

Yongalevha Endüstrisinde Bir Yöneylem Araştırması Uygulaması*

Selman KARAYILMAZLAR
Z.K.Ü. Bartın Osman Fakültesi, Bartın-TÜRKİYE
Erdal BALABAN
İ.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 05.02.1998

Özet: Çalışmada, doğrusal programlama tekniğinden yararlanılarak yongalevha endüstrisinde ürün bileşimini (sınırlı kaynakları kullanarak her bir üründen ne miktarda üretilmesi) optimize etmeyi amaçlayan model geliştirilmiştir. Yöneylem araştırması metodlarından doğrusal programlamada yapılandırılan bu teorik modele, bir yongalevha fabrikasının (KÖYKOBİR) karını maksimize etmek için başvurulmuştur.

Bunun için, KÖYKOBİR Yongalevha İşletmesinin 1993-94-95-96 yılları üretim, satış ve stok miktarları ile yongalama, kurutma, tutkallama, presleme ve zımparalama ünitelerinin kapasitelerine ilişkin veriler ele alınmıştır.

1997 Yılı için üretilmesi planlanan sekiz farklı kalınlıktaki yongalevhanın optimum üretim, satış ve stok miktarlarının belirlenmesine yönelik kurulan doğrusal programlama modeli, industrial Lindo paket programında çözülmüş, çözüm sonuçları tablolar şeklinde gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Yongalevha Endüstrisi, Üretim Planlama, Doğrusal Programlama, Ürün Bileşimi.

An Operations Research Application in the Particleboard Industry

Abstract: In this study, a model was used for the optimization of product mix (the amounts of each product in the mixture) in particleboard industry by using linear programming. A theoretical model was constructed in which operations research methods and linear programming were applied to the maximization of the profit of a particleboard mill (KÖYKOBİR) as the consumer of industrial wood.

To this end, 1993-1994-1995-1996 production, sales, stock quantities and costs as well as data related to capacities of the chipping, drying, pressing, sanding and gluing units were processed. Moreover, processing times of every product at these units were calculated.

The linear programming model to determine optimum stock quantity, sale, production of particleboard at eight different thicknesses planned to be produced in 1997 was solved by industrial Lindo program and the results are shown in the tables.

Key Words: Particleboard Industry, Production Planning, Linear Programming, Product Mix.

Giriş

Üretim, toplumsal değişme ve gelişmeyi sağlayan bir ögedir. Hangi düzeyde olursa olsun, plânlama konusu olan toplumsal ve ekonomik etkenlerin başında insan gücü, doğal kaynaklar, sermaye ve teknoloji yanında üretim gelmektedir. Günümüzde kaynakların verimli kullanımı bakımından üretim plânlaması, işletmeler için giderlerin azaltılmasında en önemli etkenlerden birisidir.

İşletme fonksiyonlarının en önemlisi ve bir işletmenin temel üç faaliyetinden birisi olan üretim, ülke ekonomisinin yaşayabilmesi ve gelişmesi açısından hayati bir önem taşır. İşletmenin başarı ölçülerinin esası da üretim ve üretim faaliyetleri ile ilgilidir. Çünkü,

işletmelerin varlıklarını sürdürebilmesi için eldeki kaynaklarını yüksek üretkenlik ile kullanılabilir bir mamul haline getirmesi gerekmektedir (1). Uygulamada, bunun hayata geçirilebilmesi üretim plânlamasının hazırlanması ile mümkün olur.

Üretim plânlamada, optimum kaynak kullanımını sağlama açısından en yaygın kullanılan tekniklerden birisi doğrusal programlamadır (2). Genel olarak doğrusal programlama, işletme problemlerinin tanımlanmasında kullanılan matematiksel bir modeldir. Doğrusal sıfatı, modeldeki bütün matematiksel fonksiyonların doğrusal fonksiyonlar olması gerektiği anlamındadır. Programlama sözcüğü ise, bilgisayar programlaması olmayıp, esas olarak plânlama ile eş anlamlıdır. Doğrusal programlama,

* Bu çalışma, K.T.Ü. Araştırma Fonu Müdürlüğü tarafından (95.113.008.8) desteklenmiştir.

optimal sonucu elde edilecek faaliyetlerin planlamasını içerir (3). Bu yüzden, doğrusal programlamanın işletme konusunda ve endüstriyel problemlere uygulanmasında problemin matematik formül olarak ifade edilmesi gerekir.

Üretim plânlaması ile işletmeler, üretimdeki dalgalanmaları minimize ederek, stokta bulundurduğu ürüne bağladığı sermaye ile getirisi daha büyük etkinliklerde bulunabilir.

Son yıllarda, bilgisayar imkanlarının artması, kullanımının yaygınlaşması sonucu matematikten ileri derecede yararlanılarak geliştirilmiş üretim plânlama model ve tekniklerinin uygulamaya konulduğu görülmektedir. Üretim plânlama tekniklerinin başında ise doğrusal programlama modelleri gelmektedir.

Bu amaçla, çalışmada KÖYKOBİR yongalevha işletmesinde optimum ürün bileşimini sağlamak üzere bir doğrusal programlama modeli kurulmuştur.

Bu bağlamda, çalışmanın amacı, yongalevha endüstrisinde optimum kaynak kullanımını sağlamak bakımından örnek bir model oluşturmak ve üretim planlarının nasıl oluşturulabileceğinin belirlenmesine doğrusal programlama tekniğinden yararlanılarak karar vermektir.

Materyal ve Metod

Bu çalışmada, KÖYKOBİR Yongalevha Fabrikasında optimum üretim, satış ve stok miktarlarının belirlenebilmesi için, fabrikanın 1993-1996 yılı muhasebe, pazarlama ve aylık imalat raporlarındaki veriler esas alınmıştır. Bu veriler ve doğrusal programlama tekniğinden yararlanılarak bir ürün bileşimi modeli oluşturulmuştur.

Belli bir dönemde, bir işletmenin üretip satabileceği birden fazla ürün olabilir. Bu durumda işletmenin her bir tip üründen ne miktarlarda üreteceğinin saptanması, diğer bir deyişle, ürün bileşiminin belirlenmesi, işletme için önemli bir problem alanı oluşturur. Ürün bileşimi kararlarında amaç, kısıtlı kaynakların en iyi kullanımını tespit ederek, tesislerde elde edilen çıktının net değerinin maksimize edilmesidir. Bu problemde göz önünde tutulması gereken diğer bir husus da her ürünün mevcut satış imkanlarının değerlendirilmesidir. Yapılan satış tahminlerinden ürünlerin en çok satış miktarlarının önceden belirlenmesi, ayrıca her ürünün en düşük üretim seviyelerinin tespiti, problemin çözülmesi için gereklidir (4).

Tahminlerden elde edilen satış düzeyleri ile kaynak tüketiminden doğan kısıtların formüle edilmesinde gerekli olan karar değişkenlerinin tanımlanması için, öncelikle, üretim periyodu ile satış periyodunun her ikisinin birden belirlenmesi gerekmektedir.

Modelin çözümü ile, her bir periyotta ürünlerin ne miktarlarda satılması gerektiğinin yanı sıra, her bir kademede mevcut süreçler tarafından üretilecek olan ürün miktarları da bulunmuş olacaktır. Aynı zamanda, her bir kademe için bir periyottan diğerine taşınacak olan stok miktarları da çözümün sonuçları arasında yer alacaktır (5).

Ürün bileşimi modellerinde yok satma durumu göz önünde bulundurulmaz. Çünkü, satış tahminleri ile elde edilen her bir ürüne ait maksimum ve minimum satış kısıtları ile model yok satmanın var olmadığı bir modele dönüştürülmüş olmaktadır.

Orman Ürünleri Sanayiinde Doğrusal Programlama Uygulamaları

Orman ürünleri sanayiinde ilk doğrusal programlama uygulamaları temelde belli tomruk hacimlerinin kereste genişliklerine dönüştürülmesi (6), ve entegre fabrikalarda kerestelerin çeşitli üretim proseslerine dağıtımı ile ilgilidir (7). Kereste endüstrisinde, Jackson ve Smith(8) karı maksimize etmek için kereste kesiş kombinasyonları ve her bir tomruk çap sınıfından üretilecek optimal kereste boyutları kombinasyonlarının belirlenmesi için doğrusal programlama tekniğinden yararlanmışlardır. Row ve arkadaşları (9), Sarı Çam işleyen bir kereste fabrikasında üretim planlarına destek olacak bir çalışmada doğrusal programlamayı kullanmışlardır. Sampson ve Fosick (10), her bir tomruk çapı için en iyi üretim seçeneklerinin belirlenmesine doğrusal programlamayı uygulamışlardır. Son yıllarda, kar maksimizasyonu amacı ile kereste fabrikalarında işlemlerin modellenmesinde yine doğrusal programlama kullanılmıştır. Bunlardan bazılarını, küçük sert tomrukların mobilya kullanımına dönüştürülmesinde lineer programlama modeli (11), kereste imalatında tomruk satın alma ve üretimi optimizasyonu (12), kereste üretiminde optimum tomruk gereksinimin belirlenmesi (13), kereste fabrikalarında gürültü kontrolüne yöneylem araştırması uygulaması (14) ve kereste fabrikası artıklarının yongalevha, lif levha, selüloz üretiminde değerlendirilmesine ilişkin optimizasyon modeli (15) örnek olarak verilebilir. Diğer orman ürünleri endüstrilerinde de, örneğin kontrplak üretim planlamasında (16, 17), kağıt ve kağıt hamuru (18), mobilya ve üretim planlama (19), yongalevha endüstrisi (20) gibi alanlarda doğrusal programlama uygulamalarına

rastlanmaktadır. Ayrıca, Burger ve Jamnick (21), bir kağıt fabrikasında hammadde odunu satın alma ve dağıtım kararları için doğrusal programlamaya başvurmuşlardır.

Yukarıdaki çalışmaların çoğu doğrusal programlamanın tipik varsayımlarından hareket edilerek formüle edilmişlerdir.

Ürün Bileşimi Optimizasyonuna İlişkin Doğrusal Programlama Modeli

Ürün bileşimi modelinin oluşturulmasında, ilk olarak ünite kapasiteleri ve ürünlerin ünitelerdeki birim işlem süreleri hesaplanmış, daha sonra ABC Analizi ile ürünler sınıflandırılarak her bir ürüne ait aylık satış tahminlerinden hareketle satış kısıtları oluşturulmuştur. Yongalevhalar için planlama dönemine ait satış tahminleri yapılırken, geçmiş dört yılın verilerinden ve Pareto (ABC) Analizi sonuçlarından yararlanılmıştır. A, B ve C grubu ürünlerin satış tahminleri yapılırken, ilk önce aynı periyotlara ait yüzde satış ortalamalarından olan sapmalar belirlenmiş, bu sapmalar standart sapmaya dönüştürülerek, A grubu ürünlerde $\pm 3\sigma$, B grubu ürünlerde $\pm 2\sigma$ ve C grubu ürünlerde $\pm 1\sigma$ sınırları kabul edildikten sonra yıllık olarak alt ve üst kontrol limitleri bulunmuştur. Yıllık olarak elde edilen alt ve üst kontrol limitleri, aylık yüzde satış değerleri ile çarpılarak söz konusu ürünlere ait olmak üzere minimum ve maksimum aylık satış tahminlerine geçilmiştir.

Üçüncü adımda, ürünlere ait dönem başı stok miktarları belirlenmiş ve dördüncü adımda da yıllık minimum üretim miktarları hesaplanarak, stok ve üretim kapasitesi kısıtları oluşturulmuştur. Son olarak, her bir ürüne ait aylık üretim maliyeti, stoklama maliyeti ve satış fiyatı belirlenerek amaç fonksiyonu elde edilmiştir (22).

Modelde yer alan notasyonlar şu şekildedir :

X_{it} = t periyodunda üretilen i kalınlığındaki yongalevha miktarı.

S_{it} = t periyodunda satılan i kalınlığındaki yongalevha miktarı.

I_{it} = t periyodundan t+1 periyoduna devredilen i kalınlığındaki yongalevha miktarı.

g_{it} = t periyodunda 1 m³ i kalınlığındaki yongalevhanın satışından edilen gelir.

m_{it} = i kalınlığındaki 1 m³ yongalevhanın t periyodundaki üretim maliyeti.

e_{it} = t periyodundan t+1 periyoduna devredilen 1 m³ i kalınlığındaki yongalevha için stoklama maliyeti.

a_{ik} = 1 m³ i kalınlığında yonga levha üretmek için gereken k kaynağı miktarı.

b_{kt} = k kaynağının t periyodundaki mevcut miktarı.

U_{it} = t periyodunda i kalınlığındaki yongalevha için belirlenen mak. satış miktarı.

L_{it} = t periyodunda i kalınlığındaki yongalevha için belirlenen min. satış miktarı.

d_i = i kalınlığındaki yongalevha için minimum üretim kapasitesi.

Modelin matematik yapısının gösterimi ise şu şekildedir:

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{\max} = \sum_{t=1}^{12} \sum_{i=1}^8 (g_i S_{it} - m_{it} X_{it} - e_{it} I_{it})$$

Sınırlayıcı Koşullar:

$$\sum_{i=1}^8 a_{ik} X_{it} < b_{kt} \quad (\text{Ünite Kapasiteleri})$$

Stok Miktarları:

$$I_{it} = I_{i,t-1} + X_{it} - S_{it}, \quad (i = 1, 2, \dots, 8) \text{ ve } (t = 1, 2, \dots, 12)$$

Satış Sınırları:

$$L_{it} \leq S_{it} \leq U_{it} \quad (i = 1, 2, \dots, 8) \text{ ve } (t = 1, 2, \dots, 12)$$

Bütün değişkenler ≥ 0

Modelde Kullanılan Veriler ve Değişkenlerin Açıklanması

Modelde kullanılan değişkenleri açıklamak üzere aşağıda bazı örnekler verilmiştir:

X	Üretim Miktarı (m ³)	I	Stok Miktarı (m ³)	S	Satış Miktarı (m ³)
X1811:	18 mm.'lik Yongalevha	10606:	06 mm.'lik Yongalevha	S3001:	30 mm.'lik Yongalevha
II	Kasım Ayı	06	Haziran Ayı	01	Ocak Ayı

06 mm. kalınlığındaki yongalevha 1996 yılı boyunca üretilmemiştir. 1996 yılındaki satış fiyatları, diğer kalınlıklardaki ürünler için uygulanan benzer fiyatlandırma politikaları sonucu belirlenmiştir. Ürün bileşimi modeli ile 1997 yılı optimum üretim, satış ve stok miktarlarının belirlenmesi amaçlandığından, 06 mm. kalınlığındaki yongalevha da modele dahil edilerek, 1997 yılı için hazırlanacak üretim planında yer alması sağlanmıştır.

Stoklama maliyetleri, faiz oranı ve elde tutma giderleri uyarınca üretim maliyetlerinin %3'ü alınarak belirlenmiştir (23). Bu maliyetlere, yongalevhaların zarar görmesi, kıymet kaybetmesi, taşıma ve depolama masrafları dahil edilmiştir. Ayrıca, 1996 yılında üretimi yapılmayan yongalevhaların üretim maliyetleri, işletme politikası gereğince satış fiyatlarının % 80'ni alınarak

hesaplanmıştır. Üretim maliyeti hesaplamalarında, 1 m³ yongalevha için kullanılan, odun, tutkal, parafin, sertleştirici, fuel-oil, motorin, kömür, elektrik ve işgücü giderleri esas alınmıştır. Üretim maliyetlerindeki dalgalanmaların sebebi, bazı aylarda kullanılan hammaddelerin miktar ve kalitelerindeki değişikliklerin birim maliyetlere yansımalarının sonucu şeklinde yorumlanabilir.

Ünitelerin Çalışma Zamanlarının ve Kapasitelerinin Hesaplanması

Yongalevhaların her bir ünitedeki birim işlem süreleri ve ünite kapasite değerlerinin hesaplanmasında, başlangıç noktası olarak presin 1 saat' deki yongalevha baskı sayısı alınmıştır. Bu noktadan hareketle yapılan hesaplama işlemleri aşağıda gösterilmiştir (24):

	(i) Pres Baskı	(ii) = (i) x 3 1 Baskıdaki Yonga	(iii) 1 m ³ 'deki Yonga Levha Adeti	(iv)=(ii) / (iii) 1 Baskıdaki Yonga Levha Miktarı (m ³ /saat)	(V) = 60 / (iv) 1 m ³ Yonga levhanın Pres İşlem Süresi (dk/m ³)
Yonga					
Levha	Sayı (baskı/saat)	Levha Sayısı (adet/saat)			
30mm	10.28997	30.86993	1/0.2009340	6.20283	9.67300
25mm	12.96998	38.90994	1/0.1674450	6.51528	9.20912
18mm	19.82999	59.48997	1/0.1205604	7.17214	8.36570
16mm	23.22998	69.68994	1/0.1071648	7.46831	8.03394
12mm	23.13993	69.41979	1/0.0803736	5.57952	10.75361
10mm	23.63999	70.91997	1/0.0669780	4.75008	12.63136
08mm	26.58913	79.76739	1/0.0535824	4.27413	14.03794
06mm	32.09013	96.27039	1/0.0401868	3.86880	15.50868

Presleme Ünitesi

Pres : DIFFENBACHER, Tip : HPOG 6250 NV

Yongalevha fabrikaları genellikle iki genel esasa göre levha üretimi yapmaktadır. Bunlar yatık preslenmiş ve dikine preslenmiş levhalardır. Yatık preslenmiş levhalarda yongaların uzunlukları levha yüzeyine paralel dikine preslenmiş olanlarda yongalar levha yüzeyine dik bir şekilde preslenmiş bulunmaktadır.

Presleme ünitesinin kapasitesi, toplam aylık çalışma zamanından toplam çalışma zamanındaki kayıplar çıkarılarak bulunmuştur. Toplam çalışma zamanındaki kayıplar, arıza, bakım, plaka değişikliği, yonga bitmesi, üniteye makinenin temizliği, elektrik kesintileri vb. nedenlerden dolayı meydana gelen kayıpları içermektedir.

Tutkallama Ünitesi

Tip : RB 35 ve RB 25, Kapasite : R1 + R2 : 7800 + 5200 = 216,66 kg/dk

Yongalevha yapımında yongaların sıvı veya toz tutkallarla hassas bir şekilde tutkallanması çok önemli bir özelliktir. Tutkal çözeltileri işçilik masraflarını azaltmak ve yanlışıkları önlemek için otomatik olarak hazırlanır. Tutkal çözeltileri, üre veya fenol formaldehit tutkalı, sertleştirici, parafin, biyotik ve abiyotik zararlılara karşı koruyucu maddelerin karışımından oluşur.

Tutkallama ünitesinin kapasitesi, her bir kalınlıktaki yongalevha için hesaplanan 1 m³'deki kuru yonga miktarları esas alınarak belirlenmiş olan tutkallama işlem süreleri ile toplam aylık yongalevha üretim miktarlarının çarpımı sonucu belirlenmiştir.

Kurutma Ünitesi

Kurutucu Tipi: BISON 40, Kurulu kapasite = 73,33 kg/dk

Yongalevha yapımının en önemli safhalarından birini kurutma yani, yongaların kurutulması teşkil eder. Yongaların kurutulması için çeşitli tiplerde yonga kurutucuları yapılmıştır. Kurutma makinesine sevk edilen yongaların rutubetleri genellikle % 35-120 oranında değişmektedir.

Tutkallama ünitesinde olduğu gibi kurutma ünitesinin kapasitesi de, her bir kalınlıktaki yongalevha için hesaplanan 1 m³'deki kuru yonga miktarları esas alınarak belirlenmiş olan kurutma ünitesindeki işlem süreleri ile toplam aylık yongalevha üretim miktarlarının çarpımı sonucu belirlenmiştir.

Yongalama Ünitesi

Yongalayıcı Tipi: HOMBAK U-64 (2 Adet), Kurulu kapasite: 160 kg/dk

Yongalevha yongalardan ve yapıştırıcılardan oluşur. Yongalar başlıca kesme, kırma ve ezme suretiyle elde olunur. Kesme suretiyle üretilen yongalar levhaların yüzeylerinde, kırma şeklinde üretilen yongalar ise yongalevhaların orta kısmında kullanılır. Dış ve orta tabaka yongaların elde edilmesinde çekiçli değirmenler, orta tabaka yongalarının elde edilmesinde diskli değirmenler yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yongalama ünitesinin kapasitesi, KÖYKOBİR Yongalevha İşletmesinin aylık üretim ve maliyet raporlarında belirtilen toplam aylık olarak kullanılan yonga miktarlarının yongalama ünitesinin kurulu kapasitesi ile ilişkilendirilmesi sonucu hesaplanmıştır.

Zımparalama Ünitesi

Zımpara makinesi Tipi: BISON 190, Yerleme hızı: 30 m/dk, Levha boyu: 3,66m

Presten çıkan yongalevhalar bir çok hallerde kalınlık ve yüzey yapısı bakımından bazı tüketicilerle tamamen kullanılabilir durumda değildir. Preslemeden sonra yonga kalınlığı, homojen olmadığından, kalınlık hatalarını düzeltmek gerekir. Bunun için levha önce ayarlanır, daha sonra bir geçişte her iki tarafları zımparalanır. Aynı zamanda döner fırçalar yardımı ile ve vakum sistemi ile tozdan temizlenir (25).

Zımparalama ünitesinin kapasitesi, zımparalama makinesine gelen yongalevha adeti ve levha boyu ile makine ilerleme hızı ilişkilendirilerek hesaplanmıştır.

Bulgular

Ürün bileşimi modelinden amaç, işletmenin belli bir periyot içerisinde hangi üründen ne miktarda üreteceği, ne miktarda satacağı, ne kadar stoklayacağını üretim, satış, stok kısıtları uyarınca optimum üretim programının belirlenerek kârın maksimize edilmesidir.

KÖYKOBİR Yongalevha fabrikasında bu amaçla kurulan doğrusal programlama modelinin çözümü, industrial LINDO paket programı kullanılarak elde edilmiştir. 356 sınırlayıcı koşul ve 288 karar değişkeninden oluşan modelin 468 iterasyon sonucu çözümü ile amaç fonksiyonunun değeri 168.117.600.000 TL. olarak bulunmuştur.

Karar değişkenlerinin optimum değerleri Tablo-2 ve Tablo-4 [30-25-18-16-12-10-08-06mm'lik yongalevhaların optimum üretim, satış ve stok miktarları (m³)] arasında gösterilmiştir.

Tablo 1. Ürünlerin Dönembaşı Stok Miktarları (m³).

Yongalevha Kalınlıkları	Dönembaşı Stok Miktarları (m ³)
30 mm	103.876
25 mm	283.322
18 mm	1297.287
16 mm	40.938
12 mm	68.880
10 mm	93.974
08 mm	340.997
06 mm	0

Buna göre, 1997 yılı Ocak ayında 18mm kalınlığındaki yongalevhadan 3522.4 m³, 16mm'lik yongalevhadan 27.2 m³, 10mm'lik yongalevhadan 97.6 m³, 08mm'lik yongalevhadan 63.9 m³ ve 06 mm'lik yongalevhadan 34.2 m³ üretilmesi planlanmıştır. Ocak ayında üretilmeyecek olan 30mm kalınlığındaki yongalevhanın 102 m³, 25mm kalınlığındaki yongalevhanın 203.1 m³, 12mm kalınlığındaki yongalevhanın 55.3 m³'lük satışları, 1996 yılından devreden stok miktarlarından karşılanacağı anlaşılmaktadır.

Yukarıda adı geçen tablolar incelendiğinde, 1997 yılı boyunca her bir ürün için minimum stok düzeylerinin dikkate alındığı fark edilmektedir. Çünkü, 1997 yılı Aralık ayı itibarıyla bütün ürünlerde stok miktarlarının sıfırlandığı görülmektedir. Böylece, işletmenin stoklama maliyetleri de azaltılmış ve stoklamadan doğan

Tablo 2. 30 mm, 25 mm ve 18 mm'lik Yongalevhanın Optimum Üretim-Satış-Stok Miktarları (m³).

Aylar	30 mm Yongalevha			25 mm Yongalevha			18 mm Yongalevha		
	Üretim	Satış	Stok	Üretim	Satış	Stok	Üretim	Satış	Stok
OCAK	0	102.0	1.9	0	203.1	80.2	3522.4	2545.3	2274.4
ŞUBAT	64.3	63.8	2.4	88.2	85.4	83.0	2345.4	3222.1	1397.8
MART	57.5	59.9	0	0	83.0	0	3555.4	2889.8	2063.3
NİSAN	304.5	70.6	233.9	526.8	80.0	446.8	2055.5	2392.9	1725.9
MAYIS	0	56.4	177.5	0	71.2	375.6	3645.8	2824.2	2547.5
HAZİRAN	0	64.1	113.4	0	118.9	256.7	3840.7	2859.5	3528.6
TEMMUZ	0	63.2	50.2	0	157.7	99.0	1072.0	2965.4	1635.2
AĞUSTOS	0	50.2	0	0	99.0	0	4136.2	2612.4	3159.0
EYLÜL	167.8	95.5	72.3	601.0	155.9	445.1	2918.0	2700.6	3376.4
EKİM	0	72.3	0	0	132.7	312.4	2158.2	3205.5	2329.1
KASIM	170.1	79.0	91.1	0	119.5	192.9	2004.2	2654.7	1678.6
ARALIK	0	91.1	0	0	192.9	0	1004.4	2683.0	0
TOPLAM	764.2	868.1	742.7	1216	1499.3	2291.7	32258.2	33555.4	25715.8

Tablo 3. 16 mm, 12 mm ve 10 mm'lik Yongalevhanın Optimum Üretim-Satış-Stok Miktarları (m³).

Aylar	16 mm Yongalevha			12 mm Yongalevha			10 mm Yongalevha		
	Üretim	Satış	Stok	Üretim	Satış	Stok	Üretim	Satış	Stok
OCAK	27.2	24.3	43.8	0	55.3	13.6	97.6	51.1	140.5
ŞUBAT	0	14.2	29.6	11.4	14.7	10.3	0	48.0	92.5
MART	0	29.6	0	0	10.3	0	0	26.1	66.4
NİSAN	244.5	21.0	223.5	65.4	15.9	49.4	0	22.1	44.3
MAYIS	0	35.1	188.4	0	28.4	21.0	0	26.9	17.4
HAZİRAN	0	8.8	179.6	0	21.0	0	0	17.4	0
TEMMUZ	0	28.5	151.1	319.5	27.4	292.1	69.7	40.0	29.7
AĞUSTOS	0	31.2	119.9	0	23.6	268.5	0	29.7	0
EYLÜL	0	47.3	72.6	0	0.2	268.3	27.9	27.9	0
EKİM	0	29.4	43.2	0	93.6	174.7	133.0	49.6	83.4
KASIM	0	43.2	0	0	85.9	88.8	0	39.6	43.8
ARALIK	51.0	51.0	0	0	88.8	0	0	43.8	0
TOPLAM	322.7	363.6	1051.7	396.3	465.1	1186.7	328.2	422.2	518

masraflarının optimum düzeyde kalması sağlanmıştır. Ayrıca, 16, 12, 10 ve 06 mm kalınlığındaki yongalevhaların üretim ve satış miktarlarının da nispeten daha düşük seviyelerde üretilmesi planlanmıştır. Ürünlerin 1997 yılı için tahmin edilen optimum toplam satış miktarları ise sırasıyla; 30mm kalınlığındaki yongalevha için 868.1 m³, 25mm için 1499.3 m³, 18mm için 33555.4 m³, 16mm için 363.6 m³, 12mm için 465.1 m³, 10mm için 422.2 m³, 08mm için 2356.5 m³ ve 06 mm için 232.5 m³ olacaktır.

Tartışma ve Sonuç

Doğrusal programlama modellerinin çözümünde, 16000 satır, 8000 sütun ve 16000 tamsayı değişkenin, 8 karaktere kadar isimlendirildiği industrial LINDO paket programı kullanılmıştır. Dinamik haldeki ürün bileşimi modelinin çözümü, 468 iterasyon sonucu, amaç fonksiyonunun değeri 168.117.600.000 TL. olarak bulunmuştur.

Aylar	08 mm Yongalevha			06 mm Yongalevha		
	Üretim	Satış	Stok	Üretim	Satış	Stok
OCAK	63.9	203.1	201.8	34.2	34.2	0
ŞUBAT	199.2	142.6	258.4	13.1	13.1	0
MART	0	121.6	136.8	88.0	7.0	81.0
NİSAN	319.6	115.6	340.8	97.2	14.7	163.5
MAYIS	0	190.2	150.6	0	39.0	124.5
HAZİRAN	0	150.6	0	0	25.0	99.5
TEMMUZ	915.7	219.8	695.9	0	14.2	85.3
AĞUSTOS	0	218.6	477.3	0	22.4	62.9
EYLÜL	0	179.2	298.1	0	9.3	53.6
EKİM	0	298.1	0	0	17.1	36.5
KASIM	517.1	299.7	217.4	0	18.4	18.1
ARALIK	0	217.4	0	0	18.1	0
TOPLAM	2015.5	2356.5	2777.1	232.5	232.5	724.9

Tablo 4. 08 mm ve 06 mm'lik Yongalevhanın Optimum Üretim-Satış-Stok Miktarları (m³).

Bu sonuçlar ışığında yapılacak öneriler aşağıda sıralanmıştır:

- İşletmede, özellikle doğrudan üretim faaliyetlerine yönelik, üniteler bazında elde edilen veriler günlük, aylık ve yıllık raporlar şeklinde düzenlenmesi durumunda, ileride planlama amacıyla yapılan çalışmalarda gerekli bilgilere ulaşmada daha sağlam bir kaynak oluşturulabilir.
- Üretim plânlama departmanı oluşturularak, üretim, hammadde tedarik ve pazarlama bölümleri ile koordinasyonu sağlanmalıdır.
- İşletme gerekli miktarlarda ürünü stokta bulundurmadığında üretime ara vermek, müşterilerini kaybetmek ya da dolaylı olarak daha pahalı üretmek zorunda kalabilir. Bu durum, işletme için ek gider ya da gelir kaybına yol açabilir. Optimum stok miktarları ile bu giderler minimumlaştırılabilir.
- Bu çalışma ile ortaya konulan model esas alınarak, model üzerinde gerek veri sayısı ve çeşidi, gerekse çalışma periyodu değiştirilerek amaçlanan hedeflere daha iyi ulaşılabilir.

1998 yılı ve daha sonraki yıllar için yapılacak olan ürün bileşimi optimizasyonunda şu değişikliklerin olması gerekecektir;

1. Amaç fonksiyonundaki satış, üretim ve stoklama maliyetleri,
2. Stok kısıtlarındaki dönem başı stok miktarları,
3. Satış sınırlarının oluşturulması için yapılan hesaplamalarda en son yıla ait satış miktarları verilerinin hesaplamalara dahil edilmesi,

4. Aynı şekilde ünite kapasitelerinin hesaplamaları için en son yıla ait verilerin de işleme sokularak yeni kapasite kısıtlarının oluşturulması,

5. Ürünlerin minimum talep miktarlarına ilişkin değişiklikler.

- Optimum ürün bileşimi modelinden yararlanılarak, periyot içerisinde işletmenin atıl kaldığı dönemlerde tamir-bakım faaliyetleri yapılabilir.
- İşletme yöneticisi, ürün bileşimi optimizasyonu modeli ve bunun çözüm sonuçlarına tam olarak uymak zorunda değildir. Ele alınan periyot boyunca meydana gelebilecek değişiklik ve aksaklıklara bağlı olarak model üzerinde değişiklik yapılabilir. Örneğin, optimizasyon sonuçlarına göre Aralık ayında 18mm kalınlığındaki yongalevha için belirlenen satış miktarı 2200 m³ olsun. Fakat, Aralık ayı için bu ürüne daha yüksek bir talep olması durumunda, 18 mm yongalevha üretimine ağırlık verilerek düzenleme yapılabilir.
- İşletmede bir performans değerlendirme metodu geliştirilerek, ünitelerin standart çalışma zamanları, işgücü ve ünite kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılması halinde daha iyi sonuçlar elde edilebilir.
- Bu çalışmada, yongalevha endüstrisi için geliştirilen ürün bileşimi modeli yongalevha endüstrisinin tümü için geçerlidir. Fakat, uygulamalarda bazı yapısal değişikliklere gereksinim duyulabilir. Örneğin, fason imalat, fazla mesai ile ya da vardiyalı çalışma sistemlerinin getirdiği değişiklikler modellere yansıtılmalıdır.

Kaynaklar

1. Aslan, D., Üretim Ekonomisi ve Politikası, Atatürk Üniv., Yayın No:396, Ankara, 175, 1975.
2. Karayılmazlar, S., Merih, K., Orman Ürünleri Sanayinde Ürün Karşımı Optimizasyonu (ORÜS Bolu Yongalevha İşletmesi Örneği), MPM Verimlilik Dergisi, Cilt No:25, Sayı2, 167-175, 1996.
3. Hillier, F.S., Lieberman, G.J., Introduction to Operation Research, McGraw Hill Business Quantative Series, California, 888, 1989.
4. Acar, N., Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, MPM Yayın No:280, Ankara, 208, 1989.
5. Montgomery, D.C., Johnson, C.A., Operations Research in Production Planning, Scheduling and Inventory Control, U.S.A., 403, 1966.
6. Smith, W.G. and Harrell, C., Linear Programming in Log Production, Forest Prod. J. 11(1):8-11.
7. McKillop, W. and Hoyer-Nielsen, S., Planning Sawmill Production and Inventories Using Linear Programming, Forest Prod. J. 18(5), 83-88, 1968.
8. Jackson, N.D. and Smith, G.W., Linear Programming in Lumber Production, Forest Prod. J. 11(6), 272-274, 1961.
9. Row, C., C. Fasick, and Guttenberk, S., Improving Sawmill Profits Through Operations Research, Res. Paper SO-20, USDA Forest Serv., New Orleans, 26, 1965.
10. Sampson, G.R. and Fasick, C.A., Operations Research Application in Lumber Production, Forest Prod. J. 20(5), 12-16, 1970.
11. Sim, H.C., Govett, R.L., Morris, J.S., Linear Programming Model for the Small Hardwood Logs into Furniture Shorts, Forest Prod. J., 41:10, 76-80, 1991.
12. Mercado, J.S., Carino, H.F., Biblis, E.J., White, C.R., Optimizing Log Procurement and Allocation in Southern Pine Dimension Lumber Manufacturing, Forest Prod. J., 40:5, 31-36, 1990.
13. Carino, H.F., Foronda, S.U., Determining Optimum Log Requirements in Lumber Manufacture, Forest Prod. J., 37:11-12, 8-14, 1987.
14. Klamecki, B.E., Operations Research Applied to Noise Control in Sawmills, Forest Prod. J., 27:8, 41-46, 1977.
15. Devjak, S., Merzelj, F., Tratnik, M., Managing Wood of Little Value, Zbornik-Gozdarstva-in-Lesarstva,-Ljubljana., No. 42, 263-285, 1993.
16. Koenigsberg, E., Applying Linear Programming to the Plywood Industry, Forest Prod. J. 10(9): 481-486, 1960.
17. Hernandez, R., Stefanoni, J., Vargas, R., Application of Linear Programming to the Planning of Plywood Production, Revista-Chapingo, Mexico, 13: 60-61, 96-99, 1988.
18. Wolfe, R.K. and D.M. Bates., Resource Allocation Model for a Hypothetical Paper Company, Tappi 51(11), 39-59, 1968.
19. LeNoir, C.H., Optimizing Wood Procurement in Cabinet Manufacturing, interfaces 18(2), 10-19, 1988.
20. Suo, S. and Bowyer, J.L., Simulation Modelling of Particleboard Density Profile, Wood and Fiber Science, 26(3), 397-411, 1994.
21. Burger, D. and Jamnick, M.S., Using Linear Programming to Make Wood Procurement and Distribution Decisions, Forest Chronicle, 71(1), 89-96, 1995.
22. Karayılmazlar, S., Yongalevha Endüstrisinde Optimum Ürün Bileşimi ve Hammadde Karşımının Doğrusal Programlama Tekniği ile Modellenmesi ve Bir İşletme Uygulaması, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İ.Ü. Sos.Bil.Enstitüsü, İşletme Fak. İstanbul, 173, 1997.
23. Şen, M., Üretim Planlamada Lineer Programlama Modelleri ve Bir İşletme Uygulaması, Y.Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 206, 1992.
24. KÖYKOBİR Yongalevha İşletmesi Aylık İmalat Raporları, Giresun, 1993-1997.
25. Bozkurt, Y. Göker, Y. Yongalevha Endüstrisi, İ.Ü. Yayın No: 3311, İstanbul, 263, 1985.