

İnşaat ve Enerji Sektöründe Beton Direk Üretimi Planlamasına Örnek Bir Model Önerisi: Tamsayılı Doğrusal Programlama

Yrd. Doç. Dr. Ahmet ERGÜLEN

Niğde Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, NİĞDE

Yrd. Doç. Dr. Esen GÜRBÜZ

Niğde Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, NİĞDE

ÖZET

Bir Firmanın üretim planlarının amaçlara uygun olarak hazırlanabilmesi, üretim faaliyetlerinde etkinliğin elde edilebilmesini etkileyebilmektedir. Üretim planlamasında, amaçlara ulaşılabilmesinde birçok kriteri en uygun değere taşıyabilecek ve optimum faydayı sağlayabilecek farklı modellerden yararlanılabilir.

Bu çalışmada Tamsayılı Doğrusal Programlama(TDP) modelinin üretim planlamasında uygulanabilirliği teorik çerçevede açıklanmakta ve beton direk üretimi alanında faaliyet gösteren bir üretim firmasında, örnek bir uygulama modeli ile desteklenmektedir. TDP modelinin çözümünde; direk çeşitleri, kalıpların sayısı ve özellikleri, üretim yöntemleri, taşeronların işçilik maliyetleri, kapasite ve üretim programı değişkenleri temel alınmakta ve TDP modeli, üretim sürecinde kapasitenin maksimum düzeyde kullanılmasını sağlayan, avantajlı bir matematiksel model olarak önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Optimum Çözüm, Tamsayılı Doğrusal Programlama, Matematiksel Model.

A Case Model Suggestion To Production Planning Of Concrete Pile In Construction And Energy Sector: Integer Linear Programming

ABSTRACT

Achieving efficiency in production to a great extend requires planning production activities in a way that fits into companies' goals. In order to achieve the goals in production planning, different models that could take many criteria up to the most desired level and provide the firm with the optimal utility, could be suggested.

This study, informed also by the existing literature about the subject, considers the Integer Linear programming (ILP) method and its applicability to production activities. Whether the (ILP) method might have important results for production planning or not is studied in a company that operates in the concrete pile production. In the model, as variables, the sort of piles, the numbers and features of the patterns, the production methods, the labour costs of middle-men, and the capacity and production programs are used. The paper concludes that the (ILP) model is an advantageous mathematical model that enables us to explore the levels in which the capacity of the production tends to be maximum.

Key Words: Optimum Solution, Integer Linear Programming, Mathematical Model.

I. Giriş

Üretim firmalarının en önemli amaçları arasında -sürekli değişen dünya pazarlarında rekabetin yükselmesinin de bir sonucu olarak- önceden öngörülemeyen bilgi istemine ve pazar koşullarındaki değişimlere karşılık verebilme ve üretim işlemlerindeki kazançlarının optimize edilebilmesi büyük önem taşımaktadır. Optimal üretim planlaması bu amacı başarmada, en önemli ve

yararlı tekniklerden bir tanesi olarak önerilmektedir. Birçok optimal planlama modelleri ile ilgili olarak, malzeme ve materyal satın alma yöntemleri, personel programlaması, kapasite planlaması ve diğer üretim fonksiyonları yöntemleri geliştirilmiş ve optimal üretim planlamasını gerçekleştirebilecek matematiksel modeller sunulmuştur (Meybodi, 1995: 4 ; Yazgaç and Özdemir, 2004: 20).

Üretim planlama süreci ile ilgili literatürde, farklı stok kontrol problemleri ve üretim planlama yöntem ve modelleri önerilmektedir. Stok kontrol problemlerini çözmeye, ekonomik sipariş miktarı modeli, MRP1, MRP2, Kanban sistemleri gibi farklı model ve yöntemler kullanılmaktadır. Üretim planlama problemlerini çözmeye matematiksel programlama, güçlü bir yöntem olarak önerilmektedir. Birçok matematiksel modeller ve çözüm yöntemleri genel üretim ve hizmet endüstrilerindeki sorunları çözmek için geliştirilmiştir ve yaygın olarak kullanılabilir (Chen, 2001: 275).

Bu çalışmada inşaat ve enerji sektöründe faaliyet gösteren bir Firmanın, beton direklerle ait üretim hollerinde, üretim planının matematiksel modellerle açıklanmasını gerektiren veriler ilgili Firmadan elde edilmiş ve Firmanın üretim planlamasında kullanabileceği gerekli kapasite büyüklüğü, Tamsayılı Doğrusal Programlama modeli kullanılarak belirlenmiştir.

II. FİRMA ÜRETİM PLANINDA MODEL KURMA VE TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜMÜ

Model, bir sonucun elde edilebilmesini hangi değişkenlerin etkilediğinin belirlenmesi ve gerçeğin bazı sembollerle gösterimi olarak açıklanmaktadır. Matematiksel bir modelin kurulmasında, öncelikle problem belirlenir, ikinci aşamada varsayım ve kabuller belirlenir, üçüncü aşamada da problemi en iyi şekilde temsil edebilecek bir model kurulur. Model ele aldığı konunun tüm görünümünü belirlemekten çok, konu ile ilgili ve özelliği olan ilişkileri gösterir.

Model kurma uygulama süreci aşağıda açıklanan aşamalardan oluşmaktadır (Öztürk, 1994: 6):

- Karar probleminin belirlenmesi,
- Modelin formüllerle açıklanması,
- Problemin formüllerle açıklanması,
- Modelden çözüm elde edilmesi,
- Modelin geçerliliğinin denenmesi,
- Modelin uygulanması,
- Modelin kontrol altına alınması ve
- Sonuçların yorumu.

Kurulan model, bilinen bir sistemi veya sistemleri bağıntı ve parametrelerle tanımlayarak, gerçek değerleri mümkün olduğunca en iyi şekilde temsil edebilmelidir (Tekin, 1995: 1).

Doğrusal programlama, optimizasyon problemlerinde başarılı bir analiz yöntemi olarak uygulanmaktadır. Planlama, rota belirleme, programlama, görev dağılımı, proje problemlerinin farklı şekillerinde ve optimal pazarlama karması

oluşturma gibi birçok model kurmada değerlendirilebilir bir yöntem olarak önerilmektedir (Stapleton, Hanna, Markussen, 2003:54).

Doğrusal programlama, birçok değişken, lineer eşitsizlikler şeklindeki birçok kısıtlamaya maruz iken, bu değişkenlerin maksimize veya minimize edildiği problemler analizidir (Dorfman, 1958: 9).

Tamsayı programlama, doğrusal programlama problemlerine optimum tamsayı çözümü üretmek için geliştirilen doğrusal programlamanın özel bir uzantısıdır (Lee, 1988:174).

Tamsayı doğrusal programlama -çoklu kriter ve çoklu kısıt, tek amaç ve tek kısıt düzeyleri- sorunlarıyla ilgili olarak birçok uygulamada kullanılmaktadır. Örneğin; bir havayolu firması uçakta ne satın alındığı ve ne kadara satın alındığını belirlemek için tamsayı bir doğrusal programlama kullanabilir ancak, problemde yetenek, ekonomi, güvenlik ve teknoloji gibi çoklu kriter göz önünde bulundurulmalıdır. Problem düzeylerinde kaynak kullanılabilirliği havayolu karar alıcılarının bazılarında farklı olarak sunulabilir (Li/Shi, 2001:497).

Karar problemlerinin önemli bir kısmında alınan kararların kusurathı değil, tamsayı olarak ifade edilmeleri gerekir. Örneğin, 10.5 ton yakıt kullanmaya karar verebilirsiniz, ancak 10.5 tane uçak üretmeye karar veremezsiniz. Ayrıca, evet/hayır, uygula/uygulama veya yap/yapma şeklinde sadece iki seçeneğe bazı kararlar vardır ki karar olumlu ise 1 sayısı ile, olumlu değil ise 0 sayısı ile ifade edilirler. Sıfır-bir değişkenler adı verilen bu değişkenler 0 ile 1 arasındaki hiçbir kusurathı değeri alamazlar.

Tamsayı doğrusal programlama modeli doğrusal programlama modeli ile yakından bağlantılı ve doğrusal programlama modelinin bir uzantısıdır. Doğrusal programlama modelinde, değişkenlerin tamsayı değer almaları gibi bir zorunluluk yoktur. Böyle bir zorunluluğun bulunması durumunda, doğrusal programlama modeli yetersiz kalmakta, tamsayı doğrusal programlama modeli kullanılmaktadır. Bir doğrusal programlama modelini tam sayılı doğrusal programlama modeli şeklinde ifade edebilmede değişkenlerin üzerindeki negatif olmama şartını kaldırarak yerine tam sayılı pozitif değerler alma şartını yerleştirmek yeterli olmaktadır (Özgüven, 2003:193).

Tamsayı doğrusal programlama modelleri, tamsayılılık şartının değişkenlerin tümü üzerine mi yoksa bir kısmı üzerine mi konduğuna bağlı olarak -saf ve karma modeller- olarak ikiye ayrılmaktadır. Bir başka sınıflandırmada tam sayılı değişkenler, sınırların izin verdiği ölçüde her pozitif değeri alabiliyorsa pozitif modeller, sadece 0 ve 1 değerlerini alabiliyorsa sıfır-bir modeller söz konusu olur. Bu açıklamalara bağlı olarak dört çeşit tam sayılı doğrusal programlama modelinden söz edilebilir (Özgüven, 2003:194):

- (1) Saf pozitif; $X_1, X_2 = 0, 1, 2, \dots$
- (2) Karma pozitif; $X_1 = 0, 1, 2, \dots$; $X_2 \geq 0$
- (3) Saf sıfır bir; $X_1, X_2, X_3 = 0, 1$
- (4) Karma sıfır bir; $X_1, X_3 = 0, 1$; $X_2 \geq 0$

Tamsayı lineer programlama sorunları ölçek, programlama, kuruluş yeri, taşıt rotası gibi birçok konuyu içermektedir. Problem lineer bir fonksiyonu

optimize etme, lineer kısıtlar seti konusu, tamsayı değişkenlerin sunumundan oluşmaktadır. Eğer tüm değişkenler tamsayı ise, problem saf tamsayı, sürekli değişkenlerin olduğu daha fazla genel olayda problem karma tamsayı ismindedir. Saf tamsayı doğrusal programlamanın genel formülü aşağıda açıklanmaktadır (Pedroso, 2002: 337):

$$\text{Max}_x \{cx : Ax \leq b, x \in Z_+^n\}$$

Z_+^n negatif olmayan n boyutsal vektörlü tamsayı seti.

A m kısıtlarının sayısının olduğu yerde bir m x n matrisi

X değişkenlerinin tamamı tamsayıdır.

Bu çalışmada, Firmanın beton direk üretiminde bir vardiyadaki (8 saatte) direk üretim holünün maksimum kapasiteyle çalıştırılması ve yapılan üretimin uygun olmasının sağlanmasında kullanılan Tamsayı Doğrusal Programlama açıklanmaktadır. Aşağıda açıklanan Tamsayı Doğrusal Programlama Modeli çözümünde kullanılan ve faaliyet gösteren örnek Firma'dan elde edilen uygulamaya dayalı veriler, Ek 1, 2, 3, 4 ve 5' de açıklanmaktadır.

Bu üretim problemine ait genel TDP modeli aşağıdaki şekilde yazılabilir (Ergülen, 2005: 327):

Amaç Fonksiyonu

Max TKS

1. Sınırlar Seti

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq a_k$$

i= Beton direğin boyunu

j = Beton direğin tepe çapını belirleyecektir

k = Sipariş adedi

[1]

2. Sınırlar Seti

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq b_k$$

i = Beton direğin boyunu

j = Beton direğin tepe çapını belirleyecektir

k=Kalıp sayıları adedi

[2]

3. Sınırlar Seti

$$TT = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_k T_{ij}$$

i= Beton direğin boyunu
j = Beton direğin tepe çapını belirleyecektir
k= Sipariş adedi

[3]

$$TT \Rightarrow h \quad h = \text{alt tonaj kısıtı}$$

$$TT \leq l \quad l = \text{üst tonaj kısıtı}$$

4. Sınırlar Seti

$$TKS \Rightarrow t \quad t = \text{vardiyadaki(8 saatte) alt kapasite kısıtı}$$

$$TKS \leq s \quad s = \text{vardiyadaki(8 saatte) üst kapasite kısıtı}$$

Pozitiflik Şartı;
 $X_{ij} \geq 0$ ve tamsayı

Burada; i : araç tipini, j : aracın sefer yapacağı bölgeyi göstermek üzere,

Amaç denkleminde;

Karar değişkeni ;

TKS: i boylu j tepe çaplı beton direğin vardiyada çalışacak toplam kalıp sayısını temsil eder.

[1] numaralı kısıt'ta;

Kullanılan parametreler,

a_k : Talep merkezinin k adet siparişi

Karar değişkenleri ise,

X_{ij} : i . boylu j tepe çaplı direklerin sayısı

olarak tanımlanır.

[2] numaralı kısıt'ta;

Kullanılan parametreler,

b_k : Talep merkezinin k adet siparişlerine ait kalıp sayıları

Karar değişkenleri ise,

X_{ij} : i . boylu j tepe çaplı direklerin sayısı

olarak tanımlanır.

[3] numaralı kısıt'ta;

Kullanılan parametreler,

c_k : Talep merkezinin k adet siparişlerinde taşeronun en fazla üretebileceği direklerin sayısı

h = alt tonaj kısıtı

l = üst tonaj kısıtı

Karar değişkenleri ise,

T_{ij} : i. boylu j tepe çaplı direklerin toplam sayısı olarak tanımlanır.

[4] numaralı kısıt'ta;

Kullanılan parametreler,

t = vardiyadaki(8 saatte) alt kapasite kısıtı

s = vardiyadaki(8 saatte) üst kapasite kısıtı olarak tanımlanır.

A. Karar Değişkenlerinin ve Parametrelerin Tanımlanması

Modelde Kalıp sayıları X değişkenleri ile tanımlanacak, bu değişkenlere bağlı indislerde,

i: Beton direğin boyunu

j: Beton direğin tepe çapını belirleyecektir.

X_{ij} , i boylu j tepe çaplı beton direğin kalıp sayısını temsil eder.

T_{ij} ile belirtilen parametre, i boylu j tepe çaplı beton direğin ağırlığını temsil eder.

$TKS = \sum X_{ij}$ ile belirtilen parametre i boylu j tepe çaplı beton direğin vardiyada çalışacak toplam kalıp sayısını temsil eder.

$TT = \sum (T_{i,j})(X_{ij})$ ile belirtilen parametre i boylu j tepe çaplı beton direklerin vardiyada üretilecek toplam tonajını temsil eder.

$TA = TKS$ ile belirtilen parametre i boylu j tepe çaplı beton direğin bir vardiyada üretilecek toplam adetini yada toplam kalıp sayısını temsil eder.

Modelde kullanılacak, üretici firmaya sipariş edilen beton direklerin kalıp tipleri ise aşağıda açıklanmaktadır:

$X_{9,135}$: 9 metre boyunda 135 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{12,135}$: 12 metre boyunda 135 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{9,180}$: 9 metre boyunda 180 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{12,180}$: 12 metre boyunda 180 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{9,225}$: 9 metre boyunda 225 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{12,225}$: 12 metre boyunda 225 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{15,225}$: 15 metre boyunda 225 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{18,225}$: 18 metre boyunda 225 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{9,270}$: 9 metre boyunda 270 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{12,270}$: 12 metre boyunda 270 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{15,270}$: 15 metre boyunda 270 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{18,270}$: 18 metre boyunda 270 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{9,315}$: 9 metre boyunda 315 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{12,315}$: 12 metre boyunda 315 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{15,315}$: 15 metre boyunda 315 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

$X_{18,315}$: 18 metre boyunda 315 mm tepe çaplı beton direk sayıları toplamı

B. Sınırlayıcı Şartların Formüle Edilmesi

Karar değişkenlerinde tanımlanan beton direk kalıp tipleri, beton direklerin boyları ve tepe çaplarına göre oluşturulmuştur.

1.Sınırlar Seti: Buradaki kısıtta oluşan karar değişkenlerinin katsayıları sipariş edilen beton direk tiplerinin sayısını ifade etmektedir. Kısıtların sağ tarafındaki değeri ise beton direk tiplerinin en fazla üretilebilecek sipariş adedi toplamını belirtmektedir. $X_{ij} \geq 0$ ve tamsayıdır. Ayrıca hiçbir kalıpta sipariştten fazla sayıda direk üretilemez.

Tablo 1: Direk Üretim Holünün Siparişi Gerçekleşmiş ve Üretimi Yapılacak Beton Direklerin Kısıtları

Değişken	i	j	Eşitlik	Sipariş Adedi
X	9	135	=<	120
X	12	135	=<	142
X	9	180	=<	413
X	12	180	=<	51
X	9	225	=<	78
X	12	225	=<	49
X	15	225	=<	22
X	18	225	=<	8
X	9	270	=<	65
X	12	270	=<	24

2.Sınırlar Seti: Hiçbir vardiyada kalıp sayısından fazla üretim yapılamaz. Kalıpların modül ekleyip çıkartılarak oluşturulabilecek max ve min sayılarını gösteren liste aşağıda gösterilmekte $X_{ij} \geq 0$ ve tamsayıdır.

Tablo 2: Beton Direklerin Kalıp Sayılarını Gösteren Kısıtları

Değişken	i	j	Eşitlik	Sipariş Adedi
X	9	135	=<	9
X	12	135	=<	11
X	9	180	=<	9
X	12	180	=<	16
X	9	225	=<	2
X	12	225	=<	1
X	15	225	=<	4
X	18	225	=<	6
X	9	270	=<	5
X	12	270	=<	4

$$X_{9,135} + X_{12,135} = 13 \text{ (135 mm tepe çaplı dönüşebilir kalıplar toplamı)}$$

$$X_{9,180} + X_{12,180} = 21 \text{ (180 mm tepe çaplı dönüşebilir kalıplar toplamı)}$$

3. Sınırlar Seti: Beton direk üretiminde taşeronu kontrol eden kısıtta oluşan karar değişkenlerinin katsayıları, sipariş edilen beton direk tiplerine ait ağırlığını ifade etmektedir. Kısıtların sağ tarafındaki değeri ise beton direk tiplerinin en fazla üretilebilecek ağırlıklar toplamını belirtmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 13 işçi çalıştıran döküm taşeronu günlük beton direk üretiminde en az kişi başı 2800 kg , en fazla 3100 kg döküm yapmalıdır. $X_{ij} \geq 0$ ve tamsayıdır.

Tablo 3: Taşeronu Kontrol Eden Kısıtlar

Değişken	i	j	Eşitlik	Sipariş Adedi
T	9	135	=	580
T	12	135	=	860
T	9	180	=	840
T	12	180	=	1250
T	9	225	=	1110
T	12	225	=	1610
T	15	225	=	2270
T	18	225	=	3100
T	9	270	=	1430
T	12	270	=	2020

$$TT = 580X_{9,135} + 860X_{12,135} + 840X_{9,180} + 1250X_{12,180} + 1110X_{9,225} \\ + 1610X_{12,225} + 2270X_{15,225} + 3100X_{18,225} + 1430X_{9,270} + 2020X_{12,270}$$

$$13 \text{ işçi} \times 2800 \text{ kg} = 36400 \text{ kg}$$

$$13 \text{ işçi} \times 3100 \text{ kg} = 40300 \text{ kg}$$

Tablo 4: Döküm Taşeronunun Günlük Beton Direk Üretiminde Döküm Yapacağı Tonaj Kısıtları

Değişken	Eşitlik	Tonaj
TT	=>	36.400
TT	=<	40.300

4.Sınırlar Seti: Vardiyada (8 saatte) en fazla 40 beton direk dökülebildiğinden (Beton direklerin ağırlığı ve tipi fark etmiyor.) planlanacak üretimin gerçekçi olabilmesi için vardiyadaki üretim sayısının 40 adet/vardiya' i geçmemesi ve planın verimli olması için de 38 adet/vardiya' in altına düşmemesi gerekmektedir. Ayrıca $X_{ij} \geq 0$ ve tamsayıdır.

Tablo 5: Üretim Sayısının Bir Vardiyadaki(8 saatte) Planına Ait Kapasite Kısıtları

Değişken	Eşitlik	Tonaj
TKS	=>	38
TKS	=<	40

C. Amaç Fonksiyonunun Formüle Edilmesi

Gerçekleştirilmek istenen olaylar matematiksel modellerde, değişkenler ve katsayı değerlerinden oluşmaktadır. Fonksiyonun değerini maksimum veya minimum yapmak en genel optimizasyon şeklidir (Ignizo, 1989:18).

Modeldeki amacımız vardiyadaki kapasite kullanımının maksimum olmasıdır (max TKS). Burada kapasiteden dolayı 40 adet/vardiya' i geçemeyecek olan TKS, mümkün olduğunca 40 adet'e yaklaştırılarak, kapasite maksimum kullanılmış olacaktır.

Max TKS

Burada karar değişkenlerinin ve parametrelerin tanımlanması, sınırlayıcı şartların formüle edilmesi ve amaç fonksiyonunun formüle edilmesiyle kurulan yeni bir modelin matematiksel modelleme safhası tamamlanmış olur.

D. Modelin Çözülmesi

Kurulan modelin geçerliliğinin görülmesi, verilen problem üzerinden oluşan sonuçların, o problemle ilgili olan, ilk dönemdeki sonuçların uygun olmasına bağlıdır. Eğer sonuçlar uygunsa, modelin çözümü olumludur (Riggs, 1975: 13).

Model, matematiksel modelleme safhası tamamlanmış, uygun bir paket programla çözümlenmeye hazırdır.

Burada kurulan model Microsoft Excel Solver Paket Programıyla çözümlenerek sonuç elde edilmiştir.

Tablo 6: Kurulan Modelin Microsoft Excel Solver Paket Programıyla Yapılan Çözüm Sonuçları

Değişken	i	j	Eşitlik	Sipariş Adedi
X	9	135	=	9
X	12	135	=	4
X	9	180	=	9
X	12	180	=	10
X	9	225	=	2
X	12	225	=	1
X	15	225	=	0
X	18	225	=	0
X	9	270	=	5
X	12	270	=	0

TT = 39700

TKS= 40

III. SONUÇ VE ÖNERİLER

Üretim planlamasının hazırlanabilmesinde kullanılabilen farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu makalede üretim planlamasının gerçekleştirilebilmesinde Tamsayılı Doğrusal Programlama yöntemi, kapasite kullanımının maksimum olmasına dayalı bir modelleme yöntemi ile hesaplanmıştır.

Bir firmanın üretim planını etkileyebilecek en önemli etkenler; talep, kapasite, fason üretim, taşeron firma kullanma, işçi çalışma saatlerinin düzenlenmesi, işçi sayısının belirlenmesi olarak bilinmektedir. Ancak burada pazarlama bölümünün üretim üzerindeki etkisi -tüketicinin istediği ve tercih ettiği özelliklerde üretilen ürüne yönelik, talep yaratılabilecek olması nedeniyle- özellikle üzerinde durulması gerekli önemli bir konudur.

Model de, firmanın bir vardiyadaki (8 saatte) direk üretim holünün maksimum kapasiteyle çalıştırılması ve yapılan üretimin uygun olması sağlanarak, Tamsayılı Doğrusal Programlama yöntemi kullanılmıştır.

Firmanın üretim planının amaçlarına uygunluğunun sağlanabilmesinde, beton direklerin üretim holünde yapılarak, amaçlara ulaşabilmek için birçok kriteri en uygun değere taşımak ve optimum faydaya ulaşılacak istenmiştir.

Üretim planlamasında kapasitenin maksimum düzeyi, 13 işçi çalıştıran döküm taşeronunun günlük beton direk üretiminde en az kişi başı 2800 kg, en fazla 3100 kg döküm yapabileceği bir ortamda, vardiyadaki üretim sayısının 40 adet/vardiya'ı geçmemesi ve planın verimli olması için de 38 adet/vardiya'ın altına düşmemesi gerektiği belirlenmiştir.

Bu uygulama Tablo 6'da, direk üretim holünün maksimum kapasiteyle çalışarak 40 adet/ vardiya üretim yapıldığını göstermektedir.

Bu çalışmada hesaplanan sonuçlara göre genel üretim planı, Tamsayılı Doğrusal Programlama yöntemi ile matematiksel modeller kurularak ve diğer vardiya ve günler için de uygulamalar yapılarak hazırlanabilir.

Bu çalışmada tamsayılı doğrusal programlama modeli tamsayıyı gerektiren kapasite büyüklüğü hesaplamalarına ilişkin, üretim planlamasında güçlü bir teknik olarak önerilmektedir. Burada açıklanan tamsayılı doğrusal programlama modeli üretim planlamasında gerekli olan talep miktarı, işçi sayısı, vardiya çalışma saatlerinin belirlenmesi, taşeron firma kullanma, fason üretim gibi tamsayıyı elde etmeyi gerektirebilecek benzeri durum ve kararlarda da yararlanılabilecek bir tekniktir.

Tamsayılı Doğrusal Programlama modelinin bundan sonraki çalışmalarda, pazarlama bölümünü de kapsayacak şekilde geliştirilebilmesi ve üretim planlamasının hazırlanabilmesinde pazarlama bölümünün etkisini modelde gösterebilecek uygulamalı örneklerin çalışılması, literatür ve uygulayıcı firma yönünden yararlı sonuçlar sağlayabilir.

EK 1

Firmanın Üretimi Yapılan Beton Direklerine Ait Ağırlıkları (Kg)

Tepe Kuvveti (Kg) (x)	DİREK BOYLARI (Metre) (x)																
	9,30	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	AĞIRLIKLAR																
150	570	650	740														
200	580	660	750	860													
250	590	670	760	880													
300	830	910	1050	1230	1770	2010	2250										
350	840	920	1070	1250	1780	2020	2260										
400	850	930	1090	1270	1790	2030	2270	2470									
500	1090	1210	1380	1590	1810	2040	2280	2490	2750	3050	3310	3690					
600	1110	1230	1400	1610	1830	2060	2290	2520	2800	3100	3370	3730	4070	4420			
700	1130	1250	1430	1630	1850	2080	2300	2550	2840	3150	3430	3770	4090	4440	4800		
800	1380	1540	1750	1980	2250	2510	2790	3070	3380	3740	4100	4400	4800	5180	5590	5990	6340
900	1400	1560	1770	2000	2270	2540	2820	3110	3410	3770	4120	4450	4850	5250	5630	6040	6420
100	1430	1580	1790	2020	2290	2570	2850	3160	3450	3810	4150	4500	4910	5310	5690	6090	6500
1100	1460	1600	1810	2040	2310	2600	2890	3190	3490	3850	4170	5430	5830	6290	6680	7040	7520
1200	1490	1620	1830	2060	2330	2630	2930	3220	3530	3890	4200	5470	5870	6340	6730	7090	7580
1300	1780	2000	2270	2550	2910	3160	3600	3930	4310	4620	5100	5510	5910	6390	6780	7140	7640
1400	1790	2020	2280	2570	2930	3180	3620	3960	4340	4660	5140	5560	5960	6440	6830	7190	7710
1500	1800	2040	2290	2590	2950	3200	3640	3990	4370	4700	5180	5610	6010	6490	6880	7240	7780
1600	1810	2060	2310	2610	2970	3230	3670	4020	4400	4740	5220	5660	6060	6540	6930	7300	7850
1700	1820	2080	2330	2630	2990	3260	3700	4050	4430	4780	5260	5710	6110	6590	7760	8210	8690
1800	1830	2100	2350	2650	3010	3290	3730	4080	4470	4820	5300	5760	6160	6640	7820	8270	8760
1900	1850	2120	2370	2670	3030	3320	3760	4110	4510	4870	5340	5810	6210	6690	7880	8330	8830
2000	1870	2140	2390	2690	3050	3360	3790	4140	4550	4920	5380	5860	6260	6740	7940	8390	8900
2100	1890	2160	2410	2710	3070	3390	3820	4170	4590	4970	5430	6660	7110	7570	8000	8450	8970
2200	1910	2180	2430	2730	3090	3420	3850	4200	4630	5020	5480	6710	7160	7620	8060	8510	9040
2300	1930	2200	2450	2750	3110	3460	3880	4230	4670	5070	5530	6760	7210	7670	8120	8580	9110
2400	1950	2220	2470	2780	3130	3490	3910	4270	4710	5120	5580	6810	7260	7720	8180	8650	9180
2500	1970	2240	2490	2810	3150	3530	3940	4310	4750	5170	5630	6860	7320	7770	8240	8720	9250
2600	2400	2620	2950	3310	3700	4140	4580	5030	5460	5720	6390	6910	7380	7820	8300	8790	9320
2700	2410	2630	2960	3320	3720	4160	4610	5050	5500	5780	6430	6960	7440	7870	8360	8860	9400
2800	2420	2640	2970	3330	3740	4190	4640	5070	5540	5840	6470	7010	7500	7930	8420	8930	9480
2900	2430	2650	2980	3350	3760	4220	4670	5090	5580	5900	6510	7060	7560	7990	8480	9000	9560
3000	2440	2660	3000	3370	3790	4250	4700	5110	5620	5960	6560	7110	7620	8050	8550	9070	9640
3100	2450	2670	3020	3390	3820	4280	4730	5130	5660	6030	6610						
3200	2460	2690	3040	3410	3850	4310	4760	5160	5700	6100	6660						
3300	2470	2710	3060	3430	3870	4340	4790	5190	5740	6170	6710						
3400	2480	2730	3080	3450	3910	4370	4820	5220	5780	6240	6760						
3500	2490	2750	3100	3480	3940	4400	4860	5250	5830	6310	6810						

EK 2**Firmannın Üretimi Yapılan Beton Direklerine Ait Direk Tepe Çapları (mm)**

Tepe Kuvveti (Kg) (x)	Direk Boyları (Metre) (x)																
	9,30	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	TEPE ÇAPLARI																
150	135	135	135														
200	135	135	135	135													
250	135	135	135	135													
300	180	180	180	180	225	225	225										
350	180	180	180	180	225	225	225										
400	180	180	180	180	225	225	225	225									
500	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225					
600	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225			
700	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225		
800	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
900	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
1000	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
1100	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	315	315	315	315	315	315
1200	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	315	315	315	315	315	315
1300	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
1400	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
1500	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
1600	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
1700	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	360	360	360
1800	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	360	360	360
1900	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	360	360	360
2000	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	360	360	360
2100	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	360	360	360	360	360	360
2200	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	360	360	360	360	360	360
2300	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	360	360	360	360	360	360
2400	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	360	360	360	360	360	360
2500	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	360	360	360	360	360	360
2600	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360
2700	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360
2800	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360
2900	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360
3000	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360
3100	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360						
3200	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360						
3300	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360						
3400	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360						
3500	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360						

EK 3**Beton Direk Üretiminde Kullanılan Kalıplar**

Kalıp Değişim	Boy	Tepe çapı	Modüller
1	15	225	Hepsi var
2	12	270	1. Modül yok
3	12	225	5. Modül yok
4	9	315	1. ve 2. Modül yok
5	9	270	1. ve 5. Modül yok
6	9	225	4. ve 5. Modül yok
7	14	225	Hepsi var (5. modül sonuna 1 mt'lik adaptör tıpa takılacak.)

EK 4

Değişimi Yapılabilen Beton Direk Kalıpları Sayısı

BOY	TEPE ÇAPI	MEVCUT SAYISI
9	135	6
12	135	7
9	180	7
12	180	3
9	225	2
12	225	1
15	225	4
18	225	6
9	270	5
12	270	4
15	270	2
18	270	1
9	315	7
12	315	4
15	315	1
18	315	3

EK 5

Kendi Aralarında Değişimi Yapılan Beton Direk Kalıplarının Alt ve Üst Sınırları

BOY	TEPE ÇAPI	MİNİMUM	MAKSİMUM
9	135	2	9
12	135	4	11
9	180	5	9
12	180	12	16
12	270	3	4
15	270	2	3
12	315	1	4
15	315	1	4

KAYNAKÇA

- CHEN, M. (2001), “ A Model for Integrated Production Planning in Cellular Manufacturing Systems”, *Integrating Manufacturing Systems*, 12(4), 275-284.
- DORFMAN R. (1958), *Linear Programming and Economic Analysis*, Mc Graw Hill Book Company, London.
- ERGÜLEN, Ahmet (2005), “İşletmelerin Dağıtım Stratejilerinin Oluşturulması Modeli: Dağıtım Koşullarının Ağır Olduğu Türkiye’deki Doğu ve Kuzey İlleri Üzerine Örnek Bir Uygulama”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), 325-342.
- GROEBNER, D. F. (1985), *Business Statistics*, Second Edition, A Bell and Howell Company, Ohio.
- IGNIZO, J. P.(1989), *Introduction to linear Goal Programming*, Sage Pulpication, Second Edition, London.
- LEE, S. M. (1988), *Introduction to Management Science*, Saunders College Publishing, Second Edition, NewYork.
- LI, Jun and SHI, Yong (2001), “An Integer Lineer Programming Problem with Multi-Criteria and Multi-Constraints Levels: a Branch –and- Partition Algorithm”, *International Transactions in Operational Research*, Res. 8, 497-509.

- MEYBODI, M. Z. (1995), "Integrating Production Activity Control into a Hierarchical Production Planning Model", *International Journal of Operations and Production Management*, 15 (5), 4-25.
- NICHOLSON, T. A. J. and PULLEN, R. D. (1971), "A Linear Programming Model for Integrating the Annual Planning of Production and Marketing", *International Journal Of Production Research*, 9(3), pp.361-369.
- ÖZGÜVEN, Cemal (2003), *Doğrusal Programlama ve Uzantıları*, Detay Yayınları:61, Ankara.
- ÖZTÜRK, A. (1994), *Yöneylem Araştırması*, 4. Basım, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa.
- PEDROSO, Pedro J. (2002), "An Evolutionary Solver for Pure Integer Linear Programming", *International Transactions in Operational Research*, Res. 9, 337-352.
- RİGGS, J.L. (1975), *Introduction to Management Operation Research and Management Science* , Mc Graw- Hill Book Company, New York.
- STAPLETON, D. M., HANNA, J. B. and MARKUSSEN, D. (2003), "Marketing Strategy Optimization: Using Linear Programming to Establish an Optimal Marketing Mixture", *American Business Review*, 21(2), pp.54-62.
- TEKİN, M. (1995), *Kantitatif Karar Verme Teknikleri*, 3. Baskı, Kuzucular Ofset, Konya.
- YAZGAÇ, T. and ÖZDEMİR, R. G. (2004), "A Cutting Sequencing Approach to Modular Manufacturing", *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15(1), 20-28.