kapasitesi veya tedarikçiden satın alınabilecek en düşük miktar olarak belirlenebilir (Acar, 2003).

Talebi düzenli olan parçaların siparişlerini yönetebilmek için kullanılan FOQ, dönemsel ihtiyaçların değişken olduğu malzemeler için kullanılması uygun olmadığı görülmüştür (Güzeldülger, 2009).

3.3.6.2. EOQ

EOQ miktarı düşük düzeydeki ihtiyaçlar, hammaddeler ve aynı parçaya bağlı bileşenler için talebin düzenli ve sürekli olduğu durumlarda toplam maliyetin azaltılması bakımından MİP sisteminde iyi sonuçlar vermektedir. EOQ formülü hazırlık, sipariş verme, stokta tutma ve taşıma maliyetlerini dengeler. EOQ yönteminde talep kesikli ve düzensiz olursa yöntem amacına uygun çalışmaz (Yamak, 2007).

3.3.6.3. LFL

Elde bulundurma maliyetini küçükleyecek şekilde net ihtiyaçların miktarı ve dönemine denk olacak şekilde sipariş verilir. İhtiyaç kadar siparişin verilmesi tam zamanında üretim yapan işletmeler için uygun olsa da planlanan üretim miktarının sipariş miktarından fazla olduğu ve stok tutulması istenen durumlarda bu yöntem uygulanmamaktır. Satın alınan pahalı, bozulma riski yüksek veya talebi sürekli olmayan malzemeler için kullanılan bir yöntemdir (Ural, 2005).

3.3.6.4. FPQ

LFL yöntemi ile benzer özelliklere sahiptir. LFL her dönem için net gereksinim kadar sipariş oluştururken FPQ yöntemi sezgisel olarak belirlenen dönemdeki net gereksinimler toplamı kadar sipariş oluşturur. Yöntem kesikli üretimlerde ve sipariş büyüklüğü belirlemede kısıtların olmadığı durumlarda kullanılır. Sezgisel olarak belirlendiği dile getirilen sipariş verilecek dönemler için geçmiş satın alma ve talep zamanları kontrol edilerek karar verilir (Acar, 2003).

3.3.6.5. POQ

EOQ yönteminin kesikli dönemsel talepler ve mevsimsel için uygulanabilir hale gelmesiyle oluşan yöntemdir. Yöntemde ilk olarak klasik EOQ miktarı bulma formülü ile tüm dönemler dikkate alınarak EOQ hesaplanır. Dönemlerin toplam talebi EOQ miktarına bölünerek sipariş verilecek dönemlerin sayısı bulunur. Toplam dönem sayısına sipariş verilecek dönemlerin sayısının bölünmesi ile sipariş verilme sıklığı belirlenmiş olur (Yıldız, 2015). Siparişler arasındaki sabit süreyi hesaplayarak her dönem verilecek sipariş için gerekli miktar elde edilir (Dolgui, 2005).

3.3.6.6. MEOQ

Klasik EOQ miktarı belirleme yönteminde talep değişkenliği dikkate alınmamaktadır. MEOQ miktarı yönteminde dönemsel talepler analiz edilir, elde bulundurulmuş stok tükense dahi talep olan döneme kadar sipariş verilmez. Sipariş miktarları belirlenirken EOQ yönteminde olduğu gibi dönem talepleri EOQ miktarından küçük olduğu durumlarda EOQ miktarı kadar değil talep kadar sipariş açılır. Talep EOQ miktarından büyükse dönem talebi kadar sipariş açılır (Tanyaş ve Başkak, 2008).

3.3.6.7. LUC

LUC yöntemi ile sipariş miktarı belirlenirken kademeli olarak ilk dönem net ihtiyaçlarının ve sonraki dönem net ihtiyaçlarının karşılanabilme oranı test edilir. Birim elde bulundurma maliyetleri ve birim sipariş verme maliyetlerini en küçükleyecek sipariş miktarı belirlenmeye çalışılır. LUC yöntemi her planlama dönemi için birim başına ortalama maliyeti en aza indirmek için kapasite sınırı olmayan bir yöntemdir (Sanchez vd., 2001).

LUC yöntemi ile ilk dönem talebinin birim maliyeti hesaplanır. İkinci dönemin net ihtiyacı sipariş miktarına eklenerek birim maliyet tekrar hesaplanır. Bu hesaplama birim maliyet azaldıkça devam eder. Birim maliyetin arttığı dönemden bir önceki dönem, birim maliyeti azaltan dönemlerdeki talebin toplamı kadar sipariş verilir (Şenyiğit ve Yıldırım, 2002).

3.3.6.8. LTC

Elde bulundurma ve hazırlık maliyetlerinin birbirini dengelenmesini sağlamak için uygulanan bir yöntemdir. Kümülatif elde bulundurma maliyeti hazırlık maliyetinden büyük oluncaya kadarki tüm dönemler hesaplanır. Kümülatif elde bulundurma maliyetinin hazırlık maliyetinden büyük olduğu dönemden bir önceki dönemde başlayarak ilk döneme kadarki bütün siparişler toplanarak verilecek sipariş miktarı hesaplanır (Erdem ve Durmuş, 2016).

3.3.6.9. WW

Her dönemdeki net ihtiyaçların karşılanması için olabilecek bütün seçenekleri deneyerek sipariş miktarının belirlenmesini sağlar. Yöntem dinamik programlamaya dayanan optimizasyon yöntemine başvurur. Algoritma stokta tutma ve sipariş verme maliyetlerinin minimizasyonu üzerine çalışır (Sultanov, 2004).

WW algoritması diğer sipariş belirleme yöntemlerine göre daha iyi sonuç veren yöntem olarak bilinmesine rağmen ürünlerin karmaşık ürün ağaçlarındaki malzemelere her dönem için siparişlerinin verilmesi uygulamada yapılabilirliği zor olmuştur. Algoritma bilgisayar destekli çalışsa dahi hesaplama süresinin çok uzun sürdüğünü belirtmişlerdir (Şeflek, 2010).

Sipariş miktarı hesaplanacak malzemeleri algoritma yardımıyla yineleyen işlemlerle sonuca götürme işlemidir. Karar alternatiflerinin miktarını minimize ederek hesaplama fazlalığını azaltmak WW algoritmasının amacıdır (Zhou ve Guan, 2010).

3.3.6.10. SM

En düşük dönem maliyetini temel alan sezgisel bir algoritmadır. Yöntem ile dönemsel ortalama maliyet hesabı yapılarak sipariş verilmesi sağlanır. Dönemlerin ortalaması alınarak hesaplanan maliyetin ilgili dönem başında maliyetinin arttığı analiz edildiğinde tekrardan sipariş planlaması yapılır. Yöntem zaman değişkenliğinden ortaya çıkan kompleksliği çözümlenerek, belirlenen dönem aralığında toplam maliyeti minimize edecek şekilde siparişlerin hangi dönemlerde ve ne miktar ile işletmeye teslim edilmesi gerektiğini belirlemektedir. Yöntemin basit ve maliyet performansı açısından başarılı oluşu yönteme kullanım avantajı sağlamaktadır. WW'ye göre ceza maliyeti %1'den daha azdır veya yoktur.

Bu yöntem talep oranı çok hızlı düşüyorsa, 0 talepli dönem çok ise iyi performans göstermez (Doğan 2006).

3.3.6.11. Sipariş miktarı belirleme yöntemlerin değerlendirilmesi

Sipariş miktarı hesaplama yönteminin belirlenmesinde hangi yöntemin kullanılacağına ürünün talep yapısı, pazar koşulları, tedarik süresi gibi etmenler göz önünde bulundurularak karar verilir. Ayrıca talebin değişkenliği, planlama süresinin uzunluğu, planlama döneminin büyüklüğü, hazırlık maliyetinin birim maliyete oranı etmenler sipariş miktarı belirleme yöntemlerinin performansını etkilediği gözlemlenmiştir. Sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinin her birinin kendine göre üstünlükleri ve farklılıkları olmasına rağmen önemli olan, bu yöntemlerin, uygulandığı işletmelere uyum sağlamasıdır (Sultanov, 2004).

Sipariş miktarı belirleme yöntemlerin değerlendirilmesi Çizelge 3.1'deki gibi özetlenebilir (Erdem ve Durmuş, 2016).

Çizelge 3.1. Sipariş büyüklüğü yöntemlerinin değerlendirilmesi (Erdem ve Durmuş, 2016)

Parti Büyüklüğü Yöntemi	Yöntem Açıklaması	Avantajı	Dezavantajı
FOQ	Stok maliyeti düşük olan özel malzemeler için daha uygundur.	C grubu malzemeler için kullanılabilir.	Yüksek stok taşıma maliyeti ve stoksuz kalma maliyeti yaratabilir.
EOQ	Talebin sabit ve devamlı olduğu durumlarda daha iyi sonuçlar verir.	Kolaylıkla üretim ve satın alma sistemlerine uygulanabilir.	Talep kesikli ve düzensiz olursa yöntem amacına uygun çalışmaz.
LFL	Sipariş verme maliyetinin düşük olduğu durumlarda daha çok fayda sağlar.	Sipariş verme maliyetlerinin ucuz olduğu durumlarda etkilidir.	Her zaman en iyi sonuç vermez.
FPQ	Verilecek olan siparişlerin dönem sayısı, sezgisel olarak, çeşitli etkenler dikkate alınarak belirlenir.	Verilecek siparişler için elde bulundurma ve hazırlık maliyetini dengelemeye çalışır.	Kullanıcıya bağımlıdır.
POQ	Ekonomik sipariş miktarını bularak, bunu, periyodik kontrol sistemi olarak kullanma esasına dayanır.	Eldeki stok miktarını azaltır.	Yüksek ortalama stok oluşturur.
MEOQ	ESM yönteminin geliştirilmiş halidir.	Sipariştan önce talep yapısını incelediği için siparişlerin karşılanmasında daha duyarlıdır.	Dönemlere dikkat edilmelidir.
LUC	Yöntemdeki karar ölçütü birim başına düşen en düşük maliyetin	Birim maliyeti optimize eder.	Kapasite kısıdını dikkate almaz.

	bulunmasıdır.		
LTC	Planlanan dönemdeki tüm maliyetlerin toplamının minimize edilmesidir.	Toplam maliyeti optimize eder.	Her zaman en düşük maliyeti sağlamaz.
WW	Dinamik programlama modeline dayalı matematiksel bir en iyileme yöntemidir.	Toplam maliyetlerin çözümünde en iyi çözüm olarak kabul edilir.	Hesaplama işlemi çok karmaşıktır.
SM	Sezgisel bir yaklaşımdır, dönemdeki toplam maliyeti minimize ederek, sipariş miktarını bulmaya çalışır.	Basit ve maliyet performansı iyidir.	Talepteki düşme hızı yüksekse ve 0 talepli dönem çoksa, yöntemin performansı düşmektedir.

3.3.7. MİP Sisteminde Stok Maliyetleri

Stok yönetimi işletmelerde hangi ürünün, ürüne bağlı yarı mamül ve malzeme siparişlerinin verilme kararının, sipariş verilecek ise ne kadar sipariş verileceğinin, ne zaman sipariş verileceğinin ve tüm parçaların nerede depolanacağını kararını vermeye yönelik yapılan çalışmaların tümüdür. Stok yönetiminin asıl amacı müşteri talebini karşılayacak kadar stok bulundurarak aynı anda toplam maliyetlerin minimize edilmesidir. İşletme stokları doğru yönetildiği takdirde müşteri hizmet düzeyi artarken stok maliyetleri azaltılabilir. Stoklar mutlaka bulundurulması gerekli maliyet öğeleri olarak görülebilir. Müşteri hizmet düzeyini artırması ve toplam maliyeti azaltılması amaçları ile elde tutulur (Arnold vd., 2008).

Üretimde kullanılacak olan malzemelerin üretimi gerçekleşmeden önce veya ürünlerin müşteriye gönderilmeden önce müşteri hizmet düzeyinde ve üretimde aksaklıklara yol açmamak için depolanması gereklidir. Malzemelerin ve ürünlerin kullanılmadan önce elde bulundurulması firmalara maliyetler getirmektedir. İşletmeler müşteri memnuniyetini sağlarken aynı zamanda üretim verimliliğini ve mali çıkarlarını göz etmek için hesaplanan optimum miktarda stok bulundurmak için belirli maliyetlere katlanır. İşletmeler stok bulundurmadaıkları durumlarda veya yaşanması tahmin edilemeyen etmenler içinde stoksuzluk maliyetini de dikkate alırlar. Stokların doğru analiz edilmesi için seçilecek stok veya sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinin tayin edilmesinde kullanılacak parametrelerin hesaplanması için stok maliyetleri kullanılır (Ural, 2005).

Stok maliyetleri elde bulundurma, satın alma, sipariş ve üretime hazırlık, elde bulundurmama ve ceza maliyeti olarak aşağıdaki bölümde açıklanmıştır.

3.3.7.1. Elde bulundurma maliyeti

Ürün, yarı mamül, hammadde ve malzemelerin stoklandığı durumlarda firmaya oluşacak finansal maliyetleri kontrol etmek için kullanılır. Sermaye maliyeti, yıpranma, son kullanım tarihinin bitişi, kayıp ve ürünün eskimesi gibi durumlarda oluşan stok riski maliyeti, depolama maliyeti, vergi ve sigorta, özel hizmet ve depolama koşullarını içeren stok hizmet maliyeti kalemleri elde bulundurma maliyetinin komponentleridir (Taha, 2009). Hem malzeme, yarı mamüller için hem de son ürünler için elde bulundurma maliyeti geçerli bir kavramdır (Ho ve Chang, 2001).

Sermaye maliyeti stoklara yatırılan mali değerin belirli bir getirisi olarak düşünülür. Sermaye maliyeti getiri oranından stok değer kazanma oranının çıkartılıp bulunan değer birim maliyet ile çarpılması sonucu hesaplanır (Top, 2001).

Depolama maliyeti stoklanan ürün, yarı mamül, malzeme ve hammaddelerin fiziki olarak stokta tutulmasından kaynaklanan kira, ısıtma, aydınlatma bedellerini ve stok kalemlerinin yüklenmesi, boşaltılması, yerleştirilmesi gibi işlemlerin masrafları içerir. Depolama maliyeti yıllık depolama giderleri ile stokta tutulan malzemenin kapladığı alan çarpılıp yıllık stok miktarına bölünmesi ile depolama maliyeti elde edilir.

Stok riski maliyeti, stokta tutulan parçaların stokta bekledikçe özellikleri kaybetme ihtimali, son kullanma tarihlerinin dolma ihtimaline karşı firmanın karşılaştığı maliyettir. Stok riski maliyeti birim maliyet ile yıllık kayıp oranının çarpılmasıyla bulunur. Yıllık kayıp oranı önceki bilgilerden yararlanılarak hesaplanabilir (Selçuk, 2007).

Stok hizmet maliyeti, malzeme, hammadde, yarı mamül ve mamüller stokta bekletildikleri süre boyunca herhangi bir zarar görmemeleri ve depolanma prosedüründe yer alan şartlar sağlanarak stokta bekletilmeleri için katlanılan maliyettir. Yıllık hizmet maliyet oranı ile birim maliyetin çarpılması sonucunda hesaplanır (Top, 2001).

3.3.7.2. Satın alma maliyeti

Üretimde kullanılmak üzere gerekli olan malzeme, hammadde ve yarı mamüllerin birim değişken maliyettir.

Firma ürünü üretebilmek için parçaları dışarıdan tedarik etmesi gerektiği durumlarda parçaların her birimi için katlanılan maliyet satın alma maliyetidir (Kobu, 2003).

3.3.7.3. Sipariş ve üretime hazırlık maliyeti

Sipariş maliyeti tedarikçiden alınan malzeme ve hammaddelerin siparişi verilirken oluşan maliyettir. Mevcut stokların kontrol edilmesi, MİP ekibinin sipariş talebinin oluşturulması, farklı tedarikçiler ile çalışılıyor ise aralarında seçim yapılması, oluşturulan malzeme talebinin tedarikçiye iletilmesi, takip edilmesi, parçanın stoklara kabul edilmesi gibi işlemler sırasında ortaya çıkan maliyet bütünü olarak düşünülebilir. Yıllık tedarik işlemleri toplam giderinin toplam verilen sipariş sayısına bölünmesi ile sipariş maliyeti bulunabilir.

Sipariş maliyeti olarak konu malzemenin sipariş verilmesinde görevli olan beyaz yaka personel, gelen siparişin işlemlerini gerçekleştiren mavi yaka personel maaşları, kırtasiye masrafları ve siparişin verilmesinde kullanılan ekipmanların amortisman bedelleri alınabilir (Sultanov, 2004).

Ürünü üretmek için kullanılan malzemelerin ürünün üretimi başlayacağı anda hazır bulundurulması esnasında oluşan maliyet üretim hazırlık maliyetidir (Kobu, 2003). Üretim hazırlık maliyetleri duruş süresi ile duruş maliyetlerinin çarpılarak hazırlık işlem maliyetleri ile toplanarak bulunur.

Üretim ve sipariş maliyetleri siparişin miktarına göre değil dönemde sipariş sayısının ne kadar olduğuna göre değişir (Russell ve Taylor, 2011).

3.3.7.4. Elde bulundurmama ve ceza maliyeti

Müşterinin ürün talebi olduğu halde firmanın ürün stoku bulunmamasından kaynaklanan maliyettir. Elde bulundurmama maliyeti bekleyen sipariş maliyeti ve kayıp satış maliyeti şeklinde iki tür maliyetten oluşur.

Bekleyen sipariş maliyeti, müşterinin belirlediği tedarik süresinde siparişin gecikmesiyle oluşan maliyettir. Birim kar, bekleme süresi, getiri oranı ile imaj kaybı katsayısının çarpımıyla bulunur.

Kayıp satış maliyeti, müşterinin belirlediği tedarik süresinde tedarikçi firma ürünü sevk edemediği taktirde müşterinin tedarikçi artık sipariş vermeyi reddetmesi durumunda tedarikçinin karşılaştığı maliyettir (Doğar, 2006).

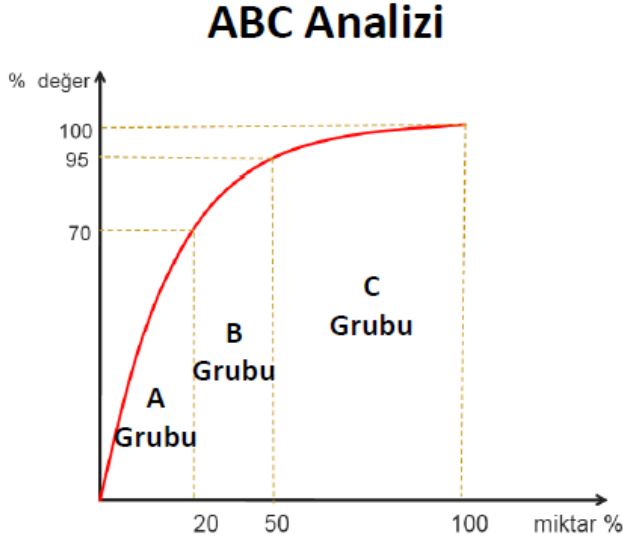
Siparişler tedarik süresinde müşteriye teslim edilemediyse müşteri zararını tedarikçi firmanın ödemesi talebin bulunabilir. Bu durumda tedarikçi firma ceza maliyetine de katlanmak zorunda kalır (Aydın, 2009).

3.3.8. ABC Analizi

MİP görevi ile ilgilenen personellerin dikkat gerektiren malzemeleri ayıt edebilmeleri için malzemelerin kategorilere ayrılması gereklidir. Malzemeleri anlık dikkat gerektiren ve daha az dikkat gerektiren malzemeler olarak ayırmak mümkündür. Malzeme maliyeti düşük ve yüksek sipariş büyüklükleri ile alınabilecek malzemeler için işletmeler toplu alımı tercih eder. Bu tercih anlık dikkat gerektirmeyen malzemeler için ekonomik bir yöntemdir. Maliyeti yüksek ve az miktarda alınan malzemeler için anlık kontrol gerekir. Maliyet ve sipariş büyüklüğü açısından değerlendirme yaparak malzemelerin kontrolünü sağlamak için yapılan analiz ABC analizidir (Tanyaş ve Başkak, 2008).

ABC analizini geliştirmek için birim değer, üretimde kritiklik ve bakım konusunda kriterler kullanır. ABC analizinde öğeler A,B ve C sınıflarına ayrılırlar. Bir ürün, yüksek maliyet, benzersiz ve sınırlı kullanılabilirlikle karakterize edilmişse bir A öğesi olarak sınıflandırılır (Chu vd. 2008).

ABC analizinde Şekil 3.5'te gösterildiği gibi A sınıfına dahil edilen malzemeler firmada kontrol edilen tüm malzemelerin %15-20'sini ve toplam stok değerinin %75-80'ini, B sınıfına dahil edilen malzemeler firmada kontrol edilen tüm malzemelerin %20-25'ini ve toplam stok değerinin %10-15'ini, C sınıfına dahil edilen malzemeler firmada kontrol edilen tüm malzemelerin %60-65'ini ve toplam stok değerinin %5-10'nunu oluşturmaktadır.



Şekil 3.5. ABC analizi grupları (Tanyaş ve Başkak, 2008)

A kategorisinde yer alan malzemeler maliyeti yüksek olduğu için anlık kontrol edilmelidir. B kategorisindeki malzemeler anlık dikkat gerektirmeyen haftalık kontrol edilebilecek parçalar yer alır. C kategorisinde aylık olarak kontrol edilebilecek maliyeti düşük malzemeler yer alır. ABC analizinde ilk olarak firmada kontrol edilen tüm malzemelerin yıllık tüketimleri birim maliyet ile çarpılarak her parçanın yıllık stok değeri bulunur. Tüm kalemlerin stokları büyükten küçüğe sıralanarak yıllık stok değerleri içinde mevcut yıllık stok değer yüzdesi bulunur. Birikimli toplam alınarak her kalemin hangi kategoride olduğu belirlenir.

3.3.9. MİP Sisteminin Özellikleri, Yararları ve Sakıncaları

MİP sisteminin özellikleri ile ilgili maddeler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- MİP sistemi bağımlı talebi olan malzemelerin ne miktarda ve ne zaman sipariş verileceğini hesaplanmasında doğru bir yöntemdir.
- Ana üretim çizelgesi belirlenen satış tahminlerine ya da gerçekleşmesi kesin isteklere göre de yapılabilir.
- Malzeme ve hammaddelere verilen siparişler ana üretim çizelgesine göre amaca yönelik ilerlemektedir.
- MİP sistemi hem stok tutmak için hem de siparişleri doğrudan müşteriye göndermek için yapılabilir.
- Stok maliyetlerinin düşük olduğu işletmeler için uygulanabilirliği fazladır.

- Kısa dönemde yaşanan sipariş değişikliklerinde tepki vermede zorluk yaşamaktadır (Acar 2003).

MİP sistemi performansı üzerinde planlı teslimat süresinin nasıl belirleneceği, sipariş miktarının nasıl belirleneceği, makine, işçi, depo, fiyat kapasiteleri dikkate alındı mı soruları çok önemli rol oynar. Klasik MİP sistemleri bu sorulara etkili cevap veremediği için MİP sisteminin fiili üretim yapan firmalara uyarlanması zorlaşmaktadır (Ho ve Chang, 2001).

Chandraju vd., (2012)'a göre bir MİP sisteminin başarılı olabilmesi için aşağıdaki maddelerin eksiksiz yerine getirilmesi gereklidir.

- Etkili bir ana üretim planının hazır olması gereklidir. Diğer durumda komponent malzemelerin birikimli planlı siparişleri çakışabilir ve kaynaklar yetersiz olabilir.

- Ürüne getirilen tüm mühendislik değişiklikleri ürün ağaçlarına anında yansıtılmalıdır. Eğer bir malzeme sevk edilecek ürünün üretiminde artık kullanılmayacak ise ürün ağacından çıkartılmalıdır. Aksi durumda gereksiz yere plan ve sipariş oluşturulmasına yol açacaktır.

- Envanter kayıtları gerçekliği yansıtmadığı sürece planlı siparişlerin oluşması anlamsız hale gelecektir.

- Firmada kullanılan tüm envanterlerin tedarik sürelerinin bilinmesi ve MİP sistemine tanıtılması gereklidir.

- Siparişlerin belirlenen önceliklere göre uygun olarak işletilmesini sağlamak için üretim disiplini gereklidir. Diğer durumda MİP sistemi verilen tedarik sürelerinde ürünün üretilmesini planlayamaz.

3.4. Doğrusal Programlama (LP)

Doğrusal programlama bilinen İngilizce çevirisi ile lineer programming (LP) belirlenen amacı ulaşmak için var olan kaynakların en aktif şekilde kullanılmasını sağlayıp, farklı seçenekler içinde en uygun çözümü elde eden matematiksel programlama tekniğidir. Yöneylem araştırmasında sık kullanılan bir yöntemdir. LP modellerinde işlem sayısı çok olduğu için bilgisayar kullanımının artmasıyla birlikte LP modellerinin kullanımı da yaygınlaşmıştır (Taha, 2009).

LP modelleri problemin doğrusal eşitlikle anlatıldığı senaryolarda işlevini gerçekleştirir. Uygun şartlar sağlandığında amaç fonksiyonunu minimize eden ya da

maksimize eden en uygun çözümleri üretebilir. LP ile problem çözen sistemlerde amaç fonksiyonu, kısıtlar, karar parametreleri, negatif olmama durumu, optimum bölge ve katsayılar mevcuttur. Amaç fonksiyonu bileşenleri olarak katsayılar ve karar parametreleri değerlendirilir (Krajewski vd., 2014, Aktaran: Ünüçok 2019).

LP parametreler ve kısıtlamalar çerçevesinde amaç fonksiyonu için en uygun çözümleri bulmayı amaçlar. LP modelleri optimallik kriterini dikkate alarak kısıtlı kaynakların en uygun biçimde dağıtılmasını sağlayan deterministik matematiksel bir tekniktir (Öztürk, 2002).

3.4.1. LP Programlamanın Gelişimi ve Uygulama Alanları

Askeri problemlerin çözümü için sayısal karar verme tekniklerinin kullanımı 2. Dünya savaşına kadar ulaşmaktadır. 2. Dünya savaşı sırasında savaş ekipmanlarının en optimum şekilde dağıtılması için bilim adamlarının yaptıkları çalışmalar sonucu yöneylem araştırmaları geliştirilmiştir (Taha, 2009).

Yöneylem araştırmasında problemlerin türüne göre olasılıklı modeller; markov zincirleri, kuyruk teorisi, karar analizi, simülasyon, tahmin modelleri, güvenilirlik analizi, olasılıklı dinamik programlama ve olasılıklı stok modelleri şeklinde, deterministik modeller; LP, IP, hedef programlama, ulaştırma ve atama modelleri, NLP, oyun teorisi, deterministik dinamik programlama, şebeke analizi, CPM ve PERT ile proje planlama şeklinde sıralanabilir. Firmalar karar problemlerinin çözümlerinde genel olarak yöneylem araştırması kollarından olan LP programlarını tercih etmektedir (Ekmekçi, 2015).

LP problemlerinin çözülmesi için geliştirilen simplex yönteminin bulunması ile beraber iktisat konusunda büyük gelişmeler yaşanmıştır. Talep planlama, vardiya çizelgeleme, yatırım analizleri, satış ve pazarlama alanlarında, üretim ve tedarik zinciri yöntemleri gibi çeşitli alanlarda LP teknikleri kullanılmıştır (Matousek ve Gartner, 2007, Aktaran: Katrancı, 2018).

LP modellerinin firmalarda kullanılabileceği karar problemleri aşağıdaki gibi verilmiştir (Büyükkelik, 2007, Aktaran: Özbay, 2008).

- Optimum kurulum yeri seçimi,
- Optimum makine, teçhizat seçimi ve yerleştirilmesi,

- Üretim planlarının, ana üretim programının hazırlanması,
- Stok yönetimi,
- Yeni ürün geliştirilmesi,
- Satış programlarının hazırlanması,
- Maliyet ve bütçe analizleri,
- Ücret ve prim sistemlerinin hazırlanması,
- Satınalma politikasının belirlenmesi,
- Hammadde ve malzeme stok seviyelerinin belirlenmesi,

3.4.2. LP Programlamanın Dayandığı Varsayımlar

Karar problemlerinde en iyi çözümleri elde etmek için karar vericilerin özen göstermesi gereken belirli varsayımlar mevcuttur. Bu varsayımlar kontrol edilmeden çözülen modellerin sonucunda beklenen çözüm sonuçlarına ulaşamamaktadır. Bu varsayımlar doğrusallık, sınırlılık, toplanabilirlik, eşitsizlik, pozitif olma koşulu, bölünebilirlik varsayımları şeklindedir.

Doğrusallık varsayımı, firmalara giren parçalar ve sevk edilen parçalar arasındaki doğrusal bağıntıyı ifade eder.

Sınırlılık varsayımı, firmalarda hem proseslerin hem de parçaların sınırlı olması gerektiği varsayımdır. Sınırlılık miktarsal, bileşen bazında veya kaynak bazda olabilir.

Toplanabilirlik varsayımı, firmalarda farklı proseslere kaynak olarak kullanılan parçaların toplam sayısının, her işlem için tek başına kullanılan parçaların toplam sayısına eşit olması varsayımdır (Çetinbağ, 2005).

Eşitsizlik varsayımı, proseslerde kullanılan kaynakların her türlü eşitsizlik denkleminin kurulmasıdır (Katrancı, 2018).

Pozitif olma varsayımı, kurulan modellerde karar parametrelerinin 0'dan küçük olmayacağı varsayımdır. Hiçbir firma eksi stok veya negatif üretim yapmayı tercih etmez (Ünüçok, 2019).

Bölünebilirlik varsayımı, kurulan modellerin sadece tam sayı değer alması sınırlandırmasını yapmamak için verilerin kesirli değer almasına izin verilmesi varsayımdır.

3.4.3. LP Modellerinin Kurulması

LP modellerinde üç ana unsur ortaya çıkmaktadır. Bu unsurlar amaç fonksiyonu, kısıtlayıcı fonksiyonlar ve pozitif kısıtlamalardır. LP’de amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcı fonksiyonları matematiksel olarak ifade edebilmek için aşağıdaki aşamaları tamamlamak gereklidir (Çetinbağ, 2005).

Problemin belirlenmesi, karar verici ya da firmaların belirlediği problemi ve ulaşılmak istenen sonucu hesaplayabilmek için gerekli verilerin hazırlanmasıdır. Karar alternatiflerinin tanımlanması ve çalışmanın amacının ortaya koyulması gereklidir (Taha, 2009).

Modelin değişkenlerinin belirlenmesi, problemin sonucunu etkileyecek değişkenlerin saptanmasıdır. Bu değişkenler genellikle firmaların üretim, depo kapasiteleri, işçi süreleri, makinelerin harcadıkları enerji ve çalışma süreleri gibidir.

Modelin parametrelerinin belirlenmesi, problemin türüne göre amaç ve kısıtlayıcı fonksiyonları oluşturan parametrelerdir.

Modelin genel olarak gösterilmesi, modeli oluşturan değişkenler ve aralarındaki ilişkileri belirten parametrelerin matematiksel olarak gösterimidir.

Modelin çözümü, model matematiksel olarak ifade edildikten sonra modelin belirli programlardan faydalanılarak bilinmeyen verilerin hesaplanmasıdır. LP modellerinin çözümünde simplex ve grafik yöntemi yanı sıra bilgisayar destekli LINDO, GINO, OSL ve WINQSB programları kullanılır (Özbay, 2008).

Amaç fonksiyonu, firmaların veya karar vericilerin belirlediği amacın matematiksel olarak modellere yansıtılmasıdır. Amacın değer olarak maksimize edilmesi ya da minimize edilmesi şeklinde doğrusal bir fonksiyon olarak açıklanmasıdır.

Amaç fonksiyonu Z , karar değişkenleri a_j ($j=1, 2, \dots, n$) ve sabit kar ya da maliyet katsayıları k_j ($j=1, 2, \dots, n$) ile ifade edilirse amaç fonksiyonu (3.4) numaralı denklemde gösterilmiştir.

$$Z_{\text{enb/enk}} = \sum a_j * k_j \quad (3.4)$$

Kısıtlayıcı fonksiyon, firmalarda bulundurulan kaynakların üretim etmenlerini kapsayan kısıtlamalardır. Genel olarak üretim etmenlerinden kapasite, stok, yatırım, maliyet, depo, makine, enerji ve işçi kısıtları dikkate alınır.

Kurulacak modelde kısıt d_j ($j=1, 2, \dots, m$) şeklinde ifade edilirse ve kısıtın bir birimde kullanım miktarı e_{ij} ($i=1, 2, \dots, m$), ($j=1, 2, \dots, n$) olarak değerlendirildiğinde kısıtlayıcı fonksiyonun matematiksel ifade edişi 3.5 denklemindeki gibidir (Dinçer 2014).

$$e_{11}a_1 + e_{12}a_2 + \dots + e_{1n}a_n \leq = \geq d_1 \quad (3.5)$$

$$e_{21}a_1 + e_{22}a_2 + \dots + e_{2n}a_n \leq = \geq d_2$$

.....

$$e_{m1}a_1 + e_{m2}a_2 + \dots + e_{mn}a_n \leq = \geq d_m$$

Pozitif kısıtlamalar, karar parametrelerinin 0'dan küçük değer almamasını sağlayan kısıtlamadır. Pozitif kısıtlar denklem 3.6'daki gibi ifade edilir.

$$a_1, a_2, \dots, a_n \geq 0 \quad (3.6)$$

Firmaların karar problemlerini çözmek için yararlanılan LP tekniklerinin gerçek sonuçlar vermesi istenildiği için negatif değer almaması gereklidir. Problemlerin sonucunda istenen değer pozitif çıkma ihtimali yok ise sıfır çıkması beklenmektedir (Öztürk, 2002).

3.4.4. LP Modellerinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler

Bilinmeyen verilerin hesaplanması ve amaç fonksiyonunda istenilen hedefe ulaşılması için LP model çözümünde çeşitli yöntemler kullanılır. Karar değişkeni sayısına göre kullanılan yöntemi türü günümüzde değişmektedir. Model 2 karar değişkeni ile kurulduysa grafik yöntemi kullanılır. 3 veya daha fazla karar değişkeni ile kurulduysa simplex yöntemi ve bilgisayarlı sistemlerin kullanımıyla artan paket programları ile çözümlenir (Katrancı, 2018).

İki değişken ile kurulan LP modelleri grafik yöntemi ile çözülmektedir. Modelin kısıtlayıcı fonksiyonlarının tümünün en uygun çözümlerini kapsayan optimum çözümün belirlenmesi grafik yönteminin temel adımıdır. Gerçek problemlerin değişken sayısı 2'den fazla olduğu durumlarda grafik yöntemi tercih edilmemektedir (Taha, 2009). Grafik yönteminde kısıtlara uygun belirlenen çözüm kümesi problemin çözümü için en uygun

çözümü seçerek problemi çözmeyi amaçlar. Simplex yönteminin ortaya çıkmasında büyük rolü vardır.

Grafik yöntemi ile problem çözümlerinde matematiksel olarak yazılan kısıtların koordinat düzleminde doğruları çizilir. Uygun çözüm alanları belirlenir. Çözüm kısıtı doğrularının kesiştiği noktalarda uç nokta teoremine göre arama yapılır. Amaç fonksiyonunun minimize ya da maksimize edilmesine göre modelin en iyi çözümü ve en optimum çözüm uç noktaları bulunur (Ünüçok, 2019). Grafik yönteminde eşitsizliklerin tutarlı olmamasından, pozitif kısıtlama şartının elde edilememesinden, bir tane çözüm bulunmasından ve uygun çözümün sınırlı olmamasından kaynaklı sebeplerle uygun çözüm alanı bulmak zorlaşır (Çetinbağ, 2005).

Üç veya daha fazla değişkene sahip LP problemlerinin çözümü için simplex yöntemi geliştirilmiştir. Simplex yöntemi LP problemlerinin minimizasyon ya da maksimizasyon problemi olmasına göre optimum çözüme ulaşmaya çalışan hesaplama yöntemidir. Simplex yöntemi çözüme iterasyon sayısı ile ulaşmaktadır. Başlangıç tablosu doldurularak sıra sıra işlemler ile hesaplanan çözümler içinden optimal sonuç bulunana kadar işlemlere devam edilir (Öztürk, 2002). Simplex yöntemi grafik yönteminde gösterilen çözüm alanının köşe noktalarının sistemli bir şekilde incelenmesidir. Uç nokta teoreminin cebirsel anlatımıdır. LP problemlerinin simplex yöntemi ile çözülebilmesi için öncelikle kısıtlayıcı fonksiyonlar eşitsizlik veya eşitlik şeklinde ifade edilir. Eşitsizlik olarak belirtilen kısıtlar aylak değişken eklenip, çıkartılar eşitlik haline çevrilir. Eşitsizlik veya eşitlik olarak belirtilen kısıtlayıcı fonksiyonların tüm köşe noktalarını tanımlayan temel çözümler elde edilir. Temel çözümler arasından problemin türüne göre en iyi çözüm bulunur (Kobu, 2003).

Simplex yöntemi başlangıçta çözüm alanının bir köşesinden hesaplama yapmaya başlar. Hesaplama yapılan köşe istenilen en iyi çözümü vermediği gözlemlenirse yeni bir iterasyon hesaplanarak amaç fonksiyonunun optimize etmesi için yeni bir komşu köşeye geçilir. Bu süreç amaç fonksiyonunu istenilen düzeyde optimize edecek sonucun bulunmasına kadar devam eder. Sınırsız çözümler, birden fazla optimum sonuç, optimum sonuç bulunamaması durumların da simplex yöntemi kullanılır (Çetinbağ, 2005).

LP, IP, NLP ve MINLP modellerinin değişken sayıları kısıtlı olduğu durumlarda manuel çözümler yapılır ancak değişken sayısı çok olduğu durumlarda LINDO, GINO, WinQSB, Matlab ve Microsoft Excel gibi bilgisayar destekli programlar tercih edilir. LINGO

bilgisayar destekli program LINDO ve GINO yazılımlarının birbirleri ile entegre edilmesi sonucu oluşturulmuş yazılımdır. Duyarlılık analizi yaparak matematiksel modellerin çözümlenmesinde iyi sonuçlar elde edilen bir algoritmadır. Matematiksel modellerin LINGO modelleme dili ile kapalı formatta yazılması sağlanmıştır. LINGO algoritması Windows programları ile entegre çalışır durumdadır (Sipahioğlu ve Saraç, 2006).

3.4.5. IP Programlama

Kısıt ve amaç fonksiyonunu oluşturan değişkenlerin tam sayı değer almasını sağlayan LP modelleridir. Bilinen İngilizce çevirisi ile integer programming (IP) olarak ifade edilir. Karar vericiler işletme ile ilgili problemlerde genel olarak IP'den yararlanırlar. Sermaye bütçeleme, sabit ödemeler, bir proses hattında kaç işçi gerekli, üretilecek ürün miktarının belirlenmesi, en kısa yolun belirlenmesi gibi karar problemlerinde değerlerin tam sayı olması gerektiği için IP modelleri kullanılır. Bazı durumlarda karar vericiler yeni bir üretim hattının alınması, yeni bir deponun kurulması veya belirlenen güzergahın kullanıp kullanılmaması gibi iki tür karar verilmesi gereken problemlerde de IP modellerini kullanırlar (Taha, 2009).

Akay (2009)' a göre LP modeli çözümlerinin tam sayı olmamasının modelin gerçek problemlere uyarlanabilirliğini zorlaştırdığını ifade etmiştir. LP modellerinde sıfırdan büyük olma şartı gözeticirken, IP problemlerinde sıfırdan büyük ve tam sayı olma şartı gözeticir.

IP problemlerinin çözümü için kurulan modelde değişkenlerin aldıkları değerlere göre IP modelleri üç farklı türe ayrılmaktadır.

Saf IP, değişkenlerin tam sayılı olduğu modeller için kullanılır. Proses hatlarında kaç işçi çalışacağına kararının verileceği problemlerde kullanılır (Balakrishnan, 2007, Aktaran: Ekmekçi, 2015).

Karma tam sayılı IP, değişkenlerden bir kısmının tam sayılı diğer kısmının kesirli değerler alabileceği türden modeller için kullanılır. Karma IP modelleri çözüme kolaylıkla ulaşabileceği için diğer model türlerine göre daha fazla kullanılmaktadır (Andrade, 2017, Aktaran: Katrancı 2018).

0-1 tam sayılı IP, değişkenlerin 0 veya 1'e eşdeğer olması istenen modeller için kullanılır. Yeni bir hat kurulum kararı, yeni bir depo açma kararı ve sermaye bütçeleme gibi problemlerin çözümünü kullanılır (Patır, 2009).

IP programlama modelleri iki veya üç değişkenli ise çözümünde grafik yöntemi kullanır. Üç veya daha fazla değişkenli modellerin çözümünde simplex yöntemi sadece köşe noktalarda çözüm aradığı için istenilen sonucu vermemektedir. IP modellerinin çözümünde genel olarak dal-sınır veya kesme düzlemleri yöntemleri kullanılır (Salkın ve Mathur, 1989, Aktaran: Şahin 2015).

Kesme düzlemleri yöntemi kesir ve karma yöntem olmak üzere iki gruba ayrılır. Kesir yöntemi saf IP problemlerinde, karma yöntem diğer IP problemlerinde kullanılır (Çevik, 2006). Kesir yöntemi problemin optimum çözümü için kısıtların tamamının ya da bir kısmının tam sayılı olması şartını aramaktadır. Yöntemin uygulanmasında modelin doğrusal ve pozitif olma şartı kontrol edilir. Bu kısıtları baz alarak veri setinin köşe noktası bulunur. Uygulanan çözüm sonucu tam sayılı olmadığı fark edildiğinde yeni kısıt eklenir. Eklenen yeni kısıt köşe nokta ile kesştirilerek veri seti küçültülür. Bu işleme optimum sonuç bulunana kadar devam edilir. Karar değişkenlerindeki tam sayı olma kısıtları genişletilerek simplex yöntem ile çözüm oluşturulabilir. Karma IP yönteminde belirlenen kısıtların tam sayı, diğer kısıtların gerçek sayı olması problemin çözümü için yeterlidir (Patır, 2009).

Dal-sınır yöntemi, IP problemlerinin çözüm değerleri üzerinde aşamalı şekilde geliştirilmiştir. Probleme çözüm olabilecek tüm durumları incelemek yerine daha sınırlı çözümleri analiz ederek en uygun sonucu bulur (Katrancı 2018). Yöntemde uygun çözüm değerlerini çok sayıda alt dallara ayrılır ve her dal için sınır değeri koyulur. Alt dalların üst ve alt sınır değerleri dikkate alınarak alt dallar için çözüm değeri belirlenir. Bu şekilde en optimum sonuç bulunana kadar işleme devam edilir. Dal sınır yöntemi ile amaç fonksiyonunun maksimize ve minimize edilmesi gereken problemlerin çözümünde tek fark alt ve üst sınırların belirlenmesidir (Çevik, 2006).

3.4.6. NLP Programlama

LP modellerinde en iyi çözümleri elde etmek için karar vericilerin uyguladığı varsayımlardan doğrusallık varsayımının geçerli olmadığı modeller doğrusal olmayan modellerdir. NLP modellerinde LP modellerinin çözümünde kullanılan simplex yöntem gibi genel bir çözüm yöntemi bulunmamaktadır. NLP modelinin çözümü ile amaç fonksiyonunun en iyi çözüm değerini alacağı karar değişkeni, uzayda herhangi gerçek bir değer olabilir (Türkay, 2006).

Amaç fonksiyonu doğrusal değil veya çözüm kümesi uzayda bir gerçek sayı değerini alıyor ise NLP problemidir. NLP problemlerinin çözümü ile ulaşılan sonuçların gerçek sayı kontrolü, gerek ve yeter şartları kontrol edilir.

NLP modeli kısıtlanmış ve kısıtlanmamış fonksiyonların minimum ve maksimum değerlerini hesaplamak için diferansiyel hesabından yararlanır. Uç değerlerin bulunabilmesi için eşitlik kısıtı olan problemlerde Jakobiye ve Lagranj yöntemi, eşitsizlik kısıtı olan problemlerde Kuhn-Tucker koşulları kullanılmaktadır. NLP problemleri tek değişkenli kısıtsız, çok değişkenli kısıtsız ve çok değişkenli kısıtlı optimizasyon problemleri olmak üzere üç gruba ayrılmıştır (Taha 2008).

Tek değişkenli kısıtsız NLP, amaç fonksiyonunun en iyi çözümünü vermesi için uç noktaların hesaplanmasını içerir. Herhangi bir kısıt bulunmamaktadır. x değişken, $f(x)$ fonksiyon olmak üzere uzayda herhangi bir gerçek sayı alan model denklem (3.7)'deki gibi ifade edilir.

$$Z_{\min/\max} = f(x) \quad (3.7)$$

Tek değişkenli kısıtsız optimizasyon problemi çözümü için arama yöntemlerinden Fibonacci ve Altın Oran, gradyant yöntemlerinden Newton Raphson yöntemi kullanılır.

Çok değişkenli kısıtsız NLP, çözüm uzayında amaç fonksiyonunu minimum ya da maksimum yapacak en iyi değeri araştırır. Modellemesi denklem (3.8)'deki gibi ifade edilir (Kaya, 2012).

$$Z_{\min/\max} = f(x) \text{ ve } X = [x_1 x_2, \dots, x_n]^T \quad (3.8)$$

Çok değişkenli kısıtsız optimizasyon problemlerinin çözümünde arama yöntemlerinden Hooke ve Jeeves, Nelder ve Mead, Rosenbrock ve Powel yöntemleri, gradyant yöntemlerinden en dik azalış, Fletcher ve Reever ve Newton yöntemi kullanılır.

Çok değişkenli kısıtlı NLP, amaç fonksiyonunun belirli kısıtlar altında en iyi çözümü vermesini sağlamak için kullanılan modeldir. Modellemesi denklem (3.9)'daki gibi ifade edilir. x değişkeninin pozitif olması verilen kısıtlara dahil edilmiştir.

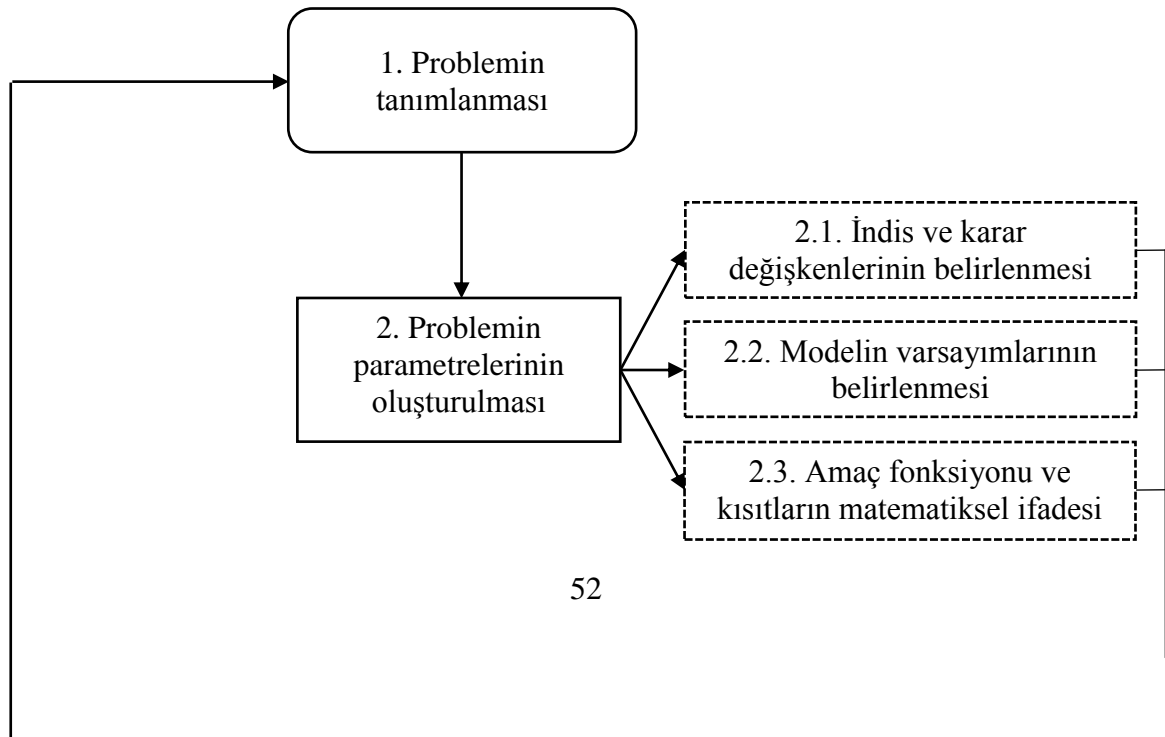
$$Z \min/\max = f(x) \text{ ve kısıt olarak } g(x) \leq 0 \quad (3.9)$$

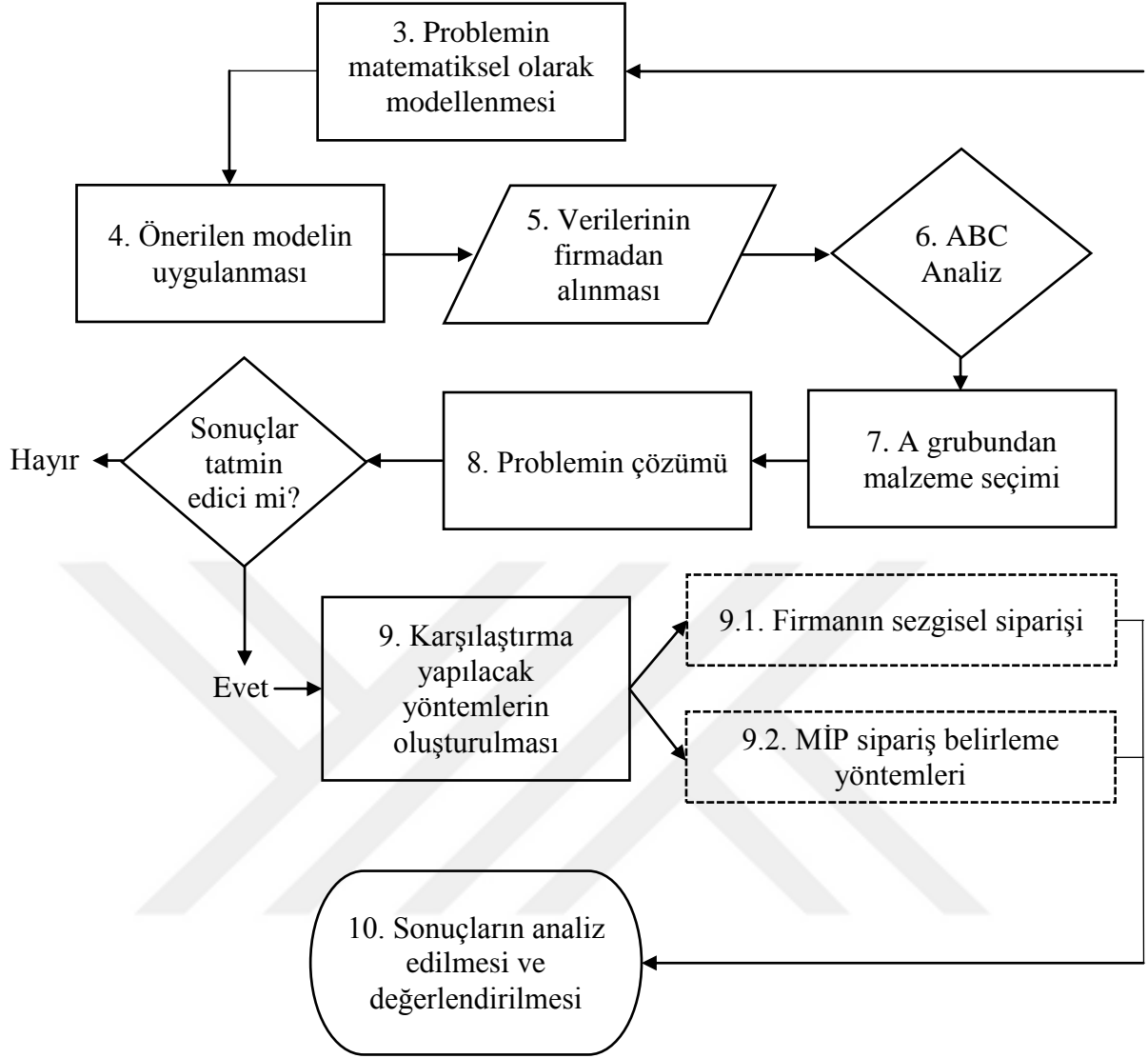
Çok değişkenli kısıtlı optimizasyon problemlerinde gradyant yöntemi, ardışık kısıtsiz optimizasyon tekniği ve Frank Wolfe algoritması kullanılır (Taha, 2008).

3.5. Problemin Modellenmesi

MİP problemi için karışık MINLP optimizasyon modeli ile 7 farklı malzeme modelinin 12 aylık MİP optimizasyonu önerilmiştir. Optimizasyon modelinin amacı toplam maliyetin minimize edilmesidir. Bu hedefe ulaşmak için ürün ağacı kısıtı, ekonomik sipariş miktarı ile talep dengeleme kısıtı, elde bulundurmama kısıtı ve depo kısıtları göz önünde bulundurularak, amaç fonksiyonunda elde bulundurma, sipariş maliyeti ve elde bulundurmama maliyeti dikkate alınmıştır.

Kurulan modelde karar değişkenlerinin tam sayılı değer almasından dolayı model karma tam sayılı modeldir. Geliştirilen MİP modelinin iş akış şeması Şekil 3.6'da gösterilmektedir.





Şekil 3.6 MİP modeli iş akış şeması

3.5.1. Modelin Terimleri

Optimizasyon modeline ait verilerin matematiksel kodları ve açıklamaları aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

t	: Dönem	$t \in T = \{ 1,2,\dots,12 \}$
i	: Ürün İndisi	$i \in I = \{ 1,2,\dots,I \}$
x	: Malzeme İndisi	$x \in X = \{ 1,2,\dots,X \}$
A_x	: x Malzemesinin Depoda Tutulması İstenen Maksimum Miktarı	
D_{it}	: i . Ürünün t . Dönemdeki Talep Miktarı	

DE_{xt} : x Malzemesinin t . Dönemdeki Talep Miktarı
 DEE_x : x Malzemesinin Yıllık Toplam Talep Miktarı
 E_x : x Malzemesinin Birim Elde Bulundurma Maliyeti
 HC_x : x Malzemesinin Toplam Elde Bulundurma Maliyeti
 GOQ_{xt} : x Malzemesinin t . Dönemdeki Açılmış Sipariş Miktarı
 KOQ_{xt} : x Malzemesinin t . Dönemdeki Tedarik Süresi Kadar Önce Açılacak Sipariş Miktarı
 LT_x : x Malzemesinin Tedarik Süresi
 MOQ_x : x Malzemesinin Minimum Sipariş Miktarı
 NOQ_{xt} : x Malzemesinin t . Dönemdeki Net İhtiyaç Miktarı
 O_x : x Malzemesinin Birim Elde Bulundurmama Maliyeti
 OC_x : x Malzemesinin Birim Sipariş Verme Maliyeti
 OQE_x : x Malzemesinin Yıllık Toplam Sipariş Miktarı
 S_{xt} : x Malzemesinin t . Dönemdeki Stok Miktarı
 SO_x : x Malzemesinin Başlangıç Stok Miktarı
 SOC_x : x Malzemesinin Toplam Elde Bulundurmama Maliyeti
 SOQ_{xt} : x Malzemesinin t . Dönemdeki Karşılanamayan Sipariş Miktarı
 SP_x : x Malzemesinin Standart Sapma Miktarı
 SS_x : x Malzemesinin Emniyet Stok Miktarı
 Q_{ix} : i . Üründeki x Malzemesinin Miktarı
 OQ_{xt} : x Malzemesinin t . Dönemdeki Sipariş Miktarı
 TC_x : x Malzemesinin Toplam Maliyeti
 TOC_x : x Malzemesinin Toplam Sipariş Verme Maliyeti
 TT_{xt} : x Malzemesinin t . Dönemdeki Verilen Sipariş Sayısı
 Z : %95 Güven Düzeyi

3.5.2. Modelin Varsayımları

- Ürün tek seviyeli ürün ağacı yapısına sahiptir.
- Modelde kullanılan veriler firma verilerinden alınmıştır.
- T dönemdeki ürün talebi dönem başında ortaya çıkmaktadır, diğer dönemlerden bağımsızdır ve deterministiktir. Ürün talepleri bilinmektedir.
- Tüm malzemeler için başlangıç stoku sıfırdır.
- Tüm malzemeler için tedarik süreleri bilinmektedir ve dönemden bağımsızdır.
- Tüm maliyetler yıllık olarak hesaplanacaktır.

- Malzemelerin üretim için hazırlık maliyeti dikkate alınmamıştır.
- Birim maliyetler deterministiktir ve dönemden bağımsızdır.
- Birim sipariş maliyeti sipariş miktarından bağımsızdır. Birim elde bulundurma maliyeti, firma stok düzeyleri ve hesaplamaları sonucu doğrusal değişim gösterir.
- Modelde tedarikçi ve üretim sistemlerinden kaynaklı tedarik süresi belirsizliklerinin zamanında ürünün üretilmesinde engel oluşturmaması ve değişen müşteri siparişlerini karşılayabilmek için her dönem emniyet stoku için depoda yer ayrıldığı ve kriz zamanlarında kullanılmak için tutulduğu varsayılmıştır.
- T dönem sonunda elde bulunan stokun negatif olmama kısıtı koyulmuştur.
- Firma depo kapasitesinin belirli olduğu varsayılmıştır.
- Planlama dönemleri boyunca işletmenin anlaşmalı olduğu tedarikçilerden malzemeler satın alındığı varsayılmıştır.

3.5.3. Modelin Amaç Fonksiyonu

Amaç fonksiyonu, her malzemenin 12 dönemlik sipariş maliyeti, elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetinin toplanması ile elde edilen toplam maliyetin en küçüklenmesini içermektedir.

$$\text{Min } Z = \sum_{x=1}^X \sum_{t=1}^{12} TT_{xt} OC_x + \sum_{x=1}^X HC_x + \sum_{x=1}^X SOC_x \quad (3.10)$$

Toplam maliyet minimizasyonu için yukarıda verilen denklem (3.10)'un ilk girdisini oluşturan toplam yıllık sipariş maliyeti, t dönemde verilen sipariş sayısı ile x malzemesinin birim sipariş maliyetinin çarpılıp, tüm dönemlerin sonuçları toplatılarak elde edilir. Denklem (3.10)'un sırasıyla diğer girdileri yıllık elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetleridir. Bu maliyetlerin hesaplamaları kısıt olarak ifade edilmiştir. Sipariş, elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetlerinin toplanması sonucu amaç fonksiyonu elde edilmiştir.

3.5.4. Modelin Kısıtları

$$DE_{xt} = \sum_{i=1}^I D_{it} Q_{ix} , \quad \forall x, t \quad (3.11)$$

Denklem (3.11), i ürünü müşteri talepleri ile x malzemesinin üründeki kullanım miktarı ile çarpılmasıyla t dönemde malzeme talep miktarının hesaplanmasını içermektedir.

$$HC_x = \sum_{t=1}^{12} (S_{xt} + SS_x) E_x, \quad \forall x, t \quad (3.12)$$

X malzemesinin elde bulundurma maliyeti denklem (3.12)'de gösterildiği gibi formüle edilir. x malzemesinin stok miktarı ve emniyet stok miktarının toplanarak birim elde bulundurma maliyeti çarpılması sonucu t dönemdeki elde bulundurma maliyeti bulunur. Tüm dönemler için aynı işlem yapılarak dönemlerin elde bulundurma maliyetinin toplanması ile x malzemesinin 12 dönemlik elde bulundurma maliyeti hesaplanır.

$$SP_x = \sum_{t=1}^{12} \sqrt{\left(\frac{DE_{xt} - DEE_x}{12}\right)^2 / 11}, \quad \forall x, t \quad (3.13)$$

Emniyet stokunun hesaplanabilmesi için t dönemde x malzemesinin standart sapma hesaplanması (3.13) denklemindeki gibi formüle edilir. X malzemesinin t dönemdeki talebinden yıllık talep çıkartılıp, 12 döneme bölünerek, karesi alınır ve 11 döneme bölünür. Bu işlem tüm dönemler için yapılarak sonuçların toplamı alınır.

$$SS_x = Z * SP_x \sqrt{LT_x}, \quad \forall x \quad (3.14)$$

Malzeme talebinin belirsiz ve tedarik süresinin belirli olduğu durumlarda emniyet stoku (3.14)'deki denklem ile formüle edilir. X malzemesi için emniyet stoku malzemenin standart sapması, z tablosuna göre %95 güven düzeyi ve kök içinde tedarik süresinin çarpılması sonucu elde edilir.

$$DEE_x = \sum_{t=1}^{12} DE_{xt}, \quad \forall x, t \quad (3.15)$$

X malzemesinin tüm t dönemlerdeki taleplerinin toplanması sonucu (3.15) denklemindeki gibi x malzemesinin yıllık toplam talebi elde edilir.

$$MOQ_x = \sqrt{\frac{2 * DEE_x * OC_x}{E_x}}, \quad \forall x, t \quad (3.16)$$

Sipariş verme maliyeti ve elde bulundurma maliyeti toplamının en minimum olduğu sipariş miktarı Wilson EOQ modeli olarak bilinir. “Talep hızı belirli ve her dönem sabittir” varsayımına sahip EOQ modeli formülü elde bulundurma ve sipariş maliyetinin en minimum olduğu sipariş miktarını hesapladığı için modelde x malzemesi için minimum verilebilecek sipariş miktarı olarak kullanılmıştır. (3.16) denkleminde formüle edildiği gibi x malzemesinin

minimum sipariş miktarı hesabı için yıllık toplam talep, birim sipariş maliyeti ve birim elde bulundurma maliyeti kullanılmıştır.

$$GOQ_{xt} = \begin{cases} DE_{xt} & \text{if } t \leq LT_x, \\ 0 & \text{if } t > LT_x, \end{cases} \quad \forall x, t \quad (3.17)$$

Model 12 dönem için oluşturulmuştur. Tedarik süresine kadar olan dönemler için verilecek siparişler $t-LT_x$ kadar önce verilmesi gerektiği için x malzemesinin tedarik süresine kadar malzeme talebine eşit açılmış siparişi olduğu varsayılmıştır. Bu varsayım (3.17) denkleminde formüle edilir.

$$NOQ_{xt} = \begin{cases} DE_{xt} - GOQ_{xt} - S_{0_{xt}} & \text{if } t = 1, \\ DE_{xt} - GOQ_{xt} - S_{xt-1} & \text{if } t > 1, \end{cases} \quad \forall x, t \quad (3.18)$$

T dönemde x malzemesinin net ihtiyacının hesabı (3.18)'de gösterilen denklemdeki gibi formüle edilir. t dönemde x malzemesinin talebinden açılmış sipariş ve önceki dönemdeki stok miktarının çıkartılması sonucu x malzemesinin net ihtiyacı elde edilir.

$$OQ_{xt} = \begin{cases} 0 & \text{if } NOQ_{xt} \leq 0, \\ MOQ_{xt} & \text{if } 0 < NOQ_{xt} \leq MOQ_{xt}, \\ NOQ_{xt} & \text{if } NOQ_{xt} > MOQ_{xt}, \end{cases} \quad \forall x, t \quad (3.19)$$

T dönemde x malzemesi için verilecek sipariş miktarının hesabını (3.19)'daki denklemde verildiği gibi formüle edilir. Verilecek sipariş miktarının hesaplanması için net ihtiyaç miktarı ile minimum sipariş miktarının karşılaştırması yapılır.

$$TT_{xt} = \begin{cases} 0 & \text{if } OQ_{xt} = 0, \\ 1 & \text{if } OQ_{xt} = 1, \end{cases} \quad \forall x, t \quad (3.20)$$

X malzemesinin t dönemdeki verilen sipariş sayısı (3.20) denklemdeki gibi formüle edilir. T dönemde x malzemesi için sipariş miktarı olan dönemler x malzemesinin t dönemdeki sipariş sayısı olarak elde edilir.

$$S_{xt} = \begin{cases} 0 & \text{if } t = 1 \text{ ve } GOQ_{xt} + OQ_{xt} + S_{0_{xt}} - DE_{xt} \leq 0 \\ GOQ_{xt} + OQ_{xt} + S_{0_{xt}} - DE_{xt} & \text{if } t = 1 \text{ ve } GOQ_{xt} + OQ_{xt} + S_{0_{xt}} - DE_{xt} > 0 \\ 0 & \text{if } t > 1 \text{ ve } GOQ_{xt} + OQ_{xt} + S_{xt-1} - DE_{xt} \leq 0 \\ GOQ_{xt} + OQ_{xt} + S_{xt-1} - DE_{xt} & \text{if } t > 1 \text{ ve } GOQ_{xt} + OQ_{xt} + S_{xt-1} - DE_{xt} > 0 \end{cases} \quad \forall x, t \quad (3.21)$$

T dönemde x malzemesinin stok miktarı (3.21)'deki denklemdeki şekliyle modelde formüle edilir. T dönemde x malzemesi talebinden açılmış sipariş miktarı, verilen sipariş miktarı ve $t-1$ dönemdeki stok miktarı toplamının çıkartılması sonucu t dönemde x malzemesinin stok miktarı elde edilir.

$$KOQ_{xt-LT_x} = \begin{cases} 0 & \text{if } t \leq LT_x, \\ OQ_{xt} & \text{if } t > LT_x, \end{cases} \quad \forall x, t \quad (3.22)$$

X malzemesi için tedarik süresi kadar önce açılacak siparişinin hesabı (3.22)'deki denklemdeki gibi formüle edilir.

$$SOQ_{xt} = \begin{cases} 0 & \text{if } DE_{xt} - (GOQ_{xt} + OQ_{xt} + S_{xt-1}) \leq 0, \\ DE_{xt} - (GOQ_{xt} + OQ_{xt} + S_{xt-1}) & \text{if } DE_{xt} - (GOQ_{xt} + OQ_{xt} + S_{xt-1}) > 0, \end{cases} \quad \forall x, t \quad (3.23)$$

X malzemesinin t dönemde talebi karşılayamama miktarının hesabı (3.23) denklemdeki gibi formüle edilir. X malzemesinin t dönemdeki talebinden açılmış sipariş, verilen sipariş ve bir önceki dönemin stok miktarının çıkartılması sonucu çıkan miktar karşılanamayan talep olarak elde edilir.

$$SOC_x = \sum_{t=1}^{12} SOQ_{xt} O_x, \quad \forall x, t \quad (3.24)$$

X malzemesinin t dönemde karşılanamayan sipariş miktarının birim elde bulundurmama maliyeti ile çarpılması sonucunda elde bulundurmama maliyeti (3.24) denklemi ile formüle edilir.

$$A_x \leq \sum_{x=1}^X S_{xt} + OQ_{xt} + SS_x, \quad \forall x \quad (3.25)$$

X malzemesinin t dönemdeki stok miktarı, verilen sipariş miktarı ve emniyet stok miktarı toplamının x malzemesi için belirlenen depo kapasitesine eşit veya küçük olması gerektiği kısıtı (3.25) deki denklem ile formüle edilir.

$$OQ_{xt}, GOQ_{xt}, NOQ_{xt}, KOQ_{xt}, SOQ_{xt}, S_{xt} \geq 0, \quad \forall x \in \mathbb{N} \quad (3.26)$$

Her bir karar değişkeni negatif olmama ve tam sayı olma kısıtını taşımaktadır. Bu kısıt (3.26)'daki denklem ile formüle edilir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Otomotiv yan sanayisinde cam üretimi yapan firmada yapılan çalışmalar ile 2019 yılı 12 dönemlik ürün talepleri dikkate alınarak son ürünlerin ürün ağacında yer alan birimi adet olan malzemeler için ABC analizi yapılmıştır. Yapılan ABC analizi sonucu A sınıfında seçilen 7 farklı malzeme için firma birim maliyet verileri kullanılarak önerilen matematiksel model LINGO 18.0 programında kapalı formatta ifade edilmiştir. Modelin çözüm sonuçlarına istinaden çözüm raporunun yorumları yapılmıştır. Çözülen model ile verilmesi gereken sipariş miktarları, modeldeki kısıtların sonucu nasıl etkilediği açıklanmıştır. Model çözümüne

alternatif olarak problem verileri MİP sipariş belirleme yöntemleri ile çözülmüş ve sonuçları kurulan model sonuçları ile kıyaslanmıştır. Ek olarak firmanın planlama ekibinin, 2019 yılında malzemeler için verdiği sezgisel siparişler firmadan alınmıştır. Malzeme siparişlerine istinaden toplam maliyet hesaplanmış ve sonuçları model sonuçları ile kıyaslanmıştır.

4.1. Firmaya Ait Veriler

Problemin ele alındığı firma otomotiv cam üretimi yapmaktadır. Veri gizliliği prosedürlerinden ötürü firma isminin gizli tutulmasını talep etmiştir. Tedarikçisi olduğu anlaşmalı otomotiv firmaları için ısıtmalı ön cam, ısıtmasız ön cam, arka cam, yan cam, kelebek camı, kapı camı, ara bölme camı ve otobüs camı üretmektedir. Firma Türkiye ve dünya pazarında kendi sektöründe 1970'lerden beri faaliyet gösteren firmadır. Firma 1300 çalışan ile 21 farklı otomotiv firmasına yılda ortalama 6,3 milyon m² – 8 milyon 700 bin adet üretim yapmaktadır. Üretim günde 3 vardiya ve 8 saat çalışmaktadır.

Çalışmada firmanın MİP problemine çözüm sunabilmek amacıyla; sürekli revize edilen üretim planı yerine 2019 yılında müşteri talebi olan tüm ürünler dikkate alınmıştır. Ürün taleplerinde değişkenliği olmayacağı varsayımı üzerine ürünlerin ürün ağaçlarındaki malzeme belirlenmiştir. Ürün siparişlerine göre malzemelerin birim maliyetleri ve talepleri hesaplanmıştır. Stok kalemleri sayısının çok olduğu firmada stok kontrolünü sağlayabilmek için her malzemenin stok politikası farklı şekillerde uygulanmaktadır. Her malzeme için stok analizi yapmak ekonomik olmayacağı için malzemeleri kategorilere ayırmak için ABC analiz yöntemi kullanılmıştır. ABC analizi sonucu modelde kullanılmak üzere ön cam malzemeleri belirlenmiştir. Modelde kullanılmak üzere seçilen ön cam malzemelerinin girdi verileri firmadan alınmıştır.

4.1.1. ABC Analizi

ABC analizinde yüksek değerli malzemeler A, orta değerli malzemeler B ve düşük değerli malzemeler C sınıfında değerlendirilmiştir. 78 kalem malzemenin yıllık kullanım miktarı malzemenin bağlı olduğu ürün ağacındaki kullanım sayısı ile ürünün talep miktarının çarpılması sonucu elde edilmiştir. Malzemelerin yıllık satın alma harcaması da malzemelerin birim satın alma maliyeti ile malzemelerin yıllık kullanım miktarlarının çarpılması sonucu elde edilmiştir. Malzeme kalemlerinin üründe kullanım miktarı, yıllık ürün talepleri, yıllık

kullanım miktarı, birim satın alma fiyatları ve yıllık satın alma harcamaları Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. ABC analiz verileri

Malzeme No	Malzeme Tanım	Üründe Kullanım Miktarı (ad.)	Satış Miktar (ad.)	Yıllık Kullanım Miktarı (ad.)	Birim Satın Alma Fiyatı (TL)	Yıllık Satın Alma Fiyatı (TL)
A11	Ön Cam Braket	1	125.624	125.624	35.44	4.452.115
D11	Ön Cam Molding	1	59.228	59.228	42.73	2.530.649
A12	Ön Cam Profil	1	188.382	188.382	13.90	2.618.510
C11	Ön Cam Molding	1	38.009	38.009	46.49	1.766.832
A13	Ön Cam Profil	1	129.367	129.367	14.11	1.825.368
B11	Ön Cam Molding	1	36.266	36.266	44.22	1.603.734
B12	Ön Cam Braket	1	26.351	26.351	56.10	1.478.384
A31	Arka Cam Klips	2	129.897	259.793	4.61	1.197.127
A14	Ön Cam Profil	1	65.072	65.072	15.31	996.252
A15	Ön Cam Braket	1	62.517	62.517	14.74	921.501
D41	Kapı Cam Holder	2	164.731	329.461	2.11	694.988
D12	Ön Cam Molding	1	38.009	38.009	16.07	610.626
A16	Ön Cam Ayna Plaketi	1	211.511	211.511	2.85	602.806
C12	Ön Cam Yağmur Sensörü	1	8.859	8.859	64.63	572.538
A21	Yan Cam Metal Tapa	3	35.482	106.446	3.79	403.734
D13	Ön Cam Molding	1	64.039	64.039	6.20	396.766
D42	Kapı Cam Holder	2	90.470	180.940	2.19	395.590
D43	Kapı Cam Holder	2	90.246	180.492	2.17	392.089
D14	Ön Cam Braket	1	59.442	59.442	6.42	381.571
A17	Ön Cam Pin	2	183.919	367.838	1.04	382.552
B13	Ön Cam Ayna Plaketi	1	125.331	125.331	3.07	385.192
A18	Ön Cam Fitol	1	158.453	158.453	2.32	367.768
A22	Yan Cam Kilitli Mandal	1	28.982	28.982	11.99	347.380
A19	Ön Cam Fitol	1	118.453	118.453	2.32	274.928
A23	Yan Cam Fitol	1	34.005	34.005	8.03	273.154

Çizelge 4.1. (devam)

A110	Ön Cam Spacer	2	685.168	1.370.336	0.19	264.182
A24	Yan Cam Locator	2	131.487	262.973	0.96	251.651
D15	Ön Cam Molding	1	4.811	4.811	52.04	250.356
A111	Ön Cam Braket	1	6.366	6.366	37.44	238.340
B14	Ön Cam Ayna Plaketi	1	66.721	66.721	3.07	205.060
A32	Arka Cam Klips	2	108.771	217.542	0.90	195.026

A25	Yan Cam Metal Mentese	1	35.482	35.482	5.15	182.659
A26	Yan Cam Metal Mentese	1	35.482	35.482	5.15	182.659
D16	Ön Cam Stoper	2	103.870	207.740	0.84	174.128
A27	Yan Cam Fitol	1	35.482	35.482	4.46	158.150
D51	Kelebek Cam Kızak Lastiği	1	163.845	163.845	0.96	156.790
C13	Ön Cam Ayna Plaketi	1	51.684	51.684	2.93	151.624
A28	Yan Cam Locator	2	103.668	207.336	0.68	140.479
A29	Yan Cam Fitol	1	13.199	13.199	9.78	129.068
A112	Ön Cam Yağmur Sensörü	1	32.644	32.644	3.91	127.690
A113	Ön Cam Profil	1	9.272	9.272	13.20	122.399
A210	Yan Cam Pin	2	60.010	120.019	0.98	117.870
A114	Ön Cam Pim	2	55.086	110.171	1.07	117.740
A211	Yan Cam Kilitli Mandal	1	6.501	6.501	15.27	99.257
D44	Kapı Cam Kızak Lastiği	1	164.731	164.731	0.56	92.051
B21	Yan Cam Molding	1	1.542	1.542	57.42	88.537
A212	Yan Cam Locator	1	84.191	84.191	1.03	87.035
D17	Ön Cam Bant	4	59.444	237.776	0.36	86.365
A213	Yan Cam Locator	2	58.132	116.263	0.68	79.586
A214	Yan Cam Mandal Tabanı	1	35.482	35.482	2.11	74.848
A215	Yan Cam Gromet	3	35.482	106.446	0.66	70.635
A115	Ön Cam Braket	1	1.354	1.354	44.98	60.908
A33	Arka Cam Locator	2	30.025	60.049	0.74	44.461
A116	Ön Cam Locator	2	129.965	259.929	0.17	43.211
C14	Ön Cam Ayna Plaketi	4	16.825	67.300	0.63	42.308
C15	Ön Cam Ayna Plaketi	1	12.886	12.886	3.21	41.404
A216	Yan Cam Pin	2	18.900	37.800	1.05	39.869
D18	Ön Cam Braket	2	38.009	76.017	0.45	33.983
B15	Ön Cam Braket	1	3.966	3.966	8.38	33.243
A217	Yan Cam Mandal	1	35.482	35.482	0.92	32.715
A117	Ön Cam Konnektör Ucu	2	19.076	38.151	0.64	24.517
A218	Yan Cam Mentese Süngeri	2	35.482	70.964	0.33	23.743
A219	Yan Cam Spacer	2	58.132	116.263	0.19	22.414
A220	Yan Cam Mentese Tapası	2	35.482	70.964	0.31	21.810
B31	Arka Cam Klips	1	16.413	16.413	1.33	21.793
B32	Arka Cam Klips	1	16.413	16.413	1.33	21.793
E51	Kelebek Cam Klips	1	12.029	12.029	1.79	21.509

Çizelge 4.1. (devam)

E52	Kelebek Cam Klips	1	12.029	12.029	1.79	21.509
A221	Yan Cam Mentese Vidası	2	35.482	70.964	0.26	18.340
E53	Kelebek Cam Klips	3	24.090	72.270	0.21	15.397
B41	Kapı Cam Pin	1	9.993	9.993	1.49	14.937

A222	Yan Cam Locator	2	6.857	13.713	0.99	13.602
A118	Ön Cam Braket	1	1.479	1.479	8.51	12.589
A119	Ön Cam Braket	1	1.174	1.174	10.55	12.377
E54	Kelebek Cam Klips	3	24.090	72.270	0.13	9.288
A223	Yan Cam Metal Vida	1	35.482	35.482	0.26	9.170
B42	Kapı Cam Pin	2	1.542	3.084	1.05	3.231
A120	Ön Cam Locator	2	1.119	2.238	0.49	1.094

ABC sınıflandırması yapılırken tüm malzemelerin yıllık satın alma harcamaları büyükten küçüğe sıralanmıştır. Sıralaması yapılan yıllık satın alma harcamalarının toplam yıllık satın alma harcamaları içindeki yüzdesi bulunmuştur. Toplam satın almalar içindeki yüzdeleri birikimli olarak hesaplanmıştır. Malzemelerin birikimli malzeme kalem sayısı da hesaplanarak ABC sınıflarına ayrılmıştır. Sınıflara ayırma işlemi için yapılırken materyal bölümünde bahsedildiği şekliyle malzemelerin toplam stok değerinin %75-80'i A sınıfı, malzemelerin toplam stok değerinin %10-15'i B sınıfı, malzemelerin toplam stok değerinin %5-10'u C sınıfı olarak kabul edilmiştir. Yapılan ABC analizi sonuçları Çizelge 4.2'deki gibidir.

Çizelge 4.2. ABC analiz sonuçları

Malzeme No	Yıllık Satın Alma Maliyeti (tl)	Toplam Satın Almalar İçindeki Yüzdesi (%)	Birikimli Satın Almalar Yüzdeleri (%)	Birikimli Malzeme Kalemi Sayısı (%)	Sınıflama (A/B/C)
A11	4.452.115	14.66	14.66	1.59	A
D11	2.530.649	8.33	22.99	2.34	A
A12	2.618.510	8.62	31.61	4.73	A
C11	1.766.832	5.82	37.42	5.21	A
A13	1.825.368	6.01	43.43	6.85	A
B11	1.603.734	5.28	48.71	7.30	A
B12	1.478.384	4.87	53.58	7.64	A
A31	1.197.127	3.94	57.52	10.93	A
A14	996.252	3.28	60.80	11.75	A
A15	921.501	3.03	63.83	12.54	A
D41	694.988	2.29	66.12	16.71	A
D12	610.626	2.01	68.13	17.20	A
A16	602.806	1.98	70.11	19.87	A
C12	572.538	1.88	72.00	19.99	A
A21	403.734	1.33	73.33	21.33	A
D13	396.766	1.31	74.63	22.15	A

Çizelge 4.2. (devam)

D42	395.590	1.30	75.94	24.44	A
D43	392.089	1.29	77.23	26.72	A

D14	381.571	1.26	78.48	27.47	A
A17	382.552	1.26	79.74	32.13	A
B13	385.192	1.27	81.01	33.72	B
A18	367.768	1.21	82.22	35.73	B
A22	347.380	1.14	83.36	36.09	B
A19	274.928	0.91	84.27	37.59	B
A23	273.154	0.90	85.17	38.02	B
A110	264.182	0.87	86.04	55.37	B
A24	251.651	0.83	86.87	58.70	B
D15	250.356	0.82	87.69	58.76	B
A111	238.340	0.78	88.48	58.85	B
B14	205.060	0.68	89.15	59.69	B
A32	195.026	0.64	89.79	62.44	B
A25	182.659	0.60	90.39	62.89	B
A26	182.659	0.60	91.00	63.34	B
D16	174.128	0.57	91.57	65.97	B
A27	158.150	0.52	92.09	66.42	B
D51	156.790	0.52	92.61	68.50	B
C13	151.624	0.50	93.10	69.15	B
A28	140.479	0.46	93.57	71.78	B
A29	129.068	0.42	93.99	71.94	B
A112	127.690	0.42	94.41	72.36	B
A113	122.399	0.40	94.81	72.48	B
A210	117.870	0.39	95.20	73.99	C
A114	117.740	0.39	95.59	75.39	C
A211	99.257	0.33	95.92	75.47	C
D44	92.051	0.30	96.22	77.56	C
B21	88.537	0.29	96.51	77.58	C
A212	87.035	0.29	96.80	78.64	C
D17	86.365	0.28	97.08	81.65	C
A213	79.586	0.26	97.34	83.13	C
A214	74.848	0.25	97.59	83.58	C
A215	70.635	0.23	97.82	84.92	C
A115	60.908	0.20	98.02	84.94	C
A33	44.461	0.15	98.17	85.70	C
A116	43.211	0.14	98.31	88.99	C
C14	42.308	0.14	98.45	89.84	C
C15	41.404	0.14	98.59	90.01	C
A216	39.869	0.13	98.72	90.49	C
D18	33.983	0.11	98.83	91.45	C
B15	33.243	0.11	98.94	91.50	C
A217	32.715	0.11	99.05	91.95	C
A117	24.517	0.08	99.13	92.43	C
A218	23.743	0.08	99.21	93.33	C
A219	22.414	0.07	99.28	94.80	C
A220	21.810	0.07	99.35	95.70	C
B31	21.793	0.07	99.42	95.91	C
B32	21.793	0.07	99.50	96.12	C

Çizelge 4.2. (devam)

E51	21.509	0.07	99.57	96.27	C
-----	--------	------	-------	-------	---

E52	21.509	0.07	99.64	96.42	C
A221	18.340	0.06	99.70	97.32	C
E53	15.397	0.05	99.75	98.23	C
B41	14.937	0.05	99.80	98.36	C
A222	13.602	0.04	99.84	98.53	C
A118	12.589	0.04	99.88	98.55	C
A119	12.377	0.04	99.92	98.57	C
E54	9.288	0.03	99.96	99.48	C
A223	9.170	0.03	99.99	99.93	C
B42	3.231	0.01	100.00	99.97	C
A120	1.094	0.00	100.00	100.00	C
Toplam	30.377.558	100.00			

Yapılan ABC analizi sonucu 78 kalem malzemenin 20 kalemi A sınıfı malzemesi, 21 kalem B sınıfı malzemesi ve 37 kalem malzeme de C sınıfı malzemesi olarak elde edilmiştir. A sınıfı malzemeler stok maliyetinin en yüksek olduğu malzemeler olduğu için kritik malzemelerdir ve sıklıkla kontrol edilmesi gereklidir. A sınıfında yer alan malzemelerin, %35'i A müşterisi ön cam malzemeleri, %20'si D müşterisi ön cam malzemeleri, %15'i D müşterisi kapı camı malzemeleri, %10'u C müşterisi ön cam malzemeleri, %10'u B müşterisi ön cam malzemeleri, %10'u A müşterisi arka cam ve yan cam malzemeleridir. Yapılacak çalışmada firmanın A sınıfı malzemeleri arasından seçim yapılarak MİP çalışması oluşturulmuştur. A sınıfındaki malzemeler arasından seçim yapılırken ABC analizi yapılan tüm malzemelerin %50'sini oluşturan ve A sınıfı malzemelerin %35'ini oluşturan A otomotiv firmasının ön cam malzemeleri seçilmiştir. A müşterisinin EDI portalı ile firmaya gönderdiği senelik taleplerinin doğruluğu teyit edildiği için bu firmanın malzemelerinin seçilmesinin modelin veri doğruluğu açısından önemli katkısı olacağı düşünülmüştür.

4.1.2. Modelde Kullanılan Girdi Verileri

Modelde kullanılmak üzere A müşterisinin otomotiv ön camında kullanılan malzemelerinden A11, A12, A13, A14, A15, A16 ve A17 olmak üzere 7 farklı malzeme belirlenmiştir.

Malzemeleri ürün ağacında içeren tüm ürünlerin 2019 yılı 12 dönemlik talepleri malzeme bazında Çizelge 4.3'teki gibi gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Ürünlerin malzeme bazında dönemlik talepleri (ad.)

DE _{yt}	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
A11	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259

A12	16.244	15.609	16.989	16.323	13.299	11.108	16.778	16.392	17.538	16.868	15.230	16.004
A13	11.492	10.192	11.782	12.262	9.824	8.944	12.905	10.041	13.418	8.240	10.272	9.995
A14	4.254	4.308	5.952	5.678	6.139	5.082	5.109	7.348	5.843	4.718	5.138	5.503
A15	6.405	5.838	4.827	5.466	3.435	5.090	5.137	4.936	5.841	5.141	5.426	4.975
A16	19.238	18.405	20.198	19.603	15.721	13.085	18.767	16.321	18.871	17.258	16.491	17.553
A17	32.490	31.218	34.028	32.646	26.598	22.218	33.556	32.784	35.086	33.736	30.470	32.008

Modelde kullanılan malzemelerin ürün başına kullanım miktarı, tedarik süresi ve depo kapasitesi Çizelge 4.4'deki gibi gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Modelde kullanılan malzemelerin ürün başına kullanım miktarı, tedarik süresi ve depo kısıtı

Malzeme No	Malzeme Tanımı	Ürün Başına Kullanım Miktarı (ad.)	Tedarik Süresi (ay)	Depo Kısıtı (ad.)
A11	Ön Cam Braket	1	2	19.200
A12	Ön Cam Profil	1	3	35.000
A13	Ön Cam Profil	1	3	20.000
A14	Ön Cam Profil	1	3	18.000
A15	Ön Cam Braket	1	1	12.000
A16	Ön Cam Ayna Plaketi	1	1	30.000
A17	Ön Cam Pin	2	2	60.000

Firmaya ait verilerin yer aldığı Çizelge 4.2 incelendiğinde malzemelerin ürün başına kullanım miktarı, ürünlerin ürün ağacı bilgilerinden elde edilmiştir. Malzemelerin tedarik süresi malzemelerin alındığı tedarikçi firmaların malzemeleri teslim etme süresi olarak değerlendirilmiştir. Depo kapasitesi firma malzeme, ambar ve MİP ekipleri ile yapılan çalışmalar sonucu depoda ilgili malzemeler için tutulabilecek miktar olarak belirlenmiştir. İlgili malzemeler kutu içinde paletler ile firmaya teslim edildiği için depo kapasitesi belirlenirken malzemelerin depoda kaplayacağı alan, kutu içi adedi ile kaç palet stok tutulabileceği çarpılarak elde edilmiştir.

Firmanın üretim yapabilmek için tedarik ettiği malzemelerin sipariş verme, satın alma, elde bulundurma ve elde bulundurmama birim maliyetleri Çizelge 4.5'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.5. Modelde kullanılan malzemelerin birim maliyetleri (TL)

Malzeme No	Malzeme Tanımı	Birim Sipariş Verme Maliyeti	Birim Satın Alma Maliyeti	Birim Elde Bulundurma Maliyeti (tl)	Birim Elde Bulundurmama Maliyeti (tl)
------------	----------------	------------------------------	---------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

		(tl)	(tl)		
A11	Ön Cam Braket	3.411	35.44	8.50	212
A12	Ön Cam Profil	2.211	13.90	3.34	212
A13	Ön Cam Profil	1.461	14.11	3.39	212
A14	Ön Cam Profil	761	15.31	3.67	212
A15	Ön Cam Braket	828	14.74	3.54	212
A16	Ön Cam Ayna Plaketi	495	2.85	0.68	212
A17	Ön Cam Pin	326	1.04	0.25	212

Siparişlerin onaylanması, siparişlerin verilmesi, ürünler firmaya ulaştığında depoya kabulünün yapılması, faturalama işlemleri, lojistik maliyetleri, ödeme işlemleri, personel ücreti, kırtasiye masrafları gibi masraflar birim sipariş maliyetini oluşturur. Firmanın ürünü üretebilmek için dışarıdan tedarik ettiği malzemeler için ödediği tutar birim satın alma maliyetidir. Firma satın alma bölümü birim sipariş maliyeti ve birim satın alma maliyetini her malzeme için Çizelge 4.5’de gösterildiği gibi belirlemiştir.

Elde bulundurma maliyeti birim fırsat maliyeti, sigorta ve vergi maliyeti, kırılma, yıpranma ve fire maliyeti, depolama maliyeti gibi maliyetlerden oluşur. Firma tedarik zinciri müdürlüğü bölümlerinin yaptıkları hesaplamalar sonucu dışarıdan tedarik edilen malzemeler elde bulundurma maliyetinin hesaplanması için birim faiz oranını %15 vergi ve sigorta oranını %2, yıpranma payını %1, depolama maliyetini %6 olarak belirlemiş olup çalışmada bu veriler kullanılmıştır. Tüm elde bulundurma oranlarının toplamının malzemelerin satın alma maliyetleri ile çarpılması sonucu malzemelerin birim elde bulundurma maliyeti Çizelge 4.5’de gösterildiği gibi belirlemiştir.

Elde bulundurmama maliyeti, ürün talebinin tedarik süresinde müşteriye sevk edilememesinden kaynaklı oluşan müşteri duruş maliyetleri veya üretim için gerekli malzemelerin yokluğundan hat duruş maliyetleri dikkate alınarak hesaplanır. Firma otomotiv sektöründe faaliyet gösterdiği için müşteriye ürün sevk edememesinden kaynaklı saatlik duruş maliyetleri 100.000 TL’nin üzerindedir. Bu sebeple firma yetkililerinden, öngörülemeyen durumlar olmadığı sürece müşterileri duruş maliyetine katlanmadıkları bilgisi alınmıştır. Firma belirli sebeplerden ötürü müşteri taleplerini zamanında karşılamayacağını ön gördüğünde, müşteri ile irtibata geçip ürün siparişlerini erteleme talebinde bulunmaktadır. Bu sebeple birim elde bulundurmama maliyeti hesaplanmasına müşteri duruş maliyetleri katılmamıştır. Firmanın herhangi bir hatadan ya da arızadan dolayı yaşadığı duruşlar SAP

sisteminde takip edilmektedir. Elde bulundurmama maliyeti hesabı için hatların tüm vardiyalardaki ortalama malzeme duruşları kullanılmıştır. Tüm vardiyalardaki aylık ortalama malzeme yokluğu kaynaklı duruşlar 2.212 vardiya olarak kullanılmıştır. Üretim hattının aylık toplam çalışma süresine bölünerek vardiyadaki duruş miktarı 0.029 vardiya olarak hesaplanmıştır. Vardiyadaki duruş miktarı bir vardiya üretim hattını durdurma maliyeti olan 7.189 TL ile çarpılarak birim elde bulundurmama maliyeti Çizelge 4.5’de gösterildiği gibi elde edilmiştir.

4.2. Matematiksel Model Çözümü ve Sonuçları

Geliştirilen MINLP matematiksel modelin kodlamaları EK 1’de gösterilmektedir. Firma verileri kullanılarak kurulan modelin kodlarının LINGO 18.0 programında çözdürülmüş ve EK 2’de gösterilen model sonuçları elde edilmiştir. Model sonucu amaç fonksiyonu değeri 1.434.046 TL’dir. Model sonucu toplam değişken sayısı 728 ve doğrusal olmayan değişken sayısı 441’dir. Firma ürün talepleri ve kısıtları ile oluşturulan modelin çözümü sonucunda dönem talepleri, açılmış siparişler, emniyet stokları, net ihtiyaçlar, verilen siparişler, dönem stokları, siparişlerin hangi dönemde ve ne kadar miktarda açılacağı, elde bulundurma maliyetleri, sipariş maliyetleri ve toplam maliyetleri elde edilmiştir. EK 2’de modelin çözümü sonucunda amaç fonksiyonu ve kısıtlamaların ekonomik yorumlamaları da yapılmıştır.

Modelde ürün taleplerinin malzemenin bağlı olduğu ürünün ürün ağacındaki kullanım miktarı ile çarptırılması sonucu elde edilen malzeme taleplerinin LINGO program çözüm raporunda “Value” sütununda Türkçe karşılığı ile “Değer” sütununda hangi malzemedен ne kadar talep edildiği Çizelge 4.6’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Model çözümü sonucu malzeme talepleri (ad.)

M	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A11	DE _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
A12	DE _x	16.244	15.609	16.989	16.323	13.299	11.108	16.778	16.392	17.538	16.868	15.230	16.004
A13	DE _x	11.492	10.192	11.782	12.262	9.824	8.944	12.905	10.041	13.418	8.240	10.272	9.995
A14	DE _x	4.254	4.308	5.952	5.678	6.139	5.082	5.109	7.348	5.843	4.718	5.138	5.503
A15	DE _x	6.405	5.838	4.827	5.466	3.435	5.090	5.137	4.936	5.841	5.141	5.426	4.975
A16	DE _x	19.238	18.405	20.198	19.603	15.721	13.085	18.767	16.321	18.871	17.258	16.491	17.553
A17	DE _x	32.490	31.218	34.028	32.646	26.598	22.218	33.556	32.784	35.086	33.736	30.470	32.008

LINGO programının çözdürülmesi sonucu elde edilen malzeme taleplerinin çözümde yer alıp almadığını veya çözüme dahil edilirse amaç fonksiyonunda nasıl bir değişim olacağını yorumlamak için kullanılan “Reduced Cost” değeri Türkçe çevirisi ile “İndirgenmiş Maliyet” değeri EK 2’de DE_x satırlarında görüleceği üzere 0’dır. İndirgenmiş maliyetin 0 olması tüm taleplerin çözümde yer aldığı anlamına gelmektedir.

Çözüm raporunda 2-86 satırları arası DE_x ile ilgili kısıtların çözümü sonucu oluşan “Slack or Surplus” değeri Türkçe çevirisi ile “Aylak/Artık Değişkenler” ve “Dual Price” değeri Türkçe çevirisi ile “Gölge Fiyat” değerleri verilmiştir. Kısıtlara eklenen aylak/artık değişken sütunundaki değerler hangi kaynaktan ne kadar kullanıldığını ifade etmektedir. Tüm DE_x kısıtı ile ilgili satırlarda değer 0 olması en iyi çözümde ilgili kaynakların tamamen kullanıldığı göstermektedir. Gölge fiyat kısıtlarda yer alan sağ taraf sabitlerinin bir birim artış/azalış göstermesi amaç fonksiyonunun o bir birimlik artış/azalışından nasıl etkilendiğini göstermektedir. DE_x ile ilgili kısıtların yer aldığı satırlar incelendiğinde sağ taraf sabitlerinin bir birimlik artışının amaç fonksiyonunun gölge fiyatı kadar artacağı gösterilmektedir.

Model çözümü sonucu hesaplanan emniyet stokları ve malzeme taleplerinden açılmış sipariş ve o dönem gelecek siparişlerin çıkartılması ile elde hesaplanan ve depo kısıtı ile minimize edilen dönem stoklarını çözüm raporunda değer sütununda SS_x ve S_x satırlarında Çizelge 4.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. Model çözümü sonucu emniyet stoku ve dönem stoku hesaplamaları (ad.)

M	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A11	SS _x	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
	S _x	0	0	0	0	1.666	4.532	3.315	247	0	0	0	0
A12	SS _x	5.163	5.163	5.163	5.163	5.163	5.163	5.163	5.163	5.163	5.163	5.163	5.163
	S _x	0	0	0	0	2.494	7.179	6.194	5.595	3.850	2.775	3.338	3.127
A13	SS _x	4.534	4.534	4.534	4.534	4.534	4.534	4.534	4.534	4.534	4.534	4.534	4.534
	S _x	0	0	0	0	736	2.352	7	526	0	2.320	2.608	3.173
A14	SS _x	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460
	S _x	0	0	0	0	0	113	199	0	0	477	534	226
A15	SS _x	1.197	1.197	1.197	1.197	1.197	1.197	1.197	1.197	1.197	1.197	1.197	1.197
	S _x	0	0	581	523	2.496	2.814	3.085	3.557	3.124	3.391	3.373	3.806
A16	SS _x	3.299	3.299	3.299	3.299	3.299	3.299	3.299	3.299	3.299	3.299	3.299	3.299
	S _x	0	0	0	0	1.827	6.290	5.071	6.298	4.975	5.265	6.322	6.317
A17	SS _x	8.440	8.440	8.440	8.440	8.440	8.440	8.440	8.440	8.440	8.440	8.440	8.440
	S _x	0	0	0	0	4.752	13.884	11.678	10.244	6.508	4.122	5.002	4.344

Çözüm raporuna göre SS_x hesabı sonucu indirgenmiş maliyet sütununun 0 olması ile tüm SS_x değerlerinin çözümde yer aldığı yorumu yapılmaktadır. S_x değerleri için ise indirgenmiş maliyet sütununda yer alan değer satırları için çözümde bu miktarların yer almadığını ve bu satırlardan bir birim için amaç fonksiyonunun ne miktarda değişiklik göstereceği analiz edilmektedir.

Çözüm raporunda SS_x kısıtlarının yer aldığı 86-92 satır aralığı ve S_x kısıtlarının yer aldığı 534-617 satır aralığı için aylak/artık değişken sütunları 0'dır. Tüm kısıtlar çözümde kullanılmıştır. Gölge fiyat sütunu için sağ taraf sabitlerinin bir birimlik artışının amaç fonksiyonunun satırlarda verilen gölge fiyatı kadar artacağı yorumunu yapılmaktadır.

Model çözümü sonucu hesaplanan net ihtiyaç, verilen sipariş miktarları ve hesaplanan siparişlerinin hangi dönemde verileceğinin hesaplamasını çözüm raporunda değer sütununda NOQ_x, OQ_x ve KOQ_x satırlarında Çizelge 4.8'deki gibi gösterilmektedir. Ek olarak Çizelge

4.8’de OQ_x miktarının hesaplanmasında kısıt olarak yazılan MOQ_x miktarının hesaplarını da yer almaktadır.

Çizelge 4.8. Model çözüm sonucu minimum sipariş miktarı, net ihtiyaç, verilen sipariş ve hangi dönem sipariş verileceği hesaplamaları (ad.)

M	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A11	MOQ _x	10.041	10.041	10.041	10.041	10.041	10.041	10.041	10.041	10.041	10.041	10.041	10.041
	NOQ _x	0	0	10.496	10.435	8.375	5.509	6.726	9.794	10.764	11.219	10.677	11.259
	OQ _x	0	0	10.496	10.435	10.041	10.041	10.041	10.041	10.764	11.219	10.677	11.259
	KOQ _x	10.496	10.435	10.041	10.041	10.041	10.041	10.764	11.219	10.677	11.259	0	0
A12	MOQ _x	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793
	NOQ _x	0	0	0	16.323	13.299	8.614	9.599	10.198	11.943	13.018	12.455	12.666
	OQ _x	0	0	0	16.323	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793
	KOQ _x	16.323	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	15.793	0	0	0
A13	MOQ _x	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560
	NOQ _x	0	0	0	12.262	9.824	8.208	10.553	10.034	12.892	8.240	7.952	7.387
	OQ _x	0	0	0	12.262	10.560	10.560	10.560	10.560	12.892	10.560	10.560	10.560
	KOQ _x	12.262	10.560	10.560	10.560	10.560	12.892	10.560	10.560	10.560	0	0	0
A14	MOQ _x	5.195	5.195	5.195	5.195	5.195	5.195	5.195	5.195	5.195	5.195	5.195	5.195
	NOQ _x	0	0	0	5.678	6.139	5.082	4.996	7.149	5.843	4.718	4.661	4.969
	OQ _x	0	0	0	5.678	6.139	5.195	5.195	7.149	5.843	5.195	5.195	5.195
	KOQ _x	5.678	6.139	5.195	5.195	7.149	5.843	5.195	5.195	5.195	0	0	0
A15	MOQ _x	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408
	NOQ _x	0	5.838	4.827	4.885	2.912	2.594	2.323	1.851	2.284	2.017	2.035	1.602
	OQ _x	0	5.838	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408
	KOQ _x	5.838	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	5.408	0
A16	MOQ _x	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548
	NOQ _x	0	18.405	20.198	19.603	15.721	11.258	12.477	11.250	12.573	12.283	11.226	11.231
	OQ _x	0	18.405	20.198	19.603	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548
	KOQ _x	18.405	20.198	19.603	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	17.548	0

Çizelge 4.8. (devam)

A17	MOQ _x	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350
	NOQ _x	0	0	34.028	32.646	26.598	17.466	19.672	21.106	24.842	27.228	26.348	27.006
	OQ _x	0	0	34.028	32.646	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350
	KOQ _x	34.028	32.646	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	31.350	0	0

Çözüm raporunda NOQ_x, OQ_x ve KOQ_x hesaplarının yer aldığı satırlarda indirgenmiş maliyet değerlerinin çoğu satır için 0 olduğunu görülür. Çoğu satır çözümde yer alırken değer yazılı olan satırların çözümde yer alması istenirse amaç fonksiyonunun hangi miktarda artacağını analiz edilir.

Çözüm raporunda NOQ_x kısıtlarının yer aldığı 282-365 satırları, OQ_x kısıtlarının yer aldığı 366-378 satırları arası ve KOQ_x kısıtlarının yer aldığı 618-686 satırları arası içi aylak/artık değişken sütunları 0'dır. Tüm kısıtlar çözümde kullanılmıştır. Gölge fiyat sütunu için sağ taraf sabitlerinin bir birimlik artışının amaç fonksiyonunun satırlarda verilen gölge fiyatı kadar artacağı yorumunu yapılır.

Çözüm raporunda elde bulundurulmama miktar değerleri 0'dır. SOQ_x değerinin 0 olması istenilen bir durumdur. Tüm taleplerin karşılandığını teyit etmek için kullandığımız bir kısıttır. Herhangi bir sebeple talepleri karşılayamama durumuna karşı SOQ_x ve SOQ_x'e bağlı oluşacak elde bulundurmama maliyetinin hesaplanması gereklidir. SOC_x'in hesaplanması ile o ay ilgili malzemenin elde olmayışından kaynaklı oluşacak maliyetin bilinmesi analizler için gerekli olduğunda önemli bir kısıttır. Yapılan analizler sonucu malzemenin elde olmayışının erken fark edilmesi konu ile ilgili önceden aksiyon alması bakımından gereklidir.

Modelin çözdürülmesi sonucu amaç fonksiyonu verileri olan sipariş maliyeti, elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetlerini çözüm sonucunda değer sütununda SOC_x, OC_x ve HC_x olarak ve maliyet toplamlarını TC_x Çizelge 4.9'daki gibidir.

Çizelge 4.9. Model çözüm sonucu amaç fonksiyonu hesaplamaları (TL)

M	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A11	SOC _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC _x	0	0	3.410	3.410	3.410	3.410	3.410	3.410	3.410	3.410	3.410	3.410
	HC _x	29.766	29.766	29.766	29.766	43.935	68.309	57.959	31.867	29.766	29.766	29.766	29.766
	TC _x	29.766	29.766	33.176	33.176	47.345	71.719	61.369	35.277	33.176	33.176	33.176	33.176
A12	SOC _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC _x	0	0	0	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210
	HC _x	17.219	17.219	17.219	17.219	25.537	41.162	37.877	35.879	30.060	26.474	28.352	27.648
	TC _x	17.219	17.219	17.219	19.429	27.747	43.372	40.087	38.089	32.270	28.684	30.562	29.858
A13	SOC _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC _x	0	0	0	1.460	1.460	1.460	1.460	1.460	1.460	1.460	1.460	1.460
	HC _x	15.355	15.355	15.355	15.355	17.847	23.320	15.378	17.136	15.355	23.211	24.187	26.100
	TC _x	15.355	15.355	15.355	16.815	19.307	24.780	16.838	18.596	16.815	24.671	25.647	27.560
A14	SOC _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC _x	0	0	0	761	761	761	761	761	761	761	761	761
	HC _x	9.040	9.040	9.040	9.040	9.040	9.455	9.772	9.040	9.040	10.793	11.003	9.871
	TC _x	9.040	9.040	9.040	9.801	9.801	10.216	10.533	9.801	9.801	11.554	11.764	10.632
A15	SOC _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC _x	0	828	828	828	828	828	828	828	828	828	828	828
	HC _x	4.235	4.235	6.290	6.085	13.064	14.189	15.148	16.818	15.286	16.230	16.167	17.699
	TC _x	4.235	5.063	7.118	6.913	13.892	15.017	15.976	17.646	16.114	17.058	16.995	18.527
A16	SOC _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC _x	0	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495
	HC _x	2.258	2.258	2.258	2.258	3.508	6.562	5.728	6.567	5.662	5.860	6.584	6.580
	TC _x	2.258	2.753	2.753	2.753	4.003	7.057	6.223	7.062	6.157	6.355	7.079	7.075

Çizelge 4.9. (devam)

A17	SOC _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC _x	0	0	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326
	HC _x	2.103	2.103	2.103	2.103	3.287	5.563	5.013	4.656	3.725	3.130	3.350	3.186
	TC _x	2.103	2.103	2.429	2.429	3.613	5.889	5.339	4.982	4.051	3.456	3.676	3.512
T		1.434.046											

Çözüm raporuna göre SOC_x, OC_x ve HC_x hesabı sonucu indirgenmiş maliyet sütununun 0 olması ile tüm değerlerin çözümde yer aldığını gösterir.

Çözüm raporunda amaç fonksiyonu satırında gölge fiyat sütunu için sağ taraf sabitlerinin bir birimlik artışının amaç fonksiyonunun satırda verilen gölge fiyatı kadar artacağı yorumunu yapılır.

4.3. MİP Sipariş Miktarı Belirleme Yöntemleri ile Sipariş Miktarı Hesaplamaları

Kurulan MİP modeli çözümüne alternatif olarak statik sipariş belirleme yöntemlerinden LFL, FOQ, EOQ, MEOQ, FPQ, POQ ve dinamik sipariş belirleme yöntemlerinden WW yöntemleri kullanılarak modelde kullanılan malzemelerin sipariş miktarı ve toplam maliyetleri hesaplanmıştır. Modelde kullanılan ve ABC analizinde A sınıfındaki ilk malzeme için tüm yöntemlerin çözümü örnek olarak hesaplanmıştır. A11 malzemesi için girdi verileri $E_x = 8.5$ TL, $OC_x = 3.410$ TL, $LT_x = 2$ ve tüm dönemlerde elde bulundurulmuş $SS_x = 3.500$ adet olarak alınmıştır.

4.3.1. LFL Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması

Elde bulundurma maliyetinin en aza indirilmesini sağlamak için net gereksinim kadar sipariş verilmesini sağlayan LFL yöntemi ile A11 malzemesinin çözüm verileri Çizelge 4.10'daki gibi gösterilmiştir. Çözümde malzeme talepleri kadar sipariş verildiği için her dönem sipariş maliyeti oluşmaktadır.

Çizelge 4.10. LFL yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.)

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DE _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
GOQ _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS _x	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
NOQ _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
OQ _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
S _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.3.2. FOQ Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması

Siparişlerin tüm dönemlerde standart paketler halinde satın alınan malzemeler için aynı miktarda verildiği FOQ yöntemi ile depo kapasitesi ve emniyet stoku dikkate alınarak verilen siparişler Çizelge 4.11'deki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. FOQ yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.)

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DE _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
GOQ _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS _x	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
NOQ _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
OQ _x	15.700	15.700	0	15.700	15.700	0	15.700	15.700	0	15.700	15.700	15.700
S _x	4.978	10.790	294	5.559	12.884	5.709	10.151	12.742	1.731	6.212	11.235	15.676

4.3.3. EOQ Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması

Talebin düzgün ve sürekli olduğu koşullarda toplam maliyetin küçüklenmesi için kullanılan EOQ yöntemi ile EOQ değeri elde edilmiştir. EOQ değerine eşit ve küçük olan talepler için EOQ miktarı kadar, EOQ değerinden büyük talepler için kendisi kadar sipariş verilmiştir. EOQ formülüne göre hesaplanan EOQ değeri 10.040 adettir. Çizelge 4.12'de verilen tüm siparişler gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. EOQ yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.)

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DE _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
GOQ _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS _x	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
NOQ _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
OQ _x	10.722	10.040	10.496	10.435	10.040	10.040	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
S _x	0	152	152	152	1817	4682	4682	4682	4682	4682	4682	4682

4.3.4. MEOQ Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması

Talep dönemsel değiştiği durumlar için EOQ modelinin farklı bir versiyonu olan MEOQ modeli dönemlerin net ihtiyaç toplamları EOQ değerine yaklaştığında talepleri toplanan dönemler için tek sipariş verilir. EOQ değerinden büyük olan siparişler için dönem talebi kadar sipariş verilir. MEOQ yöntemi ile çözüme göre verilen siparişler Çizelge 4.13'deki gibi gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. MEOQ yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.)

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DE _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
GOQ _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS _x	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
NOQ _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
OQ _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
S _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.3.5. FPQ Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması

LFL yönteminin siparişi veren kişi isteklerine göre genişletildiği FPQ yöntemi ile çözümde malzeme siparişleri tedarik süresine göre Çizelge 4.14'deki gibi gösterilmektedir.

Çizelge 4.14. FPQ yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.)

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DE _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
GOQ _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS _x	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
NOQ _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
OQ _x	20.610	0	20.931	0	15.550	0	24.367	0	22.230	0	21.936	0
S _x	9.888	0	10.435	0	7.175	0	13.109	0	11.219	0	11.259	0

4.3.6. POQ Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması

EOQ miktarının dönemsel kontrol mekanizması olarak kullanılan POQ yönteminde, toplam talep EOQ değerine bölünerek verilmesi gereken ekonomik sipariş sayısı bulunur. Malzemenin yıllık toplam talebi 125.624 adettir. Hesaplanan EOQ değeri 10.040 adettir. Toplam talebin EOQ değerine bölünmesi ile verilecek sipariş sayısı 12 olarak elde edilir. POQ yöntemi ile çözüm Çizelge 4.15'deki gibi gösterilmektedir.

Çizelge 4.15. POQ yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.)

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DE _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
GOQ _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS _x	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
NOQ _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
OQ _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
S _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.3.7. WW Yöntemi ile Sipariş Miktarının Hesaplanması

Tüm dönemlerdeki net ihtiyaçlar için her olasılığı değerlendirip toplam maliyeti en minimize edecek sonucu bulmaya çalışan optimizasyon tabanlı WW yöntemi ile net ihtiyaçları belirlemek için tüm dönemlerin maliyetleri Çizelge 4.16'daki gibi kıyaslanmış ve dönemde en düşük maliyetli toplam maliyete göre belirlenecek siparişler Çizelge 4.17'deki

gibi elde edilmiştir. Tüm periyotlardaki toplam maliyet hesaplamaları birinci dönem toplam maliyet hesabını gösteren Denklem (4.1)'deki gibidir. İkinci dönem toplam maliyet hesapları Denklem (4.2) ve Denklem (4.3)'deki gibi elde edilmiştir.

$$TC_{x1} = TC_{x0} + HC_{x1} + OC_x * DE_{x1} = 0 + 10.722 + 3.410 * 29.766 = 36.591.786 \quad (4.1)$$

$$TC_{x21} = TC_{x0} + HC_{x1} + OC_x * (DE_{x1} + DE_{x2}) + E_x * DE_{x2} \quad (4.2)$$

$$= 0 + 10.722 + 3.410 * (10.722 + 9.888) + 8,5 * 9.888$$

$$= 70.393.959$$

$$TC_{x22} = TC_{x1} + HC_{x2} + OC_x * DE_{x2} \quad (4.3)$$

$$= 36.591.786 + 29.766 + 3.410 * 9.888$$

$$= 104.141.805$$

TC_{x21} için hesaplanan toplam maliyet TC_{x22} için hesaplanan toplam maliyetten küçük olduğu için ilk iki dönemin siparişinin ilk dönemde verilmesine karar verilmiştir. Bu şekilde 12 dönem toplam maliyet hesapları Çizelge 3.19'deki gibi elde edilmiştir.

Çizelge 4.16. WW yöntemi çözümü ile elde edilen dönem toplam maliyetleri (TL)

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	36.59 1.786	70.393. 959	106.36 3.847	142.21 3.432	171.05 7.084	195.82 8.935	271.38 4.967	280.27 5.274	318.57 1.933	357.68 7.436	395.00 4.038	434.45 0.508
2		104.14 1.805	106.22 0.256	141.98 1.096	170.75 3.523	195.46 4.353	234.33 2.855	279.70 3.462	317.90 6.477	356.92 6.568	394.15 2.366	433.50 3.084
3			106.21 5.085	141.88 7.180	170.58 8.381	195.23 8.192	234.01 0.949	279.27 0.070	317.37 9.442	356.30 4.120	393.43 9.115	432.69 4.080
4				141.82 8.201	170.45 8.176	195.04 6.967	233.72 3.980	278.87 1.614	316.88 7.343	355.71 6.608	392.76 0.800	431.92 0.012
5					170.41 6.717	194.94 4.487	233.52 5.755	278.56 1.904	316.48 3.989	355.21 7.842	392.17 1.230	431.23 4.690
6						194.91 3.233	233.39 8.757	278.32 3.419	316.15 1.860	354.79 0.301	391.65 2.886	430.62 0.593
7							233.33 2.779	278.14 5.955	315.88 0.752	354.42 3.780	391.19 5.562	430.06 7.516
8								278.06 4.235	315.70 5.388	354.15 3.003	390.83 3.983	429.61 0.184
9									315.64 1.511	353.99 3.713	390.58 3.889	429.26 4.338
10										353.92 8.066	390.42 7.440	429.01 2.135
11											390.36 6.402	428.85 5.345
12												428.78 9.358
T	36.59 1.786	70.393. 959	106.21 5.085	141.82 8.201	170.41 6.717	194.91 3.233	233.33 2.779	278.06 4.235	315.64 1.511	353.92 8.066	390.36 6.402	428.78 9.358

Toplam maliyet hesaplarına göre verilecek siparişler Çizelge 4.17'deki gibi gösterilmektedir.

Çizelge 4.17. WW yöntemi ile sipariş miktarı hesaplamaları (ad.)

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DE _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
GOQ _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS _x	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
NOQ _x	10.722	9.888	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
OQ _x	20610	0	10.496	10.435	8.375	7.175	11.258	13.109	11.011	11.219	10.677	11.259
S _x	9888	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.3.8. Sipariş Maliyeti Belirleme Yöntemleri Çözümü ile Elde Edilen Toplam Maliyetler

ABC analizi sonucu belirlenen malzemelerin firma verileri kullanarak sipariş belirleme yöntemleri ile çözülmesi sonucu oluşan sipariş, bulundurma ve toplam maliyetler malzeme bazında Çizelge 4.18'deki gibi elde edilmiştir.

Çizelge 4.18. Sipariş maliyeti belirleme yöntemleri çözümü ile elde edilen toplam maliyetler (TL)

Y	M	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
LFL	OC _x	40.920	26.520	17.520	9.132	9.936	5.940	3.912
	HC _x	357.191,26	206.631,14	184.254,58	108.526,56	50.814,01	27.090,22	29.249,12
	TC _x	398.111,26	233.151,14	201.774,58	117.658,56	607.50,01	33.030,22	33.161,12
FOQ	OC _x	30.690	13.260	10.220	3.044	4.968	3.960	2.282
	HC _x	1.190.305,8	932.288,13	604.320,36	569.933,46	334.642,31	156.368,22	125.082,03
	TC _x	1.220.995,8	945.548,13	614.540,36	572.977,46	339.610,31	160.328,22	127.364,03
EOQ	OC _x	40.920	26.520	17.520	9.132	9.936	59.40	3.912
	HC _x	655.250,35	392.681,22	291.932,84	196.359,86	153.545,76	58.470,342	55.453,02
	TC _x	696.170,35	419.201,22	309.452,84	205.491,86	163.481,76	64.410,342	59.365,02

Çizelge 4.18. (devam)

MOQ	OC_x	40.920	26.520	17.520	9.132	9.936	5.940	3.912
	HC_x	357.191,26	206.631,14	184.254,58	108.526,56	50.814,01	27.090,22	29.249,12
	TC_x	398.111,26	233.151,14	201.774,58	117.658,56	60.750,01	33.030,22	33.161,12
FPQ	OC_x	20.460	8.840	5.840	3.044	4.968	2.970	1.956
	HC_x	893.701,03	819.654,21	619.786,66	357.290,21	162.057,21	97.043,18	75.253,96
	TC_x	914.161,03	828.494,21	625.626,66	360.334,21	167.025,21	100.013,18	77.209,96
POQ	OC_x	40.920	24.310	17.520	9.132	9.108	5.445	3.586
	HC_x	357.191,26	262.888,07	184.254,58	108.526,56	71.466,49	40.504,629	26.442,13
	TC_x	398.111,26	287.198,07	201.774,58	117.658,56	80.574,89	45.949,629	30.028,13
WW	OC_x	37.510	22.100	16.060	8.371	5.796	5.445	2.934
	HC_x	441.284,28	314.946,07	218.770,15	124.357,94	144.457,68	63.708,003	42.257,87
	TC_x	478.794,28	337.046,07	234.830,15	132.728,94	150.253,68	69.153,003	45.191,87

4.4. Firma Tarafından Sezgisel Verilen Sipariş Miktarının Değerlendirilmesi

Model çözümüne alternatif olarak firmanın planlama ekibinin modelde kullanılan malzemeler için 2019 yılı 12 dönemlik sezgisel olarak belirledikleri sipariş miktarları SAP'den Çizelge 4.19'daki gibi alınmış ve toplam maliyetleri TL cinsinden Çizelge 4.20'deki gibi elde edilmiştir.

Çizelge 4.19. Sezgisel verilen sipariş miktarları (ad.)

M	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A11	OO _x	10.560	4.633	25.520	13.824	12.160	0	25.082	13.316	0	10.240	10.240	13.180
	S _x	838	1.162	16.186	19.575	23.360	16.185	30.009	30.216	19.205	18.226	17.789	19.710
A12	OO _x	10.500	28.500	19.500	19.500	19.500	40.500	0	0	19.500	19.500	0	49.500
	S _x	256	13.147	15.658	18.835	25.036	54.428	37.650	21.258	23.220	25.852	10.622	44.118
A13	OO _x	16.000	16.000	16.000	32.000	16.000	30.000	0	0	0	32.000	0	16.000
	S _x	8.508	14.316	18.534	38.272	44.448	65.504	52.599	42.558	29.140	52.900	42.628	48.633
A14	OO _x	7.000	0	8.000	10.000	0	8.000	10.000	8.000	8.000	0	8.000	8.000
	S _x	5.836	1.528	3.576	7.898	1.759	4.677	9.568	10.220	12.377	7.659	10.521	13.018
A15	OO _x	12.312	11.248	8.664	1.064	8.512	6.232	0	1.064	3.080	6.840	2.240	9.080
	S _x	6.287	11.697	15.534	11.132	16.209	17.351	12.214	8.342	5.581	7.280	4.094	8.199
A16	OO _x	30.000	20.000	20.000	33.000	35.000	10.000	32.000	0	26.000	22.000	15.000	24.000
	S _x	10.762	12.357	12.159	25.556	44.835	41.750	54.983	38.662	45.791	50.533	49.042	55.489
A17	OO _x	51.000	36.000	36.000	30.000	51.000	30.000	39.000	42.000	39.000	42.000	42.000	30.000
	S _x	18.510	23.292	25.264	22.618	47.020	54.802	60.246	69.462	73.376	81.640	93.170	91.162

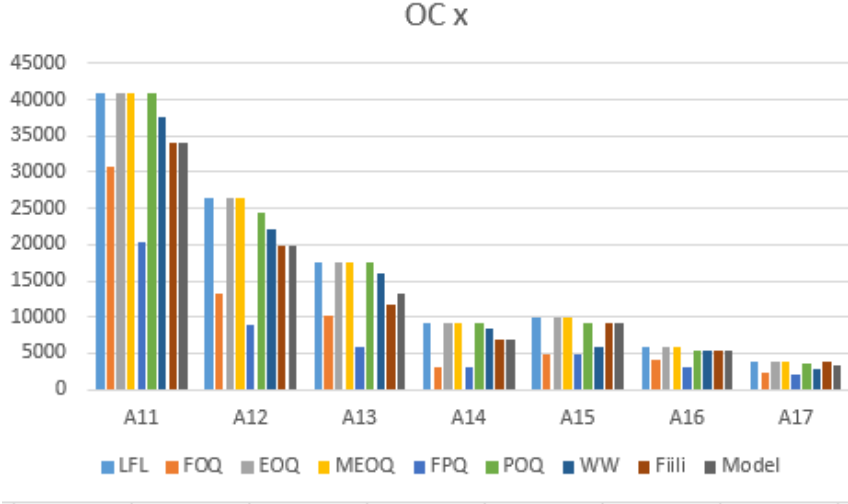
Firma tarafından verilen malzeme siparişlerine istinaden hesaplanan sipariş ve elde bulundurma maliyetleri malzeme bazında Çizelge 4.20'deki gibi gösterilmektedir.

Çizelge 4.20. Firma malzeme siparişleri sonucu oluşan maliyetler (TL)

Y	M	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
Fiili	OC _x	34.100	19.890	11.680	6.849	9.108	5.445	39.12
	HC _x	1.806.886,00	967.453,71	1.551.168,4	301.855,06	438.378,74	329.497,09	164.612,16
	TC _x	1.840.986,00	987.343,71	1.562.848,4	308.704,06	447.486,74	334.942,09	168.524,16

4.5. Model ve Diğer Yöntemlerin Maliyetlerinin Karşılaştırılması

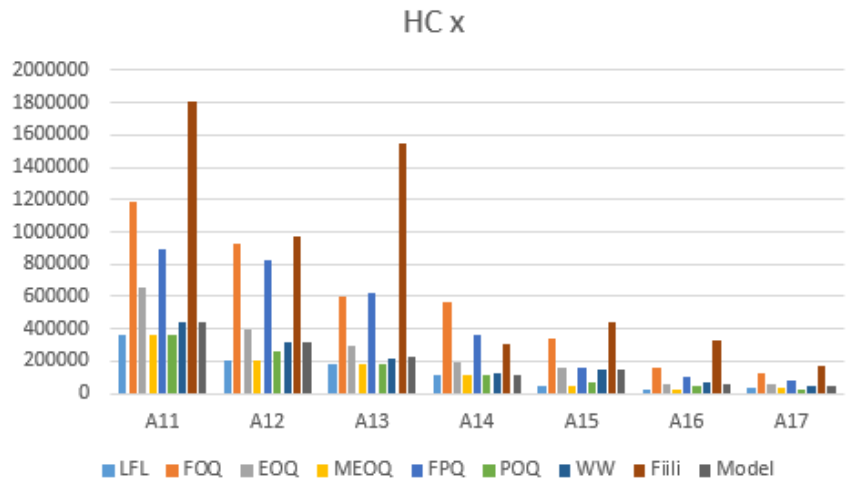
7 farklı malzeme için modelin çözümü ve diğer yöntemlerin çözümü sonucu oluşan sipariş maliyetleri ile Şekil 4.1'de verildiği gibidir. Sipariş maliyetinin hesaplanmasında verilen sipariş sayısı etkilidir.



Şekil 4.1. Tüm yöntemler için hesaplanan OC_x maliyetleri (TL)

Şekil 4.1 analiz edildiğinde tüm malzemeler için en düşük sipariş verme maliyetleri FOQ ve FPQ yönteminde görülmektedir. FOQ ve FPQ yöntemleri özel durum olarak kabul edilen, kullanıcının yorumu doğrultusunda verilen siparişler olduğu ve C grubu malzemeler için daha uygun oldukları için firma A sınıfı malzemelerinin MİP çözümü için tercih edilmemiştir. FOQ ve FPQ yöntemlerinden sonra en düşük sipariş verme maliyeti A15 malzemesi harici diğer malzemeler için fiili verilen siparişler ve kurulan model sonucu oluşmuştur. A15 malzemesi için WW yöntemi, fiili verilen siparişler ve model çözümü iyi sonuç vermiştir.

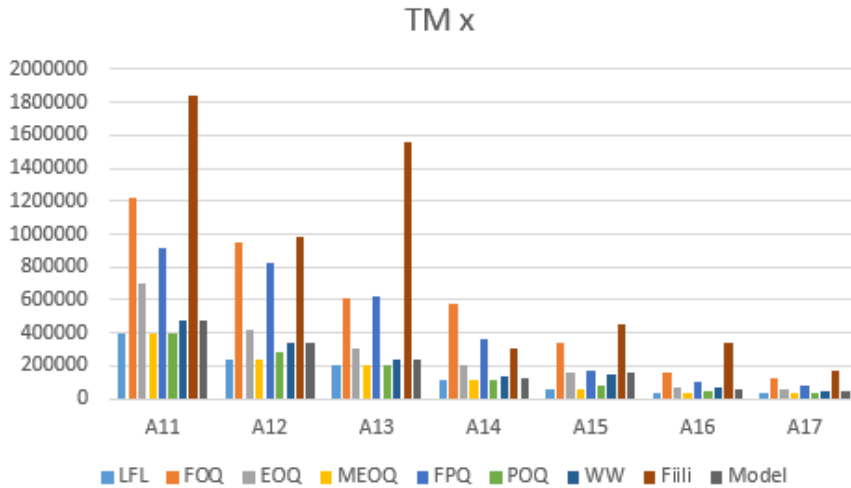
Tüm malzemelerin stokta tutma maliyetleri Şekil 4.2'deki gibi verilmiştir.



Şekil 4.2. Tüm yöntemler için hesaplanan HC_x maliyetleri (TL)

Stokta tutma maliyetleri açısından malzemeler incelendiğinde LFL, MEOQ ve POQ yöntemi en düşük stokta tutma maliyetini vermiştir. LFL yöntemi yapısı gereği JIT şekilde çalıştığı için talep kadar sipariş açmıştır. MEOQ ve POQ yöntemleri EOQ değerine göre dönemsel bazda talep oluşturdukları için her dönem talep kadar sipariş açmaları sebebiyle stokta tutma maliyeti düşük çıkmıştır. Talep kadar sipariş açılması firma yapısı gereği uygun yöntemler değildir. O sebeple bu yöntemler harici stokta tutma maliyetinin en düşük olduğu yöntemler model çözümü ve sayısal olarak verileri model sonucuna yakın olan WW yöntemidir.

Toplam maliyetin minimize edilmesi amacına sahip problem için kullanılan yöntemlerin hesaplanan toplam maliyet verileri Şekil 4.3'teki gibidir.



Şekil 4.3. Tüm yöntemler için hesaplanan TC_x maliyetleri (TL)

Şekil 4.3 incelendiğinde LFL, MEOQ ve POQ yönteminin en düşük maliyeti verdiği görülmektedir. LFL, MEOQ ve POQ yöntemleri çözümlerinde talep kadar sipariş açılmaktadır. LFL, MEOQ ve POQ yöntemleri A sınıfı malzemeler için kullanılması durumunda müşteri taleplerinde yaşanacak en ufak değişiklikler, malzemelerin kalite hatalarından ötürü tümü geri iade edildiğinde ve emniyet stokunun yeterli olmadığı durumlar için elde stok bulundurulmaz. Bu durumda hat duruşları ve müşteri duruşları yaşanma ihtimali çok yüksektir. Müşteri duruş maliyetlerinin çok yüksek olduğundan otomotiv sektörü için

çalışan bu firmada fiili verilen siparişlerin stokta tutma maliyetlerinin diğer yöntemlere göre en az iki kat fazla olmasından da görüleceği üzere çalışılan firma için LFL, MEOQ ve POQ yöntemlerinin kullanılabilir olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.21. Çözüm sonucu oluşan toplam maliyetler (TL)

Y	LFL	FOQ	EOQ	MEOQ	FPQ	POQ	WW	Fiili	Model
T	1.077.637	3.981.364	1.917.573	1.077.637	3.072.864	1.161.295	1.447.998	5.650.835	1.434.046

TC_x'lerin gösterildiği Çizelge 4.21 analiz edildiğinde üç yöntemden sonra düşük maliyet gösteren yöntemler model sonucu ve WW yöntemidir. Tüm malzemeler için model sonucu toplam maliyet 1.434.046 TL, WW yöntemi çözüm sonucu toplam maliyet 1.447.998 TL'dir. Toplam maliyetler karşılaştırıldığında %1 oranında model daha iyi sonuç vermiştir. Her malzeme için sonuçlar karşılaştırıldığında ise 4 malzeme için model sonucu, 3 malzeme için ortalama yaklaşık %2 farkla WW yöntemi düşük maliyetli sonuç vermiştir.

Tüm malzemeler için analiz yapıldığında en iyi çözümü veren model sonucuna en yakın çözümü dinamik programlama temeline dayanan WW yöntemi vermiştir. WW yöntemi Excel ortamında manuel hazırlandığı ve işlem adımları çok uzun sürdüğü için kullanıcının hata yapma payını artırmaktadır. Hata yapma oranını artırdığı ve yöntemin sadece elde bulundurma maliyetine göre işlem yaptığı göz önünde bulundurulduğunda modelin kullanılması daha uygun sonuçlar vermektedir.

FPQ yöntemi ve model sonucu karşılaştırıldığında model çözümü %64 daha iyi sonuç vermiştir. EOQ ve model sonucu karşılaştırıldığında model çözümü %22 daha iyi sonuç elde etmiştir. FOQ yöntemi ve model sonucu karşılaştırıldığında ise %46 model çözümü daha iyi sonuç elde etmiştir.

Tüm malzemeler için en iyi çözümü veren model sonucu ve fiili verilen siparişlerin toplam maliyetleri kıyaslandığında toplam maliyet 4.216.789,1 TL azalmıştır. Firma malzeme siparişlerini verirken geliştirilen yöntemi kullandığında toplam maliyette %75 azalma sağlanacaktır.

Kurulan model diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında yöntemlerin sadece sipariş ve elde bulundurma maliyetini dikkate alarak toplam maliyeti hesaplamaktadır. Sipariş belirleme yöntemleri, sipariş miktarlarını belirlerken firmanın kısıtlarını dikkate almadan işlem yapmaktadır. Sipariş belirleme yöntemleriyle ve sezgisel belirlenen siparişler planlama yapan

çalışanın uzun zamanını almaktadır. Bu nedenler göz önünde bulundurulduğunda kurulan modelin zaman, maliyet ve kullanılabilirlik açısından diğer yöntemlerden daha iyi sonuçlar elde ettiği analiz edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada otomotiv camı üreten firmanın dışarıdan tedarik ettiği malzemeler için sipariş büyüklüklerinin belirlenmesi ile ilgili problem ele alınmıştır. Firmada sezgisel yapılan malzeme planı ile gelecek dönemlerde karşılaşılabilecek problemlerin önceden fark edilememesi, envanter fazlalığı oluşturulması, kapasitenin doğru kullanılmaması, malzeme yetersizliğinden kaynaklanan makine duruşu ve dolaylı olarak müşteri duruş riskine yol açması gibi problemlerin yaşandığı tespit edilmiştir. Yaşanan problemlere çözüm niteliğinde eldeki imkanları en etkin şekilde kullanarak daha sistemli ve daha az maliyetli malzeme planı yapılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda firmanın 12 dönemlik ürün talepleri, ürün ağaçları, envanter bilgileri ve birim maliyetleri dikkate alınarak MIP optimizasyon modeli oluşturulmuştur.

Optimizasyon modeli ile sipariş, elde bulundurma ve bulundurmama maliyetleri toplamının minimize edilmesi ve tüm malzeme taleplerinin karşılanması amaçlanmıştır. Modelin kurulması için öncelikle 78 adet malzemeye ABC analizi yapılmıştır. ABC analizi sonucu modelde kullanılmak üzere A sınıfından 7 adet ön cam malzemesi seçilmiştir. 7 malzemenin firmadan alınan 12 dönemlik talepleri ve birim maliyetleri girdi olarak kullanılmıştır. Oluşturulan model LINGO 18.0 programında kapalı formatta matematiksel olarak ifade edilmiştir. Modelde belirlenen amaca ulaşmak için ürün ağacı kısıtı, EOQ miktarı ile talep dengeleme kısıtı, elde bulundurmama kısıtı ve depo kısıtları dikkate alınarak model çözülmüştür. Modelin çözümü sonucu malzemeler için dönem talepleri, açılmış siparişler, emniyet stokları, net ihtiyaçlar, verilen siparişler, siparişlerin hangi dönemde açılacağı ve dönem stokları elde edilmiştir. Model çözüm raporu incelendiğinde model sınıfı MINLP, toplam karar değişken sayısı 728 ve amaç fonksiyon değeri 1.434.016 TL olarak bulunmuştur.

Çözüm raporu incelendiğinde; dönem stoku harici tüm karar değişkenlerinin en iyi çözümde yer aldığı ve değişkenlerin amaç fonksiyonuna dahil edilirse toplam maliyetin ne ölçüde değişeceği analiz edilmiştir. Ek olarak kısıtlarda hangi kaynaktan ne kadar kullanıldığı

ve kısıtlardaki bir birim değişimin amaç fonksiyonunu nasıl etkilediği sorularına yanıt bulunmuştur. MİP probleminin MINLP modeli kurularak çözümlenmesi ile amaç fonksiyonu ve kısıtların ekonomik yorumları yapılmıştır. Modelin doğru analiz edilmesi açısından ekonomik yorumların firma planlamacılarına yol göstermesi hedeflenmiştir.

Çalışmada kurulan modele alternatif olarak sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinden LFL, FOQ, EOQ, MEOQ, FPQ ve WW yöntemi kullanılarak malzemelerin sipariş miktarı ve toplam maliyetleri hesaplanmıştır. Yöntemlerin çözümü sonucu oluşan toplam maliyetler tüm malzemeler için incelendiğinde LFL, MEOQ ve POQ yöntemlerinin toplam maliyetleri, model çözümü oluşan toplam maliyetten %30 daha düşük sonuç vermiştir. Bu 3 yöntemin çözümü incelendiğinde, talep kadar sipariş açtıkları için toplam maliyetlerinde birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Talep kadar sipariş açılmasının otomotiv sektöründe uygulanabilir olmadığı sonucuna varılmıştır. WW yöntemi ve modelin çözüm sonucu oluşan toplam maliyetler karşılaştırıldığında tüm malzemeler için, oluşturulan modelde daha düşük maliyetli sonuç elde edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde sipariş belirleme yöntemleri arasında optimum sonucun hesaplanması açısından en çok WW yöntemi kullanılmıştır. Bu sebeple modelde kullanılan tüm malzemelerin toplam maliyetleri açısından WW yöntemi ve model çözümü kıyaslandığında; 4 malzeme için model sonucunun %6, 3 malzeme için ise WW yönteminin %2 daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. FOQ, EOQ ve FPQ sipariş belirleme yöntemleri ve model sonucu karşılaştırıldığında ise sırasıyla %64, %22 ve %46 oranında model çözümü daha iyi sonuç vermiştir.

Firmanın sezgisel verdiği siparişlerin toplam maliyeti Çizelge 5.1’de “Fiili” sütununda gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde modelin çözümü sonucunda elde edilen toplam maliyetin sezgisel siparişlerin toplam maliyetinden %75 daha başarılı sonuçlara sahip olduğu görülmüştür. Diğer bir ifadeyle, firma malzeme planlamasını oluşturulan modele göre yaparsa %75 daha az maliyetle tüm malzeme taleplerini karşılayacaktır.

Firmada sezgisel yapılan planın; zaman kaybına ve ek maliyetlere yol açtığı, manuel işlem ile hata oranının arttığı ve üretim ortamlarının dinamik doğası nedeniyle planın güncel tutulmasının zor olduğu analiz edilmiştir. Bu sebeplerle firma verilerinden yola çıkılarak böyle bir matematiksel model önerilmiş ve optimum sonuçların bulunması sağlanmıştır. Önerilen model firma MİP performansını arttırdığı için ileride yapılacak çalışmalara da katkı sağlayacaktır. Ayrıca kapalı formatta yazılan matematiksel modelin girdi verileri

değiştirilerek tüm malzemeler için kullanılabilir olması, firmada etkin bir plan yapılması açısından önemli bir yenilik olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği firmada malzeme siparişleri belirlenirken, kısıtların tümüyle dikkate alınmamasından kaynaklı kayıplar olduğu firma yetkilileri tarafından bildirilmiştir. Firmanın maliyeti en yüksek kayıplarından biri de sezgisel belirlenen emniyet stoklarının maliyeti olduğu analiz edilmiştir. Emniyet stokunun fazla oluşu, depo kapasite kayıplarına neden olmuştur. Depo kapasitesinin etkin kullanımı sağlamak ve sezgisel belirlenen emniyet stoklarına matematiksel bir çözüm getirmek amacıyla da depo kısıtı modelde yer almıştır. Depo kısıtı en az stok bulundurulacak şekilde kurgulanmıştır. Bu sayede elde bulundurma maliyetinin minimize edilmesi sağlanmıştır. Ek olarak depo kapasite miktarı düşürülerek tüm dönemlerde elde tutulacak stokun ne kadar minimize edilebileceği ve ne zaman güvenlik stokunun da tüketileceği analiz edilebilir. Bu analiz, modelin gerçek hayatta uygulanabilirliğine katkı sağlamıştır. Ayrıca modeldeki stok formülasyonu ile emniyet stoklarının sezgisel olarak belirlenmesinden oluşan hata oranı en asgari düzeye çekilecektir.

Önceki çalışmalar incelendiğinde EOQ miktar hesaplaması stok maliyetinin azaltılmasında etkili yöntemlerden biri olarak kullanılmıştır. Kurulan modelde sipariş ve elde bulundurma miktarının minimize edildiği noktayı hesaplayan EOQ modeli, net ihtiyaç kısıtı ile birleştirilerek firma kısıtlarına daha uygun bir hale getirilmiştir. Klasik EOQ miktarı hesabının kurulan MİP modellenmesine entegre edilmesi yapılacak olan çalışmalara önemli bir katkı sağlayacaktır.

Optimizasyon modelinde sipariş ve elde bulundurma maliyetine ek olarak elde bulundurmama maliyeti de dikkate alınmıştır. MİP sistemi ile ilgili çalışmalar incelendiğinde sipariş belirleme yöntemlerini kullanan çalışmalarda yalnızca sipariş ve elde bulundurma maliyetlerinin kullanıldığı ve mevcut kaynaklara herhangi bir kısıtlama getirilmediği görülmüştür. Günümüzde firmaların kapasiteleri sonlu olduğu için sipariş ve elde bulundurma maliyetlerine ek olarak elde bulundurmama maliyetinin de modelde değerlendirilmesi ile daha gerçekçi sonuçlar elde edilmiştir.

Firmanın A müşterisinin araçlarında kullanılan ön cam malzemeleri dikkate alınarak model kurulmuştur. Model, firmanın diğer müşterileri için de kullanılabilir şekilde oluşturulmuştur. Ancak modelin doğru sonuç verebilmesi için müşterilerin gelecek

dönemlerde sisteme aktardıkları siparişlerin doğruluğu ve sürekli revize edilmeyeceği teyit edilmelidir.

Çalışmayla, uygulama yapılan firmanın kapasitesi ve talep kısıtları üzerinde durulmuştur. Ancak bunların haricinde; yönetsel, malzemenin tipi ve özellikleri gibi dikkate alınması gereken pek çok kısıt vardır. Malzemeler için belirlenen bütçe kısıtının, belirli bir süre sonra kullanılmayan malzemeler için son kullanım tarihi kısıtının, ekstra nakliye maliyeti olan malzemeler için nakliye kısıtının ve birimi adet olmayan farklı malzemelerin modele dahil edilmesi ileride yapılacak çalışmalarda ele alınabilir.



KAYNAKLAR

- Acar, N. (2003). *Malzeme ihtiyaç planlaması* (5. Baskı). Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Acar S.G., Yılmaz, M. (2013). Matbaa işletmeleri için bir malzeme ihtiyaç planlama yazılımı geliştirme ve uygulaması. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 6: 23-32.
- Adeinat, H., Ventura, J.A. (2018). Integrated pricing and lot-sizing decisions in a serial supply chain. *applied Mathematical Modelling*, 54: 429-445.
- Akay, D. (2009). *Filo ataması problemi ve karmaşık tam sayı programlama ile en iyileme yöntemleri* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alpan, G., Lim, L., Penz, B. (2017). A Simulation-optimization approach for sales and operations planning in build-to-order industries with distant sourcing: focus on the automotive industry. *Computers & Industrial Engineering*, 112: 469-482.
- Altendorfer, K. (2017). Relation between lead time dependent demand and capacity flexibility in a two-stage supply chain with lost sales. *International Journal of Production Economics*, 194: 13-24.
- Alwan, L.C., Liu, J.J., Yao, D.Q. (2008). Forecast facilitated lot-for-lot ordering in the presence of autocorrelated demand. *Computers & Industrial Engineering*, 54: 840-850.
- Arnold, R.J.T., Chapman, S.N., Clive, N.M. (2008). *Introduction to Material Management* (6. ed.). England: Pearson/Prentice Hall.
- Arslan, C., Değirmenci, I.T., Arslan, C. (2017). Malzeme ihtiyaç planlaması yazılımının dış kaynak kullanımı düşük, orta ölçekli bir firmada hayata geçirilmesi. *Uluslararası İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 3: 86-110.
- Atınç, S. (2000). Malzeme ihtiyaç planlamasından kurumsal kaynak planlamaya. 2. *Ulusal Endüstri-İşletme Mühendisliği Kurultayı* 224, 14-28, Ankara.
- Ayan, Y.T. (2009). Dinamik parti büyüklüğü problemi için yapay sinir ağı modelleri.

Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 26: 501-515.

Aydın, A. (2010). *Farklı üretim tiplerinde eş zamanlı MRP/CRP uygulanabilirliğinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Aydın, C. (2009). *Tedarik zincirinde müşteri hizmet düzeyi-stok optimizasyonu* (Yüksek Lisans

Tezi), Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Aydoğan, E., Asal, Ö. (2009). Malzeme ihtiyaç planlaması ve üretim kaynakları planlamasının kobi'ler üzerindeki etkilerinin araştırılması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22: 34-42.

Barron, L.E., Shaikh, A.A., Tiwari, S., Garza, G.T (2020). An EOQ inventory model with nonlinear stock dependent holding cost, nonlinear stock dependent demand and trade credit. *Computers & Industrial Engineering*, 139: 1-13.

Berretta, R., Rodrigues, L.F. (2004). A memetic algorithm for a multistage capacitated lot sizing problem. *International Journal of Production Economics*, 87: 67-81.

Bilgin, D. (2013). *Kobi'lerde modern stok yönetim modellerinin uygulanabilirliği: karaman ilinde bir uygulama* (Yüksek Lisans Tezi), Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karaman.

Bogataj, D., Bogataj, M. (2019). NPV approach to material requirements planning theory – a 50 year review of these research. *International Journal of Production Economics*, 194:113–125.

Cafieri, S., Monies, F., Mongeau, M., Bes, C. (2016). Plunge milling time optimization via mixed integer nonlinear programming. *Computers & Industrial Engineering*, 98: 1-13.

Cavlak, E. (2009). *Tedarik zinciri yönetiminde üretim/dağıtım planlama karar sürecinde tasarım ve optimizasyon* (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Çetin, A. (2014). *Gıda izlenebilirliğinde bilişim teknolojisinin kullanımı: aydın ili zeytin ve incir işletmeleri üzerine bir uygulama* (Yüksek Lisans Tezi), Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.

Çevik, O. (2006). Tam sayılı doğrusal programlama ile işgücü planlaması ve bir uygulama.

- Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 8: 157-171, Afyon.*
- Chae, J., Regan, A.C. (2020). A Mixed integer programming model for a double row layout problem. *Computers & Industrial Engineering, 140: 1-7.*
- Chandraju, S., Raviprasad, B., Kumar CSC (2012). Implementation of system application product (SAP) materials management (MM-module) for material requirement planning (MRP) in sugar industry. *International Journal of Scientific and Research Publications, 2: 1-6.*
- Chase, R.B., Aquilano, N.J. (1995). *Production and operations management: manufacturing and services.* USA: Irwin. Inc.
- Cheng, T.C.E., Li, S. (1990). A Decision support system for materials requirements planning lot-sizing. *Mathematical And Computer Modelling, 13/4: 67-72.*
- Chu C.W., Liang G.S., Lion C.T. (2008). Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification. *Computers & Industrial Engineering, 55: 841-851.*
- Çetinbağ, M. (2005). *İşletmelerde üretim programlarının hazırlanmasında lineer optimizasyon modelinin kullanılması ve buna yönelik bir uygulama* (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Dal, E. (2011). *Tam sayılı doğrusal programlama metodu ile üretim planlama ve bir mobilya firmasında uygulama* (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Dalay, M. (2013). *Bir işletmede tüm tedarik zincirlerinin etkin yönetimi, üretim, planlama, envanter, taşımacılık, dağıtım süreçlerinin optimizasyonu ve yönetim bilişim sistemleri ile uygulanması (SAP destekli)* (Yüksek Lisans Tezi), Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Dikgitmez, M. (2002). *MRP sisteminde bilgi tabanlı uzman sistem uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Diñer, H. (2014). *İşletmelerde doğrusal programlama ve üretim planlamasında bilgisayar uygulamaları* (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Doğan, G. (2006). *Envanter ve stok kontrol modellerinin incelenmesi ve en iyi sipariş*

- miktarının belirlenmesi üzerine bir uygulama* (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Doğar, A. (2006). *Tedarik zincirinde stok yönetimi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dolgui, A., Louly, A., Prodhon, C. (2005). A Survey on supply planning under uncertainties in mrp environments. *International Federation of Accountants*, 16: 1-12.
- Ekmekçi, N. (2015). *Sanayi işletmelerinde üretim planlaması ve doğrusal programlama ile birsanayi işletmesinde optimizasyon uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Erdem, S., Durmuş, A. (2016). Hastane medikal sarf malzemelerinde parti büyüklüklerinin belirlenmesine yönelik bir uygulama. *İşletme Fakültesi Dergisi*, 17: 23-46, İzmir.
- Erozan, İ. (2007). *Bir işletme için kapalı çevrim MRP programının yazılımı ve uygulama sonuçlarının incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Feili, H.R., Moghaddam, H.S., Zahmatkesh, R. (2010). Fuzzy material requirements planning. *The Journal of Mathematics and Computer Science*, 1: 333-338.
- Gao, X., Xie, Y., Wang, S., Wu, M., Wang, Y., Tan, C., Zuo, X., Chen, T. (2020). Offshore oil production planning optimization: an MINLP model considering well operation and flow assurance. *Computers & Chemical Engineering*, 133: 1-13.
- Gansterer, M., Almeder, C., Hartl, R.F. (2014). Simulation-based optimization methods for setting production planning parameters. *International Journal of Production Economics*, 151: 206-213.
- Gharakhani, D. (2010). Optimization of material requirement planning by goal programming model. *Asian Journal Of Management Research*, 2: 297-317.
- Gökgöz, F., Sarıarslan, H. (2018). *Nicel karar yöntemleri*. İstanbul: Siyasal Kitapevi.
- Guillaume. R., Thierry, C., Zielinski, P. (2017). Robuts material requirements planning with cumulative demand under uncertainty. *International Journal of Production Research*, 55: 6824-6845.
- Güzeldülger, A. (2009). *Malzeme ihtiyaç planlama sürecinde parti-hacimlendirme probleminin karar destek sistemleri ile çözümlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Güner, E., Paşaoğlu, H. (1999). Bir döküm fabrikasında malzeme ihtiyaç planlama çalışması ve parti büyüklüğünün belirlenmesi. *Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12: 2.
- Hegedus, M.G., Hopp, W.J. (2001). Due date setting with supply constraints in systems using MRP. *Computer and Industrial Engineering*, 39: 293-305.
- Ho, C.J., Chang, Y.L. (2001). An Integrated mrp and jit framework. *Computer and Industrial Engineering*, 41: 173-185.
- Ho, C.J. (2008). Exploring the compatibility of dampening procedures and lot-sizing rules in mrp systems under uncertain operating environments. *International Journal Of Production Research*, 46: 5097-5120.
- Ioannou, G., Dimitriou, (2012). Lead time estimation in MRP/ERP for make-to-order manufacturing systems. *International Journal of Production Economics*, 139: 551-563.
- Islam, S., Rahman, Mahbubur, Saha, R.K., Saifuddoha, A. (2013). Development of material requirements planning (MRP) software with c language. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 13: 13-22.
- Jimenez, M., Mula, J., Madronero, M.D. (2015). Material requirement planning under fuzzy lead times. *International Federation of Automatic Control*, 48: 242-247.
- Jodlbauer, H., Reitner, S. (2012). Material and capacity requirements planning with dynamic lead times. *International Journal of Production Research*, 50: 4477-4492.
- Kabak, K.E., Örnek, M.Ö. (2004). A Review of instability of planning systems in a material requirements planning environment. *Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği* 28.
- Kaçar, U. (2008). *Otomotiv camlarının temperlenmesi ve şekillendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Kantur, U. (2009). *Cam üretim teknolojileri* (Yüksek Lisans Tezi), Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Kaya, C. (2012). *Doğrusal olmayan programlama ile portföy analizi* (Yüksek Lisans Tezi), Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
- Katrancı, A. (2018). *Tam sayılı programlama tekniği ile vardiya planlaması: ifaiye teşkilatı örneği* (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.

- Kiran, D.R. (2020). Material layout planning. *Work Organization and Methods Engineering for Productivity*, 19: 263-271.
- Kobu, B. (2003). *Üretim yönetimi*. İstanbul: Avcıol Basım Yayın.
- Koca, E. (2015). *Lot sizing with nonlinear production cost functions* (Doctor Of Philosop) Bilkent The Graduate School Of Engineering And Science Of Bilkent University, İstanbul.
- Koçak, A. (2007). *Malzeme yönetiminde MRP ve kanban sistemlerinin bütünleştirilmesi ve melez sistem yapısının geliştirilmesi* (Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Louly, M.A., Dolgui, A. (2011). Optimal time phasing and periodicity for mrp with poq policy. *Int. J. Production Economics*, 131: 76-86.
- Lynwood, A.J., Douglas, C.M. (1974). *Operations research in production planning, scheduling and inventory control* (2 ed.). USA: John Wiley & Sons Inc.
- Mabert, V.A. (2007). The Early road to material requirement planning. *Journal of Operations Management*, 25: 346-356.
- Madronero, M.D., Mula, J., Jimenez, M. (2014). Fuzzy goal programming for material requirements planning under uncertainty and integrity conditions. *International Journal of Production Research*, 52: 6971-6988.
- Madronero, M.D., Mula, J., Jimenez, M. (2015). Material requirement planning under fuzzy leadtime. *International Federation of Automatic Control*, 48: 242-247.
- Madronero, M.D., Mula, J., Peidro, D. (2018). A Mathematical programming model for integrating production and procurement transport decisions. *Applied Mathematical Modelling*, 52: 527-543.
- Mehdizadeh, M. (2020). Integrating ABC analysis and rough set theory to control the inventories of distributor in the supply chain of auto spare parts. *Computers & Industrial Engineering*, 139:1-21.
- Milne, R.J., Wang, C.T., Yen, C.K.A., Fordyce, K. (2012). Optimized material requirements planning for semiconductor manufacturing. *Journal of the Operational Research Society*, 63: 1566-1577.
- Mula, J., Poler, R., Garcia-Sabater. (2007). Material requirement planning with fuzzy constraints and fuzzy coefficients. *Fuzzy Sets and Systems*, 158: 783-793.

- Nakıboğlu, BG. (2008). *Yeniden üretim ortamında malzeme ihtiyaç planlaması için bir matematiksel programlama yaklaşımı* (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Narlı, M. (2007). *Hemşirelerin çalışma vardiyalarının değerlendirilmesi ve çizelgelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Noori, S., Feylizadeh, M.R., Bagherpour, M., Zorriassatine, Parkin, R.M. (2008). Optimization of material requirement planning by fuzzy multi-objective linear programming. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture*, 222: 887-899.
- Oladokun, V.O., Olaitan, O.A. (2012). Development of a materials requirement planning software. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 13: 351-357.
- Özbay, B. (2008). *Tedarik zincirinde optimizasyon ve bir iplik işletmesinde uygulama* (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Özceylan, E. (2010). *Tedarik zinciri yönetiminde üretim/dağıtım ağlarının tasarımına yeni model yaklaşımları* (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Özgün, N. (2007). *Yeniden imalat sistemleri için bütünleşik lojistik ağı tasarımı ve bir karma tamsayılı programlama modeli* (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Öztürk, A. (2002). *Yöneylem araştırması* (8. Basım). Bursa: Ekin Kitapevi Yayınları.
- Öztürk, E. (2008). *Kesikli seri üretim sistemlerinde MRP II (imalat kaynak planlaması)'nın tasarımı ve orman ürünleri endüstrisine yönelik bir uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özyörük, B. (2003). Malzeme ihtiyaç planlamasında parti büyüklüklerinin belirlenmesi ve bir uygulama çalışması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi. Dergisi*, 18: 43-50.
- Paksoy, T., Altıparmak, F. (2004). Güneş enerjisi ve su ısıtma sistemleri imal eden bir işletmede bulanık işlem süreleri ile malzeme ihtiyaç planlama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1: 291-311.
- Paksoy, T. (2005). Tedarik zinciri yönetiminde dağıtım ağlarının tasarımı ve optimizasyonu: malzeme ihtiyaç kısıtı altında stratejik bir üretim-dağıtım modeli. *Selçuk Üniversitesi*

Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1: 435-454.

- Patır, S. (2009). Tam sayılı programlama ve malatya maksan transformator işletmesinde bir uygulama. *Ataturk University Journal Of Economics & Administrative Sciences, 23: 193-206*, Erzurum.
- Peidro, D., Mula, J., Madronero, M.D., Jimenez, M. (2017). A Rolling horizon approach for material requirement planning under fuzzy lead times. *International Journal Of Production Research, 55: 2197-2211*.
- Pelt, T., Fransoo, J. (2018). A Note on “lineer programming models for a stochastic dynamic capacitated lot sizing problem”. *Computers and Operations Research, 89:13-16*.
- Radar, S. (2010). *Bilgisayar yazılımları ile MRP ve CRP'nin matbaa işletmelerinde uygulanması ve önemi* (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ram, B., Naghshineh-Pour, M.R., Yu, X. (2006). Material requirements planning with flexible bills of material. *International Journal of Production Research, 44: 399-415*.
- Raupp FMP, Angeli K, Alzamora GGS, Maculan N (2015). MRP optimization model for a production system with remanufacturing. *Pesquisa Operacional, 35: 311-328*.
- Russell, R.S., Taylor, B.W. (2011). Operations management. *John Wiley and Sons Inc, 7: 558- 694*,USA.
- Sadeghi, H., Makui, A., Heydari, M. (2014). A Simulation method for material requirement planning supply dependent demand and uncertainty lead-time. *African Journal of Business Management, 8: 127-136*.
- Sadeghian, R. (2010). Continuous Materials Requirements Planning (CMRP) Approach when order type is lot for lot and safety stock is zero and its applications. *Applied Soft Computing, 11: 5921-5629*.
- Sahling, F., Hahn, G.J. (2019). Dynamic lot sizing in biopharmaceutical manufacturing. *International Journal of Production Economics, 207: 96-106*.
- Sarıkaya, H.A., Çalıklan, E., Türkbey, O. (2014). Bütünleşik tedarik zinciri ağında tesis yeri seçimi için bulanık çok amaçlı programlama modeli. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20: 150-161*.
- Sanchez, S.N., Triantaphyllou, E., Webster, D.B., Liao, T.W. (2001). A Study of the total

- inventory cost as a function of the reorder interval of some lot-sizing techniques used in material requirements planning systems. *Computers & Industrial Engineering*, 40: 101-116.
- Selçuk, Ö. (2007). *Stok kontrol yöntemlerinin incelenmesi ve inşaat malzemeleri sektöründe bir uygulama* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Selçuk, S. (2019). *Bir işletmede talep tahmini ve ekonomik sipariş miktarı modellerinin uygulanması* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Kültür Üniversitesi İşletme Bölümü, İstanbul.
- Sipahioğlu, A., Saraç, T. (2006). Lingo 6.0 kullanım kılavuzu. *Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü*, 1.
- Sukkerd, W., Wuttiornpun, T. (2016). Hybrid genetic algorithm and tabu search for finite capacity material requirement planning system in flexible flow shop with assembly operations. *Computers & Industrial Engineering*, 97: 157-169.
- Sulak, H. (2008). *Stok kontrolü ve ekonomik sipariş miktarı modellerinde yeni açılımlar: ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu ve bir model önerisi* (Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Sultanov, F. (2004). *Üretim planlamasında malzeme ihtiyaç planlamasının önemi ve bir işletme uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Sun, G.J., Liu, Y.K., Lan, Y.F. (2010). Optimizing material procurement planning problem by two stage fuzzy programming. *Computers & Industrial Engineering*, 58: 97-107.
- Şahin, Y. (2015). *Yonga levha fabrikasında tamsayılı doğrusal programlama metodu ile üretim planlaması* (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Stadtler, H. (2011). Multi-level single machine lot-sizing and scheduling with zero lead times. *European Journal Of Operational Research*, 209: 241-252.
- Şeflek, A.Y. (2010). *Tarım makinaları imalatı yapan bir işletmede üretim planlama sisteminin tasarımı ve uygulanması* (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Şener, A. (2006). *Improvement of material requirements planning processes by using*

problem solving technique: a case in the automotive sector (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Şenyiğit, E., Yıldırım, F. (2002). Sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri ile yeni bir sezgisel algoritmanın karşılaştırılması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 13: 8-18.

Ulupınar, M., Tarım, Ş.A. (2005). Belirsiz ve dinamik talep altında malzeme ihtiyaç planlaması için bir optimizasyon modeli. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2: 235-256.

Ural, E. (2005). *Malzeme ihtiyaç planlama sistemi ve otomotiv sektöründe bir uygulama* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Taha, H.A. 2009. *Operations research an introduction* (6 ed.). New Jersey: Upper Saddle River.

Tanyaş, M., Baskak, M. (2008). *Üretim planlama ve kontrol* (7. Baskı). İstanbul: Yönetim Bilimleri Dizisi.

Taylor, L.J. (2012). An Integration analysis of material requirements planning, just in time, and the theory of constraints. *Electronic Business Journal*, 11/2: 107-119.

Top, A. (2001). *Üretim sistemleri analiz* (3. Basım) (195). Planlama ve Kontrolü, İstanbul: Alfa Basım Yayım.

Torbacki, W. (2008). SaaS-direction of technology development in ERP/MRP systems. *Archives of Materials Science and Engineering*, 32: 57-60.

Türkay, M. (2006). *Optimizasyon modelleri ve çözüm metodları* (Yüksek Lisans Tezi), Koç Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Ünüçok, S. (2019). *Doğrusal programlama yöntemi ile üretim planlama bir nonwoven kumaş fabrikasında uygulama* (Yüksek Lisans Tezi), Hasan Kalyoncu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep.

Vollman, E.T., Berry, W.L., Whybark, D.C. (1984). Manufacturing planning and control systems. *Richard D. Irwin Inc 1*: 586-587, USA.

Wang, H., Gong, Q., Wang, S. (2018). Information processing structures and decision making delays In MRP and JIT. *International Journal of Production Economics*, 188: 41-49.

Warren, C.S., Reeve, J.M., Fess, P.E. (2002). *Corporate financial accounting*. (7. Ed.). South Western, Cincinnati, OH.

- Waters, D. (2003). Logistics an introduction to supply chain management, *Palgrave Macmillan*, ISBN: 9780230200524.
- Wilson, J.M. (2016). The Origin of material requirements planning in frederick w. taylor's planning office. *International Journal of Production Research*, 54: 1535-1553.
- Wuttipornpun, T., Yenradee, P. (2004). Development of finite capacity material requirement planning system for assembly operations. *Production Planning & Control*, 15: 534-549.
- Yamak, O. (2007). Üretim yönetimi sistemler, *İlkeler Ve Teknikler. Sinerji Yayınları, 1*: 281, İstanbul.
- Yan, H., Yu, Z., Cheng, T.C.E. (2003). A Strategic model for supply chain design with logical constraints: formulation and solution. *Computers & Operations Research*, 30: 2135-2155.
- Yıldız, R. (2015). *Ekonomik sipariş miktarı modelinin bir üretim işletmesinde belirli bir ürün grubuna yönelik incelemesi* (Yüksek Lisans Tezi), Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Yu, J.M., Lee, D.H. (2018). Scheduling algorithms for job-shop-type remanufacturing systems with component matching requirement. *Computers & Industrial Engineering*, 120: 266-278.
- Zhou, Z., Guan, Y. (2010). Stochastic lot-sizing problem with deterministic demands and wagner-whitin costs. *Operations Research Letters*, 38: 414-419.
- Zhao, X., Xie, J. (2010). Multilevel lot-sizing heuristics and freezing the master production schedule in material requirements planning systems. *Production Planning & Control*, 9: 371-384.

EKLER

EK 1 LINGO Kodu

```

Lingo Model - Lingo.Tüm.Malzemeler
SETS:
URUN/1..61/;
DONEM/OCAK, SUBAT, MART, NISAN, MAYIS, HAZIRAN, TEMMUZ, AGUSTOS, EYLUL, EKIM, KASIM, ARALIK/;
MALZEME/1..7/:LT,HC,E,OC,DEE,MOQ,SP,SS,OQE,SO,O,SOC,A;
URUN_TALEP(URUN,DONEM):D;
UA(URUN,MALZEME):Q;
MALZ_TALEP(MALZEME,DONEM):DE,OQ,NOQ,GOQ,KOQ,S,SOQ,TT;
ENDSETS
DATA:
D=
5      3      2      101    154    4      230    11      54      65      90      81
387    235    450    307    354    152    205    56      300    239    155    152
535    620    1042   404    404    382    1203   229    725    708    644    425
354    269    272    259    326    238    157    56      300    279    235    236
596    721    489    730    499    389    424    330    729    502    415    232
0      0      9      0      0      0      0      0      0      0      0      0
2611   2672   3514   3067   2213   2141   2695   2285   3550   2859   2309   2774
6131   5325   5572   5010   4030   4038   5433   2003   3846   5102   5381   4204
1697   1788   2048   2444   2312   1428   2394   903    3365   2567   2470   3580
1175   1594   1314   1109   752    970    1767   617    2042   1948   1184   1430
0      0      0      0      0      0      0      0      5      5      5      5
1719   1181   1562   1872   1281   739    1664   9586   1758   1602   1642   2045
1034   1200   715    1020   969    627    606    316    864    992   695   845
0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      5      0
0      1      0      0      5      0      0      0      0      0      0      0
1209   833    2329   1318   503    529    1445   363    1056   921    771    600
168    221    142    221    234    212    179    164    419    205   279   216
18     55     18     10     18     9      47     36     46     30     0      18
79     103    165    15     73     362    158    111    206    194   212   238
29     11     24     13     15     47     35     34     59     56     60     24
248    299    204    238    169    19     59     11     11     71     23     3
1789   1699   1632   1665   837    0      0      5      0      0      0      1
811    1259   791    961    556    0      0      0      0      0      0      0
941    708    525    587    364    0      0      4000   0      0      0      0
0      1      0      2      438    1263   1662   953    1751   759   1054   1368
1      4      4      5      238    620    641    455    828    630   898   784
1      6      12     8      268    913    1262   477    1648   720   900   1081
0      1      1      0      76     167    358    311    450    188   280   241
0      3      5      2      245    593    1268   630    1327   969   1297   1112
1272   1100   1399   1277   1449   1343   2125   567    1542   907   1112   1232
    
```

```

Lingo Model - Lingo.Tüm.Malzemeler
1272   1100   1399   1277   1449   1343   2125   567    1542   907   1112   1232
429    542    429    856    423    404    399    366    831    483    606    455
18     2      10     0      44     0      10     0      28     30     10     16
2186   1627   2311   3053   2232   1757   2512   922    2156   1422   1900   1967
999    567    515    822    820    679    723    548    977    623    790    500
489    549    803    720    431    20     17     71     78     27     60    136
805    602    463    489    391    7      5      17     5      5      20     3
693    598    894    883    1127   776    904    327    782    393    875    781
348    399    515    382    583    376    475    155    493    287    790    409
592    1119   1304    1007   1081   722    864    581    1415   1164   864    1897
245    123    206    126    184    196    117    100    201    349    97     69
443    681    1106   1340   1023   808    913    5526   1422   953    893    640
487    326    336    171    373    296    241    252    248    192    361    272
107    66     49    298    241    93     125    25     124    47     81    107
911    526    938    857    1057   1070   796    303    736    865    992   1167
289    137    282    195    223    360    247    57     109    243    73     98
139    333    322    419    247    385    427    22     313    225    112    63
42     60     80     81     84     122    42     135    52     45     25     58
0      0      0      20     5      0      20     0      18     25     22     0
0      160    206    0      0      0      0      0      0      0      0      0
5      4      0      0      0      0      0      10     0      0      0      1
95     0      40     40    45     46     0      5      60    35     15     46
335    852    449    65     42    249    472    81     368    220    247    293
5      0      5      5      10     10     5      0      15     14     5      6
25     0      21     0      39     5      15     10     25     15     20    11
5      0      10     5      5      0      0      0      5      12     0      6
30     0      42     42     0      0      0      0      46     15     0      11
0      0      10     0      5      5      0      0      0      10     12     6
0      0      22     21     0      0      0      0      0      0      0      1
1      0      0      0      0      1      0      0      5      0      5      0
0      0      25     0      0      0      0      0      0      0      0      0
Q=
0      1      0      0      0      0      2
0      1      0      0      0      1      2
0      1      0      0      0      1      2
0      1      0      0      0      1      2
0      1      0      0      0      1      2
0      1      0      0      0      1      2
0      1      0      0      0      0      2
1      1      0      0      0      1      2
1      1      0      0      0      1      2
    
```



```

Lingo Model - Lingo.Tüm.Malzemeler
0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0 0
0 0 0 0 0 0 2
0 0 0 0 0 0 2;
LT=2 3 3 3 1 1 2;
Z=1.65;
E=8.50 3.34 3.39 3.67 3.54 0.68 0.25;
OC=3411 2211 1461 761 828 495 326;
O=212 212 212 212 212 212 212;
A=19200 35000 20000 18000 12000 30000 60000;
ENDDATA
MIN=@SUM(MALZ_TALEP(X,T):TT(X,T)*OC(X))+@SUM(MALZEME(X):HC(X))+@SUM(MALZEME(X):SOC(X));
@FOR(MALZEME(X):@FOR(DONEM(T):@SUM(URUN(I):D(I,T)*Q(I,X))=DE(X,T));
@FOR(MALZEME(X):@SUM(DONEM(T):(S(X,T)+SS(X))*E(X))=HC(X));
@FOR(MALZEME(X):(@SUM(DONEM(T):(DE(X,T)-DEE(X)/12)^2)/11)^(1/2)=SP(X));
@FOR(MALZEME(X):@ROUND((Z*SP(X)*(LT(X)^(1/2))),0)=SS(X));
@FOR(MALZEME(X):@SUM(DONEM(T):DE(X,T))=DEE(X));
@FOR(MALZEME(X):@FOR(DONEM(T):@ROUND(((2*DEE(X)*OC(X)/E(X))^(1/2)),0)=MOQ(X));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T)|T#LE#LT(X):DE(X,T)=GOQ(X,T));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T)|T#GT#LT(X):GOQ(X,T)=0);
@FOR(MALZ_TALEP(X,T)|T#EQ#1:NOQ(X,T)=DE(X,T)-GOQ(X,T)-SO(X));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T)|T#GT#1:NOQ(X,T)=DE(X,T)-GOQ(X,T)-S(X,T-1));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T):OQ(X,T)=@IF(NOQ(X,T)#GT#MOQ(X),NOQ(X,T),@IF(NOQ(X,T)#GT#0#AND#NOQ(X,T)#LE#MOQ(X),MOQ(X),0));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T):TT(X,T)=@IF(OQ(X,T)#EQ#0,0,1);
@FOR(MALZ_TALEP(X,T)|T#EQ#1:S(X,T)=@IF((GOQ(X,T)+OQ(X,T)+SO(X)-DE(X,T))#LE#0,0,(GOQ(X,T)+OQ(X,T)+SO(X)-DE(X,T)));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T)|T#GT#1:S(X,T)=@IF((GOQ(X,T)+OQ(X,T)+S(X,T-1)-DE(X,T))#LE#0,0,(GOQ(X,T)+OQ(X,T)+S(X,T-1)-DE(X,T)));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T)|T#GT#LT(X):KOQ(X,T-LI(X))=OQ(X,T));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T)|T#GT#1:SOQ(X,T)=@IF((DE(X,T)-GOQ(X,T)-OQ(X,T)-S(X,T-1))#GT#0,(DE(X,T)-GOQ(X,T)-OQ(X,T)-S(X,T-1)),0));
@FOR(UA(I,X):@SUM(DONEM(T):SOQ(X,T)*O(X))=SOC(X));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T):@SUM(MALZEME(X):S(X,T)+OQ(X,T)+SS(X))<=A(X));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T):@GIN(OQ(X,T)));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T):@GIN(GOQ(X,T)));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T):@GIN(NOQ(X,T)));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T):@GIN(KOQ(X,T)));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T):@GIN(SOQ(X,T)));
@FOR(MALZ_TALEP(X,T):@GIN(S(X,T)));

```

EK 2 LINGO Çözüm Sonuçları

```

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler
Global optimal solution found.
Objective value:                1434046.
Objective bound:                1434046.
Infeasibilities:                0.000000
Extended solver steps:          0
Total solver iterations:        3
Elapsed runtime seconds:        0.09

Model Class:                    MINLP

Total variables:                728
Nonlinear variables:            441
Integer variables:              504

Total constraints:              1274
Nonlinear constraints:          427

Total nonzeros:                8252
Nonlinear nonzeros:            1078

Variable      Value      Reduced Cost
Z             1.650000   0.000000
LT ( 1)      2.000000   0.000000
LT ( 2)      3.000000   0.000000
LT ( 3)      3.000000   0.000000
LT ( 4)      3.000000   0.000000
LT ( 5)      1.000000   0.000000
LT ( 6)      1.000000   0.000000
LT ( 7)      2.000000   0.000000
HC ( 1)      439960.0   0.000000
HC ( 2)      322336.7   0.000000
HC ( 3)      224180.7   0.000000

```

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
HC (4)	114023.2	0.000000
HC (5)	145543.6	0.000000
HC (6)	55728.04	0.000000
HC (7)	40453.50	0.000000
E (1)	8.500000	0.000000
E (2)	3.340000	0.000000
E (3)	3.390000	0.000000
E (4)	3.670000	0.000000
E (5)	3.540000	0.000000
E (6)	0.6800000	0.000000
E (7)	0.2500000	0.000000
OC (1)	3411.000	0.000000
OC (2)	2211.000	0.000000
OC (3)	1461.000	0.000000
OC (4)	761.0000	0.000000
OC (5)	828.0000	0.000000
OC (6)	495.0000	0.000000
OC (7)	326.0000	0.000000
DEE (1)	125624.0	0.000000
DEE (2)	188382.0	0.000000
DEE (3)	129367.0	0.000000
DEE (4)	65072.00	0.000000
DEE (5)	62517.00	0.000000
DEE (6)	211511.0	0.000000
DEE (7)	376838.0	0.000000
MOQ (1)	10041.00	0.000000
MOQ (2)	15793.00	0.000000
MOQ (3)	10560.00	0.000000
MOQ (4)	5195.000	0.000000
MOQ (5)	5408.000	0.000000
MOQ (6)	17548.00	0.000000
MOQ (7)	31350.00	0.000000
SP (1)	1500.136	0.000000
SP (2)	1806.600	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
SP (3)	1586.435	0.000000
SP (4)	860.7005	0.000000
SP (5)	725.1875	0.000000
SP (6)	1999.152	0.000000
SP (7)	3616.756	0.000000
SS (1)	3500.000	0.000000
SS (2)	5163.000	0.000000
SS (3)	4534.000	0.000000
SS (4)	2460.000	0.000000
SS (5)	1197.000	0.000000
SS (6)	3299.000	0.000000
SS (7)	8440.000	0.000000
OQE (1)	0.000000	0.000000
OQE (2)	0.000000	0.000000
OQE (3)	0.000000	0.000000
OQE (4)	0.000000	0.000000
OQE (5)	0.000000	0.000000
OQE (6)	0.000000	0.000000
OQE (7)	0.000000	0.000000
SO (1)	0.000000	0.000000
SO (2)	0.000000	0.000000
SO (3)	0.000000	0.000000
SO (4)	0.000000	0.000000
SO (5)	0.000000	0.000000
SO (6)	0.000000	0.000000
SO (7)	0.000000	0.000000
O (1)	212.0000	0.000000
O (2)	212.0000	0.000000
O (3)	212.0000	0.000000
O (4)	212.0000	0.000000
O (5)	212.0000	0.000000
O (6)	212.0000	0.000000
O (7)	212.0000	0.000000
SOC (1)	0.000000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
DE (6, NISAN)	19603.00	0.000000
DE (6, MAYIS)	15721.00	0.000000
DE (6, HAZIRAN)	13085.00	0.000000
DE (6, TEMMUZ)	18767.00	0.000000
DE (6, AGUSTOS)	16321.00	0.000000
DE (6, EYLUL)	18871.00	0.000000
DE (6, EKIM)	17258.00	0.000000
DE (6, KASIM)	16491.00	0.000000
DE (6, ARALIK)	17553.00	0.000000
DE (7, OCAK)	32490.00	0.000000
DE (7, SUBAT)	31218.00	0.000000
DE (7, MART)	34028.00	0.000000
DE (7, NISAN)	32646.00	0.000000
DE (7, MAYIS)	26598.00	0.000000
DE (7, HAZIRAN)	22218.00	0.000000
DE (7, TEMMUZ)	33556.00	0.000000
DE (7, AGUSTOS)	32784.00	0.000000
DE (7, EYLUL)	35086.00	0.000000
DE (7, EKIM)	33736.00	0.000000
DE (7, KASIM)	30470.00	0.000000
DE (7, ARALIK)	32008.00	0.000000
OQ (1, OCAK)	0.000000	0.000000
OQ (1, SUBAT)	0.000000	0.000000
OQ (1, MART)	10496.00	-212.0000
OQ (1, NISAN)	10435.00	-212.0000
OQ (1, MAYIS)	10041.00	0.000000
OQ (1, HAZIRAN)	10041.00	0.000000
OQ (1, TEMMUZ)	10041.00	0.000000
OQ (1, AGUSTOS)	10041.00	0.000000
OQ (1, EYLUL)	10764.00	-212.0000
OQ (1, EKIM)	11219.00	-212.0000
OQ (1, KASIM)	10677.00	-212.0000
OQ (1, ARALIK)	11259.00	-212.0000
OQ (2, OCAK)	0.000000	0.000000
OQ (2, SUBAT)	0.000000	0.000000
OQ (2, MART)	0.000000	0.000000
OQ (2, NISAN)	16323.00	-212.0000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
OQ (2, MAYIS)	15793.00	0.000000
OQ (2, HAZIRAN)	15793.00	0.000000
OQ (2, TEMMUZ)	15793.00	0.000000
OQ (2, AGUSTOS)	15793.00	0.000000
OQ (2, EYLUL)	15793.00	0.000000
OQ (2, EKIM)	15793.00	0.000000
OQ (2, KASIM)	15793.00	0.000000
OQ (2, ARALIK)	15793.00	0.000000
OQ (3, OCAK)	0.000000	0.000000
OQ (3, SUBAT)	0.000000	0.000000
OQ (3, MART)	0.000000	0.000000
OQ (3, NISAN)	12262.00	-212.0000
OQ (3, MAYIS)	10560.00	0.000000
OQ (3, HAZIRAN)	10560.00	0.000000
OQ (3, TEMMUZ)	10560.00	0.000000
OQ (3, AGUSTOS)	10560.00	0.000000
OQ (3, EYLUL)	12892.00	-212.0000
OQ (3, EKIM)	10560.00	0.000000
OQ (3, KASIM)	10560.00	0.000000
OQ (3, ARALIK)	10560.00	0.000000
OQ (4, OCAK)	0.000000	0.000000
OQ (4, SUBAT)	0.000000	0.000000
OQ (4, MART)	0.000000	0.000000
OQ (4, NISAN)	5678.000	-212.0000
OQ (4, MAYIS)	6139.000	-212.0000
OQ (4, HAZIRAN)	5195.000	0.000000
OQ (4, TEMMUZ)	5195.000	0.000000
OQ (4, AGUSTOS)	7149.000	-212.0000
OQ (4, EYLUL)	5843.000	-212.0000
OQ (4, EKIM)	5195.000	0.000000
OQ (4, KASIM)	5195.000	0.000000
OQ (4, ARALIK)	5195.000	0.000000
OQ (5, OCAK)	0.000000	0.000000
OQ (5, SUBAT)	5838.000	-212.0000
OQ (5, MART)	5408.000	0.000000
OQ (5, NISAN)	5408.000	0.000000
OQ (5, MAYIS)	5408.000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
OQ(5, MAYIS)	5408.000	0.000000
OQ(5, HAZIRAN)	5408.000	0.000000
OQ(5, TEMMUZ)	5408.000	0.000000
OQ(5, AGUSTOS)	5408.000	0.000000
OQ(5, EYLUL)	5408.000	0.000000
OQ(5, EKIM)	5408.000	0.000000
OQ(5, KASIM)	5408.000	0.000000
OQ(5, ARALIK)	5408.000	0.000000
OQ(6, OCAK)	0.000000	0.000000
OQ(6, SUBAT)	18405.00	-212.0000
OQ(6, MART)	20198.00	-212.0000
OQ(6, NISAN)	19603.00	-212.0000
OQ(6, MAYIS)	17548.00	0.000000
OQ(6, HAZIRAN)	17548.00	0.000000
OQ(6, TEMMUZ)	17548.00	0.000000
OQ(6, AGUSTOS)	17548.00	0.000000
OQ(6, EYLUL)	17548.00	0.000000
OQ(6, EKIM)	17548.00	0.000000
OQ(6, KASIM)	17548.00	0.000000
OQ(6, ARALIK)	17548.00	0.000000
OQ(7, OCAK)	0.000000	0.000000
OQ(7, SUBAT)	0.000000	0.000000
OQ(7, MART)	34028.00	-212.0000
OQ(7, NISAN)	32646.00	-212.0000
OQ(7, MAYIS)	31350.00	0.000000
OQ(7, HAZIRAN)	31350.00	0.000000
OQ(7, TEMMUZ)	31350.00	0.000000
OQ(7, AGUSTOS)	31350.00	0.000000
OQ(7, EYLUL)	31350.00	0.000000
OQ(7, EKIM)	31350.00	0.000000
OQ(7, KASIM)	31350.00	0.000000
OQ(7, ARALIK)	31350.00	0.000000
NOQ(1, OCAK)	0.000000	0.000000
NOQ(1, SUBAT)	0.000000	0.000000
NOQ(1, MART)	10496.00	203.5000
NOQ(1, NISAN)	10435.00	203.5000
NOQ(1, MAYIS)	8375.000	-8.500000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
NOQ(1, HAZIRAN)	5509.000	0.000000
NOQ(1, TEMMUZ)	6726.000	0.000000
NOQ(1, AGUSTOS)	9794.000	0.000000
NOQ(1, EYLUL)	10764.00	0.000000
NOQ(1, EKIM)	11219.00	203.5000
NOQ(1, KASIM)	10677.00	203.5000
NOQ(1, ARALIK)	11259.00	203.5000
NOQ(2, OCAK)	0.000000	0.000000
NOQ(2, SUBAT)	0.000000	0.000000
NOQ(2, MART)	0.000000	0.000000
NOQ(2, NISAN)	16323.00	208.6600
NOQ(2, MAYIS)	13299.00	-3.340000
NOQ(2, HAZIRAN)	8614.000	0.000000
NOQ(2, TEMMUZ)	9599.000	0.000000
NOQ(2, AGUSTOS)	10198.00	0.000000
NOQ(2, EYLUL)	11943.00	0.000000
NOQ(2, EKIM)	13018.00	0.000000
NOQ(2, KASIM)	12455.00	0.000000
NOQ(2, ARALIK)	12666.00	0.000000
NOQ(3, OCAK)	0.000000	0.000000
NOQ(3, SUBAT)	0.000000	0.000000
NOQ(3, MART)	0.000000	0.000000
NOQ(3, NISAN)	12262.00	208.6100
NOQ(3, MAYIS)	9824.000	-3.390000
NOQ(3, HAZIRAN)	8208.000	0.000000
NOQ(3, TEMMUZ)	10553.00	0.000000
NOQ(3, AGUSTOS)	10034.00	-3.390000
NOQ(3, EYLUL)	12892.00	0.000000
NOQ(3, EKIM)	8240.000	-3.390000
NOQ(3, KASIM)	7952.000	0.000000
NOQ(3, ARALIK)	7387.000	0.000000
NOQ(4, OCAK)	0.000000	0.000000
NOQ(4, SUBAT)	0.000000	0.000000
NOQ(4, MART)	0.000000	0.000000
NOQ(4, NISAN)	5678.000	208.3300
NOQ(4, MAYIS)	6139.000	208.3300
NOQ(4, HAZIRAN)	5082.000	-3.670000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
NOQ(4, TEMMUZ)	4996.000	0.000000
NOQ(4, AGUSTOS)	7149.000	0.000000
NOQ(4, EYLUL)	5843.000	208.3300
NOQ(4, EKIM)	4718.000	-3.670000
NOQ(4, KASIM)	4661.000	0.000000
NOQ(4, ARALIK)	4969.000	0.000000
NOQ(5, OCAK)	0.000000	0.000000
NOQ(5, SUBAT)	5838.000	208.4600
NOQ(5, MART)	4827.000	-3.540000
NOQ(5, NISAN)	4885.000	0.000000
NOQ(5, MAYIS)	2912.000	0.000000
NOQ(5, HAZIRAN)	2594.000	0.000000
NOQ(5, TEMMUZ)	2323.000	0.000000
NOQ(5, AGUSTOS)	1851.000	0.000000
NOQ(5, EYLUL)	2284.000	0.000000
NOQ(5, EKIM)	2017.000	0.000000
NOQ(5, KASIM)	2035.000	0.000000
NOQ(5, ARALIK)	1602.000	0.000000
NOQ(6, OCAK)	0.000000	0.000000
NOQ(6, SUBAT)	18405.00	211.3200
NOQ(6, MART)	20198.00	211.3200
NOQ(6, NISAN)	19603.00	211.3200
NOQ(6, MAYIS)	15721.00	-0.6800000
NOQ(6, HAZIRAN)	11258.00	0.000000
NOQ(6, TEMMUZ)	12477.00	0.000000
NOQ(6, AGUSTOS)	11250.00	0.000000
NOQ(6, EYLUL)	12573.00	0.000000
NOQ(6, EKIM)	12283.00	0.000000
NOQ(6, KASIM)	11226.00	0.000000
NOQ(6, ARALIK)	11231.00	0.000000
NOQ(7, OCAK)	0.000000	0.000000
NOQ(7, SUBAT)	0.000000	0.000000
NOQ(7, MART)	34028.00	211.7500
NOQ(7, NISAN)	32646.00	211.7500
NOQ(7, MAYIS)	26598.00	-0.2500000
NOQ(7, HAZIRAN)	17466.00	0.000000
NOQ(7, TEMMUZ)	19672.00	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
NOQ(7, TEMMUZ)	19672.00	0.000000
NOQ(7, AGUSTOS)	21106.00	0.000000
NOQ(7, EYLUL)	24842.00	0.000000
NOQ(7, EKIM)	27228.00	0.000000
NOQ(7, KASIM)	26348.00	0.000000
NOQ(7, ARALIK)	27006.00	0.000000
GOQ(1, OCAK)	10722.00	0.000000
GOQ(1, SUBAT)	9888.000	0.000000
GOQ(1, MART)	0.000000	0.000000
GOQ(1, NISAN)	0.000000	0.000000
GOQ(1, MAYIS)	0.000000	0.000000
GOQ(1, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
GOQ(1, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
GOQ(1, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
GOQ(1, EYLUL)	0.000000	0.000000
GOQ(1, EKIM)	0.000000	0.000000
GOQ(1, KASIM)	0.000000	0.000000
GOQ(1, ARALIK)	0.000000	0.000000
GOQ(2, OCAK)	16244.00	0.000000
GOQ(2, SUBAT)	15609.00	0.000000
GOQ(2, MART)	16989.00	0.000000
GOQ(2, NISAN)	0.000000	0.000000
GOQ(2, MAYIS)	0.000000	0.000000
GOQ(2, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
GOQ(2, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
GOQ(2, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
GOQ(2, EYLUL)	0.000000	0.000000
GOQ(2, EKIM)	0.000000	0.000000
GOQ(2, KASIM)	0.000000	0.000000
GOQ(2, ARALIK)	0.000000	0.000000
GOQ(3, OCAK)	11492.00	0.000000
GOQ(3, SUBAT)	10192.00	0.000000
GOQ(3, MART)	11782.00	0.000000
GOQ(3, NISAN)	0.000000	0.000000
GOQ(3, MAYIS)	0.000000	0.000000
GOQ(3, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
GOQ(3, TEMMUZ)	0.000000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
GOQ(3, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
GOQ(3, EYLUL)	0.000000	0.000000
GOQ(3, EKIM)	0.000000	0.000000
GOQ(3, KASIM)	0.000000	0.000000
GOQ(3, ARALIK)	0.000000	0.000000
GOQ(4, OCAK)	4254.000	0.000000
GOQ(4, SUBAT)	4308.000	0.000000
GOQ(4, MART)	5952.000	0.000000
GOQ(4, NISAN)	0.000000	0.000000
GOQ(4, MAYIS)	0.000000	0.000000
GOQ(4, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
GOQ(4, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
GOQ(4, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
GOQ(4, EYLUL)	0.000000	0.000000
GOQ(4, EKIM)	0.000000	0.000000
GOQ(4, KASIM)	0.000000	0.000000
GOQ(4, ARALIK)	0.000000	0.000000
GOQ(5, OCAK)	6405.000	0.000000
GOQ(5, SUBAT)	0.000000	0.000000
GOQ(5, MART)	0.000000	0.000000
GOQ(5, NISAN)	0.000000	0.000000
GOQ(5, MAYIS)	0.000000	0.000000
GOQ(5, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
GOQ(5, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
GOQ(5, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
GOQ(5, EYLUL)	0.000000	0.000000
GOQ(5, EKIM)	0.000000	0.000000
GOQ(5, KASIM)	0.000000	0.000000
GOQ(5, ARALIK)	0.000000	0.000000
GOQ(6, OCAK)	19238.00	0.000000
GOQ(6, SUBAT)	0.000000	0.000000
GOQ(6, MART)	0.000000	0.000000
GOQ(6, NISAN)	0.000000	0.000000
GOQ(6, MAYIS)	0.000000	0.000000
GOQ(6, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
GOQ(6, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
GOQ(6, AGUSTOS)	0.000000	0.000000

11

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
GOQ(6, EYLUL)	0.000000	0.000000
GOQ(6, EKIM)	0.000000	0.000000
GOQ(6, KASIM)	0.000000	0.000000
GOQ(6, ARALIK)	0.000000	0.000000
GOQ(7, OCAK)	32490.00	0.000000
GOQ(7, SUBAT)	31218.00	0.000000
GOQ(7, MART)	0.000000	0.000000
GOQ(7, NISAN)	0.000000	0.000000
GOQ(7, MAYIS)	0.000000	0.000000
GOQ(7, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
GOQ(7, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
GOQ(7, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
GOQ(7, EYLUL)	0.000000	0.000000
GOQ(7, EKIM)	0.000000	0.000000
GOQ(7, KASIM)	0.000000	0.000000
GOQ(7, ARALIK)	0.000000	0.000000
KOQ(1, OCAK)	10496.00	0.000000
KOQ(1, SUBAT)	10435.00	0.000000
KOQ(1, MART)	10041.00	0.000000
KOQ(1, NISAN)	10041.00	0.000000
KOQ(1, MAYIS)	10041.00	0.000000
KOQ(1, HAZIRAN)	10041.00	0.000000
KOQ(1, TEMMUZ)	10764.00	0.000000
KOQ(1, AGUSTOS)	11219.00	0.000000
KOQ(1, EYLUL)	10677.00	0.000000
KOQ(1, EKIM)	11259.00	0.000000
KOQ(1, KASIM)	0.000000	0.000000
KOQ(1, ARALIK)	0.000000	0.000000
KOQ(2, OCAK)	16323.00	0.000000
KOQ(2, SUBAT)	15793.00	0.000000
KOQ(2, MART)	15793.00	0.000000
KOQ(2, NISAN)	15793.00	0.000000
KOQ(2, MAYIS)	15793.00	0.000000
KOQ(2, HAZIRAN)	15793.00	0.000000
KOQ(2, TEMMUZ)	15793.00	0.000000
KOQ(2, AGUSTOS)	15793.00	0.000000
KOQ(2, EYLUL)	15793.00	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
KOQ (2, EKIM)	0.000000	0.000000
KOQ (2, KASIM)	0.000000	0.000000
KOQ (2, ARALIK)	0.000000	0.000000
KOQ (3, OCAK)	12262.00	0.000000
KOQ (3, SUBAT)	10560.00	0.000000
KOQ (3, MART)	10560.00	0.000000
KOQ (3, NISAN)	10560.00	0.000000
KOQ (3, MAYIS)	10560.00	0.000000
KOQ (3, HAZIRAN)	12892.00	0.000000
KOQ (3, TEMMUZ)	10560.00	0.000000
KOQ (3, AGUSTOS)	10560.00	0.000000
KOQ (3, EYLUL)	10560.00	0.000000
KOQ (3, EKIM)	0.000000	0.000000
KOQ (3, KASIM)	0.000000	0.000000
KOQ (3, ARALIK)	0.000000	0.000000
KOQ (4, OCAK)	5678.000	0.000000
KOQ (4, SUBAT)	6139.000	0.000000
KOQ (4, MART)	5195.000	0.000000
KOQ (4, NISAN)	5195.000	0.000000
KOQ (4, MAYIS)	7149.000	0.000000
KOQ (4, HAZIRAN)	5843.000	0.000000
KOQ (4, TEMMUZ)	5195.000	0.000000
KOQ (4, AGUSTOS)	5195.000	0.000000
KOQ (4, EYLUL)	5195.000	0.000000
KOQ (4, EKIM)	0.000000	0.000000
KOQ (4, KASIM)	0.000000	0.000000
KOQ (4, ARALIK)	0.000000	0.000000
KOQ (5, OCAK)	5838.000	0.000000
KOQ (5, SUBAT)	5408.000	0.000000
KOQ (5, MART)	5408.000	0.000000
KOQ (5, NISAN)	5408.000	0.000000
KOQ (5, MAYIS)	5408.000	0.000000
KOQ (5, HAZIRAN)	5408.000	0.000000
KOQ (5, TEMMUZ)	5408.000	0.000000
KOQ (5, AGUSTOS)	5408.000	0.000000
KOQ (5, EYLUL)	5408.000	0.000000
KOQ (5, EKIM)	5408.000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
KOQ (5, KASIM)	5408.000	0.000000
KOQ (5, ARALIK)	0.000000	0.000000
KOQ (6, OCAK)	18405.00	0.000000
KOQ (6, SUBAT)	20198.00	0.000000
KOQ (6, MART)	19603.00	0.000000
KOQ (6, NISAN)	17548.00	0.000000
KOQ (6, MAYIS)	17548.00	0.000000
KOQ (6, HAZIRAN)	17548.00	0.000000
KOQ (6, TEMMUZ)	17548.00	0.000000
KOQ (6, AGUSTOS)	17548.00	0.000000
KOQ (6, EYLUL)	17548.00	0.000000
KOQ (6, EKIM)	17548.00	0.000000
KOQ (6, KASIM)	17548.00	0.000000
KOQ (6, ARALIK)	0.000000	0.000000
KOQ (7, OCAK)	34028.00	0.000000
KOQ (7, SUBAT)	32646.00	0.000000
KOQ (7, MART)	31350.00	0.000000
KOQ (7, NISAN)	31350.00	0.000000
KOQ (7, MAYIS)	31350.00	0.000000
KOQ (7, HAZIRAN)	31350.00	0.000000
KOQ (7, TEMMUZ)	31350.00	0.000000
KOQ (7, AGUSTOS)	31350.00	0.000000
KOQ (7, EYLUL)	31350.00	0.000000
KOQ (7, EKIM)	31350.00	0.000000
KOQ (7, KASIM)	0.000000	0.000000
KOQ (7, ARALIK)	0.000000	0.000000
S (1, OCAK)	0.000000	0.000000
S (1, SUBAT)	0.000000	0.000000
S (1, MART)	0.000000	0.000000
S (1, NISAN)	0.000000	0.000000
S (1, MAYIS)	1666.000	8.500000
S (1, HAZIRAN)	4532.000	8.500000
S (1, TEMMUZ)	3315.000	8.500000
S (1, AGUSTOS)	247.0000	-203.5000
S (1, EYLUL)	0.000000	0.000000
S (1, EKIM)	0.000000	0.000000
S (1, KASIM)	0.000000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
S (1, ARALIK)	0.000000	0.000000
S (2, OCAK)	0.000000	0.000000
S (2, SUBAT)	0.000000	0.000000
S (2, MART)	0.000000	0.000000
S (2, NISAN)	0.000000	0.000000
S (2, MAYIS)	2494.000	3.340000
S (2, HAZIRAN)	7179.000	3.340000
S (2, TEMMUZ)	6194.000	3.340000
S (2, AGUSTOS)	5595.000	3.340000
S (2, EYLUL)	3850.000	3.340000
S (2, EKIM)	2775.000	3.340000
S (2, KASIM)	3338.000	3.340000
S (2, ARALIK)	3127.000	3.340000
S (3, OCAK)	0.000000	0.000000
S (3, SUBAT)	0.000000	0.000000
S (3, MART)	0.000000	0.000000
S (3, NISAN)	0.000000	0.000000
S (3, MAYIS)	736.0000	3.390000
S (3, HAZIRAN)	2352.000	3.390000
S (3, TEMMUZ)	7.000000	0.000000
S (3, AGUSTOS)	526.0000	-208.6100
S (3, EYLUL)	0.000000	0.000000
S (3, EKIM)	2320.000	3.390000
S (3, KASIM)	2608.000	3.390000
S (3, ARALIK)	3173.000	3.390000
S (4, OCAK)	0.000000	0.000000
S (4, SUBAT)	0.000000	0.000000
S (4, MART)	0.000000	0.000000
S (4, NISAN)	0.000000	0.000000
S (4, MAYIS)	0.000000	0.000000
S (4, HAZIRAN)	113.0000	3.670000
S (4, TEMMUZ)	199.0000	-208.3300
S (4, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
S (4, EYLUL)	0.000000	0.000000
S (4, EKIM)	477.0000	3.670000
S (4, KASIM)	534.0000	3.670000
S (4, ARALIK)	226.0000	3.670000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
S (5, OCAK)	0.000000	0.000000
S (5, SUBAT)	0.000000	0.000000
S (5, MART)	581.0000	3.540000
S (5, NISAN)	523.0000	3.540000
S (5, MAYIS)	2496.000	3.540000
S (5, HAZIRAN)	2814.000	3.540000
S (5, TEMMUZ)	3085.000	3.540000
S (5, AGUSTOS)	3557.000	3.540000
S (5, EYLUL)	3124.000	3.540000
S (5, EKIM)	3391.000	3.540000
S (5, KASIM)	3373.000	3.540000
S (5, ARALIK)	3806.000	3.540000
S (6, OCAK)	0.000000	0.000000
S (6, SUBAT)	0.000000	0.000000
S (6, MART)	0.000000	0.000000
S (6, NISAN)	0.000000	0.000000
S (6, MAYIS)	1827.000	0.6800000
S (6, HAZIRAN)	6290.000	0.6800000
S (6, TEMMUZ)	5071.000	0.6800000
S (6, AGUSTOS)	6298.000	0.6800000
S (6, EYLUL)	4975.000	0.6800000
S (6, EKIM)	5265.000	0.6800000
S (6, KASIM)	6322.000	0.6800000
S (6, ARALIK)	6317.000	0.6800000
S (7, OCAK)	0.000000	0.000000
S (7, SUBAT)	0.000000	0.000000
S (7, MART)	0.000000	0.000000
S (7, NISAN)	0.000000	0.000000
S (7, MAYIS)	4752.000	0.2500000
S (7, HAZIRAN)	13884.00	0.2500000
S (7, TEMMUZ)	11678.00	0.2500000
S (7, AGUSTOS)	10244.00	0.2500000
S (7, EYLUL)	6508.000	0.2500000
S (7, EKIM)	4122.000	0.2500000
S (7, KASIM)	5002.000	0.2500000
S (7, ARALIK)	4344.000	0.2500000
SOQ (1, OCAK)	0.000000	212.0000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
SOQ(1, SUBAT)	0.000000	212.0000
SOQ(1, MART)	0.000000	0.000000
SOQ(1, NISAN)	0.000000	0.000000
SOQ(1, MAYIS)	0.000000	0.000000
SOQ(1, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
SOQ(1, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
SOQ(1, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
SOQ(1, EYLUL)	0.000000	0.000000
SOQ(1, EKIM)	0.000000	0.000000
SOQ(1, KASIM)	0.000000	0.000000
SOQ(1, ARALIK)	0.000000	0.000000
SOQ(2, OCAK)	0.000000	212.0000
SOQ(2, SUBAT)	0.000000	212.0000
SOQ(2, MART)	0.000000	212.0000
SOQ(2, NISAN)	0.000000	0.000000
SOQ(2, MAYIS)	0.000000	0.000000
SOQ(2, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
SOQ(2, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
SOQ(2, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
SOQ(2, EYLUL)	0.000000	0.000000
SOQ(2, EKIM)	0.000000	0.000000
SOQ(2, KASIM)	0.000000	0.000000
SOQ(2, ARALIK)	0.000000	0.000000
SOQ(3, OCAK)	0.000000	212.0000
SOQ(3, SUBAT)	0.000000	212.0000
SOQ(3, MART)	0.000000	212.0000
SOQ(3, NISAN)	0.000000	0.000000
SOQ(3, MAYIS)	0.000000	0.000000
SOQ(3, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
SOQ(3, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
SOQ(3, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
SOQ(3, EYLUL)	0.000000	0.000000
SOQ(3, EKIM)	0.000000	0.000000
SOQ(3, KASIM)	0.000000	0.000000
SOQ(3, ARALIK)	0.000000	0.000000
SOQ(4, OCAK)	0.000000	212.0000
SOQ(4, SUBAT)	0.000000	212.0000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
SOQ(4, MART)	0.000000	212.0000
SOQ(4, NISAN)	0.000000	0.000000
SOQ(4, MAYIS)	0.000000	0.000000
SOQ(4, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
SOQ(4, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
SOQ(4, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
SOQ(4, EYLUL)	0.000000	0.000000
SOQ(4, EKIM)	0.000000	0.000000
SOQ(4, KASIM)	0.000000	0.000000
SOQ(4, ARALIK)	0.000000	0.000000
SOQ(5, OCAK)	0.000000	212.0000
SOQ(5, SUBAT)	0.000000	0.000000
SOQ(5, MART)	0.000000	0.000000
SOQ(5, NISAN)	0.000000	0.000000
SOQ(5, MAYIS)	0.000000	0.000000
SOQ(5, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
SOQ(5, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
SOQ(5, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
SOQ(5, EYLUL)	0.000000	0.000000
SOQ(5, EKIM)	0.000000	0.000000
SOQ(5, KASIM)	0.000000	0.000000
SOQ(5, ARALIK)	0.000000	0.000000
SOQ(6, OCAK)	0.000000	212.0000
SOQ(6, SUBAT)	0.000000	0.000000
SOQ(6, MART)	0.000000	0.000000
SOQ(6, NISAN)	0.000000	0.000000
SOQ(6, MAYIS)	0.000000	0.000000
SOQ(6, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
SOQ(6, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
SOQ(6, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
SOQ(6, EYLUL)	0.000000	0.000000
SOQ(6, EKIM)	0.000000	0.000000
SOQ(6, KASIM)	0.000000	0.000000
SOQ(6, ARALIK)	0.000000	0.000000
SOQ(7, OCAK)	0.000000	212.0000
SOQ(7, SUBAT)	0.000000	212.0000
SOQ(7, MART)	0.000000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
SOQ(7, NISAN)	0.000000	0.000000
SOQ(7, MAYIS)	0.000000	0.000000
SOQ(7, HAZIRAN)	0.000000	0.000000
SOQ(7, TEMMUZ)	0.000000	0.000000
SOQ(7, AGUSTOS)	0.000000	0.000000
SOQ(7, EYLUL)	0.000000	0.000000
SOQ(7, EKIM)	0.000000	0.000000
SOQ(7, KASIM)	0.000000	0.000000
SOQ(7, ARALIK)	0.000000	0.000000
TT(1, OCAK)	0.000000	3411.000
TT(1, SUBAT)	0.000000	3411.000
TT(1, MART)	1.000000	0.000000
TT(1, NISAN)	1.000000	0.000000
TT(1, MAYIS)	1.000000	0.000000
TT(1, HAZIRAN)	1.000000	0.000000
TT(1, TEMMUZ)	1.000000	0.000000
TT(1, AGUSTOS)	1.000000	0.000000
TT(1, EYLUL)	1.000000	0.000000
TT(1, EKIM)	1.000000	0.000000
TT(1, KASIM)	1.000000	0.000000
TT(1, ARALIK)	1.000000	0.000000
TT(2, OCAK)	0.000000	2211.000
TT(2, SUBAT)	0.000000	2211.000
TT(2, MART)	0.000000	2211.000
TT(2, NISAN)	1.000000	0.000000
TT(2, MAYIS)	1.000000	0.000000
TT(2, HAZIRAN)	1.000000	0.000000
TT(2, TEMMUZ)	1.000000	0.000000
TT(2, AGUSTOS)	1.000000	0.000000
TT(2, EYLUL)	1.000000	0.000000
TT(2, EKIM)	1.000000	0.000000
TT(2, KASIM)	1.000000	0.000000
TT(2, ARALIK)	1.000000	0.000000
TT(3, OCAK)	0.000000	1461.000
TT(3, SUBAT)	0.000000	1461.000
TT(3, MART)	0.000000	1461.000
TT(3, NISAN)	1.000000	0.000000
TT(3, MAYIS)	1.000000	0.000000
TT(3, HAZIRAN)	1.000000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
TT(3, TEMMUZ)	1.000000	0.000000
TT(3, AGUSTOS)	1.000000	0.000000
TT(3, EYLUL)	1.000000	0.000000
TT(3, EKIM)	1.000000	0.000000
TT(3, KASIM)	1.000000	0.000000
TT(3, ARALIK)	1.000000	0.000000
TT(4, OCAK)	0.000000	0.000000
TT(4, SUBAT)	0.000000	0.000000
TT(4, MART)	0.000000	0.000000
TT(4, NISAN)	1.000000	0.000000
TT(4, MAYIS)	1.000000	0.000000
TT(4, HAZIRAN)	1.000000	0.000000
TT(4, TEMMUZ)	1.000000	0.000000
TT(4, AGUSTOS)	1.000000	0.000000
TT(4, EYLUL)	1.000000	0.000000
TT(4, EKIM)	1.000000	0.000000
TT(4, KASIM)	1.000000	0.000000
TT(4, ARALIK)	1.000000	0.000000
TT(5, OCAK)	0.000000	0.000000
TT(5, SUBAT)	1.000000	0.000000
TT(5, MART)	1.000000	0.000000
TT(5, NISAN)	1.000000	0.000000
TT(5, MAYIS)	1.000000	0.000000
TT(5, HAZIRAN)	1.000000	0.000000
TT(5, TEMMUZ)	1.000000	0.000000
TT(5, AGUSTOS)	1.000000	0.000000
TT(5, EYLUL)	1.000000	0.000000
TT(5, EKIM)	1.000000	0.000000
TT(5, KASIM)	1.000000	0.000000
TT(5, ARALIK)	1.000000	0.000000
TT(6, OCAK)	0.000000	0.000000
TT(6, SUBAT)	1.000000	0.000000
TT(6, MART)	1.000000	0.000000
TT(6, NISAN)	1.000000	0.000000
TT(6, MAYIS)	1.000000	0.000000
TT(6, HAZIRAN)	1.000000	0.000000
TT(6, TEMMUZ)	1.000000	0.000000
TT(6, AGUSTOS)	1.000000	0.000000
TT(6, EYLUL)	1.000000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
TT (6, EKIM)	1.000000	0.000000
TT (6, KASIM)	1.000000	0.000000
TT (6, ARALIK)	1.000000	0.000000
TT (7, OCAK)	0.000000	0.000000
TT (7, SUBAT)	0.000000	0.000000
TT (7, MART)	1.000000	0.000000
TT (7, NISAN)	1.000000	0.000000
TT (7, MAYIS)	1.000000	0.000000
TT (7, HAZIRAN)	1.000000	0.000000
TT (7, TEMMUZ)	1.000000	0.000000
TT (7, AGUSTOS)	1.000000	0.000000
TT (7, EYLUL)	1.000000	0.000000
TT (7, EKIM)	1.000000	0.000000
TT (7, KASIM)	1.000000	0.000000
TT (7, ARALIK)	1.000000	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	1434046.	-1.000000
2	0.000000	3.653998
3	0.000000	-8.375347
4	0.000000	8.894247
5	0.000000	8.014403
6	0.000000	-21.69837
7	0.000000	-47.50678
8	0.000000	11.38509
9	0.000000	38.08331
10	0.000000	219.8224
11	0.000000	19.32256
12	0.000000	11.50493
13	0.000000	19.89951
14	0.000000	3.144216
15	0.000000	-0.5158704
16	0.000000	7.438333
17	0.000000	6.939565
18	0.000000	-10.49052
19	0.000000	-26.45925
20	0.000000	6.222147
21	0.000000	3.997275
22	0.000000	10.60272

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
22	0.000000	10.60272
23	0.000000	6.740899
24	0.000000	-2.700394
25	0.000000	1.760876
26	0.000000	4.739524
27	0.000000	-3.921197
28	0.000000	6.671530
29	0.000000	13.25933
30	0.000000	-2.982847
31	0.000000	-12.23549
32	0.000000	14.15306
33	0.000000	-1.537172
34	0.000000	229.5707
35	0.000000	-13.53560
36	0.000000	-3.388229
37	0.000000	-5.233629
38	0.000000	-15.53595
39	0.000000	-14.81809
40	0.000000	7.036819
41	0.000000	7.064335
42	0.000000	13.19275
43	0.000000	-0.8587337
44	0.000000	-4.169803
45	0.000000	237.5949
46	0.000000	9.257802
47	0.000000	-5.697655
48	0.000000	-3.784284
49	0.000000	1.067930
50	0.000000	10.50229
51	0.000000	9.060240
52	0.000000	0.1768933
53	0.000000	2.251590
54	0.000000	-15.59418
55	0.000000	-1.052206
56	0.000000	-0.6392319
57	0.000000	-2.405357
58	0.000000	5.546600
59	0.000000	-0.6040851
60	0.000000	1.900122
61	0.000000	-2.062676

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
60	0.000000	1.900122
61	0.000000	-2.062676
62	0.000000	0.9870133
63	0.000000	1.157001
64	0.000000	2.254782
65	0.000000	1.890488
66	0.000000	-0.4863033
67	0.000000	-2.780219
68	0.000000	0.6986391
69	0.000000	-0.7989476
70	0.000000	0.7623141
71	0.000000	-0.2252605
72	0.000000	-0.6948635
73	0.000000	-0.4464392E-01
74	0.000000	0.1912367
75	0.000000	-0.3258150E-01
76	0.000000	0.7118596
77	0.000000	0.4686861
78	0.000000	-0.5955061
79	0.000000	-1.616201
80	0.000000	0.3788076
81	0.000000	0.2429683
82	0.000000	0.6480229
83	0.000000	0.4104800
84	0.000000	-0.1641979
85	0.000000	0.1064251
86	0.000000	1.000000
87	0.000000	1.000000
88	0.000000	1.000000
89	0.000000	1.000000
90	0.000000	1.000000
91	0.000000	1.000000
92	0.000000	1.000000
93	0.000000	238.0121
94	0.000000	114.5440
95	0.000000	116.2587
96	0.000000	125.8612
97	0.000000	70.09200
98	0.000000	13.46400
99	0.000000	7.000357

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
98	0.000000	13.46400
99	0.000000	7.000357
100	0.000000	102.0000
101	0.000000	40.08000
102	0.000000	40.68000
103	0.000000	44.04000
104	0.000000	42.48000
105	0.000000	8.160000
106	0.000000	3.000000
107	0.000000	0.000000
108	0.000000	0.000000
109	0.000000	0.000000
110	0.000000	0.000000
111	0.000000	0.000000
112	0.000000	0.000000
113	0.000000	0.000000
114	0.000000	0.000000
115	0.000000	0.000000
116	0.000000	0.000000
117	0.000000	0.000000
118	0.000000	0.000000
119	0.000000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	0.000000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	0.000000	0.000000
125	0.000000	0.000000
126	0.000000	0.000000
127	0.000000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	0.000000	0.000000
130	0.000000	0.000000
131	0.000000	0.000000
132	0.000000	0.000000
133	0.000000	0.000000
134	0.000000	0.000000
135	0.000000	0.000000
136	0.000000	0.000000
137	0.000000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
213	0.000000	8.500000
214	0.000000	8.500000
215	0.000000	8.500000
216	0.000000	0.000000
217	0.000000	0.000000
218	0.000000	0.000000
219	0.000000	212.0000
220	0.000000	8.500000
221	0.000000	8.500000
222	0.000000	8.500000
223	0.000000	3.340000
224	0.000000	3.340000
225	0.000000	0.000000
226	0.000000	0.000000
227	0.000000	0.000000
228	0.000000	0.000000
229	0.000000	0.000000
230	0.000000	0.000000
231	0.000000	0.000000
232	0.000000	3.390000
233	0.000000	3.390000
234	0.000000	0.000000
235	0.000000	0.000000
236	0.000000	3.390000
237	0.000000	212.0000
238	0.000000	3.390000
239	0.000000	0.000000
240	0.000000	0.000000
241	0.000000	3.670000
242	0.000000	3.670000
243	0.000000	3.670000
244	0.000000	0.000000
245	0.000000	212.0000
246	0.000000	3.670000
247	0.000000	3.670000
248	0.000000	0.000000
249	0.000000	0.000000
250	0.000000	3.540000
251	0.000000	3.540000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
251	0.000000	3.540000
252	0.000000	0.000000
253	0.000000	0.000000
254	0.000000	0.000000
255	0.000000	0.000000
256	0.000000	0.000000
257	0.000000	0.000000
258	0.000000	0.000000
259	0.000000	0.000000
260	0.000000	0.000000
261	0.000000	0.680000
262	0.000000	0.680000
263	0.000000	0.680000
264	0.000000	0.680000
265	0.000000	0.000000
266	0.000000	0.000000
267	0.000000	0.000000
268	0.000000	0.000000
269	0.000000	0.000000
270	0.000000	0.000000
271	0.000000	0.000000
272	0.000000	0.250000
273	0.000000	0.250000
274	0.000000	0.250000
275	0.000000	0.000000
276	0.000000	0.000000
277	0.000000	0.000000
278	0.000000	0.000000
279	0.000000	0.000000
280	0.000000	0.000000
281	0.000000	0.000000
282	0.000000	0.000000
283	0.000000	0.000000
284	0.000000	0.000000
285	0.000000	0.000000
286	0.000000	0.000000
287	0.000000	0.000000
288	0.000000	0.000000
289	0.000000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
290	0.000000	203.5000
291	0.000000	203.5000
292	0.000000	-8.500000
293	0.000000	0.000000
294	0.000000	0.000000
295	0.000000	0.000000
296	0.000000	0.000000
297	0.000000	203.5000
298	0.000000	203.5000
299	0.000000	203.5000
300	0.000000	0.000000
301	0.000000	0.000000
302	0.000000	208.6600
303	0.000000	-3.340000
304	0.000000	0.000000
305	0.000000	0.000000
306	0.000000	0.000000
307	0.000000	0.000000
308	0.000000	0.000000
309	0.000000	0.000000
310	0.000000	0.000000
311	0.000000	0.000000
312	0.000000	0.000000
313	0.000000	208.6100
314	0.000000	-3.390000
315	0.000000	0.000000
316	0.000000	0.000000
317	0.000000	-3.390000
318	0.000000	0.000000
319	0.000000	-3.390000
320	0.000000	0.000000
321	0.000000	0.000000
322	0.000000	0.000000
323	0.000000	0.000000
324	0.000000	208.3300
325	0.000000	208.3300
326	0.000000	-3.670000
327	0.000000	0.000000
328	0.000000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
329	0.000000	208.3300
330	0.000000	-3.670000
331	0.000000	0.000000
332	0.000000	0.000000
333	0.000000	208.4600
334	0.000000	-3.540000
335	0.000000	0.000000
336	0.000000	0.000000
337	0.000000	0.000000
338	0.000000	0.000000
339	0.000000	0.000000
340	0.000000	0.000000
341	0.000000	0.000000
342	0.000000	0.000000
343	0.000000	0.000000
344	0.000000	211.3200
345	0.000000	211.3200
346	0.000000	211.3200
347	0.000000	-0.680000
348	0.000000	0.000000
349	0.000000	0.000000
350	0.000000	0.000000
351	0.000000	0.000000
352	0.000000	0.000000
353	0.000000	0.000000
354	0.000000	0.000000
355	0.000000	0.000000
356	0.000000	211.7500
357	0.000000	211.7500
358	0.000000	-0.250000
359	0.000000	0.000000
360	0.000000	0.000000
361	0.000000	0.000000
362	0.000000	0.000000
363	0.000000	0.000000
364	0.000000	0.000000
365	0.000000	0.000000
366	0.000000	0.000000
367	0.000000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
452	0.000000	-3411.000
453	0.000000	-3411.000
454	0.000000	-3411.000
455	0.000000	-3411.000
456	0.000000	-3411.000
457	0.000000	-3411.000
458	0.000000	-3411.000
459	0.000000	-3411.000
460	0.000000	-3411.000
461	0.000000	-3411.000
462	0.000000	0.000000
463	0.000000	0.000000
464	0.000000	0.000000
465	0.000000	-2211.000
466	0.000000	-2211.000
467	0.000000	-2211.000
468	0.000000	-2211.000
469	0.000000	-2211.000
470	0.000000	-2211.000
471	0.000000	-2211.000
472	0.000000	-2211.000
473	0.000000	-2211.000
474	0.000000	0.000000
475	0.000000	0.000000
476	0.000000	0.000000
477	0.000000	-1461.000
478	0.000000	-1461.000
479	0.000000	-1461.000
480	0.000000	-1461.000
481	0.000000	-1461.000
482	0.000000	-1461.000
483	0.000000	-1461.000
484	0.000000	-1461.000
485	0.000000	-1461.000
486	0.000000	-761.0000
487	0.000000	-761.0000
488	0.000000	-761.0000
489	0.000000	-761.0000
490	0.000000	-761.0000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
491	0.000000	-761.0000
492	0.000000	-761.0000
493	0.000000	-761.0000
494	0.000000	-761.0000
495	0.000000	-761.0000
496	0.000000	-761.0000
497	0.000000	-761.0000
498	0.000000	-828.0000
499	0.000000	-828.0000
500	0.000000	-828.0000
501	0.000000	-828.0000
502	0.000000	-828.0000
503	0.000000	-828.0000
504	0.000000	-828.0000
505	0.000000	-828.0000
506	0.000000	-828.0000
507	0.000000	-828.0000
508	0.000000	-828.0000
509	0.000000	-828.0000
510	0.000000	-495.0000
511	0.000000	-495.0000
512	0.000000	-495.0000
513	0.000000	-495.0000
514	0.000000	-495.0000
515	0.000000	-495.0000
516	0.000000	-495.0000
517	0.000000	-495.0000
518	0.000000	-495.0000
519	0.000000	-495.0000
520	0.000000	-495.0000
521	0.000000	-495.0000
522	0.000000	-326.0000
523	0.000000	-326.0000
524	0.000000	-326.0000
525	0.000000	-326.0000
526	0.000000	-326.0000
527	0.000000	-326.0000
528	0.000000	-326.0000
529	0.000000	-326.0000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
530	0.000000	-326.0000
531	0.000000	-326.0000
532	0.000000	-326.0000
533	0.000000	-326.0000
534	0.000000	-8.500000
535	0.000000	-3.340000
536	0.000000	-3.390000
537	0.000000	-3.670000
538	0.000000	0.000000
539	0.000000	0.000000
540	0.000000	-0.250000
541	0.000000	0.000000
542	0.000000	0.000000
543	0.000000	0.000000
544	0.000000	0.000000
545	0.000000	0.000000
546	0.000000	0.000000
547	0.000000	0.000000
548	0.000000	0.000000
549	0.000000	0.000000
550	0.000000	0.000000
551	0.000000	-8.500000
552	0.000000	-3.340000
553	0.000000	0.000000
554	0.000000	0.000000
555	0.000000	0.000000
556	0.000000	0.000000
557	0.000000	0.000000
558	0.000000	0.000000
559	0.000000	0.000000
560	0.000000	0.000000
561	0.000000	0.000000
562	0.000000	0.000000
563	0.000000	-3.390000
564	0.000000	0.000000
565	0.000000	0.000000
566	0.000000	0.000000
567	0.000000	0.000000
568	0.000000	0.000000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler		
688	0.000000	-212.0000
689	0.000000	-212.0000
690	0.000000	-212.0000
691	0.000000	-212.0000
692	0.000000	-212.0000
693	0.000000	-212.0000
694	0.000000	-212.0000
695	0.000000	-212.0000
696	0.000000	-212.0000
697	0.000000	-212.0000
698	0.000000	0.000000
699	0.000000	0.000000
700	0.000000	-212.0000
701	0.000000	-212.0000
702	0.000000	-212.0000
703	0.000000	-212.0000
704	0.000000	-212.0000
705	0.000000	-212.0000
706	0.000000	-212.0000
707	0.000000	-212.0000
708	0.000000	-212.0000
709	0.000000	0.000000
710	0.000000	0.000000
711	0.000000	-212.0000
712	0.000000	-212.0000
713	0.000000	-212.0000
714	0.000000	-212.0000
715	0.000000	-212.0000
716	0.000000	-212.0000
717	0.000000	-212.0000
718	0.000000	-212.0000
719	0.000000	-212.0000
720	0.000000	0.000000
721	0.000000	0.000000
722	0.000000	-212.0000
723	0.000000	-212.0000
724	0.000000	-212.0000
725	0.000000	-212.0000
726	0.000000	-212.0000

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler			
727	0.000000	-212.0000	
728	0.000000	-212.0000	
729	0.000000	-212.0000	
730	0.000000	-212.0000	
731	0.000000	-212.0000	
732	0.000000	-212.0000	
733	0.000000	-212.0000	
734	0.000000	-212.0000	
735	0.000000	-212.0000	
736	0.000000	-212.0000	
737	0.000000	-212.0000	
738	0.000000	-212.0000	
739	0.000000	-212.0000	
740	0.000000	-212.0000	
741	0.000000	-212.0000	
742	0.000000	-212.0000	
743	0.000000	-212.0000	
744	0.000000	-212.0000	
745	0.000000	-212.0000	
746	0.000000	-212.0000	
747	0.000000	-212.0000	
748	0.000000	-212.0000	
749	0.000000	-212.0000	
750	0.000000	-212.0000	
751	0.000000	-212.0000	
752	0.000000	-212.0000	
753	0.000000	0.000000	
754	0.000000	-212.0000	
755	0.000000	-212.0000	
756	0.000000	-212.0000	
757	0.000000	-212.0000	
758	0.000000	-212.0000	
759	0.000000	-212.0000	
760	0.000000	-212.0000	
761	0.000000	-212.0000	
762	0.000000	-212.0000	
763	0.000000	-212.0000	
764	0.000000	1.000000	
765	0.000000	0.000000	

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler			
1191	15700.00	0.000000	
1192	15700.00	0.000000	
1193	5204.000	0.000000	
1194	5265.000	0.000000	
1195	3993.000	0.000000	
1196	1127.000	0.000000	
1197	2344.000	0.000000	
1198	5412.000	0.000000	
1199	4936.000	0.000000	
1200	4481.000	0.000000	
1201	5023.000	0.000000	
1202	4441.000	0.000000	
1203	29837.00	0.000000	
1204	29837.00	0.000000	
1205	29837.00	0.000000	
1206	13514.00	0.000000	
1207	11550.00	0.000000	
1208	6865.000	0.000000	
1209	7850.000	0.000000	
1210	8449.000	0.000000	
1211	10194.00	0.000000	
1212	11269.00	0.000000	
1213	10706.00	0.000000	
1214	10917.00	0.000000	
1215	15466.00	0.000000	
1216	15466.00	0.000000	
1217	15466.00	0.000000	
1218	3204.000	0.000000	
1219	4170.000	0.000000	
1220	2554.000	0.000000	
1221	4899.000	0.000000	
1222	4380.000	0.000000	
1223	2574.000	0.000000	
1224	2586.000	0.000000	
1225	2298.000	0.000000	
1226	1733.000	0.000000	
1227	15540.00	0.000000	
1228	15540.00	0.000000	
1229	15540.00	0.000000	

Solution Report - Lingo.Tüm.Malzemeler

1230	9862.000	0.000000
1231	9401.000	0.000000
1232	10232.00	0.000000
1233	10146.00	0.000000
1234	8391.000	0.000000
1235	9697.000	0.000000
1236	9868.000	0.000000
1237	9811.000	0.000000
1238	10119.00	0.000000
1239	10803.00	0.000000
1240	4965.000	0.000000
1241	4814.000	0.000000
1242	4872.000	0.000000
1243	2899.000	0.000000
1244	2581.000	0.000000
1245	2310.000	0.000000
1246	1838.000	0.000000
1247	2271.000	0.000000
1248	2004.000	0.000000
1249	2022.000	0.000000
1250	1589.000	0.000000
1251	26701.00	0.000000
1252	8296.000	0.000000
1253	6503.000	0.000000
1254	7098.000	0.000000
1255	7326.000	0.000000
1256	2863.000	0.000000
1257	4082.000	0.000000
1258	2855.000	0.000000
1259	4178.000	0.000000
1260	3888.000	0.000000
1261	2831.000	0.000000
1262	2836.000	0.000000
1263	51560.00	0.000000
1264	51560.00	0.000000
1265	17532.00	0.000000
1266	18914.00	0.000000
1267	15458.00	0.000000
1268	6326.000	0.000000

ÖZGEÇMİŞ

Özge SOFUOĞLU 18/04/1993 yılında Trabzon'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Tekirdağ'da tamamladı. 2011 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği'nden 2016 yılında mezun oldu. 2017 yılında Namık Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans çalışmasına başlamış ve eğitimini sürdürmektedir. Aynı yıl özel sektörde Ana Veri Yönetim Sorumlusu olarak başladığı görevini halen devam ettirmektedir.

