

MONTAJ TİPİ SÜREÇLERDE ÜRETİMİN ENÇOKLANMASINA İLİŞKİN BİR TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA UYGULAMASI

*Hayrettin Kemal SEZEN**

Özet

Bu çalışma; modüler nitelikte ürünlere ilişkin üretim sistemlerinde kapasite kullanımını ençoklayacak üretim bileşimini belirlemeye yöneliktir. Bu amaçla önce üretilen nihai ürünler ve bu ürünlerin bileşiminde yer alan yarı ürünler, her bir nihai ürünün bileşimindeki yarı ürünlerin nihai üründe ne miktarda bulunduğu, bunun yanısıra her bir yarı ürüne ilişkin işlem süreci, temel girdi miktarları, firmada bulunan makine sayıları ve herbir makinede çalışan personel sayıları belirlenmiştir. Daha sonra yarı ürün denge, talep alt ve üst sınır kısıtlayıcıları ile makine kısıtlayıcılarına bağlı olarak üretilen ürünlerin ençoklanmasını hedefleyen bir Tamsayılı Doğrusal Programlama modeli oluşturulup çözülmüştür. Çözüm sonucunda kapasite kullanımını ençoklayan optimum ürün bileşimi, herbir makineye ilişkin kullanılan zaman ve atıl kapasite, gereksinim duyulan işgücü saat değerleri belirlenmiştir. Son olarak çözümün duyarlılığı irdelenmiş ve üretim düzeyinin daha yukarı nasıl çekilebileceği ortaya konulmuştur.

***Anahtar Kelimeler:** Tamsayılı Doğrusal Programlama, modüler ürün, ürün ağaçları, kestirim yöntemleri, duyarlılık analizi.*

1. GİRİŞ

Modüler tip ürünler, nihai ürünlerin; birden fazla yarı ürünün atölye yada teslim noktasında birleştirilmesi ile elde edildiği ürünlerdir. Bu tür süreçlere ilişkin yapılan tedarik ve üretim planlama çalışmaları ağırlıklı olarak yarı ürün üretimi ve girdilerin tedarikçilerden sağlanmasına yönelik olacaktır. Yine bu tür süreçlerde müşteri ilişkileri nihai ürün düzeyinde sağlanmakta, satış düzeyleri, talep kestirimleri nihai ürünler üzerinden

* Prof.Dr. Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve idari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü,
Yönelem Anabilimdalı, kemal@uludag.edu.tr

yapılmaktadır. Bu çalışmada market-mağaza reyonları üretimi yapan firmanın önce üretim süreci ve satışları analiz edilecek daha sonra bir Tamsayı Doğrusal Programlama modeli oluşturulacaktır.

2. ÜRÜNLER

Firmada 18 yarı ürün (Yarı ürün adları Tablo 2’de görülebilir) ve bu yarı ürünlerin montajı sonucunda da 22 farklı türde nihai ürün (Nihai ürün adları Tablo 8’de görülebilir) üretilmektedir. Nihai ürünlerin (sütunlar) yarı ürün bileşimleri (satırlar) Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Nihai Ürünlerin Yarı Ürün Bileşimleri

Yarı ürün Kodu	Nihai Ürün Kodu																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	2	
2				1	1			1	1			1	1				1	1					
3						1	1			1		1				1			2				
4				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2			
5				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2				
6				2	2	2	2					1	1	1	1	1	1	1	2				
7										2	2	2	2			2	2		4				
8	12	12	8	10	10	10	10	10	10	10	8	10	10	10	8	12	12	12	20	16	16	8	
9	4	3	2	4	4	4	3	4	3					1				6	4		4		
10			1												1			1	1	1	1	1	
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	
12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	4	4	2	2	
13	9	9	5	7	7	7	7	7	7	7	7	5	7	7	7	1	1	1	2	14	10	2	5
14	6	6	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	1	1	1	1	10	8	2	4
15	6	6	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	1	1	1	1	10	8	2	4
16										1						1	1	1					
17				2	3	3	3			2	3	3	3	1				1			2		
18																3	5	5	5			6	

Montaja bağlı olarak bazı yarı ürünlerin kullanımında nihai ürün başına düşen yarı ürün sayıları değişmektedir. Bu nedenle her bir nihai ürün bileşiminde bu yarı ürünlerin ne miktarda bulduklarına ilişkin değerler, geçmiş satış verilerinden hareketle belirlenmiştir. Örneğin yapılan araştırmada ortalama 100 adet Düzduvar reyonu (220) montajı için 110 adet Ayak kullanıldığı belirlenmiştir (ortalama onlu gruplar şeklinde montaj nedeniyle başta ve sonda birer, reyon aralarında birer olmak üzere onluk bir reyon kümesinde onbir adet Ayak kullanılır).

Tablo 2: Yarı ürünlere ilişkin ürün ağaçları

Tablo 2.1.1. Ayak				Tablo 2.1.2. Tek Yönlü Ayak			
İS¹	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES²	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	12.2	3	1	3 M Makas	10.60	3
2	60 T Pres	72.60	1	2	60 T Pres	94.40	1
3	120 T Abgant	79.43	1	3	120 T Abgant	79.43	1
4	Elektrik kaynağı	503.50	1	4	Elektrik kaynağı	372.50	1
5	Sulu testere	110.40	1	5	Sulu testere	110.40	1
6	Tel makası	4.40	1	6	Tel makası	4.40	1
7	Gazaltı kaynağı	124	1	7	Gazaltı kaynağı	124	1
8	80 T Pres	10.40	1	8	80 T Pres	10.40	1

1 IS; İşlem sırasını göstermektedir

2 MKES: Makineyi kullanan eleman sayısını göstermektedir

Tablo 2.1.3. Çift Yönlü Ayak				Tablo 2.2. Işıklı Şapka Ön Alın			
IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	10.60	3	1	3 M Makas	52.20	2
2	60 T Pres	94.40	1	2	60 T Pres	44.20	1
3	120 T Abgant	79.40	1	3	15 t. press	17.10	1
4	Elektrik kaynağı	455.40	1	4	15 t. Press	23.15	1
5	Sulu testere	220.80	1	5	30 t. Abgant	28.37	1
6	Tel makası	248	1	6	Kollu press	33.50	1
7	Gazaltı kaynağı	4.40	1	7	Punta	185	2
8	80 T Pres	20.80	1	8	Eğeleme - Temizleme	72	1
Tablo 2.3. Işıksız Şapka Ön Alın				Tablo 2.4. Şapka Köprüsü			
IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	52.20	2	1	1.3 M Makas	52.20	2
2	15 t. press	17.10	1	2	30 t. Abgant	25.33	1
3	15 t. press	23.15	1				
4	30 t. Abgant	28.37	1				
5	Kollu press	27.77	1				
36	Punta	114	1				
7	Eğeleme ve temizleme	72	2				
Tablo 2.5. Şapka Üst Sacı				Tablo 2.6. Şapka Yan Sacı			
IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	1761	2	1	1.3 M Makas	11.90	2
2	15 t. press	32	1	2	30 t. press	7.60	1
3	30 t. Abgant	1338	1	3	30 t. press	19	1
4	Kollu press	3730	1	4	15 t. press	23.15	1
				5	30 t. Abgant	10.70	1

Tablo 2.7. Şapka Yanağı				Tablo 2.8. Yanak			
IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	0.20	2	1	3 M Makas	1.11	2
2	1.3 M Makas	2.81	2	2	1.3 M Makas	3.80	2
3	60 t. press	4.60	1	3	60 t. press	5.37	1
4	30 t. press	5.36	1	4	30 t. press	7.05	1
				5	1.3 M Makas	5.15	2

Tablo 2.9. Arka Sac				Tablo 2.10. Orta Reyon Üst Kapak			
IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	23.97	2	1	1.3 M Makas	11.90	2
2	15 t. press	20.50	1	2	15 t. press	19	1
3	15 t. press	28.90	1	3	30 t. Abgant	24.07	1
4	30 t. Abgant	27.27	1				
5	Kollu press	36.58	1				

Tablo 2.11. Alt Ön Alın				Tablo 2.12. Dokuzluk Düz Raf			
IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	1.3 M Makas	7.13	2	1	3 M Makas	3.59	2
2	15 t. press	9.60	1	2	1.3 M Makas	3.79	2
3	15 t. press	21	1	3	30 t. press	23.50	1
4	30 t. Abgant	33.20	1	4	90 t. Abgant	12.97	2
5	Kollu press	28.75	1	5	90 t. Abgant	9.56	2
				6	60 t. press	14.46	1

Tablo 2.13. Ondörtlük Düz Raf				Tablo 2.14. Etiketli Raf			
IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	3.60	2	1	3 M Makas	4.88	2
2	1.3 M Makas	4.33	2	2	1.3 M Makas	4.20	2
3	30 t. press	23.50	1	3	60 t. press	23.32	1
4	90 t. Abgant	12.97	2	4	90 t. Abgant	12	2
5	90 t. Abgant	9.56	2	5	30 t. Abgant	6.99	2
6	60 t. press	14.46	1	6	60 t. press	14.46	1

Tablo 2.15. Etiketli Raf Köprüsü				Tablo 2.16. Ayna Çıtası			
IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	7.20	2	1	3 M Makas	7.20	2
2	80 t. press	9.18	1				
3	80 t. press	9.67	1				
4	120 t. Abgant	21.10	1				
5	Punta	35	1				

Tablo 2.17. Telli Arka				Tablo 2.18. Züccaciye cam çerçevesi			
IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	7.20	2	1	3 M Makas	7.20	2

3. ÜRÜN AĞAÇLARI

Yarı ürünlere ilişkin hazırlanan; işlem sırası, işlem süresi, kullanılan makine ve eleman sayısı bilgilerini içeren ürün ağaçları Tablo 2'deki gibidir. Her bir yarı ürünün, üretim sürecindeki makinelerde ne kadar zamanda ve hangi sırada işlendiğine ilişkin bilgiler ürün ağacı tablolarında görülmektedir. Ayrıca her bir makinenin en etkin şekilde kaç kişi tarafından kullanılabilceği de yine söz konusu tablolarda yer almaktadır. Üretim süreci; iş atolyesi (job shop) türü bir süreçtir (İş atolyesi tür üretim süreçleri için bkz, Çelikçapa 1999).

4. SATIŞ VERİLERİ VE TALEP KESTİRİMLERİ

4.1. Satış Verileri

Firmaya ilişkin gerçekleşen satış verileri nihai ürünler temel alınarak derlenmiştir ve yirmi iki farklı nihai ürünün satış değerleri aylık olarak belirlenmiştir. Örnek olarak Tablo 3'te iki nihai ürüne ilişkin (Gıda Duvar Reyonu 220, Gıda Duvar Reyonu 200) değerler sunulmuştur. Her bir nihai ürünle ilgili satış verilerinin altında, bu verilere ilişkin hesaplanmış olan aritmetik ortalama (AO) ve standart sapma (SS) değerleri de yer almaktadır.

Tablo 3: Gıda Duvar Reyonu (220,200) Satış Verileri

Tarih	Gıda Duvar Reyonu	
	(220)	(200)
2003-01	14	68
2003-02	35	115
2003-03	10	172
2003-04	21	140
2003-05	40	191
2003-06	44	163
2003-07	60	81
2003-08	48	103
2003-09	52	171
2003-10	71	210
2003-11	64	460
2003-12	80	390
2004-01	87	220
2004-02	102	90
2004-03	90	134
2004-04	71	245
2004-05	38	371
2004-06	61	334
2004-07	70	161
2004-08	115	245
2004-09	120	466
2004-10	141	421
2004-11	71	272
2004-12	161	360
2005-01	180	440
2005-02	191	220
2005-03	200	193
Σ	2237	6436
AO	83	238
SS	52	121

4.2. Talep Kestirimleri

Firmanın geçmişteki satış verilerinden hareketle gelecek bir yıllık döneme ilişkin talep değerleri aylık olarak kestirilmiştir. Yıllık talep değerleri; aylık kestirimlerin toplamı alınarak belirlenmiştir. Kestirim için Basit Ortalama (Simple Average (AV)), Hareketli Ortalama-Sabit Süreç (Moving Average (MA) Constant Process), Hareketli Ortalama-Doğrusal Trend Süreci (Moving Average (MA) - Lineer Trend Process), Basit Üssel

Düzeltilme (Single Exponential Smoothing (SE)), Trend Ayarlamalı Üssel Düzeltilme (Exponential Smoothing With Trend Adjustment (ET)), Uyarlanmış Üssel Düzeltilme (Adaptive Exponential Smoothing (AE)) teknikleri (geniş bilgi için bkz Vollmann 1992, Demir 1994) kullanılmıştır. Her bir nihai ürüne ilişkin veriler; bu tekniklerden birkaçına birden uygulanmıştır. Beklentilere ve satış politikasına uygun sonuçlar veren teknik, kestirim tekniği olarak seçilmiştir. İki farklı nihai ürün için kestirim değerleri Tablo 4'de verilmiştir. Tablonun altında kestirim için seçilen teknik ve bu tekniklere ilişkin parametre değerleri görülebilir.

Tablo 4: Talep kestirimleri

Tarih	Işıksız Şapkalı Duvar Reyonu (200)	Spot ışıklı Reyon (200)
2005-04	99	240
2005-05	104	248
2005-06	108	257
2005-07	113	265
2005-08	118	273
2005-09	122	282
2005-10	127	290
2005-11	131	299
2005-12	136	307
2006-01	140	315
2006-02	145	324
2006-03	150	332
ÜS	1493	3432
AS	424	1010
Teknik	(ET)	(ET)
α	0.2	0.2
β	0.1	0.1
Dönem	-	-
MAD	20	37
MSE	692	2131
Bias	-10.	-21.8

Tabloda yeralan ifadelerin anlamları şöyle açıklanabilir:

US; gelecek dönemde satılabilecek en fazla miktarı

AS; gelecek dönemde satılabilecek en az miktarı

α ; Taban düzeltme sabitini ($0 \leq \alpha \leq 1$)

β ; Trend düzeltme sabitini ($0 \leq \beta \leq 1$)

MAD ; Ortalama Mutlak Sapma (Mean absolute deviation)

MSE ; Ortalama Kare Hata (Mean square error)

Bias ; Ortalama Hata (Mean error)

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |GerçekleşenSatt_i - KestirilenTalep_i|}{n}$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (GerçekleşenSatt_i - KestirilenTalep_i)^2}{n}$$

$$Bias = \frac{\sum_{i=1}^n (GerçekleşenSatt_i - KestirilenTalep_i)}{n}$$

n; kestirim dönem sayısını göstermektedir (bkz. VOLLMANN, 1992).

5. ANALİZ DÖNEMİ

Programlama modelleri için analiz döneminin belirlenmesinde; yeni ürünlerin üretime girip girmeyeceği, makine kapasitesindeki değişiklikler, satış kestirimleri gibi etmenler etkilidir. Söz konusu etmenler göz önünde tutularak çalışmada analiz döneminin 1 yıl alınması uygun görülmüştür.

6. MAKİNE VE KALIP ÇALIŞMA SÜRELERİNİN BELİRLENMESİ

Firmanın elindeki makineler için belirlenen çalışma süreleri (makine kapasiteleri); makine kısıtlayıcılarına ilişkin sağ taraf sabitleri (RHS) olarak modelde yer alacaktır. Makine kapasitesi; makine sayısı ile söz konusu dönemde çalışılacak zaman değerinin çarpımı şeklinde belirlenir. Buna bağlı olarak modelde kullanılacak makine kısıtlayıcılarına ilişkin sağ taraf sabitleri;

$$\text{Sağ Taraf Sabiti (RHS)} = [\text{Makine sayısı} * \text{Yıllık çalışma süresi}]$$

$$\text{Yıllık çalışma süresi} = [\text{Yılda çalışılan hafta sayısı (52)} * \text{Haftalık çalışma süresi}]$$

$$\text{Haftalık çalışma süresi(saniye)} = [(45 \text{ saat} * 3600) * \text{Çalışılacak vardiya sayısı (3)}]$$

şeklinde belirlenir. Belirlenen çalışma süreleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5: Makineler için elverişli çalışma süreleri

Makineler	Çalışma Süresi (Saniye) (RHS)
Makas (3m+1.3m)	50544000
Pres (80 ton)	25272000
Pres (60 ton)	25272000
Pres (15 ton)	101088000
Abgant (120 ton)	25272000
Abgant (90 ton)	25272000
Abgant (30 ton)	50544000
Kollu Pres	75816000
Punta	101088000
Eğeleme-Temizleme	101088000
Elektrik Kaynağı	50544000
Sulu Testere	50544000
Tel Makası	50544000
Gazaltı Kaynağı	50544000

Kalıplar için hesaplanan çalışma süreleri, modelde kalıp kısıtlayıcılarına ilişkin sağ taraf sabitleri (RHS) olarak kullanılacaktır. Söz konusu değerler makine çalışma zamanlarına benzer şekilde hesaplanmıştır. Kalıp çalışma zamanları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: Kalıplar için Elverişli Çalışma Süreleri

Kalıp türü	Çalışma Süresi (Saniye) (RHS)	Kullanıldığı makine
B	50544000	Pres (60 ton)
D	50544000	Pres (60 ton)
E	50544000	Pres (30 ton)
A3	25272000	Pres (60 ton)
G	50544000	Pres (15 ton)
K	25272000	Pres (30 ton)
F	25272000	Pres (30 ton)

7. TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ

Modelde yer alan karar değişkenleri nitelikleri gereği tamsayı değerler almalıdırlar. Amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcılara ilişkin değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrusal olması (Doğrusal Programlama için bkz. Öztürk 2001) nedeniyle, model bir Tamsayı Doğrusal Programlama modeli olmalıdır (Tamsayı Programlama için bkz Halaç 2001, Sezen 2004, Tulunay 1980, Winston 1991).

7.1. Değişken Tanımlaması

Modelde yer alan değişkenler $X_{i,j}$ simgesi ile tanımlanmıştır. Simgede, X; değişkenin adını, i; nihai ürün numarasını, j; yarı ürün numarasını göstermektedir. Örneğin $X_{2,1}$ ile 2 numaralı nihai ürün birleşiminde yer alan 1 numaralı yarı ürün Gıda Duvar reyonu (200) için kullanılan Ayak simgelenmektedir. Modelde toplam 254 karar değişkeni vardır.

7.2. Amaç Fonksiyonu

Amaç fonksiyonu Ek 1'de sunulmuştur. Fonksiyonda yer alan her bir değişkenin katsayısının 1 olduğu görülmektedir. Bunun nedeni üretilecek ürünlere ilişkin kâr oranlarının eşit olmasının yanı sıra üretim açısından ürünler arasında herhangi bir tercihin söz konusu olmamasıdır. Amaç üretim kapasitesinin belirlenmesi diğer bir deyişle en fazla ürün üretiminin gerçekleştirilmesi olduğundan, amaç fonksiyonunun yönü "Enbüyükleme" şeklinde tanımlanmıştır.

7.3. Kısıtlayıcılar

Araştırmaya konu firmada nitelikli ya da niteliksiz işgücü ve enerji tedarikinde bir darboğaz söz konusu değildir. Temel kısıtlamalar makine kapasitesi ve talep odaklıdır. Model; 22 adet makine ve kalıp (1-22), 231 adet yarı ürün denge (23-254), 44 adet talebe ilişkin alt ve üst sınır (255-298) olmak üzere toplam 298 kısıtlayıcı içermektedir. Değişkenlerin negatif olmama ve tamsayı değerler alma kısıtı modelin sonuna eklenmiştir.

7.3.1. Makine ve Kalıp Kısıtlayıcıları

Makine ve kalıp kısıtlayıcıları Ek 2'de sunulmuştur. Makine kısıtlayıcılarının nasıl oluşturulduğunu Makas'a ilişkin 12 numaralı kısıtlayıcıyı ele alarak açıklayalım. Makas kısıtlayıcısının sol yanında; makasda işlenmesi gereken yarı ürünler ve işlem süreleri yer almaktadır.

Örneğin; 7.2X21,18 ifadesi; 21 numaralı nihai ürün *Züccaciye çift yönlü orta reyon (110)* bileşiminde yer alan 18 numaralı yarı ürün *Züccaciye cam çerçevesi*'nin makasda 7.2 saniyelik işlem zamanına gereksinim duyduğunu göstermektedir.

Makas kısıtlayıcısının sağ tarafında ilgili dönem için elverişli çalışma zamanı yer almaktadır. Yarı ürünlerin makasda işlenebilmeleri açısından firmanın elinde mevcut iki makasın türdeş kabul edilmesinde bir sakınca görülmemiştir. Çünkü 3 metrelik makasın özel iş yükü (1.3 metrelik makasda işlenmesi mümkün olmayan iş miktarı), toplam makas iş yükünün yaklaşık % 15'ine karşılık gelmektedir. Dolayısıyla 3 M'lik makas niteliği gereği makas kümesi için bir darboğaz oluşturmamaktadır. Buna bağlı olarak makas kapasitesi belirlenirken; bir yıl içindeki toplam çalışma zamanı ile firmadaki makas sayısı (2) çarpılmıştır. Makas kısıtlayıcısında yer alan eşitsizliğin yönü \leq olarak alınmıştır. Çünkü eşitsizliğin solunda yer alan makasda işlenecek yarı ürünlere ilişkin işlem sürelerinin toplamı, eşitsizliğin sağında yer alan makas kapasitesinden küçük olmalıdır. Diğer makine ve kalıp kısıtlayıcıları da aynı yöntem izlenerek hazırlanmıştır.

Eğeleme ve temizleme işleminde kullanılan makineler düşük fiyatla her an sağlanabileceklerinden firma için önemli bir kısıtlama oluşturmamaktadırlar. Ancak bu kısıt; işgücü gereksiniminin model tarafından belirlenmesini sağlamak için modele dahil edilmiştir. Kısıtlamaya ilişkin sağ taraf sabiti büyük bir değer olarak alınmıştır.

7.3.3. Yarı Ürün Denge Kısıtlayıcıları

Yarı ürün denge kısıtlayıcıları Ek 3'de sunulmuştur. Uygun miktarlarda yarı ürün üretimi; üretilen tüm yarı ürün parçalarının nihai ürün üretiminde kullanılmasını gerektirir. Örneğin Tablo 1'deki bilgilere bağlı olarak gıda duvar reyonu (220) 'den 10 adet üretebilmek için 11 adet ayak (X1,1), 120 adet yanak (X1,8), 40 adet arka saç (X1,9), 10 adet alt ön alın (X1,11), 20 adet dokuzluk düz raf (X1,12), 90 adet on dördlük düz raf (X1,13), 60 adet etiketli raf (X1,14), 60 adet etiketli raf köprüsü (X1,15) üretilmesi gerektiği görülmektedir. Gıda duvar reyonu (220) için üretilmiş olan ayak miktarından (X1,1), elde edilebilecek nihai ürün adedi $(X1,1)/(1.1) = 0.91 X1,1$ şeklinde belirlenir. Benzer olarak, gıda duvar reyonu (220) için üretilmiş olan yanak miktarından (X1,8) elde edilebilecek ürün sayısı $(X1,8) / 12 = 0.08 X1,8$ şeklinde belirlenir. Bu iki denklemden hareketle $(X1,1)/(1.1) = (X1,8) / (12)$ denklemi yazılabilir. Denklem anlamı şöyle açıklanabilir: Gıda duvar reyonu (220) elde etmek için üretilecek her 1.1 adet ayağa karşılık 12 adet yanak üretilmelidir. Dolayısıyla söz konusu denklem yarı ürünlerin dengesiz olarak üretilmesini engelleyecektir. Denklem; $(X1,1)/(1.1) - (X1,8) / (12) = 0$ ya da $0.91 X1,1 - 0.08 X1,8 = 0$ şeklinde de yazılabilir.

Gıda duvar reyonu (220) bileşiminde yer alan diğer yarı ürünler ($X_{1,j}$) için denge denklemleri de benzer şekilde oluşturulur (bkz. 23-29 numaralı kısıtlayıcılar). Diğer nihai ürünlere ilişkin denge denklemleri (30-254) de aynı mantıkla oluşturulmuştur.

7.3.2. Talep Üst ve Alt Sınır Kısıtlayıcıları

Talep üst ve alt sınır kısıtlayıcıları Ek 4'de sunulmuştur. Sınır kısıtlayıcıları olarak kullanılmak amacıyla nihai ürün talep kestirimlerinden hareketle alt ve üst sınır değerleri belirlenmiştir. Alt sınır değeri herhangi bir nihai üründen üretilmesi gereken en az miktarı, üst sınır değeri ise en çok miktarı göstermektedir. Nihai ürün sınır kısıtlayıcılarını göstermek üzere yarı ürünler kullanılmıştır. Örneğin 1 numaralı nihai ürün bileşiminde 11 numaralı yarı üründen yalnızca 1 adet kullanılmaktadır (bkz. Tablo 1). Dolayısıyla; bu yarı ürüne ilişkin hazırlanmış olan 276 numaralı üst sınır kısıtlayıcısı ($X_{1,11} \leq 2588$) aynı zamanda 1 numaralı nihai üründen en fazla 2588 adet üretilbileceği anlamı taşımaktadır.

7.3.4. Negatif Olmama Kısıtlayıcısı

Modelde yer alan tüm karar değişkenlerinin negatif değerli olmaları ekonomik olarak anlamlı değildir. Ayrıca tüm karar değişkenleri tamsayı değerler almalıdırlar.

$$X_{i,j} \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

8. MODELİN ÇÖZÜMÜ

Geliştirilen modelin tamsayı olma koşulu ihmal edilerek en iyi çözümü bulunmuştur

8.1. Karar Değişkenlerinin Optimum çözüm değerleri

Karar değişkenlerinin ($X_{i,j}$) değerleri; bir yıl içinde i nihai ürününe ilişkin J yarı ürününden kaç adet üretilmesi gerektiğini göstermektedir (bkz Tablo 7). Değişken değerlerinin tamsayı olması gerektiğinden kesirli değerler söz konusu ise bu değerler, kendilerinden küçük en yakın tamsayı değere yuvarlanmalıdır (yuvarlama yaklaşımı konusunda bkz Kara,1986). Örneğin $X_{2,1}=4848.3520$ değeri; 2 numaralı nihai ürün olan Gıda Duvar reyonu (200) için, 4848 adet 1 numaralı yarı ürün Ayak üretilmesi gerektiğini göstermektedir. Diğer değişkenlere ilişkin değerler de benzer şekilde yorumlanabilir. Bu değerlerden hareketle belirlenen en iyi nihai ürün çözüm değerleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 7: Karar değişkenleri Eniyi çözüm değerleri

Değişken Adı	Çözüm Değeri		
XI,I	2843.9560	X4,2	724.000000
X2,1	4848.3520	X5,2	2106.000000
X3,1	197.8022	X8,2	737.000000
X4,1	795.6044	X9,2	3432.000000
X5,1	2314.2860	X13,2	209.000000
X6,1	804.3956	X14,2	150.000000
X7,1	1640.6590	X17,2	419.000000
X8,1	809.8901	X18,2	95.000000
X9,1	3771.4280	X6,3	732.000000
X10,1	172.5275	X7,3	1493.000000
XII,I	272.5275	...	...
X12,1	1149.4510	X10,16	157.000000
X13,1	229.670300	X16,16	234.000000
X14,1	164.835200	X17,16	419.000000
X15,1	94.505490	X18,16	95.000000
X16,1	257.142900	X11,17	496.000000
X17,1	460.439500	X12,17	3169.697000
X18,1	104.395600	X13,17	633.333300
X19,1	233.766200	X14,17	454.545400
X20,1	5500.000000	X15,17	86.000000
X21,1	3406.494000	X21,17	5246.000000
X22,1	4648.000000	X15,18	260.606000
X4A2	724.000000	X16,18	468.000000
X5A2	2106.000000	X17,18	838.000000
....	....	X18,18	190.000000
		X21,18	15801.210000
	

Tablo 8: Nihai Ürün Çözüm Değerleri

Ürün Adı	Üretim Miktarı
Gıda duvar reyonu (220)	2588
Gıda duvar reyonu (200)	4412
Gıda duvar reyonu (130)	180
Florasın ışıklı duvar reyonu (220)	724
Florasın ışıklı duvar reyonu (200)	2106
İşıksız şapkalı duvar reyonu (220)	732
İşıksız şapkalı duvar reyonu (200)	1493
spot ışıklı reyon (220)	737
spot ışıklı reyon (200)	3432
Meşrubat reyonu (200)	157
Gıda arkası telli duvar reyonu (130)	248
Gıda arkası telli şapkalı duvar r. (200)	1046
Florasın ışıklı telli duvar reyonu (200)	209
Florasın ışıklı telli duvar reyonu (220)	150
Kısa duvar reyonu (110)	86
Züccaciye ışiksiz duvar reyonu (200)	234
Züccaciye florasın duvar reyonu (200)	419
Züccaciye spot ışıklı duvar r.u (200)	95
Gıda çift yönlü orta reyon (200)	180
Gıda çift yönlü orta reyon(130)	4235
Züccaciye çift yönlü orta reyon (110)	2623
Gıda tek yönlü orta reyon(130)	2324

8.2. Aylak, Artık, Yapay ve Dual Değişkenlerin Optimum Çözüm Değerleri

Aylak, artık, yapay ve dual değişken değerleri Tablo 9'da verilmiştir. İkinci sütun değerleri aylak değişken değerleridir ve kaynaklara ilişkin kullanılmayan kapasiteleri göstermektedirler. Örneğin; birinci satırda yer alan ve modeldeki iki numaralı kısıtlayıcıya (Pres 80 T kısıtlayıcısı) karşılık gelen aylak değişken değeri 22082490'dır ve bu değer bir yıl boyunca kullanılmayan Pres 80T kapasitesini (aylak, atıl) göstermektedir. Kaynak tükenmesiyle karşılaşılmadığı için buna karşılık gelen dual değişken değeri de sıfırdır. Her bir makine için kapasite kullanım değerleri Tablo 10'da verilmiştir. Tüm makinelere ilişkin genel kapasite kullanım oranı (Kullanılan Makine Kapasitesi (zaman)/ Toplam Makine Kapasitesi (zaman) = 54414/189540) %28,71'dir. Benzer şekilde atıl kapasite oranı da; (135126/189540) = (1-%28,71)= % 71,29 olarak belirlenebilir.

Tablo 9: Aylak, Artık, Yapay ve Dual Değişkenlerin Çözüm Değerleri			Tablo 10:Kapasite kullanım değerleri			
Kısıtlayıcı numarası	Aylak, artık ve yapay değişken değerleri	Dual değişken değerleri	Makine	Gereksinim	Kullanılmayan	Kapasite
				duyulan makine zamanı(saatt)	makine zamanı (saat)	Kullanım oranı
			Makas .	10412,08	3627,922	74,16%
			Pres 80ton	885,975	6134,025	12,62%
			Pres 60 ton	4810,736	2209,264	68,53%
2)	22082490.0000	00.0000	Pres 15 ton	1761,481	26318,52	6,27%
3)	19394440.0000	00.0000	Pres kollu	16378,98	4681,019	77,77%
4)	16851670.000000	00.0000	Abgant 120 ton	1632,656	5387,344	23,26%
5)	45105310.000000	00.0000	Abgant 90 ton	2174,156	4845,844	30,97%
6)	50391230.000000	00.0000	Abgant 30 ton	6936,831	7103,169	49,41%
...	...	...	Punta	1958,164	26121,84	6,97%
293)	00.0000	30.0000	Elektrik kaynağı	4564,736	9475,264	32,51%
294)	00.0000	- 1.0000	Sulu testere	1345,053	12694,95	9,58%
295)	00.0000	-2.0000	Tel makası	42,43611	13997,56	0,30%
296)	00.0000	-5.0000	Gazaltı kaynağı	1510,747	3627,922	10,76%
297)	00.0000	-4.0000	Toplam	54414,03	135126	28,71%
298)	00.0000	-4.0000				

23-254 satırlarda yapay değişken değerleri sıfır olarak bulunmuştur. 255-276 numaralı kısıtlayıcılara ilişkin aylak değişken değerleri sıfırdan büyüktür. Bu durum söz konusu değişkenlerle ilgili çözüm değerlerinin, her bir değişken için belirlenen üst sımra eşit olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla dual değişkenlerin sıfırdan büyük olması talep yetersizliğine işaret etmektedir. 277-298 numaralı kısıtlayıcılara karşılık gelen artık değişken değerleri; değişkenin çözüm değerleri ile RHS değerlerinin farkına eşittir (örneğin 277 sıraya ilişkin, $2588-741=1847$ olduğu görülebilir). Bu kısıtlayıcılarla ilgili dual değişken değerleri de sıfıra eşittir.

8.3. Duyarlılık Analizi Sonuçları

Sağ taraf sabitlerine (RHS) ilişkin yapılan duyarlılık analizi (bkz Tablo 11) ile, optimal çözümün bozulmaması için bu değerlerin içinde kalması gereken aralıklar belirlenmiştir. Örneğin; birinci (2 numaralı) kısıtlayıcıya ilişkin RHS değeri 25272000 'dir. Eğer söz konusu değer; 22082490 (elverişli alt sımra) ile sonsuz (elverişli üst sımra) arasında yer alan herhangi bir değerle değiştirilecek olursa mevcut optimal çözüm o durumda da geçerliliğini koruyacaktır (duyarlılık analizleri konusunda geniş bilgi için bkz Öztürk 2001).

Tablo 11: Duyarlılık analizi

Satır Row	Sağtaraf sabitleri (RHS) için elverişli aralıklar		
	Geçerli RHS Current Rhs	Olanaklı Artış Allowable Increase	Olanaklı Azalış Allowable Decrease
2	25272000.000000	INFINITY	22082490.000000
3	25272000.000000	INFINITY	19394440.000000
4	75816000.000000	INFINITY	16851670.000000
5	50544000.000000	INFINITY	45105310.000000
6	50544000.000000	INFINITY	50391230.000000
7	50544000.000000	INFINITY	45701810.000000
...
22	101088000.000000	INFINITY	94746670.000000
23	.000000	2588.000000	103861.000000
24	.000000	2588.000000	282789.200000
25	.000000	12425.100000	2588.000000
...
296	1222.000000	3013.000000	INFINITY
297	721.000000	1902.000000	INFINITY
298	640.000000	1684.000000	INFINITY

9. SONUÇ

Oluşturulan modelin çözüm değerleri incelendiğinde firmanın talep yetersizliği sorunu olduğu görülmektedir. Bu nedenle satış geliştirme çalışmalarına ağırlık verilmesi gerekmektedir. Talep üst sınır kısıtlamalarının göz önünde bulundurulmaması durumunda ise firma; kolları pres ve makas kapasitesi tükenmesiyle karşılaşmaktadır. Modelin çözümü sonucu; bir yıllık dönem için gereksinim duyulan işgücü miktarı 87939 saat (\cong 10992 işgünü) olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmadan önce firmada üretim sorunu olduğu, satışlara ilişkin bir sorun olmadığı düşünülüyordu. Çalışma firmanın mevcut sorununun üretim araçları yetmezliğinden değil talep yetersizliğinden kaynaklandığını gösterebilmesi açısından önemli bir işlevi yerine getirmiştir. Ek olarak makinelerle ilişkin atıl kapasiteleri ve gereksinim duyulan direkt işgücü saatini göstermesi anlamında da önemlidir.

KAYNAKLAR

- ÇELİKÇAPA F., Üretim Planlaması, Alfa Basımyayım, İstanbul, 1999.
DEMİR M. H, üretim Yönetimi, 1. cilt, 3. Baskı, Er matbaası, İstanbul, 1988.

- HALAÇ O., Kantitatif Karar Verme Teknikleri: Yöneylem Araştırması, 5.baskı, Alfa Basım Yayım dağıtım, İstanbul, 2001.
- KARA İ., Yöneylem Araştırması: Doğrusal Olmayan Modeller, Anadolu üniversitesi Basımevi, Eskişehir, 1986.
- ÖZTÜRK A., Yöneylem Araştırması, 7. Baskı, Ekin Kitabevi, Bursa, 2001
- SEZEN H.K., Yöneylem Araştırması: Sayımlama Yöntemleri, Ekin Kitabevi, Bursa, 2004.
- TULUNAY Y, Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları, Sermet Matbaası, 1980
- VOLLMANN E.T, ve diğerleri, Manufacturing Planning and control Systems, Third Edition, Business One Irwin, illinois, 1992.
- WINSTON W. L., Operations Research: Application and Algorithms, Kent Pub, Boston, 1991

EKLER

Ek1: Amaç Fonksiyonu

ENBÜYÜK

$$\begin{aligned}
& +X_{1,1} + X_{2,1} + X_{3,1} + X_{4,1} + X_{5,1} + X_{6,1} + X_{7,1} + X_{8,1} + X_{9,1} + X_{10,1} \\
& + X_{11,1} + X_{12,1} + X_{13,1} + X_{14,1} + X_{15,1} \\
& + X_{16,1} + X_{17,1} + X_{18,1} + X_{19,1} + X_{20,1} + X_{21,1} + X_{22,1} + X_{4,2} + X_{5,2} \\
& + X_{8,2} + X_{9,2} + X_{13,2} + X_{14,2} + X_{17,2} + X_{18,2} \\
& + X_{6,3} + X_{7,3} + X_{10,3} + X_{12,3} + X_{16,3} + X_{19,3} + X_{4,4} + X_{5,4} + X_{6,4} + \\
& X_{7,4} + X_{8,4} + X_{9,4} + X_{10,4} + X_{12,4} + X_{13,4} \\
& + X_{14,4} + X_{16,4} + X_{17,4} + X_{18,4} + X_{19,4} + X_{4,5} + X_{5,5} + X_{6,6} + X_{7,5} + \\
& X_{8,5} + X_{9,5} + X_{10,5} + X_{12,5} + X_{13,5} + X_{14,5} \\
& + X_{16,5} + X_{17,5} + X_{18,5} + X_{19,5} + X_{4,6} + X_{5,6} + X_{7,6} + X_{8,6} + X_{9,6} + \\
& X_{10,6} + X_{12,6} + X_{13,6} + X_{14,6} + X_{16,6} + X_{17,6} \\
& + X_{18,6} + X_{19,6} + X_{4,7} + X_{5,7} + X_{6,7} + X_{7,7} + X_{10,7} + X_{12,7} + X_{13,7} + \\
& X_{14,7} + X_{16,7} + X_{17,7} + X_{19,7} + X_{1,8} + X_{2,8} \\
& + X_{3,8} + X_{4,8} + X_{5,8} + X_{6,8} + X_{7,8} + X_{8,8} + X_{9,8} + X_{10,8} + X_{11,8} + \\
& X_{12,8} + X_{13,8} + X_{14,8} + X_{15,8} + X_{16,8} + X_{17,8} \\
& + X_{18,8} + X_{19,8} + X_{20,8} + X_{21,8} + X_{22,8} + X_{1,9} + X_{2,9} + X_{3,9} + X_{4,9} + \\
& X_{5,9} + X_{6,9} + X_{14,9} + X_{19,9} + X_{20,9} + X_{22,9} \\
& + X_{3,10} + X_{15,10} + X_{19,10} + X_{20,10} + X_{21,10} + X_{22,10} + X_{1,11} + X_{2,11} \\
& + X_{3,11} + X_{4,11} + X_{5,11} + X_{6,11} + X_{7,11} \\
& + X_{8,11} + X_{9,11} + X_{10,11} + X_{12,11} + X_{13,11} + X_{14,11} + X_{15,11} + \\
& X_{16,11} + X_{17,11} + X_{18,11} + X_{19,11} + X_{20,11} + X_{21,11} + X_{22,11} + X_{1,12} + \\
& X_{2,12} + X_{3,12} + X_{4,12} + X_{5,12} + X_{6,12} + X_{7,12} + X_{8,12} + X_{9,12} + X_{10,12} + \\
& X_{11,12} + X_{12,12}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&+X_{13,12} + X_{14,12} + X_{15,12} + X_{16,12} + X_{17,12} + X_{19,12} + X_{20,12} + \\
&X_{21,12} + X_{22,12} + X_{1,13} + X_{2,13} + X_{3,13} + X_{4,13} \\
&+X_{5,13} + X_{6,13} + X_{7,13} + X_{8,13} + X_{9,13} + X_{10,13} + X_{11,13} + X_{12,13} + \\
&X_{13,13} + X_{14,13} + X_{15,13} + X_{16,13} + X_{17,13} \\
&+X_{18,13} + X_{19,13} + X_{20,13} + X_{21,13} + X_{22,13} + X_{1,14} + X_{2,14} + X_{3,14} \\
&+ X_{4,14} + X_{5,14} + X_{6,14} + X_{7,14} + X_{8,14} \\
&+X_{9,14} + X_{10,14} + X_{11,14} + X_{12,14} + X_{13,14} + X_{14,14} + X_{15,14} + \\
&X_{16,14} + X_{17,14} + X_{18,14} + X_{19,14} + X_{20,14} \\
&+X_{21,14} + X_{22,14} + X_{1,15} + X_{2,15} + X_{3,15} + X_{4,15} + X_{5,15} + X_{6,15} + \\
&X_{7,15} + X_{8,15} + X_{9,15} + X_{10,15} + X_{11,15} \\
&+X_{12,15} + X_{13,15} + X_{14,15} + X_{15,15} + X_{16,15} + X_{17,15} + X_{18,15} + \\
&X_{19,15} + X_{20,15} + X_{21,15} + X_{22,15} + X_{10,16} \\
&+X_{16,16} + X_{17,16} + X_{18,16} + X_{11,17} + X_{12,17} + X_{13,17} + X_{14,17} + \\
&X_{15,17} + X_{21,17} + X_{15,18} + X_{16,18} + X_{17,18} \\
&+X_{18,18} + X_{21,18} + X_{6,5} + X_{7,9} + X_{8,9} + X_{9,9} + X_{11,11}
\end{aligned}$$

Ek 2: Makine ve Kalıp Kısıtlayıcıları

$$\begin{aligned}
&2) 10.4 X_{1,1} + 10.4 X_{2,1} + 10.4 X_{3,1} + 10.4 X_{4,1} + 10.4 X_{5,1} + 10.4 X_{6,1} \\
&+ 10.4 X_{7,1} + 10.4 X_{8,1} + 10.4 X_{9,1} \\
&+ 10.4 X_{10,1} + 10.4 X_{11,1} + 10.4 X_{12,1} + 10.4 X_{13,1} + 10.4 X_{14,1} + \\
&10.4 X_{15,1} + 10.4 X_{16,1} + 10.4 X_{17,1} + 10.4 X_{18,1} \\
&+ 10.4 X_{19,1} + 10.4 X_{20,1} + 10.4 X_{21,1} + 20.81 X_{22,1} + 18.8 X_{1,15} + \\
&18.8 X_{2,15} + 18.8 X_{3,15} + 18.8 X_{4,15} + 18.8 X_{5,15} + 18.8 X_{6,15} + 18.8 X_{7,15} + \\
&18.8 X_{8,15} + 18.8 X_{9,15} + 18.8 X_{10,15} + 18.8 X_{11,15} + 18.8 X_{12,15} + 18.8 \\
&X_{13,15} \\
&+ 18.8 X_{14,15} + 18.8 X_{15,15} + 18.8 X_{16,15} + 18.8 X_{17,15} + 18.8 X_{18,15} \\
&+ 18.8 X_{19,15} + 18.8 X_{20,15} + 18.8 X_{21,15} \\
&+ 18.8 X_{22,15} \leq 25272000 \text{ (Pres 80 T)} \\
&3) 79.43 X_{1,1} + 79.43 X_{2,1} + 79.43 X_{3,1} + 79.43 X_{4,1} + 79.43 X_{5,1} + \\
&79.43 X_{6,1} + 79.43 X_{7,1} + 79.43 X_{8,1} + 79.43 X_{9,1} + 79.43 X_{10,1} + 79.43 X_{11,1} + \\
&79.43 X_{12,1} + 79.43 X_{13,1} + 79.43 X_{14,1} + 79.43 X_{15,1} + 79.43 X_{16,1} + 79.43 \\
&X_{17,1} \\
&+ 79.43 X_{18,1} + 79.4 X_{19,1} + 79.4 X_{20,1} + 79.4 X_{21,1} + 79.4 X_{22,1} + \\
&21.1 X_{1,15} + 21.1 X_{2,15} + 21.1 X_{3,15} + 21.1 X_{4,15} + 21.1 X_{5,15} + 21.1 X_{6,15} + \\
&21.1 X_{7,15} + 21.1 X_{8,15} + 21.1 X_{9,15} + 21.1 X_{10,15} + 21.1 X_{11,15} + 21.1 X_{12,15} \\
&+ 21.1 X_{13,15} + 21.1 X_{14,15} + 21.1 X_{15,15} + 21.1 X_{16,15} + 21.1 X_{17,15} + 21.1 \\
&X_{18,15} + 21.1 X_{19,15} + 21.1 X_{20,15} + 21.1 X_{21,15} + 21.1 X_{22,15} \leq 25272000 \\
&\text{(Abgant 120 T)} \\
&4) 33.5 X_{4,2} + 33.5 X_{5,2} + 33.5 X_{8,2} + 33.5 X_{9,2} + 33.5 X_{13,2} + 33.5 \\
&X_{14,2} + 33.5 X_{17,2} + 33.5 X_{18,2} + 27.77 X_{6,3} + 27.77 X_{7,3} + 27.77 X_{10,3} + 27.77 \\
&X_{12,3} + 27.77 X_{16,3} + 37.3 X_{4,5} + 37.3 X_{5,5} + 37.3 X_{7,5} + 37.3 X_{8,5} + 37.3 X_{9,5} \\
&+ 37.3 X_{10,5} + 37.3 X_{12,5} + 37.3 X_{13,5} + 37.3 X_{14,5} + 37.3 X_{17,5} + 37.3 X_{18,5} +
\end{aligned}$$

37.3 X19,5 + 36.58 X1,9 + 36.58 X2,9 + 36.58 X3,9 + 36.58 X4,9 + 36.58 X5,9 + 36.58 X6,9 + 36.58 X14,9 + 36.58 X19,9 + 36.58 X20,9 + 36.58 X22,9 + 28.75 X1,11 + 28.75 X2,11 + 28.75 X3,11 + 28.75 X4,11 + 28.75 X5,11 + 28.75 X6,11 + 28.75 X7,11 + 28.75 X8,11 + 28.75 X9,11 + 28.75 X10,11 + 28.75 X12,11 + 28.75 X13,11 + 28.75 X14,11 + 28.75 X15,11 + 28.75 X16,11 + 28.75 X17,11 + 28.75 X18,11 + 28.75 X19,11 + 28.75 X20,11 + 28.75 X21,11 + 28.75 X22,11 + 37.3 X6,5 + 36.58 X7,9 + 36.58 X8,9 + 36.58 X9,9 + 28.75 X11,11 <= 75816000 (*Kollu Pres*)

5) 124 X1,1 + 124 X2,1 + 124 X3,1 + 124 X4,1 + 124 X5,1 + 124 X6,1 + 124 X7,1 + 124 X8,1 + 124 X9,1 + 124 X10,1 + 124 X11,1 + 124 X12,1 + 124 X13,1 + 124 X14,1 + 124 X15,1 + 124 X16,1 + 124 X17,1 + 124 X18,1 + 248 X19,1 + 248 X20,1 + 248 X21,1 + 124 X22,1 <= 50544000 (*Gazaltı Kaynağı*)

6) 4.4 X1,1 + 4.4 X2,1 + 4.4 X3,1 + 4.4 X4,1 + 4.4 X5,1 + 4.4 X6,1 + 4.4 X7,1 + 4.4 X8,1 + 4.4 X9,1 + 4.4 X10,1 + 4.4 X11,1 + 4.4 X12,1 + 4.4 X13,1 + 4.4 X14,1 + 4.4 X15,1 + 4.4 X16,1 + 4.4 X17,1 + 4.4 X18,1 + 4.4 X19,1 + 4.4 X20,1 + 4.4 X21,1 + 4.4 X22,1 <= 50544000 (*Tel Makas*)

7) 110.4 X1,1 + 110.4 X2,1 + 110.4 X3,1 + 110.4 X4,1 + 110.4 X5,1 + 110.4 X6,1 + 110.4 X7,1 + 110.4 X8,1 + 110.4 X9,1 + 110.4 X10,1 + 110.4 X11,1 + 110.4 X12,1 + 110.4 X13,1 + 110.4 X14,1 + 110.4 X15,1 + 110.4 X16,1 + 110.4 X17,1 + 110.4 X18,1 + 220.8 X19,1 + 220.8 X20,1 + 220.8 X21,1 + 110.4 X22,1 <= 50544000 (*Sulu Testere*)

8) 503.5 X1,1 + 503.5 X2,1 + 503.5 X3,1 + 503.5 X4,1 + 503.5 X5,1 + 503.5 X6,1 + 503.5 X7,1 + 503.5 X8,1 + 503.5 X9,1 + 503.5 X10,1 + 503.5 X11,1 + 503.5 X12,1 + 503.5 X13,1 + 503.5 X14,1 + 503.5 X15,1 + 503.5 X16,1 + 503.5 X17,1 + 503.5 X18,1 + 455.39999 X19,1 + 455.39999 X20,1 + 455.39999 X21,1 + 372.5 X22,1 <= 50544000 (*Elektrik Kaynağı*)

9) 185 X4,2 + 185 X5,2 + 185 X8,2 + 185 X9,2 + 185 X13,2 + 185 X14,2 + 185 X17,2 + 185 X18,2 + 114 X6,3 + 114 X7,3 + 114 X10,3 + 114 X12,3 + 114 X16,3 + 35 X1,14 + 35 X2,14 + 35 X3,14 + 35 X4,14 + 35 X5,14 + 35 X6,14 + 35 X7,14 + 35 X8,14 + 35 X9,14 + 35 X10,14 + 35 X11,14 + 35 X12,14 + 35 X13,14 + 35 X14,14 + 35 X15,14 + 35 X16,14 + 35 X17,14 + 35 X18,14 + 35 X19,14 + 35 X20,14 + 35 X21,14 + 35 X22,14 <= 101088000 (*Punta*)

10) 4.6 X4,7 + 4.6 X5,7 + 4.6 X6,7 + 4.6 X7,7 + 4.6 X10,7 + 4.6 X12,7 + 4.6 X13,7 + 4.6 X14,7 + 4.6 X16,7 + 4.6 X17,7

+ 4.6 X19,7 + 5.37 X1,8 + 5.37 X2,8 + 5.37 X3,8 + 5.37 X4,8 + 5.37 X5,8 + 5.37 X6,8 + 5.37 X7,8 + 5.37 X8,8 + 5.37 X9,8 + 5.37 X10,8 + 5.37 X11,8 + 5.37 X12,8 + 5.37 X13,8 + 5.37 X14,8 + 5.37 X15,8 + 5.37 X16,8 + 5.37 X17,8 + 5.37 X18,8

+ 5.37 X19,8 + 5.37 X20,8 + 5.37 X21,8 + 5.37 X22,8 <= 50544000 (*B Kalıp*)

11) 14.46 X1,13 + 14.46 X2,13 + 14.46 X3,13 + 14.46 X4,13 + 14.46 X5,13 + 14.46 X6,13 + 14.46 X7,13 + 14.46 X8,13 + 14.46 X9,13 + 14.46 X10,13 + 14.46 X11,13 + 14.46 X12,13 + 14.46 X13,13 + 14.46 X14,13 + 14.46 X15,13 + 14.46 X16,13 + 14.46 X17,13 + 14.46 X18,13 + 14.46 X19,13 + 14.46 X20,13 +

14.46 X21,13 + 14.46 X22,13 + 14.46 X1,14 + 14.46 X2,14 + 14.46 X3,14 + 14.46 X4,14 + 14.46 X5,14 + 14.46 X6,14 + 14.46 X7,14 + 14.46 X8,14 + 14.46 X9,14 + 14.46 X10,14 + 14.46 X11,14 + 14.46 X12,14 + 14.46 X13,14 + 14.46 X14,14 + 14.46 X15,14 + 14.46 X16,14 + 14.46 X17,14 + 14.46 X18,14 + 14.46 X19,14 + 14.46 X20,14 + 14.46 X21,14 + 14.46 X22,14 <= 50544000 (D Kalıp)

12) 12.2 X1,1 + 12.2 X2,1 + 12.2 X3,1 + 12.2 X4,1 + 12.2 X5,1 + 12.2 X6,1 + 12.2 X7,1 + 12.2 X8,1 + 12.2 X9,1 + 12.2 X10,1 + 12.2 X11,1 + 12.2 X12,1 + 12.2 X13,1 + 12.2 X14,1 + 12.2 X15,1 + 12.2 X16,1 + 12.2 X17,1 + 12.2 X18,1 + 10.6 X19,1 + 10.6 X20,1 + 10.6 X21,1 + 10.6 X22,1 + 52.2 X4,2 + 52.2 X5,2 + 52.2 X8,2 + 52.2 X9,2 + 52.2 X13,2 + 52.2 X14,2 + 52.2 X17,2 + 52.2 X18,2 + 52.2 X6,3 + 52.2 X7,3 + 52.2 X10,3 + 52.2 X12,3 + 52.2 X16,3 + 5.8 X4,4 + 5.8 X5,4 + 5.8 X6,4 + 5.8 X7,4 + 5.8 X8,4 + 5.8 X9,4 + 5.8 X10,4 + 5.8 X12,4 + 5.8 X13,4 + 5.8 X14,4 + 5.8 X17,4 + 5.8 X18,4 + 5.8 X19,4 + 17.61 X4,5 + 17.61 X5,5 + 11.9 X6,6 + 17.61 X7,5 + 17.61 X8,5 + 17.61 X9,5 + 17.61 X10,5 + 17.61 X12,5 + 17.61 X13,5 + 17.61 X14,5 + 17.61 X17,5 + 17.61 X18,5 + 17.61 X19,5 + 11.9 X4,6 + 11.9 X5,6 + 11.9 X7,6 + 11.9 X8,6 + 11.9 X9,6 + 11.9 X10,6 + 11.9 X12,6 + 11.9 X13,6 + 11.9 X14,6 + 11.9 X17,6 + 11.9 X19,6 + 3.23 X4,7 + 3.23 X5,7 + 3.23 X6,7 + 3.23 X7,7 + 3.23 X10,7 + 3.23 X12,7 + 3.23 X13,7 + 3.23 X14,7 + 3.23 X16,7 + 3.23 X17,7 + 3.23 X19,7 + 10.06 X1,8 + 10.06 X2,8 + 10.06 X3,8 + 10.06 X4,8 + 10.06 X5,8 + 10.06 X6,8 + 10.06 X7,8 + 10.06 X8,8 + 10.06 X9,8 + 10.06 X10,8 + 10.06 X11,8 + 10.06 X12,8 + 10.06 X13,8 + 10.06 X14,8 + 10.06 X15,8 + 10.06 X16,8 + 10.06 X17,8 + 10.06 X18,8 + 10.06 X19,8 + 10.06 X20,8 + 10.06 X21,8 + 10.06 X22,8 + 23.97 X1,9 + 23.97 X2,9 + 23.97 X3,9 + 23.97 X4,9 + 23.97 X5,9 + 23.97 X6,9 + 23.97 X14,9 + 23.97 X19,9 + 23.97 X20,9 + 23.97 X22,9 + 11.9 X3,10 + 11.9 X15,10 + 11.9 X19,10 + 11.9 X20,10 + 11.9 X21,10 + 11.9 X22,10 + 7.13 X1,11 + 7.23 X2,11 + 7.23 X3,11 + 7.23 X4,11 + 7.23 X5,11 + 7.13 X6,11 + 7.13 X7,11 + 7.13 X8,11 + 7.13 X9,11 + 7.13 X10,11 + 7.13 X12,11 + 7.13 X13,11 + 7.13 X14,11 + 7.13 X15,11 + 7.13 X16,11 + 7.13 X17,11 + 7.13 X18,11 + 7.13 X19,11 + 7.13 X20,11 + 7.13 X21,11 + 7.13 X22,11 + 7.38 X1,12 + 7.38 X2,12 + 7.38 X3,12 + 7.38 X4,12 + 7.38 X5,12 + 7.38 X6,12 + 7.38 X7,12 + 7.38 X8,12 + 7.38 X9,12 + 7.38 X10,12 + 7.38 X11,12 + 7.38 X12,12 + 7.38 X13,12 + 7.38 X14,12 + 7.38 X15,12 + 7.38 X16,12 + 7.38 X17,12 + 7.38 X19,12 + 7.38 X20,12 + 7.38 X21,12 + 7.38 X22,12 + 7.93 X1,13 + 7.93 X2,13 + 7.93 X3,13 + 7.93 X4,13 + 7.93 X5,13 + 7.93 X6,13 + 7.93 X7,13 + 7.93 X8,13 + 7.93 X9,13 + 7.93 X10,13 + 7.93 X11,13 + 7.93 X12,13 + 7.93 X13,13 + 7.93 X14,13 + 7.93 X15,13 + 7.93 X16,13 + 7.93 X17,13 + 7.93 X18,13 + 7.93 X19,13 + 7.93 X20,13 + 7.93 X21,13 + 7.93 X22,13 + 9.08 X1,14 + 9.08 X2,14 + 9.08 X3,14 + 9.08 X4,14 + 9.08 X5,14 + 9.08 X6,14 + 9.08 X7,14 + 9.08 X8,14 + 9.08 X9,14 + 9.08 X10,14 + 9.08 X11,14 + 9.08 X12,14 + 9.08 X13,14 + 9.08 X14,14 + 9.08 X15,14 + 9.08 X16,14 + 9.08 X17,14 + 9.08 X18,14 + 9.08 X19,14 + 9.08 X20,14 + 9.08 X21,14 + 9.08 X22,14 + 7.2 X1,15 + 7.2 X2,15 + 7.2 X3,15 + 7.2 X4,15 + 7.2 X5,15 + 7.2 X6,15 + 7.2 X7,15 + 7.2 X8,15 + 7.2 X9,15 + 7.2 X10,15 + 7.2 X11,15 + 7.2 X12,15 + 7.2 X13,15 + 7.2 X14,15 + 7.2 X15,15 + 7.2 X16,15 + 7.2 X17,15 + 7.2 X18,15 + 7.2 X19,15 + 7.2 X20,15 + 7.2 X21,15 + 7.2 X22,15 + 7.2 X10,16 + 7.2 X16,16 + 7.2 X17,16 + 7.2 X18,16 + 7.2 X11,17 + 7.2 X12,17 + 7.2 X13,17 + 7.2 X14,17 + 7.2 X15,17 + 7.2 X21,17 + 7.2 X15,18 + 7.2 X16,18 + 7.2 X17,18 + 7.2

$X_{18,18} + 7.2 X_{21,18} + 17.61 X_{6,5} + 23.97 X_{7,9} + 23.97 X_{8,9} + 23.97 X_{9,9} + 7.13 X_{11,11} \leq 50544000$ (Makas)

13) $72.6 X_{1,1} + 72.6 X_{2,1} + 72.6 X_{3,1} + 72.6 X_{4,1} + 72.6 X_{5,1} + 72.6 X_{6,1} + 72.6 X_{7,1} + 72.6 X_{8,1} + 72.6 X_{9,1} + 72.6 X_{10,1} + 72.6 X_{11,1} + 72.6 X_{12,1} + 72.6 X_{13,1} + 72.6 X_{14,1} + 72.6 X_{15,1} + 72.6 X_{16,1} + 72.6 X_{17,1} + 72.6 X_{18,1} + 94.4 X_{19,1} + 94.4 X_{20,1} + 94.4 X_{21,1} + 94.4 X_{22,1} + 44.2 X_{4,2} + 44.2 X_{5,2} + 44.2 X_{8,2} + 44.2 X_{9,2} + 44.2 X_{13,2} + 44.2 X_{14,2} + 44.2 X_{17,2} + 44.2 X_{18,2} + 4.6 X_{4,7} + 4.6 X_{5,7} + 4.6 X_{6,7} + 4.6 X_{7,7} + 4.6 X_{10,7} + 4.6 X_{12,7} + 4.6 X_{13,7} + 4.6 X_{14,7} + 4.6 X_{16,7} + 4.6 X_{17,7} + 4.6 X_{19,7} + 5.37 X_{1,8} + 5.37 X_{2,8} + 5.37 X_{3,8} + 5.37 X_{4,8} + 5.37 X_{5,8} + 5.37 X_{6,8} + 5.37 X_{7,8} + 5.37 X_{8,8} + 5.37 X_{9,8} + 5.37 X_{10,8} + 5.37 X_{11,8} + 5.37 X_{12,8} + 5.37 X_{13,8} + 5.37 X_{14,8} + 5.37 X_{15,8} + 5.37 X_{16,8} + 5.37 X_{17,8} + 5.37 X_{18,8} + 5.37 X_{19,8} + 5.37 X_{20,8} + 5.37 X_{21,8} + 5.37 X_{22,8} + 14.46 X_{1,12} + 14.46 X_{2,12} + 14.46 X_{3,12} + 14.46 X_{4,12} + 14.46 X_{5,12} + 14.46 X_{6,12} + 14.46 X_{7,12} + 14.46 X_{8,12} + 14.46 X_{9,12} + 14.46 X_{10,12} + 14.46 X_{11,12} + 14.46 X_{12,12} + 14.46 X_{13,12} + 14.46 X_{14,12} + 14.46 X_{15,12} + 14.46 X_{16,12} + 14.46 X_{17,12} + 14.46 X_{19,12} + 14.46 X_{20,12} + 14.46 X_{21,12} + 14.46 X_{22,12} + 14.46 X_{1,13} + 14.46 X_{2,13} + 14.46 X_{3,13} + 14.46 X_{4,13} + 14.46 X_{5,13} + 14.46 X_{6,13} + 14.46 X_{7,13} + 14.46 X_{8,13} + 14.46 X_{9,13} + 14.46 X_{10,13} + 14.46 X_{11,13} + 14.46 X_{12,13} + 14.46 X_{13,13} + 14.46 X_{14,13} + 14.46 X_{15,13} + 14.46 X_{16,13} + 14.46 X_{17,13} + 14.46 X_{18,13} + 14.46 X_{19,13} + 14.46 X_{20,13} + 14.46 X_{21,13} + 14.46 X_{22,13} + 37.78 X_{1,14} + 37.78 X_{2,14} + 37.78 X_{3,14} + 37.78 X_{4,14} + 37.78 X_{5,14} + 37.78 X_{6,14} + 37.78 X_{7,14} + 37.78 X_{8,14} + 37.78 X_{9,14} + 37.78 X_{10,14} + 37.78 X_{11,14} + 37.78 X_{12,14} + 37.78 X_{13,14} + 37.78 X_{14,14} + 37.78 X_{15,14} + 37.78 X_{16,14} + 37.78 X_{17,14} + 37.78 X_{18,14} + 37.78 X_{19,14} + 37.78 X_{20,14} + 37.78 X_{21,14} + 37.78 X_{22,14} + 18.8 X_{1,15} + 18.8 X_{2,15} + 18.8 X_{3,15} + 18.8 X_{4,15} + 18.8 X_{5,15} + 18.8 X_{6,15} + 18.8 X_{7,15} + 18.8 X_{8,15} + 18.8 X_{9,15} + 18.8 X_{10,15} + 18.8 X_{11,15} + 18.8 X_{12,15} + 18.8 X_{13,15} + 18.8 X_{14,15} + 18.8 X_{15,15} + 18.8 X_{16,15} + 18.8 X_{17,15} + 18.8 X_{18,15} + 18.8 X_{19,15} + 18.8 X_{20,15} + 18.8 X_{21,15} + 18.8 X_{22,15} \leq 25272000$ (Pres 60 T)

14) $22.53 X_{1,12} + 22.53 X_{2,12} + 22.53 X_{3,12} + 22.53 X_{4,12} + 22.53 X_{5,12} + 22.53 X_{6,12} + 22.53 X_{7,12} + 22.53 X_{8,12} + 22.53 X_{9,12} + 22.53 X_{10,12} + 22.53 X_{11,12} + 22.53 X_{12,12} + 22.53 X_{13,12} + 22.53 X_{14,12} + 22.53 X_{15,12} + 22.53 X_{16,12} + 22.53 X_{17,12} + 22.53 X_{19,12} + 22.53 X_{20,12} + 22.53 X_{21,12} + 22.53 X_{22,12} + 22.53 X_{1,13} + 22.53 X_{2,13} + 22.53 X_{3,13} + 22.53 X_{4,13} + 22.53 X_{5,13} + 22.53 X_{6,13} + 22.53 X_{7,13} + 22.53 X_{8,13} + 22.53 X_{9,13} + 22.53 X_{10,13} + 22.53 X_{11,13} + 22.53 X_{12,13} + 22.53 X_{13,13} + 22.53 X_{14,13} + 22.53 X_{15,13} + 22.53 X_{16,13} + 22.53 X_{17,13} + 22.53 X_{18,13} + 22.53 X_{19,13} + 22.53 X_{20,13} + 22.53 X_{21,13} + 22.53 X_{22,13} + 12 X_{1,14} + 12 X_{2,14} + 12 X_{3,14} + 12 X_{4,14} + 12 X_{5,14} + 12 X_{6,14} + 12 X_{7,14} + 12 X_{8,14} + 12 X_{9,14} + 12 X_{10,14} + 12 X_{11,14} + 12 X_{12,14} + 12 X_{13,14} + 12 X_{14,14} + 12 X_{15,14} + 12 X_{16,14} + 12 X_{17,14} + 12 X_{18,14} + 12 X_{19,14} + 12 X_{20,14} + 12 X_{21,14} + 12 X_{22,14} \leq 25272000$ (Abgant 90 T)

15) $28.37 X_{4,2} + 28.37 X_{5,2} + 28.37 X_{8,2} + 28.37 X_{9,2} + 28.37 X_{13,2} + 28.37 X_{14,2} + 28.37 X_{17,2} + 28.37 X_{18,2} + 28.37 X_{6,3} + 28.37 X_{7,3} + 28.37 X_{10,3} + 28.37 X_{12,3} + 28.37 X_{16,3} + 25.33 X_{4,4} + 25.33 X_{5,4} + 25.33 X_{6,4} + 25.33 X_{7,4} + 25.33 X_{8,4} + 25.33 X_{9,4} + 25.33 X_{10,4} + 25.33 X_{12,4} + 25.33 X_{13,4}$

+ 25.33 X14,4 + 25.33 X17,4 + 25.33 X18,4 + 25.33 X19,4 + 13.38 X4,5 + 13.38 X5,5 + 10.7 X6,6 + 13.38 X7,5 + 13.38 X8,5 + 13.38 X9,5 + 13.38 X10,5 + 13.38 X12,5 + 13.38 X13,5 + 13.38 X14,5 + 13.38 X17,5 + 13.38 X18,5 + 13.38 X19,5 + 10.7 X4,6 + 10.7 X5,6 + 10.7 X7,6 + 19.7 X8,6 + 10.7 X9,6 + 10.7 X10,6 + 10.7 X12,6 + 10.7 X13,6 + 10.7 X14,6 + 10.7 X16,6 + 10.7 X17,6 + 10.7 X18,6 + 10.7 X19,6 + 27.27 X1,9 + 27.27 X2,9 + 27.27 X3,9 + 27.27 X4,9 + 27.27 X5,9 + 27.27 X6,9 + 27.27 X14,9 + 27.27 X19,9 + 27.27 X20,9 + 27.27 X22,9 + 24.8 X3,10 + 24.8 X15,10 + 24.8 X19,10 + 24.8 X20,10 + 24.8 X21,10 + 24.8 X22,10 + 33.2 X1,11 + 33.2 X2,11 + 33.2 X3,11 + 33.2 X4,11 + 33.2 X5,11 + 33.2 X6,11 + 33.2 X7,11 + 33.2 X8,11 + 33.2 X9,11 + 33.2 X10,11 + 33.2 X12,11 + 33.2 X13,11 + 33.2 X14,11 + 33.2 X15,11 + 33.2 X16,11 + 33.2 X17,11 + 33.2 X18,1 + 33.2 X19,11 + 33.2 X20,11 + 33.2 X21,11 + 33.2 X22,11 + 6.79 X1,14 + 6.79 X2,14 + 6.79 X3,14 + 6.79 X4,14 + 6.79 X5,14 + 6.79 X6,14 + 6.79 X7,14 + 6.79 X8,14 + 6.79 X9,14 + 6.79 X10,14 + 6.79 X11,14 + 6.79 X12,14 + 6.79 X13,14 + 6.79 X14,14 + 6.79 X15,14 + 6.79 X16,14 + 6.79 X17,14 + 6.79 X18,14 + 6.79 X19,14 + 6.79 X20,14 + 6.79 X21,14 + 6.79 X22,14 + 13.38 X6,5 + 27.27 X7,9 + 27.27 X8,9 + 27.27 X9,9 + 33.2 X11,11 <= 50544000 (Abgant 30 T)

16) 23.5 X1,12 + 23.5 X2,12 + 23.5 X3,12 + 23.5 X4,12 + 23.5 X5,12 + 23.5 X6,12 + 23.5 X7,12 + 23.5 X8,12 + 23.5 X9,12 + 23.5 X10,12 + 23.5 X11,12 + 23.5 X12,12 + 23.5 X13,12 + 23.5 X14,12 + 23.5 X15,12 + 23.5 X16,12 + 23.5 X17,12 + 23.5 X19,12 + 23.5 X20,12 + 23.5 X21,12 + 23.3 X22,12 + 23.5 X1,13 + 23.3 X2,13 + 23.5 X3,13 + 23.5 X4,13 + 23.5 X5,13 + 23.5 X6,13 + 23.5 X7,13 + 23.5 X8,13 + 23.5 X9,13 + 23.5 X10,13 + 23.5 X11,13 + 23.5 X12,13 + 23.5 X13,13 + 23.5 X14,13 + 23.5 X15,13 + 23.5 X16,13 + 23.5 X17,13 + 23.5 X18,13 + 23.5 X19,13 + 23.5 X20,13 + 23.5 X21,13 + 23.5 X22,13 + 23.32 X1,14 + 23.32 X2,14 + 23.32 X3,14 + 23.32 X4,14 + 23.32 X5,14 + 23.32 X6,14 + 23.32 X7,14 + 23.32 X8,14 + 23.32 X9,14 + 23.32 X10,14 + 23.32 X11,14 + 23.32 X12,14 + 23.32 X13,14 + 23.32 X14,14 + 23.32 X15,14 + 23.32 X16,14 + 23.32 X17,14 + 23.32 X18,14 + 23.32 X19,14 + 23.32 X20,14 + 23.32 X21,14 + 23.32 X22,14 <= 50544000 (E Kalıp)

17) 72.6 X1,1 + 72.6 X2,1 + 72.6 X3,1 + 72.6 X4,1 + 72.6 X5,1 + 72.6 X6,1 + 72.6 X7,1 + 72.6 X8,1 + 72.6 X9,1 + 72.6 X10,1 + 72.6 X11,1 + 72.6 X12,1 + 72.6 X13,1 + 72.6 X14,1 + 72.6 X15,1 + 72.6 X16,1 + 72.6 X17,1 + 72.6 X18,1 + 94.4 X19,1 + 94.4 X20,1 + 94.4 X21,1 + 94.4 X22,1 <= 25272000 (A3 Kalıp)

18) 17.1 X4,2 + 17.1 X5,2 + 17.1 X8,2 + 17.1 X9,2 + 17.1 X13,2 + 17.1 X14,2 + 17.1 X17,2 + 17.1 X18,2 + 17.1 X6,3 + 17.1 X7,3 + 17.1 X10,3 + 17.1 X12,3 + 17.1 X16,3 + 32 X4,5 + 32 X5,5 + 19 X6,6 + 32 X7,5 + 32 X8,5 + 32 X9,5 + 32 X10,5 + 2 X12,5 + 32 X13,5 + 32 X14,5 + 32 X17,5 + 32 X18,5 + 32 X19,5 + 19 X4,6 + 19 X5,6 + 19 X7,6 + 19 X8,6 + 19 X9,6 + 19 X10,6 + 19 X12,6 + 19 X13,6 + 19 X14,6 + 19 X17,6 + 19 X18,6 + 19 X19,6 + 28.9 X1,9 + 28.9 X2,9 + 28.9 X3,9 + 28.9 X4,9 + 28.9 X5,9 + 28.9 X6,9 + 28.9 X14,9 + 28.9 X19,9 + 28.9 X20,9 + 28.9 X22,9 + 19 X3,10 + 19 X15,10 + 19 X19,10 + 19 X20,10 + 19 X21,10 + 19 X22,10 + 21 X1,11 + 21 X2,11 + 21 X3,11 + 21 X4,11 + 21 X5,11 + 21 X6,11 + 21 X7,11 + 21 X8,11 + 21 X9,11 + 21 X10,11 + 21 X12,11 + 21 X13,11 + 21 X14,11 + 21 X15,11 + 21 X16,11 + 21 X17,11 + 21 X18,11 + 21 X19,11 + 21

$X_{20,11} + 21 X_{21,11} + 21X_{22,11} + 32 X_{6,5} + 28.9X_{7,9} + 28.9X_{8,9} + 28.9X_{9,9} + 21 X_{11,11} \leq 50544000$ (*G Kalıp*)

19) $23.15 X_{4,2} + 23.15 X_{5,2} + 23.15 X_{8,2} + 23.15 X_{9,2} + 23.15 X_{13,2} + 23.15 X_{14,2} + 23.15 X_{17,2} + 23.15 X_{18,2} + 23.15 X_{6,3} + 23.15 X_{7,3} + 23.15 X_{10,3} + 23.15 X_{12,3} + 23.15 X_{16,3} + 23.15 X_{6,6} + 23.15 X_{4,6} + 23.15 X_{5,6} + 23.15 X_{7,6} + 23.15 X_{8,6} + 23.15 X_{9,6} + 23.15 X_{10,6} + 23.15 X_{12,6} + 23.15 X_{13,6} + 23.15 X_{14,6} + 23.15 X_{17,6} + 23.15 X_{18,6} + 23.15 X_{19,6} \leq 25272000$ (*K Kalıp*)

20) $7.6 X_{6,6} + 7.6 X_{4,6} + 7.6 X_{5,6} + 7.6 X_{7,6} + 7.6 X_{8,6} + 7.6 X_{9,6} + 7.6 X_{10,6} + 7.6 X_{12,6} + 7.6 X_{13,6} + 7.6 X_{14,6} + 7.6 X_{17,6} + 7.6 X_{18,6} + 7.6 X_{19,6} + 20.5 X_{1,9} + 20.5 X_{2,9} + 20.5 X_{3,9} + 20.5 X_{4,9} + 20.5 X_{5,9} + 20.5 X_{6,9} + 20.5 X_{14,9} + 20.5 X_{19,9} + 20.5 X_{20,9} + 20.5 X_{22,9} + 9.6 X_{1,11} + 9.6 X_{2,11} + 9.6 X_{3,11} + 9.6 X_{4,11} + 9.6 X_{5,11} + 9.6 X_{6,11} + 9.6 X_{7,11} + 9.6 X_{8,11} + 9.6 X_{9,11} + 9.6 X_{10,11} + 9.6 X_{12,11} + 9.6 X_{13,11} + 9.6 X_{14,11} + 9.6 X_{15,11} + 9.6 X_{16,11} + 9.6 X_{17,11} + 9.6 X_{18,11} + 9.6 X_{19,11} + 9.6 X_{20,11} + 9.6 X_{21,11} + 9.6 X_{22,11} + 20.5 X_{7,9} + 20.5 X_{8,9} + 20.5 X_{9,9} + 9.6 X_{11,11} \leq 25272000$ (*F Kalıp*)

21) $26.6 X_{6,6} + 26.6 X_{4,6} + 26.6 X_{5,6} + 26.6 X_{7,6} + 26.6 X_{8,6} + 26.6 X_{9,6} + 26.6 X_{10,6} + 26.6 X_{12,6} + 26.6 X_{13,6} + 26.6 X_{14,6} + 26.6 X_{17,6} + 26.6 X_{18,6} + 26.6 X_{19,6} + 5.36 X_{4,7} + 5.36 X_{5,7} + 5.36 X_{6,7} + 5.36 X_{7,7} + 5.36 X_{10,7} + 5.36 X_{12,7} + 5.36 X_{13,7} + 5.36 X_{14,7} + 5.36 X_{16,7} + 5.36 X_{17,7} + 5.36 X_{19,7} + 7.05 X_{1,8} + 7.05 X_{2,8} + 7.05 X_{3,8} + 7.05 X_{4,8} + 7.05 X_{5,8} + 7.05 X_{6,8} + 7.05 X_{7,8} + 7.05 X_{8,8} + 7.05 X_{9,8} + 7.05 X_{10,8} + 7.05 X_{11,8} + 7.05 X_{12,8} + 7.05 X_{13,8} + 7.05 X_{14,8} + 7.05 X_{15,8} + 7.05 X_{16,8} + 7.05 X_{17,8} + 7.05 X_{18,8} + 7.05 X_{19,8} + 7.05 X_{20,8} + 7.05 X_{21,8} + 7.05 X_{22,8} + 23.5 X_{1,12} + 23.5 X_{2,12} + 23.5 X_{3,12} + 23.5 X_{4,12} + 23.5 X_{5,12} + 23.5 X_{6,12} + 23.5 X_{7,12} + 23.5 X_{8,12} + 23.5 X_{9,12} + 23.5 X_{10,12} + 23.5 X_{11,12} + 23.5 X_{12,12} + 23.5 X_{13,12} + 23.5 X_{14,12} + 23.5 X_{15,12} + 23.5 X_{16,12} + 23.5 X_{17,12} + 23.5 X_{19,12} + 23.5 X_{20,12} + 23.5 X_{21,12} + 23.5 X_{22,12} + 23.5 X_{1,13} + 23.5 X_{2,13} + 23.5 X_{3,13} + 23.5 X_{4,13} + 23.5 X_{5,13} + 23.5 X_{6,13} + 23.5 X_{7,13} + 23.5 X_{8,13} + 23.5 X_{9,13} + 23.5 X_{10,13} + 23.5 X_{11,13} + 23.5 X_{12,13} + 23.5 X_{13,13} + 23.5 X_{14,13} + 23.5 X_{15,13} + 23.5 X_{16,13} + 23.5 X_{17,13} + 23.5 X_{18,13} + 23.5 X_{19,13} + 23.5 X_{20,13} + 23.5 X_{21,13} + 23.5 X_{22,13} \leq 50544000$ (*E Kalıp*)

22) $40.25 X_{4,2} + 40.25 X_{5,2} + 40.25 X_{8,2} + 40.25 X_{9,2} + 40.25 X_{13,2} + 40.25 X_{14,2} + 40.25 X_{17,2} + 40.25 X_{18,2} + 40.25 X_{6,3} + 40.25 X_{7,3} + 40.25 X_{10,3} + 40.25 X_{12,3} + 40.25 X_{16,3} + 32 X_{4,5} + 32 X_{5,5} + 23.15 X_{6,6} + 32 X_{7,5} + 32 X_{8,5} + 32 X_{9,5} + 32 X_{10,5} + 32 X_{12,5} + 32 X_{13,5} + 32 X_{14,5} + 23.15 X_{4,6} + 23.15 X_{5,6} + 23.15 X_{7,6} + 23.15 X_{8,6} + 23.15 X_{9,6} + 23.15 X_{10,6} + 23.15 X_{12,6} + 23.15 X_{13,6} + 23.15 X_{14,6} + 32 X_{17,6} + 32 X_{18,6} + 32 X_{19,6} + 49.4 X_{1,9} + 49.4 X_{2,9} + 49.4 X_{3,9} + 49.4 X_{4,9} + 49.4 X_{5,9} + 49.4 X_{6,9} + 49.4 X_{14,9} + 49.4 X_{19,9} + 49.4 X_{20,9} + 49.4 X_{22,9} + 19 X_{3,10} + 19 X_{15,10} + 19 X_{19,10} + 19 X_{20,10} + 19 X_{21,10} + 19 X_{22,10} + 30.6 X_{1,11} + 30.6 X_{2,11} + 30.6 X_{3,11} + 30.6 X_{4,11} + 30.6 X_{5,11} + 30.6 X_{6,11} + 30.6 X_{7,11} + 30.6 X_{8,11} + 30.6 X_{9,11} + 30.6 X_{10,11} + 30.6 X_{12,11} + 30.6 X_{13,11} + 30.6 X_{14,11} + 30.6 X_{15,11} + 30.6 X_{16,11} + 30.6 X_{17,11} + 30.6 X_{18,11} + 30.6 X_{19,11} + 30.6 X_{20,11} + 30.6 X_{21,11} + 30.6 X_{22,11} + 32 X_{6,5} + 49.4 X_{7,9} + 49.4 X_{8,9} + 49.4 X_{9,9} + 30.6 X_{11,11} \leq 101088000$ (*Pres 15 T*)

Ek 3:Yarı Ürün Denge Kısıtlayıcıları

23) $0.91 X_{1,1} - 0.08 X_{1,8} = 0$	83) $0.91 X_{7,1} - X_{7,5} = 0$	143) $0.91 X_{12,1} - 0.2 X_{12,14} = 0$
24) $0.91 X_{1,1} - 0.25 X_{1,9} = 0$	84) $0.91 X_{7,1} - X_{7,6} = 0$	144) $0.91 X_{12,1} - 0.2 X_{12,15} = 0$
25) $0.91 X_{1,1} - X_{1,11} = 0$	85) $0.91 X_{7,1} - 0.5 X_{7,7} = 0$	145) $0.91 X_{12,1} - 0.33 X_{12,17} = 0$
26) $0.91 X_{1,1} - 0.5 X_{1,12} = 0$	86) $0.91 X_{7,1} - 0.1 X_{7,8} = 0$	146) $0.91 X_{13,1} - X_{13,2} = 0$
27) $0.91 X_{1,1} - 0.11 X_{1,13} = 0$	87) $0.91 X_{7,1} - 0.33 X_{7,9} = 0$	147) $0.91 X_{13,1} - X_{13,4} = 0$
28) $0.91 X_{1,1} - 0.17 X_{1,14} = 0$	88) $0.91 X_{7,1} - X_{7,11} = 0$	200) $0.91 X_{17,1} - X_{17,12} = 0$
29) $0.91 X_{1,1} - 0.17 X_{1,15} = 0$	89) $0.91 X_{7,1} - 0.5 X_{7,12} = 0$	201) $0.91 X_{17,1} - X_{17,13} = 0$
30) $0.91 X_{2,1} - 0.08 X_{2,8} = 0$	90) $0.91 X_{7,1} - 0.143 X_{7,13} = 0$	202) $0.91 X_{17,1} - X_{17,14} = 0$
31) $0.91 X_{2,1} - 0.33 X_{2,9} = 0$	91) $0.91 X_{7,1} - 0.2 X_{7,14} = 0$	203) $0.91 X_{17,1} - X_{17,15} = 0$
32) $0.91 X_{2,1} - X_{2,11} = 0$	92) $0.91 X_{7,1} - 0.2 X_{7,15} = 0$	204) $0.91 X_{17,1} - X_{17,16} = 0$
33) $0.91 X_{2,1} - 0.5 X_{2,12} = 0$	93) $0.91 X_{8,1} - X_{8,2} = 0$	205) $0.91 X_{17,1} - 0.5 X_{17,18} = 0$
34) $0.91 X_{2,1} - 0.11 X_{2,13} = 0$	94) $0.91 X_{8,1} - X_{8,4} = 0$	206) $0.91 X_{18,1} - X_{18,2} = 0$
35) $0.91 X_{2,1} - 0.17 X_{2,14} = 0$	95) $0.91 X_{8,1} - X_{8,5} = 0$	207) $0.91 X_{18,1} - X_{18,4} = 0$
36) $0.91 X_{2,1} - 0.17 X_{2,15} = 0$	96) $0.91 X_{8,1} - X_{8,6} = 0$	208) $0.91 X_{18,1} - X_{18,5} = 0$
37) $0.91 X_{3,1} - 0.125 X_{3,8} = 0$	97) $0.91 X_{8,1} - 0.1 X_{8,8} = 0$	209) $0.91 X_{18,1} - X_{18,6} = 0$
38) $0.91 X_{3,1} - 0.5 X_{3,9} = 0$	98) $0.91 X_{8,1} - 0.25 X_{8,9} = 0$	210) $0.91 X_{18,1} - 0.083 X_{18,8} = 0$
39) $0.91 X_{3,1} - X_{3,10} = 0$	99) $0.91 X_{8,1} - X_{8,11} = 0$	211) $0.91 X_{18,1} - X_{18,11} = 0$
40) $0.91 X_{3,1} - X_{3,11} = 0$	100) $0.91 X_{8,1} - 0.5 X_{8,12} = 0$	212) $0.91 X_{18,1} - 0.5 X_{18,13} = 0$
41) $0.91 X_{3,1} - 0.5 X_{3,12} = 0$	101) $0.91 X_{8,1} - 0.143 X_{8,13} = 0$	213) $0.91 X_{18,1} - X_{18,14} = 0$
42) $0.91 X_{3,1} - 0.2 X_{3,13} = 0$	102) $0.91 X_{8,1} - 0.2 X_{8,14} = 0$	214) $0.91 X_{18,1} - X_{18,15} = 0$
43) $0.91 X_{3,1} - 0.25 X_{3,14} = 0$	103) $0.91 X_{8,1} - 0.2 X_{8,15} = 0$	215) $0.91 X_{18,1} - X_{18,16} = 0$
44) $0.91 X_{3,1} - 0.25 X_{3,15} = 0$	104) $0.91 X_{9,1} - X_{9,2} = 0$	216) $0.91 X_{18,1} - 0.5 X_{18,18} = 0$
45) $0.91 X_{4,1} - X_{4,2} = 0$	105) $0.91 X_{9,1} - X_{9,4} = 0$	217) $0.77 X_{19,1} - 0.5 X_{19,3} = 0$
46) $0.91 X_{4,1} - X_{4,4} = 0$	106) $0.91 X_{9,1} - X_{9,5} = 0$	218) $0.77 X_{19,1} - 0.5 X_{19,4} = 0$
47) $0.91 X_{4,1} - X_{4,5} = 0$	107) $0.91 X_{9,1} - X_{9,6} = 0$	219) $0.77 X_{19,1} - 0.5 X_{19,6} = 0$
48) $0.91 X_{4,1} - X_{4,6} = 0$	108) $0.91 X_{9,1} - 0.1 X_{9,8} = 0$	220) $0.77 X_{19,1} - 0.5 X_{19,6} = 0$
49) $0.91 X_{4,1} - 0.5 X_{4,7} = 0$	109) $0.91 X_{9,1} - 0.33 X_{9,9} = 0$	221) $0.77 X_{19,1} - 0.25 X_{19,7} = 0$
50) $0.91 X_{4,1} - 0.1 X_{4,8} = 0$	110) $0.91 X_{9,1} - X_{9,11} = 0$	222) $0.77 X_{19,1} - 0.05 X_{19,8} = 0$
51) $0.91 X_{4,1} - 0.25 X_{4,9} = 0$	111) $0.91 X_{9,1} - 0.5 X_{9,12} = 0$	223) $0.77 X_{19,1} - 1.16 X_{19,9} = 0$
52) $0.91 X_{4,1} - X_{4,11} = 0$	112) $0.91 X_{9,1} - 0.143 X_{9,13} = 0$	224) $0.77 X_{19,1} - X_{19,10} = 0$
53) $0.91 X_{4,1} - 0.5 X_{4,12} = 0$	113) $0.91 X_{9,1} - 0.2 X_{9,14} = 0$	225) $0.77 X_{19,1} - 0.5 X_{19,11} = 0$
54) $0.91 X_{4,1} - 0.143 X_{4,13} = 0$	114) $0.91 X_{9,1} - 0.2 X_{9,15} = 0$	226) $0.77 X_{19,1} - 0.25 X_{19,12} = 0$
55) $0.91 X_{4,1} - 0.2 X_{4,14} = 0$	115) $0.91 X_{10,1} - X_{10,3} = 0$	227) $0.77 X_{19,1} - 0.07 X_{19,13} = 0$
56) $0.91 X_{4,1} - 0.2 X_{4,15} = 0$	116) $0.91 X_{10,1} - X_{10,4} = 0$	228) $0.77 X_{19,1} - 0.1 X_{19,14} = 0$
57) $0.91 X_{5,1} - X_{5,2} = 0$	117) $0.91 X_{10,1} - X_{10,5} = 0$	229) $0.77 X_{19,1} - 0.1 X_{19,15} = 0$
58) $0.91 X_{5,1} - X_{5,4} = 0$	118) $0.91 X_{10,1} - X_{10,6} = 0$	230) $0.77 X_{20,1} - 0.0625 X_{20,8} = 0$
59) $0.91 X_{5,1} - X_{5,5} = 0$	119) $0.91 X_{10,1} - 0.5 X_{10,7} = 0$	231) $0.77 X_{20,1} - 0.25 X_{20,9} = 0$
60) $0.91 X_{5,1} - X_{5,6} = 0$	120) $0.91 X_{10,1} - 0.1 X_{10,8} = 0$	232) $0.77 X_{20,1} - X_{20,10} = 0$
61) $0.91 X_{5,1} - 0.5 X_{5,7} = 0$	121) $0.91 X_{10,1} - X_{10,11} = 0$	233) $0.77 X_{20,1} - 0.5 X_{20,11} = 0$
62) $0.91 X_{5,1} - 0.1 X_{5,8} = 0$	122) $0.91 X_{10,1} - 0.5 X_{10,12} = 0$	234) $0.77 X_{20,1} - 0.25 X_{20,12} = 0$
63) $0.91 X_{5,1} - 0.33 X_{5,9} = 0$	123) $0.91 X_{10,1} - 0.143 X_{10,13} = 0$	235) $0.77 X_{20,1} - 0.1 X_{20,13} = 0$
64) $0.91 X_{5,1} - X_{5,11} = 0$	124) $0.91 X_{10,1} - 0.2 X_{10,14} = 0$	236) $0.77 X_{20,1} - 0.125 X_{20,14} = 0$
65) $0.91 X_{5,1} - 0.5 X_{5,12} = 0$	125) $0.91 X_{10,1} - 0.2 X_{10,15} = 0$	237) $0.77 X_{20,1} - 0.125 X_{20,15} = 0$
66) $0.91 X_{5,1} - 0.143 X_{5,13} = 0$	126) $0.91 X_{10,1} - X_{10,16} = 0$	238) $0.77 X_{21,1} - 0.0625 X_{21,8} = 0$
67) $0.91 X_{5,1} - 0.2 X_{5,14} = 0$	127) $0.91 X_{11,1} - 0.125 X_{11,8} = 0$	239) $0.77 X_{21,1} - X_{21,10} = 0$
68) $0.91 X_{5,1} - 0.2 X_{5,15} = 0$	128) $0.91 X_{11,1} - X_{11,11} = 0$	240) $0.77 X_{21,1} - 0.5 X_{21,11} = 0$
69) $0.91 X_{6,1} - X_{6,3} = 0$	129) $0.91 X_{11,1} - 0.5 X_{11,12} = 0$	241) $0.77 X_{21,1} - 0.5 X_{21,12} = 0$
70) $0.91 X_{6,1} - X_{6,4} = 0$	130) $0.91 X_{11,1} - 0.2 X_{11,13} = 0$	242) $0.77 X_{21,1} - 0.5 X_{21,13} = 0$
71) $0.91 X_{6,1} - X_{6,5} = 0$	131) $0.91 X_{11,1} - 0.25 X_{11,14} = 0$	243) $0.77 X_{21,1} - 0.5 X_{21,14} = 0$
72) $0.91 X_{6,1} - X_{6,6} = 0$	132) $0.91 X_{11,1} - 0.25 X_{11,15} = 0$	244) $0.77 X_{21,1} - 0.5 X_{21,15} = 0$
73) $0.91 X_{6,1} - 0.5 X_{6,7} = 0$	133) $0.91 X_{11,1} - 0.5 X_{11,17} = 0$	245) $0.77 X_{21,1} - 0.5 X_{21,17} = 0$
74) $0.91 X_{6,1} - 0.1 X_{6,8} = 0$	134) $0.91 X_{12,1} - X_{12,3} = 0$	246) $0.77 X_{21,1} - 0.166 X_{21,18} = 0$
75) $0.91 X_{6,1} - 0.25 X_{6,9} = 0$	135) $0.91 X_{12,1} - X_{12,4} = 0$	247) $0.5 X_{22,1} - 0.125 X_{22,8} = 0$
76) $0.91 X_{6,1} - X_{6,11} = 0$	136) $0.91 X_{12,1} - X_{12,5} = 0$	248) $0.5 X_{22,1} - 0.25 X_{22,9} = 0$
77) $0.91 X_{6,1} - 0.5 X_{6,12} = 0$	137) $0.91 X_{12,1} - X_{12,6} = 0$	249) $0.5 X_{22,1} - X_{22,10} = 0$
78) $0.91 X_{6,1} - 0.143 X_{6,13} = 0$	138) $0.91 X_{12,1} - 0.5 X_{12,7} = 0$	250) $0.5 X_{22,1} - X_{22,11} = 0$
79) $0.91 X_{6,1} - 0.2 X_{6,14} = 0$	139) $0.91 X_{12,1} - 0.1 X_{12,8} = 0$	251) $0.5 X_{22,1} - 0.5 X_{22,12} = 0$
80) $0.91 X_{6,1} - 0.2 X_{6,15} = 0$	140) $0.91 X_{12,1} - X_{12,11} = 0$	252) $0.5 X_{22,1} - 0.2 X_{22,13} = 0$
81) $0.91 X_{7,1} - X_{7,3} = 0$	141) $0.91 X_{12,1} - 0.5 X_{12,12} = 0$	253) $0.5 X_{22,1} - 0.25 X_{22,14} = 0$
82) $0.91 X_{7,1} - X_{7,4} = 0$	142) $0.91 X_{12,1} - 0.143 X_{12,13} = 0$	254) $0.5 X_{22,1} - 0.25 X_{22,15} = 0$

Ek 4: Talep Üst ve Alt Sınır Kısıtlayıcıları**Talep Üst Sınır Kısıtlayıcıları**

- 255) X7,11 \leq 1493
- 256) X8,11 \leq 737
- 257) X9,11 \leq 3432
- 258) X10,11 \leq 157
- 259) X11,11 \leq 248
- 260) X12,11 \leq 1046
- 261) X13,11 \leq 209
- 262) X14,11 \leq 150
- 263) X15,11 \leq 86
- 264) X16,11 \leq 234
- 265) X17,11 \leq 419
- 266) X18,11 \leq 95
- 267) X19,10 \leq 180
- 268) X20,10 \leq 4235
- 269) X21,10 \leq 2623
- 270) X22,10 \leq 2324
- 271) X6,11 \leq 732
- 272) X5,11 \leq 2106
- 273) X4,11 \leq 724
- 274) X3,11 \leq 180
- 275) X2,11 \leq 4412
- 276) X1,11 \leq 2588

Talep Alt Sınır Kısıtlayıcıları

- 277) X1,11 \geq 741
- 278) X2,11 \geq 1392
- 279) X3,11 \geq 28
- 280) X4,11 \geq 218
- 281) X5,11 \geq 645
- 282) X6,11 \geq 456
- 283) X7,11 \geq 424
- 284) X8,11 \geq 223
- 285) X9,11 \geq 1010
- 286) X10,11 \geq 46
- 287) X11,11 \geq 76
- 288) X12,11 \geq 305
- 289) X13,11 \geq 62
- 290) X14,11 \geq 34
- 291) X15,11 \geq 24
- 292) X16,11 \geq 30
- 293) X17,11 \geq 128
- 294) X18,11 \geq 36
- 295) X19,10 \geq 28
- 296) X20,10 \geq 1222
- 297) X21,10 \geq 721
- 298) X22,10 \geq 640