



ZAMAN PENCERELİ ÜRÜN KARIŞIMI MODELİ VE BİR UYGULAMA

Yasemin ERTEKİN AKTAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2019

Yasemin ERTEKİN AKTAŞ tarafından hazırlanan “ZAMAN PENCERELİ ÜRÜN KARIŞIMI MODELİ VE BİR UYGULAMA” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğ. Üyesi Bahar ÖZYÖRÜK

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Serpil EROL

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Dr. Öğ. Üyesi Evrencan ÖZCAN

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 21/06/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Yasemin ERTEKİN AKTAŞ

21/06/2019

ZAMAN PENCERELİ ÜRÜN KARIŞIMI MODELİ VE BİR UYGULAMA
(Yüksek Lisans Tezi)

Yasemin ERTEKİN AKTAŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2019

ÖZET

İşletmelerde birden fazla ürün çeşidi aynı tesis ve makineleri kullanarak üretilmekte ve işletmeler en uygun ürün karması ile üretim yapmak zorundadırlar. Ürün karması belirlenirken tüm tesisi ve kapasite kısıtlarını, müşteri ihtiyaçlarını ve şirket stratejisini göz önüne alarak üretim planlarının yapılması gerekmektedir. Çalışmanın yapıldığı işletmede kurutulmuş meyve ve sebze üretilmektedir. Ürünler son üretim aşamasına kadar bozulabilmektedir. Bu tez kapsamında bu işletme için uygun bir üretim planını hazırlayacak zaman pencereli ürün karışımı modeli geliştirilmiş ve model belirli bir planlama dönemini dikkate alarak en uygun ürün karmasını karı maksimize edecek şekilde çözülmüştür. Mevsime göre değişen ürün çeşitleri ile ürün karması ve miktarını belirleme, şirketin doğrudan satış planını oluşturmakta, nakit akışı ve bütçe planlarını dolayısıyla ciro ve karını etkilemektedir. Bu modelin sonuçları ile işletme doğru ürün karmasını belirleyerek satış bölümünü yönlendirerek karını arttıracak, makine ve ekipman kapasitelerini optimum şekilde kullanacaktır. Model ele alınan planlama dönemi için 4 ürün, 8 aşamada, zaman kısıtları, makine ve işçilik kısıtlarını içermektedir. Model kısıtları ve çözüm incelenerek dar boğaz olan operasyon belirlenmiştir. Seçilen bu 4 ürün için ürünlerin işlem, taşıma, hazırlık sürelerinin iyileştirilmesinin karı doğrudan artıracak ortaya konmuştur. İyileştirme çalışmaları için işletmeye “tesis yerleşimi”, “makine-ekipman yatırımı”, “eğitim” gibi ana başlıklarda projeler önerilmiştir. Önerilen projelerin uygulanması ile elde edilecek toplam karlar karşılaştırılmıştır. Yapılan literatür araştırmalarında görülmüştür ki, bozulabilen ürünlerle ilgili çalışmaların çoğunluğu üretim sonrasında dağıtım sistemi ve raf ömrüne odaklanmıştır. Bu tezde ise üretim sürecinde bozulabilir ürün özelliği gösteren, tamamlanmış ürünlerin ise bozulmadığı bir üretim sistemi için çalışma yapılarak literatüre katkı sağlanmıştır.

Bilim Kodu : 90604

Anahtar Kelimeler : Ürün Karması, Zaman Pencereli Üretim Planlama, Bozulabilir Ürünler

Sayfa Adedi : 64

Danışman : Dr. Öğ. Üyesi Bahar ÖZYÖRÜK

PRODUCT MIX MODEL WITH TIME WINDOW AND AN APPLICATION

(M. Sc. Thesis)

Yasemin ERTEKİN AKTAŞ

GAZI UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2019

ABSTRACT

Many types of products are produced by using the same plant and machinery and enterprises have to produce with the most suitable product mix. When determining the product mix, production plans should be made considering all facility and capacity constraints, customer needs and company strategy. Dried fruits and vegetables are produced in the enterprise where the study is made. The products may be perishable until the final production stage. Within the scope of this thesis, a product mix model with time windows was developed to solve an appropriate production plan for this enterprise and the model was solved in a way that maximizes the profit of the most appropriate product mix considering a certain planning period. Determining the product mix and quantity with the product types that change according to the season constitutes the direct sales plan of the company and affects the cash flow and budget plans and thus turnover and profit. With the results of this model, the company will determine the right product mix and direct the sales department to increase its profits and will use machinery and equipment capacities in an optimum way. The model includes 4 products, 8 stages, time constraints, machinery and labor constraints for the planning period under consideration. The bottleneck operation was determined by examining the model constraints and solution. It has been demonstrated that the improvement of processing, handling and preparation times of these 4 products will directly increase the profit. For the improvement works, projects have been proposed to the enterprise under the main headings such as “plant placement”, “investment in machinery-equipment”, and “training”. The total profits to be obtained from the implementation of the proposed projects are compared. In literature studies, it was seen that most of the studies on perishable products focused on distribution system and shelf life after production. In this thesis, a contribution has been made to the literature by making studies for a production system that exhibits the perishable product characteristics during the production process and the finished products are not perishable.

Science Code : 90604

Key Words : Product Mix, Production Planning with Time Window, Perishable Products

Page Number : 64

Supervisor : Asst. Prof. Dr Bahar OZYORUK

TEŞEKKÜR

“Zaman Pencereleli Ürün Karışımı Modeli ve Bir Uygulama” tezimin tamamlanmasında yönlendirmeleri ile her zaman destek olan hocam Sayın Dr. Öğ. Üyesi Bahar ÖZYÖRÜK’e, tezimin başlangıç kısmında ve konu belirleme konusunda yönlendirici fikirleri ile yol gösteren hocam Sayın Doç. Dr. İzzettin TEMİZ’ e, 7 yıldır birlikte çalıştığım Taze Kuru ailesine ve tezimin konusu hakkındaki fikir ve destekleri için Sayın Dr. Nusret YURTER’ e, tezimi tamamlayabilmem konusunda beni motive eden ve destekleyen eşim Köksal AKTAŞ’ a, ve hayatım boyunca her zaman yanımda olan annem, babam ve kardeşime en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. ÜRETİM VE ÜRETİM PLANLAMA	3
2.1. Üretim.....	3
2.2. Üretim Yönetimi.....	4
2.3. Üretim Sistemleri.....	4
2.4. Üretim Planlama.....	4
2.5. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	6
2.6. Planlama Dönemleri	7
2.7. Üretim Sistemleri.....	8
2.8. Ürün Karması	9
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	13
3.1. Ürün Karması	13
3.2. Bozulabilir Ürünler.....	15
4. İŞLETMENİN TANITIMI VE MODELİN KURULMASI	19
4.1. İşletme Tanıtımı	19
4.1.1. Ürün özellikleri ve çeşitleri	20
4.1.2. Üretim hattı özellikleri	21
4.1.3. Aşamalar.....	22

	Sayfa
4.1.4. Aşamalar arası fire.....	24
4.2. Modelin Kurulması	25
4.2.1. Verilerin toplanması	26
4.2.2. Varsayımlar	27
4.2.3. Notasyonlar.....	28
4.2.4. Matematiksel model	29
5. MODELİN UYGULANMASI VE BULGULAR	31
5.1. Kullanılan Veriler	31
5.2. Senaryolar.....	33
5.2.1. Senaryo 1.....	33
5.2.2. Ana modelde yapılabilecek iyileştirmeler.....	34
5.2.3. Senaryo 2.....	35
5.2.4. Senaryo 3.....	38
5.2.5. Senaryo 4.....	40
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	47
Ek – 1. Modelin açık hali – LINDO yazımı.....	54
Ek – 2. 1. Senaryo için çözüm	60
ÖZGEÇMİŞ	64

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Planlama dönemi faaliyetleri	8
Çizelge 4.1. Ürünler için beklenen hasat dönemleri	21
Çizelge 5.1. Ürünlerin birim işlem süreleri (saat) ve depolama kapasitesi (kg).....	31
Çizelge 5.2. Ürün ve aşamalara göre operasyon şekli ve çalışması gereken minimum personel sayısı	32
Çizelge 5.3. Ürünler ve aşamalar için kaynak kullanım miktarı.....	32
Çizelge 5.4. Ürünler ve aşamalar için fire oranları	33
Çizelge 5.5. Ürünlerin birim satış fiyatı ve üretim maliyetleri TL	33
Çizelge 5.6. Senaryo 1'in üretim miktarları ve kar durumu	34
Çizelge 5.7. İyileştirme çalışmaları ardından operasyon süreleri	36
Çizelge 5.8. Ürünlerin proje maliyeti eklendiğinde birim üretim maliyetleri TL	37
Çizelge 5.9. Senaryo 2'nin üretim miktarları ve kar durumu	37
Çizelge 5.10. Senaryo 3 için iyileştirme çalışmaları ardından operasyon süreleri	38
Çizelge 5.11. Proje maliyeti eklendiğinde birim üretim maliyetleri TL	39
Çizelge 5.12. Senaryo 3'ün üretim miktarları ve kar durumu	40
Çizelge 5.13. Senaryo 4 için iyileştirme çalışmaları ardından operasyon süreleri	40
Çizelge 5.14. Ürünlerin proje maliyeti eklendiğinde birim üretim maliyetleri TL	42
Çizelge 5.15. Senaryo 4'ün üretim miktarları ve kar durumu	42
Çizelge 5.16. Senaryo 1-2-3-4'ün üretim miktarları karşılaştırması	43
Çizelge 5.17. Senaryo 1-2-3-4'ün kar karşılaştırması	43

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Üretim bileşenleri	3
Şekil 4.1. Üretim sistemi akış şeması	25
Şekil 4.2. Fabrika üretim aşamaları	26
Şekil 5.1. Senaryo 1-2-3-4'ün üretim miktarları karşılaştırması	44
Şekil 5.2. Senaryo 1-2-3-4'ün kar karşılaştırması	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

CO₂

Karbondioksit

Kısaltmalar

Açıklamalar

AR-GE

Araştırma Geliştirme

BCtA

Business Call to Action

BCorp

Business Corporation

Eş.

Eşitlik

IFS

International Food Standards

ISO

International Organization for Standardization

1. GİRİŞ

Ürün ya da hizmet üreten işletmelerin nihai amacı kar elde etmektir. Üretim sistemlerinde girdileri çıktılara dönüştürerek katma değer sağlanmaktadır. Günümüz rekabet koşulları da dikkate alındığında ürünlerin satış fiyatı pazar tarafından kısıtlanabilir. Fiyat değişimi konusunda hassasiyet olduğu durumlarda da maliyetleri en aza indirmek karı artırmak için birincil amaç olmaktadır. Bu amacın gerçekleştirilmesi için verimliliği takip etmek, sürekli iyileştirmeler yapmak, sürdürülebilir olmak, müşteri memnuniyetini sağlamak, isabetli tahminlerle plan yapmak gerekmektedir.

Üretim ya da hizmet sektörü fark etmeksizin üretim yapan işletmelerde doğası gereği birçok kısıt aynı anda karar mekanizmasını etkilemektedir.

Tüm kısıtlar göz önünde bulundurularak ve kapasitenin en iyi kullanılmasını sağlayarak, hem müşteri memnuniyetini hem de kar maksimizasyonunu sağlamak günümüzde işletmeler için hayati önem taşımaktadır.

Çok ürünlü çok aşamalı ürünler: Birden fazla ürünün üretiminin var olduğu işletmelerde, doğru ürün karması belirleme problemi oluşabilmektedir. Tüm işletmeler, kaynakları en etkin şekilde kullanarak, değişen ve her geçen gün artan rekabet koşullarına uyum sağlayabilmek için doğru ürünleri, doğru miktarlarda üretmeyi amaçlamaktadır.

Aynı zamanda, zamanla değişen tüketim ihtiyaçları ve teknoloji ile üretilen ürünler daha çok çeşitli ve daha farklı aşamalardan geçerek üretilmektedir. Bu değişim yatırımlar da dâhil olmak üzere işletmelerdeki kısa, orta, uzun vadeli planlarda ve stratejilerde etkili olmuştur.

Bozulabilir ürünler: Kısıtlar doğrultusunda hedefleri saptamanın zorlukları bir yana, üretilen ürünlerin doğası gereği de farklı kısıtlar ortaya çıkabilmektedir. Diğer sektörlerde de olabileceği gibi gıda üretimi yapan firmalarda “bozulma” hem planlamanın hem de maliyet kalemlerinin en önemli kısıtı haline gelmektedir.

Çalışma, kurutulmuş meyve ve sebze üretimi yapan bir işletmede yapılmıştır. Tez çalışmasının yapıldığı işletmede, yaş meyve ve sebze üretim aşamasında “zaman” kısıtı

bulunmaktadır. İşletmedeki girdiler son ürün haline getirilene kadar “bozulabilir” üründür ve belirli bir sürede son ürün haline getirilmelidir. Yapılan araştırmalarda literatürde özellikle ürünün dağıtım ve raf ömrü problemlerine odaklanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada, işletmenin kapasitenin etkin kullanılması, en yüksek karın elde edilmesi gibi ihtiyaçları doğrultusunda, mevcut ürün gamı ile zaman kısıtı altında optimum ürün karması belirlenmesi amacıyla matematiksel model geliştirilmiştir.

Bu çalışma ile oluşturulan matematiksel model, işletmede mevsime göre değişen üretim planlarında doğru ürün karması belirlenmesinde yol gösterici olacağı için üretim planlama bölümünde aktif olarak kullanılacaktır.

Bu tez çalışması 6 bölümden oluşmaktadır:

2. bölümde üretim ve planlama kavramları açıklanmış, 3. bölümde literatürde yer alan ürün karması belirlenmesi problemlerinden ve bozulabilir ürünlerle ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmiş, 4. bölümde işletme, üretim yapısı, kısıtlar ve iş modeli açıklanmış ve işletme ihtiyaçlarına uygun ürün karmasını belirlemek amacıyla matematiksel model oluşturulmuştur. 5. Bölümde ise model dört farklı senaryo için çözülmüş ve ulaşılan sonuçlar tartışılmıştır. 6. Bölümde çalışma sonuçları ve işletmede ve tezin devamında yapılabilecek çalışmalar için önerilere yer verilmiştir.

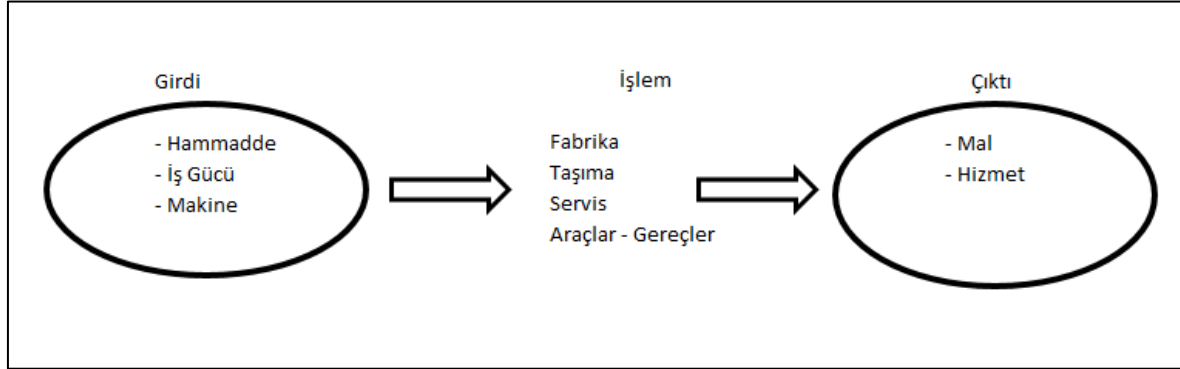
2. ÜRETİM VE ÜRETİM PLANLAMA

2.1. Üretim

Üretim, insanların ihtiyaçlarının doğa tarafından karşılanamadığı durumlarda ortaya çıkan beşeri bir faaliyettir. İnsanın, hayatını doğanın verdikleri ile sürdürebilmesi halinde herhangi bir üretim faaliyetinden bahsedilemeyecektir (Kobu, 2013: 3).

Üretim, hammaddeyi bitmiş ürünlere dönüştürme işlemi olarak tanımlanır. Üretim sürecinin etkin yönetimi, bitmiş ürünlerin istenen zamanlarda, istenen kalitede ve uygun maliyette uygun miktarlarda sunulmasını sağlamalıdır (Hax A.C., Golovin J.J 1977).

Üretim, müşteri taleplerine cevap verebilmek için farklı girdilerin bazı işlemlerden geçirilerek bir mal veya hizmet olarak çıktı haline getirilmesine denir. Üretimin üç önemli unsuru bulunmaktadır. Bu unsurlar; girdi, işlem ve çıktıdır. Aynı zamanda üretim sistemini oluşturan bu bileşenlerin durumu ve aralarındaki ilişki aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Tekin, 2012: 49).



Şekil 2.1. Üretim bileşenleri

Üretimin temel amacı bir ürün ve / veya hizmet sağlamaktır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için üretim unsurlarının belirli koşullar ve yöntemlerle bir araya getirilmesi gerekir (Kobu, 2013: 3).

2.2. Üretim Yönetimi

Üretim yönetimi, işletmenin sahip olduğu malzeme, makine-ekipman ve insan kaynaklarının istenilen nitelik ve nicelikte, belirlenen sürede ve en düşük maliyetle üretimini sağlayacak şekilde bir araya getirilmesidir (Kobu, 2013: 5).

Üretim yönetiminin başlıca amaçları şunlardır:

- Müşteri ihtiyaçlarını belirlenen fiyat, süre ve miktara uygun olarak üretmek,
- Ürün ve hizmetleri en düşük maliyetle üretmek,
- Ürün ve hizmetlerin kalitesinin istenilen seviyede olmasını sağlamaktır (Tekin, 2012: 29).

2.3. Üretim Sistemleri

Üretim sistemleri ürün veya hizmet elde edilmesi amacıyla hammadde, malzeme-ekipman, insan kaynaklarını ve sermayeyi dengeli şekilde bir araya getiren sistemlerdir. Sistemde insan kaynakları, malzeme, sermaye gibi unsurlar girdileri, ürün ve hizmetler de çıktıları oluşturmaktadır. Üretim sisteminin belirli bir amacı vardır, girdileri faydalı çıktılara dönüştürür, diğer bölümlerle birlikte çalışır ve operasyonların performansını artırmak için geri besleme mekanizmasına sahiptir (Tuskan A.C., 2011).

2.4. Üretim Planlama

Genel olarak, üretim planlaması, gelecekteki planlama dönemi için üretim hedeflerinin belirlenmesidir (Acar, 1998: 52).

Ürün ve üretim şekillerinin farklılaşması, ürün gamının çeşitlenmesi ile üretim sistemleri de gelişmiştir. Üretim sistemlerinin farklılaşmasına bağlı olarak, üretim planlamada önem kazanmıştır. Üretim planlamasının öncelikli hale gelmesine sebep olan etmenler;

- İşletmede operasyonlar arası koordinasyon zorluğu,
- İşletmeler arasındaki ilişkilerin artması ve yoğun rekabet,
- Yoğun ve karışık üretim sistemleri,

- Müşteri talep ve ihtiyaçlarındaki değişimler,
- Teknolojik gelişmeler dolayısıyla, hizmet, kalite ve fiyat rekabetinin artması,
- İşletmelerin optimum üretim seviyesinde üretim yapmasını sağlamak amacıyla; malzeme, hammadde, insan kaynakları ve makine kullanım kayıplarının minimuma indirilmesinin sağlanması olarak ifade edilebilir (Tekin, 2012: 217).

Üretim planlamasının amacı, hedeflere ulaşabilmek ya da satış potansiyelini doğru şekilde değerlendirebilmek için kaynakların en uygun kullanımını belirlemektir. Bu amaçlara ulaşabilmek için girdi olarak belirtilen veriler kullanılmaktadır:

- Stok seviyeleri,
- Sipariş miktarları,
- Talep tahminleri,
- Ara stok düzeyleri,
- İnsan kaynakları seviyeleri,
- Üretim hattındaki makine kapasitesi,
- Malzeme tedariki,
- Üretim standartları,
- Satış fiyatları ve üretim maliyetleri,
- Yönetim stratejileri (Acar, 1998: 52).

Üretim planlaması stratejilerinin amacı, üretim sürecinde yapılmakta olan operasyonları en az maliyetle gerçekleştirerek, zamanında istenilen kalitede üretim yapılmasını sağlayarak müşteri ihtiyaçlarını cevap vermektir. Planlamanın bu amaçları sağlayabilmesi için;

- Hammadde, ekipman ve malzemeyi belirlenen miktar, zaman ve yerde hazırlamak,
- Mevcut makine, araç-gereç ve teçhizatı iş akışı ve iş sıralamasına göre etkin ve verimli kullanmak,
- Pazar araştırmasına göre kalite standartlarına uygun üretim yapmak,
- İnsan kaynakları verimliliğini en yüksek seviyeye çıkarmak,
- Diğer bölümler ile koordinasyonu sağlamak,
- Siparişleri zamanında karşılamak için üretim programlaması yapmak,
- Müşteri taleplerini karşılayacak şekilde stok bulundurmak,

- Dağıtım ve pazarlama faaliyetlerini etkin şekilde yapmak gerekmektedir (Tekin, 2012: 219).

2.5. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Üretim sistemleri sınıflandırılması üretim yöntemi, ürün cinsi, üretilen ürünün miktarı gibi farklı kriterler göz önüne alınarak aşağıdaki şekilde yapılabilir:

1. Üretim yöntemlerine göre sınıflandırma
 - a. Birincil (primer) üretim: Doğada bulunan hammaddelerin işlenmek veya kullanmak üzere çıkarılması söz konusudur. Üretilen maddeler, yeryüzünde üretilen mamullerin esasını oluşturduğundan bunlara temel ham maddeler adı verilir.
 - b. Analitik üretim: Temel hammaddelerin bazıları daha sonra ayırıcı işlemlerle parçalanıp işlenerek çeşitli mamullere dönüştürülür. Şeker pancarından şeker, ham petrolden benzin, fuel-oil, makine yağı, boksitten alüminyum, süten yağ üretimi bu üretim sınıfına girer.
 - c. Sentetik üretim: Doğadan elde edilen temel hammaddelerin bazıları birleştirici işlemlerle yeni mamullere dönüştürülür.
 - d. Fabrikasyon üretim: Temel veya diğer hammaddelerden şekil verme yolu ile yeni mamuller elde edilir.
 - e. Montaj üretimi: Çeşitli hammadde, yarı mamul ve parçalar sistematik biçimde bir araya getirilerek karmaşık bir mamul elde edilir (Kobu, 2013: 34).
2. Ürün cinslerine göre sınıflandırma

Üretilen mamulün nitelikleri üretim sisteminin karakteristiklerinin belirlenmesinde fazla ağırlık taşır. Fabrika binasının yapısı, kullanılan makineler, insan gücü yapısı belirli tipte bir mamule göre tasarlanır. Mamule göre isim alan belli başlı üretim sistemleri şöyle sıralanabilir:

- a. Demir – çelik üretimi
- b. Kömür üretimi
- c. Takım tezgâhları üretimi

- d. Kimyasal maddeler üretimi
- e. Elektriksel araç-gereç üretimi
- f. Elektronik mamuller üretimi
- g. Tekstil mamulleri üretimi (Kobu, 2013: 35-36).

3. Üretim miktarına veya akışına göre sınıflandırma

- a. Siparişe göre (job shop) üretim: Tüketicinin veya müşteri firmanın zaman, miktar ve kalite bakımından özel olarak belirlediği bir mamulün üretilmesidir. Miktar bir veya birkaç denilebilecek kadar azdır.
- b. Parti (batch) üretimi: Bir mamulün özel bir siparişi veya sürekli bir talebi karşılamak amacı ile belirli miktarlardan oluşan partiler halinde üretilmesidir. Bir parti mamulün üretimi gerçekleşikten sonra makine ve tesisler, gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra, başka bir mamulün üretiminde kullanılır.
- c. Sürekli (continuous) üretim: Eldeki makine ve tesisler yalnız belirli bir mamulün üretimi için kullanılır. Söz konusu mamulün talep düzeyi ve üretim miktarları çok yüksektir.
- d. Proje (project) üretimi: Belirli bir mamulün yalnız bir kez üretilmesi bakımından siparişe göre üretime benzer. Ancak proje üretiminde akış söz konusu değildir (Kobu, 2013: 36-38).

2.6. Planlama Dönemleri

İşletmenin üretim planlaması yapmak istediği zaman dilimi, üretim planlama dönemi olarak tanımlanır. Zaman diliminin uzunluğu, pazar tahminlerini yerinde yapabilme becerisi ve pazarda meydana gelen değişikliklere ne kadar hızlı uyum sağlayabileceğine bağlıdır (Ayanoğlu, 1991).

Planlama ufku ise plan yaparken dikkate alınacak dönem sayısıdır. Ufuk talep tahmini yapılan dönem sayısını geçemez. Pazar tahminlerinin uzun dönem için doğru yapılabildiği durumlar için ufuk ekonomik dönem kadar alınmalıdır.

Planlama süreci kısa, orta, uzun dönem olarak üçe ayrılabilir.

Kısa vadeli planlama süreci genellikle günlük, haftalık, aylık olarak baz alınır ve 3 aya kadar olan bir süreyi içerir.

Orta vadeli planlama süreci, planlama süresi 3 aydan 1 yıla kadar olan süreyi içerir.

Uzun vadeli planlama süreci, genellikle üst yönetim tarafında alınan kararları içeren planlama dönemi 1 ile 5 yıl arası planlama dönemini kapsar.

Çizelge 2.1. de planlama dönemlerinde yapılacak faaliyetler yer almaktadır (Yalçınkaya, 1994).

Çizelge 2.1. Planlama dönemi faaliyetleri

Kısa vadeli planlama	Orta vadeli planlama	Uzun vadeli planlama
3 aya kadar	3 ay – 1 yıl arası	1 -5 yıl arası
Üretim çizelgelerinin ve iş emirlerinin hazırlanması	Genel strateji ve kapasite kısıtları belirleme	Üretim yöntemi belirlenmesi
Üretim kontrolü	İnsan kaynaklar ihtiyacı	Satış-pazarlama stratejilerinin belirlenmesi
Birimlere işlerin atanması, fazla mesai kararları	Satış ve üretim planlama	Üretim ve depo kapasitelerini belirleme
Arıza - bakım onarım faaliyetleri	Makine – ekipman ihtiyaçları tespiti	Pazar araştırmaları
Hammadde, ara ürün, stok kontrolü	Hat dengeleme	Dağıtım kanallarının belirlenmesi

2.7. Üretim Sistemleri

Üretim planlamasında karar problemlerinin çözümü için farklı programlama modeller üzerinde çalışılmıştır. Bu modeller sistemin niteliklerine göre geliştirilmiştir. Üretim sistemlerinde karşılaşılan karar problemleri:

- 1) Çok ürünlü sistemler: Sınırlı kaynakların olduğu, birden fazla ürünün üretiminin yapıldığı sistemlerdir. Bu sistemlerde amaç, mevcut kaynakların her ürün için ne kadar kullanılacağına tespitidir.
- 2) Çok süreçli sistemler: Üretimde bir ürünün birden fazla süreçten geçtiği sistemlerdir. Bu sistemlerde amaç, üretim için gereken hatlarda hangi miktarda üretim

yapılacağıının belirlenmesidir. Üretim özelliğine göre çeşitli işleme teknikleri, mesailer, farklı malzeme kullanımı dikkate alınabilir.

- 3) Çok tesisli sistemler: Üretim için birden fazla sistemin kullandığı bu üretim modelinde, her aşama bir sonraki aşmanın girdisini üretir. Her aşama birbirine bağlı şekilde ilerler ve en son aşamada elde edilmesi gereken ürün miktarına göre sistem gerekli girdi ve çıktıları oluşturur. Bu girdi ve çıktıların oluşturulması için her sistemin üretim planı, ara stok düzeyi en son aşmadaki çıktı düzeyini etkilemektedir (Acar,1998: 58).

2.8. Ürün Karması

İşletmenin mevcut durumda üretimini yaptığı farklı ürünler ürün karması olarak adlandırılır iken ürün karması kararları, mevcut ürünlerden hangisinin ne kadar ve hangi sıra ile üretileceğine dair kararlardır. Ürün karması kararları alınırken, geleneksel yaklaşımlar, üretime ait sabit ve değişken tüm maliyetler ve birim kar göz önüne alınan ürün katkıları kullanılır (Kaplan, 2010).

İşletmeler, rekabet ortamında faaliyetlerini sürdürebilmek, pazar paylarını ve karlıklarını artırabilmek amacıyla ürün karmalarını optimum şekilde belirlemeleri gerekmektedir. Çünkü ürün karması kararları, karı artırmada en önemli faktörlerdendir bu sebeple işletmeler karlarını arttıracak ürün karmasını belirlemelilerdir (Ünal, 2006).

Ürün karması problemi, ilk dönemlerinde bir lineer programlama modeli olarak formüle edilmiştir ve bu şekilde birçok farklı alanda kullanılmıştır. Zamanla karar verme amacıyla formülasyon özel durumlar eklenerek geliştirilmiştir. Modele faaliyet bazlı maliyetlendirme, kısıtlar teorisi, gibi kavramlar eklenmiş, doğrudan ve dolaylı maliyetler, kapasite kullanımları optimum ürün karması belirlenirken modele dahil edilmiştir. Hedef programlama, genetik algoritmalar ile çözüm yöntemleri üzerinden çalışılmaya devam edilmiştir (Hasuike ve Ishii, 2008).

Bu çalışmada da kullanılan ürün karışımı modelinin genel tanımı ise aşağıdaki gibidir:

Tesislerin, bir üretim döneminde birden fazla üretilbileceği ürün olabilir. Bu durumda işletmenin hangi üründen, hangi miktarda üreteceğini belirlemesi, yani ürün karmasını

oluşturması önemli bir karar noktasıdır. Burada amaç, sınırlı kaynakların en çok kullanımını belirleyerek, çıktının en çoklanmasıdır (Acar, 1998: 58-59).

Ürün karışımı modelinde konu, dönem içerisinde elde edilen kara toplam katkısı en üst düzeye çıkaran, kaynak sınırlamalarının getirdiği kısıtlamalara bağlı, müşteri siparişlerini ve potansiyel satışları dikkate alan üretim programını bulmaktır.

Aşağıdaki özellikler ürün karması belirlemeyi tanımlar:

- Kara katkının maksimize edilmesi
- Kaynak sınırlamalarının sebep olduğu kısıtlar
- Planlanan üretim üzerindeki kısıtlar (Johnson ve Montgomery, 1974: 107).

Ürün karışımı modeli:

Değişkenler:

X_i i ürünü planlama dönemi üretim miktarı $i = 1, 2, \dots, n$ için

Parametreler:

b_k k kaynağının mevcut miktarı $k = 1, 2, \dots, K$

a_{ik} Bir birim ürünü üretmek için gereken kaynak miktarı

U_i i ürününün maksimum satış miktarı

L_i i ürününün en az üretim miktarı

r_i Bir birim i ürününün cirosu

c_i Bir birim i ürününün maliyeti

$(r_i - c_i) \cdot X_i$ birim i ürününün kara olan katkısıdır.

Amaç, karı maksimize edecek X_i değerlerinin bulunmasıdır.

Matematiksel olarak;

$$\text{Max. } Z = \sum_{i=1}^n (r_i - c_i) \cdot X_i \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^n a_{ik} \cdot X_i \leq b_k \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad (2.2)$$

$$X_i \leq U_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.3)$$

$$X_i \leq L_i \quad (L_i = 0, 1, 2, \dots, n) \quad (2.4)$$

$$X_i \geq 0 \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n) \quad (2.5)$$

Yukardaki modelde, Eş. 1 karı maksimize eden amaç fonksiyonunu ifade etmektedir.

Eş. 2, herhangi bir k kaynağının dönem içindeki kapasitesinin ya da var olan miktarının üstünde kaynak kullanımının olmayacağını belirtir. Bu kısıt üretim sistemindeki ürünler ve kaynaklar için yazılmalıdır:

$$a_{11}X_1 + a_{21}X_2 + a_{31}X_3 + \dots + a_{n1}X_n \leq b_1$$

$$a_{12}X_1 + a_{22}X_2 + a_{32}X_3 + \dots + a_{n2}X_n \leq b_2$$

$$a_{13}X_1 + a_{23}X_2 + a_{33}X_3 + \dots + a_{n3}X_n \leq b_3$$

$$a_{1k}X_1 + a_{2k}X_2 + a_{3k}X_3 + \dots + a_{nk}X_n \leq b_k$$

Eş. 3, üretim sistemindeki ürünler için en fazla üretim miktarını ifade eden kısıttır. Herhangi bir i ürünü en fazla U_i miktarı kadar üretilir.

Eş. 4, üretim sistemindeki i ürününün en az L_i kadar üretilbileceğini ifade eder. Problemdeki tüm karar değişkenleri sıfırdan büyük olmalıdır (Acar,1998: 60-61).

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde ürün karması belirleme ve bozulabilir ürünler ile ilgili yapılmış çalışmaları inceleyen literatür araştırmasına yer verilmiştir. Çalışmalar ürün karması ve bozulabilir ürünlerle ilgili olarak iki başlığa ayrılmıştır.

3.1. Ürün Karması

Akkerman ve Pieter Van Donk (2007), işleme ve paketlenme olmak üzere iki aşamalı bir gıda üretim sisteminde limitli ara depolama ile ürün karması değişkenliği ve ilişkili talep üzerine çalışma yapmıştır. Çalışmada işleme ve ara depolama bölümünde, çizelgeleme ürün odaklı iken, paketlenme bölümünde paket odaklı bir sistemde modelleme yapılmıştır.

Romauch ve Klemmt (2014), çalışmalarında yarı iletken üretimi yapan bir işletmede optimum ürün karmasını bulmak için, üretim kapasitelerini ve imkanlarını dikkate almıştır. Uygulamalarında tesisin kapasite sınırları, ürüne ait talepleri, pazar durumunu, mevcut çalışmaları göz önünde bulundurarak ve kar maksimizasyonunu amaçlayarak doğrusal programlama modeli kurmuşlardır. Üretim tesisi kapasite limitlerini dikkate alırken ürün talep limitlerini ve marjinal karı da göz önünde bulundurmaktadır. “Kapasite tüketimi büyük ölçüde farklı üretim alternatiflerinden birini seçmeye bağlı olduğu için her ürün karması için dolaylı olarak statik kapasite planlama” problemine de çalışmada yer vermişlerdir.

Bengston ve Olhager (2002), elektrik motoru üreten bir şirkette ürün karması esnekliğini, hazırlık, otomasyon düzeyi ve kaynakların alternatifli kullanımı açısından değerlendirmektedir. Modelde birden fazla ürün, kapasite kısıtları ve kurulum maliyetleri dikkate alınarak otomatik ve yarı otomatik hatlar için haftalık bazda oluşturulmuştur.

Hasuike ve Ishii (2008), bütçe, insan kaynakları, zaman ve çeşitli maliyetler gibi kısıtları dikkate alarak ürün karması problemi üzerinde çalışmışlardır. Model gelecekteki getirilerin rastlantısallığı, katsayıların belirsizliği ve üst değerin esnekliğini de içermektedir. Esneklik belirsiz hedef olarak alınmış ve her hedef sağlanacak şekilde karı en çoklayan farklı modeller oluşturulmuştur.

Karaçizmeli (2012), uygulama yaptığı işletmede geliştirilen ürünlerin, karı maksimize edecek şekilde satılabilmesi için satış birimine hedefler vermeyi sağlayacak ürün karması modeli oluşturmuştur. Doğrusal programlama yaklaşımı ile oluşturulan modelde yer alan maliyetler, faaliyet bazlı maliyetlendirme yaklaşımı ile hesaplanmıştır.

Özkan (2006), çalışmasında üretim, stok ve insan kaynakları maliyetlerini en aza indirmek amacı ile doğrusal programlama modeli oluşturmuştur. Geliştirilen üretim planlama modeli bir mobilya fabrikasında uygulanmış ve işletmenin maliyetleri mevcut duruma göre iyileştirilmiştir.

Kaveh, Dalfard ve Karami (2013), çalışmasında ürün karması problemi için gerçek veriler ile, kapasite, kar ve işlem süresi gibi bazı belirsiz parametreleri dikkate alarak, üretim ortamının dinamikliğinin modelin hedef fonksiyonunun, kısıtlarının ve diğer parametrelerinin belirlenmesini engellediği üretim yönetimi için uygun bir araç olarak kullanılan bulanık kümeler teorisini uygulamış ve genetik bir algoritma ile çözmüştür.

Sürdürülebilirlik ile ilgili artan endişeler dolayısıyla daha çevre dostu çözümler arayan gıda sektörü için Stefansdottir, Depping, Grunow ve Kulozik (2018) çalışmalarında süt ürünlerinin ekonomik ve çevresel performansı arasındaki değişimin raf ömrüne etkisini analiz etmek için bir model oluşturmuşlardır. Bu model ile farklı ürün çeşitleri için fiyat belirsizliğini de dikkate alarak ürün ve süreç ile ilgili karlılık ve çevre gibi stratejik kararlar için ürün karması belirlemişlerdir.

Lea ve Fredendall (2002), çalışmalarında üç tür yönetim muhasebesi sisteminin ve ürün karışımını belirlemeye yönelik iki yöntemin, yüksek bir genel gider içeriğine sahip, otomatik bir sektördeki iki mağazanın üretim performansını etkilemek için hem kısa hem de uzun vadede nasıl etkileşimde bulunduğunu incelemektedir. Çalışma, bir imalat sistemini ve bir yönetim muhasebe sistemini entegre eden bir bilgi sistemi kullanarak, çevresel belirsizlikten kaynaklanan dalgalanmaları göz önünde bulundurarak ürün karması kararına ilişkin sonuçlar sağlamaktadır.

Söderbom ve Weng (2012), çalışmalarında Çin'in devlete ait ormanlık alanlarındaki firmalarda ürün değiştirme ve yükseltme faaliyetlerinin sıklığını, yaygınlığını ve belirleyicilerini incelemektedir. Çalışmada ürün karışımındaki değişikliklerin yaygın

olduğu, firmaların ürün karışımındaki değişikliklerinin, toplam çıktı büyümesine önemli katkılarda bulunduğu ve çok ürünlü firmaların daha güçlü olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada çok ürünlü firmaların çıktı bakımından daha büyük, tek ürünlü firmalara göre daha verimli ve ihracat yapma olasılıkları daha yüksek olduğu ve firmaların ürün değişiminin yaygın olduğunu düşündüğü belirtilmiştir. Farklı özelliklere, insan sermayesine ve piyasa koşullarına sahip firmaların, ürün çeşitliliğini çeşitlendirme ve yükseltme yönündeki eğilimlerinde farklılık gösterdiğinin tespiti de çalışmanın sonuçlarından biridir.

Letmath ve Balakrishnan (2004), çalışmalarında tipik üretim kısıtlamalarına ek olarak, birkaç farklı çevresel kısıtlama varlığında firmaların optimal ürün karışımlarını ve üretim miktarlarını belirlemek için kullanabilecekleri iki matematiksel model oluşturmuşlardır. Her ürünün yalnızca bir aşamaya sahip olduğunu varsayan ilk model doğrusal bir programken, firmanın her ürünü birden fazla aşama kullanarak üretme seçeneğine sahip olduğunu varsayan ikinci model, karışık bir tamsayı doğrusal programdır. Çalışmada çözümler, firmaların üretim miktarları ile birlikte üretmeleri gereken ürünleri tanımlarken, karar vericiler tarafından emisyon eşik değerlerindeki değişikliklerin etkisi, vergileri ve alım satım işlem maliyetlerinin etkisi gibi farklı senaryolar için kullanılabileceği belirtilmiştir.

Ürün karması belirleme çalışmaları birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Bu alanlardan biri de Wellington ve Guiffida, Lewis (2014) in yaptıkları çalışmada olduğu gibi çevresel etkileri dikkate alan modeldir. Bu çalışmada miktara bağlı ceza oranları ve emisyonların ekonomik değeri olan veya olmayan formlara dönüştürülmesi modele dahil edilmiştir.

3.2. Bozulabilir Ürünler

Devapriya, Ferrell ve Geismar (2016) yaptıkları çalışmada bozulabilir ürünler için minimum maliyetle üretim ve dağıtım problemine odaklanmıştır. Ürünler kullanılmaz hale gelmeden önce, belirlenen planlama ufku içinde bilinen talebin karşılanması için karma tam sayılı programlama modeli oluşturmuşlardır. Araştırma gerçek bir problem üzerinde, sınırlı kapasiteye sahip işletmede ürün bozulmadan önce taleplerin farklı coğrafi bölgelere dağıtılması üzerine yapılmıştır.

Tuskan (2011) çalışmasında önceliği koruma yöntemi ile hedef programlama modelini bozulabilir ürünler için oluşturmuştur. Modeli bir üretim sisteminde uygulamış, LINGO programı ile çözerek sonuçları değerlendirmiştir.

Sezen Akar (2015) çalışmasında süt işleme tesisinde, gıda güvenliği risklerini bulanık yaklaşım ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılarak değerlendirmiş, bu değerlendirme sonucunda elde edilen risk oranı, üretim ve stok maliyetlerini üretim ve dağıtım modeline dahil etmiştir. Üretim, stok, yok satma, dağıtım ve gıda güvenliği riskleri maliyet unsurlarını en aza indireyecek model karışık tam sayılı programlama yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur.

Leung ve Ng (2007) çalışmasında bozulabilir ürünlerin en önemli özelliklerinden biri olan zaman geçtikçe ürünün fiyatının düşmesi nedeniyle, bu ürünlerin depolama yapılmaması gerektiğini belirterek, bu ürünler için üretim sürecinin ertelenmesini önermişleridir. Bozulabilir ürünler için toplam üretim planlamasını çözmek için önleyici bir hedef programlama modeli geliştiren Leung ve Ng'nin elde ettiği sonuçlar, karar vericilerin, hedef önceliklerini ayarlayarak önerilen modelin esnekliğini ve sağlamlığını bulabildiklerini göstermektedir.

Mirzaei ve Seifi (2015) çalışmasında envanter yönlendirme problemi için matematiksel bir model sunmaktadır. Model, özellikle bozulabilir malların stoklarını tahsis etmek için tasarlanmıştır. Bozulabilir ürün süresinin, son müşterilerin talebini olumsuz yönde etkilediği kabul edilmiştir. Önerilen model nakliye maliyetini, stok tutma maliyetini ve satış kaybını dengeler ve küçük örnekler için en uygun çözüm bulunmuştur ve daha büyük durumlar için sezgisel algoritma geliştirilmiştir.

Chen, FuHsueh ve ShiangChang (2009), çalışmalarında bozulabilir gıda ürünleri için zaman çizelgesi ile üretim çizelgeleme ve araç yönlendirmesini dikkate almak için taleplerin stokastik olduğu, ürünlerin üretildikten sonra bozulabildiği doğrusal olmayan bir matematiksel model geliştirmişlerdir. İnceledikleri sistemde tedarikçinin geliri belirsizdir ve bozulabilir ürünlerin perakendecilere taşınırken değerlerine ve işlem miktarlarına bağlıdır ve amaç toplam karı en üst düzeye çıkarmaktır. Karmaşık Nelder-Mead yönteminden oluşan karmaşık bir çözüm algoritması ve sorunu çözmek için araçların zaman pencereleriyle yönlendirilmesi için sezgisel bir yöntem çalışmışlardır.

Susanto ve Bhattacharya (2011) çalışmalarında bulanık çok amaçlı bir doğrusal programlama modeli kurmuşlardır. Ürün karışımını optimize ederek kar maksimizasyonu isteyen bir endüstri mühendisliği problemine odaklanmışlardır. Endüstriyel verilerin yüksek hacmi ve tüm yönetim seviyelerindeki ortak kararların tutarsızlığı, belirlenen kısıtlamaların ve amaç fonksiyonlarının da bulanıklaşmasına yol açmaktadır bu sebeple oluşturdukları modelde amaç fonksiyonuna, kısıtlara ve negatif olmayan kısıtlara sahip Çok Amaçlı Doğrusal Programlama modelidir.

Donselaar, Woensel, Broekmeulen ve Fransoo (2006), çalışmalarında aslında bozulmayan ürünler için büyük süpermarket zincirlerinin geliştirdiği mağazalarındaki stok yenileme kararlarının kalitesini ve verimliliğini artırmak için otomatik mağaza siparişi sistemlerini bozulabilir ürünler için uygulamıştır. Araştırma, otomatik mağaza sipariş sistemlerinde her bir madde sınıfı için temel lojistik özellikleri ayrıca, bozulabilir ürünler için uygulanmakta olan envanter kontrol kurallarını tanımlayarak ve bu maddeler için istenen envanter kontrol stratejisi ile iki Hollanda süpermarket zinciriyle işbirliği içinde yürütülmüş ve bozulabilir maddelere odaklanmıştır.

Otrodi, Yaghin ve Torabi (2019), çalışmalarında birden fazla talep sınıfına sahip bozulabilir bir kalem için farklı fiyatlandırma ve lot büyüklüğü sorununu ele almaktadır. Toplam karı en üst düzeye çıkarmak ve tedarik zincirinin envanter performansını değerlendirmek için toplam envanteri en aza indirmeyi ve maliyet kısıtlamaları altında birden fazla talep sınıfıyla değerlendirmeyi amaçlayan iki hedefli modelde her pazardaki talep oranı, satış fiyatına, kredi süresine ve diğer tamamlayıcı ve ikame ürünlerin fiyatına bağlıdır ve zaman ve sıcaklık parametrelerinin bozulma oranını etkilemektedir. Çalışmada çözümleri bulmak için verimli birçok amaçlı programlama yöntemi kullanılır ve önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğini göstermek ve anahtar parametrelerin modelin performansı üzerindeki etkisini incelemek için örnekler verilmiştir.

Soysal, Bloemhof-Ruwaard, Haijema ve Vorst (2015), çalışmalarında CO2 emisyonu ve yakıt tüketimi, bozulma ve belirsiz talebi karşılamak için hizmet seviyesi kısıtı için kapsamlı bir değerlendirme için yola bağlı dağıtım maliyetlerini içeren çok dönemli bir stok yönlendirme problemi modeli oluşturmaktadırlar. Sürdürülebilir gıda tedarik zinciri yönetimine geçiş, geleneksel maliyet azaltma hedefinin yanı sıra, gıda israfını azaltmak ve tedarik zincirindeki operasyonların çevresel etkilerini azaltmak gibi lojistik hedefler

dikkate alınarak geliştirilen model bir süpermarket zincirinin taze domates dağıtım işlemleri üzerine bir örnek olay araştırmada incelenmiştir.

Li ve Teng (2018), çalışmalarında bozulabilen ürünler için fiyat, daha taze ve daha uzun süre depolanabildiği için son kullanma tarihinden daha ileri bir ürün, geniş bir ürün sergilemesi, görünürlüğü, çeşitliliği ve mevsimsellik gibi faktörleri dikkate alarak bir parti büyüklüğü modeli geliştirmişlerdir. Karar vericinin toplam kârı en üst düzeye çıkarmak için en uygun satış fiyatlarını ve envanter seviyelerini belirlediği belirleyici bir model olarak formüle edilmiş ve optimal kararları, talep davranışının iki senaryosu için incelemişlerdir.

Yapılan literatür araştırması sonucunda bozulabilir ürünler ile ilgili yapılan çalışmaların üretim ve dağıtım problemi olarak ele aldığı görülmüştür. Araştırmalarda, üretim ve dağıtım aşaması sonrasında, raf ömrü ilerledikçe satış fiyatı düşen ürünler bulunmaktadır. Çalışmalarda kullanılan ürün ve sistemler son tüketiciye kadar bozulabilir ürün özellikleri göstermektedir ve taleple ilişkili üretim dağıtım problemleri oluşturulmuştur.

Bu çalışmanın yapıldığı üretim sisteminde ise ürünler üretim tamamlanana kadar bozulabilir ürün özelliği göstermekte, üretim tamamlandıktan sonra raf ömrü sorunu kalmamaktadır. Çalışmada tamamen üretim problemi oluşturulmuş, işçilik, kapasite ve zaman kısıtları dikkate alınarak model kurulmuştur. Yapılan literatür araştırmasında bu çalışmada olduğu gibi sadece üretim sistemine odaklanan bir çalışmaya rastlanmamıştır.

4. İŞLETMENİN TANITIMI VE MODELİN KURULMASI

Bu bölümde uygulama yapılan işletme hakkında genel bilgiler, üretim sisteminin özellikleri ve üretim akışı hakkında bilgi verilmiştir. Bölümün ikinci kısmında ise, matematiksel model yer almaktadır.

4.1. İşletme Tanıtımı

Uygulama yapılan işletme, hiçbir katkı ve kimyasal madde kullanmadan kurutulmuş meyve ve sebze üretimi yapmaktadır.

Kurutma en eski gıda koruma yöntemlerinden biridir. İşletme bu yönetime farklı bir bakış açısı ile yaklaşarak tarlada kalan, ekonomiye kazandırılmayan ürünleri yenilenebilir enerji ile kurutulmasını, böylece raf ömürlerinin artırılması ve dünyanın her yerine ulaştırılabilir olmasını hedeflemektedir.

2009 yılında Ankara’da kurulan firma, ISO 9001- 22000 - 14001 ve IFS belgelerine sahiptir.

Ayrıca şirket, sürdürülebilir iş modeli ile BCtA adı verilen Birleşmiş Milletlerin “Bin yıllık kalkınma hedefleri” ni gerçekleştirmek amacıyla oluşturduğu bir toplulukta uluslararası bir platformda ülkemizi temsil etmektedir. Bunun yanı sıra sloganı “Dünyadaki en iyi şirket değil, dünya için en iyi şirket” olan BCorp topluluğunda Avrupa kurucu üyesi olarak yer almaktadır.

Üretim sisteminde kullanılan teknoloji ve yöntem patentlidir. Dolayısıyla sistemde kullanılan makineler ihtiyaçlara göre işletmenin bilgi birikimi ile revize edilmiştir.

İşletme güneş altı kurutmanın olumsuz özelliklerini ortadan kaldırarak kapalı, hijyenik bir ortamda üretim yapmaktadır. Böylece temiz bir ürün kontrollü bir ortamda üretilmektedir. Bir fabrikada üretilen ama endüstriyel paketli ürün özelliklerini göstermeyen, besin değerlerini koruyan bir ürün elde edilmektedir.

Tüm olumlu özelliklerin yanı sıra yaş meyve ve sebze ile çalışmanın maliyetleri, üretim kapasitesini ve satışı doğrudan etkileyen olumsuz özellikleri ve belirsizlikleri bulunmaktadır.

4.1.1. Ürün özellikleri ve çeşitleri

Son dönemlerde daha da yoğun şekilde yaşanan iklim değişikliği ile mevsimlerin değişmesi başta hasat dönemlerini, elde edilen ürünlerin miktarı ve kalitesini doğrudan etkilemektedir. Örneğin mevsiminde bir bahçe, gereken yağışı gerektiği zamanda alamazsa ya da bir don olayı yaşanırsa bölgedeki rekolte düşmektedir. Tüm bu değişiklikler doğrudan yaş meyve ve sebze ile çalışan bir işletme için kritik önem taşımaktadır.

Şirketler stratejileri doğrultusunda hedeflerini gerçekleştirmek için, çoğu zaman ön görülemeyen bu değişikliklerin etkileri ancak üretim sisteminin hızlı, zamanında, esnek bir şekilde cevap verebilmesi ile en aza indirilebilirler.

Bu çalışmada bu kısıtlar dikkate alınarak karı en çoklayacak üretim miktarları belirlenmesi amaçlanmıştır.

Geniş ürün gamı sayesinde her mevsim farklı bir ürün üreten işletmede yıl boyunca üretim devam etmektedir. Mevsime göre ürün çeşitleri değişmekte, ürünlere göre farklı makine ve ekipman kullanılmaktadır. Her ürünün işlem süresi, ihtiyaç duyulan personel sayısı farklılık göstermektedir. Aynı zamanda ürünlerin kuruma süresi ve tünel kapasitesi hem ürün çeşidine göre hem de ürünün işleme şekline göre değişmektedir.

Kurutulmuş meyve sebze çeşitlerini kapsayan üretim sisteminde toplamda 5 çeşit sebze, 17 çeşit meyve standart olarak üretilmektedir. Bu ürünlerden bazıları kurutulmuş elma, çilek, şeftali, portakal, limon, Trabzon hurması, domates, kabak, patlıcandır. Ayrıca geliştirilen projeler kapsamında proje temelli üretim yapılmaktadır. Öte yandan alternatif ürünler için AR-GE çalışmaları da devam etmektedir.

Mevsimsel zorluklar yanında ürün çeşidinin fazla olması nedeni ile işletme için ürün karmaşı belirlenmesi hayati önem taşımaktadır.

Bu çalışmada belirli mevsim ve üretim süresi dikkate alınarak o dönemde üretilmesi mümkün olan ürünler için miktarlar belirlenmiştir. Satın alma biriminden alınan bilgilere dayanarak haziran, temmuz aylarında uygun fiyat ve kalitede çilek, elma, şeftali ve kiraz alınabileceği ön görülmektedir. Çizelge 4.1. de ürünler için beklenen hasat dönemleri verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ürünler için beklenen hasat dönemleri

Ürün/ay	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
Elma	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Kiraz				x	X							
Kivi								x	x			
Limon							x	x	x	x	x	
Portakal	x	x	x	x					x	x	x	x
Şeftali				x	X	x						
Ayva									x	x	x	
Armut									x	x	x	
Ananas	x		x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Erik					X	x						
Vişne				x	X							
Çilek			x	x	X					x	x	x
Muz												
Karpuz					X	x						

4.1.2. Üretim hattı özellikleri

Yaş meyve ve sebzenin tedarik kısmında yaşanan zorluklar haricinde üretim aşamalarında “bozulma” meydana gelebilmektedir. Üretim sisteminin, kaliteyi de doğrudan etkileyen en önemli noktası hammaddenin işletmeye gelişinden sonraki süreçtir.

İşletmede üretim dönemine bağlı olarak çalışan sayısı değişiklik göstermektedir.

Kalite, maliyet, kar hedefi doğrudan ürünün işleme kısıtına bağlıdır.

4.1.3. Aşamalar

Sistemde üretim için; yaş ürün depolama, yıkama, ayıklama, dilimleme, dizme, kurutma, paketlenme, kurutulmuş ürün depolama olmak üzere en az 8 aşamalı bir proses izlenmektedir. Üretim sistemi akış şeması Şekil 4.1. de verilmiştir. Aşamalarda çalışan personel sayısı, toplam çalışan sayısına ve aşamaların gerektirdiği kişi sayısına göre organize edilir. Sistemdeki aşamalar ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir:

Yaş ürün depolama

Tesise gelen tüm ürünler analiz ve kontrol için hammadde kabul deposuna alınır. Üretim için tüm ürünler bu alanda bekletilir. Yaş ürün deposunda kontrollü sıcaklık ve nem sağlanması üretilecek ürünün kalitesini koruması açısından son derece önemlidir. Ürünlerin kabulü, kontrolü için depo alanında görevli bir personel bulunmaktadır.

Ürün fabrikaya geldikten sonra geri sayım başlamaktadır. Yaş ürünün raf ömrü optimum depolama koşullarında 1-7 gün arasında değişmektedir.

Yıkama

Kalite kontrol sorumlusunun onayladığı, girişi yapılan ürünler üretim alanından önce yıkama bölümüne alınır. Tüm ürünler gıdaya uygun dezenfektan ile yıkama makinesinde ürüne göre değişen sürede ve miktarda yıkanır. Yıkanan ürünler çilek gibi hassas ürünlerse tekrar depoya alınamaz.

Ayıklama

Yıkama işleminin kontrolü ve onayının ardından ürünler özelliğine göre kabuk soyma, sap alma işlemleri için ayıklama bölümüne alınır. Ayıklanan ürünler için “bozulma” meydana gelmeden önce kritik süreç başlamıştır. Örneğin kabuğu soyulan elma hava ile temasının ardından kararmaya başlayacaktır. Zaman kaybedilmeden bir sonraki dilimleme aşamasına geçmesi ve hemen ardından kurutma aşamasına geçilmesi gerekir.

Ürüne göre işlem manuel ya da otomatik olarak yapılabilir.

Dilimleme

Ayıklamanın ardından ürün daha önce belirlenen özellikte dilimlenir. Halka dilim, küp kesim gibi farklı dilimleme çeşitleri ve tüm çeşitler için de farklı kesim kalınlıkları bulunmaktadır. Dilimleme işlemi otomatik yapılabildiği gibi manuel olarak da yapılabilir. Otomatik yapılan işlemlerde makineyi 1 kişi kullanmaktadır.

Dizme

Dilimlenen ürünler, kurutma için özel olarak tasarlanmış tepsilere dizilir. Dizme aşaması tamamen manuel bir aşamadır. Dizme aşamasında ürün kalitesi ile ilgili de gözle kontrol yapılmaktadır.

Bu aşamada kapasite kişi sayısına göre belirlenmektedir.

Dizilen ürünler vakit kaybedilmeden kurutma aşamasına alınır.

Bu aşamaya kadar yaşanan herhangi bir gecikme, arıza vb. yaş ürünün kalitesini, fire miktarlarını doğrudan etkilemektedir. Burada yaşanan olumsuzluklar, üretimin bir sonraki aşamalarında zorluklara, fireye ve sonuç olarak maliyetin artışına doğrudan sebep olmaktadır. Bu sorunlara ek olarak müşteri şikâyetine de sebep olabilir.

Kurutma

6. aşama olan kurutma aşamasında ise, kurutma süresi yine doğrudan maliyeti dramatik olarak etkileyen diğer faktördür. Ürünün fazla kurutulması, elde edilen kuru ürün miktarını azaltacak ve istenilen nem değerinin altına düşülmesi müşteri tarafında olumsuz dönüş alınmasına sebep olacaktır.

Ürünün gerekenden uzun süre kurutulması enerji kullanımını da artıracaktır.

Kurutma 4 tünel ile yapılmakta, her ürüne göre kapasitesi değişmektedir. 1 tünele ürünlerin kokusunun karışması önlemek amacıyla aynı anda yalnızca bir ürün yerleştirilmektedir.

Paketleme

İstenilen nem değerine kadar kurutulan ürünler paketleme alnına alınarak planlanan şekilde paketlenerek depo bölümüne alınır.

Bu alanda farklı 4 makine kullanılmaktadır. Modelde paketleme bölümü bir birim olarak alınmış farklı paketleme çeşitleri dikkate alınmamıştır.

Kurutulmuş ürün depolama

Planlanan şekilde paketlenen ürünler sevkiyatı beklemek üzere depo bölümünü alınır. Bazı ürünler yıl boyunca satılmak üzere hazır bulundurulurken bazı ürünlerin de stok devir hızı günlerle ifade edilmektedir.

Kurutulmuş ürünler için de optimum depolama koşulları sağlanmaktadır.

4.1.4. Aşamalar arası fire

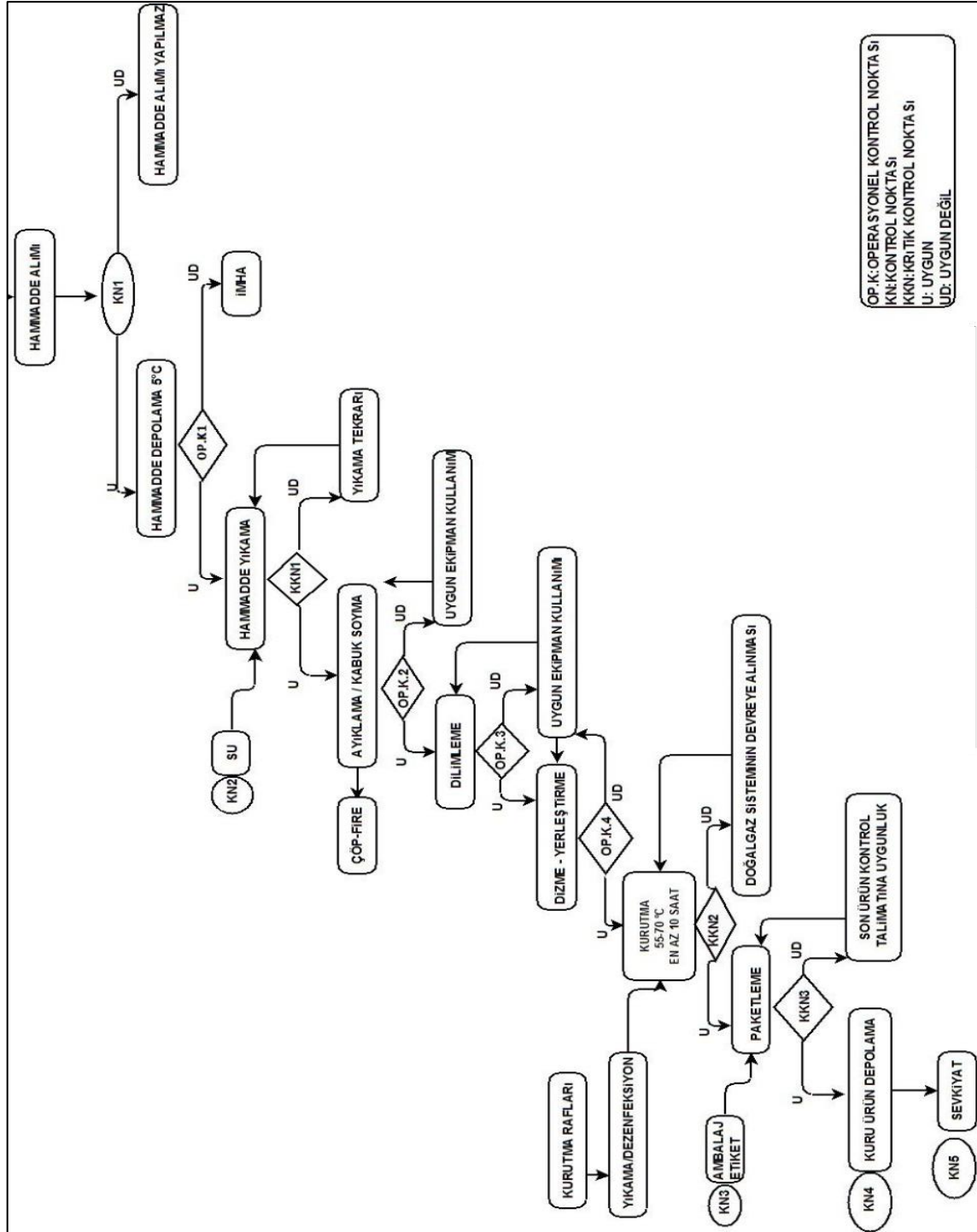
Tüm aşamalar arasında operasyonlardan kaynaklanan fireler bulunmaktadır. Yıkama ve ayıklama bölümünde kasalarda bulunma ihtimali olan çürük ürünler ayıklanır.

Ayıklama aşmasında ayrıca sap, çekirdek gibi parçalar da ayrılır.

Yenilenebilir enerji kullanılan üretim tesisinde aynı zamanda hiçbir alanda atığa sebep olmamak adına sap, kabuk gibi ürünler de hayvancılıkla uğraşan kişilere verilmektedir.

Dilimleme ve dizme aşamasında da kaliteye uygun olmayan ürünler ayıklanır. Üretim sırasında parçalanmış, yere düşen ürünler de fire olarak ayrılır. Bu sebeplerle aşamalar arası geçişlerde ürün miktarları azalmaktadır.

Kurutma aşamasında ise ürün miktarında en büyük farklılık oluşmaktadır.



Şekil 4.1. Üretim sistemi akış şeması

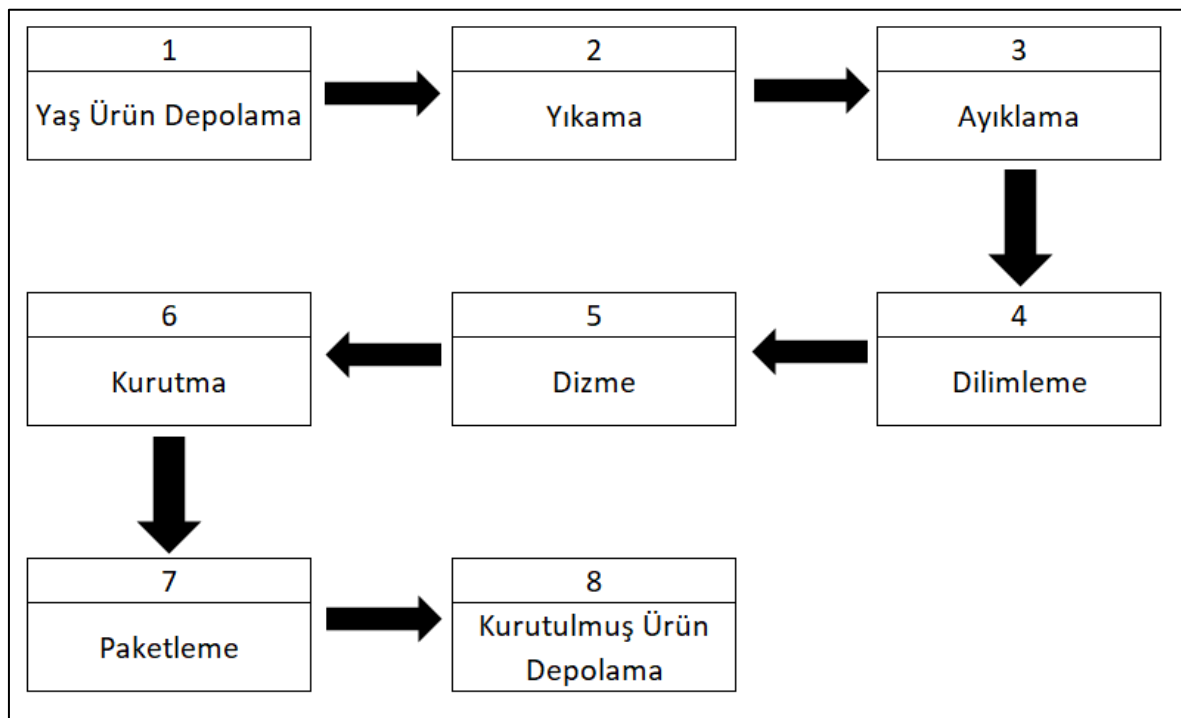
4.2. Modelin Kurulması

Bu bölümde çok ürünlü, çok aşamalı, bozulabilir üretim yapan işletmede optimum ürün karması belirleyen model açıklanmıştır. Model, haziran ve temmuz aylarında üretilbileceği ön görülen çilek, elma, şeftali ve kiraz ürünleri için çalıştırılmıştır. Farklı

dönemlerde üretilebilecek farklı ürün yelpazesi için de model kullanılabilir.

İşletmede güncel problemler üzerinden, elde edilen veriler ile birlikte bir gerçek hayat problemi ortaya konmuş, farklı üretim kısıtları için model oluşturulmuş ve karı en çoklayacak ürün karması bulunması hedeflenmiştir.

Bu amaçla dikkate alınan üretim hatları için işletmenin üretim aşamaları Şekil 4.2. de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Fabrika üretim aşamaları

4.2.1. Verilerin toplanması

Problemde kullanılan veriler, iş etüdü ve zaman etüdü çalışmaları ile belirlenmiştir. Gerçek hayat problemi olduğu için tüm veriler üretimler sırasında kayıt altına alınmıştır. Tüm ürünlerde ve süreçlerinde öncelikle gerekli iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Üretim hatları ile ilgili elde edilen veriler Çizelge 5.1., 5.2., 5.3., 5.4. ve 5.5. de yer almaktadır.

Matematiksel modelin oluşturulması sırasında;

- Ürün satış fiyatları,
- Üretim maliyetleri
- Makine ekipman kapasiteleri,
- İşçilik kısıtları,
- Ürünler için gereken aşamalar ve özellikleri,
- Aşamalar arası işleme, taşıma, bekleme süreleri verileri temin edilmiştir.

Kısıtlar oluşturulurken çalışma dönemi içindeki orta ve uzun vadeli satış tahminleri, depolama kapasiteleri dikkate alınmıştır.

4.2.2. Varsayımlar

Ürün karması belirleme modeli oluşturulurken aşağıdaki varsayımlar dikkate alınmıştır.

1. Satış biriminden yıllık tahminler, yıl bazında ve tüm ürünler için alınmaktadır. Satış birimi yıl içinde müşteri taleplerini ürün mevsimindeyse üretimden, ürün mevsimi dışındaysa stokta bulunan üründen karşılamaktadır.
2. Hazırlık zamanı işlem süresi içinde alınmıştır.
3. Üretim yapılan her gün personel fabrikada hazır bulunmaktadır.
4. Operasyon süresinin bozulma süresinden daha düşük olduğu varsayıldığı için operasyon süresi bozulma süresi içinde kabul edilmiştir. İşlem, taşıma ve benzeri süreler bozulma sürelerinden büyük değildir.
5. Yaş ürünler üretim planına uygun olarak tedarik edilmekte ve üretim gününden 1 gün önce depoda üretime hazır bulunmaktadır.
6. İşletmede fazla mesai yapılmamaktadır. Günlük çalışma süresi 8 saat, haftalık çalışma süresi 6 gündür.
7. İşletmenin üretebildiği tüm ürünler için yılbaşında üretilip üretilmeme kararı alınmaktadır. O yıl içinde üretilecek ürünler ile üretim planı yapılmaktadır. Bu sebeple modele üretim yapılsın – yapılmassın kararı eklenmemiştir.
8. Paketleme bölümünde tek bir paketleme çeşidi yapıldığı varsayılmış, toplam kapasite baz alınarak modele eklenmiştir.

9. İnsan kaynakları maliyeti birim üretim maliyetine dahil edilmiştir.
10. 6. Aşamadaki kurutma tünelleri toplamda 4 adet bulunmaktadır. Her tünel farklı ürünler için kullanılabilir. Fakat bir tünel aynı anda iki farklı ürün için kullanılamaz.

4.2.3. Notasyonlar

Bu bölümde matematiksel modelde kullanılan notasyonlar açıklanmıştır.

İndisler

- i Planlama döneminde üretilebilecek ürün çeşitleri $i = 1, 2, \dots, N$
- j Üretim sisteminde ürünlerin geçtiği aşamalar $j = 1, 2, \dots, J$

Karar değişkenleri

- X_i i. ürün kuru ürün miktarı (kg)

Parametreler

- X_{ij} i. Ürün j. Aşama yaş ürün miktarı (kg)
- D_{ij} i. Ürün j. Aşamada depolanan miktar (kg)
- w_t Kullanılan tünel
- W Toplam tünel sayısı
- p_{ij} i. Ürün j. Aşama personel günlük çalışma oranı
- P_j Aşamalardaki maksimum personel çalışma oranı
- P'_j 3. Aşama 1. Ürün personel çalışma oranı
- e_{ij} i. Ürün j. Aşama en erken başlama zamanı
- g_{ij} i. Ürün j. Aşama en geç bitiş zamanı
- s_{ij} i. Ürün j. Aşama üretim çevrim zamanı (Hazırlık, işlem, taşıma, bekleme süresi) (saat)
- T_i Maksimum akış zamanı
- r_i i. Ürün kg satış fiyatı (TL)
- c_i i. Ürün üretim maliyeti
- a_i i. Ürün kuru-yaş ürün randımanı

- f_{ij} i. Ürün j. Aşama fire oranı
 k_{ij} i. Ürün j. Aşama birim kaynak kullanımı
 m Günlük çalışma süresi (8 sa)
 M Çok büyük bir sayı

4.2.4. Matematiksel model

$$\text{Max } \sum_{i=1}^n (r_i - c_i) X_i \quad (4.1)$$

$$a_i \cdot X_i = X_{ij} \quad \forall i \text{ ve } j \text{ için} \quad (4.2)$$

$$f_{ij} \cdot X_{ij} = X_{ij+1} \quad \forall i \text{ ve } j \text{ için} \quad (4.3)$$

$$X_{ij} \leq D_{ij} \quad \forall i \text{ için, } j = (1,8) \quad (4.4)$$

$$X_{ij} \leq D_{ij} \cdot w_t \quad \forall i \text{ için, } j = 6; t = (1,2,3,4) \quad (4.5)$$

$$\sum_t^4 W_t \leq W \quad \forall t \text{ için} \quad (4.6)$$

$$k_{ij} \cdot X_{ij} \leq m \cdot p_{ij} \quad \forall i \text{ için, } j = (2, 3, 4, 5, 7) \quad (4.7)$$

$$X_{ij} \leq M \cdot p_{ij} \quad \forall i \text{ için, } j = (2, 3, 4, 5, 7) \quad (4.8)$$

$$\sum_{i,j} p_{ij} \leq P_j \quad i=1, 3; j=4 \quad (4.9)$$

$$\sum_i p_{ij} \leq P_j \quad \forall i \text{ için, } j = 2 \quad (4.10)$$

$$\sum_i^n p_{ij} \leq P_j \quad \forall i \text{ için, } j = 5, 7 \quad (4.11)$$

$$p_{ij} \leq P'_j \quad i = 1 ; j = 3 \quad (4.12)$$

$$\sum_i p_{ij} \leq P_j \quad i = 2, 3, 4 ; j = 3 \quad (4.13)$$

$$e_{ij} = 0 \quad \forall i \text{ için, } j = (2, 3, 4, 5) \quad (4.14)$$

$$g_{ij} = e_{ij} + s_{ij} \cdot X_{ij} \quad (4.15)$$

$$e_{ij+1} = g_{ij} \quad (4.16)$$

$$g_{ij} \leq T_i \quad (4.17)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \forall i \text{ ve } \forall j \text{ için} \quad (4.18)$$

$$X_i \geq 0 \quad \forall i \text{ için} \quad (4.19)$$

$$p_{ij} \geq 0 \quad \forall i \text{ ve } \forall j \text{ için} \quad (4.20)$$

$$S_{ij} \geq 0 \quad \forall i \text{ ve } \forall j \text{ için} \quad (4.21)$$

$$P_j \geq 0 \quad \forall j \text{ için} \quad (4.22)$$

$$k_{ij} \geq 0 \quad \forall i \text{ ve } \forall j \text{ için} \quad (4.23)$$

$$W_t \geq 0 \text{ ve tamsayı} \quad \forall t \text{ için} \quad (4.24)$$

Problemin amaç fonksiyonu Eş. (4.1) ile tanımlanmıştır. Birim satış fiyatı ve üretim maliyetinin farkının alınmasıyla karı maksimize etmek amaçlanmaktadır.

Modelde yaş üründen elde edilen kuru ürün miktarları, yaş-kuru ürün dönüşümü, Eş. (4.2) ile tanımlanmıştır.

Her ürün için aşamalar arasında oluşan fire oranları Eş. (4.3) ile ifade edilmiştir. Yaş ve kuru ürün depo kısıtı, 1. Ve 8. Aşamalar için Eş. (4.4) de verilmiştir.

Kurutma aşaması için kapasite tünel kullanımı ile birlikte Eş. (4.5) de verilmiştir. Burada ürün için tünel kapasitesi kullanılan tünel sayısına göre değişmektedir. Fakat aynı tünelde iki ürün aynı anda kurutulamayacağı için tünel sayısı tamsayı olarak alınmıştır.

Eş.(4.6) da toplam tünel sayısı kısıtı verilmiştir. Eş.(4.7) de sisteme ait makine ve işçilik kısıtı verilmiştir. i. ürün j. Aşama için yaş ürün miktarı kaynak kullanım miktarına ve mesai saati ile ilgili aşamadaki personel çalışma oranına bağlıdır.

Eş (4.8) personelin yalnızca o ürün için ürün üretim yapılırken çalışmasını sağlamak için çok büyük bir sayı ile çarpılmıştır.

Eş. (4.9) – (4.10) – (4.11) – (4.12) – (4.13) belirtilen aşamalardaki ürünler için personel çalışma oranları ve toplamaları ile ilgili kısıtlardır.

Eş. (4.14) –(4.15) –(4.16) –(4.17) zaman kısıtlarıdır. Her ürün için aşama sıfır anından başlar ve belirlenen maksimum rota zamanına kadar işlem yapılır. Bu süre üretilen ürünün bozulmadan geçireceği maksimum üretim süresidir.

Eş. (4.18) ve (4.24) arası işaret kısıtları tanımlanmıştır.

5. MODELİN UYGULANMASI VE BULGULAR

Bu bölümde 4. Bölümde oluşturulan matematiksel modelin farklı senaryolar ile yapılan çözümlerine ait bulgular yer almaktadır.

İşletmede problem, işletmeden elde edilen verilerek kullanılarak belirlenmiştir. Oluşturulan matematiksel model LINDO 6.1 programı kullanılarak aşağıda özellikleri verilen bilgisayar ile makul bir sürede çözdürülmüştür.

Bilgisayar özellikleri:

İşlemci: Intel® Core™ i7-4510U CPU @ 2.00GHz 2.60GHz

Yüklü bellek: 8.00 GB

Sistem türü: 64 bit işletim sistemi

5.1. Kullanılan Veriler

Modelde kullanılan katsayılar aşağıdaki tablolarda yer almaktadır.

İşlem süreleri

Çizelge 5.1. de 4 ürün için 1 kg yaş ürünün ilgili aşamalarındaki taşıma, işleme, bekleme ve hazırlık süreleri verilmiştir.

Çizelge 5.1. Ürünlerin birim işlem süreleri (saat) ve depolama kapasitesi (kg)

	Aşama no	1	2	3	4	5	6	7	8
Ürün no	İşlem süreleri / kapasite	Yaş depo	Yıkama	Ayıklama	Dilimleme	Dizme	Kurutma	Paketleme	Kuru depo
1	Elma	5000	0,003	0,002	0,002	0,020	800	0,023	250
2	Çilek	2000	0,002	0,025	0,002	0,023	575	0,026	500
3	Şeftali	3000	0,005	0,032	0,003	0,027	600	0,023	100
4	Kiraz	5000	0,004	0,008	-	0,008	1200	0,035	150

Operasyon şekli ve personel sayısı

Çizelge 5.2. de ilgili aşamadaki operasyonun manuel olarak ya da makine ile yapıldığı gösterilmiş ve bu aşamada çalışması gereken en az kişi sayısı belirtilmiştir. Manuel “M” harfi ile Makine ile yapılan operasyonlarda “O” harfi ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Ürün ve aşamalara göre operasyon şekli ve çalışması gereken minimum personel sayısı

	Aşama no	1	2	3	4	5	6	7	8
Ürün no	Operasyon şekli	Yaş depo	Yıkama	Ayıklama	Dilimleme	Dizme	Kurutma	Paketleme	Kuru depo
1	Elma	M/1	O/1	O/1	O/1	M/2	O/1	O/2	O/1
2	Çilek	M/1	O/1	M/2	O/1	M/2	O/1	O/2	O/1
3	Şeftali	M/1	O/1	M/2	O/1	M/2	O/1	O/2	O/1
4	Kiraz	M/1	O/1	M/2	-	M/2	O/1	O/2	O/1

Kaynak kullanımı

Çizelge 5.3. de bir ürünün ilgili aşamada kaynak kullanım miktarı belirtilmiştir. Yaş depo, kurutma, kuru depo aşamaları ürün miktarı kilogram, diğer aşamalar saat olarak verilmiştir.

Çizelge 5.3. Ürünler ve aşamalar için kaynak kullanım miktarı

	Aşama no	1	2	3	4	5	6	7	8
Ürün no	Kaynak kullanımı	Yaş depo	Yıkama	Ayıklama	Dilimleme	Dizme	Kurutma	Paketleme	Kuru depo
1	Elma	5000	0,003	0,002	0,002	0,02	800	0,023	250
2	Çilek	2000	0,002	0,025	0,002	0,023	575	0,025	500
3	Şeftali	3000	0,004	0,032	0,003	0,027	600	0,023	100
4	Kiraz	5000	0,004	0,008	-	0,008	1200	0,035	150

Fire oranları

Çizelge 5.4. de ürünler için aşamalar arası geçişte ürün ve operasyon kaynakları ürün kayıp oranları verilmiştir. Bu oranlar yıkama aşamasında çürük olarak ayrılan ürünler, ayıklama aşamasında sap, kabuk vb. ayrılan ürünlerdir.

Çizelge 5.4. Ürünler ve aşamalar için fire oranları

	Aşama no	1	2	3	4	5	6	7	8
Ürün no	Fire oranları	Yaş depo	Yıkama	Ayıklama	Dilimleme	Dizme	Kurutma	Paketleme	Kuru depo
1	Elma	0,95	0,97	0,8	0,9	1	6,3	0,95	-
2	Çilek	0,9	0,9	0,93	0,9	1	7,73	0,95	-
3	Şeftali	0,95	0,95	0,85	0,9	1	6,56	0,95	-
4	Kiraz	0,97	0,95	0,8	-	1	4,9	0,95	-

Satış fiyatı – birim üretim maliyeti

Çizelge 5.5. de ürünlerin ortalama satış fiyatı ve ortalama sabit ve değişken toplam birim üretim maliyeti bulunmaktadır. Kar maksimizasyonunu hedefleyen amaç fonksiyonunda bu iki değer farkı alınarak birim kar yazılmıştır.

Çizelge 5.5. Ürünlerin birim satış fiyatı ve üretim maliyetleri TL

Ürün adı	R – Ürün satış fiyatı TL	C – Birim üretim maliyeti TL
Kurutulmuş elma	65,00	54,50
Kurutulmuş çilek	195,00	160,00
Kurutulmuş şeftali	58,00	45,00
Kurutulmuş kiraz	79,00	60,00

5.2. Senaryolar

İşletmenin mevcut kapasitesi dikkate alınarak, herhangi bir üretim ya da satış kısıtı olmadan ve herhangi bir yatırım yapılması dikkate alınmadan bir ana model olarak oluşturulmuştur. Bu modelde bir gün boyunca 4 üründen üretilmesi gereken miktar belirlenen kısıtlar altında hesaplanmıştır. Ardından ana modelden elde edilen sonuçlar incelenerek işletmede yapılabilecek iyileştirmelerin ürün karmasındaki değişimi ve kara katkısı incelenmiştir.

5.2.1. Senaryo 1

1. senaryo üretim ya da satış hedefi eklenmeden, kapasitelerde ya da insan kaynaklarında herhangi bir düzenleme yapılmadan çalıştırılan ana modeldir. Açık model Ek – 1 de

bulunmaktadır. Modelin çözümünün ardından karar değişkenleri Çizelge 5.6. da, çözüme ait tüm sonuçlar ise Ek – 2 de yer almaktadır. Bu modelin çözülmesi ile günlük elde edilen toplam kar 2.353,04 TL olmuştur.

Çizelge 5.6. de ürünlere göre üretilmesi gereken miktarlar ve bu üretim miktarlarında oluşturdıkları katkı TL olarak verilmiştir.

Çizelge 5.6. Senaryo 1'in üretim miktarları ve kar durumu

Ürün	Üretim miktarı KG	Katkı TL
Kurutulmuş elma	30,87	324,12
Kurutulmuş çilek	17,03	596,00
Kurutulmuş şeftali	12,83	166,75
Kurutulmuş kiraz	66,64	1.266,17
Toplam	127,36	2.353,04

Sonuçlar incelendiğinde görülmüştür ki, ürün karması belirlenirken üretim çevrim zamanları belirleyici olmaktadır. Yıkama aşamasından kurutma aşamasına kadar belirlenen maksimum üretim süresi - ürünler bozulmadan kurutmaya alınması gereken süre - ürüne göre işlenmesi gereken ürün miktarını belirlemektedir. Belirlenen miktarlardaki üründen fazlasının işlenmesi durumunda işleme sürelerinden dolayı, ürünlerde bozulma meydana gelebilir.

Bu noktada işletmeye zaman kısıtındaki süreye dahil edilen operasyon, taşıma, bekleme ve hazırlık zamanlarının iyileştirilmesi ile ilgili çalışma önerilmelidir. İşletmede operasyon sürelerini iyileştirme ile ilgili çalışma yapılması durumunda günlük üretilebilecek miktar da artacak, dolayısıyla elde edilen gelir de artmış olacaktır.

5.2.2. Ana modelde yapılabilecek iyileştirmeler

Ana modelin çözülmesi ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, üretim çevrim zamanının iyileştirilmesinin elde edilen maksimum karı doğrudan etkileyeceği belirlenmiştir.

Bu sebeple üretim sistemi üzerinde çalışmalar yapılarak “tesis yerleşimi”, “makine-ekipman yatırımı”, “eğitim” gibi ana başlıklarda proje önerileri oluşturulmuştur.

Gerçekleştirilmesi planlanan projeler ile, üretim çevrim zamanını oluşturan hazırlık, taşıma, bekleme ve işlem sürelerine odaklanılacaktır. Üretim sisteminde yapılan çalışmalarda, iş ve zaman etüdü analizlerinde görülmüştür ki, önemli bir zaman alan taşıma işlemi, yerleşimde yapılacak değişikliklerle en aza indirilebilmektedir. Aynı şekilde personele verilecek olan makine eğitimleri ile makine kullanımındaki hatalar en aza indirilecek ve verilen bu eğitimle hazırlık zamanları optimum hale getirilecektir. Yapılması planlanan yer değişimi ile aynı zamanda istasyonlar arası bekleme sürelerinde de iyileşme sağlanacaktır.

Ürünlerin işlem sürelerinin iyileştirilmesi de bazı makinelerin yenilenmesi ile dramatik olarak sağlanabilir.

Geliştirilen önerilerin hepsi personel, zaman ve bütçe gibi kısıtlar nedeniyle aynı anda uygulanamayacağı için projelerin 3 aşamada devreye alınması öngörülmüştür.

Her projenin belirlenen ürünler için uygulanması “Senaryo 2”, “Senaryo 3” ve “Senaryo 4” olarak verilmiştir.

5.2.3. Senaryo 2

2. senaryoda işletmenin mevcut durumu dikkate alınarak tesis yerleşiminde değişiklik önerileri çalışılmıştır. Bu projelerin ana modelde yer alan zaman kısıtındaki işlem sürelerini %35 iyileştirmesi beklenmektedir. Modelde iyileştirme için yapılan projelerin maliyetlerinin birim üretim maliyetinde her bir ürün için %5 artışa sebep olacağı tahmin edilmektedir.

Amaç fonksiyonunda yer alan birim üretim maliyetleri %5 oranında artırılmış, beklenen birim kar buna göre düzeltilmiş ve Çizelge 5.8. de ürünlerin proje maliyeti eklendiğinde birim üretim maliyetleri verilmiştir. İyileştirilen operasyon süreleri Çizelge 5.7. de yer almaktadır.

Çizelge 5.7. İyileştirme çalışmaları ardından operasyon süreleri

	Aşama no	1	2	3	4	5	6	7	8
Ürün no	İşlem süreleri / kapasite	Yaş depo	Yıkama	Ayıklama	Dilimleme	Dizme	Kurutma	Paketleme	Kuru depo
1	Elma	5000	0,00195	0,0013	0,0013	0,013	800	0,023	250
2	Çilek	2000	0,0013	0,01625	0,0013	0,01495	575	0,026	500
3	Şeftali	3000	0,00325	0,0208	0,00195	0,01755	600	0,023	100
4	Kiraz	5000	0,0026	0,0052	0	0,0052	1200	0,035	150

Kapalı modelde yer alan Eş. (4.14) – (4.15) – (4.16) – (4.17) iyileştirilen sürelere göre değiştirilmiş, aşağıda verilen eşitliklerle model yeniden çözülmüştür.

$$e_{12}=0$$

$$g_{12}-e_{12}-0.00195x_{12}=0$$

$$e_{13}-g_{12}=0$$

$$g_{13}-e_{13}-0.0013x_{13}=0$$

$$e_{14}-g_{13}=0$$

$$g_{14}-e_{14}-0.0013x_{14}=0$$

$$e_{15}-g_{14}=0$$

$$g_{15}-e_{15}-0.013x_{15}=0$$

$$g_{15}\leq 6$$

$$e_{22}=0$$

$$g_{22}-e_{22}-0.0013x_{22}=0$$

$$e_{23}-g_{22}=0$$

$$g_{23}-e_{23}-0.01625x_{23}=0$$

$$e_{24}-g_{23}=0$$

$$g_{24}-e_{24}-0.0013x_{24}=0$$

$$e_{25}-g_{24}=0$$

$$g_{25}-e_{25}-0.01495x_{25}=0$$

$$g_{25}\leq 8$$

$$e_{32}=0$$

$$g_{32}-e_{32}-0.00325x_{32}=0$$

$$e_{33}-g_{32}=0$$

$$g_{33}-e_{33}-0.0208x_{33}=0$$

$$e_{34}-g_{33}=0$$

g34-e34-0.00195x34=0

e35-g34=0

g35-e35-0.01755x35=0

g35<=7

e42=0

g42-e42-0.0026x42=0

e43-g42=0

g43-e43-0.0052x43=0

e45-g43=0

g45-e45-0.0052x45=0

g45<=8

Çizelge 5.8. Ürünlerin proje maliyeti eklendiğinde birim üretim maliyetleri TL

Ürün adı	%5 Artırılmış birim üretim maliyeti TL
Kurutulmuş elma	57,22
Kurutulmuş çilek	168,00
Kurutulmuş şeftali	47,25
Kurutulmuş kiraz	63,00

Bu değişiklik sonucunda elde edilen toplam kar 2.929,10 TL olmuştur. Ürün karması Çizelge 5.9. da yer almaktadır.

Çizelge 5.9. Senaryo 2'nin üretim miktarları ve kar durumu

Ürün	Üretim miktarı KG	Katkı TL
Kurutulmuş elma	47,50	369,31
Kurutulmuş çilek	26,20	707,40
Kurutulmuş şeftali	19,73	212,10
Kurutulmuş kiraz	102,53	1.640,48
Toplam	195,96	2.929,10

İki senaryo için elde edilen kar karşılaştırıldığında görülüyor ki, maliyetlerdeki artışa rağmen operasyon, taşıma ve hazırlık zamanlarında yapılacak iyileştirmeler kara katkı sağlayacaktır.

5.2.4. Senaryo 3

3. senaryoda tesis yerleşimine ek olarak çalışanlara makine eğitimlerinin de verildiği durum için çözüm yapılmıştır. Alınan eğitimler ile makine kullanımının verimli hale gelmesi ile çevrim süresinin %5 daha azalacağı öngörülmüştür. Ana modelde yer alan zaman kısıtındaki işlem sürelerinin %40 iyileştirildiği durumda üretilebilecek ürün karması belirlenmiştir. Modelde iyileştirme için yapılan projelerin maliyetlerinin birim üretim maliyetinde her bir ürün için %7 artışa sebep olacağı tahmin edilmektedir. Senaryo 2 de yapılan projelere ek olarak makine kullanımı konusunda eğitim verildiği durum için operasyon süreleri çizelge 5.10. gösterilen şekilde güncellenmiştir.

Çizelge 5.10. Senaryo 3 için iyileştirme çalışmaları ardından operasyon süreleri

	Aşama no	1	2	3	4	5	6	7	8
Ürün no	İşlem süreleri / kapasite	Yaş depo	Yıkama	Ayıklama	Dilimleme	Dizme	Kurutma	Paketleme	Kuru depo
1	Elma	5000	0,0018	0,0012	0,0012	0,012	800	0,023	250
2	Çilek	2000	0,0012	0,015	0,0012	0,0138	575	0,026	500
3	Şeftali	3000	0,003	0,0192	0,0018	0,0162	600	0,023	100
4	Kiraz	5000	0,0024	0,0048	0	0,0048	1200	0,035	150

Kapalı modelde yer alan Eş. (4.14) – (4.15) – (4.16) – (4.17) iyileştirilen sürelerle göre değiştirilmiş, aşağıda verilen eşitliklerle model yeniden çözülmüştür.

$$e_{12}=0$$

$$g_{12}-e_{12}-0.0018x_{12}=0$$

$$e_{13}-g_{12}=0$$

$$g_{13}-e_{13}-0.0012x_{13}=0$$

$$e_{14}-g_{13}=0$$

$$g_{14}-e_{14}-0.0012x_{14}=0$$

$$e_{15}-g_{14}=0$$

$$g_{15}-e_{15}-0.012x_{15}=0$$

$$g_{15}\leq 6$$

$$e_{22}=0$$

$$g_{22}-e_{22}-0.0012x_{22}=0$$

e23-g22=0

g23-e23-0.015x23=0

e24-g23=0

g24-e24-0.0012x24=0

e25-g24=0

g25-e25-0.0138x25=0

g25<=8

e32=0

g32-e32-0.003x32=0

e33-g32=0

g33-e33-0.0192x33=0

e34-g33=0

g34-e34-0.0018x34=0

e35-g34=0

g35-e35-0.0162x35=0

g35<=7

e42=0

g42-e42-0.0024x42=0

e43-g42=0

g43-e43-0.0048x43=0

e45-g43=0

g45-e45-0.0048x45=0

g45<=8

Çizelge 5.11. Proje maliyeti eklendiğinde birim üretim maliyetleri TL

Ürün adı	%7 Artırılmış birim üretim maliyeti TL
Kurutulmuş elma	58,32
Kurutulmuş çilek	171,20
Kurutulmuş şeftali	48,15
Kurutulmuş kiraz	64,20

Bu değişiklik sonucunda elde edilen toplam kar 2.873,77 TL olmuştur. Ürün karması Çizelge 5.12. de yer almaktadır.

Çizelge 5.12. Senaryo 3’ün üretim miktarları ve kar durumu

Ürün	Üretim miktarı KG	Katkı TL
Kurutulmuş elma	51,45	343,95
Kurutulmuş çilek	28,38	675,45
Kurutulmuş şeftali	21,37	210,50
Kurutulmuş kiraz	111,07	1.643,84
Toplam	212,27	2.873,77

Senaryo 3 de gerçekleştirilen makine eğitiminin sağladığı iyileşme ile toplam kar senaryo 2 ye göre daha az olmaktadır. Ana modele göre, toplam karda artış olmasına rağmen senaryo 2 ve 3 karşılaştırıldığında eğitimin “verimlilik – maliyet” oranı elde edilen kardan zarar edilmesine sebep olmaktadır.

5.2.5. Senaryo 4

4. senaryoda ise tesis yerleşimi projelerine ek olarak mevcut durumda kullanılan makine ve ekipmanların yenilenmesine ilişkin öneriler çalışılmıştır. Ana modelde yer alan zaman kısıtındaki işlem sürelerinin %50 iyileştirildiği durumda üretilebilecek ürün karması belirlenmiştir. Modelde iyileştirme için yapılan projelerin maliyetlerinin birim üretim maliyetinde her bir ürün için %10 artışa sebep olacağı tahmin edilmektedir. Mevcut makine – ekipmanların yenilenmesi başlığı altında yapılacak çalışmalar ile operasyon süreleri çizelge 5.13. gösterilen şekilde güncellenmiştir.

Çizelge 5.13. Senaryo 4 için iyileştirme çalışmaları ardından operasyon süreleri

	Aşama no	1	2	3	4	5	6	7	8
Ürün no	İşlem süreleri / kapasite	Yaş depo	Yıkama	Ayıklama	Dilimleme	Dizme	Kurutma	Paketleme	Kuru depo
1	Elma	5000	0,0015	0,001	0,001	0,01	800	0,023	250
2	Çilek	2000	0,001	0,0125	0,001	0,0115	575	0,026	500
3	Şeftali	3000	0,0025	0,016	0,0015	0,0135	600	0,023	100
4	Kiraz	5000	0,002	0,004	0	0,004	1200	0,035	150

Kapalı modelde yer alan Eş. (4.14) – (4.15) – (4.16) – (4.17) iyileştirilen sürelerle göre değiştirilmiş, aşağıda verilen eşitliklerle model yeniden çözülmüştür.

$$e_{12}=0$$

$$g_{12}-e_{12}-0.0015x_{12}=0$$

$$e_{13}-g_{12}=0$$

$$g_{13}-e_{13}-0.001x_{13}=0$$

$$e_{14}-g_{13}=0$$

$$g_{14}-e_{14}-0.001x_{14}=0$$

$$e_{15}-g_{14}=0$$

$$g_{15}-e_{15}-0.01x_{15}=0$$

$$g_{15}\leq 6$$

$$e_{22}=0$$

$$g_{22}-e_{22}-0.001x_{22}=0$$

$$e_{23}-g_{22}=0$$

$$g_{23}-e_{23}-0.0125x_{23}=0$$

$$e_{24}-g_{23}=0$$

$$g_{24}-e_{24}-0.001x_{24}=0$$

$$e_{25}-g_{24}=0$$

$$g_{25}-e_{25}-0.0115x_{25}=0$$

$$g_{25}\leq 8$$

$$e_{32}=0$$

$$g_{32}-e_{32}-0.0025x_{32}=0$$

$$e_{33}-g_{32}=0$$

$$g_{33}-e_{33}-0.016x_{33}=0$$

$$e_{34}-g_{33}=0$$

$$g_{34}-e_{34}-0.0015x_{34}=0$$

$$e_{35}-g_{34}=0$$

$$g_{35}-e_{35}-0.0135x_{35}=0$$

$$g_{35}\leq 7$$

$$e_{42}=0$$

$$g_{42}-e_{42}-0.002x_{42}=0$$

$$e43-g42=0$$

$$g43-e43-0.004x43=0$$

$$e45-g43=0$$

$$g45-e45-0.004x45=0$$

$$g45 \leq 8$$

Çizelge 5.14. Ürünlerin proje maliyeti eklendiğinde birim üretim maliyetleri TL

Ürün adı	%10 Artırılmış birim üretim maliyeti TL
Kurutulmuş elma	59,95
Kurutulmuş çilek	176,00
Kurutulmuş şeftali	49,50
Kurutulmuş kiraz	66,00

Bu değişiklik sonucunda elde edilen toplam kar 2.909,57 TL olmuştur. Ürün karması Çizelge 5.15. de yer almaktadır.

Çizelge 5.15. Senaryo 4'ün üretim miktarları ve kar durumu

Ürün	Üretim miktarı KG	Katkı TL
Kurutulmuş elma	61,74	311,78
Kurutulmuş çilek	34,06	647,14
Kurutulmuş şeftali	25,65	218,03
Kurutulmuş kiraz	133,28	1.732,64
Toplam	254,73	2.909,57

Kullanılan makine ve ekipmanlarında yenilenmesi ile üretilen ürün miktarının artmasına rağmen projelere yapılan harcamalar nedeniyle maliyetlerin artması ile senaryo 2 den ve 4 den elde edilen kar çok yakın olmuştur. Bu noktada işletme üretilen ürün miktarlarını dikkate alarak, stratejik bir karar vererek senaryo 4 de yer alan yatırımları yapabilir. Artan üretim miktarları, hammadde alım fiyatlarının ve birim sabit değişken maliyetlerinin azalmasını sağlayacağı için ürün maliyetleri bir sonraki üretim döneminde azalacaktır. Ölçek ekonomisi ile üretim maliyetlerini düşürme fırsatı bulunmaktadır.

Tüm senaryolardan elde edilen ürün miktarı değişimi Çizelge 5.16 da, kar değişimi ise detaylı olarak Çizelge 5.17. de sunulmuştur.

Çizelge 5.16. Senaryo 1-2-3-4'ün üretim miktarları karşılaştırması

Üretim miktarları KG	Kurutulmuş elma	Kurutulmuş çilek	Kurutulmuş şeftali	Kurutulmuş kiraz	Toplam
Senaryo 1	30,87	17,03	12,83	66,64	127,36
Senaryo 2	47,50	26,20	19,73	102,53	195,96
Senaryo 3	51,45	28,38	21,37	111,07	212,27
Senaryo 4	61,74	34,06	25,65	133,28	254,73

Çizelge 5.17. Senaryo 1-2-3-4'ün kar karşılaştırması

Elde edilen kar TL	Kurutulmuş elma	Kurutulmuş çilek	Kurutulmuş şeftali	Kurutulmuş kiraz	Toplam
Senaryo 1	324,12	596,00	166,75	1.266,17	2.353,04
Senaryo 2	369,31	707,40	212,10	1.640,48	2.929,10
Senaryo 3	343,95	675,45	210,50	1.643,84	2.873,77
Senaryo 4	311,78	647,14	218,03	1.732,64	2.909,57

Şekil 5.1. ve şekil 5.2. de senaryolara göre üretilmesi planlanan üretim miktarları ve bu üretimlerden elde edilmesi beklenen karlar karşılaştırılmıştır.

Mevcut işletme yerleşimi ve süreç ile optimum ürün karması belirlenerek elde edilecek kar ana model ile hesaplanmıştır. Ana model olarak adlandırılan senaryo 1 ile karşılaştırıldığında senaryo 2 de elde edilen kar %24,48 artmaktadır.

Senaryo 1 ile senaryo 3'ün karşılaştırılması sonucunda ise %18,12 kar artışı olduğu görülmektedir.

Senaryo 4 ile karşılaştırılması durumunda ise karın %23,65 arttığı belirlenmiştir.

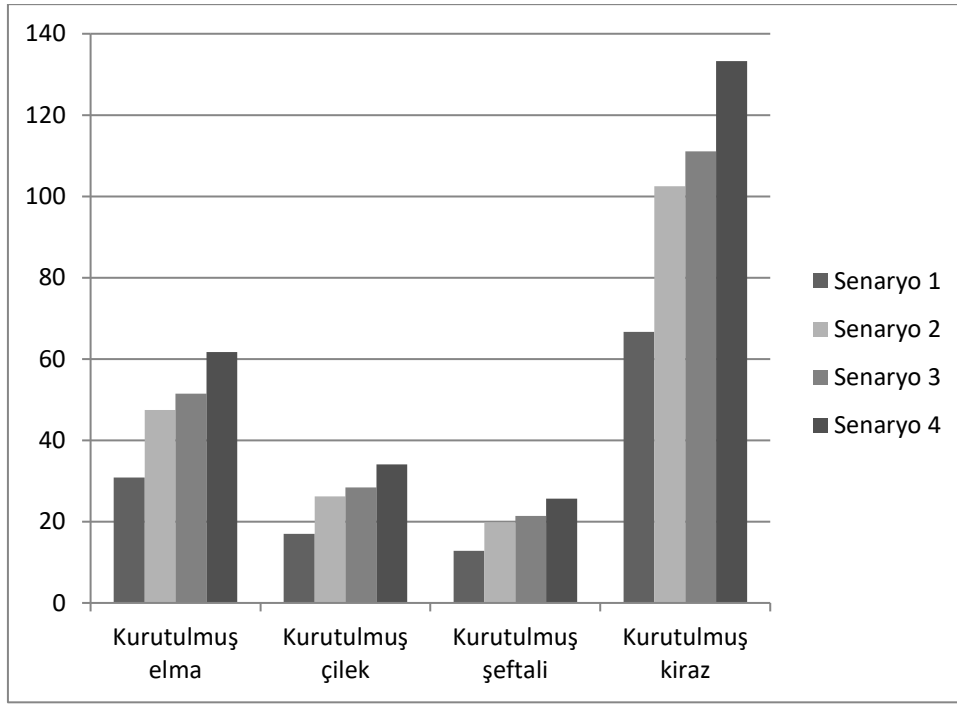
Sonuçlar incelendiğinde üretim çevrim zamanlarının düşmesiyle üretim miktarlarının arttığı görülmektedir. Fakat projelerin maliyete etkisi elde edilen kar miktarını aynı oranlarda arttırmamaktadır.

Örneğin makine kullanımı ile ilgili verilen eğitimlerde, eğitim maliyeti maliyete karşılık faydayı oluşturmamaktadır. Bu noktada işletmeye eğitim içeriğini farklılaştırmak ya da alternatif teklifleri değerlendirmesi önerilebilir.

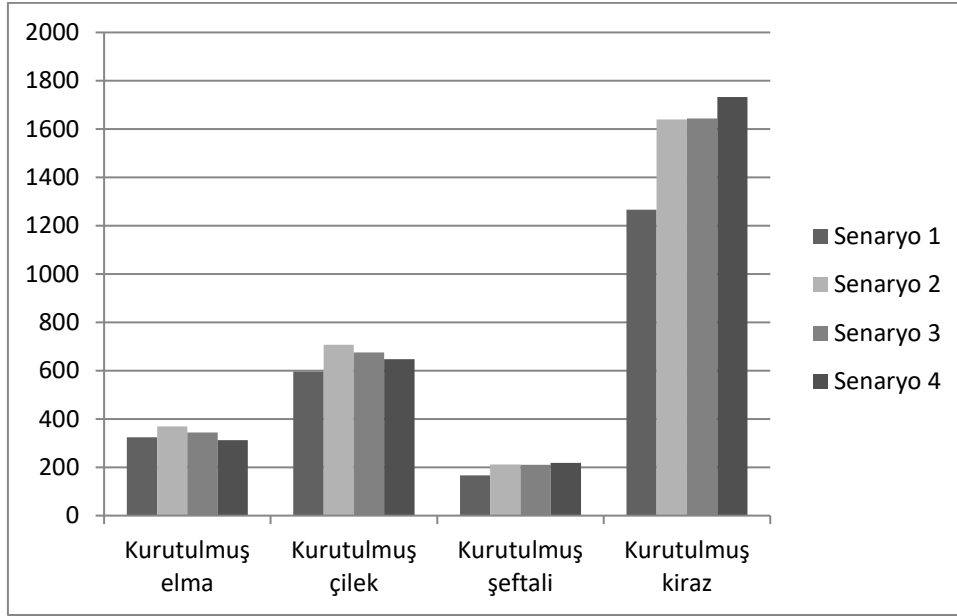
Bunun yanı sıra senaryo 2 ve 4 karşılaştırıldığında elde edilen kar, senaryo 2'ye göre %0,0068 oranında az olmasına rağmen üretilen ürün miktarı %30 fazladır.

Ürün miktarındaki %30'luk artış, işletmeye ölçek ekonomisi oluşturma fırsatı sağlayacak, böylece birim üretim maliyetleri azalacaktır. Aynı zamanda pazara %30 fazla miktarda ürünün sunulması mümkün olacaktır.

Üretim miktarı ve karlar göz önünde bulundurularak, işletmede üretim çevrim zamanını %50 azaltması ve maliyeti %10 artırması beklenen projelerin hayata geçirilmesi için çalışmalar yapılacaktır.



Şekil 5.1. Senaryo 1-2-3-4'ün üretim miktarları karşılaştırması



Şekil 5.2. Senaryo 1-2-3-4'ün kar karşılaştırması

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz rekabet koşulları dikkate alındığında, işletmeler, kaynakları en etkin şekilde kullanarak, değişen ve her geçen gün artan rekabet koşullarına uyum sağlayabilmek, sürdürülebilir olmak ve müşteri memnuniyetini sağlamak için doğru ürünleri, doğru miktarlarda üretmeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışmada uygulamanın yapıldığı işletmede olduğu gibi, birden fazla ürün için üretim yapılan işletmelerde makine ve iş gücü kapasitelerinin verimli kullanılması, belirlenen amaçlara göre doğru ürünlerin seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Makine kapasitesi, işçilik gibi kısıtlara ek olarak üretilen ürünün özelliklerinden kaynaklanan özel kısıtlar da olduğunda karar verici için kısa, orta, uzun vade için optimum ürün karması belirleme daha da karmaşık olmaktadır.

Bu çalışmada mevsime bağlı üretilmesi gereken kurutulmuş elma, çilek, şeftali ve kiraz ürünleri için optimum ürün karması belirleme problemi oluşturulmuştur. Problem çözüldüğünde üretim çevrim zamanının üretim miktarını doğrudan belirlediği tespit edilmiştir. Böylece üretim miktarını dolayısıyla karı artırmak için üretim çevrim zamanının iyileştirilmesi gerekmektedir.

4 senaryonun incelenmesi sonucu elde edilen veriler ile işletmeye öncelikle işlem sürelerini iyileştirecek projeler önerilecektir. Böylece işletmeye maksimum karı sağlayacak ürün karması belirlenmiş olacak ve satış ekibi bu sonuçlara göre satış politikalarını düzenleyebilecektir. İşletmenin kısıtları dikkate alınarak belirlenen üretim miktarlarına göre hem tesis kapasitesi en verimli şekilde kullanılacak hem de ciro artışı sağlanacaktır. Mevsime göre değişen ürün çeşitleri ile ürün karması ve miktarını belirleme, şirketin doğrudan satış planını oluşturmakta ve nakit akışı ve bütçe planlarını dolayısıyla ciro ve karını etkilemektedir.

5. bölümde detaylı olarak karşılaştırılan senaryoların çözüm sonuçları değerlendirilerek 4. Senaryonun en uygun ürün karmasını verdiği belirlenmiştir. 4. senaryo tesis yerleşimi ve makine ekipman yatırımını içerecek şekilde oluşturulmuştur. Bu senaryo ile üretim miktarı mevcut duruma göre iki katına çıkmış ve kar %23,65 oranında artırılmıştır. Artan ürün miktarı ile ölçek ekonomisi fırsatları ile sabit üretim maliyetleri azaltılabilecektir.

Bunun yanı sıra hammadde gibi en önemli maliyet kalemi miktarın artmasıyla daha uygun fiyatlara alınabilecektir.

Yapılan literatür araştırmalarında bozulabilir ürünler için üretim-dağıtım entegre sistemler için çalışmalar görülmüştür. Literatürdeki çalışmalarda özellikle raf ömrü ilerledikçe düşen satış fiyatına odaklanılmıştır.

Bu çalışmanın yapıldığı bozulabilir ürün üreten sistemde ise, ürün üretim sırasında bozulabilir özellik göstermekte, üretim tamamlandıktan sonra raf ömrü 18 ay olmaktadır. Çoğu bozulabilir ürün için raf ömrü üretimden sonra başlarken çalıştığım işletmede üretim tamamlandıktan sonra bozulabilirlik ortadan kalkmaktadır.

Model tamamen üretim sürecinde bozulabilir ürün özelliği gösteren bir üretim planlama modeline odaklanmıştır.

Bu çalışmada oluşturulan matematiksel model aşağıda sıralanan durumları içerecek şekilde geliştirilebilir:

- Farklı mevsimlerde farklı ürünler için model çalıştırılabilir. Aynı zamanda modele hammadde tedarikindeki belirsizlikler de eklenerek aşamalar artırılabilir.
- Modele talepteki belirsizlik durumu da eklenebilir.
- Ürün sayısı, planlama dönemi artırılarak sezgisel algoritmalar veya stokastik çözüm yöntemleri gibi farklı çözüm yöntemleri kullanılabilir.
- Üretim miktarına bağlı olarak değişebilen maliyetler dikkate alınarak model geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Acar N., (1998). *Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları*, (Altıncı baskı) Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No:280, Ankara
- Akkerman R. ve Van Donk D.P. (2007). Product mix variability with correlated demand in two-stage food manufacturing with intermediate storage. *International Journal of Production Economics*, 121, 313–322
- Ayanoğlu M. (1991). *Uzman sistemler ve bütünleşik üretim planlamasına uygulanması*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul
- Bengston J. ve Olhager J. (2002). Valuation of product-mix flexibility using real options. *International Journal of Production Economics*, 78, 13–28
- Chen H.K., FuHsueh C., ShiangChang M., (2009). Production scheduling and vehicle routing with time Windows for perishable food products. *Computers & Operations Research*, 36, 2311 – 2319
- Devapriya P., Ferrell W., Geismar N., (2016). Integrated production and distribution scheduling with a perishable product. *European Journal of Operational Research*, 259, 906–916
- Donselaar K., Woensel T., Broekmeulen R., Fransoo J., (2006). Inventory control of perishables in supermarkets. *International Journal of Production Economics*, 104, 462–472
- Hasuike T., Ishii H., (2008). Product mix problems considering several probabilistic conditions and flexibility of constraints. *Computers & Industrial Engineering*, 56, 918–936
- Hax A. C., Golovin J.J., (1977). *Hierarchical Production Planning Systems*. Operations Research Center, Massachusetts Inst of Tech Cambridge Operations. AD A 045016, Cambridge
- Johnson L. A., Montgomery D. C. (1974). *Operations Research in Production Planning, Scheduling, and Inventory Control*, John Wiley & Sons, Inc., Amerika
- Karaçizmeli İ.H., (2012). *Bir tekstil işletmesinde faaliyet bazlı maliyetlendirme temelli ürün karması probleminin çözümünde doğrusal programlama yaklaşımı*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana
- Kaplan B., (2010). *Kısıtlar teorisi altında ürün karması optimizasyonu*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Kaveh M., Dalfard V.M., Karami G., (2013). Extension of an algorithm for product mix problems with fuzzy Conditions. *Applied Mathematical Modelling*, 37, 9688–9697
- Kobu B., (2013). *Üretim Yönetimi*, (On altıncı baskı) Beta Yayınları, İstanbul

- Lea B.R., Fredendall L.D. (2002). The impact of management accounting, product structure, product mix algorithm, and planning horizon on manufacturing performance, *International Journal of Production Economics*, 79, 279–299
- Letmath P., Balakrishnan N. (2004). Production, Manufacturing and Logistics Environmental considerations on the optimal product mix. *European Journal of Operational Research*, 167, 398–412
- Leung S.C.H., Nh W. (2007). A goal programming model for production planning of perishable products with postponement. *Computers & Industrial Engineering*, 53, 531–541
- Li R., Teng J.T., (2018). Pricing and lot-sizing decisions for perishable goods when demand depends on selling price, reference price, product freshness, and displayed stocks. *European Journal of Operational Research*, 270, 1099–1108
- Mirzaei S., Seifi A.,(2015). Considering lost sale in inventory routing problems for perishable Goods. *Computers & Industrial Engineering*, 87, 213–227
- Otrodi F., Yaghin R.G., Torabi S.A. (2019). Joint pricing and lot-sizing for a perishable item under two-level trade credit with multiple demand classes. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 761–777
- Özkan M., (2006). *Bir mobilya fabrikasında üretim planlama sisteminin geliştirilmesi*. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bolu
- Romauch M., Klemmt A. (2014). Product mix optimization for a semiconductor fab: Modeling approaches and decomposition techniques. *Computers & Operations Research*, 53, 338–352
- Sezen Akar G. (2015). *Bozulabilir gıda tedarik zincirlerinde üretim riskleri gözetilerek üretim-dağıtım planlaması - Bir süt işleme tesisinde uygulama*. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi, İzmir
- Soysal M., Bloemhof-Ruwaard J.M., Haijema R., Vorst J.G.A.J. (2015). Modeling an Inventory Routing Problem for perishable products with environmental considerations and demand uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 164, 118–133
- Söderbom M., Weng Q. (2012). Multi-product firms, product mix changes and upgrading: Evidence from China's state-owned forest areas. *China Economic Review*, 23, 801–818
- Stefansdottir B., Depping V., Grunow M., Kulozik U. (2018). Impact of shelf life on the trade-off between economic and environmental objectives: A dairy case. *International Journal of Production Economics*, 201, 136–148

- Susanto S., Bhattacharya A. (2011). Compromise Fuzzy Multi-Objective Linear Programming (CFMOLP) heuristic for product-mix determination. *Computers & Industrial Engineering*, 61, 582–590
- Tekin M. (2012). *Üretim Yönetimi*, Günay Ofset, Konya
- Tuskan A.C. (2011). *Bozulabilir ürünler için hedef programlama ile üretim planlama*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Ünal E. (2006). *Optimal ürün karması belirlemede faaliyete dayalı maliyet sistemi ve kısıtlar teorisi uygulaması*. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi, Adana
- Wellington J.F., Guiffreda A.L., Lewis S.A. (2014). Interior analysis of the green product mix solution. *European Journal of Operational Research*, 237, 966–974
- Yalçınkaya S. (1994). *Üretim planlama da doğrusal programlama modelleri ve bir işletme uygulaması*. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

EKLER

Ek – 1. Modelin açık hali – LINDO yazımı

!4 ürün 8 aşama model açık yazımı

!günlük kapasite

$$\max 10.5x_1+35x_2+13x_3+19x_4$$

st

!randıman kısıtı, yaş ürün – kuru ürün dönüşümü

$$10x_1-x_{11}=0$$

$$12x_2-x_{21}=0$$

$$10x_3-x_{31}=0$$

$$7x_4-x_{41}=0$$

!Aşamalar arası fire

$$0.95x_{11}-x_{12}=0$$

$$0.90x_{21}-x_{22}=0$$

$$0.95x_{31}-x_{32}=0$$

$$0.97x_{41}-x_{42}=0$$

$$0.97x_{12}-x_{13}=0$$

$$0.90x_{22}-x_{23}=0$$

$$0.95x_{32}-x_{33}=0$$

$$0.95x_{42}-x_{43}=0$$

$$0.80x_{13}-x_{14}=0$$

$$0.93x_{23}-x_{24}=0$$

$$0.85x_{33}-x_{34}=0$$

$$0.80x_{43}-x_{45}=0$$

$$0.90x_{14}-x_{15}=0$$

$$0.90x_{24}-x_{25}=0$$

$$0.90x_{34}-x_{35}=0$$

$$x_{15}-x_{16}=0$$

$$x_{25}-x_{26}=0$$

Ek – 1. (devam) Modelin açık hali – LINDO yazımı

$$x_{35}-x_{36}=0$$

$$x_{45}-x_{46}=0$$

$$x_{16}-6.30x_{17}=0$$

$$x_{26}-7.73x_{27}=0$$

$$x_{36}-6.56x_{37}=0$$

$$x_{46}-4.90x_{47}=0$$

$$0.95x_{17}-x_{18}=0$$

$$0.95x_{27}-x_{28}=0$$

$$0.95x_{37}-x_{38}=0$$

$$0.95x_{47}-x_{48}=0$$

!depolama kısıtları

$$x_{11}\leq 5000$$

$$x_{21}\leq 2000$$

$$x_{31}\leq 3000$$

$$x_{41}\leq 5000$$

$$X_{16}-800w_1\leq 0$$

$$X_{26}-575w_2\leq 0$$

$$X_{36}-600w_3\leq 0$$

$$X_{46}-1200w_4\leq 0$$

$$w_1+w_2+w_3+w_4\leq 4$$

$$X_{18}\leq 250$$

$$X_{28}\leq 500$$

$$X_{38}\leq 100$$

$$X_{48}\leq 500$$

$$0.003x_{12}-8p_{12}\leq 0$$

$$0.002x_{13}-8p_{13}\leq 0$$

Ek – 1. (devam) Modelin açık hali – LINDO yazımı

$$0.002x_{14}-8p_{14}\leq 0$$

$$0.020x_{15}-8p_{15}\leq 0$$

$$0.023x_{17}-8p_{17}\leq 0$$

$$0.002x_{22}-8p_{22}\leq 0$$

$$0.025x_{23}-8p_{23}\leq 0$$

$$0.002x_{24}-8p_{24}\leq 0$$

$$0.023x_{25}-8p_{25}\leq 0$$

$$0.025x_{27}-8p_{27}\leq 0$$

$$0.004x_{32}-8p_{32}\leq 0$$

$$0.032x_{33}-8p_{33}\leq 0$$

$$0.003x_{34}-8p_{34}\leq 0$$

$$0.027x_{35}-8p_{35}\leq 0$$

$$0.023x_{37}-8p_{37}\leq 0$$

$$0.004x_{42}-8p_{42}\leq 0$$

$$0.008x_{43}-8p_{43}\leq 0$$

$$0.008x_{45}-8p_{45}\leq 0$$

$$0.035x_{47}-8p_{47}\leq 0$$

$$X_{12}-100000p_{12}\leq 0$$

$$X_{13}-100000p_{13}\leq 0$$

$$X_{14}-100000p_{14}\leq 0$$

$$X_{15}-100000p_{15}\leq 0$$

$$X_{17}-100000p_{17}\leq 0$$

$$X_{22}-100000p_{22}\leq 0$$

$$X_{23}-100000p_{23}\leq 0$$

$$X_{24}-100000p_{24}\leq 0$$

$$X_{25}-100000p_{25}\leq 0$$

$$X_{27}-100000p_{27}\leq 0$$

Ek – 1. (devam) Modelin açık hali – LINDO yazımı

$$X32-100000p32 \leq 0$$

$$X33-100000p33 \leq 0$$

$$X34-100000p34 \leq 0$$

$$X35-100000p35 \leq 0$$

$$X37-100000p37 \leq 0$$

$$X42-100000p42 \leq 0$$

$$X43-100000p43 \leq 0$$

$$X44-100000p44 \leq 0$$

$$X45-100000p45 \leq 0$$

$$X47-100000p47 \leq 0$$

$$p12+p22+p32+p42 \leq 2$$

$$p15+p25+p35+p45 \leq 8$$

$$p17+p27+p37+p47 \leq 8$$

$$p14+p34 \leq 1$$

$$p13 \leq 1$$

$$p23+p33+p43 \leq 3$$

! zaman penceresi

$$e12=0$$

$$g12-e12-0.003x12=0$$

$$e13-g12=0$$

$$g13-e13-0.002x13=0$$

$$e14-g13=0$$

$$g14-e14-0.002x14=0$$

$$e15-g14=0$$

$$g15-e15-0.020x15=0$$

$$g15 \leq 6$$

$$e22=0$$

Ek – 1. (devam) Modelin açık hali – LINDO yazımı

$$g_{22}-e_{22}-0.002x_{22}=0$$

$$e_{23}-g_{22}=0$$

$$g_{23}-e_{23}-0.025x_{23}=0$$

$$e_{24}-g_{23}=0$$

$$g_{24}-e_{24}-0.002x_{24}=0$$

$$e_{25}-g_{24}=0$$

$$g_{25}-e_{25}-0.023x_{25}=0$$

$$g_{25}\leq 8$$

$$e_{32}=0$$

$$g_{32}-e_{32}-0.005x_{32}=0$$

$$e_{33}-g_{32}=0$$

$$g_{33}-e_{33}-0.032x_{33}=0$$

$$e_{34}-g_{33}=0$$

$$g_{34}-e_{34}-0.003x_{34}=0$$

$$e_{35}-g_{34}=0$$

$$g_{35}-e_{35}-0.027x_{35}=0$$

$$g_{35}\leq 7$$

$$e_{42}=0$$

$$g_{42}-e_{42}-0.004x_{42}=0$$

$$e_{43}-g_{42}=0$$

$$g_{43}-e_{43}-0.008x_{43}=0$$

$$e_{45}-g_{43}=0$$

$$g_{45}-e_{45}-0.008x_{45}=0$$

$$g_{45}\leq 8$$

$$x_1\geq 0$$

$$x_2\geq 0$$

$$x_3\geq 0$$

$$x_4\geq 0$$

Ek – 1. (devam) Modelin açık hali – LINDO yazımı

End

GIN w1

GIN w2

GIN w3

GIN w4

Ek – 2. 1. Senaryo için çözüm

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 65

OBJECTIVE VALUE = 2353.04297

SET	W2 TO >=	1 AT	1, BND=	2353.	TWIN=	1757.	186
SET	W4 TO >=	1 AT	2, BND=	2353.	TWIN=	1087.	191
SET	W3 TO >=	1 AT	3, BND=	2353.	TWIN=	2186.	198
SET	W1 TO <=	0 AT	4, BND=	2029.	TWIN=	2353.	205

NEW INTEGER SOLUTION OF 2028.91882 AT BRANCH 4 PIVOT 205

BOUND ON OPTIMUM: 2353.043

FLIP W1 TO >= 1 AT 4 WITH BND= 2353.0430

NEW INTEGER SOLUTION OF 2353.04297 AT BRANCH 4 PIVOT 205

BOUND ON OPTIMUM: 2353.043

DELETE W1 AT LEVEL 4

DELETE W3 AT LEVEL 3

DELETE W4 AT LEVEL 2

DELETE W2 AT LEVEL 1

ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 4 PIVOTS= 205

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND

RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 2353.043

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
W1	1.000000	0.000000
W2	1.000000	0.000000
W3	1.000000	0.000000
W4	1.000000	0.000000

Ek – 2. (devam) 1. Senaryo için çözüm

X1	30.868961	0.000000
X2	17.028563	0.000000
X3	12.826970	0.000000
X4	66.640450	0.000000
X11	308.689606	0.000000
X21	204.342743	0.000000
X31	128.269699	0.000000
X41	466.483154	0.000000
X12	293.255127	0.000000
X22	183.908463	0.000000
X32	121.856216	0.000000
X42	452.488678	0.000000
X13	284.457489	0.000000
X23	165.517624	0.000000
X33	115.763405	0.000000
X43	429.864227	0.000000
X14	227.565979	0.000000
X24	153.931381	0.000000
X34	98.398895	0.000000
X45	343.891388	0.000000
X15	204.809387	0.000000
X25	138.538254	0.000000
X35	88.559006	0.000000
X16	204.809387	0.000000
X26	138.538254	0.000000
X36	88.559006	0.000000
X46	343.891388	0.000000
X17	32.509426	0.000000
X27	17.922153	0.000000
X37	13.499848	0.000000
X47	70.181915	0.000000
X18	30.883955	0.000000

Ek – 2. (devam) 1. Senaryo için çözüm

X28	17.026047	0.000000
X38	12.824856	0.000000
X48	66.672821	0.000000
P12	0.109971	0.000000
P13	0.071114	0.000000
P14	0.056891	0.000000
P15	0.512023	0.000000
P17	0.093465	0.000000
P22	0.045977	0.000000
P23	0.517243	0.000000
P24	0.038483	0.000000
P25	0.398297	0.000000
P27	0.056007	0.000000
P32	0.060928	0.000000
P33	0.463054	0.000000
P34	0.036900	0.000000
P35	0.298887	0.000000
P37	0.038812	0.000000
P42	0.226244	0.000000
P43	0.429864	0.000000
P45	0.343891	0.000000
P47	0.307046	0.000000
X44	0.000000	0.000000
P44	0.000000	0.000000
E12	0.000000	0.000000
G12	0.879765	0.000000
E13	0.879765	0.000000
G13	1.448680	0.000000
E14	1.448680	0.000000
G14	1.903812	0.000000
E15	1.903812	0.000000
G15	6.000000	0.000000

Ek – 2. (devam) 1. Senaryo için çözüm

E22	0.000000	0.000000
G22	0.367817	0.000000
E23	0.367817	0.000000
G23	4.505757	0.000000
E24	4.505757	0.000000
G24	4.813620	0.000000
E25	4.813620	0.000000
G25	8.000000	0.000000
E32	0.000000	0.000000
G32	0.609281	0.000000
E33	0.609281	0.000000
G33	4.313710	0.000000
E34	4.313710	0.000000
G34	4.608907	0.000000
E35	4.608907	0.000000
G35	7.000000	0.000000
E42	0.000000	0.000000
G42	1.809955	0.000000
E43	1.809955	0.000000
G43	5.248869	0.000000
E45	5.248869	0.000000
G45	8.000000	0.000000

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ERTEKİN AKTAŞ, Yasemin
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 18.08.1989, Ankara
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (554) 786 78 84
e-mail : yaseminertekin07@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	2011
Lise	Nermin Mehmet Çekiç Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012-Halen	Taze Kuru Gıda A.Ş.	Planlama Direktörü

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Seyahat, Spor



GAZİ GELECEKTİR..