

BOZULABİLEN HAMMADDELERİN FABRİKALARA TAŞINMASINDA ÜRETİM PLANLAMASI

Nilgün MORALI⁽¹⁾

Ibrahim GÜNGÖR⁽²⁾

1. GİRİŞ

Yaş meyve ve sebzelerin girdi olarak kullanıldığı fabrikalarda üretim faaliyeti genellikle belirli bir mevsimde yoğunlaşmaktadır. Bu dönemde, oldukça bol olan meyve ve sebzeler işlenmek üzere fabrikalara getirildiğinde hemen işlemeye alınamadığından bir süre bekletilmektedir. Bu durumda, bekleme süresine bağlı olarak hammaddede görülen çürüme, bozulma, buharlaşma, yanma v.b. fiziksel değişimler girdinin verimliliğini azaltmaktadır. Başka bir deyişle, ürün açısından bir kayba ve maliyet artışına neden olmaktadır. Bu kaybın önlenmesi için yararlanılan soğuk hava depolarının ise yine bir maliyeti vardır. Dolayısıyla fabrikaların işleyeceği hammadde miktarlarının belirlenmesi ve hammaddenin kaynaklardan fabrikalara nasıl dağıtılacağı önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

Böyle bir sorunun çözümünde, bir doğrusal programlama modelinden yararlanılabilir. Ancak, aynı sorunu ifade etmek için doğrusal programlama modellerinin özel bir biçimi olan ulaştırma modeli kullanılabilirse, ulaştırma modellerinin üstünlükleri gereği uygulamada önemli kolaylıklar sağlanmış olur (Winston,s.335) . Buna dayanarak yürütülen bu çalışmada, problemin bir ulaştırma modeliyle ifadesine dayanan yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Elde edilen model, makalenin ikinci bölümünde sunulmuştur. Üçüncü bölümde ise, beş gülyacağı fabrikası ve 61 gülçiçeği depolama merke-

(1) Doç.Dr., Dokuz Eylül Üniv., İktisadi ve İdari Bilimler Fak.,Buca,İzmir.

(2) Araş.Gör., Dokuz Eylül Üniv., Manisa İktisadi ve İdari Bilimler Fak.,Manisa.

zi olan Gülbirlik İşletmelerinin fabrikalara tahsis edilecek gülçiçeği miktarlarını belirlemede karşılaştığı sorunların çözümü amacıyla bu modelin kullanımına ilişkin bir uygulamaya yer verilmiştir.

2. PROBLEMİN TANIMI VE MATEMATİKSEL FORMÜLASYONU

Bir işletmeye ait n tane fabrikada işlenmek üzere ham ya da yarı mamül maddeleri sağlayan m tane girdi kaynağı bulunsun. Bu girdinin belirli bir sürede işlenmemesi durumunda, zamana bağlı olarak artan oranda bozulduğunu ve değer kaybına uğradığını varsayalım.

Bu tür girdileri işleyen fabrikalarda üretim işlevi genellikle partiler halinde gerçekleştirilmektedir ve bir parti hammaddenin alınması, çeşitli işlemlerden geçirilerek ürünün elde edilmesine bir devir adı verilmektedir. Bir devirlik çalışma süresi içinde işlenen hammadde miktarına da fabrikanın bir devirlik işleme kapasitesi denmektedir. Üretim sürecinin aynen tekrarlandığı gün, hafta, ay gibi belirli bir süreye de dönem adı verilmektedir. Buna göre,

R_j : j . fabrikanın bir dönemde yapabileceği devir sayısı $j=1,2,\dots,n$

D_{jk} : j . fabrikanın k . devirde işleme kapasitesi $j=1,2,\dots,n$ $k=1,2,\dots,R_j$
(Genellikle $D_{j1}=D_{j2}=\dots=D_{jR_j}$ şeklindedir.)

olsun. j . fabrikanın bir dönemlik işleme kapasitesi D_{jk} 'lara bağlı olarak $K_j=D_{j1}+D_{j2}+\dots+D_{jR_j}$ ile ifade edilir.

Girdi kaynaklarına ilişkin veriler, $i=1,2,\dots,m$ olmak üzere i . kaynağın bir dönemlik kapasitesi, S_i ile gösterilsin.

Maliyetlerle ilgili veriler iki grupta toplanmaktadır. Birincisi, taşıma maliyetleri, i . kaynaktan j .fabrikaya birim ulaştırma maliyeti A_{ij} olsun ($i=1,2,\dots,m$ $j=1,2,\dots,n$). İkincisi, hammaddenin işleme girmeden önce bekleme süresine bağlı olarak verimliliğinin azalmasıyla ortaya çıkan maliyet Y_{jk}

olsun. Şöyle ki, t_{jk} j. fabrikada k. devirde işlenecek hammaddenin işleme girmeye kadar bekleme süresi ve $Y_{jk}=f(t_{jk})$, bu hammaddenin birimi başına düşen değer kaybı olsun. Bu durumda,

C_{ijk} : i.kaynaktan j. fabrikaya k. devirde işlenmek üzere gönderilen hammaddenin birim başına toplam maliyeti,

$$C_{ijk} = A_{ij} + Y_{jk} \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad k=1,2,\dots,R_j$$

olur. Dolayısıyla, toplam maliyetin minimizasyonu amacıyla kurulacak karar modelinde karar değişkenleri,

x_{ijk} : i.kaynaktan j. fabrikaya k. devirde işlenmek üzere gönderilen hammadde miktarı $i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad k=1,2,\dots,R_j$

olarak tanımlanır. Buna dayanarak problem,

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{R_j} C_{ijk} x_{ijk} \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{R_j} x_{ijk} = S_i \quad i=1,2,\dots,m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ijk} = D_{jk} \quad j=1,2,\dots,n \quad k=1,2,\dots,R_j \quad (3)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad k=1,2,\dots,R_j \quad (4)$$

şeklinde bir ulaştırma modeliyle ifade edilir. Bu model, kaynaklardan sağlanan toplam girdinin fabrikaların toplam kapasitesine eşit olduğu durumu göstermekte ve m tane arz merkezi, $\sum_{j=1}^n R_j$ tane talep merkezi olan standart bir dengeli ulaştırma modeline karşılık gelmektedir.

(1)-(4) ile kurulan modelde, tarıma dayalı ürünlerin girdi olarak kullanılması dikkate alındığına göre, kaynak kapasitelerinin her dönem için farklılık göstermesi beklenmektedir. Dolayısıyla, optimal planlama için her dönem başında modeldeki S_i parametrelerinin değerlerinin yenilenmesi ve tekrar çözülmesi gerekmektedir. Toplam girdinin yetersiz olduğu durumlarda bir kukla kaynağın eklenmesi ya da fabrika kapasitelerinin yetersiz kaldığı durumlarda bir kukla fabrikanın eklenmesi bu modeli her zaman geçerli kılacaktır.

3. GÜLBİRLİĞİN GÜLYAĞI ÜRETİM SİSTEMİNDE MODELİN UYGULANMASI

Isparta, Burdur ve Afyon il sınırları içinde yetiştirilen gülçiçekleri hergün sabah Gülbirliğe ait 61 alım merkezinde çiftçilerden toplanıp depolanmakta ve en kısa zamanda işlenmek üzere bu merkezlerden gülyağı fabrikalarına iletilmektedir. Gülçiçekleri her sabah yeniden alım merkezlerinde toplandığı için, hergün yeni bir dönem sayılmaktadır ve 61 arz merkezinin kapasiteleri her dönemde değişmektedir. Dolayısıyla ulaştırma ve bozulmadan doğan kayıp maliyetlerinin minimizasyonu amaçlandığında fabrikalarda işlenecek gülçiçeği miktarları ve taşıma planı her sabah yeni verilere göre yeniden düzenlenmelidir.

Bu uygulama 20.5.1989 verileri dikkate alınarak yapılmıştır. Gülbirliğe ait 5 gülyağı fabrikasının günlük gülçiçeği işleme kapasiteleri, devir sayısı ve bir devirlik kapasiteleri kilogram olarak Çizelge 1.'de sunulmaktadır.

Çizelge 1. Gülyağı Fabrikalarının Kapasiteleri (1989)

FABRİKALAR (j)	GÜNLÜK DEVİR SAYISI R_j	BİR DEVİRLİK KAPASİTE (kg.) D_{jk}	GÜNLÜK KAPASİTE (kg.) $K_j = \sum_k D_{jk}$
1. Aliköy	10	1300	13 000
2. Yakaören	18	8000	144 000
3. Kılıç	18	4000	72 000
4. İslamköy	18	4500	81 000
5. Güneykent	18	2800	50 400
TOPLAM			360 400

Bu fabrikalardan yalnızca 1. fabrikada katı gülyağı (gül koncreti) üretilmekte, diğer fabrikalarda ise ince gülyağı üretilmektedir. Çizelge 1. incelendiğinde kurulacak ulaştırma modelinde 82 talep merkezinin yer alması gerektiği anlaşılır. Ancak, koparılan gülçiçeklerinde ilk dört saatte gülyağı kaybı olmadığından (Nikolov, 1975), ince gülyağı üreten fabrikaların ilk üç devirlik kapasitesi toplam olarak yalnız bir talep merkeziymiş gibi dikkate

alınabilecektir. Çünkü, bir saat 20 dakikada bir devir yapan bu fabrikalar dört saatte üç devir çalışabilmektedir. Buna göre modelde yer alacak talep merkezi sayısı, $82-(3 \times 4)+4=74$ olacaktır.

Gülbirliğin 1989'daki ihracat bağlantılarına göre katı gülyağı fabrikasının sezon boyunca tam kapasitede çalışması planlanmıştır. Kurulacak modelin çözümünde buna uygun bir plan elde edilebilmesi için 1. fabrikanın talebine ilişkin atıl kapasitenin sıfır olması gerekmektedir. Bunu sağlamak için kukla arz merkezinden 1. fabrikaya gönderme maliyeti M gibi büyük bir sayı olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu fabrikanın yağ kaybı dikkate alınmadan tam kapasiteyle çalışması sağlanacağına göre 10 devirlik kapasitesinin yalnız bir talep merkezi olarak dikkate alınmasında optimum plan açısından bir sakınca olmayacaktır. Bu son duruma göre modelde yer alacak talep merkezi sayısı $74-10+1=65$ olacaktır. Çizelge 1,deki verilere ve yukarıdaki açıklamalara göre, bu merkezlerin modelde yer alacak talep kapasiteleri aşağıdaki gibi olacaktır:

$$D_{1,1} = 13\ 000$$

$$D_{2,1} = 3(8\ 000) = 24\ 000 \quad D_{2,k} = 8\ 000 \quad k = 2,3,\dots,16$$

$$D_{3,1} = 3(4\ 000) = 12\ 000 \quad D_{3,k} = 4\ 000 \quad k = 2,3,\dots,16$$

$$D_{4,1} = 3(4\ 500) = 13\ 500 \quad D_{4,k} = 4\ 500 \quad k = 2,3,\dots,16$$

$$D_{5,1} = 3(2\ 800) = 8\ 400 \quad D_{5,k} = 2\ 800 \quad k = 2,3,\dots,16$$

Bu verilere göre hazırlanacak ulaştırma modeli aşağıdaki gibi ifade edilir ($i=62$ kukla arz merkezini ifade etmektedir.) :

$$\min Z = \sum_{i=1}^{62} \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^{R_j} C_{ijk} x_{ijk} \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^{R_j} x_{ijk} = S_i \quad i=1,2,\dots,62 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{62} x_{ijk} = D_{jk} \quad j=1,2,\dots,5 \quad k=1,2,\dots,R_j \quad (7)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad i=1,2,\dots,62 \quad j=1,2,\dots,5 \quad k=1,2,\dots,R_j \quad (8)$$

$$R_1 = 1 \quad R_2=R_3=R_4=R_5=16$$

Gülçiçeğinin bekleme süresine bağlı olarak elde edilen gülyağı miktarı değişmektedir. Nikolov'un ve Okan'ın araştırmaları esas alınarak her devirde işlenecek gülçiçeğinde zamana bağlı olarak ortaya çıkan gülyağı kayıp oranının $v = -0,02873 + 0,00916346t$ şeklinde bir fonksiyonla ifade edilebileceği bulunmuştur (t:saat, v:kayıp oranı). Gülbirlik kayıtlarına göre bir kilogram gülçiçeğinden 0,297 gram gülyağı elde edilmektedir. Dolayısıyla, gülyağının değeri P TL/gram ise, bir kilogram gülçiçeğinden 0,297P TL gelir sağlanır. j. fabrikada k. devirde işlenecek gülçiçeği t_{jk} saat bekletildikten sonra işleme gireceğinden, bir kilogram gülçiçeğinde ortaya çıkan parasal kayıp $Y_{jk} = (0,297P)(-0,02873 + 0,00916346t_{jk})$ ile hesaplanmıştır. 1989 yılı verilerine göre $P = 5500$ TL alınarak $Y_{jk} = 1633,5(-0,02873 + 0,00916346t_{jk})$ formülü uygulanmıştır.

Gülçiçeği alım merkezlerinden fabrikalara ulaştırma maliyetleri (A_{jk}) ise, 1989 yılı gülçiçeği sezonundaki benzin fiyatları ve aradaki uzaklıklar esas alınarak belirlenmiştir.(Güngör,1990)

(5)-(8) modelindeki maliyet parametreleri $C_{ijk} = A_{ij} + Y_{jk}$ formülüne göre hesaplanmıştır. Örneğin 4. depodan 4. fabrikanın 8. devirinde işlenmek üzere gönderilecek bir kilogram gülçiçeği için modelde yer alan maliyet

$$\begin{aligned}
 C_{4,4,8} &= A_{4,4} + Y_{4,8} \\
 &= 25,16 + 1633,5(-0,02873 + 0,00916346(8)(1,333)) \\
 &= 25,16 + 112,73 \\
 &= 137,89 \text{ TL}
 \end{aligned}$$

olur.

Böylece elde edilen ulaştırma modelinin 20.5.1989 günü alım merkezlerinde toplanan gülçiçeği miktarlarına göre elde edilen optimum çözüm Çizelge 2.de sunulmuştur. Bu plana göre toplam maliyet, $Z = 32\ 287\ 386$ TL bulunmuştur. Bunun 2 358 628 TL'si taşıma maliyeti, 29 928 758 TL'si yağ kaybı maliyetidir.

Çizelge 2. Optimum Çözüm $x_{ij} = \sum_{k=1}^{R_j} x_{ijk}$

$x_{1,2}=4581$	$x_{12,3}=1730$	$x_{25,4}=2213$	$x_{38,2}=2803$	$x_{51,2}=5416$
$x_{2,1}=1670$	$x_{13,5}=7866$	$x_{26,4}=2174$	$x_{39,4}=5827$	$x_{52,2}=6167$
$x_{2,2}=7650$	$x_{14,3}=876$	$x_{27,4}=551$	$x_{40,2}=2782$	$x_{53,5}=20301$
$x_{3,2}=1629$	$x_{15,3}=2384$	$x_{28,4}=1450$	$x_{41,2}=2810$	$x_{54,3}=15386$
$x_{3,3}=314$	$x_{16,3}=404$	$x_{29,4}=2002$	$x_{42,2}=1740$	$x_{55,3}=5063$
$x_{4,2}=2984$	$x_{17,3}=1529$	$x_{30,4}=6364$	$x_{43,2}=10361$	$x_{56,3}=5956$
$x_{5,2}=1753$	$x_{18,3}=2922$	$x_{31,4}=1094$	$x_{44,4}=17288$	$x_{57,3}=1359$
$x_{6,2}=18903$	$x_{19,5}=3405$	$x_{32,4}=9266$	$x_{45,1}=3908$	$x_{57,5}=815$
$x_{7,2}=3642$	$x_{20,3}=2538$	$x_{33,5}=3074$	$x_{46,2}=8151$	$x_{58,3}=5066$
$x_{8,2}=6560$	$x_{21,3}=889$	$x_{34,5}=1274$	$x_{47,2}=15911$	$x_{59,4}=1861$
$x_{9,2}=1715$	$x_{22,3}=1111$	$x_{35,5}=6901$	$x_{48,1}=2359$	$x_{60,4}=9669$
$x_{10,2}=3432$	$x_{23,3}=1490$	$x_{36,4}=1188$	$x_{49,1}=5063$	$x_{61,4}=9088$
$x_{11,3}=14983$	$x_{24,5}=1164$	$x_{37,2}=9597$	$x_{50,2}=1840$	$x_{kukla,2}=23573$
				$x_{kukla,3}=8000$
				$x_{kukla,4}=10965$
				$x_{kukla,5}=5600$

20.5.1989 günü toplanan toplam 312 262 kilogram gülçiçeğinin, optimum plana göre ve Gülbirliğin aynı gün için uyguladığı plana göre fabrikalara gönderilen miktarlar Çizelge 3.'de verilmiştir. Gülbirliğin uyguladığı bu plana göre toplam maliyet $Z=38\ 164\ 999$ TL olarak hesaplanmıştır. Bunun 2 409 385 TL'si taşıma maliyeti, 35 755 609 TL'si ise yağ kaybı maliyetidir. Görüldüğü gibi optimum plan, Gülbirliğin uyguladığı plana göre 5 877 613 TL daha az maliyetle gerçekleşecektir. Her yıl Mayıs, Haziran ve

Çizelge 3. 20.5.1989 Günü Fabrikalara Gönderilen Gülçiçeği Miktarları

FABRİKALAR	OPTİMUM Plana Göre (kg)	UYGULANAN Plana Göre (kg)
1. Aliköy	13 000	3 908
2. Yakaören	120 427	151 206
3. Kılıç	64 000	58 677
4. İslamköy	70 035	58 050
5. Güneykent	44 800	40 421

Temmuz aylarında 70-80 gün devam eden gülçiçeği sezonu içinde yalnız bir gün için ve 1989 yılı fiyatlarıyla hesaplanan bu değer oldukça önemli olduğu ortadadır.

İ.Güngör'ün "Isparta Bölgesinde Gülbirlik'çe Üretimi Yapılan Gülyağının Üretim Sorunları ve Gülçiçeği Taşıma Maliyetlerinin Minimizasyonu" konulu yüksek lisans tezinde bu çalışmada incelenen sorun farklı bir yaklaşımla ele alınmıştır. Bu çalışmayla elde edilen optimum plan İ.Güngör'ün çalışmasında hesaplanandan 20 449 TL daha düşük maliyet gerektirmektedir. Ayrıca, burada ortaya konan model yağ kaybı maliyetini parasal olarak görme olanağını da sağlamaktadır.

4. SONUÇ

Bekleme zamanına bağlı olarak değer kaybına uğrayan hammadde-lerin kaynaklardan fabrikalara taşınma maliyetleriyle birlikte beklemeden doğan değer kaybının da minimizasyonunun amaçlandığı bu çalışmada, sorunun standart bir ulaştırma modeliyle ifadesine dayanan yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Model, Gülbirlik'teki üretim sisteminde gülçiçeklerinin gülyağı fabrikalarına dağıtım sorununa uygulanmıştır. Sonuçta elde edilen optimum planın uygulanmasıyla maliyetlerin önemli ölçüde düşürülebileceği gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Nikolov, N., *Bulgar Gulyağı ve Diğer Esans Yağları*, Sofya Pharmachin Trust Araştırma Enstitüsü Yayınları, Sofya, 1975.
- Okan, K., *Isparta'da Gül ve Gülyağı*, Isparta Öğretmenler Derneği Yayınları, Altıntuğ Matb., Isparta, 1962.
- Güngör, İ., "Isparta Bölgesinde Gülbirlik'çe Üretimi Yapılan Gülyağının Üretim Sorunları ve Gülçiçeği Taşıma Maliyetlerinin Minimizasyonu", Yayınlanmamış Yüksek Lisans tezi, DEÜ Sosyal Bilim Enst., 1990.
- Winston, W.L., *Operations Research: Applications and Algorithms*, 2nd Ed., PWS-Kent Pub. Co., Boston, 1991.