

RASYON HAZIRLAMADA TEMEL YEM MİKTARLARININ EKONOMİK OLARAK BELİRLENMESİ İÇİN ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI

Bahadır GÜLSÜN¹ (ORCID: 0000-0003-2660-8041)
Pınar MİÇ² (ORCID: 0000-0002-9655-0319)*

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

Geliş / Received: 01.11.2017
Kabul / Accepted: 24.04.2017

ÖZ

Hayvancılık işletmelerinde amaç, diğer işletmelerde olduğu gibi kâr elde etmektir; ancak bunu yaparken hayvan beslemenin çok ciddi bir iş olduğu göz ardı edilmemelidir. Zirâ hayvanların tam ve doğru beslenmeleri gerekmektedir. Bu da ancak doğru bir besleme programı ve rasyonla olur. Hayvanların verimlerinin artırılması için en düşük maliyetli yemle en fazla ürün elde etmek ve hayvanları dengeli rasyonlarla beslemek gerekir. En düşük maliyetle rasyon hazırlama problemi ise hedef programlama problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmada, rasyon hazırlama problemi çok amaçlı karışık tamsayı doğrusal programlama problemi olarak ele alınmıştır; yem ihtiyacı için belirli bir sermaye miktarını aşmadan, belirli bir hayvan sayısı ve günlük süt üretim miktarının altına düşmeden, bazı kısıtlar altında en tatminkâr yem karmasını bulmak amaçlanmıştır. Problemin matematiksel modeli kurulmuş ve çözümünde WinQsb 2.0 paket programı kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Rasyon optimizasyonu, Hedef programlama, Yem maliyeti, Süt üretimi, Hayvan besleme

GOAL PROGRAMMING APPROACH FOR ECONOMICALLY DETERMINING BASIC FEED QUANTITIES IN PREPARATION OF RATION

ABSTRACT

The aim at livestock industries is to make profit, as at other industries; but animal nutrition is a very important business and this point should not been ignored while implementing that. Likewise animals must be fed completely and properly. This hardly takes place with an accurate feed formulation and ration. For increasing animal's efficiency, getting the maximum product with least-cost feed and feeding animals with balanced rations are required. Preparing a balanced ration with minimum cost problem appears to be a goal programming problem. In this paper, the least-cost ration preparation problem is discussed as multi-objective mixed integer linear programming problem; thus it aims to determine the optimum animal number at a specific investment range by meeting a specific demand, preparing the least-cost ration in order to feed these animals and determining the required acreage and feed storage capacities to product some feeds within the firm. Mathematical model of the problem is formulated within the study and WinQsb 2.0 packaged software is utilized for solution.

Keywords: Ration optimization, Goal programming, Feed cost, Milk production, Animal nutrition

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 322 338 60 84 / 2074 / 115 ; e-mail / e-posta: pmic@cu.edu.tr

1.GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusunun beslenme probleminin çözülebilmesi için bitkisel ürünlerden ziyade hayvansal ürünlere ihtiyaç vardır ve ekonomik yönden durumu ne olursa olsun hemen hemen bütün ülkelerde hayvan beslemek için bir zorunluluk bulunmaktadır [1]. Hayvancılık, bugün, gelişmiş ülkelerde bir endüstri haline gelmiş, ekonominin ayrılmaz bir parçası olmuştur. Bu durum, tarımın ve dolayısıyla hayvancılığın ulusal düzeyde geliştirilmesi gereken stratejik bir sektör olduğunu ortaya koymaktadır [2].

Bununla birlikte, çoğu ülkede nüfusun önemli bir bölümünün temel uğraş alanını tarım oluşturmaktadır. Tarım içerisinde ise hayvancılığın ne denli büyük bir ağırlığa sahip olduğu bilinen bir gerçektir. Bilinen bir başka gerçek ise hayvansal verimliliğin düşüklüğüdür. Hayvansal üretimdeki verimliliğin istenilen düzeyde olmaktan bu denli uzak oluşunun nedenlerinin önemli bir kısmı ise öncelikle bilgisizlikten ve buna bağlı olarak beslenme yetersizliğinden kaynaklanmaktadır [3].

Hayvanların beslenecekleri gıda; hayvanların büyümeleri, çoğalmaları ve sağlıkları için hayati fizyolojik fonksiyonlarını sürdürmeleri amacıyla tüm gerekli bileşenleri ve enerjiyi sağlamalıdır. Ayrıca, gıdanın sindirimini olabildiği kadar kolay olması ve çevreye olumsuz etkilerinin de mümkün olduğu kadar az olması gerekmektedir [4]. Bu nedenlerle, üretimin belirli bir aşamasında hayvanın gereksinimlerini karşılamak için, gıdayı etkili bir şekilde formüle etmek çok önemlidir. Hayvan tarafından günlük alınan gıda “rasyon” olarak isimlendirilir. Rasyon, farklı metabolizma aşamalarındaki hayvanlara yeterli miktarda enerji ve besin sağlamak açısından etkili bir biçimde farklı besin bileşenlerini birleştirme ile yakından ilgilenir ve hayvansal ürün sanayilerinin temel ihtiyaçlarından biridir. Rasyon hazırlamak, gıda bileşeni besin maddelerinin bir kombinasyonunun seçilmesi ve hayvanın belirtilen gereksinimlerinin yeteri kadar karşılanması zorunluluğundan dolayı zor bir iştir. Yeterli rasyon formülasyonunun ana amacı, hayvan türlerinin belirli besin seviyesini en az maliyetle başarmaktır [5]. İşletmeler için ise, hazırlanan yem rasyonlarının maliyeti, rasyonun hayvan için yeterli olması kadar önemli bir husustur.

Yem maliyetleri, hayvansal üretimdeki toplam maliyetlerin %50-80’ini oluşturmaktadır. Domuzların üretiminde yem maliyetleri %75-85’e [6] ulaşmakta, kümes hayvanlarının üretiminde maliyetlerin %60’dan fazlasına yol açmakta ve süt üretimi yem maliyetlerinde ise en fazla masrafa yol açmaktadırlar [7]. Ancak hayvanlar rasyonel bir beslenmeye tabi tutulmuyorsa bu oran daha da büyüyerek ürünün maliyetini yükseltebilir. Bunun yanında besin maddelerinin ve enerjinin hangi yemden daha ucuza sağlanacağını bilmek de hayvancılık ekonomisini etkileyen faktörlerden biridir. Bu nedenle, yem maliyetlerini azaltan prosedürlerin hayvan tarımındaki net gelirleri arttırması muhtemeldir. Rasyon formülasyonu da, yemin maliyetini azaltmak için kullanılabilecek alanlardan birisidir [8].

1878’de Atwater ekonomik yemlemenin temel prensiplerini son derece güzel bir şekilde ifade etmiştir: “Sürülerin doğru beslenmesi onlara ne kadar ot ya da ne kadar tahıl verildiği ile değil, bunların ne kadar su, nişasta, glüten vb. kapsadığı ile ilgilidir.” [9]. Bu değerlendirme yaklaşık 140 yıl önce yapılmıştır ve günümüzün modern hayvancılığı için de geçerlidir. Bu noktada karşımıza hayvanların verimlerine uygun bir şekilde hazırlanmış rasyon ile beslenmeleri çıkmaktadır. Bilinçli yapılacak bir beslemeyle yüksek verimlilik garanti edilebileceği gibi en ekonomik ürün elde etme ortamı da yaratılır. Eğer rasyon formülasyonu iyi yapılmazsa, karmaya giren yem hammaddelerinde bulunan besin maddelerinden gereği gibi yararlanılamaz. Çünkü dengesiz bir besin maddeleri kompozisyonu bunlardan bazılarının değerlendirilmeden dışarı atılmasına neden olur [10].

Rasyonları formüle etme ve dengeleme için kullanılan bazı yöntemler mevcuttur. Bunlardan bazıları; Pearson Kare Yöntemi (Rasyon hazırlarken, bir besin maddesi açısından belli bir düzeyin elde edilmesi için kullanılan, gereksinim duyulan düzeye göre biri yüksek diğeri düşük olmak üzere seçilen iki yemin kısım itibarıyla karşılaştırılması tekniği), eşanlı denklemler (Tek yönlü nedenselliğin söz konusu olduğu tek denklemlerle, birden fazla denklemin yer aldığı ve nedenselliğin tek yönlü olmadığı denklem sistemleri kullanılır ve bunlar eşanlı denklem sistemi veya eşanlı denklem modelleri olarak adlandırılır), deneme yanılma yöntemi, doğrusal programlama ve hedef programlamadır. Bu çalışmada rasyon hazırlama problemi hedef programlama problemi olarak ele alınmıştır.

Rehman ve Romero [11] çalışmalarında, besin maddelerinin minimum seviyelerinin daha esnek ve gerçekçi olmasını sağlamak için besi hayvanı besin formülasyonu problemini ceza işlevlerinin de dâhil edildiği bir hedef programlama olarak formüle etmişlerdir. Doğan ve ark. [1] çalışmalarında, çok değişik alanlarda kullanılabilen hedef programlama metodunu rasyonel hayvan beslemede kullanmışlardır. Zgajnar ve ark. [12] çalışmalarında, günlük süt sığırtı rasyonunun optimizasyonu için ceza işlevinin dâhil olduğu doğrusal ve ağırlıklı hedef programlamanın kombinasyonunu ele almışlardır. Rundengan [13], Endonezya’da bir vaka çalışması yaptığı çalışmada hedef programlamayı kullanarak entegre çiftçilik sistemlerinin optimizasyonunu ele almıştır. Güler ve ark. [14] çalışmalarında, Türkiye’nin İzmir ilinde bir yem üretim şirketinin optimum tesis yerleşimi problemini hedef programlama ile incelemişlerdir. Rohaeni ve ark. [15] çalışmalarında, sürdürülebilir mahsul ve

RASYON HAZIRLAMADA TEMEL YEM MİKTARLARININ EKONOMİK OLARAK BELİRLENMESİ İÇİN ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI

sığır entegrasyonunun optimizasyonu için hedef programlama yaklaşımının bir analizini kullanmışlardır. Heidari ve ark. [16] çalışmalarında kaynakların yönetimi ve kırsal kalkınma planlanması için 2013 yılında Hezarjarib bölgesindeki orman köylülerinin çeşitli aktivitelerindeki optimum paternleri belirlemek için doğrusal ve hedef programlama kullanmışlardır.

Bahsedilen yem girdi maliyetlerinin azaltılması sadece ekonomik besleme açısından değil, işletme kârının maksimum düzeye ulaştırılabilmesi açısından da oldukça önemlidir. Klasik yöntemlerle yemlerin hazırlanması konusu, hem beslenme normlarının yerine getirilmesinde hem de ucuz yem hazırlanmasında zorluklar taşımaktadır. Bu yüzden daha karmaşık ama etkili matematiksel modellere ihtiyaç duyulmaktadır.

2. BİLİMSEL HAYVAN BESİCİLİĞİ VE BESİN MADDELERİ

Birçok çalışma ve kaynak; hayvan beslemenin hayvancılıkla uğraşanların önemli sorunlarından biri olduğunu, hayvanların sağlıklı olabilmeleri için yeterli ve dengeli beslenmeleri gerektiğini, özellikle yeterli ve dengeli beslenme konusunda gerekli besin öğelerinin daha ucuz besinlerden sağlanmasının hayvancılıkta önemli bir yer tuttuğunu; hayvanların yaşaması, büyümesi ve verimli olabilmesi için tükettikleri yemlerin belirli bir besin madde içeriklerinin olması gerektiğini, aksi halde ucuz yemin daha ekonomik bir üretim değil daha pahalı bir üretime neden olabileceğini, hayvancılıkta işletme giderlerinin %60-70'den fazla kısmının yem giderlerinin oluşturduğunu belirtmektedir [1, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

Günlük bir süt üretim işletmesinde hayvanları beslemek için satın alınacak veya üretilecek gıda bileşeninin miktarı, hem bileşenin elde bulunması hem de göreceli ekonomik değeri tarafından saptanır. Göreceli ekonomik değer, sadece fiyata ve besinin içeriğine dayalı değildir; aynı zamanda verilecek gıdanın tipine, sınırlamalara veya sınırlara da bağlıdır.

Bu nedenle, bir süt üretim işletmesinin ekonomik amacı hayvan başına optimum süt çıktısını elde etmeye dayanır. Her hayvanın elde edeceği pratikteki laktasyon aralığı dâhilinde, satılan veya çıktı olarak alınan sütün değeri ve girdilerin maliyeti arasındaki farkı optimize etmek için ineğe ayrılacak gıda bileşenleri (girdi) için bir seviye mevcuttur. Bunun meydana geldiği durum, mutlaka ineğin maksimum genetik potansiyelinde üretim yaptığı nokta ile kesişmez. Optimum besleme seviyesi, hem girdilerin maliyetine hem de üretilen çıktının fiyatına duyarlıdır. Ayrıca, hedef programlama yöntemi de, sağmal inekler için en az maliyet formülasyonlarını üretmek amacı ile kullanılan bir araçtır ve beslenme uzmanının ve üreticinin beslenme stratejisi ile ilgili kararları almasını kolaylaştırır [25].

2.1. Yemler

Süt ineklerinin besin madde ihtiyaçlarını karşılayabilmek için temel olarak kaba ve kesif yem olmak üzere iki çeşit yem kullanılmaktadır.

2.1.1. Kaba yemler

Kaba yemler, selüloz (odunsu maddeler) yani dolgu maddesi bakımından zengin yemlerdir ve hayvanın sağlığı ve sindirim düzeni için mutlaka gereklidir. Özellikle yüksek verimli ineklerin beslenmesinde kaliteli kaba yemlerin kullanılması, dengeli ve ekonomik beslemenin birinci şartıdır. Süt ineklerine verilecek günlük toplam yemin yarısı kaba yemlerden karşılanmalıdır. Bu; hayvanın sağlığı, sindirim faaliyetlerinin düzenli olması ve istenilen süt yağının ile süt veriminin sağlanabilmesi için mutlaka gereklidir. Çünkü süt ineklerinin beslenmesinde saman ve düşük kaliteli kuru otlar gibi zayıf kaba yemler kullanıldığında hayvanın ihtiyaçları karşılanamaz ve süt verimi düşer. Hayvanın gereksinimlerini karşılamak üzere günlük kaba yem oranı düşürülüp, fabrika süt yemleri gibi yemlerin miktarının artırılması durumunda ise süt yağı düşer, asidoz ve ayak hastalıkları gibi birçok metabolik hastalık ortaya çıkar. Ayrıca, daha fazla kesif yem kullanılması gerektiğinden dolayı besleme programı ekonomikliğini kaybeder. Kaba yem kalitesi ne kadar artarsa kesif yem ihtiyacı ve maliyeti de o kadar azalmaktadır.

Kaba yemin rasyondaki oranı veya günlük kaba yem tüketimi hayvanın verim devresine göre değişmektedir [23]. Laktasyonun başında, süt veriminin yüksek olduğu dönemlerde rasyonda Kaba yem/Kesif yem oranı 40/60, diğer devrelerde ise 50/50'dir. Hatta süt verimi düşük ineklerde bu oran 60/40 bile olabilir. Kurudaki ineklerde, kısır ineklerde ve düvelerde rasyonun kaba yem oranı % 80-90 olabilir, eğer kaba yem kaliteli ise bu oran % 100'e kadar çıkarılabilir; ancak buna tuz, mineral ve vitamin ilave edilmelidir. Yeşil yemler, kuru otlar, hasıllar, silajlar, hasat artıkları ve sanayi yan ürünleri; süt ineklerine verilen kaba yemlerdir [19]. Bir ineğin günde

B. GÜLSÜN, P. MİÇ

tüketeceği kaba yem miktarı canlı ağırlığının % 2.5 ila 4.5'u kadardır [26] ve kaba yemsiz sığırcılık mümkün değildir.

Süt ineklerinin günlük olarak yaşama payı için kuru kaba yeme ihtiyaçları bulunmaktadır. Buğdaygil, baklagil kuru otları ve saman ise kuru kaba yemlerdir. Kuru kaba yemler araba motorundaki yağ gibidir. Motor nasıl yağsız çalıştığında çeşitli problemler ile karşılaşılırsa, aynı şekilde kuru kaba yemden yoksun beslenen bir hayvanda da çeşitli sindirim bozuklukları (asidoz, kabızlık veya ishal, bağırsak tıkanmaları) ve buna bağlı bazı hastalıklar (laminitis yani eklemelerin şişmesi, ayağın ökçe kısmının üstünün şişmesi ve topallama) oluşmaktadır [27]. Kaba yemi az, kesif yemi çok olan rasyonlar; sığırları, mide ekşimesi (yem vurması) ya da asidoz dediğimiz hastalıkla karşı karşıya getirmektedir [28]. Kaba yemler aşağıda listelenmiştir:

1. Çayır-Mera Otları,
2. Kuru Otlar,
3. Samanlar,
4. Harman ve Hasat Artıkları,
5. Silajlar,
6. Kimyasal-Biyolojik Ürünler.

2.1.2. Kesif yemler

Kesif yemler (konsantre yemler); enerji ve protein içeriği bakımından zengin, lif içeriği bakımından ise fakir olan yemlerdir. Fabrikalarda hazırlanmış tescilli süt yemleri, işletmelerde hazırlanan karma süt yemleri ile enerji ve protein içeriği yüksek kesif yem maddeleri bu gruba girmektedir [29]. Dolgu maddesi (selüloz) bakımından fakir olmakla birlikte, kolay sindirilen besin maddeleri içeren yemlerdir. Kesif yemler; gerek süt hayvanı, gerekse besi hayvanının beslenmesinde kaba yemle birlikte kullanılan, protein ve enerji bakımından zengin yemlerdir. Kesif yemler işletmelerde uygun rasyon hazırlanarak üretilebildiği gibi dışarıdan satın alınarak da temin edilebilir [23]. Besiye hazırlık döneminde %70 kaba yem %30 kesif yem verilebilir [30]. Kesif yemler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

1. Tescilli Karma Yemler (Fabrika Yemleri)
2. Enerji Ağırlıklı Yemler
 - 2.1. Hububat Daneleri; buğday, arpa, mısır, yulaf, çavdar, sorgum.
 - 2.2. Değirmen Artıkları; razmol, kepek, elek altı kırık buğday.
 - 2.3. Gıda Sanayi Yan Ürünleri; melas, pancar posası, patates posası.
3. Protein Ağırlıklı Yemler
 - 3.1. Küspeler,
 - 3.2. Yemlik Üre,
 - 3.3. Tavuk Gübresi.

2.2. Süt İneklerinin Besin Madde İhtiyaçları

Süt ineklerinin besin madde ihtiyaçları; enerji, protein, lif, mineral ve vitamin olmak üzere beş grup altında toplanmaktadır. Bir ineğin günlük alması gereken bütün besin maddelerini, hayvanın bir günde tüketebileceği miktarda kuru madde ile sağlayan ve değişik yemlerden oluşan bir günlük istihkakı belirlemeye "rasyon hazırlama" denir. Süt ineklerinin günlük tüketebilecekleri kuru madde miktarları canlı ağırlıklarına ve süt verimlerine göre değişmektedir [31].

2.2.1. Kuru madde tüketimi

Kuru madde; yem maddelerinin %100 susuz kısmını ifade eder. Rasyon düzenlenmesinde çok önemli bir ölçüt olup yüksek verimli süt sığırlarında ayrıcalık taşıyan bir konudur. Çünkü etkin bir süt verimi için ineğin yeterince kuru madde tüketmesi gerekmektedir. Yüksek miktarda kuru madde tüketimi, yüksek miktarda enerji ve besin maddesi alımını ifade eder [32]. Süt ineklerinin kuru madde ihtiyacı aşağıdaki (1) formülü ile hesaplanır:

$$\text{Kuru madde ihtiyacı, kg} = (0.025 \times \text{canlı ağırlık}) + \text{süt verimi} \times 0.1 \quad (1)$$

RASYON HAZIRLAMADA TEMEL YEM MİKTARLARININ EKONOMİK OLARAK BELİRLENMESİ İÇİN ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI

2.2.2. Enerji ihtiyacı

Süt ineklerinin enerji ihtiyaçları laktasyonun farklı dönemlerine, süt verimine ve canlı ağırlıklarına göre değişmektedir. Günlük enerji ihtiyacı; rasyondaki karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerden sağlanır. Bir süt ineğinin günlük enerji ihtiyacı, yaşama payı ve günlük süt verimi göz önüne alınarak hesaplanan verim payının toplamıdır. Süt ineği rasyonlarında enerji birimi olarak metabolik enerji (ME Kcal / kg) ve toplam sindirilebilir besin maddesi (%TDN) en çok kullanılan birimlerdir. Türkiye’de geçerli olan Karma Yem Tebliği’nde yem fabrikalarının hazırladığı karma süt yemlerinin en az 2,400 ME Kcal / kg bulundurması ön görülmüştür [32].

2.2.3. Protein ihtiyacı

Süt ineklerinin günlük protein ihtiyaçları Hazmolabilir Ham Protein (HP) birimi ile ifade edilir ve gram (gr) olarak gösterilir; yaşama payı ve verim payının toplamıdır. Hazmolabilir protein, sindirilebilir ham protein anlamına gelmektedir. Tıp dilinde çokça kullanılan kelimelerdendir.

Protein İhtiyacının Belirlenmesi

Süt sığırlarında ham protein (HP) ihtiyacının belirlenmesinde aşağıdaki (2) eşitliğinden yararlanır.

$$HP, gr = (3.7 \times W_{0.75}) + (85 + SV) \quad (2)$$

$W_{0.75}$: Metabolik vücut ağırlığını,

SV : Süt verimini (kg) ifade etmektedir.

Sindirilebilir ham protein (SHP) ihtiyacı ise; aşağıdaki (3) formülü ile hesaplanır.

$$SHP, gr = (C.A/2) + 100 + (DSV \times 60) \quad (3)$$

C.A : Canlı Ağırlığı,

DSV : % 4 yağa göre düzeltilmiş süt verimini göstermektedir.

Değişik oranlarda yağ içeren sütün, standart süte çevrilmesi (4) formülü ile hesaplanır.

$$DSV, kg = SV (0.4 + (0.15 + \text{süt yağı})) \quad (4)$$

*Normal süt % 4 yağlı süt olarak kabul edilmektedir.

2.2.4. Mineraller

Mineraller, hayvanın sağlığı ve verimi için gerekli olan elementlerdir. Süt ineklerinin rasyonlarında bulunması gereken mineraller; Kalsiyum (Ca), Fosfor (P), Magnezyum (Mg), Sodyum (Na), Klor (Cl), Kükürt (S) ve Potasyum (K) dur. Sodyum ve Klor rasyonlara tuz olarak katılır. Burada önemli bir diğer konu da Ca/P oranıdır. Süt ineklerinin rasyonlarında kalsiyum ve fosforun belli oranlarda bulunması şarttır. Vücutta Ca/P oranının yaklaşık olarak 2/1 şeklinde olması nedeniyle, rasyonda da benzer bir oranda bulunması tercih edilmektedir. Bu oranın, Ca/P, 1/1 ~ 2/1 arasında olması gerekmektedir [32].

Süt ineklerinde Ca gereksinimi (5) formülü ile hesaplanabilmektedir.

$$Ca, gr = (0.0154 \times C.A) + (1.22 \times DSV)/0.38 \quad (5)$$

Burada 0.38, ineklerde yemdeki Ca’ın emilim etkinliğini göstermektedir. Süt ineklerinde P gereksinimi (6) formülü ile hesaplanabilmektedir.

$$P, gr = (0.143 \times C.A) + (0.99 \times DSV)/0.50 \quad (6)$$

3. MATERYAL VE METOT

Hayvancılıkta en önemli husus en az ve ucuz yemle en fazla ürün elde etmektir. Bu da hayvanların dengeli rasyonlarla beslenmesiyle olur. Daha önce de belirtildiği gibi günlük besin madde ihtiyaçları önceden belirlenmiş hayvanların istenilen düzeyde beslenebilmesi için fiyatları ve içerdiği besin maddelerine göre belirli yem maddelerini en ucuz ve doğru oranlarda ayarlamak “rasyon hazırlamak” olarak tanımlanabilir. Rasyon hazırlarken önce hayvanın tüm ihtiyaçları belirlenir. Daha sonra elimizde mevcut bulunan veya piyasada bize göre en ucuz yem maddeleri ve bu yem maddelerinin içerikleri hesaplanır ve rasyon hazırlanır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2016 verilerine göre [33] Türkiye’de süt üretimi 18,489,161 Ton olup bunun 16,786,263 Tonu (%90.8) süt sığırlarından sağlanmıştır. Toplam sağılan süt sığırları 5,431,714 adet olup bunun 2,542,043 adedi kültür; 2,221,571 adedi melezi; 668,100 adedi ise yerli ırktır. Bu veriler de bize süt üretiminin ülkemiz için geliştirilmesi gereken stratejik bir sektör olduğunu göstermektedir.

Günümüzde karar vericiler kar maksimizasyonu veya maliyet minimizasyonu gibi tek amaçtan ziyade çok farklı amaçlar üzerinde odaklanır. Önce kendisine öncelik ve ağırlığına göre hedefler belirler ve daha sonra önceden belirlemiş olduğu hedef değerlerine, öncelik ve ağırlıkları da dikkate alarak tüm sapmalar toplamını minimize etmeye çalışır. Çok amaçlı programlama, Yöneylem Araştırması’nın hızla gelişen alanlarından birisi olup çoklu amaçların aynı anda gerçekleşmesinin düşünüldüğü bir matematiksel programlamadır. Pek çok optimizasyon problemi doğası gereği birden çok ve birbiriyle çelişen amaçlar içermektedir. Çok amaçlı matematiksel programlama, bir matematiksel programlama yapısı içinde çoklu amaçların aynı zamanda gerçekleşmesinin düşünüldüğü bir yoldur. Hedef programlama ise yöneylem araştırmasında, çok amaçlı problemlerin çözümü için yaygınca kullanılan ve en çok bilinen tekniktir [34].

Hedef Programlama modelinde, karar verici ilk olarak ilgili hedefleri ve bu hedefler için kabul edilen öncelikleri belirler. Daha sonra her bir hedef için başarı fonksiyonu formüle edilir ve bu başarı fonksiyonlarından sapmaları minimum yapacak bir çözüm aranır. Hedef Programlama ile eşanlı olarak birden fazla ve farklı ölçekli hedefler saptanabilir ve belirlenen kısıtlar altında bu hedeflere ulaşılmaya çalışılır. Bu teknik vasıtasıyla, amaçlar ile belirlenen hedeflerden sapmalar minimize edilmeye çalışılır.

Hedef Programlama modeli, yönetimin her bir amacı için önceden belirlemiş olduğu hedef değerlerine, öncelik ve ağırlıkları da dikkate alarak, nasıl ulaşılabileceğini araştıran bir modeldir. Yöneticiler, hangi hedeflerin diğerlerinden daha öncelikli olduğuna karar verirler. Yöntem, yapısal olarak, tüm sapmalar toplamını minimize eden bir teknik olmasından ziyade, mümkün olduğu kadar daha yüksek öncelikli sapmaları minimize eden bir tekniktir [35].

n boyutlu uzayda herhangi bir reel değeri alabilen sürekli değişkenler (x) ve herhangi bir tamsayı değeri alabilen tamsayılı değişkenler (y) olsun. Eğer bir optimizasyon probleminde y değişkenleri yer almıyorsa ve $f(x)$, $g(x)$ ve $h(x)$ fonksiyonları doğrusalsa o problem bir doğrusal programlama problemi olarak tanımlanır. Optimizasyon problemlerinde y değişkenleri yer alıyorsa $f(x, y)$, $g(x, y)$ ve $h(x, y)$ fonksiyonlarının doğrusal olması durumunda problem tamsayılı karışık doğrusal programlama problemidir. Bu açıdan bakıldığında çalışmamız çok amaçlı tamsayılı karışık doğrusal programlama problemi [36] olup, çalışmamızda yem ihtiyacı için belirli bir sermaye miktarını aşmadan, belirli bir hayvan sayısı ve günlük süt üretim miktarının altına düşmeden yemler ile ilgili bazı kısıtlar altında en tatminkâr yem karmasını bulmak amaçlanmıştır. Hedef Programlama, amaç fonksiyonunun doğrusal olduğu ve hedeflerdeki sapmaların en küçüklenmesinin istendiği problemlerin çözümünde kullanıldığından, ele alınan rasyon problemi hedef programlama biçiminde formüle edilmiş ve problem WinQsb 2.0 paket programı “Goal Programing” modülü ile çözülmüştür.

Uygulama

Bu çalışmada 500 kg canlı ağırlığa sahip günde 20 kg, % 3.5 oranında yağlı süt veren inek cinsi örnek alınmıştır. Çalışmada incelenen dönem 11. aydan 4. aya kadar olan, havaların soğuduğu ve taze besin bulma imkânının zor olduğu 6 aylık (180 günlük) dönemi içerir. Kaba yemin işletmenin kendi bünyesinde üretildiği, kesif yemin ise piyasadaki temin edildiği varsayılmıştır. Kaba ve kesif yemler ve bunların özellikleri Tablo 1’de, bir süt sığırının günlük besin gereksinimleri Tablo 2’de ve işletmede yetiştirilecek yem bitkilerinin bir tonunun üretimi için gerekli arazi miktarları dönüm olarak Tablo 3’de verilmiştir.

Amaç

Belirli bir sermaye miktarını aşmadan, belirli bir hayvan sayısı ve günlük süt üretim miktarının altına düşmeden yemler ile ilgili bazı kısıtlar altında en tatminkâr yem karmasını bulmak.

Hedefler

1. Hedef : N (=180) günde yem için yapılacak harcama S ($\leq 600,000$ TL) miktarını aşmasın.
2. Hedef : Günlük süt üretimi T ($\geq 7,500$ kg) miktarının altına düşmesin.
3. Hedef : Hayvan sayısı Y (≥ 350 adet) miktarının altına düşmesin.

RASYON HAZIRLAMADA TEMEL YEM MİKTARLARININ EKONOMİK OLARAK BELİRLENMESİ İÇİN ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI

Eğer amacımızı hedefler doğrultusunda genişletirsek, 1. hedefin üstüne çıkmayı, 2. ve 3. hedefin altına düşmeyi minimize yapmaya çalışırız. Karar vericiye göre 1. hedef diğerlerinden kuvvetli derecede önemlidir; bu da analitik hiyerarşi prosesinde kullanılan önem ölçeğine göre 5 kat önemli anlamına gelir. Dolayısıyla 1. hedef için karar verici tarafından belirlenmiş ağırlık $w = 5$ 'dir [37].

Karar değişkenleri

y : Hayvan sayısı , $y = 1,2, \dots, M$

x_i : i. yem çeşidinin miktarı (Ton), $i = 1,2, \dots, 14$, $x_i \geq 0$ ($i = 1,2, \dots, 6$ Kaba yemler; $i = 7,8, \dots, 14$ Kesif yemler)

Sapma değerleri

d_j^- : j. Hedeften negatif (erişim altı) sapma değeri, $j = 1,2,3$

d_j^+ : j. Hedeften pozitif (erişim üstü) sapma değeri, $j = 1,2,3$

Tablo 1. Optimizasyon modelinde bulunması öngörülen kaba ve kesif yemler ve özellikleri [38, 39]

TEMEL YEMLER	Yem Çeşitleri	Karar Değişkeni (Ton)	Fiyat (TL/Ton)	Kuru Madde (Kg/Ton)	Metabolik Enerji (Mcal/Ton)	Hazmolabilir Protein (Kg/Ton)	Kalsiyum (Ca) (Kg/Ton)	Fosfor (P) (Kg/Ton)
		x_i	a_i	KM_i	ME_i	HP_i	K_i	P_i
KABA YEMLER	Kuru Ot	x_1	850	890	1800	162	5.1	2.1
	Yonca Silaj	x_2	800	365	1120	128	2.9	2.3
	Mısır Silaj	x_3	250	330	2200	97	2.6	1.7
	Sorgum Silaj	x_4	600	280	1850	91	5.0	2.1
	Arpa, Fiğ Silaj	x_5	600	230	2700	36	4.8	3.0
	Buğday Sapı	x_6	300	910	820	48	3.1	1.0
KESİF YEMLER	Bira Posası	x_7	650	930	3180	234	6.3	6.3
	Fabrika Yemleri	x_8	862	880	2500	120	10.0	5.0
	Buğday Kepeği	x_9	550	890	1610	173	1.3	11.8
	Ayçiçeği Küspesi	x_{10}	650	930	2480	284	4.8	10.0
	Soya Küspesi	x_{11}	1110	900	2750	378	7.5	11.0
	Kanola Küspesi	x_{12}	870	920	2810	350	6.6	10.4
	Pancar Küspesi	x_{13}	150	920	2480	930	5.6	0.9
	Mısır Küspesi	x_{14}	850	915	2900	151	3.0	5.0

Tablo 2. 500 Kg Canlı Ağırlığa Sahip 20 Kg, %3.5 Yağlı Süt Veren Bir Süt Sığırının Günlük Besin Gereksinimleri [17, 21, 38, 40, 41]

Besin	Günlük Miktar
Kuru Madde (KM)	17.00 Kg/Gün
Metabolik Enerji (ME)	37.26 Mcal/Gün
Hazmolabilir Protein (HP)	2.09 Kg/ Gün
Kalsiyum (Ca)	77.38 gr/Gün
Fosfor (P)	50.00 gr/Gün

Tablo 3. Kaba yem bitkileri için gerekli üretim alanı [21]

Kaba Yemler	Ton*(x_i)	Temin yeri	Gerekli Üretim Alanı (Dönüm/Ton) (A_i)	Saklama Yeri	Saklama Yeri Gerekli Kapasite* Ton
Kuru ot	x_1	İşletmede Üretilecek	1.00	Depo	x_1
Yonca yeşil ot	x_2	İşletmede Üretilecek	0.49	Silo	x_2
Mısır	x_3	İşletmede Üretilecek	0.22	Silo	x_3
Sorgum yeşil ot	x_4	İşletmede Üretilecek	0.29	Silo	x_4
Arpa	x_5	İşletmede Üretilecek	0.72	Silo	x_5
Buğday sapı	x_6	Dışarıdan Temin		Depo	x_6

B. GÜLSÜN, P. MİÇ

* 1 ton yem için 1 tonluk saklama yerine ihtiyaç vardır.

Parametreler

- A_i : i. kaba yem çeşidinin 1 tonunu üretmek için gereken dönüm miktarı $i = 1,2,3,4,5$
- a_i : i. yem çeşidinin fiyatı (TL) $i = 1,2, \dots, 14$
- HP_i : i. yem çeşidinin Hazmolabilir Protein miktarı (kg/Ton) $i = 1,2, \dots, 14$
- K_i : i. yem çeşidinin günlük Kalsiyum miktarı (kg/Ton) $i = 1,2, \dots, 14$
- KM_i : i. yem çeşidinin Kuru Madde miktarı (kg/Ton) $i = 1,2, \dots, 14$
- KY_i : i. kesif yem çeşidinin Kuru Madde miktarı (kg/Ton) $i = 7,8, \dots, 14$
- ME_i : i. yem çeşidinin Metabolik Enerji miktarı (Mcal/Ton) $i = 1,2, \dots, 14$
- N : Gün (sabit sayı)
- P_i : i. yem çeşidinin günlük Fosfor miktarı (kg/Ton) $i = 1,2, \dots, 14$
- S : Yem için harcama (TL) (sabit sayı)
- T : Süt üretimi (kg/gün)
- w : 1. hedef için karar verici tarafından belirlenmiş ağırlık.

Kabuller

- Kaba yemlerden, x_1 : Kuru ot, x_2 : Yonca, x_3 : Mısır, x_4 : Sorgum ve x_5 : Arpa; işletmenin kendi arazisinde yetiştirilecektir (bkz Tablo 3).
- x_1 : Kuru ot ve x_6 : Buğday sapı depoda; x_2 : Yonca, x_3 : Mısır, x_4 : Sorgum ve x_5 : Arpa silaj olarak siloda saklanacaktır (bkz Tablo 3).
- 1 ton yem için 1 tonluk saklama hacmine ihtiyaç vardır.
- 500 kg canlı ağırlığa sahip 20 kg, %3.5 yağlı süt veren bir süt sığıru ele alınmıştır.

Modelleme

$$\text{Amaç} : Z_{min} = w * d_1^+ + d_2^- + d_3^- \tag{7}$$

1. Hedef: N (=180) günde yem için S ($\leq 600,000$ TL) den fazla para harcanmayacak.

$$\sum_{i=1}^{14} a_i * x_i + d_1^- - d_1^+ = S, \quad x_i \geq 0, \quad i = 1,2, \dots, 14 \tag{8}$$

2. Hedef: Günlük süt üretimi en az T ($\geq 7,500$ kg) olsun.

$$\sum_{y=1}^M y * N * 20 + d_2^- - d_2^+ = T * N, \quad y = 1,2, \dots, M \tag{9}$$

3. Hedef: Hayvan sayısı en az Y (≥ 350 adet) olsun.

$$\sum_{y=1}^M y + d_3^- - d_3^+ = Y, \quad y = 1,2, \dots, M \tag{10}$$

Kısıtlamalar

Aşağıdaki veriler Tablo 2'den alınmıştır.

- y adet hayvan için N günlük Metabolik Enerji (ME, Mcal) ihtiyacı temel yem çeşitlerinden karşılanmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{14} ME_i * x_i = \sum_{y=1}^M y * N * 37.26, \quad x_i \geq 0, \quad i = 1,2, \dots, 14, \quad y = 1,2, \dots, M \tag{11}$$

- y adet hayvan için N günlük Hazmolabilir Protein (HP) ihtiyacı temel yem çeşitlerinden karşılanmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{14} HP_i * x_i = \sum_{y=1}^M y * N * 2.09, \quad x_i \geq 0, \quad i = 1,2, \dots, 14, \quad y = 1,2, \dots, M \tag{12}$$

- y adet hayvan için N günlük Kalsiyum (Ca) ihtiyacı temel yem çeşitlerinden karşılanmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{14} K_i * x_i = \sum_{y=1}^M y * N * 77.38 * 10^{-3}, \quad x_i \geq 0, \quad i = 1,2, \dots, 14, \quad y = 1,2, \dots, M \tag{13}$$

- y adet hayvan için N günlük Fosfor (P) ihtiyacı temel yem çeşitlerinden karşılanmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{14} P_i * x_i = \sum_{y=1}^M y * N * 50 * 10^{-3}, \quad x_i \geq 0, \quad i = 1,2, \dots, 14, \quad y = 1,2, \dots, M \tag{14}$$

RASYON HAZIRLAMADA TEMEL YEM MİKTARLARININ EKONOMİK OLARAK BELİRLENMESİ İÇİN ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI

- Ca/P oranının 1/1~2/1 arasında olması koşulu sağlanmalıdır.
- y adet hayvan için N günlük Kuru Madde (KM) ihtiyacı temel yem çeşitlerinden karşılanmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{14} KM_i * x_i = \sum_{y=1}^M y * N * 17, x_i \geq 0, i = 1,2, \dots, 14, y = 1,2, \dots, M \quad (15)$$

- y adet hayvan için N günlük Kesif Yem Kuru Maddenin %30'u olmalı ve kesif yem çeşitlerinden karşılanmalıdır.

$$\sum_{i=1}^{14} KY_i * x_i = \sum_{y=1}^M y * N * 17 * 0.3, x_i \geq 0, i = 7,8, \dots, 14, y = 1,2, \dots, M \quad (16)$$

Aşağıdaki veriler Tablo 3'den alınmıştır.

- x_1 : Kuru ot, x_2 :Yonca, x_3 : Mısır, x_4 : Sorgum ve x_5 : Arpa; işletmenin kendi arazisinde yetiştirilecektir. Bunun için gerekli arazi alanı (17) denklemi ile hesaplanır.

$$\text{Toplam Arazi Alanı (dönüm)} = \sum_{i=1}^5 A_i * x_i, x_i \geq 0, i = 1,2,3,4,5 \quad (17)$$

- x_2 :Yonca, x_3 : Mısır, x_4 : Sorgum ve x_5 : Arpa; silaj olarak siloda depolanacaktır. Bu yemler için gerekli toplam silo kapasitesi (18) denklemi ile hesaplanır.

$$\text{Toplam Silo Kapasitesi (ton)} = \sum_{i=2}^5 x_i, x_i \geq 0, x_i \geq 0, i = 2,3,4,5 \quad (18)$$

- 1 ton yem için 1 tonluk saklama kapasitesine ihtiyaç vardır:
 - Kuru ot depolama kapasitesi = x_1 : Kuru ot ihtiyacı (ton),
 - Buğday sapı depolama kapasitesi = x_6 : Buğday sapı ihtiyacı (ton) olacaktır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Modelin çözümünden elde edilen sonuçlar karar değişkenleri ve kısıtlardan elde edilen sonuçlar olmak üzere aşağıda iki başlık altında değerlendirilmiştir.

4.1. Karar değişkenlerinden elde edilen sonuçlar

Şekil 1'de programın sonuçlarının ekran çıktısı verilmiştir.

	Decision Variable	Solution Value	Basis Status	Reduced Cost
1	Kuru Ot	0	at bound	0
2	Buğday Samanı	735.00	basic	0
3	Yonca SLAJ	0	at bound	0
4	Mısır SLAJ	355.18	basic	0
5	Sorgum SLAJ	0	at bound	0
6	Arpa+Fig SLAJ	0	at bound	0
7	Fabrika Yemi	61.00	basic	0
8	Bira Posası	100.27	basic	0
9	Kanola Kısıpesi	0	at bound	0
10	Soya Kısıpesi	0	at bound	0
11	Ayçiçeği Kısıpesi	0	at bound	0
12	Mısır Kısıpesi	152.84	basic	0
13	Pancar Kısıpesi	6.93	basic	0
14	Buğday Kısıpesi	0.64	basic	0
15	Hayvan sayisi	368.00	basic	0
16	#1-	0	at bound	0
17	#1+	0	at bound	5.00
18	#2-	25,200.00	basic	0
19	#2+	0	at bound	1.00
20	#3-	0	at bound	1.00
21	#3+	16.00	basic	0
	Goal 1:	Minimize	Z =	25,200.00

Şekil 1. WinQsb2.0 Program çıktısı, Rasyon optimizasyonu karar değişkenleri çözüm değerleri

Bu sonuçlar analiz edildiğinde:

B. GÜLSÜN, P. MİÇ

1. Hedef; 180 günlük süre içinde maliyet tam hedeflendiği gibi 600,000 TL olmuştur ve bu değeri aşmamıştır. Bu hedef istenildiği gibi gerçekleşmiş ve sapma olmamıştır ($d_1^- = 0, d_1^+ = 0$).

2. Hedef; 180 günlük süre içinde süt üretimi toplamda 25.2 ton eksik gerçekleşmiştir. Günlük süt üretimi 140 kg eksik gerçekleşmiş; günlük süt üretimi en az 7,500 kg üretim yerine 7,360 kg olmuştur. Negatif yönlü sapma gerçekleşmiştir ($d_2^- = 25.2, d_2^+ = 0$).

3. Hedef; Hayvan sayısı ise 3. hedefin 18 adet üstünde 368 adet olarak gerçekleşmiştir. Pozitif yönlü sapma gerçekleşmiştir ($d_3^- = 0, d_3^+ = 18$).

İşletme 180 günde 600,000 TL yem maliyeti ile 368 adet hayvana bakabilmektedir ve bu sürede 1,324.8 ton süt üretimi gerçekleştirecektir. Bu sonuçları alabilmek için rasyonda Kaba yem olarak; 359.18 ton Mısır Silaj, 735.96 ton Buğday Sapı kullanılmalıdır.

Kesif yem olarak ise 108.27 ton Bira Posası, 61.06 ton Fabrika Yemi, 6.93 ton Pancar Küşesi, 192.84 ton Mısır Küşesi kullanılmalıdır.

Tablo 1 ve Tablo 4’de görüldüğü gibi temel yemler kaba ve kesif yemlerden oluşmaktadır. Kaba yem ise silaj ve kuru kaba yemden (Buğday sapı, samanı gibi) oluşmaktadır. Konu ile ilgili detaylı açıklama 2. konu başlığı altında verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre 500 Kg canlı ağırlığa sahip günde 20 Kg, %3.5 yağlı süt veren bir süt ineğini beslemek için gerekli olan temel yemlerin %74.8’i kaba yem, %25.2’si de kesif yem olmalıdır. Temel yem maliyeti bir hayvan için 9.06 TL/gün olmaktadır.

Bir hayvana canlı ağırlığının %3.3’ü kadar kaba yem, %1.1’i kadar da kesif yem; toplamda canlı ağırlığının %4.4’ü kadar temel yem verilmelidir.

Kaba yemlerin %32.8’i silaj, %67.2’si kuru kaba yem (buğday samanı) olmalıdır. Havyana canlı ağırlığının %1,1’i kadar silaj, %2.2’si kadar da kuru kaba yem (buğday samanı) verilmelidir.

Bu önemli sonuçlar toplu olarak aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4. Yem sonuçları analizi

Temel Yemler	İhtiyaç			
	Toplam	1 Süt İneği İçin	%	Hayvan Canlı Ağırlığının % si Olarak
1. Kaba Yem	1,095.14 Ton	16.53 Kg/gün	74.8	3.3
1.1. Silaj	359.18 Ton	5.42 Kg/gün	32.8	1.1
1.2. Kuru Kaba Yem (Buğday Sapı, Samanı)	735.96 Ton	11.11 Kg/gün	67.2	2.2
2. Kesif Yem	369.74 Ton	5.58 Kg/gün	25.2	1.1
Toplam	1,464.88 Ton	22.11 Kg/gün	100	4.4
Toplam Yem Maliyeti	600,000 TL	9.06 TL/gün		

Eğer işletme 180 günde 1,350 ton süt elde etmek istiyorsa; yem için gerekli yatırım miktarını arttırması gerekmektedir. Bunun sebebi, 1.Hedef’in diğer iki hedeften 5 kat daha fazla önemli ($w=5$) olacak şekilde belirlenmiş olmasıdır. Bundan da yem için yatırım miktarının aşılmaması gerektiği anlaşılmaktadır. Eğer işletme bu hedefi diğer hedefler ile aynı ağırlığa (eşit öneme) getirir ise o zaman 2. Hedef de tam olarak karşılanmış olur. Bunun sonucu da aşağıdaki Şekil 2’de görüldüğü gibidir. Bu durumda, 10,642.85 TL yem maliyeti artışı ile işletme tam istenildiği gibi süt üretimini gerçekleştirecektir. 1. Hedef 610,642.85 TL olacak, 2. Hedef için 1,350 ton üretim karşılanacak, 3. Hedef 375 adet hayvan sayısına çıkacaktır.

RASYON HAZIRLAMADA TEMEL YEM MİKTARLARININ EKONOMİK OLARAK BELİRLENMESİ İÇİN ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI

Decision Variable	Solution Value	Basis Status	Reduced Cost
1 Kuru Ot	0	at bound	648.32
2 Bugday Samani	735.42	basic	0
3 Yemca SLAJ	0	at bound	939.75
4 Mısır SLAJ	364.74	basic	0
5 Sorgun SLAJ	0	at bound	462.34
6 Arpa+Fig SLAJ	0	at bound	326.78
7 Fabrika Yemi	60.52	basic	0
8 Bira Pırası	114.87	basic	0
9 Kanola Kısıpesi	0	at bound	1,152.84
10 Soya Kısıpesi	0	at bound	1,557.60
11 Ayçiçeği Kısıpesi	0	at bound	858.01
12 Mısır Kısıpesi	194.81	basic	0
13 Pasca Kısıpesi	6.72	basic	0
14 Bugday kısıpesi	0	at bound	1,174.91
15 Hayvan sayısı	375.00	basic	0
16 d1-	0	at bound	1.00
17 d1+	10,642.85	basic	0
18 d2-	0	at bound	0.55
19 d2+	0	at bound	0.45
20 d3-	0	at bound	1.00
21 d3+	25.00	basic	0
Goal 1: Minimize Z =	10,642.85		

Şekil 2. WinQsb2.0 Program çıktısı, yem maliyeti artış miktarı

4.2. Kısıtlardan elde edilen sonuçlar

Kısıtlardan elde edilen sonuçlara göre 180 gün boyunca 368 adet hayvannın ihtiyacı olan; ME toplamda 0.08 Mcal eksik gerçekleşmiştir.

HP, Ca, P, KM ve KY tam istenildiği gibi gerçekleşmiştir.

Ca/P oranı $(77.38/50 = 1.55)$ olmuş ve bu değer “Ca/P oranı 1/1~2/1 arasında olmalıdır” kısıdını sağlamaktadır.

Kaba yemi kendi arazisinde yetiştirmek isteyen işletmenin, sonuçlara göre kaba yem üretimi için 79.02 dönüm araziye ihtiyaç duyduğu ortaya çıkmaktadır.

Silaj için 359.18 tonluk silo kapasitesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bugday sapı depolamak için ise 735.96 tonluk depo kapasitesine ihtiyaç duyulmaktadır.

İşletmenin, “Hayvan için kuru madde (KM) ihtiyacı temel yem çeşitlerinden karşılanmalıdır; bunun %30’u da kesif yem çeşitlerinden olmalıdır” kısıdına göre 1,126,080 Kg toplam kuru maddeye ihtiyaç duyduğu ve bunun 337,824 Kg’ını kesif yemlerdeki kuru maddeden sağlanması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Bu sonuçlar Şekil 3’de programın sonuç alınmış ekran görüntüsünde görülmektedir.

Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1 Silo art.kapasitesi Kg.	1,350,000.00	=	1,350,000.00	0	1.00
2 Hayvan sayısı	350.00	=	350.00	0	0
3 Yem maliyeti	600,000.00	=	600,000.00	0	0.00
4 ME, Mcal	-0.08	=	0	0	0.00
5 HP, kg	0.00	=	0	0	0.00
6 Ca, kg	0.00	=	0	0	0.00
7 P, kg	0.00	=	0	0	0.00
8 KM, kg	0	=	0	0	0.00
9 KM, Kesif yem (%30)	0	=	0	0	0.00
10 Kaba Yem üretim, Dönüm	79.02	>=	0	79.02	0
11 Silo kapasitesi silaj için, Ton	359.18	>=	0	359.18	0
12 Kuru ot depolama kapasitesi, Ton	0	>=	0	0	0
13 Bugday samani dep. kapas. Ton	735.96	>=	0	735.96	0
14 Toplam kuru madde Kg.	1,126,080.00	>=	0	1,126,080.00	0
15 Kesif kuru madde Kg.	337,824.00	>=	0	337,824.00	0

Şekil 3. WinQsb2.0 Program çıktısı, Rasyon optimizasyonu kısıtları çözüm değerleri

B. GÜLSÜN, P. MİÇ

Sonuç olarak işletme 180 günde 600,000 TL yem maliyeti ile 368 adet hayvana bakabilecek; bu sürede 1,324.8 ton süt üretimi gerçekleştirecektir. Eğer işletme süt üretimini 1,350 ton'un altına düşürmek istemiyor ise, yem maliyetini arttıracak ve 610,642.85 TL'lik bir yem maliyeti ile 375 adet hayvana bakabilecektir.

Modele farklı kaba yem üretim alanı, depo kapasitesi gibi kaynak değerleri girilerek farklı kilo ve süt üretim kapasitesine sahip farklı hayvan sayıları için değişik rasyon sonuçları da elde edilebilir. Ayrıca; modelleme, yemlerin fiyatı dönemsel olarak değiştiğinde yeni yem fiyatları modele parametre olarak girildiğinde daha düşük fiyatlı yemlerin rasyonda kullanılabilmesine olanak tanımaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi amacımız; en az girdi ile en fazla çıktıyı en az kayıpla sağlamak, günlük besin madde ihtiyaçları önceden belirlenmiş hayvanların istenilen düzeyde beslenebilmesi için fiyatları ve içerdiği besin maddelerine göre belirli yem maddelerini en ucuz ve doğru oranlarda belirlemektir.

Çalışmamızda, süt üretimi esnasında tesisten atık olarak çıkan hayvan dışkılarının israf edilmeyerek değerlendirilmesi düşünülmüş, bugün ülke olarak da önemli bir ihtiyacımız olan enerji üretiminde kullanılacağı planlanmıştır; buna konuya dikkat çekmek ve daha sonra yapılacak çalışmalara ışık tutmak, konunun önemini belirtmek amacıyla bir ön hesaplama yapılmıştır.

Dışkı, küresel ısınma açısından önemli bir gaz üretim (biyogaz) potansiyeline sahiptir. Biyogaz, biyokütlelerin işlenmesi sonucunda elde edilen yanıcı bir gazdır. Yanıcı diğer gazlardan (örneğin doğalgaz) farklı olarak sadece hayvansal veya bitkisel, yani organik hammaddelerden elde edilmektedir; biyolojik atıklar, gıda sanayi kaynaklı organik atıklar, mısır veya şeker pancarı gibi enerji bitkileri ile hayvan besiciliğinde oluşan hayvansal dışkılar biyogaz tesislerinde kullanılabilir [42].

Bunlara ilaveten, biyogaz, çok yönlü bir enerji kaynağı olarak doğrudan ısıtma ve aydınlatma amacıyla kullanıldığı gibi, elektrik enerjisine ve mekanik enerjiye çevrilerek kullanımı da mümkün olmaktadır. Ayrıca biyogaz üretimi sonucu ortaya çıkan yan ürünler de çeşitli amaçlarla kullanılabilir [43].

Genelde organik gübre olarak değerlendirilen dışkı aynı zamanda biyogaz üretiminde de kullanılmaktadır [44]. Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar özellikle kırsal kesimler için önerilen biyogaz tesislerinde kullanılmaktadır [43].

Hayvan ağırlığı bazında üretilebilecek günlük yaş gübre miktarları, büyükbaş hayvanlar için canlı ağırlığın % 5-6'sı kg yaş gübre/gün'dür. 1 ton sığır gübresinden elde edilebilecek biyogaz miktarı ise 33 m³'dir. 1 m³ biyogazın sağladığı ısı miktarı 4,700-5,700 kcal/m³'dir. 1 m³ biyogaz; 0.62 litre gazyağı, 1.46 kg odun kömürü, 3.47 kg odun, 0.43 kg bütan gazı, 12.3 kg tezek ve 4.70 KWh elektrik ve 0.25 m³ propan'dır [43, 45, 46].

Yenilenebilir enerji kaynaklarından (YEK) elektrik üreten tesisler için YEK destekleme mekanizmasında biyokütleyle dayalı üretim tesisi için (çöp gazı dâhil) 0.133 \$/KWh destek verilmektedir [45]. (1 ABD Doları 3.77 TL olarak alınmıştır). 2017 verilerine göre elektriğin değeri ise 0.3624 TL/KWh'dir [47].

Literatürde dışkı miktarının hesaplanması ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [48, 49]. Çalışmamızda, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün verileri temel alınmıştır [50].

Çalışmada, tesisten çıkan hayvan dışkılarının enerji üretiminde de kullanılacağı planlanmıştır. İşletme süt gelirin ek olarak enerji ihtiyacını da karşılayabilmektedir ve 572.908,38 Kwh/yıl'lık bir enerji üretebilecek durumdadır. Bunun parasal geliri günlük teşviklerle beraber 1,355.85 TL'yi bulmaktadır.

Hayvan dışkılarının biyogaz ve elektrik enerjisi olarak kullanılması için yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen bulgular ise Tablo 5'de özetlenmiştir.

Tablo 5. Sığır gübrelerinden elde edilecek biyogaz ve elektrik enerjisi

Tanım	Gösterim	Yıllık Değeri		Günlük Değeri	
Hayvan Sayısı	a	368.00	Adet	---	
Hayvan Ağırlığı	b	0.50	Ton	---	
Yıllık Gübre Üretimi	$c=a*b*5.5*365$	3693.80	Ton/Yıl	10.12	Ton/Gün
Biyogaz Üretimi	$d= c*33$	121,895.40	m ³ /Yıl	333.96	m ³ /Gün
Elektrik Enerjisi	$e=d*4.7$	572,908.38	kWh/Yıl	1,569.61	kWh/Gün
Elektrik Enerjisi Geliri	$f=e*0.3624$	207,622.00	TL/Yıl	568.83	TL/Gün
Devlet Desteği	$g=e*0.50141$	287,262.00	TL/Yıl	787.02	TL/Gün
Toplam Gelir	$h=f+g$	494,884.00	TL/Yıl	1,355.85	TL/Gün

RASYON HAZIRLAMADA TEMEL YEM MİKTARLARININ EKONOMİK OLARAK BELİRLENMESİ İÇİN ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI**5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada, yöneylem araştırması tekniği olan hedef programlama modeli kullanılarak belirli özelliklere sahip süt inekleri için bir uygulama yapılmıştır. Çalışma, farklı özelliklere sahip hayvan cinsleri için de yapılabilir.

Çalışmada, belirli bir dönem içerisinde belirli bir talep ve sermaye, belirsiz hayvan sayısı, yem depolama kapasitesi ve araziye sahip bir tarım işletmesinin, hayvanların besin gereksinimlerini en ekonomik şekilde karşılayacak minimum maliyetli kaba ve kesif yem ihtiyaçları belirlenmiştir.

Besin değerleri yüksek iyi kalite kaba yem ve enerji protein değerleri yeterince yüksek kesif yemi olmayan üreticiler çok sütlü inek edindiklerinde, bu hayvanlarını çok kısa zamanda elden çıkartmak, kasaba satmak zorunda kalarak hüsrana uğramaktadır. Hayvanların yem rasyonlarının hazırlanması öğrenilmeli ve bu konuda yeterli bilince ulaşılmalıdır. Hayvanların sağlıklı ve verimli olmaları, neticede kârlılık, yeterli, dengeli ve ekonomik besleme ile mümkün olabilmektedir.

Çalışmada uygulamanın yapıldığı alan olan süt sığırcılığı; amacı kâr olan ekonomik bir faaliyet olup, milyonlarca üretici tarafından yapılmaktadır. Aşırı rekabetin yaşandığı bu sektörde bilinçsizce ve tesadüflere bağlı olarak, kâr etmek ve yaşamak mümkün değildir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara bakılarak hayvan beslemede bilimsel metotların kullanılabilirliği ve bu metotların hayvan besleme problemlerine etkin bir çözüm getirebileceği söylenebilir.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda eğer kaba yem üretimi için arazi alanı, silaj için silo, kuru ot ve buğday samanı depolamak için gerekli kapasite belirli ise, bu şartlarda, yem maliyetini minimize eden; en düşük maliyetli kaba ve kesif yemlerin miktarları ve yetiştirilebilecek optimum hayvan sayısı belirlenebilir.

Eğer yetiştirilecek hayvan sayısı belirli ise, bu durumda, yem maliyetini minimize eden kaba ve kesif yemler, kaba yem üretimi için gerekli arazi alanı, silaj için silo, kuru ot, buğday samanı depolamak için gerekli kapasite belirlenebilir.

Ayrıca farklı yem çeşitleri ile daha farklı karışımlar tespit edilebilir. Talep tahmini yaparak gelecek dönemlerde süt ihtiyacı belirlenerek bir planlama yapılabilir. Hayvan dışkılarının değerlendirilmesinde süt üretimi, beslenme ve dışkı arasındaki ilişki incelenerek en fazla süt ve en fazla biyogaz üretimini sağlayacak beslenme rasyonları belirlenebilir. Süt ve yem tedarik ve dağıtım ağı incelenerek lojistik ve tedarik zinciri ağı tasarlanabilir.

Hayvanların beslenmesinde kullanılan yemlerin unsurlarının rutin bir şekilde belirlenerek yem tablolarına alınması ve yem enerji içeriğinin daha pratik, ekonomik ve kolay bir şekilde hesaplanması ülke hayvancılığına yarar sağlayacaktır. Ayrıca bu yönlü araştırmalar tekrarlanarak ve daha fazla sayıda yem maddesinde analizler yapılarak, bunlar da çalışmaya dâhil edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] DOĞAN, İ., DOĞAN, N., AKCAN, A., “Rasyonel ve Ekonomik Hayvan Beslemede Hedef Programlamadan Yararlanma”, Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 24, 233-238, 2003.
- [2] <https://www.tigem.gov.tr/Documents/9f02b146-d86c-404d-9564-93509f3e18b7.pdf> (erişim tarihi 29.10.2017)
- [3] KIRCHGESSNER, M., Hayvan Besleme Öğretim, Öğrenim ve Uygulama Önerileri, TÜBITAK Veterinerlik ve Hayvancılık Araştırma Grubu Yayınları, Ankara, 1985.
- [4] SAXENA, P., “Comparison of Linear and Nonlinear Programming Techniques for Animal Diet” Applied Mathematics, 1, 106-108, 2011.
- [5] SAXENA, P., Optimization Techniques for Animal Diet Formulation. Gate2Biotech, 1, 2-5, 2011.
- [6] GALLENTI, G., “The Use Of Computer For the Analysis of Input Demand in Farm Management: A Multicriteria Approach to the Diet Problem”, First European Conference for Information Technology in Agriculture, 389-392, Copenhagen, Denmark, 1997.
- [7] BATH, D.L., “Nutritional Requirements and Economics of Lowering Feed Costs”, Journal of Dairy Science, 68, 1579-1584, 1985.
- [8] NABASIRYE, M., MUGISHA, J.Y.T., TIBAYUNGWA, F., KYARISIIMA, C.C., “Optimization of Input in Animal Production: A Linear Programming Approach to the Ration Formulation Problem”, International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science, 1, 221-226, 2011.
- [9] KELLEMS, R. O., CHURCH, D. C., Livestock Feeds and Feeding, Prentice-Hall (2nd ed.), New Jersey, USA, 2002.

- [10] ALP, M., KOCABAĞLI, N., KAHRAMAN, R., YETİM, M., ŞENEL, H. S., “Kanatlı Beslenmesinde Kullanılan Yem Hammaddelerinin ve Karma Yemlerin Besin Maddeleri ve Enerji Kapsamları Yönünden Değerlendirilmesi”, İstanbul Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 22, 9-22, 1996.
- [11] REHMAN, T., ROMERO, C., “Goal Programming with Penalty Functions and Livestock Ration Formulation”, Agricultural Systems, 23, 117-132, 1987.
- [12] ŽGAJNAR, J., JUVANČIČ, L., KAVČIČ, S., “Combination of Linear and Weighted Goal Programming with Penalty Function in Optimisation of a Daily Dairy Cow Ration”, Agricultural Economics, 55, 492-500, 2009.
- [13] RUNDENGAN, M. L., “Optimization of Integrated Farming Systems Using Goal Programming Analysis Approach (A Study Case in Tenga, Sinonsayang and West Amurang Subdistricts, South Minahasa Regency, North Sulawesi, Indonesia)”, Journal of Research in Agriculture and Animal Science, 2, 17-26, 2014.
- [14] GÜLER, D., MİRAN, B., SANER, G., “Best Location for Animal Feed Manufacturing Company in Izmir Province of Turkey”, Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences, 2, 115-122, 2016.
- [15] ROHAENI, E. S., HARTONO, B., FANANI, Z., NUGROHO, A., “Optimizing Crop and Livestock Integration Using the Analysis Approach of Goal Programming (A Case Study in Tanah Laut Subdistrict, South Kalimantan, Indonesia)”, Journal of Economics and Sustainable Development, 5, 159-168, 2014.
- [16] HEIDARI, N., AMIRNEJAD, H., HOSSEINI, S. A., “Determination of Optimal Pattern of Conventional Agrarian Activities of Forest Fringe Villagers in Hezarjarib Area, Iran”, Journal of Agricultural Science and Technology, 19, 11-20, 2017.
- [17] http://www.veteriner.cc/sigir/sut_sigirciliginda_basari.asp (erişim tarihi 30.10.2017)
- [18] BOĞA, M., ÇEVİK, K. K., “Ruminant Hayvanlar için Karma Yem Hazırlama Programı”, 14. Akademik Bilişim Konferansı, 1-6. Uşak, Türkiye, 2012.
- [19] [http://www.tarimkutuphanesi.com/k%C3%82r1%C4%B1_b%C4%B1r_sut_s%C4%B1g%C4%B1rc%C4%B11%C4%B1g%C4%B1_nas%C4%B11_yap%C4%B11%C4%B1r?\(k%C3%82r1%C4%B11%C4%B1kta_40_oneml%C4%B1_nokta_00293.html](http://www.tarimkutuphanesi.com/k%C3%82r1%C4%B1_b%C4%B1r_sut_s%C4%B1g%C4%B1rc%C4%B11%C4%B1g%C4%B1_nas%C4%B11_yap%C4%B11%C4%B1r?(k%C3%82r1%C4%B11%C4%B1kta_40_oneml%C4%B1_nokta_00293.html) (erişim tarihi 30.10.2017)
- [20] GÜNGÖR, T., BAŞALAN, M., AYDOĞAN, İ., “Kırıkkale Yöresinde Üretilen Bazı Kaba Yemlerde Besin Madde Miktarları ve Metabolize Olabilir Enerji Düzeylerinin Belirlenmesi”, Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 55, 111-115, 2008.
- [21] http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Rasyon%20Haz%C4%B1rlama.pdf (erişim tarihi 28.10.2017)
- [22] GÜL, A., GÖRGÜLÜ, M., “En Düşük Maliyetli Rasyon Hazırlamada Excel Çözümü” Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13, 11-20, 1997.
- [23] <http://baytarizm.blogspot.com.tr/2012/12/sigir-yetistirciliginde-kullanilan.html> (erişim tarihi 30.10.2017)
- [24] <http://www.bilgiustam.com/turkiyede-hayvancilik/> (erişim tarihi 27.10.2017)
- [25] KLEYN, F. J., GOUS, R. M., “Mathematical Programming Model for the Optimization of Nutritional Strategy for a Dairy Cow”, South African Journal of Animal Science, 18, 156-160, 1988.
- [26] <http://www.ramasyem.com.tr/icerikGoster.php?id=227> (erişim tarihi 07.03.2018)
- [27] <https://hayvancilik.tr.gg/Kuru-Kaba-Yemler.htm> (erişim tarihi 07.03.2018)
- [28] http://www.egevet.com.tr/sigirlarda_besleme_hatalari_ve_beslenme_ile_ilgili_hastaliklar.htm (erişim tarihi 28.10.2017)
- [29] http://www.tarimkutuphanesi.com/sut_ineklerinin_bakim_ve_beslenmesi_00139.html (erişim tarihi 31.10.2017)
- [30] <http://www.hayvanbeslemeuzmani.com/index.php?sayfano=98&title=kaba-yem-kesif-yem-orani> (erişim tarihi 30.10.2017)
- [31] http://www.tarimkutuphanesi.com/yem_b%C4%B1tk%C4%B1ler%C4%B1_ve_s%C4%B1laj_haz%C4%B1rlanmas%C4%B1_00144.html (erişim tarihi 01.11.2017)
- [32] http://www.akpinarhayvancilik.com/wp-content/uploads/ss_erken_donem_bes.pdf (erişim tarihi 31.10.2017)
- [33] <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (erişim tarihi 20.10.2017)
- [34] https://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11421/336/463238.pdf?sequence=1&isAllo_wed=y (erişim tarihi 31.10.2017)
- [35] <http://istu.edu.tr/uploads/Kutuphane/dergi/f13/73-91.pdf> (erişim tarihi 25.10.2017)
- [36] <http://home.ku.edu.tr/~mturkay/indr501/Optimizasyon.pdf> (erişim tarihi 30.10.2017)
- [37] PAKSOY, T., YAPICI, N. ve ÖZCEYLAN, E., Bulanık Küme Teorisi (birinci baskı), Nobel Yayınları, Ankara, Türkiye, 2013.
- [38] <http://www.muratgorgulu.com.tr/altekransp?id=41> (erişim tarihi 26.10.2017)

