

## DÖKÜM SANAYİİNDE ÜRETİM PLANLAMA İÇİN BİR DOĞRUSAL PROGRAMLAMA ARAYÜZÜ

Ü. Sami Sakallı, Burak Birgören

Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71450, Kırıkkale

**Özet:** Bu çalışmada bir pirinç fabrikasının üretim planlamasında kullanılmak üzere bir doğrusal programlama modeli oluşturulmuş ve bu modelin bir karar destek sistemi olarak kullanılabilmesi için Lingo paket programıyla bir Excel arayüzü geliştirilmiştir. Dünya standardı olarak belirlenmiş çok sayıda pirinç çeşidi vardır ve bunların dökümü için çok farklı hurda ve saf malzemelerin belli oranlarda karıştırılması gerekmektedir. Model, maliyetleri enazlamak için bu hammaddelerin hangi oranlarda karıştırılması gerektiğini hesaplamaktadır. Arayüz ise kullanıcıya verileri kolayca girebileceği ve eniyileme sonuçlarını görebileceği bir ortam sunmaktadır. Bu arayüz gerek ana üretim planının oluşturulmasında gerekse kısa dönemli üretim planlaması için kullanılabilir. Firma çalışanlarının uzmanlığından yararlanılarak geliştirilen model ve arayüz, fabrika verileri ile test edilmiştir. Elde edilen ilk sonuçlar, fabrika yönetimiyle birlikte değerlendirilmiş ve üretim maliyetlerinin düşürülerek fabrikaya fayda sağlayacağı gözlenmiştir. Ayrıca arayüz, kullanım kolaylığı açısından da beğeniyle karşılanmıştır. Üretim planlamasında bahsedilen hesaplamalar, halihazırda çalışanların tecrübeleri ve öngörülleri dahilinde herhangi bir bilgisayar programı kullanılmaksızın yürütülmekte olup ek iş yükü ve maliyet getirmektedir. Geliştirilen arayüz sayesinde bu maliyetlerin ortadan kaldırılması mümkün olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Üretim Planlama, Karar Destek Sistemleri, Eniyileme

### A LINEAR PROGRAMMING INTERFACE FOR PRODUCTION PLANNING IN CASTING INDUSTRY

**Abstract:** In this study, a linear programming model was developed for use in production planning of a brass factory. Using the Lingo software, an Excel interface was developed to serve as a decision support tool. There are various brass types defined as world standards. The brass is cast mixing pure (i.e., copper, zinc and lead) and scrap materials with certain ratios. The model determines the mixing ratios of the materials in order to optimize the cost. The interface functions as a simple tool for entering the inputs and displaying the optimal outputs. It can also be utilized for the development of both aggregate and short term production planning. The technical experience of an brass factory was used in the development of the model. The model and the interface were tested using actual production data. The preliminary model results were evaluated with the factory management; they suggest decreases in the production costs. Also, the interface was found user-friendly by most users in the factory. Currently, no software tool is utilized for the production planning which is solely dependent on the work experience. This causes extra labor and production costs for the factory. The study indicated that such problems can be overcome by the application of the proposed model.

**Keywords:** Production Planning, Decision Support Systems, Optimization

#### 1. Giriş

Döküm, metal üretme fırınlarından elde edilen eriyik haldeki metalin kullanım amacına göre gerekli şekil verilerek katılaştırılması olayıdır. Çalışmaya konu olan pirinç, döküm yoluyla üretilen bir bakır ve çinko alaşımıdır. Pirinç üretiminde, düşük maliyeti nedeniyle farklı elementler içeren hurdalar kullanılır; bakır ve çinkonun saf malzeme olarak kullanımı asgari miktarda tutulmaya çalışılır. Dolayısıyla pirincin içinde kurşun, kalay gibi empüriteler belli oranları geçmemek kaydıyla bulunur. Mevcut saf ve hurda malzemeler karıştırılarak ergitme ocaklarına şarj edilip, istenilen standartlarda pirinç elde edilir. Süreç tipi üretim sisteminin gereği olarak üretime başlamadan önce geniş ve ayrıntılı planlama yapılmalıdır (Kobu B., 1996). Bir pirinç döküm fabrikasında yapılan çalışma, bu detaylı planın hazırlanması ve maliyetlerin en azlanmasını amaçlamaktadır. Temel problem, hangi hurda ve saf malzemenin hangi oranlarda karıştırılacağına saptanması şeklinde tanımlanmıştır ve bu haliyle klasik bir harmanlama problemi (Johnson v.d., 1974, Isaam v.d., 1997).

## 2. Doğrusal Programlama Modeli

Pirinçteki alaşım ve empürütelerin ağırlıkları, karışıma katılan saf ve hurda malzemelerin ağırlıkları ile doğru orantılıdır. Modelin doğrusal olması da buradan kaynaklanmaktadır. Pirinç üretimi, sürekli ve yarı sürekli olmak üzere iki farklı süreçte ikiye adet ocakta yapılmaktadır ve bu ocaklarda birbirlerinden farklı ürünler üretilmektedir. Bu ürünler, içerdikleri bileşen yüzdeleri bakımından farklılık gösteren ve DIN 17660 olarak adlandırılan ondokuz çeşit pirinç türünden oluşur. Her ürün ocaklara ayrı ayrı şarj edilmektedir. Doğrusal programlama modeli tek bir ürün için kurulmuştur. Takip eden bölümde anlatılacağı gibi her ürün için modelin tekrar çalıştırılması gerekmektedir. Bütün ürünlerin tek bir modelde ele alınmamasının nedeni, herhangi bir dönemde siparişe göre birkaç ürün üretilmesi ve yüksek stok miktarlarıdır.

### 2.1. Değişkenlerin Tanımı

$i$  : malzeme türü,  $i = 1, \dots, n$   
 $j$  : bileşen türü,  $j = 1, \dots, m$   
 $X_i$  :  $i$ . malzemeden kullanılacak miktar  
 $C_i$  :  $i$ . malzeme maliyeti  
 $P_{ij}$  :  $i$ . malzemenin  $j$ . bileşen yüzdesi  
 $UB_j$  :  $j$ . bileşenin üst standardı  
 $LB_j$  :  $j$ . bileşenin alt standardı  
 $E_i$  :  $i$ . malzemenin stoktaki miktarı  
 $MX_i$  :  $i$ . malzemeden kullanılacak en çok miktar  
 $MN_i$  :  $i$ . malzemeden kullanılacak en az miktar  
 $D$ : talep

### 2.2. Amaç Fonksiyonu

Amaç fonksiyonundaki maliyetler, malzemenin şarja hazır hale gelinceye kadarki süreçteki toplam maliyetidir.

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n (C_i * X_i) \quad (1)$$

### 2.3. Kısıtlar

Modelde beş tip kısıt vardır.

*I. tip kısıtlar* : Pirinçteki bileşen yüzdelerinin DIN standartlarına uyması için oluşturulmuş kısıtlardır.

*II. tip kısıtlar* : Kullanılacak malzeme miktarlarının toplamının talebe eşit olması kısıtıdır.

*III. tip kısıtlar* : Kullanılacak malzeme miktarlarının, stok miktarlarından küçük olması kısıtıdır.

*IV. ve V. tip kısıtlar* : Bu kısıtlar en düşük ve yüksek miktarları belirler. Amaçları, belli malzemelerin kullanımını sınırlamak yada zorunlu hale getirmektir. Bu kısıt değerleri kullanıcı tarafından girilmelidir ve bu değerler doğal olarak sıfır ile stok miktarı arasında olmalıdır.

$$\sum_{i=1}^n P_{ij} * X_i \leq UB_j * D, \quad \sum_{i=1}^n P_{ij} * X_i \geq LB_j * D \quad j = 1, \dots, m \quad (I)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i \geq D \quad (II), \quad X_i \leq E_i \quad i = 1, \dots, n \quad (III), \quad X_i \leq MX_i \quad X_i \geq MN_i \quad i = 1, \dots, n, \quad (IV-V), \quad X_i \geq 0$$

## 3. Arayüz

Microsoft Excel'de hazırlanan arayüz, kullanıcıya verileri girmesi ve sonuçları görmesi için oluşturulmuş bir ortamdır. Bu arayüz, Model ve Veri olmak üzere iki adet çalışma sayfasından ibarettir. Model sayfasında, oluşturulan matematiksel modelin Lingo paket programına (Lingo User's Guide, 1999) aktarılabilmesi için gerekli kodlar bulunmaktadır. Şekil 3.1'de görülen veri sayfası da kullanıcının gerekli verileri girmesi, istediği ürün standardını seçmesi ve sonuçları görmesi için tasarlanmış bir formdur. Malzemeler olarak adlandırılan tablonun satırları kullanılan saf ve hurda malzemelerden, sütunları ise bu malzemelerin, stok miktarları, kullanılmasını istenen en çok ve en az miktarları, kullanılacak miktarları, maliyetleri ve yüzde bileşen değerlerinden oluşmaktadır. DIN 17660 tablosu, kullanıcının üretmek istediği, dünya standardı olarak belirlenmiş pirinç çeşitlerinden seçim yapmasını

sağlamaktadır. Kullanıcının yapacağı bu seçime göre elementler tablosuna, bileşenlerin yüzde minimum ve maksimum değerleri otomatik olarak gelir. Hesapla makrosu ise Lingo paket programını otomatik olarak çalıştırır, model sayfasındaki kodları ve veri sayfasındaki verileri buraya taşır ve çözümü bularak sonuçları tekrar veri sayfasındaki ilgili hücrelere getirir. Kullanıcının yeni bir üretim için, eldeki miktarları, minimum miktarları, maksimum miktarları, üretilecek toplam miktarı girip, istediği DIN standardını seçerek, hesapla butonuna basması gerekmektedir. Model kullanıcıya çıktı olarak, kullanılacak malzeme miktarlarını, üründeki yüzde bileşen değerlerini ve toplam maliyeti vermektedir.

MALZEMELER	Eldeki Miktar (kg)	Minimum Miktar (kg)	Maximum Miktar (kg)	Kullanılacak Miktar (kg)	Fiyat (TL/kg)	% Cu	% Zn	% Pb	% Fe	% Sn	% Al	%Sb	% Ni
Katod Cu	10.000	0	10.000	0,000	3.881.000	100	0	0	0	0	0	0	0
Oksitsiz Telekom	10.000	0	10.000	0,000	2.800.000	100	0	0	0	0	0	0	0
Oksitli Telekom	10.000	0	10.000	0,000	2.837.000	99,5	0	0	0	0	0	0	0
Kullanılmamış Cu tel hurdası	10.000	0	10.000	0,000	2.800.000	100	0	0	0	0	0	0	0
Kablo Bakır	10.000	0	10.000	0,000	1.735.000	100	0	0	0	0	0	0	0
Bakır Kablo Hurdası	10.000	0	10.000	0,000	1.735.000	100	0	0	0	0	0	0	0
Saf Zn	10.000	0	10.000	0,000	1.484.000	0	100	0	0	0	0	0	0
Saf Pb	10.000	0	10.000	0,000	900.000	0	0	100	0	0	0	0	0
Pirinç Hurdası	10.000	0	10.000	0,000	2.011.000	60	37,4	2	0,2	0,35	0	0,02	0,05

  

DIN 17660 1984 BASKILI		BİLEŞEN BİLGİLERİ			
		ELEMENTLER	% DEĞERLERİ	% MIN	% MAX
<input checked="" type="radio"/> MS 55	<input type="radio"/> MS 60	Cu	54,00	54	56
<input type="radio"/> MS 58 CuZn40Pt2	<input type="radio"/> MS 63 CuZn37	Sn	0,00	0	0,4
<input type="radio"/> MS 58 CuZn39Pt3	<input type="radio"/> MS 63 CuZn36	Pb	2,50	1	2,5
<input type="radio"/> MS 53 CuZn39Pb2	<input type="radio"/> MS 67	Fe	0,25	0	0,5
<input type="radio"/> MS 60 Pt 1,E	<input type="radio"/> MS 70	Al	0,00	0	0,5
<input type="radio"/> MS 63 Pb 0,5	<input type="radio"/> MS 72	Ni	0,00	0	0,5
<input type="radio"/> CuZr36	<input type="radio"/> MS 80	Zn	43,25	YOK	YOK
<input type="radio"/> MS 63 Pb 1,5	<input type="radio"/> MS 85	Sb	0,00	0	0,02
<input type="radio"/> MS 63 Pt 0,E	<input type="radio"/> MS 90				
	<input type="radio"/> MS 95				

  

ÜRETİLECEK TOPLAM MİKTARI GİRİNİZ :	10.000
TOPLAM MALİYET :	3.977.107.143

  

<b>HESAPLA</b>
----------------

Şekil 3.1 Arayüz

#### 4. Sonuç

Yapılan bu çalışma halihazırda çalışanlar tarafından tecrübe ve öngörü dahilinde yürütülmekte olduğundan, üretim sürecine sıkça müdahale edilmesine yol açmaktadır. Bu müdahale esnasında, istenilen ürün standardını sağlamak amacıyla ocaklara saf bakır veya çinko ilave edilmektedir. Bu eklemeler üretim maliyetini oldukça artırmaktadır. Ayrıca stoklarda tutulan yüksek miktarlardaki malzemelerde firma için bir maliyet getirmektedir. İlk denemeler neticesinde, yapılan bu çalışma ile hem üretim sürecine müdahalelerin azalacağı, hem de dengeli bir stok politikasının takip edilerek maliyetlerin azalacağı beklenmektedir.

#### Kaynaklar

Isaam D., Minwir A., Linear programming applied to a production blending problem: A spreadsheet modelling approach, Production and inventory management journal, 38, 1 – 7, 1997.

Johnson, Lynwood A. ,Operation research in production planning, scheduling, and inventory control, chapter 3, 103 – 185, New York NY, 1974.

Kobu, B., Üretim yönetimi, Avcıol yayınevi, 29 – 51, 1996.

Lingo User's Guide, Lindo Systems Inc., Chicago, IL, 1999.