

Araştırma Makalesi

ÜRÜN KARMASI OPTİMİZASYONU: KISITLAR TEORİSİ İLE REKABET GÜCÜ VE BİR İŞLETMEDE UYGULAMASI**Nurullah YÜKSEL [†], Oğuz BORAT ^{††}**[†] İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye^{††} İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye[†] nurullahyuksel58@gmail.com, ^{††} oborat@ticaret.edu.tr

0009-0007-9672-7448, 0000-0002-2242-6024

Atıf/Citation: YÜKSEL, N., BORAT, O., (2025). Ürün Karması Optimizasyonu: Kısıtlar Teorisi ile Rekabet Gücü ve Bir İşletmede Uygulaması, Journal of Technology and Applied Sciences 8(1) s.289-299, DOI: 10.56809/icujtas.1677673

ÖZET

Günümüz iş dünyasında rekabet, işletmeler için önemli bir odak noktası haline gelmiştir. Bu rekabet ortamında, işletmelerin ürünlerini ve hizmetlerini optimize etme çabaları giderek artmaktadır. Kısıtlar teorisi, bu bağlamda ürün karması yönetiminde ve optimizasyonunda etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Ürün karması, bir işletmenin sunduğu ürün ve hizmet çeşitliliğini temsil eder. Bu çeşitlilik, müşteri taleplerini karşılamada yanı sıra rekabet avantajı elde etmek için de kritiktir. Kısıtlar teorisi, bir işletmenin sınırlı kaynakları içinde en uygun ürün kombinasyonlarını belirleyerek, kârlılığı artırmak ve müşteri memnuniyetini maksimize etmek için kullanılır. Bu teori, veri analitiği, yapay zekâ ve makine öğrenimi gibi teknolojilerle entegre olarak işletmelere rehberlik eder. Ancak, her işletmenin kendine özgü sınırlayıcı faktörleri olduğundan, ürün karmaşası optimizasyonu süreci işletmenin özel koşullarını dikkate almalı ve sürekli olarak verileri analiz ederek yeniden değerlendirmelidir. Sonuç olarak, kısıtlar teorisi altında ürün karmaşası optimizasyonu, işletmelerin rekabet avantajı elde etmede önemli bir stratejik araçtır.

Bu makalede bir cıvata fabrikasında maksimum kar için kısıtlar teorisi altında ürün karması optimizasyonu uygulaması yapılmıştır. Şirketin makine ve hammadde kısıtları ile birlikte ürettiği ürün çeşitlerinden hangilerinin şirketin karını ne kadar etki sağladığı, hangi ürünlerin portföyden çıkarılabileceği LINGO programı ile incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kısıtlar Teorisi, Ürün Karması, Optimizasyon, Rekabet

PRODUCT PORTFOLIO OPTIMIZATION: THE COMPETITIVE EDGE THROUGH THEORY OF CONSTRAINTS AND APPLICATION IN A BUSINESS**ABSTRACT**

In today's business landscape, competition has become a pivotal focus for enterprises. Within this competitive arena, efforts to optimize products and services are increasingly prevalent. Theory of Constraints stands out as an effective tool in managing products and optimizing product portfolios. The product portfolio represents the variety of products and services offered by a business. This diversity is critical not only for meeting customer demands but also for gaining a competitive edge. Theory of Constraints is used to identify the most suitable product combinations within an enterprise's limited resources, aiming to increase profitability and maximize customer satisfaction. Integrated with technologies like data analytics, artificial intelligence, and machine learning, this theory guides businesses. However, as each enterprise has its unique limiting factors, the process of product portfolio optimization should consider the company's specific conditions and continually reassess through data

Geliş/Received	:	16.04.2025
Gözden	:	21.05.2025
Geçirme/Revised	:	
Kabul/Accepted	:	03.06.2025

analysis. In conclusion, product portfolio optimization under theory of constraints is a significant strategic tool for enterprises to gain a competitive advantage.

In this article, product mix optimization application has been made under the theory of constraints for maximum profit in a bolt factory. Which product types produced by the company together with the machine and raw material constraints have an impact on the company's profit and which products can be removed from the portfolio have been examined with the LINGO program.

Keywords: Theory of Constraints, Product Portfolio, Optimization, Competition

GİRİŞ

Günümüzün hızla gelişen iş dünyasında, rekabetçi kalabilmek için kuruluşlar ürün karışımlarını sürekli olarak optimize etmelidir. Şirketlerin ürün hatlarını stratejik olarak yönetme ihtiyacı hem değişen tüketici tercihleri hem de teknolojik gelişmeler sonucunda artmıştır. Ürün karışımı optimizasyonunda, Kısıtlamalar Teorisi bu karmaşık alanın arkasındaki güçlü bir güç olarak ortaya çıkmıştır.

Kısıtlamalar Teorisinin temel amacı, kıt kaynakların kullanımını optimize ederken sonuçları en üst düzeye çıkarmaktır. İşletmeler, ürün seçenekleri yelpazesini kısıtlı kaynaklarla dengelemelerine yardımcı olmak için bu ürün karışımları teorisini bir rehber olarak kullanabilirler. Bir işletmenin tekliflerinin özü, tüketici algısını ve pazar konumlandırmasını da etkileyen ürün karışımlarıdır.

Bu durumda, optimizasyon pazarın gerektirdiğinin ötesine geçmek anlamına gelir. Müşterilere hitap eden ve karlılığı optimize eden iyi tasarlanmış bir ürün hattı sunmak, günümüz iş ortamında rekabet edebilmek için sadece mal satmaktan daha önemlidir.

Ürün karışımı optimizasyonu ile Kısıtlamalar Teorisi arasındaki ilişki bu makalenin ana konusudur. Değişen bir pazarda rekabet avantajı elde etmek için şirketlerin Kısıtlar Teorisini kullanarak ürün tekliflerini stratejik olarak nasıl şekillendirdiklerini araştırır.

1. KISITLAR TEORİSİ: TEMEL İLKELER VE UYGULAMA ALANLAR

1.1. Kısıtlar Teorisi Nedir?

Kısıtlamalar Teorisi, bir sistemi veya süreci etkileyen, sınırlayan veya kısıtlayan unsurları analiz ederek kaynakların en etkili şekilde kullanılmasını garanti eden bir yönetim felsefesidir. Eliyahu M. Goldratt, operasyonel verimlilik, üretim süreçleri ve işletme yönetimi gibi alanlarda önemli bir etkiye sahip olan bu teoriyi geliştirmiştir (Geri ve Ahituv, 2008:343).

Bir sistemin en zayıf veya en kısıtlayıcı bileşenlerini bulmak ve performanslarını iyileştirmek Kısıtlamalar Teorisi'nin temelidir. Bu sınırlamalara odaklanarak, teori bir şirketin veya sürecin performansını artırmayı ve bunu bir zincirdeki en zayıf halka olarak görmeyi amaçlar (Goldratt, 1990:4).

Kısıtlamalar, bir fabrikanın üretim hattı, bir makinenin kapasitesi veya tedarik zincirindeki belirli bir bağlantı gibi şeyleri içerebilir. Bu noktaları belirleyerek ve bu kısıtlamaların performansını iyileştirerek, Kısıtlamalar Teorisi sistemin genel performansını artırmayı amaçlar.

Bu teori, işletmelerin sınırlı kaynaklarını en iyi şekilde kullanmalarına yardımcı olarak, operasyonel verimliliği, üretkenliği ve iş süreçleri optimizasyonunu artırmak için stratejik bir yaklaşım sunmaktadır.



Şekil 1. Kısıtlar Teorisi

1.2. Kısıtlar Teorisi'nin İşletmelere Etkisi

İşletmeler Kısıtlamalar Teorisi'nden önemli ve yaygın bir şekilde etkilenebilir. Bu teorinin fikirlerini uygulayarak işletmeler üretkenliği artırabilir, masrafları azaltabilir ve rekabet avantajı elde edebilir. Kısıtlamalar Teorisi'nin işletmeler üzerinde şu etkileri vardır:

- **Performansın Odaklanması:** İşletmeler Kısıtlamalar Teorisi ile en önemli ve sınırlayıcı faktörler konusunda uyarılır. Sistemin genel performansı, bu noktalardaki performansı iyileştirerek büyük ölçüde artırılabilir.
- **Kaynakların Etkin Kullanımı:** Ana hedefi, mümkün olan en az kaynağı kullanırken sonuçları en üst düzeye çıkarmaktır. Bu teoriyi kaynak tahsisine uygulayarak işletmeler daha verimli hale gelebilir.
- **Karar Alma Süreçlerinde İyileştirme:** Kısıtlamalar Teorisi, karar alırken stratejik ve veri odaklı yöntemlerin kullanılmasını mümkün kılar. Bu sınırlayıcı faktörleri hesaba katarak işletmeler daha iyi kararlar alabilir.
- **Üretkenlik ve Verimlilik Artışı:** Sistemin kısıtlamalarını belirleyerek ve performanslarını iyileştirerek işletmeler daha üretken ve verimli hale gelebilir. Genellikle bu, karlılığı artırır ve giderleri düşürür.
- **Stratejik Planlama ve Yönetimde Değişim:** İşletmelerin uzun vadeli planları ve yönetimi Kısıtlamalar Teorisi tarafından etkilenebilir. İşletmeler, kısıtlamaları sürekli olarak tanıyıp ele alabildiklerinde değişen koşullara hızlı ve uyumlu bir şekilde tepki verebilirler.

Bu sonuçlar, Kısıtlamalar Teorisinin uygulanmasının şirketlerin operasyonel prosedürlerini geliştirmelerine ve rekabet avantajı elde etmelerine nasıl yardımcı olabileceğini göstermektedir. İşletmeler, bu teoriyi uygun şekilde uygulayarak daha verimli, uyumlu ve rekabetçi hale gelebilirler.

1.3. Ürün Karmaşı Optimizasyonunda Kısıtlar Teorisi'nin Rolü

Kısıtlamalar Teorisi, şirketlere ürün portföylerini ürün karışımı optimizasyonunda yönetirken sınırlayıcı faktörleri belirleme ve bunlara odaklanma yeteneği verir. Aşağıdakiler, Kısıtlamalar Teorisinin bu alandaki işlevini özlü bir şekilde açıklamaktadır:

- **Sınırlayıcı Unsurların Belirlenmesi:** İşletmeler, Kısıtlamalar Teorisini uygulayarak ürün karışımlarında belirli unsurların performansının sınırlı olduğu noktaları bulabilir. Sınırlayıcı faktörler, bir ürünün talep seviyesi, üretim kapasitesi, maliyet veya belirli bir tedarik zinciri bağlantısı gibi şeyleri içerebilir.
- **Kritik Odaklanma:** İşletmeler, bu sınırlayıcı faktörlere odaklanarak kaynaklarını bu alanlara yoğunlaştırabilirler. Sonuç olarak, ürün karışımı içindeki önemli ürünler veya prosedürler iyileştirilebilir.
- **Stratejik Ürün Kombinasyonlarının Oluşturulması:** Sınırlayıcı faktörleri hesaba katarak, Kısıtlamalar Teorisi şirketlerin stratejik ürün kombinasyonları geliştirmelerine yardımcı olur. Bu, mevcut kaynakları kullanarak en kazançlı ve etkili ürün gruplarını belirlemeyi mümkün kılar.

- **Sürekli İyileştirme:** Şirketler, Kısıtlamalar Teorisi'nin ilkelerini kullanarak ürün karışımlarını sürekli olarak değerlendirebilir ve geliştirebilirler. Bu, rekabet avantajı elde etmeyi ve değişen piyasa koşullarına uyum sağlamayı kolaylaştırır.
- **Optimize Edilmiş Kaynak Dağıtımı:** Şirketler, ürün portföylerini yönetmek için sınırlı kaynaklarını mümkün olduğunca verimli kullanırlar. Bu, genellikle giderleri azaltma, karlılığı artırma ve müşteri taleplerini karşılama açısından büyük bir fayda sağlar.

Şirketler, mevcut kaynaklarını en iyi şekilde kullanarak, Kısıtlamalar Teorisi'nin ürün karışımı optimizasyonuna uygulanması yoluyla daha rekabetçi ve başarılı ürün portföyleri geliştirebilirler. Genel olarak, bu karlılığı ve müşteri memnuniyetini artırabilir.

2. ÜRÜN KARMASI

2.1. Ürün Karması Kavramı

"Ürün karması" terimi, bir şirket veya markanın sağladığı mal ve hizmetlerin tam dizisini tanımlar. Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse, bir işletmenin müşterilerine sağlayabileceği mal çeşitliliğini ifade eder. Bu fikir, şirketlerin tüketici taleplerini karşılamak, pazar paylarını artırmak ve rekabet avantajı elde etmek için ürettiği veya sağladığı mal ve hizmetlerin tamamını ifade eder.

Ürün karması, genellikle bir şirketin sattığı çeşitli kategorilerden gelen mal, model, varyant veya hizmetlerin bir koleksiyonudur. Örneğin, bir teknoloji şirketinin ürün karışımı, bilgisayarlar, tabletler, akıllı telefonlar, yazılımlar ve aksesuarlar gibi bir dizi öğeden oluşabilir. Bu ürünler çeşitli pazar nişlerine hitap etmek veya çeşitli tüketici taleplerini karşılamak için yapılabilir.

Bir şirketin pazarlama planları, ürün geliştirme prosedürleri ve müşteri seçenekleri, ürün karışımından büyük ölçüde etkilenir. İşletmeler, ürün karışımlarını iyi yöneterek müşteri beklentilerini karşılayabilir ve sadık bir müşteri tabanı oluşturabilir. Ayrıca, müşteri tercihlerini anlayarak ve farklılaştırma sunarak işletmelere rekabet avantajı sağlayabilir (Kaplan & Kasapoğlu, 2014).

2.2. Ürün Çeşitliliği ve Müşteri Talepleri

Tüketici taleplerini karşılamak ve çeşitli ihtiyaçları karşılamak için bir dizi ürün sunmak, ürün çeşitliliği olarak bilinir. İşletmeler genellikle bir dizi mal ve hizmet sunarak müşterilerin değişen tercihlerini, ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılamaya çalışır. (Beksırgakızı, N., 2007, İşletmelerde Müşteri İlişkileri Yönetimi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama)

Müşterilerin ne istediğini etkileyen çok sayıda faktör vardır. Bunlara pazar eğilimleri, değişen talepler, hedef kitle çeşitliliği ve segmentasyonu ve ihtiyaçlar ve tercihler dahildir.

İşletmeler rekabet avantajı elde ederek bu çeşitlilikten faydalanabilirler. Daha fazla ürün seçeneği sunarak çeşitli ihtiyaçlara hitap edebilir ve müşteri memnuniyetini artırabilirler. Bununla birlikte, pazar araştırması, trend analizi ve tüketici geri bildirimi, uygun ürün çeşitliliğinin geliştirilmesi ve yönetimine sürekli olarak dahil edilmelidir.

2.3. Pazar Rekabetinde Ürün Karmasının Rolü

Tüketici tercihleri ve rekabet ortamı sürekli değiştiğinden, ürün karması pazar rekabetinde kritik bir rol oynar. İşletmeler, ürün karması yardımıyla rekabet avantajlarını artırabilir ve müşteri sadakatini teşvik edebilir. Ürün karmasının pazar rekabetindeki işlevi şu şekildedir:

2.3.1. Farklılaşma ve Rekabet Avantajı

Dikkatlice düşünülmüş bir ürün karması, şirketlerin rekabette öne çıkmasını sağlar. Farklı ve çeşitli ürünler sunarak, müşterilerin ilgisini çekmeyi ve sadakatlerinin gelişmesini sağlar.

2.3.2. Müşteri Taleplerine Cevap Verme

Müşterilerin talepleri ve ihtiyaçları farklıdır. Çeşitli müşteri segmentlerine ve ihtiyaçlarına hitap edebilen doğru ürün karması ile daha geniş bir pazar kitlesine hitap etmek mümkün hale gelir.

2.3.3. Pazar Payı ve Büyüme

Doğru ürün karması, mevcut pazarlarda genişlemeyi teşvik edebilir ve yeni pazarlara girmeyi kolaylaştırabilir. Yenilikçi ürünler veya çeşitli pazar segmentlerini hedefleyen ürünler pazar payını artırabilir.

2.3.4. Müşteri Sadakati ve Marka Değeri

Şirketler, geniş bir yelpazede üstün ürünler sunarak müşteri sadakatini artırabilir. Sürekli olarak ihtiyaçlarını karşılayan ve güvenilir ürünler sağlayan markalar, daha sadık müşterilere sahip olma eğilimindedir.

2.3.5. Reaksiyon ve Adaptasyon Yeteneği

Pazarın rekabetçi ortamı sürekli olarak gelişmektedir. Rakiplerin eylemlerine hızlı bir şekilde tepki vermek ve hızla değişen pazar koşullarına uyum sağlamak, doğru ürün karışımıyla daha kolay hale gelir.

Rekabetin yoğun olduğu bir pazarda başarılı olmak için şirketler etkili ürün karışımı stratejileri geliştirmeli ve uygulamalıdır. Etkili ürün karışımı yönetiminin sırrı, müşterilerin ne istediğini bilmek, rekabeti takip etmek ve pazar değişimlerine hızla uyum sağlamaktır.

3. KISITLAR TEORİSİ ALTINDA ÜRÜN KARMASI OPTİMİZASYONUNUN BİR İŞLETMEDE UYGULAMASI

Metal üretim sektöründe 20 çeşit ürünün yapıldığı bir fabrikada makine, hammadde ve talep kısıtları ile birlikte karın maksimizasyonunu sağlayacak üretim miktarlarının bulunması hedeflenmiştir.

Optimizasyon modelinin oluşturulmasında aşağıdaki tabloda sunulan veriler kullanılmıştır.

SIRA	ÜRÜN	HAMMADDE ADI	HAMMADDE (GR)	MAKİNE ADI	AYLIK MAKİNA KAPASİTESİ (ADET)	AYLIK ORTALAMA TALEP (ADET)	MALİYET (TL/KG)	SATIŞ FİYATI (TL/KG)	KAR (TL/KG)	BİR KG'DEKİ ADET	MAKİNA KAPASİTESİ (KG)	AYLIK ORTALAMA TALEP (KG)	NORMALİZASYON
1	M10x1,50x40 ISO 4017	C22B	30,900	410-1	3.600.000	1.000.000	16	18,12	2,12	33	109.091	30.303	0,0000092
2	M10x1,50x70 DIN 933	C22B	47,689	410-1	3.300.000	70.000	16	18,07	2,07	21	157.143	3.333	0,0000064
3	M10x1,50x40 DIN 603	C22B	35,326	410-1	3.600.000	1.000.000	16	18,16	2,16	29	124.138	34.483	0,0000081
4	M6x1,00x40 DIN 912	T-20MNB4	10,403	406-3	1.800.000	1.000.000	17	19	2	97	18.557	10.309	0,0000539
5	M10x1,50x65 DIN 912	T-20MNB4	48,513	410-1	3.600.000	500.000	16	18,24	2,24	21	171.429	23.810	0,0000058
6	M8x1,25x50 DIN 912	C35B	22,454	408-3	2.400.000	1.000.000	15	18,06	3,06	45	53.333	22.222	0,0000188
7	M8x1,25x80 DIN 931	T-20MNB4	35,226	408-3	2.400.000	1.000.000	16	18,17	2,17	29	82.759	34.483	0,0000121
8	M10x1,50x190 DIN 931	T-20MNB4	124,836	410-3	1.800.000	50.000	18	19,36	1,36	9	200.000	5.556	0,0000050
9	M10x1,50x200 DIN 931	C35B	131,840	410-3	1.800.000	50.000	18	19,89	1,89	8	225.000	6.250	0,0000044
10	M10x1,50x160 DIN 931	C23B	106,605	410-3	1.800.000	50.000	18	19,98	1,98	10	180.000	5.000	0,0000056
11	M10x1,50x130 DIN 933	T-20MNB4	47,689	410-1	3.300.000	50.000	17	18,15	1,15	21	157.143	2.381	0,0000064
12	M12x1,75x35 DIN 933	C35B	43,054	412-2	2.850.000	1.000.000	16	18,68	2,68	24	118.750	41.667	0,0000084
13	M8x1,25x50 DIN 933	T-20MNB4	21,630	408-3	2.400.000	1.000.000	17	18,52	1,52	47	51.064	21.277	0,0000196
14	M8x1,25x30 DIN 933	T-20MNB4	15,244	408-3	2.400.000	1.000.000	16	18,58	2,58	66	36.364	15.152	0,0000275
15	M6x1,00x12 ISO 4017	C23B	4,635	406-3	3.600.000	1.000.000	17	18,91	1,91	216	16.667	4.630	0,0000600
16	M5x0,80x12 DIN 933	T-20MNB4	2,884	405-1	1.800.000	1.000.000	17	18,72	1,72	347	5.187	2.882	0,0001928
17	M6x1,00x15 DIN 912	T-20MNB4	5,253	406-3	3.600.000	1.000.000	17	18,51	1,51	191	18.848	5.236	0,0000531
18	M8x1,25x16 ISO 4017	C23B	10,815	408-3	2.400.000	1.000.000	16	18,35	2,35	93	25.806	10.753	0,0000388
19	M6x1,00x80 DIN 912	T-20MNB4	19,261	406-3	1.800.000	1.000.000	17	18,84	1,84	52	34.615	19.231	0,0000289
20	M8x1,25x25 DIN 933	C23B	13,596	408-3	2.400.000	1.000.000	16	18,39	2,39	74	32.432	13.514	0,0000308

Tablo 1. Veriler

3.1. Problem Çözümü

3.1.1. Karar Değişkenleri

- X1= 1 kg. M10x1,50x40 ISO 4017 üretilmesi
- X2= 1 kg. M10x1,50x70 DIN 933 üretilmesi
- X3= 1 kg. M10x1,50x40 DIN 603 üretilmesi
- X4= 1 kg. M6x1,00x40 DIN 912 üretilmesi
- X5= 1 kg. M10x1,50x65 DIN 912 üretilmesi
- X6= 1 kg. M8x1,25x50 DIN 912 üretilmesi
- X7= 1 kg. M8x1,25x80 DIN 931 üretilmesi
- X8= 1 kg. M10x1,50x190 DIN 931 üretilmesi

- X9= 1 kg. M10x1,50x200 DIN 931 üretilmesi
- X10= 1 kg. M10x1,50x160 DIN 931 üretilmesi
- X11= 1 kg. M10x1,50x130 DIN 933 üretilmesi
- X12= 1 kg. M12x1,75x35 DIN 933 üretilmesi
- X13= 1 kg. M8x1,25x50 DIN 933 üretilmesi
- X14= 1 kg. M8x1,25x30 DIN 933 üretilmesi
- X15= 1 kg. M6x1,00x12 ISO 4017 üretilmesi
- X16= 1 kg. M5x0,80x12 DIN 933 üretilmesi
- X17= 1 kg. M6x1,00x15 DIN 912 üretilmesi
- X18= 1 kg. M8x1,25x16 ISO 4017 üretilmesi
- X19= 1 kg. M6x1,00x80 DIN 912 üretilmesi
- X20= 1 kg. M8x1,25x25 DIN 933 üretilmesi

3.1.2.Amaç Fonksiyonu

Amaç fonksiyonumuz cıvata fabrikasının karını maksimize etmektedir.

$$\text{MaxZ} = 2.12X1 + 2.07X2 + 2.16X3 + 2X4 + 2.24X5 + 3.06X6 + 2.17X7 + 1.36X8 + 1.89X9 + 1.98X10 + 1.15X11 + 2.68X12 + 1.52X13 + 2.58X14 + 1.91X15 + 1.72X16 + 1.51X17 + 2.35X18 + 1.84X19 + 2.39X20$$

- 2.12 TL = 1 kg X1'in karı
- 2.07 TL = 1 kg X2'nin karı
- 2.16 TL = 1 kg X3'in karı
- 2 TL = 1 kg X4'ün karı
- 2.24 TL = 1 kg X5'in karı
- 3.06 TL = 1 kg X6'nın karı
- 2.17 TL = 1 kg X7'nin karı
- 1.36 TL = 1 kg X8'in karı
- 1.89 TL = 1 kg X9'un karı
- 1.98 TL = 1 kg X10'un karı
- 1.15 TL = 1 kg X11'in karı
- 2.68 TL = 1 kg X12'nin karı
- 1.52 TL = 1 kg X13'ün karı
- 2.58 TL = 1 kg X14'ün karı
- 1.91 TL = 1 kg X15'in karı
- 1.72 TL = 1 kg X16'nın karı
- 1.51 TL = 1 kg X17'nin karı
- 2.35 TL = 1 kg X18'in karı
- 1.84 TL = 1 kg X19'un karı
- 2.39 TL = 1 kg X20'nin karı

3.1.3.Kısıtlar

a. Makine Kapasitesi Kısıtları

Formül: Katsayı = 1 / Cıvatanın ilgili makinede maksimum üretilme miktarı (kg)

- $0.0001928X16 \leq 1$ - 405-1 Makinesi
- $0.0000539X4 + 0.00006X15 + 0.0000531X17 + 0.0000289X19 \leq 1$ - 406-3 Makinesi
- $0.0000187X6 + 0.0000121X7 + 0.0000196X13 + 0.0000275X14 + 0.0000387X18 + 0.0000308X20 \leq 1$ - 408-3 Makinesi
- $0.0000092X1 + 0.0000064X2 + 0.0000081X3 + 0.0000058X5 + 0.0000064X11 \leq 1$ - 410-1 Makinesi
- $0.000005X8 + 0.0000044X9 + 0.0000056X10 \leq 1$ - 410-3 Makinesi
- $0.0000084X12 \leq 1$ - 412-2 Makinesi

Not: Cıvataların hangi makinede kaç kg üretilebileceği bulundu. Bulunan rakamlardan sonra aynı makinelerde üretilen cıvata çeşitlerini aynı kısıta yerleştirebilmek için bu rakamların 1 ile normalizasyonunu gerçekleştirildi.

- X1 : 410-1 Makinesinde Max üretim miktarı = 109.091 kg, $1 / 109.091 = 0.0000092$
- X2: 410-1 Makinesinde Max üretim miktarı = 157.143 kg, $1 / 157.143 = 0.0000064$
- X3: 410-1 Makinesinde Max üretim miktarı = 124.138 kg, $1 / 124.138 = 0.0000081$

- X4: 406-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 18.557 kg, $1 / 18.557 = 0.0000539$
- X5: 410-1 Makinesinde Max üretim miktarı = 171.426 kg, $1 / 171.426 = 0.0000058$
- X6: 408-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 53.334 kg, $1 / 53.334 = 0.0000187$
- X7: 408-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 82.759 kg, $1 / 82.759 = 0.0000121$
- X8: 410-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 200.000 kg, $1 / 200.000 = 0.000005$
- X9: 410-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 225.000 kg, $1 / 225.000 = 0.0000044$
- X10: 410-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 180.000 kg, $1 / 180.000 = 0.0000056$
- X11: 410-1 Makinesinde Max üretim miktarı = 157.143 kg, $1 / 157.143 = 0.0000064$
- X12: 412-2 Makinesinde Max üretim miktarı = 118.750 kg, $1 / 118.750 = 0.0000084$
- X13: 408-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 51.064 kg, $1 / 51.064 = 0.0000196$
- X14: 408-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 36.364 kg, $1 / 36.364 = 0.0000275$
- X15: 406-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 16.667 kg, $1 / 16.667 = 0.00006$
- X16: 405-1 Makinesinde Max üretim miktarı = 5.188 kg, $1 / 5.188 = 0.0001928$
- X17: 406-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 18.849 kg, $1 / 18.849 = 0.0000531$
- X18: 408-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 25.807 kg, $1 / 25.807 = 0.0000387$
- X19: 406-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 34.616 kg, $1 / 34.616 = 0.0000289$
- X20: 408-3 Makinesinde Max üretim miktarı = 32.433 kg, $1 / 32.433 = 0.0000308$

b. Hammadde Kısıtları

Formül: Katsayı = Cıvata Ağırlığı (Gram) / 1000

- $0.0309X1 + 0.047689X2 + 0.035329X3 \leq 5000$ - C22B Hammadde
- $0.106605X10 + 0.004635X15 + 0.010815X18 + 0.013596X20 \leq 6000$ - C23B Hammadde
- $0.022454X6 + 0.13184X9 + 0.043054X12 \leq 4500$ - C35B Hammadde
- $0.010403X4 + 0.048513X5 + 0.035226X7 + 0.124836X8 + 0.047689X11 + 0.02163X13 + 0.015244X14 + 0.002884X16 + 0.005253X17 + 0.019261X19 \leq 3000$ - 20MNB4 Hammadde

Not: Verilerle birlikte incelenen cıvata çeşitlerinin her birinin adet olarak kaç gram olduğunu tespit edildi. Bunu kg'ye çevirerek her birinin önüne katsayı olarak eklendi.

- X1: C22B Hammadde Miktarı = 30,9 gr, $30,9 / 1000 = 0.0309$
- X2: C22B Hammadde Miktarı = 47,689 gr, $47,689 / 1000 = 0.047689$
- X3: C22B Hammadde Miktarı = 35,329 gr, $35,329 / 1000 = 0.035329$
- X4: 20MNB4 Hammadde Miktarı = 10,403 gr, $10,403 / 1000 = 0.010403$
- X5: 20MNB4 Hammadde Miktarı = 48,513 gr, $48,513 / 1000 = 0.048513$
- X6: C35B Hammadde Miktarı = 22,454 gr, $22,454 / 1000 = 0.022454$
- X7: 20MNB4 Hammadde Miktarı = 35,226 gr, $35,226 / 1000 = 0.035226$
- X8: 20MNB4 Hammadde Miktarı = 124,836 gr, $124,836 / 1000 = 0.124836$
- X9: C35B Hammadde Miktarı = 131,84 gr, $131,84 / 1000 = 0.13184$
- X10: C23B Hammadde Miktarı = 106,605 gr, $106,605 / 1000 = 0.106605$
- X11: 20MNB4 Hammadde Miktarı = 47,689 gr, $47,689 / 1000 = 0.047689$
- X12: C35B Hammadde Miktarı = 43,054 gr, $43,054 / 1000 = 0.043054$
- X13: 20MNB4 Hammadde Miktarı = 24,63 gr, $24,63 / 1000 = 0.02463$
- X14: 20MNB4 Hammadde Miktarı = 15,244 gr, $15,244 / 1000 = 0.015244$
- X15: C23B Hammadde Miktarı = 4,635 gr, $4,635 / 1000 = 0.004635$
- X16: 20MNB4 Hammadde Miktarı = 2,884 gr, $2,884 / 1000 = 0.002884$
- X17: 20MNB4 Hammadde Miktarı = 5,253 gr, $5,253 / 1000 = 0.005253$
- X18: C23B Hammadde Miktarı = 10,815 gr, $10,815 / 1000 = 0.010815$
- X19: 20MNB4 Hammadde Miktarı = 19,261 gr, $19,261 / 1000 = 0.019261$
- X20: C23B Hammadde Miktarı = 13,596 gr, $13,596 / 1000 = 0.013596$

c. Talep Kısıtları

Formül: Talep Miktarı(kg)

- $X1 \leq 30303$
- $X2 \leq 3333$
- $X3 \leq 34483$
- $X4 \leq 10309$

- $X5 \leq 23810$
- $X6 \leq 22222$
- $X7 \leq 34483$
- $X8 \leq 5556$
- $X9 \leq 6250$
- $X10 \leq 5000$
- $X11 \leq 2381$
- $X12 \leq 41667$
- $X13 \leq 21277$
- $X14 \leq 15152$
- $X15 \leq 4630$
- $X16 \leq 2882$
- $X17 \leq 5236$
- $X18 \leq 10753$
- $X19 \leq 19231$
- $X20 \leq 13514$

Not: Çalışmada veri talep edilen şirketten alınan aylık taleplere göre hangi cıvata dan kaç kilogram talep geldiği kısıtlara yansıtılmıştır. Örneğin X1 cıvatasının aylık talebi 30303 kilogramdır.

d. 0 veya 0'dan Büyük Olma Kısıtları (Non-negative)

- $X_i \geq 0$
- $i=1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20$

3.2. Problemin Sonucu

Optimizasyon modeli "LINGO" ortamında uygulandı. Model uygulaması iki temel yolla mümkündür. İlk yol, matematiksel modellemenin "LINGO" dilini kullanmaktır. Karar değişkenlerinin ve kısıtlamaların sayısının aşırı derecede büyük olduğu durumlarda çok kullanışlıdır. İkinci yol, modeli "LINGO" düzenleyicisine açık biçimde, yani tüm kısıtlamalar, parametreler vb. ile hedefin tam bir işleviyle girmektir. Bu, standart doğrusal programlama biçimiyle tutarlı sezgisel bir yaklaşımdır ve küçük optimizasyon modellerinde pratiktir. Modelin boyutuna göre, modelin inşası ve uygulanması ikinci yöntemle gerçekleştirildi. (Yani gerekli veriler manuel olarak girildi).

Global optimal solution found.	
Objective value:	549440.9
Infeasibilities:	0.00000
Total solver iterations:	3
Elapsed runtime seconds:	0.22
Model class:	LP
Total variables:	20
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	0
Total constraints:	31
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	80
Nonlinear nonzeros:	0

Tablo 2. Sonuç Tablosu -1

Tablo 3. Sonuç Tablosu - 2

Variable	Value	Reduced Cost
X1	30.303	0.000000
X2	3.333	0.000000
X3	34.483	0.000000
X4	8.241,635	0.000000
X5	23.810	0.000000
X6	22.222	0.000000
X7	34.483	0.000000
X8	0.000000	1.650.367
X9	6.250	0.000000
X10	5.000	0.000000
X11	1.532,087	0.000000
X12	41.667	0.000000
X13	0.000000	0.5784342
X14	6.080,156	0.000000
X15	0.000000	0.3709024E-01
X16	2.882	0.000000
X17	0.000000	0.3398487
X18	0.000000	0.7634465
X19	19.231	0.000000
X20	0.000000	0.8788510E-01

Simplex yöntemini kullanarak LP üzerinde doğrusal etkileşimli optimize edici LINGO yazılımını çalıştırmanın sonucunda şirketin maksimum karı 549.440,9 \$ olmuştur. Bu karı elde edebilmek için hangi üründen kaç kg. üretmesi gerektiği Tablo 3'te'ki "value" sütununda yer almaktadır. Örneğin maksimum kara ulaşılabilmesi için kısıtlar çerçevesinde X1 ürününden 30.303 kg. üretilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda en fazla üretilmesi gereken cıvata çeşidi 41.667 kg. ile X12 olmuştur. Ardından sırasıyla 34.483 kg. ile X7 ve X3 civataları gelmektedir.

Azaltılmış maliyet sütunu, ilgili ürünün birim karı sütunda yer alan miktar kadar artsa dahi çözümde bir değişiklik olmayacağını örneğin X8 ürününün birim karı 1.650367 \$ artsa bile toplam çözümde bir değişiklik olmayacağını ve X8 ürününün üretim miktarının yine 0 olacağını ifade eder. X8 ürününün birim karı 1.650367 \$'dan daha fazla artarsa problem yeniden çözülmesi gerekmektedir.

Problem sonucuna göre X8, X13, X15, X17, X18, X20 civatalarının üretimi maksimum karı etkilemediğinden ürün portföyünden çıkarılabileceği gözlemlenmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Kısıtlar Teorisi'nin işletmelerin ürün karmaşı yönetimindeki rolünü inceledi ve birçok önemli sonuç ortaya çıkardı. Kısıtlar Teorisi'nin ürün çeşitliliği, pazar rekabeti ve operasyonel verimlilik üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, şu noktalar öne çıkmaktadır:

- **Sınırlayıcı Faktörlerin Belirleyici Rolü:** Kısıtlar Teorisi, işletmelerin ürün karmaşı yönetiminde sınırlayıcı faktörleri belirlemede ve bu faktörlere odaklanarak stratejiler geliştirmede kritik bir rol oynar. Bu faktörlerin doğru tanımlanması, kaynakların etkin kullanımını sağlar. Bu çalışmanın sonucunda çıkan şekilde hammadde, talep ve makine kısıtlarına göre hangi ürünlerin üretilmesi ve hangi miktarda üretilmesi gerektiği kısıtlar teorisi sayesinde saptanmıştır.
- **Verimlilik ve Maliyet Optimizasyonu:** Bu çalışmadaki gibi sınırlı kaynaklarla çalışan işletmeler, Kısıtlar Teorisi sayesinde ürün portföylerini verimli bir şekilde yönetebilir ve maliyetleri azaltarak karlılığı artırabilir. İlgili şirket ürün çeşitliliği 20 üründen 14 ürüne düşürerek elindeki hammadde ve makinalarını verimli kullanabilir, maliyetlerini optimize ederek maksimum karlılığa ulaşabilir.

- **Pazar Rekabetinde Farklılaşma:** Doğru bir ürün karması stratejisi, işletmelerin pazarda farklılaşmasını sağlar. Müşteri ihtiyaçlarına ve taleplerine uygun ürünler sunmak, rekabet avantajı sağlayabilir. İlgili şirket 6 ürünün portföyünden çıkartarak doğru ürünlere odaklanabilir.
- **Sürekli İyileştirme ve Adaptasyon:** Kısıtlar Teorisi, işletmelerin sürekli olarak ürün karmasını gözden geçirmesine ve değişen pazar koşullarına hızlı bir şekilde adapte olmasına olanak tanır. Şirket ürünlerin taleplerini sürekli olarak izleyerek ürün portföyünde ekleme ve çıkarma yapabilir. Bunun sayesinde dönemsel talepleri doğru ve karlı bir şekilde karşılayabilir.
- **Stratejik Karar Alma Süreçlerine Etki:** İşletmeler, Kısıtlar Teorisi'ni stratejik karar alma süreçlerine entegre ederek daha bilinçli ve etkili kararlar alabilir. Çalışmada şirket ürün portföyünden 6 ürünü çıkartarak stratejik bir karar almış olacaktır. Ayrıca maksimum karlılık sağlandığında stratejik kararlarla şirket büyümeye gidebilecek ve hammadde / makine kısıtları genişletilebilecektir.

Bu sonuçlar, Kısıtlar Teorisi'nin ürün karması optimizasyonunda işletmelere sağladığı değeri vurgular. Gelecekteki çalışmalar, bu teorinin daha geniş bir şekilde benimsenmesi ve farklı sektörlerdeki uygulamalarının derinlemesine incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

***Not:** Bu makale, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Prof. Dr. Oğuz Borat danışmanlığında, Nurullah Yüksel tarafından yürütülecek olan, "BİR CIVATA FABRİKASINDA KISITLAR TEORİSİ ALTINDA ÜRÜN KARMASI OPTİMİZASYONU UYGULAMASI" başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.*

KAYNAKLAR

1,5 Milyar Dolarlık İhracat Hedefi. (2020). Çelik İhracatçıları Birliği: <http://www.cib.org.tr/tr/cib-gundem-baglanti-elemanlari-sektoru-15-milyar-dolarlikihracathedefine-urge-ile-yuruyecek.html> adresinden alındı.

Alp, S., & Çakır, E. (2006). Bağlantı Elemanları Sektör Raporu

Altay, E. (1990). Doğrusal Programlama Tekniği ile Ürün Karması Probleminin Çözümü ve T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Ders Aletleri Yapım Merkezi'nde Bir Uygulama. Ankara

Ariak, N. (2019). Malatya Çivi ve Tel Üretim Tesisi Yatırım Fizibilitesi. Malatya

Atan, M. (1998). Hedef Programlama Tekniği ile Ürün Karması Probleminin İncelenmesi ve Orsan A.Ş.'de Bir Uygulama. Ankara

Bağlantı Elemanları. (2020). <https://baglantielemanlari.com>

Bağlantı Elemanları Sektör Notu. (2008). İstanbul Maden ve Metaller İhracatçı Birlikleri: [Http://www.immib.org.tr/](http://www.immib.org.tr/) adresinden alındı.

Bakır, Z. (2019). Makine Sektörü Verimlilik Merkezi Fizibilite Raporu. Ankara

Ayvaz, B. ve Borat, O. (2022). Sistem Analizi ve Tasarımı, s.209. Nobel Akademik Yayıncılık. Ankara. ISBN 978-625-417-545-9

Cıvata Üretimi Hakkında. (2014). Genç Makinacı: <http://Gencmakinaci.Blogspot.Com/2014/04/Civata-Uretimi-Hakkında.Html> Erişim: 15.11.2024

Çoban Özkan, D., & Ünlü, B. (2016). Kaynak Cıvata ve Somunlarının Çeşitleri, Üretimi, Yöntemi ve Kullanım Alanları. Manisa

Çoban, D., & Ünlü, B. (2015). Cıvata ve Somunların Çeşitleri ve Üretimi. Manisa

Hemendra Lal Gunasekaran, Zainali, S., & Aghapour, A. (2014). The Optimization Problem Of Product-Mix and Linear Programing Applications; A SingleCase Study in Tea Industry. Malezya

İskender, S. (2009). Sektör Sorunları. s.59

Kaplan, B. (Tarih Yok). Kısıtlar Teorisi Altında Ürün Karması Optimizasyonu

Kaplan, B., & Akçay Kasapoğlu, Ö. (2014). Ürünler Karması Optimizasyonu Kararlarında Ürün Karması Kullanımı ve Bir Uygulama. İstanbul

Karaçizmeli, İ. H. (2012). Bir Tekstil İşletmesinde Faaliyet Bazlı Maliyetlendirme Temelli Ürün Karması Probleminin Çözümünde Doğrusal Programlama Yaklaşımı. Adana

Özke, N. (2020). Kısıtlar Teorisi Yaklaşımı ile Süreç Analizi Ve Ürün Karması Optimizasyonu. Adana

Üretimin Birleştirici Gücü: Bağlantı Elemanları. (2019). Moment Expo: [Http://Www.Moment-Expo.Com/](http://Www.Moment-Expo.Com/) adresinden alındı.

Blackstone, J. H. (2001). Theory Of Constraints – A Status Report. International Journal Of Production Research, Vol.39, No. 6

Kaplan, B., (2010). Kısıtlar Teorisi Altında Ürün Karması Optimizasyonu, Üretim Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul Üniversitesi

Lee, T. N., Plenert, G. (1993). Optimizing Theory Of Constraints When New Product Alternatives Exist. Production And Inventory Management Journal, Third Quarter

Aryanezhad, M. B.G. Ve Komijan, (2004). An Improved Algorithm For Optimizing Product Mix Under The Theory Of Constraints. International Journal Of Production Research, Vol.42, No.20

Plenert, G., (1993). Optimizing Theory Of Constraints When Multiple Constrained Resources Exist. European Journal Of Operational Research, Vol.70, No.1. North Holland

TEŞEKKÜR ve BEYANLAR

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale tek bir yazar tarafından yazıldığı için herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.