

ISSN: 2146-3042

DOI: 10.25095/mufad.801058

## Bir Üretim İşletmesinde Tamsayılı Programlama ile Ürün Karması Kararı: Faaliyete Dayalı Maliyet Sistemi ve Kısıtlar Teorisi Uygulaması\*

Elif N. DEMİRCİOĞLU\*\*

Mert DEMİRCİOĞLU\*\*\*

Nihat KÜÇÜKSAVAŞ\*\*\*\*

### ÖZET

Ürün karması kararları işletme kârlılığının artırılmasında oldukça büyük önem taşımaktadır ancak geleneksel yöntemler en uygun ürün karması belirlemede yetersiz kalabilmektedir. Bu amaçla yeni geliştirilen teknikler daha kârlı sonuçlar sağlayabilmektedir. Bu çalışmada çağdaş yöntemlerden Faaliyete Dayalı Maliyet Sistemi (FDM) ve Kısıtlar Teorisinin (KT) birlikte kullanılmasıyla belirlenen ürün karması ile daha yüksek kârlar elde edilebileceği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda bu çalışmanın amacı işletmelerin kârlılıklarını arttırabilmek için ürün karması kararlarının önemini vurgulayarak, doğru ürün karması kararları alabilmede geleneksel yöntemler yerine, kısıtlar teorisi ve faaliyete dayalı maliyet sisteminin birlikte kullanılmasının önemini ortaya koymaktır. Bu çerçevede bir üretim işletmesinde tanımlayıcı ve keşifsel olay çalışmaları olmak üzere iki tür olay çalışması yapılmıştır. Tanımlayıcı olay çalışması ile işletmenin mevcut üretim ve maliyet sistemi ortaya konulmuş, keşifsel olay çalışması ile de kısıtlar teorisi ve faaliyete dayalı maliyet sisteminin birlikte kullanılmasıyla belirlenecek ürün karmasının işletme kârlılığını ne ölçüde etkilediği ortaya konulmuştur. Tamsayılı programlamadan yararlanılarak yapılan analizlerde ve çözümlenmelerde MATLAB ve WINQSB programları kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ürün Karması, Tamsayılı Programlama, Geleneksel Tam Maliyet Sistemi, Faaliyete Dayalı Maliyet Sistemi, Kısıtlar Teorisi.

**JEL Sınıflandırması:** M40, M41

### *Product Mix Decision by Using Integer Programming in a Manufacturing Company: Activity Based Costing and Theory of Constraints Application*

#### ABSTRACT

Product mix decisions are very important to increase the profitability of companies but traditional methods are inadequate in these decisions. Contemporary techniques which have been developed for this purpose can create more profitable solutions. In this study, activity based costing and theory of constraints were integrated in product mix decisions to determine companies whether to acquire higher profits. Accordingly, the aim of this study is to emphasize the importance of the optimal product mix decisions to increase companies' profit and expose the importance of integrating activity based costing and theory of constraints in making rational and profitable product mix decisions. For this purpose, descriptive and exploratory case studies were applied in a manufacturing company. First, existing production and cost systems of the selected company were defined by a descriptive case study; and then by applying an exploratory case study, it was showed that how profitability of the company was affected by the product mix which is determined through the integration of theory of constraints and activity based costing. By means of integer programming, MATLAB and WINQSB are used to solve the problems.

**Keywords:** Product Mix, Integer Programming, Traditional Absorption Costing, Activity Based Costing, Theory Of Constraints.

**Jel Classification:** M40, M41

\* **Makale Geliş Tarihi :** 25.12.2019, **Makale Kabul Tarihi:** 27.2.2020, **Makale Türü:** Örnek Olay Çalışması  
Çalışma Elif N. Ünal (Demircioğlu)'nun 2006 yılında Çukurova Üniversitesi SBE'ne sunulan doktora tezinden hazırlanmıştır.

\*\* Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, elunal@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9711-2081.

\*\*\* Dr. Öğr. Üyesi, Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, mdemircioglu@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2287-2067.

\*\*\*\* Prof. Dr., Beykent Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, nihatkucuksavas@beykent.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6243-7465.

## 1. GİRİŞ

Ürün karması kararları işletmelerin kârlılıklarını arttırmada oldukça önemli olmaktadır zira kapasite kısıtı söz konusu iken mevcut kapasiteleri ile taleplerin tamamını karşılamak mümkün olamayacağından, işletmelerin aldıkları ürün karması kararları, kârlılıklarının belirleyicisi olmaktadır. Dolayısıyla işletmeler, kârlarını en yüksek kılacak ürün karması belirlemelidirler. Geleneksel yöntemlerden tam maliyet sisteminde ürünlerle ilgili alınacak kararlarda esas olarak birim başına kârlar dikkate alınmakta, değişken maliyet sisteminde ise birim katkılar esas alınmaktadır (Küçüksavaş, 1992:100; Blackstone, 2001:1060). Ancak geleneksel yöntemler bu konuda yetersiz kalabildiğinden yeni yöntemlere ihtiyaç doğmaktadır (Alsmadi, Almani ve Khan, 2014:907).

Bu yeni yöntemlerden Kısıtlar Teorisi (KT) ile ürün karması belirlenirken hammadde maliyetleri tek değişken maliyet olarak dikkate alınmakta, işçilik ve GÜM işletmenin etkilemediği kaynaklar olarak sabit maliyet varsayılmakta ve toplam kapasite dikkate alınmaktadır (Kee, 1995:50; Kee ve Schmidt, 2000:3; Fu, 2000:70, Tsai, Chena, Leua ve Changa, 2013:179). Bu doğrultuda, süreç katkısı (throughput), satış gelirlerinden hammadde maliyetlerinin çıkarılması sonucu elde edilmekte ve dolayısıyla ürün karması ile ilgili alınacak kararlarda, kısıtlı kaynakta kapasite birimi başına süreç katkısı dikkate alınmaktadır (Goldratt ve Fox, 1986:28; Louderback ve Patterson, 1996:190; Izmailov, 2014:925). KT'nin kısa vadeli bakış açısına sahip olması uzun vadeli stratejik karar almadaki faydasını azaltmaktadır (Kee, 1995:50-51; MacArthur, 1993:52-53). Faaliyete Dayalı Maliyet Sistemi (FDM) ile ise faaliyetler, ürünler ve maliyetler arasındaki neden-sonuç ilişkisi ortaya konulduğundan uzun vadeli kararlar için faydalı bilgiler sağlanmaktadır (Perkins, Stewart ve Stoval, 2002:2). Zira FDM ile kaynak maliyetleri maliyet objelerine iki aşamalı dağıtım süreci ile dağıtılmakta olup, birinci aşamada kaynak maliyetleri, kaynak taşıyıcıları ile faaliyet maliyeti havuzlarına, ikinci aşamada ise faaliyet taşıyıcıları ile faaliyet maliyeti havuzlarından maliyet objelerine kullanımlarına göre dağıtılmaktadır (Tsai ve diğerleri, 2013:179; Huang, Chen, Chiu ve Chen, 2014:534). Bu sayede FDM ile genel üretim giderlerinin ürünlere geleneksel yöntemlere göre daha doğru dağıtımını sağlanmakta ve dolayısıyla daha doğru kararlar alınabilmektedir (Tsai ve diğerleri, 2013:179). Ayrıca FDM faaliyet haritası (activity mapping) ile işletmede kaynaklar arasındaki ilişkiler tespit edilmekte, bu da yönetime kısıtların nerede olduğu konusunda yardımcı olmaktadır (Salafatinos, 1995:59). Kısaca FDM ile faaliyetler detaylı olarak analiz edildiğinden, katma değer yaratan ve katma değer yaratmayan faaliyetler tespit edilebilmekte, bu sayede darboğazlar tespit edilebileceği için KT uygulamasını kolaylaştırmaktadır (Tsai ve diğerleri, 2013:179; Tanış, 1999:153, Massood, 1995:39). Ancak FDM bu kısıtların belirlenip ortadan kaldırılması ve bu kısıtları üretimle ilgili kararlarda dikkate alma konusunda yeterli olamamaktadır (Kee, 1995:50; Kee ve Schmidt, 2000:3; Tsai ve diğerleri, 2013:178, Massood, 1995:39). Bu problem, KT kullanılarak giderilebilmektedir, zira KT'de bir sistemin başarısını (kârlılığını) kısıtlar belirlemekte ve bu kısıtların belirlenip ortadan kaldırılması ile işletme kârlılığı artırılabilir (Alsmadi ve diğerleri, 2014; Huang ve diğerleri, 2014:534). Özetle, KT ile işletmenin kısa vadeli kârlılığının artması sağlanmakta olup, bu problem FDM ile giderilebilmektedir, zira FDM'de amaç uzun vadeli kârlılığı arttırmaktır (Alsmadi ve diğerleri, 2014:910; Kee, 1995; Huang ve diğerleri, 2014). FDM'de ürün karması kararı alınırken kullanılan kaynak kapasitesi dikkate alınmakta, KT'de ise toplam kapasite dikkate alınmaktadır (Kee, 1995:50-51). Yani FDM'e göre hammadde maliyetleri dışındaki maliyetler (işçilik ve GÜM) kontrol edilebilir maliyetler olarak dikkate alınırken, KT'e göre

bu maliyetlerin hepsi kontrol edilemeyen sabit maliyetler olarak dikkate alınmaktadır (Kee, 1995:50-51). Her iki yöntemin en uygun ürün karması belirlemek üzere birlikte kullanılmasında ise bu maliyetlerin bir kısmının kontrol edilebilir, bir kısmının ise kontrol edilemeyen maliyetler olarak dikkate alınması sözkonusudur ki bu şekilde belirlenen ürün karması ile daha yüksek kârlar elde edilebilmektedir (Kee ve Schmidt, 2000:3).

Özetle FDM ve KT birbirine zıt alternatifler olarak algılanmaktadır ancak bu iki yöntem aslında birbirlerine zıt değil birbirlerinin tamamlayıcısı olabilmektedir (Alsmadi ve diğerleri, 2014:912; MacArthur, 1993:52-53; Huang ve diğerleri, 2014:535). Her iki yöntemin birlikte kullanılması ile işletmelerin daha doğru ürün karması kararları alabilmeleri ve dolayısıyla kârlılıklarını arttırması sağlanabilmektedir (Alsmadi ve diğerleri, 2014:917-918; Huang ve diğerleri, 2014:533). Zira her iki yöntem de ayrı ayrı avantaj ve dezavantajlara sahip olup, her ikisinin birbirinin eksik yönlerini tamamlayarak birlikte kullanılması ile işletme kârının daha yüksek olmasını sağlayacak ürün karması belirlenebilmektedir (Alsmadi ve diğerleri, 2014:917-918; Huang ve diğerleri, 2014:533). Bunun yanında son yıllarda zamana dayalı faaliyete dayalı maliyet sisteminin optimal ürün karması kararlarında kullanımına ilişkin çalışmalar da yapılmıştır. Bu doğrultuda Zheng-Yun Zhuang ve Shu-Chin Chang (2017:959-974) yaptıkları çalışmada, kısıtlar teorisi, faaliyete dayalı maliyet sistemi ve zamana dayalı faaliyete dayalı maliyet sistemlerini açıklamış ve bu yöntemlere göre karma tamsayılı programlama ile modeller kurarak çözümlenmeler yapmış ve en yüksek kârlılığın zamana dayalı faaliyete dayalı maliyet sistemi ile elde edilebileceğini göstermiştir. Wen-Hsien Tsai 1, Jui-Chu Chang, Chu-Lun Hsieh, Tsen-Shu Tsaur ve Chung-Wei Wang (2016:1-22) yaptıkları çalışmada aynı şekilde kısıtlar teorisi, faaliyete dayalı maliyet sistemi ve zamana dayalı faaliyete dayalı maliyet sistemini optimal çevreye duyarlı ürün karması belirlemede karşılaştırmış, karma tamsayılı programlama ile model geliştirerek çözümlenmiş ve en yüksek kârlılığın zamana dayalı faaliyete dayalı maliyet sistemi ile elde edilebileceğini tespit etmişlerdir.

## **2. OLAY ÇALIŞMASI YÖNTEMİ İLE UYGULAMA**

Araştırmada izlenen yöntem, olay çalışması (case study) yöntemidir. Olay çalışması yöntemi, belirli bir olay veya durumun (kişi, işletme vs.) derinlemesine incelenmesi olarak tanımlanmakta olup, "nasıl" veya "niçin" sorularının sorulduğu, araştırmacının olaylar üzerinde kontrolünün olmadığı ve güncel olayların incelendiği durumda uygun olan bir araştırma yöntemidir (Macpherson, Unitoker ve Ainsword, 2000:52; Yin, 1994:6). Araştırma yöntemi olarak olay çalışmasının seçilmesinin nedeni, bu şekilde elde edilecek verilerin diğer yöntemlere oranla daha derin, detaylı ve güvenilir veriler sağlamasıdır. Araştırmanın amacı FDM ve KT'nin birlikte kullanılması yoluyla en uygun ürün karmasının belirlenmesi ve bunun işletme kârlılığına etkisini ortaya koymaktır. Bu kapsamda ürün karması belirlemede üretim süreci dikkatli bir şekilde incelenmeli ve süreçteki darboğazlar tespit edilmelidir. Ayrıca ürün karması belirlemede ürünlerle ilgili maliyet bilgilerini doğru bir şekilde tespit etmek gerekmektedir. Bu yüzden araştırma için en uygun yöntem olay çalışması yöntemi olmaktadır. Araştırmada elde edilen verilerin analiz edilmesinde tamsayılı programlamadan yararlanılmıştır. Tamsayılı programlama, karar değişkenlerinin tümünün ya da bir kısmının tamsayı değerler almak zorunda olduğu, doğrusal programlamanın bir uzantısıdır (Ulucan, 2004:211). Tamsayılı programlama, saf tamsayılı programlama, ikili (0-1) tamsayılı programlama ve karma tamsayılı programlama olarak üçe ayrılmaktadır (Hillier ve Lieberman, 1995:494; Render, Stair, Hanna ve Hale, 2018:376). Bu araştırmada saf tamsayılı

programlamadan yararlanılmış olup, saf tamsayı programlamada tüm değişkenlerin tamsayı değer alması gerekmektedir (Hillier ve Lieberman, 1995:494; Render, Stair, Hanna ve Hale, 2018:376). Analiz için tamsayı programlanmadan faydalanmanın nedeni araştırmanın konusunun ve amacının bu programlamayı gerektirmesidir. Tamsayı programlama doğrusal programlamanın bir uzantısı olduğundan öncelikle neden doğrusal programlamadan faydalanacağı sorusunu yanıtlamak gerekir ki bunun nedeni değişkenlerin doğrusal (lineer) olmasıdır. İncelenen işletmenin üretim konusu gıda ambalaj ürünleri olup, bu ürünler için (bardak, tabak ve bardak kapağı) ürün karması belirlenmiş, bunun için bütün değişkenler tamsayı olacağı için saf tamsayı programlamadan yararlanılmıştır. Modellerin çözümünde neden bilgisayar programlarından yararlanacağı sorusunun cevabı ise, karar değişkenlerinin ve kısıt sayısının çok fazla olmasıdır. Çözümlemede çözüm algoritması en uygun olan doğrusal programlama yazılımlarından MATLAB ve WINQSB programları kullanılmıştır.

Bu çalışmada işletmelerin kârlılıklarını arttırabilmelerinde ürün karması kararlarının önemini göstermek üzere, doğru ürün karması kararları alabilmede geleneksel yöntemler yerine, KT ile FDM'nin birlikte kullanımının işletmenin faaliyet sonucuna etkisini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu kapsamda Adana ilinde faaliyet gösteren bir üretim işletmesinde gerçekleştirilen örnek olay (vaka) çalışması ile şu araştırma sorularına cevap aranmıştır;

1. İşletmenin üretim sürecinde kısıtın var olup olmadığı,
2. İşletmenin ürün karması kararlarını geleneksel yöntemlere göre belirleyip belirlemedikleri,
3. FDM, KT ve her iki yöntemin birlikte kullanılması ile belirlenen ürün karmasının geleneksel yöntemlere göre belirlenen ürün karmasından daha kârlı sonuçlar yaratıp yaratmadığı.

Araştırma sorularını cevaplandırmak üzere, bir holding bünyesinde Adana'da faaliyet gösteren, üretim konusu gıda ambalaj ürünleri olan bir işletmede tanımlayıcı (descriptive) ve keşifsel (exploratory) olay çalışması olmak üzere iki tür olay çalışması yapılmıştır. Tanımlayıcı olay çalışması ile işletmenin mevcut ürün karması karar alma yöntemleri incelenmiş ve mevcut kârlılık sonuçları ortaya konulmuştur. Keşifsel olay çalışması ile de, öncelikle FDM ve KT ile ayrı ayrı ürün karmaları belirlenmiş, ardından her iki yöntem birlikte kullanılarak ürün karması belirlenmiştir. Sonuç olarak herbirinin faaliyet sonucuna etkisi ortaya konularak mevcut yöntem sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

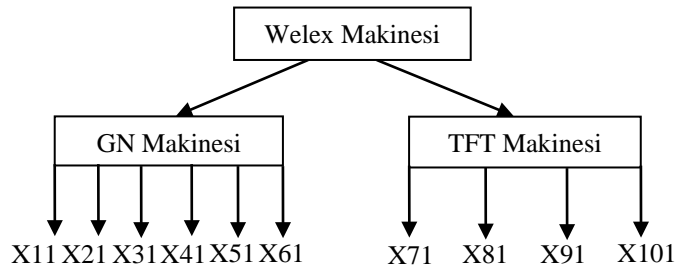
## **2.1. İşletmenin Üretim ve Maliyet Sistemi**

İşletmenin ürünleri; çatı ve cephe kaplamaları, yalıtım ürünleri, strofor (EPS) ambalaj ürünleri, dekoratif ürünler, güvenlik bariyeri, gıda ambalaj ürünlerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada gıda ambalaj ürünleri üreten fabrikada inceleme yapılmış olup, bu ürün grubunda; EPS bardaklar, EPS kâseler, EPS kaplar, plastik bardaklar, özel bardaklar, delikli pet kaplar, sızdırmaz pet kaplar, şarküteri kapları, plastik tabaklar, kapaklar ve viyoller, kutular, kartonpiyer, asma tavan ürünleri yer almaktadır. Bu ürünler içerisinde araştırma konusu olarak plastik bardaklar, plastik tabaklar ve kapaklar alınmıştır. Zira diğer ürünler ayrı makinelerde üretildiği ve kısıt yaratmadığı için ürün karması seçiminde dikkate alınmamıştır. Araştırmada incelenen ürünler aşağıdaki gibi nitelendirilmiştir;

Tablo 1. İşletmenin Ürünleri

ÜRÜNLER			
GN PS f 73,5 Bardak Kapağı	(X11),	GN PS f 205 Piknik Tabağı	(X61),
GN PS f 80 Bardak Kapağı	(X21),	TFT PS 80 ml. Bardak	(X71),
GN PS f 80 Bardak Kapağı Kros	(X31),	TFT PS 160 ml. Kahverengi Bardak	(X81),
GN PS f 89,5 Bardak Kapağı Kros	(X41),	TFT PP 180 ml. Beyaz Bardak	(X91),
GN PS f 160 Piknik Tabağı	(X51),	TFT PP 300 ml. Desenli Bardak	(X101).

Plastik hammadde Welex makinesinde eritilerek levha haline getirilmektedir. Daha sonra bu levhalar GN ve TFT makinelerinde kalıp basma yoluyla işlenerek plastik tabak, bardak kapağı ve bardak ürünleri oluşturulmaktadır. Ürünlerin üretim süreci aşağıda Şekil 1’de gösterilmiştir:



Şekil 1. Ürünlerin Üretim Süreci

İncelenen 10 ürüne ve yarı mamule ilişkin maliyet bilgileri aşağıdaki tablolarda verilmiştir:

Tablo 2. GN Makinesi Ürünleri Maliyet Tablosu

GN 3021 Makine: PS f 73,5 Bardak Kapağı Maliyeti (X11 ürünü)			
Günlük üretim	373 kg/gün	1,15 gr/birim	
Çalışılan gün	2,68 gün	15 kalıp göz adedi	
Aylık üretim	1,000 kg/ay	15 çevrim/dk	
Hammadde maliyeti	2,21 TL/kg	15,53 saatlik üretim	
	Pers. Sayısı	Aylık maliyet(TL)	Maliyet (TL/kg)
1-Değişken giderler toplamı	12	14.657,17	4,31
2-Sabit giderler toplamı	56	148.460,96	0,57
GN 3021 Makine: PS f 80 Bardak Kapağı Maliyeti (X21 Ürünü)			
Günlük üretim	421 kg/gün	1,30 gr/birim	
Çalışılan gün	2,37 gün	15 kalıp göz adedi	
Aylık üretim	1,000 kg/ay	15 çevrim/dk	
Hammadde maliyeti	2,21 TL/kg	17,55 saatlik üretim	
	Pers. Sayısı	Aylık maliyet(TL)	Maliyet (TL/kg)
1-Değişken giderler toplamı	12	14.660,51	4,31
2-Sabit giderler toplamı	56	148.460,96	0,57
GN 3021 Makine: PS f 80 Bardak Kapağı Kros Maliyeti (X31 Ürünü)			
Günlük üretim	358 kg/gün	1,30 gr/birim	
Çalışılan gün	2,79 gün	15 kalıp göz adedi	
Aylık üretim	1,000 kg/ay	15 çevrim/dk	
Hammadde maliyeti	2,21 TL/kg	14,92 saatlik üretim	
	Pers. Sayısı	Aylık maliyet(TL)	Maliyet (TL/kg)
1-Değişken giderler toplamı	12	14.731,63	4,38
2-Sabit giderler toplamı	56	148.460,96	0,57
GN 3021 Makine: PS f 89,5 Bardak Kapağı Kros (X41 Ürünü)			
Günlük üretim	518 kg/gün	1,60 gr/birim	
Çalışılan gün	1,93 gün	15 kalıp göz adedi	

Aylık üretim	1,000 kg/ay	15 çevrim/dk	
Hammadde maliyeti	2,21 TL/kg	22 saatlik üretim	
1-Değişken giderler toplamı	Pers. Sayısı 12	Aylık maliyet(TL) 14.658,37	Maliyet (TL/kg) 4,31
2-Sabit giderler toplamı	56	148.460,96	0,57
<b>GN 3021 Makine: PS f 160 Piknik Tabacağı Maliyeti (X51 Ürünü)</b>			
Günlük üretim	655 kg/gün	3,50 gr/birim	
Çalışılan gün	2,29 gün	10 kalıp göz adedi	
Aylık üretim	1,500 kg/ay	13 çevrim/dk	
Hammadde maliyeti	2,21 TL/kg	27,30 saatlik üretim	
1-Değişken giderler toplamı	Pers. Sayısı 12	Aylık maliyet(TL) 15.905,46	Maliyet (TL/kg) 3,99
2-Sabit giderler toplamı	56	148.460,96	0,61
<b>GN 3021 Makine: PS f 205 Piknik Tabacağı Maliyeti (X61 Ürünü)</b>			
Günlük üretim	618 kg/gün	5,50 gr/birim	
Çalışılan gün	2 gün	6 kalıp göz adedi	
Aylık üretim	1,500 kg/ay	13 çevrim/dk	
Hammadde maliyeti	2,21 TL/kg	25,74 saatlik üretim	
1-Değişken giderler toplamı	Pers. Sayısı 12	Aylık maliyet(TL) 15.795,80	Maliyet (TL/kg) 3,91
2-Sabit giderler toplamı	56	148.460,96	0,61

Tablo 3. TFT Makinesi Ürünleri Maliyet Tablosu

<b>TFT Makine: PS 80 ml. Bardak Maliyeti (X71 Ürünü)</b>			
Günlük üretim	259 kg/gün	1,80 gr/birim	
Çalışılan gün	4,82 gün	8 kalıp göz adedi	
Aylık üretim	1.250 kg/ay	25 çevrim/dk	
1-Değişken giderler toplamı	Pers. Sayısı 6	Aylık maliyet(TL) 9.459,58	Maliyet (TL/kg) 3,12
2-Sabit giderler toplamı	56	149.462,76	0,43
<b>TFT Makine: PS 160 ml. Kahverengi Vending Bardak Maliyeti (X81 Ürünü)</b>			
Günlük üretim	1.063 kg/gün	4,10 gr/birim	
Çalışılan gün	0,94 gün	12 kalıp göz adedi	
Aylık üretim	1.000 kg/ay	15 çevrim/dk	
1-Değişken giderler toplamı	Pers. Sayısı 6	Aylık maliyet(TL) 6.782,39	Maliyet (TL/kg) 1,17
2-Sabit giderler toplamı	56	149.462,76	0,46
<b>TFT Makine: PP 180 ml. Beyaz Bardak Maliyeti (X91 Ürünü)</b>			
Günlük üretim	553 kg/gün	2 gr/birim	
Çalışılan gün	15,19 gün	12 kalıp göz adedi	
Aylık üretim	16.800 kg/ay	16 çevrim/dk	
1-Değişken giderler toplamı	Pers. Sayısı 6	Aylık maliyet(TL) 50.958,03	Maliyet (TL/kg) 2,96
2-Sabit giderler toplamı	56	149.462,76	0,46
<b>TFT Makine: PP 300 ml Desenli Bardak Maliyeti (X101 Ürünü)</b>			
Günlük üretim	292 kg/gün	4,50 gr/birim	
Çalışılan gün	3,43 gün	5 kalıp göz adedi	
Aylık üretim	1.000 kg/ay	9 çevrim/dk	
1-Değişken giderler toplamı	Pers. Sayısı 6	Aylık maliyet(TL) 8.799,10	Maliyet (TL/kg) 3,18
2-Sabit giderler toplamı	56	149.462,76	0,46

**Tablo 4.** Welex Makinesi Levha Maliyet Tablosu

<b>Weleks Makine: PS Levha Maliyeti (Bardak+Tabak İçin)</b>			
Günlük üretim	5.000 kg/gün		
Çalışılan gün	21 gün		
Aylık üretim	102,500 kg/ay		
	Pers. Sayısı	Aylık maliyet (TL)	Maliyet (TL/kg)
1-Değişken giderler toplamı	7	220.533,06	2,15
2-Sabit giderler toplamı	56	178.267,08	0,06

Ürünlere ilişkin değişken ve sabit maliyetler dikkate alınarak tam maliyet sistemine göre belirlenen ürün kârları Tablo 5 ve 6'da gösterilmiştir.

**Tablo 5.** GN Makinesi Ürünleri Birim Kâr/Zarar Tablosu

(TL/1.000birim)	(X11)	(X21)	(X31)	(X41)	(X51)	(X61)
<b>Bir ürün ağırlığı</b>	<b>1,15 gr</b>	<b>1,30 gr</b>	<b>1,30 gr</b>	<b>1,60 gr</b>	<b>3,50 gr</b>	<b>5,50 gr</b>
<b>1.Değişken gid.</b>	<b>5,12 TL</b>	<b>5,79 TL</b>	<b>5,89 TL</b>	<b>7,13 TL</b>	<b>14,45 TL</b>	<b>22,30 TL</b>
Hammadde mal	2,67 TL	3,02 TL	3,02 TL	3,72 TL	8,13 TL	12,78 TL
Enerji	0,47 TL	0,47 TL	0,56 TL	0,47 TL	0,82 TL	1,36 TL
Poşet	0,12 TL	0,12 TL	0,12 TL	0,14 TL	0,21 TL	0,21 TL
Kutu	0,17 TL	0,20 TL	0,20 TL	0,30 TL	0,62 TL	0,62 TL
Nakliye	0,22 TL	0,26 TL	0,26 TL	0,40 TL	0,31 TL	0,49 TL
İşletme malz.	0,29 TL	0,33 TL	0,33 TL	0,41 TL	0,89 TL	1,40 TL
Bayi primi	0,15 TL	0,22 TL	0,23 TL	0,25 TL	0,34 TL	0,51 TL
Reklam fuar gid	0,03 TL	0,03 TL	0,03 TL	0,04 TL	0,09 TL	0,14 TL
Satıcı primi	0,00 TL	0,01 TL	0,01 TL	0,01 TL	0,01 TL	0,02 TL
Direkt işçilik	0,99 TL	0,12 TL	1,12 TL	1,38 TL	3,03 TL	4,76 TL
<b>2.Sabit gid. top</b>	<b>0,66 TL</b>	<b>0,75 TL</b>	<b>0,75 TL</b>	<b>0,92 TL</b>	<b>2,16 TL</b>	<b>3,40 TL</b>
Ücret giderleri	0,12 TL	0,13 TL	0,13 TL	0,16 TL	0,38 TL	0,59 TL
Ücret dışı gid.	0,07 TL	0,08 TL	0,08 TL	0,09 TL	0,33 TL	0,52 TL
Amortisman	0,45 TL	0,51 TL	0,51 TL	0,63 TL	1,37 TL	2,15 TL
Kur farkı+ faiz	0,03 TL	0,03 TL	0,03 TL	0,04 TL	0,09 TL	0,14 TL
<b>Toplam maliyet</b>	<b>5,78 TL</b>	<b>6,54 TL</b>	<b>6,64 TL</b>	<b>8,05 TL</b>	<b>16,61 TL</b>	<b>25,70 TL</b>
<b>Liste fiyatı</b>	<b>7,45 TL</b>	<b>11,11 TL</b>	<b>11,65 TL</b>	<b>12,50 TL</b>	<b>16,75 TL</b>	<b>25,55 TL</b>
<b>Kâr/zarar</b>	<b>1,67 TL</b>	<b>4,57 TL</b>	<b>5,01 TL</b>	<b>4,45 TL</b>	<b>0,14 TL</b>	<b>-0,15 TL</b>

**Tablo 6.** TFT Makinesi Ürünleri Birim Kâr/Zarar Tablosu

(TL/1.000 birim)	(X71)	(X81)	(X91)	(X101)
<b>Bir ürün ağırlığı</b>	<b>1,80 gr</b>	<b>4,10 gr</b>	<b>2,00 gr</b>	<b>4,50 gr</b>
<b>1-Değişken gid.top.</b>	<b>6 TL</b>	<b>5 TL</b>	<b>6,15 TL</b>	<b>14 TL</b>
Hammadde maliyeti	4,18 TL	1,34 TL	3,84 TL	8,64 TL
Enerji	0,42 TL	0,47 TL	0,44 TL	1,89 TL
Poşet	0,13 TL	0,15 TL	0,15 TL	0,21 TL
Kutu	0,13 TL	0,17 TL	0,20 TL	0,41 TL
Nakliye	0,27 TL	0,43 TL	0,34 TL	0,80 TL
İşletme malzemesi	0,37 TL	0,84 TL	0,41 TL	0,92 TL
Bayi primi	0,14 TL	0,32 TL	0,15 TL	0,27 TL
Reklam+fuar kat.gid.	0,05 TL	0,11 TL	0,05 TL	0,27 TL
Satıcı primi	0,01 TL	0,01 TL	0,01 TL	0,27 TL
Direkt işçilik	0,46 TL	1,05 TL	0,56 TL	0,00 TL
<b>2-Sabit gid.top.</b>	<b>1 TL</b>	<b>1,91 TL</b>	<b>0,93 TL</b>	<b>2,09 TL</b>
Ücret giderleri	0,21 TL	0,50 TL	0,24 TL	0,54 TL

Ücret dışı gid.	0,10 TL	0,34 TL	0,17 TL	0,38 TL
Amortisman	0,42 TL	0,95 TL	0,46 TL	1,04 TL
Kur farkı ve faiz	0,05 TL	0,12 TL	0,06 TL	0,13 TL
<b>Toplam maliyet</b>	<b>6,94 TL</b>	<b>6,78 TL</b>	<b>7,08 TL</b>	<b>15,77 TL</b>
<b>Satış fiyatı</b>	<b>9,60 TL</b>	<b>11,95 TL</b>	<b>7,69 TL</b>	<b>18,20 TL</b>
<b>Kâr/zarar</b>	<b>2,66 TL</b>	<b>5,17 TL</b>	<b>0,61 TL</b>	<b>2,43 TL</b>

## 2.2. Verilerin Analizi

İşletmede yapılan araştırmada, işletmenin üretim sürecinde kısıtın varolup olmadığı araştırma sorusuna (birinci araştırma sorusu) cevap vermek üzere kaynak yükü analizi yapılmıştır. Kaynak yükü analizi çerçevesinde, kaynakların mevcut kapasitesi ile talepleri karşılayabilmek için gereken kapasitelerini karşılaştırmak ve kapasite kullanım oranlarını tespit etmek suretiyle kısıtlar aşağıda tespit edilmiştir.

**PS f 73,5 Bardak kapağı (X11 Ürünü):** Aylık talep 1.500 - 2.500 kg.

Şayet 2.500 kg ise, 1 birim bardak kapağı = 1,15 gr olduğundan

2.500.000 gr talep = (2.500.000 gr ÷ 1,15 gr) 2.173.913 birim bardak kapağı aylık talep söz konusu demektir. Kapasite (Makine sadece bu ürünü üretiyorsa) = 15 birim/çevrim x 15 çevrim/dk = 225 birim/dk

Aylık üretim miktarı = 225 birim/dk x 60 dk/saat x 24 saat /gün x 30 gün/ay = 9.720.000 birimdir.

Kapasite kullanım oranı = Aylık talep ÷ Aylık üretim = 2.173.913 birim ÷ 9.720.000 birim = % 22,365

0,22365 x 30 gün/ay = 6,7095 gün/ay (talebi karşılamak için ayda çalışılması gereken gün sayısı)

**PS f 80 Bardak kapağı (X21 Ürünü):** Aylık talep 1.000 - 2.500 kg.

Şayet 2.500 kg ise, 1 birim bardak kapağı = 1,3 gr olduğundan

2.500.000 gr talep = (2.500.000 gr ÷ 1,3 gr) 1.923.076 birim bardak kapağı aylık talep söz konusu demektir.

Kapasite (Makine sadece bu ürünü üretiyorsa) = 15 birim/çevrim x 15 çevrim/dk = 225 birim/dk

Aylık üretim miktarı = 225 birim/dk x 60 dk/ saat x 24 saat /gün x 30 gün/ay = 9.720.000 birim

Kapasite kullanım oranı = Aylık talep ÷ Aylık üretim = 1.923.076 birim ÷ 9.720.000 birim = % 19,785

0,19785 x 30 gün/ay = 5,9354 gün/ay (talebi karşılamak için ayda çalışılması gereken gün sayısı)

**PS f 80 Bardak kapağı kros (X31 Ürünü):** Aylık talep 1.000 – 1.800 kg.

Şayet 1.800 kg ise, 1 birim bardak kapağı = 1,3 gr olduğundan

1.800.000 gr talep = (1.800.000 gr ÷ 1,3 gr) 1.384.615 birim bardak kapağı aylık talep söz konusu demektir.

Kapasite (Makine sadece bu ürünü üretiyorsa) = 15 birim/çevrim x 15 çevrim/dk = 225 birim/dk

Aylık üretim miktarı = 225 birim/dk x 60 dk/ saat x 24 saat /gün x 30 gün/ay = 9.720.000 birim



Kapasite kullanım oranı = Aylık talep ÷ Aylık üretim = 1.384.615 birim ÷ 9.720.000 birim = % 14,245

0,14245 x 30 gün/ay = 4,2735 gün/ay (talebi karşılamak için ayda çalışılması gereken gün sayısı)

**PS f 89,5 Bardak kapağı kros (X41 Ürünü):** Aylık talep 1.800 – 2.000 kg.

Şayet 2.000 kg ise, 1 birim bardak kapağı = 1,6 gr olduğundan

2.000.000 gr talep = (2.000.000 gr ÷ 1,6 gr) 1.812.500 birim bardak kapağı aylık talep söz konusu demektir.

Kapasite (Makine sadece bu ürünü üretiyorsa) = 15 birim/çevrim x 15 çevrim/dk = 225 birim/dk

Aylık üretim miktarı = 225 birim/dk x 60 dk/ saat x 24 saat /gün x 30 gün/ay = 9.720.000 birim

Kapasite kullanım oranı = Aylık talep ÷ Aylık üretim = 1.812.500 birim ÷ 9.720.000 birim = % 18,647

0,18647 x 30 gün/ay = 5,5941 gün/ay (talebi karşılamak için ayda çalışılması gereken gün sayısı)

**PS f 160 Piknik tabağı (X51 Ürünü):** Aylık talep 2.500 – 8.000 kg.

Şayet 8.000 kg ise, 1 birim piknik tabağı = 3,5 gr olduğundan

8.000.000 gr talep = (8.000.000 gr ÷ 3,5 gr) 2.285.714 birim piknik tabağı aylık talep söz konusu demektir.

Kapasite (Makine sadece bu ürünü üretiyorsa) = 10 birim/çevrim x 13 çevrim/dk = 130 birim/dk

Aylık üretim miktarı = 130 birim/dk x 60 dk/ saat x 24 saat /gün x 30 gün/ay = 5.616.000 birim

Kapasite kullanım oranı = Aylık talep ÷ Aylık üretim = 2.285.714 birim ÷ 5.616.000 birim = % 40,7

0,407 x 30 gün/ay = 12,210 gün/ay (talebi karşılamak için ayda çalışılması gereken gün sayısı)

**PS f 205 Piknik tabağı (X61 Ürünü):** Aylık talep 2.500 – 6.000 kg.

Şayet 6.000 kg ise, 1 birim piknik tabağı = 5,5 gr olduğundan

6.000.000 gr talep = (6.000.000 gr ÷ 5,5 gr) 1.090.909 birim piknik tabağı aylık talep söz konusu demektir.

Kapasite (Makine sadece bu ürünü üretiyorsa) = 6 birim/çevrim x 13 çevrim/dk = 78 birim/dk

Aylık üretim miktarı = 78 birim/dk x 60 dk/ saat x 24 saat /gün x 30 gün/ay = 3.369.600 birim

Kapasite kullanım oranı = Aylık talep ÷ Aylık üretim = 1.090.909 birim ÷ 3.369.600 birim = % 32,375

0,32375 x 30 gün/ay = 9,7125 gün/ay (talebi karşılamak için ayda çalışılması gereken gün sayısı)

**PS 80 ml. Bardak (X71 Ürünü):** Aylık talep 0 – 6.500 kg.

6.500 kg ise, 1 birim bardak = 1,8 gr olduğundan

6.500.000 gr talep = (6.500.000 gr ÷ 1,8 gr) 3.611.111 birim bardak aylık talep söz konusu demektir.

Kapasite (Makine sadece bu ürünü üretiyorsa) = 8 birim/çevrim x 25 çevrim/dk = 200 birim/dk

Aylık üretim miktarı = 200 birim/dk x 60 dk/ saat x 24 saat /gün x 30 gün/ay = 8.640.000 birim

Kapasite kullanım oranı = Aylık talep ÷ Aylık üretim = 3.611.111 birim ÷ 8.640.000 birim = % 41,795

0,41795 x 30 gün/ay = 12,538 gün/ay (talebi karşılamak için ayda çalışılması gereken gün sayısı)

**PS 160 ml. Kahverengi vending bardak (X81 Ürünü):** Aylık talep 0 – 6.000 kg.

Şayet 6.000 kg ise, 1 birim bardak = 4,10 gr olduğundan

6.000.000 gr talep = (6.000.000 gr ÷ 4,10 gr) 1.463.414 birim bardak aylık talep söz konusu demektir.

Kapasite (Makine sadece bu ürünü üretiyorsa) = 12 birim/çevrim x 15 çevrim/dk = 180 birim/dk

Aylık üretim miktarı = 180 birim/dk x 60 dk/ saat x 24 saat /gün x 30 gün/ay = 7.776.000 birim

Kapasite kullanım oranı = Aylık talep ÷ Aylık üretim = 1.463.414 birim ÷ 7.776.000 birim = % 18,819

0,18819 x 30 gün/ay = 5,6458 gün/ay (talebi karşılamak için ayda çalışılması gereken gün sayısı)

**PP 180 ml. Beyaz bardak (X91 Ürünü):** Aylık talep 10.000 – 15.000 kg.

Şayet 10.000 kg ise, 1 birim bardak = 2 gr olduğundan

10.000.000 gr talep = (10.000.000 gr ÷ 2 gr) 5.000.000 birim bardak aylık talep söz konusu demektir.

Kapasite (Makine sadece bu ürünü üretiyorsa) = 12 birim/çevrim x 16 çevrim/dk = 192 birim/dk

Aylık üretim miktarı = 192 birim/dk x 60 dk/ saat x 24 saat /gün x 30 gün/ay = 8.294.400 birim

Kapasite kullanım oranı = Aylık talep ÷ Aylık üretim = 5.000.000 birim ÷ 8.294.400 birim = % 60,281

0,60281 x 30 gün/ay = 18,0844 gün/ay (talebi karşılamak için ayda çalışılması gereken gün sayısı)

**PP 300 ml. Desenli bardak (X101 Ürünü):** Aylık talep 500 – 1.500 kg.

Şayet 1.500 kg ise, 1 birim bardak = 4,5 gr olduğundan

1.500.000 gr talep = (1.500.000 gr ÷ 4,5 gr) 333.333 birim bardak aylık talep söz konusu demektir.

Kapasite (Makine sadece bu ürünü üretiyorsa) = 5 birim/çevrim x 9 çevrim/dk = 45 birim/dk

Aylık üretim miktarı = 45 birim/dk x 60 dk/ saat x 24 saat /gün x 30 gün/ay = 1.944.000 birim

Kapasite kullanım oranı = Aylık talep ÷ Aylık üretim = 333.333 birim ÷ 1.944.000 birim = % 17,146

0,17146 x 30 gün/ay = 5,1440 gün/ay (talebi karşılamak için ayda çalışılması gereken gün sayısı)

Görülmektedir ki hem GN hem de TFT makinesi kapasite kısıtlı kaynaktır. Zira kapasite kullanım oranlarına bakıldığında, GN makinesinde % 147, TFT makinesinde % 138 kapasite kullanım oranı söz konusu olup, her iki makinenin ürünlerle ilgili talepleri karşılamak için gereken kapasitesi, mevcut kapasitesini aşmaktadır.

İşletmenin ürün karması kararlarını geleneksel yöntemlere göre belirleyip belirlemedikleri araştırma sorusuna (ikinci araştırma sorusu) cevap vermek üzere yapılan incelemede üst yönetimle görüşülmüş ve ürün karması belirlenmediği tespit edilmiştir. İşletmenin temel hedefinin müşteri memnuniyeti olduğunu ve çoğu zaman birim kârlar

dikkate alınmadan uzun vadede sağlayacağı fayda düşünülerek, her ne kadar düşük kârlılığa sahip de olsa, düşük kâr sağlayan ürün veya ürünlerin üretimine öncelik verilerek üretim yapılabildiği tespit edilmiştir. Öyle ki bazen müşteriler bir ürün siparişi verirken aynı anda kârlılığı düşük olan başka bir ürün siparişi de verebilmekte ve iki siparişini de aynı anda isteyebilmektedirler. Bu durumda işletme, kârlılığının düşük olduğunu gözetmeden diğer ürünü üretmek durumunda da kalabilmektedir. Özetle işletme, mevcut müşterilerin işletme ürünlerine bağlılığının ve dolayısıyla taleplerinin azalmamasını hedeflediğinden, birim kârı düşük ürün veya ürünler, kârı düşük de olsa üretim programına alınmakta, bu yüzden en uygun ürün karması belirlenmemektedir. İşletmede en uygun ürün karması belirleme durumu söz konusu olduğunda ise birim kârların dikkate alınabileceği tespit edilmiş olup, birim kârlara göre ürün kârlılık sıralaması aşağıda Tablo 7’de gösterilmiştir. İşletmede en uygun ürün karması belirlenmek istendiğinde, birim kârlar ve kapasiteler dikkate alınarak bu sıralamaya göre kapasitenin elverdiği ölçüde üretim yapılabilecektir.

**Tablo 7. Tam Maliyet Sistemine Göre Üretim Öncelikleri**

1. X81 =	5,17 TL kâr	6. X101 =	2,43 TL kâr
2. X31 =	5,01 TL kâr	7. X11 =	1,67 TL kâr
3. X21 =	4,57 TL kâr	8. X91 =	0,61 TL kâr
4. X41 =	4,45 TL kâr	9. X51 =	0,14 TL kâr
5. X71 =	2,66 TL kâr	10. X61 =	(0,15) TL zarar

İşletmede “FDM, KT ve her iki yöntemin birlikte kullanılması ile belirlenen ürün karmasının, geleneksel yöntemlere göre belirlenen ürün karmasından daha kârlı sonuçlar yaratıp yaratmadığı” araştırma sorusuna cevap vermek üzere, öncelikle FDM’e, ardından KT’e, daha sonra her iki yöntemin birlikte kullanılmasına göre saf tamsayı programlama ile model kurulmuştur. Ardından çözüm algoritması uygun WINQSB ve MATLAB programları yardımıyla çözümlenerek ürün karmaları tespit edilmiştir. Daha sonra geleneksel yöntemlerden tam maliyet sistemine göre belirlenen birim kârlar dikkate alınarak model kurulmuş ve çözümlenerek ürün karması tespit edilmiştir. Son olarak, belirlenen ürün karmalarına göre kârlılık sonuçları karşılaştırılmıştır. FDM, KT ve her iki yöntemin birlikte kullanılmasına göre saf tamsayı programlama ile belirlenecek model verilerinin analiz edilebilmesi için öncelikle faaliyet maliyetlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Her üç makine (Welex, GN ve TFT makineleri) için gerekli üretim faaliyetleri ve bunların maliyetleri işletmeden edinilen veriler doğrultusunda aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Saf tamsayı programlama ile modellerin kurulması için modellerde kullanılan notasyonlar aşağıda belirtilmiştir:

i= ürün indeksi (çeşidi)

- 1 : GN 3021 Makine PS f 73,5 Bardak Kapağı
- 2 : GN 3021 Makine PS f 80 Bardak Kapağı
- 3 : GN 3021 Makine PS f 80 Bardak Kapağı Kros
- 4 : GN 3021 Makine PS f 89,5 Bardak Kapağı Kros
- 5 : GN 3021 Makine PS f 160 Piknik Tabağı
- 6 : GN 3021 Makine PS f 205 Piknik Tabağı
- 7 : TFT Makine PS 80 ml. Bardak
- 8 : TFT Makine PS 160 ml. Kahverengi Vending Bardak
- 9 : TFT Makine PP 180 ml. Beyaz Bardak
- 10: TFT Makine PP 300 ml. Desenli Bardak

- j = Üretim faaliyet indeksi  
 1 : Welex Makinesi Faaliyeti (eriterek levha haline getirme)  
 2 : GN Makinesi Faaliyeti (kalıp basma)  
 3 : TFT Makinesi Faaliyeti (kalıp basma)  
 4 : GN Makinesinde İşgücü Toplama ve Paketleme Faaliyeti  
 5 : TFT Makinesinde İşgücü Toplama ve Paketleme Faaliyeti  
 k = Üretim seviyesi indeksi  
 k = 1 birim seviyesi  
 k = 2 parti seviyesi  
 q ij1 = 1.000 birim i ürünü üretmek için gerçekleştirilen j faaliyet sayısı  
 q ij2 = i. ürünü üretmek için gerçekleştirilen hazırlık faaliyet sayısı  
 pi = i ürününün fiyatı  
 Pi = i. ürün için birim kâr  
 Qj = j. faaliyetin kapasitesi  
 Di = i. ürün için pazar talebi  
 ci0 = i. ürünün hammadde maliyeti  
 cjk = j. faaliyetin k seviyesindeki birim maliyeti  
 cyci = i. ürünün çevrim sayısı/dk  
 st = hazırlık zamanı (dk)  
 Rjk = yönetimin kontrolünde olan kapasite miktarı  
 Njk = yönetimin kontrolünde olmayan kapasite miktarı  
 R\*jk = yönetimin kontrolünde olan toplam kapasitenin üretimde kullanılan miktarı  
 N\*jk = yönetimin kontrolünde olmayan toplam kapasitenin üretimde kullanılan miktarı  
 c11 = Welex makinesinde 1 kg levha üretimi için (1 çevrim = 1 faaliyet) gerçekleştirilen faaliyetin maliyeti (hammadde hariç)  
 Elektrik+İşletme malzemesi + İşçilik+ Amortisman+ Bakım-onarım +Kalite güvence=  
 28.794,48TL (102.500 kg)  

$$\frac{28.794,48 \text{ TL}}{102.500 \text{ kg}} = 0,2809 \text{ TL/kg}$$
  
 c21 = GN makinesinde 1 çevrimde yapılan kalıp basma faaliyetinin birim maliyeti

Not: \*Maliyet hesaplamada GN makinesi ve TFT makinesi çevrim sürelerinin ortalaması alınmıştır. Ortalama olarak çevrim süresi GN makinesinde 15, TFT makinesinde 16 alınmıştır.

\*Makinelerden sorumlu tek bir operatör vardır. Dolayısıyla maliyeti her makineye eşit olarak yansıyacağından ürün karması kararını değiştirmeyecektir. Bu yüzden elimine edilmiştir.

Elektrik Gideri+ İşletme malzemesi = 652,35 TL (2,68 gün için)  
 652,35 TL ÷ 2,68 gün = 243,614 TL/gün

$$\frac{243,614 \text{ TL/gün}}{24 \text{ saat/gün} \times 60 \text{ dk/saat} \times 15 \text{ çevrim/dk}} = 0,011 \text{ TL/çevrim}$$

c31 = TFT makinesinde 1 çevrimde yapılan kalıp basma faaliyetinin birim maliyeti  
 Elektrik Gideri+ İşletme malzemesi = 7.003,79 TL (15,19 gün için)  
 7.003,79 TL ÷ 15,19 gün = 461,079 TL/gün

$$\frac{461,079 \text{ TL/gün}}{24 \text{ saat/gün} \times 60 \text{ dk/saat} \times 16 \text{ çevrim/dk}} = 0,02 \text{ TL/çevrim}$$

c41 = GN makinesinde işgücü toplama ve paketleme faaliyetinin birim maliyeti  
Ambalaj gideri+ İşçilik = 1.047,27 TL (2,68 gün için)  
1.047,27 TL ÷ 2,68 gün = 390,77 TL/gün

$$\frac{390,77 \text{ TL/gün}}{24 \text{ saat/gün} \times 60 \text{ dk/saat} \times 15 \text{ çevrim/dk}} = 0,0181 \text{ TL/çevrim}$$

1 çevrimde 15 birim üretilmektedir. Dolayısıyla; 0,0181 TL/çevrim ÷ 15 birim/çevrim = 0,0012 TL/birim

0,0012 TL/birim x 10 birim/paketleme= 0,012 TL/paketleme olmaktadır.

c51 = TFT makinesinde işgücü toplama ve paketleme faaliyetinin birim maliyeti  
Ambalaj gideri + İşçilik = 5.441,28 TL (15,19 gün için)  
5.441,28 TL ÷ 15,19 gün = 358,215 TL/gün

$$\frac{358,215 \text{ TL/gün}}{24 \text{ saat/gün} \times 60 \text{ dk/saat} \times 16 \text{ çevrim/dk}} = 0,0155 \text{ TL/çevrim}$$

1 çevrimde 12 birim üretilmektedir. Dolayısıyla; 0,0155 TL/çevrim ÷ 12 birim/çevrim = 0,00129 TL/birim

0,00129 TL/birim x 100 birim/paket = 0,129 TL/paketleme olmaktadır.

c12 = Welex makinesinde hazırlık maliyeti = 0

c22 = GN makinesinde hazırlık faaliyeti maliyeti

1 hazırlık faaliyeti = 4 saat (240 dk)

Not: paketlemeci hazırlık faaliyetini gerçekleştiriyor olarak dikkate alınmıştır.

Paketlemeci ücreti (aylık) = 7.995,60 TL

$$\frac{7.995,60 \text{ TL/ay}}{30 \text{ gün/ay} \times 24 \text{ saat/gün}} = 11,105 \text{ TL/saat}$$

11,105 TL/saat x 4 saat/hazırlık= 44,42 TL/hazırlık

c32= TFT makinesinde hazırlık faaliyeti maliyeti

1 hazırlık faaliyeti = 4 saat (240 dk)

Paketlemeci ücreti (aylık)= 2.665,20 TL

$$\frac{2.665,20 \text{ TL/ay}}{30 \text{ gün/ay} \times 24 \text{ saat/gün}} = 3,702 \text{ TL/saat}$$

3,702 TL/saat x 4 saat/ hazırlık = 14,807 TL/hazırlık

Aylık kapasiteler aşağıdaki gibidir:

Not: Analiz döneminde makinelerin arızalanmadan, durmadan çalıştığı varsayılmaktadır.

Q11 = 150.000 kg/ay (Welex makinesinde aylık maksimum faaliyet sayısı)

Q21 ve Q31 = 43.200 dk/ay (GN ve TFT makinesinde aylık maksimum faaliyet sayısı)

Q41 = 900.000 paketleme/ay (GN - İşgücü toplama ve paketleme aylık faaliyet sayısı)

300.000 birim/gün ÷ 10 birim/ paketleme = 30.000 paketleme/gün

30.000 paketleme /gün x 30 gün/ay = 900.000 paketleme/ay

Q51 = 90.000 paketleme /ay (TFT - İşgücü toplama ve paketleme aylık faaliyet sayısı)

Not: Welex makinesinde 1 kg bir çevrim kabul edilmiştir.

İşletmede 8 saatlik 3 vardiya ile çalışılmaktadır.

$$3.203,85 \text{ TL/ay} \div 3 \text{ kişi/ay} = 1.067,95 \text{ TL/kişi (kişi başına aylık ücret)}$$

$$1.067,95 \text{ TL/kişi} \div 30 \text{ gün} = 35,5983 \text{ TL/gün (kişi başına günlük ücret)}$$

$$35,5983 \text{ TL/gün} \div 8 \text{ saat/gün} \times 60 \text{ dk/saat} = 0,0741361 \text{ TL/dk (kişi başına dakika ücreti)}$$

$$0,0741361 \text{ TL/dk} \div 15 \text{ çevrim/dk} = 0,005 \text{ TL/çevrim (işçinin çevrim başına ücreti)}$$

Her ürüne ilişkin hammadde maliyeti (ci0) hesaplanması aşağıdaki gibidir:

$$X11 \text{ için} = \text{Aylık Ham. Mal.} \div \text{Aylık Üretim (kg)} = 2.322,8 \text{ TL} \div 1.000 \text{ kg} = 2,3228 \text{ TL/kg}$$

$$ci0 = 1.000 \text{ gr } 2,3228 \text{ TL ise } 1,3 \text{ gr} = 2,3228 \times 1,15 \div 1.000 = 0,00267122 \text{ TL/birim}$$

$$1.000 \text{ birim için } 2,67 \text{ TL/1.000 birim}$$

$$X21 \text{ için} = \text{Aylık Ham. Mal.} \div \text{Aylık Üretim (kg)} = 2.322,8 \text{ TL} \div 1.000 \text{ kg} = 2,3228 \text{ TL/kg}$$

$$ci0 = 1.000 \text{ gr } 2,3228 \text{ TL ise } 1,3 \text{ gr} = 2,3228 \times 1,3 \div 1.000 = 0,00301964 \text{ TL/birim}$$

$$1.000 \text{ birim için } 3,02 \text{ TL/1.000 birim}$$

$$X31 \text{ için} = \text{Aylık Ham. Mal.} \div \text{Aylık Üretim (kg)} = 2.322,8 \text{ TL} \div 1.000 \text{ kg} = 2,3228 \text{ TL/kg}$$

$$ci0 = 1.000 \text{ gr } 2,3228 \text{ TL ise } 1,3 \text{ gr} = 2,3228 \times 1,3 \div 1.000 = 0,00301964 \text{ TL/birim}$$

$$1.000 \text{ birim için } 3,02 \text{ TL/1.000 birim}$$

$$X41 \text{ için} = \text{Aylık Ham. Mal.} \div \text{Aylık Üretim (kg)} = 2.322,8 \text{ TL} \div 1.000 \text{ kg} = 2,3228 \text{ TL/kg}$$

$$ci0 = 1.000 \text{ gr } 2,3228 \text{ TL ise } 1,3 \text{ gr} = 2,3228 \times 1,6 \div 1.000 = 0,00371648 \text{ TL/birim}$$

$$1.000 \text{ birim için } 3,72 \text{ TL/1.000 birim}$$

$$X51 \text{ için} = \text{Aylık Ham. Mal.} \div \text{Aylık Üretim (kg)} = 3.484,2 \text{ TL} \div 1.500 \text{ kg} = 2,3228 \text{ TL/kg}$$

$$ci0 = 1.000 \text{ gr } 2,3228 \text{ TL ise } 3,5 \text{ gr} = 2,3228 \times 3,5 \div 1.000 = 0,0081298 \text{ TL/birim}$$

$$1.000 \text{ birim için } 8,13 \text{ TL/1.000 birim}$$

$$X61 \text{ için} = \text{Aylık Ham. Mal.} \div \text{Aylık Üretim (kg)} = 3.484,2 \text{ TL} \div 1.500 \text{ kg} = 2,3228 \text{ TL/kg}$$

$$ci0 = 1.000 \text{ gr } 2,3228 \text{ TL ise } 5,5 \text{ gr} = 2,3228 \times 5,5 \div 1.000 = 0,0127754 \text{ TL/birim}$$

$$1.000 \text{ birim için } 12,78 \text{ TL/1.000 birim}$$

$$X71 \text{ için} = \text{Aylık Ham. Mal.} \div \text{Aylık Üretim (kg)} = 2.684,12 \text{ TL} \div 1.250 \text{ kg} = 2,147296 \text{ TL/kg}$$

$$ci0 = 1.000 \text{ gr } 2,147296 \text{ TL ise } 1,8 \text{ gr} = 2,147296 \times 1,8 \div 1.000 = 0,00418 \text{ TL/birim}$$

$$1.000 \text{ birim için } 4,18 \text{ TL/1.000 birim}$$

$$X81 \text{ için} = \text{Aylık Ham. Mal.} \div \text{Aylık Üretim (kg)} = 326,66 \text{ TL} \div 1.000 \text{ kg} = 0,32666 \text{ TL/kg}$$

$$ci0 = 1.000 \text{ gr } 0,32666 \text{ TL ise } 4,1 \text{ gr} = 0,32666 \times 4,1 \div 1.000 = 0,001339306 \text{ TL/birim}$$

$$1.000 \text{ birim için } 1,34 \text{ TL/1.000 birim}$$

$$X91 \text{ için} = \text{Aylık Ham. Mal.} \div \text{Aylık Üretim (kg)} = 32.247,14 \text{ TL} \div 16.800 \text{ kg} = 1,9195 \text{ TL/kg}$$

$$ci0 = 1.000 \text{ gr } 1,9195 \text{ TL ise } 2 \text{ gr} = 1,9195 \times 2 \div 1.000 = 0,003839 \text{ TL/birim}$$

$$1.000 \text{ birim için } 3,84 \text{ TL/1.000 birim}$$

$$X101 \text{ için} = \text{Aylık Ham. Mal.} \div \text{Aylık Üretim (kg)} = 1.919,47 \text{ TL} \div 1.000 \text{ kg} = 1,91947 \text{ TL/kg}$$

$$ci0 = 1.000 \text{ gr } 1,91947 \text{ TL ise } 4,5 \text{ gr} = 1,91947 \times 4,5 \div 1.000 = 0,008638 \text{ TL/birim}$$

$$1.000 \text{ birim için } 8,64 \text{ TL/1.000 birim}$$

Faaliyet miktarlarının qijk hesaplanması ise aşağıdaki gibidir:

qi11 (Welex makinesi eriterek levha haline getirme faaliyet sayısı): Her bir ürün için birim gram ağırlığına eşittir.

qi21 (GN makinesi kalıp basma faaliyet sayısı)

$$X11 \text{ ürünü için} = 1.000 \text{ birim} / 15 \text{ birim(kalıp göz adedi)} = 66,66 \text{ faaliyet sayısı}$$

$$X21 \text{ ürünü için} = 1.000 \text{ birim} / 15 \text{ birim(kalıp göz adedi)} = 66,66 \text{ faaliyet sayısı}$$

X31 ürünü için = 1.000 birim/ 15 birim(kalıp göz adedi)= 66,66 faaliyet sayısı  
 X41 ürünü için = 1.000 birim/ 15 birim(kalıp göz adedi)= 66,66 faaliyet sayısı  
 X51 ürünü için = 1.000 birim/ 10 birim(kalıp göz adedi)= 100 faaliyet sayısı  
 X61 ürünü için = 1.000 birim/ 6 birim(kalıp göz adedi)= 166,66 faaliyet sayısı  
 X71 ürünü için = 0 birim/ 8 birim(kalıp göz adedi)= 0 faaliyet sayısı  
 X81 ürünü için = 0 birim/ 12 birim(kalıp göz adedi)= 0 faaliyet sayısı  
 X91 ürünü için = 0 birim/ 12 birim(kalıp göz adedi)= 0 faaliyet sayısı  
 X101 ürünü için = 0 birim/ 5 birim(kalıp göz adedi)= 0 faaliyet sayısı  
 qi31 (TFT makinesi kalıp basma faaliyet sayısı)  
 X11 ürünü için = 0 birim/ 15 birim(kalıp göz adedi)= 0 faaliyet sayısı  
 X21 ürünü için = 0 birim/ 15 birim(kalıp göz adedi) = 0 faaliyet sayısı  
 X31 ürünü için = 0 birim/ 15 birim(kalıp göz adedi)= 0 faaliyet sayısı  
 X41 ürünü için = 0 birim/ 15 birim(kalıp göz adedi)= 0 faaliyet sayısı  
 X51 ürünü için = 0 birim/ 10 birim(kalıp göz adedi)= 0 faaliyet sayısı  
 X61 ürünü için = 0 birim/ 6 birim(kalıp göz adedi)= 0 faaliyet sayısı  
 X71 ürünü için = 1.000 birim/ 8 birim(kalıp göz adedi)= 125 faaliyet sayısı  
 X81 ürünü için = 1.000 birim/ 12 birim(kalıp göz adedi)= 83,33 faaliyet sayısı  
 X91 ürünü için = 1.000 birim/ 12 birim(kalıp göz adedi)= 83,33 faaliyet sayısı  
 X101 ürünü için = 1.000 birim/ 5 birim(kalıp göz adedi)= 200 faaliyet sayısı  
 qi41 (GN makinesi toplama ve paketleme faaliyet sayısı)

GN makinesi ürünleri 100 birimlik paketler halinde toplanmaktadır. Dolayısıyla GN makinesi ürünleri için faaliyet sayısı 100 olacaktır.

X11 ürünü için = 100 faaliyet sayısı	X61 ürünü için = 100 faaliyet sayısı
X21 ürünü için = 100 faaliyet sayısı	X71 ürünü için = 0 faaliyet sayısı
X31 ürünü için = 100 faaliyet sayısı	X81 ürünü için = 0 faaliyet sayısı
X41 ürünü için = 100 faaliyet sayısı	X91 ürünü için = 0 faaliyet sayısı
X51 ürünü için = 100 faaliyet sayısı	X101 ürünü için = 0 faaliyet sayısı

qi51 (TFT makinesi toplama ve paketleme faaliyet sayısı)

TFT makinesi ürünleri 10 birimlik paketler halinde toplanmaktadır. Dolayısıyla TFT makinesi ürünleri için faaliyet sayısı 10 olacaktır.

X11 ürünü için = 0 faaliyet sayısı	X61 ürünü için = 0 faaliyet sayısı
X21 ürünü için = 0 faaliyet sayısı	X71 ürünü için = 10 faaliyet sayısı
X31 ürünü için = 0 faaliyet sayısı	X81 ürünü için = 10 faaliyet sayısı
X41 ürünü için = 0 faaliyet sayısı	X91 ürünü için = 10 faaliyet sayısı
X51 ürünü için = 0 faaliyet sayısı	X101 ürünü için = 10 faaliyet sayısı

Sırasıyla FDM, KT ve Entegre modele göre saf tamsayı programlama ile modellerin kurulması ve bilgisayar programları aracılığıyla (WinQSB ve MATLAB) çözüm sonucu aşağıda gösterilmiştir (modellerin oluşumunda Kee ve Schmidh'in önerdikleri model temel alınmış, işletmeye uygun olarak tasarlanmış ve geliştirilmiştir):

FDM'e göre ürün karması modeli aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

$$\text{Mak. } Z = \sum_i (p_i - c_{i0}) X_{i1} - \sum_{i,j,k} c_{jk} q_{ijk} X_{ik}$$

Kısıtlar:

$$\sum_i X_{i1} q_{i11} \leq Q_{11} \quad (\text{Welex Makinesi kapasite kısıtı})$$

$$\sum_i \frac{X_{i1} q_{ij1}}{cyc_i} + st \sum_i X_{i2} q_{ij2} \leq Q_{j1} \quad j = 2,3 \quad (\text{GN ve TFT Mak. kapasite kısıtı})$$

$$\sum_i X_{i1} q_{ij1} + \sum_i X_{i2} q_{ij2} \leq Q_{j1} \quad j = 4,5 \quad (\text{GN ve TFT Mak. işgücü kısıtı})$$

$$X_{i1} \leq D_i X_{i2} \rightarrow X_{i1} - D_i X_{i2} \leq 0 \quad i = 1-10 \quad (\text{Talep kısıtı})$$

$$X_{i1} \geq 0 \quad (\text{Negatif olmama koşulu})$$

$$X_{i2} = 0 \text{ veya } 1 \quad (\text{İkili değişken olma koşulu})$$

Modelin verilerinin WinQSB’de doğrusal ve tamsayı programlama yardımı ile çözümlenmesi ile belirlenen ürün karması sonucu Tablo 8’de gösterilmiştir.

**Tablo 8.** FDM’e Göre Ürün Karması

<b>X11 (birim) =</b>	0	<b>X61 (birim) =</b>	129
<b>X21 (birim) =</b>	1.923	<b>X71 (birim) =</b>	3.611
<b>X31 (birim) =</b>	1.385	<b>X81 (birim) =</b>	1.463
<b>X41 (birim) =</b>	1.813	<b>X91 (birim) =</b>	1.724
<b>X51 (birim) =</b>	2.286	<b>X101 (birim) =</b>	333

KT’e göre ürün karması modeli aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

$$\text{Mak. Z} = \sum_i (p_i - c_{i0}) X_{i1} - \sum_{i,j,k} c_{ijk} Q_{j,k}$$

Kısıtlar:

$$\sum_i X_{i1} q_{i11} \leq Q_{11} \quad (\text{Welex Makinesi kapasite kısıtı})$$

$$\sum_i \frac{X_{i1} q_{ij1}}{cyc_i} + st \sum_i X_{i2} q_{ij2} \leq Q_{j1} \quad j = 2,3 \quad (\text{GN ve TFT Mak.kapasite kısıtı})$$

$$\sum_i X_{i1} q_{ij1} + \sum_i X_{i2} q_{ij2} \leq Q_{j1} \quad j = 4,5 \quad (\text{GN ve TFT Mak. işgücü kısıtı})$$

$$X_{i1} \leq D_i X_{i2} \rightarrow X_{i1} - D_i X_{i2} \leq 0 \quad i = 1-10 \quad (\text{Talep kısıtı})$$

$$X_{i1} \geq 0 \quad (\text{Negatif olmama koşulu})$$

$$X_{i2} = 0 \text{ veya } 1 \quad (\text{İkili değişken olma koşulu})$$

Modelin verilerinin WinQSB’de doğrusal ve tamsayı programlama yardımı ile çözümlenmesi ile belirlenen ürün karması sonucu Tablo 9’da gösterilmiştir.

**Tablo 9.** KT’e Göre Ürün Karması

<b>X11 (birim) =</b>	374	<b>X61 (birim) =</b>	0
<b>X21 (birim) =</b>	1.923	<b>X71 (birim) =</b>	3.611
<b>X31 (birim) =</b>	1.385	<b>X81 (birim) =</b>	1.463
<b>X41 (birim) =</b>	1.813	<b>X91 (birim) =</b>	3.245
<b>X51 (birim) =</b>	2.285	<b>X101 (birim) =</b>	0

FDM ve KT’nin birlikte kullanılmasına göre ürün karması modeli (Entegre model);

$Q_{jk} = N_{jk} + R_{jk}$  olduğu için, model aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır;



$$\text{Mak. Z} = \sum_i (p_i - c_{i0})X_{i1} - \sum_{i,j,k} c_{ijk} (N_{jk} + R_{jk}^*)$$

Kısıtlar:

$$\sum_i X_{i1}q_{i11} - N_{11}^* - R_{11}^* = 0 \quad (\text{Welex Makinesi kapasite kısıtı})$$

$$\sum_i \frac{X_{i1}q_{ij1}}{cyc_i} + st \sum_i X_{i2}q_{ij2} - N_{j1}^* - R_{j1}^* = 0 \quad j=2,3 \quad (\text{GN ve TFT Mak. kapasite kısıtı})$$

$$\sum_i X_{i1}q_{ij1} + \sum_i X_{i2}q_{ij2} - N_{j1}^* - R_{j1}^* = 0 \quad j=4,5 \quad (\text{GN ve TFT Mak. işgücü kısıtı})$$

$$N_{jk}^* \leq N_{jk} \quad (\text{Yönetim kont. olmayan kap. kısıtı})$$

$$R_{jk}^* \leq R_{jk} \quad (\text{Yönetim kont. olan kap. kısıtı})$$

$$X_{i1} \leq D_i X_{i2} \rightarrow X_{i1} - D_i X_{i2} \leq 0 \quad i=1-10 \quad (\text{Talep kısıtı})$$

$$X_{i1} \geq 0 \quad (\text{Negatif olmama koşulu})$$

$$X_{i2} = 0 \quad \text{veya} \quad 1 \quad (\text{İkili değişken olma koşulu})$$

Modelin verileri WinQSB’de doğrusal ve tamsayı programlama programına girilmiş ancak çok fazla değişken olduğundan WinQSB’de doğrusal ve tamsayı programlama programının çözüm algoritması modeli çözmek için yeterli olamamıştır. Bu yüzden daha karmaşık problemleri çözebilen MATLAB’den yararlanılmış, veriler MATLAB programına girilerek çözüm sonucu elde edilmiştir. Modelin verilerinin MATLAB programı yardımı ile çözümlenmesi ile belirlenen ürün karması sonucu Tablo 10’da gösterilmiştir.

**Tablo 10.** FDM ve KT’nin Birlikte Kullanılması ile Belirlenen Ürün Karması

<b>X11 (birim)</b> =	0	<b>X61 (birim)</b> =	145
<b>X21 (birim)</b> =	1.923	<b>X71 (birim)</b> =	3.611
<b>X31 (birim)</b> =	1.385	<b>X81 (birim)</b> =	1.463
<b>X41 (birim)</b> =	1.813	<b>X91 (birim)</b> =	3.262
<b>X51 (birim)</b> =	2.286	<b>X101 (birim)</b> =	0

İşletmede birim kârlar dikkate alınarak ürün karması belirlenmek istediğinde, daha önce Tablo 7’de belirtilen kârlılık sıralaması dikkate alınmak suretiyle kapasite elverene kadar ürün üretilecektir. Ancak bunun elle çözülmesi oldukça güç olacağından, saf tamsayı programlama ile aynı kısıtlar dikkate alınarak model kurulduğunda ve WinQSB yardımıyla çözümlendiğinde elde edilen sonuç aşağıda Tablo 11’de gösterilmiştir.

$$\text{Mak. Z} = \sum_i P_i X_{i1}$$

Kısıtlar:

$$\sum_i X_{i1}q_{i11} \leq Q_{11} \quad (\text{Welex Makinesi kapasite kısıtı})$$

$$\sum_i \frac{X_{i1}q_{ij1}}{cyc_i} + st \sum_i X_{i2}q_{ij2} \leq Q_{j1} \quad j=2,3 \quad (\text{GN ve TFT Mak.kapasite kısıtı})$$

$$\sum_i X_{i1}q_{ij1} + \sum_i X_{i2}q_{ij2} \leq Q_{j1} \quad j=4,5 \quad (\text{GN ve TFT Mak. işgücü kısıtı})$$

$$X_{i1} \leq D_i X_{i2} \rightarrow X_{i1} - D_i X_{i2} \leq 0 \quad i= 1-10 \quad (\text{Talep kısıtı})$$

$$X_{i1} \geq 0 \quad (\text{Negatif olmama koşulu})$$

$$X_{i2} = 0 \text{ veya } 1 \quad (\text{İkili değişken olma koşulu})$$

**Tablo 11.** Tam Maliyet Sistemine Göre Belirlenen Ürün Karması

<b>X11 (birim) =</b>	2.174	<b>X61 (birim) =</b>	0
<b>X21 (birim) =</b>	1.923	<b>X71 (birim) =</b>	3.611
<b>X31 (birim) =</b>	1.385	<b>X81 (birim) =</b>	1.463
<b>X41 (birim) =</b>	1.813	<b>X91 (birim) =</b>	0
<b>X51 (birim) =</b>	0	<b>X101 (birim) =</b>	333

### 3. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

İşletmede “kısıtın var olup olmadığı” sorusunu cevaplamak üzere kaynak yükü analizi yapılmış ve sonucunda çoklu kısıt olduğu tespit edilmiştir. Zira talepleri karşılamak için GN makinesi kapasite kullanım oranı % 147, TFT makinesi kapasite kullanım oranı ise % 138 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak her iki makinenin de mevcut kapasitesi, talepleri karşılamak için gereken kapasitelerinin gerisinde olduğundan her iki makine de kısıtlı kaynaktır.

İşletmede “ürün karması belirlemede geleneksel yöntemlerin kullanılıp kullanılmadığı” sorusunu cevaplamaya ilişkin yapılan araştırmada, temel hedeflerinin müşteri memnuniyeti olduğu, bu yüzden de müşteri taleplerinin azalmaması için ürünün kârı düşük de olsa üretim programına alınarak üretildiği tespit edilmiştir. Ancak ürün karması belirleme durumu söz konusu olursa neyi dikkate alacakları sorusuna verilen cevap birim kârlardır. Yani işletmede ürün karması belirleme durumunda tam maliyet sistemine göre belirlenen birim kârların dikkate alınacağı tespit edilmiştir. İşletme için birim kârlar dikkate alınarak ürün karması teknik olarak elle hesaplanabiliyorsa da bu çok güç olduğundan araştırmada tam maliyet sistemine göre saf tamsayı programlama modeli yardımıyla ürün karması tespit edilmiştir. Bu doğrultuda işletmede kapasiteler incelenerek belirlenen kısıtlar ve birim kârlar dikkate alınarak ürün karması belirlemek üzere model kurulmuş ve çözümlenmiştir. Sonuç olarak geleneksel tam maliyet sistemine göre elde edilen kâr aşağıda Tablo 12’de gelir tablosunda hesaplanmıştır.

**Tablo 12.** Geleneksel Yönteme Göre Ürün Karması Kârlılığı (TL/1.000 birim)

Satışlar (7,45 x 2.174 + 11,11 x 1.923 + 11,65 x 1.385 + 12,50 x 1.813 + 16,75 x 0 + 25,55 x 0 + 9,60 x 3.611 + 11,95 x 1.463 + 7,69 x 0 + 18,20 x 333)	134.567,63
(-) Değişken Gid.(5,12 x 2.174 + 5,79 x 1.923 + 5,89 x 1.385 + 7,13 x 1.813 + 14,45 x 0 + 22,30 x 0 + 6 x 3.611 + 5 x 1.463 + 6,15 x 0 + 14 x 333)	(76.992,39)
Katkı Payı	57.575,24
(-) Sabit Gid. (150.000 x 0,2809 + 43.200 x 0,01 x 15 + 43.200 x 0,02 x 16)	(35.371,38)
Kâr	<b>22.203,86</b>

FDM ve KT'nin birlikte kullanılmasıyla belirlenen ürün karması sonucunun, geleneksel yöntemle göre belirlenen ürün karması sonucundan daha kârlı olup olmadığını araştırmadan önce öncelikle FDM'e göre kullanılan kapasiteler dikkate alınarak saf tamsayı programlama ile model kurulmuş ve çözümlenerek ürün karması tespit edilmiştir. Daha sonra KT'e göre toplam kapasiteler dikkate alınarak saf tamsayı programlama ile model kurulmuş ve çözümlenerek ürün karması tespit edilmiştir. Son olarak her iki yöntem birlikte kullanılarak saf tamsayı programlama ile model kurulmuş ve çözümlenerek ürün karması tespit edilmiştir. Sonuç olarak aşağıda Tablo 13, Tablo 14 ve Tablo 15'te sırasıyla FDM'e göre, KT'e göre ve entegre modele göre gelir tabloları düzenlenmiş ve elde edilen kârlar hesaplanmıştır.

**Tablo 13.** FDM'e Göre Ürün Karması Kârlılığı (TL/1.000 birim)

Satışlar ( $7,45 \times 0 + 11,11 \times 1.923 + 11,65 \times 1.385 + 12,50 \times 1.813 + 16,75 \times 2.286 + 25,55 \times 129 + 9,60 \times 3.611 + 11,95 \times 1.463 + 7,69 \times 1.724 + 18,20 \times 333$ )	173.215,34
(-) Değişken Gid. ( $5,12 \times 0 + 5,79 \times 1.923 + 5,89 \times 1.385 + 7,13 \times 1.813 + 14,45 \times 2.286 + 22,3 \times 129 + 6 \times 3.611 + 5 \times 1.463 + 6,15 \times 1.724 + 14 \times 333$ )	(112.373,5) 1
Katkı Payı	60.841,83
(-) Sabit Gid. ( $150.000 \times 0,2809 + 43.200 \times 0,01 \times 15 + 43.200 \times 0,02 \times 16$ )	(35.371,38)
Kâr	<b>25.470,45</b>

**Tablo 14.** KT'e Göre Ürün Karması Kârlılığı (TL/1.000 birim)

Satışlar ( $7,45 \times 374 + 11,11 \times 1.923 + 11,65 \times 1.385 + 12,50 \times 1.813 + 16,75 \times 2.285 + 25,55 \times 0 + 9,60 \times 3.611 + 11,95 \times 1.463 + 7,69 \times 3.245 + 18,20 \times 0$ )	178.324,83
(-) Ham. Mal. ( $2,67 \times 374 + 3,02 \times 1.923 + 3,02 \times 1.385 + 3,72 \times 1.813 + 8,13 \times 2.285 + 12,78 \times 0 + 4,18 \times 3.611 + 1,34 \times 1.463 + 3,84 \times 3.245 + 8,64 \times 0$ )	(65.825,35)
Süreç Katkısı (throughput)	112.499,48
(-) Faal. Gid. $150.000 \times 0,2809 + 43.200 \times 0,01 \times 15 + 43.200 \times 0,02 \times 16 + 900.000 \times 0,012 + 90.000 \times 0,129$	(85.497)
Kâr	<b>27.002,48</b>

**Tablo 15.** Entegre Modele Göre Ürün Karması Kârlılığı (TL/1.000 birim)

Satışlar ( $7,45 \times 0 + 11,11 \times 1.923 + 11,65 \times 1.385 + 12,50 \times 1.813 + 16,75 \times 2.286 + 25,55 \times 145 + 9,60 \times 3.611 + 11,95 \times 1.463 + 7,69 \times 3.262 + 18,20 \times 0$ )	179.390,76
(-) Ham. Mal. ( $2,67 \times 0 + 3,02 \times 1.923 + 3,02 \times 1.385 + 3,72 \times 1.813 + 8,13 \times 2.286 + 12,78 \times 145 + 4,18 \times 3.611 + 1,34 \times 1.463 + 3,84 \times 3.262 + 8,64 \times 0$ )	(66.753,28)
Süreç katkısı (throughput)	112.637,48
(-) Faal. Gid. ( $150.000 \times 0,2809 + 43.200 \times 0,011 \times 15 + 43.200 \times 0,02 \times 16 + 900.000 \times 0,012 + 90.000 \times 0,129$ )	(85.497)
Kâr	<b>27.140,48</b>

Yapılan bu hesaplamalarda görüldüğü üzere, geleneksel tam maliyet sisteminde birim kârlar dikkate alınarak belirlenen ürün karması ile elde edilen kâr 22.203,86 TL, FDM'e göre kâr 25.470,45 TL, KT'e göre kâr 27.002,48 TL'dir. FDM ve KT'nin birlikte kullanılmasıyla elde edilen kâr ise 27.140,48 TL'dir. Görülmektedir ki FDM ve KT'nin birlikte kullanılması yoluyla elde edilen işletme kârı diğer yöntemlere göre daha yüksektir.

#### **4. SONUÇ**

Bu çalışmanın amacı FDM ve KT'nin birlikte kullanılarak en uygun ürün karmasını belirleme ve sonucun işletme kârlılığına etkisini ortaya koymaktır. Bu çerçevede gıda ambalaj ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir imalat işletmesinde tanımlayıcı ve keşifsel olay çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İşletmede yapılan araştırmada 10 tane ürün incelenmiştir. İncelenen 10 ürünün üretimi için gereken kapasite, mevcut kapasiteyi aşmaktadır dolayısıyla bu makinelerde (GN ve TFT makineleri) kısıt (darboğaz) söz konusudur. Yapılan analizler sonucunda FDM, KT ve her iki yöntemin birlikte kullanılması ile belirlenen ürün karmalarının, geleneksel tam maliyet sistemine göre belirlenen ürün karmasından daha kârlı sonuç yarattığı sonucu tespit edilmiştir. Ayrıca FDM ve KT'nin birlikte kullanılmasıyla, ayrı ayrı FDM ve KT'e göre daha yüksek kâr elde edildiği tespit edilmiştir. Bu sonuç gıda ambalaj ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir imalat işletmesinde tespit edilmiş olup, aynı sektörde faaliyet gösteren benzer koşullara sahip işletmeler için de bu sonuca varılabilir. Sonuç olarak gıda ambalaj sektöründe faaliyet gösteren ve benzer koşullara sahip işletmelerde en uygun ürün karması kararlarında FDM ve KT'nin birlikte kullanılması ile yüksek kârlar sağlanabilir sonucuna varılabilmektedir.

#### **KAYNAKLAR**

Alsmadı- Majed, Ahmad-Almanı, Zulfiqar- Khan, (2014), "Implementing An Integrated ABC And TOC Approach To Enhance Decision Making in a Lean Context-A Case Study", International Journal Of Quality & Reliability Management, 31(8), pp.906-920.

Blackstone- John H., Jr., (2001), "Theory Of Constraints – A Status Report", International Journal Of Production Research, 39(6), pp. 1053-1080.

Fu- Anabella, (2000), "Theory of Constraints and Activity-Based Costing", Business Review, 2(2), pp. 66-74.

Goldratt- Eliyahu M. & Robert E.- Fox, (1986), The Race, First Edition, North River Press, Inc., USA.

Hillier- F. S. & G. J.- Lieberman, (1995), Introduction to Mathematical Programming, McGraw-Hill Publishing Company.

Huang- Shaio Yan, Hsueh Ju- Chen, An An- Chiu, Chih Pin- CHEN, (2014), "The Application Of The Theory Of Constraints And Activity-Based Costing To Business Excellence: The Case Of Automotive Electronics Manufacture Firms", Total Quality Management, 25(5), pp. 532-545.

Izmailov- Azar, (2014), "If Your Company Is Considering The Theory Of Constraints", 10th International Strategic Management Conference Procedia - Social and Behavioral Sciences, 150, pp. 925-929.

Kee- Robert & Charles- Schmidt, (2000), "A Comparative Analysis of Utilizing Activity-Based Costing and The Theory of Constraints For Making Product-Mix Decisions", International Journal of Production Economics, 63, pp. 1-17.

Kee- Robert, (1995), “Integrating Activity-Based Costing With The Theory of Constraints To Enhance Production Related Decision Making”, *Accounting Horizons*, 9(4), pp. 48-61.

Küçüksavaş- Nihat, (1992), *Kısmi Maliyet Sistemleri ve Katkı Payı Analizi*, Birinci Baskı, Adana.

Louderback- Joseph G. & J. Wayne- Patterson, (1996), “Theory of Constraints Versus Traditional Management Accounting”, *Accounting Education*, 1(2), pp. 189.

Macarthur- John B., (1993), “Theory of Constraints and Activity-Based Costing: Friends or Foes?”, *Cost Management*, Summer, pp. 50-56.

Macpherson- Ian, Ross- Unitoker & Paul Ainsworth, (2000), “Case Study in the Contemporary World of Research: Using Notions of Purpose, Place, Process and Product to Develop Some Principles for Practice”, *International Journal of Research Methodology*, 3(1), pp. 49-61.

Massood- Yahya Zadeh, (1998), “Product-Mix Decisions Under Activity-Based Costing With Resource Constraints and Non-proportional Activity Costs”, *The Journal of Applied Business Research*, 14(4), pp. 39-45.

Perkins- David, Jonathan- Stewart & Scott- Stovall, (2002), “Using Excel, TOC, and ABC to Solve Product Mix Decisions With More Than One Constraint”, *Management Accounting Quarterly*, 3(3), Spring, pp. 1-10.

Render- Barry, Ralph- M. Stair, Jr., Michael- E. Hanna & Trevor- S. Hale, (2018), *Quantitative Analysis for Management*, Global Edition, Pearson Education Limited.

Salafatinos- Chris, (1995), “Integrating The Theory of Constraints and Activity-Based Costing”, *Journal of Cost Management*, 9(3), pp. 58-67.

Tanış- Veyis Naci, (1999), “Faaliyete Dayalı Maliyet Yönteminin Anlamı, Önemi ve Faydaları”, *H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(2), ss.147-158.

Tsai, W.-H., Chang, J.-C., Hsieh, C.-L., Tsaur, T.-S., Wang, C.-W., (2016), “Sustainability Concept in Decision-Making: Carbon Tax Consideration for Joint Product Mix Decision”, *Sustainability* (8), 1232, pp.1-22.

Tsai- Wen Hsien, Hui Chiao- Chena, Jun Der- Leua, Yao Chung- Changa & Thomas- W. Lin, (2013), “A Product-Mix Decision Model Using Green Manufacturing Technologies Under Activity-Based Costing”, *Journal of Cleaner Production*, 57, pp. 178-187.

Ulucan- Aydın, (2004), *Yöneylem Araştırması: Bilgisayar Destekli/Uygulamalı Modelleme*, Hacettepe Üniversitesi İİBF Yayınları No. 29.

Yin- Robert K., (1994), *Case Study Research: Design and Methods*, Second Edition, Sage Publications, USA.

Zhuang-Z., Chang- S., (2017), “Deciding Product Mix Based On Time-Driven Activity-Based Costing By Mixed Integer Programming”, Journal of Intelligent Manufacturing (28), pp.959–974.

**EKLER**

**Tablo E1. Model İçin Gerekli Verilerin Tespit Edilmesi**

	X11	X21	X31	X41	X51	X61	X71	X81	X91	X101
P <sub>i</sub> (TL/1.000 birim)	7,45	11,11	11,65	12,50	16,75	25,55	9,60	11,95	7,69	18,20
c <sub>i0</sub> (TL/1.000 birim)	2,67	3,02	3,02	3,72	8,13	12,78	4,18	1,34	3,84	8,64
D <sub>i</sub> (1.000 birim)	2.174	1.923	1.385	1.813	2.286	1.091	3.611	1.463	5.000	333
cyc <sub>i</sub> (çevrim/dk)	15	15	15	15	13	13	25	15	16	9
q <sub>i11</sub>	1,15	1,30	1,30	1,60	3,50	5,50	1,80	4,10	2	4,50
q <sub>i21</sub>	66,66	66,66	66,66	66,66	100	166,66	0	0	0	0
q <sub>i31</sub>	0	0	0	0	0	0	125	83,33	83,33	200
q <sub>i41</sub>	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0
q <sub>i51</sub>	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
q <sub>i22</sub>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
q <sub>i32</sub>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Aylık maksimum üretim (1.000 birim)	9.720	9.720	9.720	9.720	5.616	3.369,6	8.640	7.760	8.294,4	1.944

**Tablo E2. Model İçin Gerekli Verilerin Hesaplanması**

	X11	X21	X31	X41	X51	X61	X71	X81	X91	X101
P <sub>i</sub> - c <sub>i0</sub> X <sub>i1</sub> (TL/1.000 birim)	4,78	8,09	8,63	8,78	8,62	12,77	5,42	10,61	3,85	9,56
C <sub>11</sub> q <sub>i11</sub> X <sub>i1</sub>	0,32304 =0,2809 x 1,15	0,36517 =0,2809 x 1,3	0,36517 =0,2809 x 1,3	0,44944 =0,2809 x 1,6	0,98315 =0,2809 x 3,5	1,54495 =0,2809 x 5,5	0,50562 =0,2809 x 1,8	1,15169 =0,2809 x 4,1	0,5618= 0,2809 x 2	1,26405 =0,2809 x 4,5
C <sub>21</sub> q <sub>i21</sub> X <sub>i1</sub>	0,7333= 0,011x 66,66	0,7333= 0,011x 66,66	0,7333= 0,011x 66,66	0,7333= 0,011x 66,66	1,1= 0,011x 100	1,8333= 0,011x 166,66	0	0	0	0
C <sub>31</sub> q <sub>i31</sub> X <sub>i1</sub>	0	0	0	0	0	0	2,5= 0,02x 125	1,6666= 0,02x 83,33	1,6666= 0,02x 83,33	4=0,02x 200
C <sub>41</sub> q <sub>i41</sub> X <sub>i1</sub>	1,2= 0,012x 100	1,2= 0,012x 100	1,2=0,0 12x100	1,2=0,0 12x100	1,2=0,0 12x100	1,2=0,0 12x100	0	0	0	0
C <sub>51</sub> q <sub>i51</sub> X <sub>i1</sub>	0	0	0	0	0	0	1,29= 0,0129x 10	1,29= 0,0129x 10	1,29= 0,0129x 10	1,29= 0,0129x 10
C <sub>12</sub> q <sub>i12</sub> X <sub>i2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C <sub>22</sub> q <sub>i22</sub> X <sub>i2</sub>	44,42= 44,42x1	44,42= 44,42x1	44,42= 44,42x1	44,42= 44,42x1	44,42= 44,42x1	44,42= 44,42x1	0	0	0	0
C <sub>32</sub> q <sub>i32</sub> X <sub>i2</sub>	0	0	0	0	0	0	14,807= 14,807 x1	14,807= 14,807 x1	14,807= 14,807 x1	14,807= 14,807 x1