D.E.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi
Cilt: 8, Sayı: II, 1993, ss.33-55.

ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ PLANLAMASINDA DOĞRUSAL PROGRAMLAMA VE YATAĞAN TERMİK SANTRALİ UYGULAMASI

Tahir BENLİ (*)

ÖZET

Doğrusal programlamanın birçok üretim planlama problemlerinde başarıyla uygulandığı görülür ve üretim planlama problemlerinin özel bir türü de enerji sektöründeki enerji üretim ve yatırım planlamalarını kapsayan enerji model (problem) leridir. Çalışmada bu nedenle Yatağan Elektrik Santralinin üretim planlamasında doğrusal programlama uygulandı.

GİRİŞ

Genel olarak doğrusal programlama problemleri toplam miktarları kısıtlı olan çeşitli kaynaklardan nasıl yararlanılması gerektiğini saptamaya yönelik matematiksel programlama problemleridir. Bir doğrusal programlama problemi matematiksel olarak aşağıdaki gibi tanımlanır (Hadley, 1973; 4, Cooper - Steinberg, 1974; 1 ve Taha, 1976; 30).

TANIM 1 $m, n \in Z^+$, A; m x n matris $b \in R^m$ ve $c, x \in R^n$ olmak üzere;

$$P: \begin{matrix} \max \\ (\min) \end{matrix} \left\{ C^T x \quad A x \{ \leq , = , \geq \} b, x \geq 0 \right\} \qquad [1]$$

şeklindeki problemc doğrusal programlama problemi , adı verilir.

[1]' deki gibi bir doğrusal programlama problemi ele alındığında,

$$A x \{ \leq , = , \geq \} b \qquad [2]$$

$$\underline{x} \geq 0 \qquad [3]$$

koşulları altında,

$$Z = C^T x \qquad [4]$$

(*) Araş. Gör. D. E. Ü. İ. İ. B. F. Muğla işletmecilik Yüksek Okulu

fonksiyonunun en büyük (maximum) yada en küçük (minimum) değerinin bulunması gerektiği anlaşılır.

[2] ile verilen sisteme (eşitlik veya eşitsizlik sistemine) problemin kısıtlayıcıları (restrictions - constraints) [3] ile verilen $x \geq 0$ koşuluna pozitif kısıtlama yada pozitiflik koşulu ve [4]' de yer alan Z fonksiyonuna da amaç (objective) fonksiyon denilir. Bununla birlikte A matrisine teknoloji matrisi, b vektörüne ihtiyaçlar yada sağ taraf vektörü ve c vektörüne de fiyat vektörü adı verilmektedir (Cooper-Steinberg, 1974; 2).

[1] ile verilen doğrusal programlama poblemini yukarıdaki açıklamalar ışığında aşağıdaki şekilde de yazmak olasıdır.

$$\begin{aligned} &\text{Amaç fonksiyon} : \max (\min)\ Z = C^T x \\ &\text{Kısıtlayıcılar} : A x \{ \leq , = , \geq \} b \\ &\text{Pozitif kısıtlama} : x \geq 0 \end{aligned} \qquad [5]$$

Doğrusal programlama problemlerini çözmek amacıyla geliştirilen yöntemler arasında ilk adımda en iyi çözümü veren bir yöntem yoktur. En çok uygulanan teknik, iterasyonla en iyi çözümün bulunmasını sağlayan Simplex yöntemdir. Bu yöntem üzerinde ilk çalışan ve geliştiren G. B. Dantzig olmuştur. Daha sonraları Charnes, Cooper ve diğerleri özellikle endüstriyel alanda öncü çalışmalar yapmışlardır.

Bilindiği gibi doğrusal programlama problemlerinde değişken sayısı üçü aştığında uygun çözüm alanının uç nokta adı verilen köşelerinin sayısı hızla artacağından grafik yöntem uygulamak olanaksızlaşır. Çünkü tüm uç noktaları karşılaştırmak ve hangi uç noktanın amaç fonksiyonu maximum yada minimum (optimum) yaptığının saptanması mümkün değildir.

Simplex yöntem ise cebirsel iterasyona dayanır. Yöntem; uygun çözüm alanının uç noktalarının birisinden başlayıp adım adım en iyi çözümü veren uç noktanın aranması işlemi olarak özetlenebilir (Gürdoğan, 1981; 37). Simplex yöntemin bir doğrusal programlama problemine uygulanması sonucu problemin mümkün bir çözümü olup olmadığını, sınırsız bir çözüm bulunup bulunmadığını yada en iyi çözüme sahip olup olmadığını da saptamak olasıdır.

Simplex yöntem genel olarak bütün doğrusal programlama problemlerine

uygulanabilir. Bununla birlikte bazı problemleri etkin ve daha kısa sürede çözebilmek amacıyla başkaca yöntemler geliştirilmiştir. Ancak doğrusal programlamada Simplex yöntem haricinde başka bir yöntemle çözülemeyen problemler oldukça fazladır (Tulunay, 1980; 209).

Doğrusal programlamanın ilk uygulandığeı alan kaynak tahsisi ve dağıtım problemleri olmuştur. Genel ifadesilye, kısıtlı ve belirli miktardaki kaynakların, bazı şartlar altında çeşitli noktalara (merkez) dağıtımı problemlerinde geniş ölçüde kullanılmıştır. Kapasite dağıtımı, eleman görevlendirme ve özel bir problem olarak dağıtım problemleri, oyunlar, dağıtım merkezlerinin yerinin belirlenmesi gibi konular ilk akla gelen uygulama alanlarıdır (Karayalçın, 1979; III). Bununla birlikte yöneylem araştırması tekniklerinin doğrusal programlama teknikleri ile yakından ilgili olması nedeniyle doğrusal programlama ile ele alınan tipik sorunlar arasında şunları saymak olasıdır (Akalın, 1979; 269).

a) Personel ataması,
b) Ulaştırma sorunları,
c) Sınırlı imkanların optimum kullanımı,
d) Optimum sipariş hacminin belirlenmesi,
e) Sınırlı ürünlerin pazarlara göre tahsisinin yapılması,
f) Yeni üretim fabrikalarının, ofislerinin ve depolarının yer atamaları,
g) Hammaddelerin karışım ve kullanımlarının optimizasyonu
h) Aynı üniteler arasında iş bölümü,
i) En iyi ürün karışımının belirlenmesi,
j) Üretim imkanlarından optimum yararlanma,
k) En iyi işlem tablolarının ortaya konulması,
l) Ekim rotasyon planı,
m) Satınalma politikasının formülasyonu.

Endüstriycl alanda genel olarak doğrusal programlamanın uygulama alanlarını;

a) Standart taşıma problemi,
b) üretim tahsisi ve taşıma,
c) Makina - atama problemleri,
d) Düzgün zaman ve artık zaman üretimi,
e) Optimal üretim karması ve faaliyet düzeyleri,

f) Petrol rafinerisi işlemleri,
g) Karışım problemleri.

olarak özetleyebiliriz (Hadley, 1973; 201).

İşletmelerin oldukça dinamik bir ortamda çalışmalarını sürdürmeleri nedeniyle ileriye dönük çalışmaların önceden tasarımı, seçeneklerinin bulunması, saptanması, beklenen sonuçların neler olabileceğinin önceden kestirimi zorunludur. Bunun için geçmişteki çalışmalarla ilgili verilerin incelenmesi, mevcut durumun tespiti ve geleceğe dönük öngörülemelerin yapılması gerekmektedir. Üretim planlaması, işletmenin kaynakları ile ilgili ve bu kaynakların gelecekte istenen nitelik ve nicelikteki ürünlerin üretimi için dağıtılması konusunda karar alma işlemidir. Alınan kararlar kuşkusuz işletmede satın alma, pazarlama, kontrol ve finansman gibi bütün işletme fonksiyonlarıyla yakından ilgilidir. Ancak gelecek hakkında alınacak karar sonuca bir yaklaşımdır. Bu nedenle gelecekte ortaya çıkabilecek olaylarla ilgili kesin bir saptama yapmak güçtür.

Karar almada ve tahmin yöntemlerinden yararlanmada esas; geçmişte tespit edilen olayların belirli bir eğilim içinde bazı sapmalarla birlikte gelecekte tekrarlanacağıdır. Üretim planlamasında ise amaç; işletmede kaynakların en uygun bir biçimde kullanılması, kayıpların enaza indirilmesi ve üretimde istenen düzeye kalite yönünden de ulaşmadır. Bu yüzden istenilen miktarda standart bir ürünün üretiminde planlama çok önemli bir yer tutar (Gürdoğan, 1981; 16).

Doğrusal programlamanın üretim planlamasında uygulanmasının ilk çalışması, atölye tipi üretimde M.E.Salveson tarafından yapılmıştır. Talepteki gelişmeler, üretim planlamasında ve işgücünün ayarlanmasında; yöneticiler için oldukça güç sorunlar doğururlar. Değişmeler, fazla çalışma saatleri ekleyerek düzenleme, işgücünde uyarlama yapma, ürün stoklarının seviyesinde değişiklik ve talep'lerin miktarında ayarlamayla yada bunlardan birkaçının birleştirilmesiyle karşılanmak zorundadır. Bu düzenlemelerin herbiri üretim planlamasında minimum maliyetle karar almada çok etkili olabilecek yükler getirir. Bu itibarla belirli bir ürünün toplam maliyetleri minimize ederek gelecekteki talepleri karşılayabilecek bir biçimde programlanması oldukça önemlidir. Burada sorun belirli bir ürünün tüm çalışma zamanını kapsayan ve maliyetleri de gözönünde tutarak optimal üretim planının bulunmasıdır. Bu konuda doğrusal programlama tekniği temellerinden hareketle modeller geliştirmede çok sayıda araştırmacı uğraşmış ve değişik modeller geliştirilmiştir.

Çok miktarda birden fazla ürün üreten işletmelerde sık karşılaşılan üretim planlama sorunlarından biri; belirli pazar şartları altında kapasiteden en yüksek oranda yararlanarak maximum karı veren üretim yapısının bulunmasıdır. Böyle bir sorunun çözümü ancak doğrusal programlama ile mümkündür. Bu tip sorunlar hemen hemen her işletme için sözkonusu olduğundan çok sayıda uygulama yapılmış ve büyük tasarruflar sağlanmıştır. Örneğin, kontrapilak üretiminde yapılan bir çalışma ürün sayısını 58 den 17 ye indirerek aynı karın sağlandığını göstermiştir. Yapılan üretim planıyla kar da iki misline çıkmıştır (Gürdoğan, 1981; 49).

Yapılan açıklamalardan da anlaşılacağı gibi doğrusal programlamanın elektrik enerjisi üretimine uygulanarak, maliyetlerin minimum tutulup maximum karı verebilecek üretim planlamasının yapılmasının mümkün olabileceği görülmektedir. Uygulamaya geçmeden önce Türkiye 'deki elektrik enerjisi üretiminin durumunu ele almak yararlı olacaktır.

1. TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ

Elektrik enerjisi üretimi konusunda ilk adım, 1902' de Tarsus'da kurulan bir santral ile atılmış, İstanbul ve İzmir gibi büyük şehirlerimiz 1908' den sonra elektriğe kavuşmuşlardır. İlk zamanlar yabancı ortaklıklara ayrıcalık tanınmak suretiyle kurulan elektrik santralleri 1935' den sonra kısım kısım satın alınmaya başlanmış bir süre Bayındırlık Bakanlığı' nca işletilmiş, daha sonraları belediyelere devredilmişlerdir. Sanayileşme hareketine paralel olarak elektrik ihtiyacının planlı bir şekilde ele alınması gereği duyulmuş ve 1935 yılında 2719 sayılı kanunla Elektrik işleri Etüd idaresi kurulmuştur. 1953 yılında 6200 sayılı kanunla kurulan Devlet Su İşleri ise elektrik üretimi amacına sahip barajlar inşa etmektedir. 1970 yılında 1312 sayılı kanunla kurulan Türkiye Elektrik Kurumu; iller Bankası ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü' nün üretim ve iletim tesislerini devralmıştır. Daha sonra çıkan 2705 sayılı kanun gereği belediye elektrik işletmelerindeki üretim ve iletim tesislerini de 1984 yılı sonuna kadar devralmıştır. Bu tesisler ile birlikte kendi kurduğu termik santralları işletmektedir. Bütün bu kuruluşlar Enerji ve tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesindedir (D.İ.E. Türkiye İstatistik Yıllığı 1989, 1990; 224).

Tablo 1. Üretici kuruluşlara göre elektrik enerjisi üretimi (Brüt üretim 10^6 KWh)

YILLAR	TOPLAM ARZ	TOPLAM	T.E.K.	AYR. ŞİR.	OTOP.	BELD.	İTH.
1981	26288.9	26272.8	20587.5	1937.5	2085.4	62.4	1616.1
1982	28324.9	26551.5	23243.1	1589.7	1659.0	59.7	1773.4
1983	29567.6	27346.8	23688.9	1617.6	1998.9	41.4	2220.8
1984	33266.5	30613.5	26685.7	1691.1	2233.4	3.3	2653.0
1985	36361.3	34218.9	30248.9	1592.2	2377.8	----	2142.4
1986	40471.4	39694.8	35470.1	1454.0	2770.7	----	776.6
1987	44925.0	44352.9	39679.3	1591.7	3081.9	----	572.1
1988	48430.0	48048.8	43013.6	1857.9	3177.3	----	381.2
1989	52601.7	52043.2	47454.1	1316.9	3267.4	4.8	558.5
1990	56811.7	57543.0	52854.2	1304.5	3361.3	23.0	175.5

1990 yılında 906. 8 KW (10^6) elektrik ihraç edilmiştir.

Kaynak: Türkiye İstatistik Yıllığı 1989. T.C.Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü

1989.-1990 yılları verileri D.İ.E. Yayın Haberleşme ve Halkla İlişkiler Müdürlüğü'nden alınmıştır.

Elektrik enerjisi, ekonomide temel üretim girdisi olması sebebiyle tüm sektörler açısından büyük öneme sahiptir. Aydınlatma, elektro- kimya ve bilgi işlem alanında yegane girdi olan elektriğin üretiminde, birincil enerji kaynaklarının (taşkömürü, linyit, akaryakıt, hidrolik vs.) çoğu kullanılmaktadır. Petrole aşırı bağımlılık gösteren Türkiye' de son yıllarda alternatif enerji kaynakları arayışına geçilmiş; bu amaçla beşinci planda, elektrik üretimine ağırlık verilmiştir. Nitekim elektriğin, ülkede bolca mevcut olan linyit ve hidrolik enerjiden yararlanılarak üretilmesinin planlanması ve buna yönelik yatırımlara öncelik verilmesi

sonucu; Türkiye, başka ülkelere elektrik ihraç edecek duruma gelmiştir. Türkiye' de elektrik enerjisi, daha çok hidrolik ve termik kaynaklardan üretilmektedir (TOBB İktisadi Rapor, 1990; 146).

Tablo 2. Elektrik enerjisi üretimi (Brüt üretim 10^6 KWh)

YILLAR	TERMİK ÜRETİM	PAY (%)	HİDROLİK ÜRETİM	PAY (%)	GENEL TOPLAM
1981	12056.7	48.87	12616.1	51.13	24672.8
1982	12384.8	46.64	14166.7	53.36	26551.5
1983	16004.1	58.52	11342.7	41.48	27346.8
1984	17187.2	56.14	13426.3	43.86	30613.5
1985	22174.0	64.80	12044.9	35.20	34218.9
1986	27822.2	70.09	11872.6	29.91	39614.8
1987	25735.1	58.02	18617.8	41.98	44352.9
1988	19099.2	39.75	28949.6	60.25	48048.8
1989	34101.3	65.53	17939.6	34.47	52043.2
1990	34395.3	59.77	23147.7	40.23	57543.0

Kaynak : Türkiye İstatistik Yıllığı 1989
T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü

1989 - 1990 yılları verileri D.İ.E. Yayın Haberleşme ve Halkla İlişkiler Müdürlüğü' nden alınmıştır.

1.1. Termik Üretim

1990 - 1994 Altıncı beş yıllık kalkınma planı döneminde termik elektrik santrallerin kurulu gücünün dönem sonunda 12123 MW'a ulaşması beklenmektedir. Bu güç artışı ile termik santrallerin ortalama üretim kapasitesi 1994 yılı sonunda 69428 milyar GWh'a yükselecektir (D.P.T. Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı 1990 - 1994, 1989; 258-267).

Tablo 3. Termik enerji üretimi (Brüt üretim 10^6 KWh)

YILLAR	TAŞKÖMÜRÜ	LİNYİT	FUEL OİL	MOTORİN	DİĞER
1981	892.3	5244.1	5195.5	614.8	----
1982	912.8	5528.4	5305.8	673.8	----
1983	787.2	7789.8	6348.4	1078.7	----
1984	705.6	9412.7	6710.6	336.2	22.1
1985	710.3	14317.4	7028.6	53.4	64.2
1986	772.8	18664.5	6941.3	59.3	1384.3
1987	627.9	17025.7	5418.1	77.4	2586.0
1988	345.2	12141.4	3248.7	56.0	3307.9
1989	317.0	19952.5	4209.2	38.3	9586.6
1990	620.8	19560.5	3920.9	20.8	10272.3

Kaynak: Türkiye İstatistik Yıllığı 1989

T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü

1989 - 1990 yılları verileri D.İ.E. Yayın

Haberleşme ve Halkla İlişkiler Müdürlüğü'nden alınmıştır.

1.2. Hidrolik Üretim

Altıncı beş yıllık kalkınma planı döneminde hidrolik santrallerin kurulu gücünün dönem sonunda 10527 MW'a ulaşması ve bu güç artışı ile ortalama üretim kapasitesinin 1994 yılı sonunda 38345 milyar GWh'a yükselmesi beklenmektedir (D.P.T: Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı 1990-1994, 1989; 258-267).

2. TERMİK ÜRETİMİN GENEL ÜRETİM İÇİNDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

Türkiye elektrik enerjisi ihtiyacının önemli bir bölümü termik üretimden sağlanmaktadır. Tablo 2'den de görüldüğü gibi termik üretimin elektrik enerjisi üretimindeki payı yüzde altmış (%60) civarındadır. Bununla beraber altıncı beş yıllık kalkınma planında da elektrik enerjisi üretiminin yüzde altmışının (%60) termik kaynaklardan karşılanacağı belirtilmiştir. (D.P.T. Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı 1990 - 1994, 1989; 258-267). Yağış durumuna bağlı hidrolik enerji üretimi, 1987, 1988 ve 1990 yıllarında bol yağışların etkisiyle %41.98, %60.25 ve %40.23 oranında paya sahip olurken, 1989' da kuraklık yaşanması nedeniyle %40' ın altına düşmüştür (Tablo 2). 1985, 1986 ve 1989 yıllarında brüt 12044.9, 11872.6 ve 17939.6 milyon KW/SA' lik hidrolik elektrik enerjisi üretilmiş; genel toplam içinde ancak %35.20, %29.91 ve %34.47 oranında pay alabilmiştir. Buna karşılık bu yıllarda termik üretime ağırlık verilmiş; 22174.0, 27822.2 ve 34101.3 milyon KW/SA' lik üretim ile %64.80, %70.09 ve %65.5 oranında pay almıştır (Tablo 2).

Termik üretimin büyük bir kısmı linyit ve akaryakıt kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Türkiye' nin zengin linyit rezervi (miktarı 7 milyar 750 milyon ton) nedeniyle kurulan termik santrallerin geneli linyitten yararlanmaktadır.

3.YATAĞAN TERMİK SANTRALİ İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Uygulumada maliyetler minimum tutularak maximum kârâ ulaşılmak istenir. Bu ise optimum üretim planının belirlenmesi ile mümkün olabilir. Bilindiği gibi, bu durum kârlılığın temelidir. İşletmeler kârlılıklarını en yüksek düzeye çıkarmak isterler. Yani amaç maximum kârâ ulaşmaktır. Bu da net gelirlerin veya toplam kârın en üst seviyede olması anlamına gelir. Doğal olarak bu durum, örnek işletme olarak alınan Yatağan Termik Santrali içinde geçerlidir.

Yatağan Termik Santrali, Muğla-Yatağan-Eski Hisar linyit havzasındaki düşük kalorili kömürün değerlendirilmesi ve enterkonnekte sistemin, enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla 1975 yılında yatırım proğramına alınmıştır. 3 x 210 MW gücündeki santral sahası, Yatağan m^2 Milas karayolunun kuzeyinde ve Yatağan ilçesine 3 km. uzaklıkta 1.163.600 m 2 ' lik bir alan üzerine

kurulmuştur. Santral 154 KW ve 380 KW' lık enerji nakil hatları ile enterkonnekte sisteme bağlanıp İzmir, Antalya, Yeniköy, Muğla, Denizli, Aydın ve Milas' ı beslemektedir. Santral yerinin belirlenmesinde kömür rezervlerine yakınlığı, kül atma sahasına yakınlığı, soğutma suyunun bulunabilirliği ve yakınlığı, depreme dayanıklılığı bakımından fay hattında bulunmayışı, karayolu ulaşım kolaylığı, rüzgâr yönü v. b. gibi unsurlar gözönüne alınmıştır (T.E.K. Yatağan Termik Santrali Tesisleri Broşürü ve T.E.K. üretim ve İletim Müessesesi Müd. Termik Grup Müd. Teknik Büro Servisi Yatağan Termik Santrali 1990 Yıllık Çalışma Raporu).

Yatağan Termik Santrali' nin kurulu gücü 630 MW' tır. Santral üretimini 3 x 210 MW' lık üç ünitede gerçekleştirmektedir. Birinci ünite 21 Ekim 1982, ikinci ünite 9 Haziran 1983 ve üçüncü ünite 18 Aralık 1984 tarihlerinde devreye girmişlerdir. Ünitelerin kesin işletmeye alınış tarihleri ise sırasıyla; 6 Nisan 1984, 9 Kasım 1984 ve 14 Mart 1985' dir (T.E.K. Yatağan Termik Santrali Tesisleri Broşürü ve T.E.K. Yatağan Termik Santrali 1990 Yıllık Çalışma Raporu).

4. VERİLER VE MODELİN ELDE EDİLMESİ

Doğrusal proğramlamanın uygulanmasındaki temel amaç; işletmenin, optimum kârının hesaplanmasıdır. Optimum kârın hesaplanması; birim maliyetlerin, birim miktarların ve kapasitenin belirlenmesini sağlar. Sonuçta işletmenin optimum programı belirlenmiş olur.

Doğrusal programlamanın bir başka deyişle doğrusal programlamanın bir hesaplama tekniği olan Simplex yöntemin uygulamaya konulabilmesi için üretim ve maliyetteki ilişkilerin doğrusallık özelliğinden yararlanılarak matematiksel modelin oluşturulması gerekir. Matematiksel model, amaç fonksiyonun maximize edildiği bir doğrusal programlama problemi olacaktır. Çünkü burada amaç işletme için optimum kârın hesaplanmasıdır.

İşletmenin kârının maximize olmasını sağlayacak doğrusal programlama probleminin modelini oluşturabilmek için örnek işletmeyle ilgili ünitelerin birim maliyetlerine, birim başına kullanım miktarlarına ihtiyaç vardır. Bunlar, işletmenin üretimi ile ilgili verileri oluştururlar. Bu nedenle işletme kayıtlarından sağlanan verilerle ihtiyaç duyulan miktarları tablolaştırmak gerekecektir.

Yatağan Termik Santrali'nin kurulu gücü 630 MW/saat (3x210 MW/saat)'tır. 1990 yılında brüt 2.926.868.000 KW elektrik üretilmiştir. Net üretim ise iç tüketim ve kayıplardan oluşan 411.225.909 KW elektrik düşüldükten sonra 2.515.642.091 KW 'tır. Bu üretimin ünitelere göre dağılımı ise aşağıdaki gibidir.

	BÜRÜT ÜRETİM (KW)	İÇ İHTİYAÇ (KW) (KAYIPLAR DAHİL)	NET ÜRETİM (KW)
I. ÜNİTE	948.935.000	134.279.146	814.655.854
II. ÜNİTE	841.273.000	119.444.413	721.828.587
III. ÜNİTE	1.136.660.000	157.502.350	979.157.650
TOPLAM	2.926.868.000	411.225.909	2.515.642.091

Belirtmek gerekir ki 1990 yılında planlanan toplam üretim miktarı 4.095.000.000 KW olup her bir ünite için planlanan üretim miktarları ise 1.365.000.000 KW (4.095.000.000/3)'tır. Ancak ünitelerin yıllık kapasiteleri 1.839.600 KW (365 x 24 x 210)'tır.

Santral elektrik üretimini kömür (ana yakıt) ve fuel oil (yardımcı yakıt) yakarak gerçekleştirmektedir. 1990 yılında üretilmesi planlanan 4.095.000.000 KW elektrik enerjisi için 4.500.000 ton kömür ve 4.500 ton fuel oil kullanılması öngörülmüştür. Üretim için harcanması planlanan giderler toplamı ise 110.808.826.000 TL'dır.

Türkiye Elektrik Kurumu (T.E.K.) iki ana müesseseden oluşmaktadır. Üretim iletim Müessesesi Türkiye genelindeki santrallerin elektrik üretimini koordine eder ve üretilen elektriği Dağıtım Müessesesi'ne yerleşim merkezleri girişinde devreder. 1990 yılında T.E.K. Genel Müdürlüğü Üretim İletim Müessesesi'nin Dağıtım Müessesi'ne devrettiği birim (bir KW) elektrik fiyatını; Ankara, İstanbul ve İzmir gibi büyük yerleşim merkezlerinde 130, 20 TL, diğer illerde ise 124 TL olarak belirlenmiştir. Bu iki değerin ortalaması alınca 1990

yılındaki birim elektriğin ortalama satış fiyatı 127.10 TL* olarak bulunur.

İşletmenin kayıtlarından elde edilen bu verilerle yıllık kârını hesaplamak mümkündür. 1990 yılındaki toplam harcama 214.958.678.290 TL (yakıt gideri + üretim için harcanan giderler)'dır. Yıl sonundaki net üretim miktarının 2.515.642.091 KW olduğu belirtilmişti. Bu durumda birim elektrik maliyeti 85,4488 TL (toplam gider √ net üretim miktarı),birim kâr 41,6512 TL (127.10-85,4488), toplam kâr ise 104.779.511.860 olarak bulunabilir.

Bulunan bu kârın belirli bir üretim planlamasının sonucu olmadığı açıktır. Bununla birlikte ünitelerin üretim miktarlarının belirlenmesinde her hangi bir kriterin uygulanmadığı da görülmektedir. Bu durumda hesaplanan kârın işletmenin maximum kârı olduğu söylenemez. Bu konulara açıklık kazandırmak için başlangıçta amaçlandığı gibi üretim planının bir doğrusal programlama problemine dönüştürülerek çözümünün yapılması gerekecektir.

İşletmenin yıllık üretim planının yapılması optimum üretim programının belirlenmesini gerektirir. Bu ise kapasite hammadde, işgücü, taşımalar v.s. nin optimum kullanılarak, kârın maximize veya maliyetlerin minimize edildiği bir doğrusal programlama probleminin formüle edilmesi demektir. Burada Simplex yöntemin kullanılmasındaki amaç, işletme açısından maximum kârın hesaplanmasıdır. Şimdi eldeki verilerle kârın maximize edildiği bir doğrusal programlama modelini oluşturalım.

Bunun için önce ünitelerin her biri için elektriğin 1 KW'ının kârını (birim kär) hesaplayalım. Birim kârı hesaplayabilmek için her bir ünitedeki 1 KW elektriğin maliyetinin (birim maliyet) de belirlenmesi gerekecektir.

Yıllık toplam gider 214.958.678.290 TL'dır. Bu 2.926.868.000 KW elektrik üretimine ilişkin yapılan toplam giderdir. Ünite başına düşen ortalama gider 71.652.892.760 TL (Toplam gider / 3)'dır. Bu değeri her ünitenin üretim miktarlarına bölerek birim maliyetlerini bulalım.

I. Ünite birim maliyeti : 75.51 TL

II. Ünite birim maliyeti : 85.17 TL

III. Ünite birim maliyeti : 63.04 TL

(*) Bu fiyata iletim giderleri dahildir. T.E.K. Genel Müdürlüğü tarafından üretim iletim ile yerleşim merkezleri arasındaki elektrik iletim gideri ayrıca hesaplanmaktadır.

1 KW elektriğin ortalama satış fiyatı 127.10 TL olduğuna göre ünitelerin birim kârları;

I. Ünite birim kârı : 127.10-75.51=51.59 TL

II. Ünite birim kârı : 127.10-85.17=41.93 TL

III. Ünite birim kârı : 127.10-63.04=64.06 TL

olur. Diğer yandan her ünite için elektriğin 1 KW 'ına yapılan üretim giderlerinin ve gerçekleşen birim kömür ve fuel oil kullanım oranlarının da bulunması gerekir.

Üniteler itibariyle yıllık toplam kömür ve fuel oil kullanım miktarları aşağıdaki gibidir.

	ÜRETIM MIKTARI (KW)	KÖMÜR KULLANIMI (KG)	FUEL OIL KUL. (KG)
I. ÜNİTE	948.935.000	1.200.631.300	4.765.890
II. ÜNITE	841.273.000	1.059.327.200	7.865.340
III. ÜNİTE	1.136.660.000	1.416.195.300	6.336.620
TOPLAM	2.926.868.000	3.676.153.800	19.967.850

Her ünitenin kullandığı kömür ve fuel oil miktarlarını üretim miktarlarına bölerek kullanım oranlarını bulalım.

I. Ünitede 1 KW elektriğin kömür kullanımı : 1.27

II. Ünitede 1 KW elektriğin kömür kullanımı : 1.26

III. Ünitede 1 KW elektriğin kömür kullanımı : 1.25

I. Ünitede 1 KW elektriğin fuel oil kullanımı : 0.005

II. Ünitede 1 KW elektriğin fuel oil kullanımı : 0.009

III. Ünitede 1 KW elektriğin fuel oil kullanımı : 0.006

Yıllık toplam üretim gideri 115.297.299.800 TL 'dır. Ünite başına düşen ortalama üretim gideri 38.432.433.270 TL (Toplam üretim gideri / 3) 'dır. Bu değeri her ünitenin üretim miktarlarına bölerek birim başına kullandıkları üretim giderlerini bulalım.

I.Ünitede 1 KW elektriğin üretim gideri : 40.50

II. Ünitede 1 KW elektriğin üretim gideri :45.68

III. Ünitede 1 KW elektriğin üretim gideri : 33.81

Şimdi bu bilgiler X^1; birinci ünitenin üretim miktarını, X^2; ikinci ünitenin üretim miktarını ve X^3; üçüncü ünitenin üretim miktarını göstermek üzere bir tabloya taşınırsa aşağıdaki tablo elde edilir.

Tablo 4. Elektrik enerjisi üretimi ve kâr durumu.

ÜRETİM MİKTARI	BİRİM BAŞINA KULLANIM			
	KÖMÜR	FUEL OİL	ÜRETİM GİDERİ	BİRİM KÂR
X_1	1,27	0,005	40,50	51,59
X_2	1,26	0,009	45,68	41,93
X_3	1,25	0,006	33,81	64,06
YILLIK KULLANIM MİKTARI	4.500.000.000	4.500.000	110.808.826.000	

Tabloyu esas alarak problemin kısıtlayıcılarını yazmak mümkündür.

$$X_1 + X_2 + X_3 = 4.095.000.000$$
$$X_1 \leq 1.839.600.000$$
$$X_2 \leq 1.839.600.000$$
$$X_3 \leq 1.839.600.000$$
$$1.27\ X_1 + 1.26\ X_2 + 1.25\ X_3 \geq 4.500.000.000$$
$$0.005\ X_1 + 0.009\ X_2 + 0.006\ X_3 \geq 4.500.00$$
$$40.50\ X_1 + 45.68\ X_2 + 33.81\ X_3 \geq 110.808.826.000$$

Yıllık üretim miktarının 4.095.000.000 KW olarak planlandığı daha önce belirtilmişti. Birinci kısıtı tam eşitlik yapmamızın nedeni bu hedefe ulaşmak içindir. Ayrıca her ünitenin yıllık kapasitesi 1.839.600.000 KW olduğuna göre ünitelerin yıllık üretimlerinin bu miktarı geçemeyeceği açıktır. İşletme zaman zaman çok düşük kalorili kömür kullanmak zorunda kalmaktadır. Bu durumda enerji üretiminin aksamaması için daha fazla fuel oil yakmak gerekmektedir. Bu nedenle fuel oil kısıtı planlanan miktarı geçebilir. Buna bağlı olarak kömür kısıtının da planlanan miktarı geçmesi normaldir. Çünkü kömürün maliyeti fuel oil maliyetine göre daha az olduğundan, işletmeye çok düşük kalorili kömür gelmesi durumunda, takviye olarak kullanılan fuel oil miktarını mümkün olduğu kadar aza indirgeyebilmek için daha fazla kömür kullanımı gerekebilir. Üretim giderinin de planlanandan fazla olabilmesinin nedeni, siyasi otoritenin ücretlerde yapacağı artışın normalin üzerinde olabilmesi ve enflasyonun yüksek olduğu ekonomimizde girdi fiyatlarında meydana gelebilecek önemli değişikliklerdir.

Amaç fonksiyonun kâr sabitleri;

X_1' in kâr sabiti $C_1 = 51.59$

X_2' nin kâr sabiti $C_2 = 41.93$

X_3' ün kâr sabiti $C_3 = 64.06$

Max $Z = 51.59\ X_1 + 41.93\ X2 + 64{,}06\ X_3$ dür. Üretim miktarı negatif olamayacağı için $X_1 \geq 0$, $X_2 \geq 0$ ve $X_3 \geq 0$ dır. Böylece problem yeniden yazılırsa;

Amaç fonksiyon : Max Z = 51,59 X_1 + 41,93 X_2 + 64,06 X3

Kısıtlayıcılar :

X_1 + X_2 + X3 = 4.095.000.000

X_1 ≤ 1.839.600.000

X_2 ≤ 1.839.600.000

X_3 ≤ 1.839.600.000

1.27 X_1 + 1.26 X_2 + 1.25 X_3 ≥ 4.500.000.000

0.005 X_1 + 0.009 X_2 + 0.006 X_3 ≥ 4.500.000

40.50 X_1 + 45.68 X_2 +33.81 X_3 ≥110.808.826.000

Pozitif kısıtlama: $X_1, X_2, X_3 \geq 0$

dır. Bu model işletmenin yıllık kârını maximum yapacak doğrusal programlama problemidir.

5. MODELİN ÇÖZÜMÜ

Model bilgisayar yardımı ile çözülmüş ve yedi iterasyonda optimal çözüm aşağıdaki gibi bulunmuştur.

X_1 = 1.839.600.000, X_2 = 415.800.000

X_3 = 1.839.600.000, S_3 = 1.423.800.000

S_5 = 659.700.000 , S_6 = 19.477.800

S_7 = 44.886.400.000

MAKZ = 230.484.234.000

Birinci ünitede 1.839.600.000 KW, ikinci ünitede 415.800.000 KW ve üçüncü ünitede 1.839.600.000KW elektrik üretimi ile maximum kâr 230.184.234.000 TL olarak gerçekleşir. İşletmenin optimum üretim planı bu şekildedir. Diğer yandan eski kârı ile yeni kârı arasındaki fark ise;

125.404.722.140 TL (230.184.234.000 - 104.779.511.860)'dır.

6. MODEL ÜZERİNDE DUYARLILIK ÇÖZÜMLEMELERİ

Model üzerinde duyarlılık çözümlemeleri; amaç fonksiyondaki (fiyat vektörü) değişmeler ve sağ taraf vektöründeki (ihtiyaçlar vektörü) değişmeler olmak üzere iki şekilde uygulanmıştır.

a) Amaç Fonksiyon (Fiyat Vektörü) 'daki Değişmeler

Amaç fonksiyonundaki C_j katsayılarında meydana gelebilecek olası değişmeleri çözümü optimallikten uzaklaştırmaksızın aşağıdaki gibi inceleyebiliriz.

X_j temel değişkeninin amaç fonksiyon katsayısı C_j , α_j kadar artırılırsa; $C_j + \alpha_j$ olur. Optimalite koşulu $C_j - Z_j \leq 0$ olduğundan,

$C_j - Z_j = C_j - B^{-1} Y_j = C_j - C_B B^{-1} a_j$ formülü kullanılarak; C_1 katsayısı için;

$-51.59 - \alpha_1 + 41.93 \leq 0,\ \alpha \geq -9.66$

$A = \{ -9,66, +\infty)$ aralığı,

C_2 katsayısı için;

$-M - 41.93 - \alpha_2 \leq 0,\ \alpha_2 \geq -M - 41.93$

$A_1 = \{ -M - 41.93, +\infty)$ aralığı,

$-51,59 + 41,93 + \alpha_2 \leq 0,\ \alpha_2 \leq 9,66$

$A_2 = (-\infty, 22.13\}$ aralığı bulunur.

Bu aralıkların arakesiti ise;

$A = \bigcap_{j=1}^{n} A_j$ $(-M-41.93, 9.66\}$'dır. α_2 değeri bu aralıkta değıştiği sürece çözüm daima optimaldir.

C_3 katsayısı için;

$41.93 - 64.06 - \alpha_3 \leq 0,\ \alpha_3 \geq -22.13$ olduğundan α_3 için

$A = \{-22,13, +\infty)$ aralığı elde edilir.

b) Sağ Taraf Vektörü (İhtiyaçlar Vektörü) 'ndeki Değişmeler

Sağ taraf vektörü b'nin bileşenlerini (sağtaraf sabitleri) optimum çözümün uygunluğunu değiştirmeksizin aşağıdaki aralıklarda değiştirmek mümkündür. Yeni çözüm $X^*_B = B^{-1}\ b$ olacaktır.

X_1 temel değişkeninin değeri θ_1 kadar artırılırsa;

$$X_B = B^{-1}\ b = \begin{bmatrix} 1.839.600.000 + \theta_1 \\ 415.800.000 - \theta_1 \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} 1.839.600.000 \\ 1.423.800.000 + \theta_1 \\ 659.700.000 + 0{,}01\ \theta_1 \\ 19.477.800 - 0{,}004\ \theta_1 \\ 44.886.406.000 - 5{,}18\ \theta_1 \end{matrix} \geq 0$$

olacağından,

$1.839.600.000 + \theta_1 \geq 0\ ,\ \theta_1 \geq -\ 1.839.600.000$

$B_1 = [\ -\ 1.839.600.000\ ,\ +\ \infty\ )\ ,$

$415.800.000 - \theta_1 \geq 0\ ,\ \theta_1 \leq 415.800.000$

$B_2 = (\ -\ \infty\ ,\ 415.800.000\ ]\ ,$

$1.423.800.000 + \theta_1 \geq 0\ ,\ \theta_1 \geq -\ 1.423.800.000$

$B_3 = [\ -\ 1.423.800.000\ ,\ +\ \infty\ )\ ,$

$659.700.000 + 0{,}01\ \theta_1 \geq 0\ ,\ \theta_1 \geq -\ 65.970.000.000$

$B_4 = [\ -\ 65.970.000.000\ ,\ +\ \infty\ )\ ,$

$19.477.800 - 0{,}004\ \theta_1 \geq 0\ ,\ \theta_1 \leq 4.869.450.000$

$B_5 = (- \infty\ ,\ 4.869.450.000\ ]$,

$44.886.406.000 - 5.18\ \theta_1 \geq 0\ ,\ \theta_1 \leq 8.665.329.344$

$B_6 = (- \infty\ ,\ 8.665.329.344\ ]$,

bulunur. Bu aralıkların arakesiti ise;

$$B = \bigcap_{i=1}^{6} B_i = [\ -\ 1.423.800.000,\ 415.800.000\ ]' \text{ dir.}$$

θ_1 değeri bu aralıkta değiştiği sürece çözüm optimal olacaktır.

X_2 temel değişkenin değeri θ_2 kadar artırılırsa;

$$X^* = B^{-1} b = \begin{bmatrix} 1.839.600.000 \\ 415.800.000 \\ 1.839.600.000 \\ 1.423.800.000 \\ + \\ 659.700.000 \\ 19.477.800 \\ 44.886.406.000 \end{bmatrix} \theta_2 \geq 0$$

olacağından,

$1.423.800.000 + \theta_2 \geq 0\ ,\ \theta_2 \geq - 1.423.800.000$

$B = [\ -\ 1.423.800.000,\ +\ \infty\ )$

bulunur. θ_2 değeri de bu aralıkta değiştiği sürece çözümün optimalliği bozulmayacaktır.

X_3 temel değişkeninin değerio θ_3 kadar artırılırsa;

$$X_B^* = B^{-1} \; b = \begin{bmatrix} 1.839.600.000 \\ 415.800.000 - \theta_3 \\ 1.839.600.000 + \theta_3 \\ 1.423.800.000 + \theta_3 \\ 659.700.000 - 0{,}01\,\theta_3 \\ 19.477.800 - 0{,}003\,\theta_3 \\ 44.886.406.000 - 11{,}87\,\theta_3 \end{bmatrix} \geq 0$$

olacağından,

$415.800.000 - \theta_3 \geq 0, \; \theta_3 \leq 415.800.000$

$B_1 = (- \infty, \; 415.800.000 \;],$

$1.839.600.000 + \theta_3 \geq 0, \; \theta_3 \geq - \; 1.839.600.000$

$B_2 = [\; - \; 1.839.600.000, \; + \infty \;),$

$1.423.800.000 + \theta_3 \geq 0, \; \theta_3 \geq - \; 1.423.800.000$

$B_3 = [\; - \; 1.423.800.000, \; + \infty \;),$

$659.700.000 - 0{,}01 \; \theta_3 \geq 0 \; , \; \theta_3 \leq 65.970.000.000$

$B_4 = (\; - \; \infty \; , 65.970.000.000 \;],$

$19.477.800 - 0{,}03 \; \theta_3 \geq 0 \; , \; \theta_3 \leq 649.260.000$

$B_5 = (\; - \; \infty \; , \; 649.260.000 \;],$

$44.886.406.000 - 11{,}87 \; \theta_3 \geq 0, \; \theta_3 \leq 3.781.500.084$

$B_6 = (- \; \infty \; , \; 3.781.500.084]$, olarak bulunur.

Bu aralıkların arakesiti ise;

$$B = \prod_{i=1}^{6} B_i = [\, -1.423.800.000 \;,\; 415.800.000 \,]$$ 'dir.

Dolayısıyla θ_3 değeri bu aralıkta değiştiği sürece çözüm yine optimaldir.

7. ÇOZUM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

İşletmenin 104.779.511.860 TL olarak hesaplanan yıllık kârı üç ünitede üretilen 2.515.642.091 KW' lık net elektrik enerjisine ilişkindir. Probleme doğrusal programlama ile yaklaşıldığında yıllık kâr 125.404.722.140 TL artarak 230.184.234.000 TL' ya çıkmaktadır. Maximum kârın elde edilmesi için birinci ünitede 1.839.600.000 KW, ikinci ünitede 415.800.000 KW ve üçüncü ünitede de 1.839.600.000 KW elektrik üretilmelidir.

Doğrusal programlamanın uygulanmasındaki amaç; daha öncede ifade edildiği gibi optimum üretim programını saptamak ve elde edilen kârı maximum kılmak yani bir başka deyişle maliyetleri minimuma indirgemektir. Burada maliyeti en fazla olan ikinci ünitedir. Eğer optimum üretim programı uygulanması gerekiyorsa, birinci ve üçüncü ünitelerde daha çok elektrik üretilmeli veya ikinci ünitedeki atıl kapasitenin değerlendirilmesi yoluna gidilmelidir.

İşletmenin kurulu gücü kadar elektrik üretmemesi yani tam kapasite ile çalışmaması maliyetleri arttıran önemli bir etkendir. Bu da Türkiye Elektrik Kurumu Genel Müdürlüğü' nün, Türkiye çapında daha planlı bir üretim programı hazırlamasını gerektirir. Ayrıca ünitelerin yıl içinde tam kapasiteye ulaşamamalarının bir nedeni de arızalardır. Ünitelerin bakım ve onarımları daha düzenli yapılırsa arızaların üretim miktarına yansıyan olumsuz etkisi azalacaktır. Bununla birlikte personel rejimindeki düzensizlikler ve istihdam politikasındaki aksaklıklar üretimi azaltıcı faktörlerin başında gelmektedir. Özetle belirtmek gerekirse santralin kurulu gücüne ulaşabilmesi hiç olmazsa daha rantabl çalışabilmesi için aşağıdaki önlemlerin öncelikle alınması bir zorunluluktur.

a) Aşırı istihdam önlenmelidir.

b) Üretim düşüklüğüne neden olan gereksiz arızaların ortadan kaldırılması

için ciddi önlemler alınmalıdır.

c) Elektrik üretim-dağıtım planı yeniden gözden geçirilmelidir.

d) Girdiler (kömür - fuel oil v. b.) daha ekonomik temin edilmeli özellikle fuel oil kullanımı asgariye indirilmelidir.

e) Maliyet artırıcı bir unsur olan kömür çıkarımın (yataklardan kömür çıkarma) da iş gücüne değil mekanizasyona ağırlık verilmelidir.

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada doğrusal programlama ile Yatağan Termik Santrali elektrik enerjisi üretimi planlanmaya çalışılmıştır. Hali hazırda geçmiş yıllara ait ve içinde bulunduğumuz yılın verilerinin bulunmayışı ve elde edilen verilerin muhasebede kaydediliş düzensizlikleri en önemli sorunu teşkil etmiştir. Geliştirilen doğrusal programlama modelinin çözümünden elde edilen sonuçların gerçek hayatla karşılaştırılması yapıldığında iyileştirici olduğu açıktır. Bu modelin tutarlılığı açısından son derece anlamlıdır. Modeldeki değişkenlerin sayıca az olması verilere ulaşmadaki güçlükten kaynaklanmaktadır. Geliştirilen doğrusal programlama modelinin tutarlı oluşu doğrusal programlamanın uygulamada başarılı olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar santralin fizibilitesinde öngörülen üretim miktarlarıyla uyum içindedir.

SUMMARY

It is seen that linear programming is succecfully applied in may production planning problems and a special kind of these problems is the energy models which include planning investment and production of energy sector. Therefore in this paper linear programming were applied for planning the production of Yatağan power-house.

KAYNAKÇA

AKALIN, Sedat.; **Yöneylem Araştırması,** İzmir, Ege Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayını, 1979

COOPER, Leon ve David STEINBERG.; **Methods And Applications of Linear Programing**, Philadelphia, W.B. Saunders Company, 1974

GÜRDOĞAN, Nazif.; **Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama ve Demir**

Çelik Endüstrisinde Bir Uygulama, Ankara, Ankara Üniversitesi Yayını, 1981.

HADLEY, George.; **Linear Programming**, London, Addison Wesley Publishing Co. , 1973.

KARAYALÇIN, İlhami.; **Harekât Araştırması**, İstanbul, Fatih Yayınevi Matbaası, 1979.

TAHA, A.Hamdy.; **Operations Research : An Introduction**, New York, Mac Millan Publishing Co. Inc. , 1976.

TULUNAY, Yılmaz.; **Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları**, İstanbul, İstanbul Üniversitesi Yayın no : 2721, 1980.

PLAN RAPOR VE İSTATİSTİKLER

Devlet İstatistik Enstitüsü, **Türkiye İstatistik Yıllığı 1989**, Ankara, Yayın no :1405, 1990.

Devlet Planlama Teşkilatı, **Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı 1990 - 1994**, Ankara, Yayın no DPT : 2174, 1989.

Türkiye Ticaret Sanayi Deniz Ticaret Odaları ve Ticaret Borsaları Birliği, **İktisadi Rapor 1990**, Ankara, 1990.

Türkiye Elektrik Kurumu, **Yatağan Termik Sanmtrali Tesisleri Broşürü.**

Türkiye Elektrik Kurumu Elektrik Üretim ve İletim Müessesesi Müdürlüğü Termik Grup Müdürlüğü Teknik Büro Servisi, **Yatağan Temik Santrali 1990 Yıllık Çalışma Raporu** (Brifing Dosyası).