

# Zeytinyağı tesislerinde oluşan karasuyun bertaraf alternatiflerinin maliyet açısından karşılaştırılması

Selda MURAT HOCAOĞLU<sup>1,\*</sup>, B. Hande GÜRSOY HAKSEVENLER<sup>2</sup>,  
İrfan BAŞTÜRK<sup>1</sup>, Şeyla ERGENEKON<sup>3</sup>

<sup>1</sup>TUBITAK Marmara Araştırma Merkezi, Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, 41470, Kocaeli

<sup>2</sup>Marmara Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü, 34820, İstanbul

<sup>3</sup>Ergenekon Yönetim Danışmanlık Ltd. Şti, Ataşehir Bulvarı No:23, Evinpark Rezidans, İstanbul

Geliş Tarihi (Received Date): 04.06.2018

Kabul Tarihi (Accepted Date): 06.08.2019

## Özet

Bu çalışmada, zeytinyağı işletmelerinin karasu probleminin çözülmesine yönelik bertaraf alternatifleri, maliyet açısından karşılaştırılmıştır. İncelenen alternatifler; proses değişikliği (3 fazlı üretimden 2 fazlıya geçiş), lagünlerin iyileştirilmesi, yerinde arıtma yapılması ve merkezi arıtma uygulanmasıdır. Buna göre, ortalama 2.000 ton/sezon kapasiteli bir zeytinyağı işletmesi için, yatırım ve 10 yıllık işletme maliyetleri toplamının net bugünkü değeri (NBD); proses değişikliği için ortalama -130.860 TL, yerinde arıtma için -899.853 TL, merkezi arıtma için -814.489 TL, arazi maliyetinin olmadığı durumda lagünün iyileştirilmesi için ise -110.682 TL'dir. Buna göre, zeytinyağı işletmeleri açısından en ekonomik çözüm, proses değişikliği ve işletmenin yeterli arazisinin olması durumunda lagünlerin iyileştirilmesidir. Merkezi arıtma alternatifinde, nakliye maliyeti önemli bir maliyet kalemi olarak bulunmuştur. Ancak işletmelerin OSB'ye taşınması ve arıtma maliyetinin 3 TL/m<sup>3</sup> altında olması durumunda, merkezi arıtma alternatifi de maliyet açısından anlamlı olabilir. Proses değişikliği alternatifinde, maliyete etki eden en önemli etkenin pirina bedeli olduğu belirlenmiştir. Buna göre,, 3 fazlı pirina bedeli 80 TL/ton iken, 25-35 TL/ton olan 2 fazlı pirina bedelinin, 50 TL/ton değerine çıkması durumunda, dönüşümün zeytinyağı tesislerine olan maliyetinin ortadan kalkacağı görülmüştür. Dolayısıyla, pirina üstünden sağlanacak teşvikler dönüşüme katkı sağlayabilir.

**Anahtar kelimeler:** 2 fazlı üretim, 3 fazlı üretim, karasuyun uzaklaştırılması, maliyet analizi, net bugünkü değer (NBD), karasu.

\*Selda MURAT HOCAOĞLU, selda.muratl@tubitak.gov.tr, <https://orcid.org/0000-0003-4015-0399>

B. Hande GÜRSOY HAKSEVENLER, hande.gursoy@marmara.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-3711-5058>

İrfan BAŞTÜRK, irfan.basturk@tubitak.gov.tr, <https://orcid.org/0000-0002-4330-5264>

Şeyla ERGENEKON, ergenekons@superonline.com, <https://orcid.org/0000-0003-2066-8932>

## Comparison of disposal alternatives for olive mill wastewater in terms of cost

### Abstract

*In this study, disposal alternatives for discarding the olive-mill wastewater (OMW) problem have been compared in terms of costs. Investigated alternatives were; process change (modification of production process from 3-phase to 2-phase), renovation of lagoons in accordance with the regulation, on-site treatment of the OMW and centralized treatment of OMW. Accordingly; for an average capacity of 2,000 tonnes/season olive mill, net present value (NPV) of total investment and 10-year operating costs were estimated as follows; -130.860 TL in the case of process modification from 3-phase to 2-phase, - 899.853 TL in the case of on-site wastewater treatment and -814.489 TL in the case of centralized wastewater treatment and - 110.682 TL in the case of the renovation of the lagoons when there is no purchasing cost for the land. As a result, the most economical solution is estimated to be modification of technology from 3-phase to 2-phase and renovation of the lagoon (when there is no purchasing cost for the land). For the case of centralized treatment alternative, transportation cost was found to be significant. Therefore, centralized treatment may only be an economically viable solution, if the sector is in an organized industrial zone and the operation cost of the wastewater treatment is lower than 3 TL/m<sup>3</sup>. In the case of process change alternative, the unit cost of pomace is found to be a significant parameter affecting the NPV. If the unit price of 2 phase pomace, which is 25-35 TL/tonne can be raised up to 50 TL/ton, while 3-phase pomace is 80 TL/tonne, the NPV value may turn to positive. Hence, it is estimated that any subsidy that can be provided for pomace could accelerate technology transformation.*

**Keywords:** 2-phase production, 3-phase production, removal of olive oil mill wastewater, cost, net present value (NPV), olive mill wastewater.

### 1. Giriş

Zeytinyağı sektörü, sağlıklı yağ üretimi açısından Türkiye ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Zeytinyağı üretimi sırasında, zeytinyağı ile birlikte, pirina ve asidik özellikte, organik madde ve fenolik bileşik içeriği yüksek atıksu oluşmaktadır. Oluşan atıksuların kontrolsüz bir şekilde alıcı ortama ulaşması sonucunda ciddi çevresel sorunlar ortaya çıkmaktadır [1-2]. Karasuyun arıtımı konusunda uzun yıllardır çalışmalar yapılmasına karşın, teknik ve ekonomik olarak uygulanabilir ve sektör özellikleri doğrultusunda sürdürülebilir arıtma yöntemleri henüz mevcut değildir [3-7]. Zeytinyağı üretiminin sezonluk olması, işletmelerin çoğunlukla küçük ölçekli olması ve tesislerin birbirinden uzak noktalarda yer alması, merkezi arıtma yaklaşımının uygulanmasını güçleştirmektedir. Arıtmanın dışında, atıksuyun bertarafı veya değerlendirilmesi için pilot ölçekte gazlaştırma [8], distilasyon [9], yakma [10], piroliz [11] ve kompost [12] gibi pek çok çalışma yürütülmektedir.

Zeytinyağı üretimi sırasında oluşan diğer atık ise zeytinin posası, bir diğer ifadeyle pirinadır. Pirina, biyoyakıt, gübre, yem katkı maddesi ve bitümlerle birlikte yol yapımında

katkı malzemesi olarak kullanılabilir [13-20]. Türkiye’de, pirinanın en yaygın kullanım alanı, yağın alındıktan sonra, biyoyakıt olarak kullanımınıdır. Pirinadan solvent ekstraksiyonu ile elde edilen yağ; sabun üretiminde, yağ asidi üretiminde ve evaporasyon kazanlarında köpük giderici olarak, değerlendirildiği görülmektedir [21-22].

Özellikle son on yılda, zeytinyağı üretim tesislerinin çevreye etkilerinin en aza indirilmesi için, 2 fazlı üretim, önemli bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. 2 fazlı zeytinyağı üretim sisteminde, yağ ve pirina olmak üzere iki kademeli ayırım sağlanmaktadır. Bu sistemlerde, dekantasyon aşamasında proses suyu kullanılmamakta, dolayısıyla dekantasyon aşamasında atıksu oluşmamakta ve sonuç olarak sektörden kaynaklanan atıksu kirlilik yükü çok önemli oranlarda azalmaktadır. İhtiyaç halinde zeytin hamurunun kıvamına göre, malaksöre 1/10 gibi düşük oranlarda su ilave edilebilmektedir, eklenen az miktarda su ve zeytinin özsu, pirina ile birlikte sistemden ayrılmaktadır.

Türkiye’de faaliyet gösteren yaklaşık 1031 zeytinyağı tesisinin (2015 yılı verilerine göre) yaklaşık 742’sinin (%72) 3 fazlı, 273’ünün 2 fazlı ve 16’sının ise taş baskı olarak üretim yaptığı belirlenmiştir. Ortalama değer üzerinden 1.000.000 ton/sezon zeytin (yağlık) işlendiği tahmin edilmektedir [23]. Son yıllarda, Tarım ve Orman Bakanlığı’nın teşvik amaçlı sağladığı Kırsal Kalkınma Destekleri ile 2 fazlı üretime geçiş yönünde bir meyil olmakla birlikte, Türkiye genelinde, zeytinyağı üretimi 3 fazlı olarak yapılmakta ve üretim sonunda çıkan atıksu lagünlerde buharlaştırılmaktadır. Mevcut durumda, lagünlerin çoğunun sızdırmazlıklarının sağlanmadığı ve buharlaşma için yeterli yüzey alanına sahip olmadıkları bilinmektedir. Bu nedenlerle, özellikle yağışın veya üretimin yoğun olduğu dönemlerde atıksular, alıcı ortama ulaşmaktadır. 3 fazlı üretimden 2 fazlı üretime geçiş için, tesis içinde çeşitli düzenlemeler yapılmasına ihtiyaç olduğu gibi, mevcut teknolojinin uygunluğuna bağlı olarak yeni dekantör yatırımı gerekebilmektedir. Türkiye’deki işletmelerin sahip oldukları dekantör teknolojisi göz önüne alındığında, mevcut dekantörlerin önemli bir kısmının (%78), üretim veriminde değişiklik olmadan dönüşebilir nitelikte olduğu, bir kısmının (%20) dönüştüğünde üretim kapasitesinde bir miktar kayıp olabileceği, sadece %2’sinin ise dönüşmez özellikte olduğu görülmektedir [23]. 2 fazlı üretimde su kullanımı, atıksu miktarı ve kirlilik yükü önemli oranlarda azalmakta, ancak oluşan pirinanın nem içeriği ve miktarı artmaktadır [24]. 2 fazlı pirinanın nem içeriğinin 3 fazlı pirinaya kıyasla daha yüksek olması, pirinanın kurutma maliyetini arttırmaktadır. Bu durum, pirina tesisleri tarafından 2 fazlı pirina için ödenen birim fiyatının 3 fazlı pirinaya göre düşük olmasına yol açmaktadır ve sektörün 2 fazlı üretime geçiş eğilimini etkilemektedir [25]. Hâlihazırda literatürde, üretim prosesi değişikliği ve karasuyun alternatif bertaraf yöntemlerinin sektöre getireceği maliyetin karşılaştırıldığı bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, karasu probleminin çözümüne yönelik olarak, Türkiye’deki 3 fazlı işletmelerin 2 fazlı üretime geçmesi, lagünlerin iyileştirilmesi, yerinde arıtma ve merkezi arıtma uygulanması alternatiflerinin maliyet analizleri yapılmış ve zeytinyağı tesislerine olan toplam maliyetleri, yatırım ve 10 yıllık işletme maliyetleri toplamının net bugünkü değeri açısından karşılaştırılmıştır. Maliyet analizleri, Türkiye’deki zeytinyağı tesislerinin kapasite kullanımları göz önüne alınarak, üç farklı kapasite için gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Türkiye’deki zeytinyağı tesislerinin sahip oldukları dekantör tipleri ve dönüşüme uygunlukları da (dönüşebilir, kısmen dönüşebilir ve dönüşmez) dikkate alınarak ayrı ayrı hesap yapılmıştır.

## 2. Materyal ve metot

3 fazlı zeytinyağı üretim tesislerinde oluşan karasuyun, çevreye olan zararının azaltılabilmesine yönelik mevcut yöntemlerin sektöre olan maliyetleri Net Bugünkü Değer (NBD) bazında karşılaştırılmıştır. Zeytinyağı tesislerinin genelini yansıtmaları bakımından, sezonda 1.000 ton, 2.000 ton ve 4.000 ton zeytin işleme kapasitesi olmak üzere, 3 farklı kapasite için ayrı ayrı hesap yapılmıştır. NBD hesaplanan yöntemler arasında i) üretim prosesi değişikliği: 3 fazlı üretimden 2 fazlı üretime geçilmesi (dekantörlerin dönüşebilir, kısmen dönüşebilir ve dönüşemez olması dikkate alınarak ayrı ayrı hesaplanmıştır); ii) lagünlerin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Genelge 10 [26] kriterlerine uygun hale getirilmesi ve atıksu deşarjının önlenmesi, iii) her bir işletmenin arıtma tesisi kurması ve yerinde arıtma yapması, iv) merkezi arıtma tesisi kurulması ve zeytinyağı tesislerinde oluşan atıksuların taşınarak merkezi tesiste arıtılması, yer almıştır.

Finansal analizde kullanılan yatırım maliyetleri ve NBD hesap yöntemi detayları aşağıda sunulmuştur.

### 2.1. Finansal analiz

Maliyet analizinde, referans seviye olarak, mevcut durumda 3 fazlı olarak çalışan bir tesis ele alınmış, karasu için herhangi bir bertaraf yöntemi uygulamadığı ve lagününün kriterlere uygun olmadığı kabul edilmiştir.

Finansal analizde kullanılan genel varsayımlar şu şekildedir, (i) 1 yıllık yatırım ve 10 yıllık işletme dönemi olmak üzere toplam 11 yıllık dönem için hesap yapılmıştır, (ii) hesaplar reel olarak ve 2015 TL fiyatları üzerinden yapılmıştır, (iii) enflasyona dayalı fiyat yükselişleri dikkate alınmamıştır, (iv) KDV ve diğer vergiler hesapların dışında tutulmuştur, (v) reel iskonto oranı %5 olarak alınmıştır.

Mevcut bilgilerle, alternatiflerin çevresel etkilerinin karşılaştırılmasının mümkün olmaması ve çevresel faydanın mali karşılığının tahmin edilmesine yönelik literatürde kısıtlı sayıda çalışma bulunması sebebiyle, çevre kirlenmesinin önlenmesinden sağlanacak çevresel faydanın maliyeti finansal analiz hesabına dâhil edilmemiştir.

Üretim prosesi değişikliği alternatifinde giderler, i) dönüşüm giderleri, ii) birim pirina fiyatının düşmesi sebebiyle pirina gelirinde kayıp ve iii) 2 fazlı üretimde oluşan karasuyun kanalizasyona deşarj bedelidir. Proses değişikliği alternatifinde fayda ise, işletmede daha az su kullanması sebebiyle su giderlerinde oluşacak azalma olarak dikkate alınmıştır. Dönüşüm, yatırım harcaması olup bir seferlik harcamadır, su giderlerindeki azalma, atıksuyun kanalizasyona deşarj bedeli (bertaraf gideri) ve pirina gelirinin azalması ise, her yıl tekrar eden maliyet kalemleridir ve 10 yıl süresince değişmeyecekleri kabulüyle hesap yapılmıştır.

Su ve atıksu bedellerinin belirlenmesinde, zeytinyağı işletmelerinin yoğun olduğu Aydın ili su tarifesi dikkate alınmıştır. Zeytinyağı ve pirina tesislerine ait bilgiler, zeytinyağı işletmelerinin üretim yöntemi, işletmelerde kullanılan dekantör özellikleri ve kapasite bilgileri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından desteklenmiş olan “Zeytin Sektörü Atıklarının Yönetimi (ZEYTİNAY)” projesinden alınmıştır. 1.000 ton zeytin

işlenmesi için kullanılan toplam su miktarı 2 fazlı üretimde 310 m<sup>3</sup>, 3 fazlı üretimde 940 m<sup>3</sup>; oluşan atıksu miktarı 2 fazlı üretimde 180 m<sup>3</sup>, 3 fazlı üretimde ise 1.200 m<sup>3</sup> olarak ele alınmıştır [23-24, 27].

2 fazlı pirina bedeli için tek bir fiyat olmadığı, pirinanın içeriğindeki neme ve transfer maliyetine yani zeytinyağı işletmesinin pirina tesisine olan mesafesine göre değiştiği görülmektedir. Yüksek nem içeriğine sahip ve/veya pirina işleme tesisine olan mesafenin arttığı lokasyonlardan taşınan 2 fazlı pirina için ödenen bedelin 25 TL/ton mertebelerinde olduğu, buna karşın, nem oranının düşük olduğu ve/veya pirina işleme tesisine olan mesafenin az olduğu tesislerden alınan 2 fazlı pirina için ödenen bedelin 35 TL/ton değerine kadar çıktığı bilinmektedir. Maliyet analizinde, 2 fazlı üretime dönüşüm alternatifinde, pirinaya ödenen birim fiyattaki farktan kaynaklanacak gelir kaybı hesaba dâhil edilmiştir. Bunun için, ekonomik finansal analiz, 3 fazlı pirinaya ödenen birim fiyatın 80 TL/ton olması ve 2 fazlı pirinaya ödenen birim fiyatın ise 25 ve 35 TL/ton olması durumu için değerlendirilmiştir. Ayrıca, 2 fazlı pirina bedeli olarak 50 TL/ton ödenmesi durumunda, işletmelerin gelir kaybı değişikliği analiz edilmiştir.

Alternatiflerin karşılaştırılması, NBD üstünden yapılmıştır. NBD, işletmenin 10 yıllık süreçte elde edeceği gelirlerin, önceden saptanmış bir iskonto değerine bağlı olarak bugüne indirgenmiş değerlerin toplamı ve yatırım için gerekli bedelin (yatırım ve işletme giderleri) belirlenmiş iskonto değeri üzerinden bugünkü değeri toplamı arasındaki farktır. Çıkan değerın eksi (-) olması, işletmenin kârının varsayılan iskonto oranından düşük olması (işletmenin zarar etmesi), artı olması ise (+) işletmenin kazanç sağlaması anlamına gelmektedir. NBD hesabı aşağıda gösterilmiştir.

$$NBD = -Y_0 + \sum_{n=1}^n \frac{NF_n}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Burada;

Y<sub>0</sub>: İlk yatırım maliyeti

NF: Net Fayda

i: iskonto oranı (iskonto oranı %5 alınmıştır).

n: süre, yıl (10 yıl alınmıştır).

Net Fayda, genel olarak işletme gelirlerinde ve giderlerindeki fark olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada, 3 fazdan 2 faza geçiş için Net Fayda, 3 fazdan 2 faza geçişte oluşan işletme gelirlerindeki değişimle 3 fazdan 2 faza geçiş sonucunda oluşan işletme maliyetlerindeki değişim neticesinde elde edilen yıllık net gelir farkı olarak ifade edilebilir. Örneğin, dönüşebilir özellikte bir dekantöre sahip tesisin 2 fazlı üretime geçmesi durumu için Net Faydayı yazarsak; (i) 2 fazlı üretime dönüşüm durumunda su kullanımı azalacağı için su giderlerinde azalma olacaktır (değeri pozitif), (ii) oluşan yıkama ve seperatör atıksularının kanalizasyona deşarjı için atıksu bertaraf bedeli ödenecektir (değeri negatif), (iii) pirina gelirindeki artış ya da azalma (2 fazlı üretimde daha fazla pirina oluşacaktır, ancak 2 fazlı pirinanın satış fiyatı 3 fazlı pirinadan düşüktür. Pirinanın birim fiyatına göre, pirina gelirindeki değişim pozitif veya negatif olabilir). Bu durumda, Net Fayda;

NF: (+) Su giderinde azalma + (-) Atıksu bertaraf gideri + (±) pirina gelirindeki değişim olacaktır.

## 2.2. Üç fazlı üretimden iki fazlı üretime geçiş

Mevcut durumda 3 fazlı olarak çalışan zeytinyağı işletmelerinin, 2 fazlı üretime dönüşmesi için, tesiste bazı düzenlemeler yapması gerekmekte ve yeni yatırım ihtiyacı olabilmektedir. Yatırım ihtiyacı arasında (i) kullanılan dekantör tipine bağlı olarak dekantörün dönüştürülme maliyeti ve/veya yeni dekantör yatırımı, (ii) tesis içinde pirinanın taşınması için helezon tadilatı veya pirina pompası yatırımı, (iii) pirina depolama havuzu ya da silosu imalat yatırımıdır. Türkiye’deki zeytinyağı işletmelerinde kullanılan dekantörler, 2 fazlı üretime dönüşüm uygunluğuna göre “dönüşebilir (üretim veriminde değişiklik olmadan)”, “kısmen dönüşebilir (dönüştüğünde üretim kapasitesinde düşme gözlemlenebilir)” ve “dönüşemez (dekantörün yenilenmesi gerekir)” olarak 3 gruba ayrılmıştır [23]. Oluşturulan gruplar özelinde, 2 fazlı üretime dönüşüm maliyeti ile gerekli ekipman revizyonu ve/veya yeni ekipman ihtiyacı belirlenmiş ve 3 farklı büyüklükteki zeytinyağı işletmesi için yatırım maliyeti tahmin edilmiştir (Tablo 1). Dönüşebilir özellikteki dekantörler için dönüşüm maliyetleri, dekantör firmalarından ve dönüşüm gerçekleştiren işletmelerden temin edilmiştir. Dönüşemez özellikteki dekantöre sahip işletmeler için ise yeni dekantör bedeli olarak dekantör firmalarından temin edilen, dekantör fiyatlarının ortalaması dikkate alınarak öngörülmüştür [24]. Zeytinyağı işletmelerinin, 2 fazlı üretime dönüşmesi alternatifinin, tesislere olan maliyetini etkileyen bir diğer parametre, pirina geliridir. 2 fazlı üretimde oluşan pirina, 3 fazlı pirinaya kıyasla daha nemlidir. Bununla birlikte 2 fazlı pirina bedeli, pirinanın nem oranına ve taşınan mesafeye göre farklılık gösterdiği için pirina tesisleri tarafından pirinaya ödenen bu bedel, daha düşük olmaktadır. Bu nedenle, pirina gelirinin değişiminin değerlendirilebilmesi amacıyla farklı pirina bedelleri için gelir kaybı hesaplanmıştır. Bunun için, pirina bedeli, saha çalışmaları ve veri toplama çalışmaları sırasında zeytinyağı işletmeleri ve pirina tesislerinden temin edilen bilgiler doğrultusunda belirlenmiş, hesaplarda 3 fazlı pirina için pirina satış bedeli 80 TL/ton, 2 fazlı pirina için ise 25-35 TL/ton olarak alınmıştır. Ayrıca, 2 fazlı pirina satış fiyatının 50 TL/ton olması durumu için de maliyet analizi yapılmış, sonuçlar dönüşümün tesislere olan maliyeti açısından karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. Üretim kapasitelerine göre zeytinyağı tesislerinin dönüşüm maliyetleri (TL).

	1.000 ton/sezon	2.000 ton/sezon	4.000 ton/sezon
<b>Dönüşebilir özellikte dekantöre sahip tesisler</b>			
Dekantörün dönüşüm bedeli	10.000	10.000	15.000
Helezon tadilatı ve pompa temin bedeli	30.000	30.000	30.000
Pirina depolama tankı bedeli	20.000	40.000	80.000
Toplam dönüşüm maliyeti	60.000	80.000	125.000
<b>Kısmen Dönüşebilir özellikte dekantöre sahip tesisler</b>			
Dekantörün dönüşüm bedeli	40.000	40.000	60.000
Helezon tadilatı ve pompa temin bedeli	30.000	30.000	30.000
Pirina depolama tankı bedeli	20.000	40.000	80.000
Toplam dönüşüm maliyeti	90.000	110.000	170.000
<b>Dönüşemez özellikte dekantöre sahip tesisler</b>			
Yeni dekantör yatırım bedeli	130.000	200.000	280.000
Helezon tadilatı ve pompa temin bedeli	30.000	30.000	30.000
Pirina depolama tankı bedeli	20.000	40.000	80.000
Toplam dönüşüm maliyeti	180.000	270.000	390.000

## 2.3. Yerinde arıtma

Yerinde arıtma alternatifinde, her bir zeytinyağı işleme tesisinin karasuyu arıtabilecek nitelikte arıtma tesisi kurması ve tesis bünyesinde arıtma yapması ön görülmüştür.

Mevcut durumda, literatürde karasuyun arıtımı ile ilgili sürdürülebilir ve ekonomik bir teknoloji belirtilmemiş olsa da, son yıllarda membran proseslerinin kullanımına yönelik çalışmalar dikkate alınmış [28-30] ve membranla entegre bir sistemin kurulacağı öngörülmüştür. Arıtmanın, ön arıtma (fiziksel ve kimyasal), membran filtrasyonu (ultrafiltrasyon) ve biyolojik arıtma proseslerinden oluşacağı öngörülmüş, proseste oluşacak membran konsantresinin ise lagünde buharlaştırılması planlanmıştır. Arıtma sisteminin yatırım maliyeti, literatürde yer alan birim maliyetler dikkate alınarak tahmin edilmiş, ayrıca lagün maliyeti de hesaba eklenmiştir. Lagün dibinde oluşacak çamurun, mevcut uygulamaya benzer şekilde pirina ile birlikte değerlendirileceği kabul edilmiş, çamur için herhangi bir ilave bertaraf maliyeti öngörülmemiştir. Buna göre; maliyet analizlerinde kullanılan, tesisin yatırım ve işletme maliyetleri, literatürdeki çalışmalar doğrultusunda [31-32] farklı kapasiteler için derlenerek Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Kapasitelerine göre zeytinyağı tesislerinin yerinde arıtma maliyetleri.

Ortalama işlenen zeytin miktarı (ton/sezon)	1.000	2.000	4.000
Atıksu miktarı (m <sup>3</sup> )	1.200	2.400	4.800
Atıksu arıtma tesisi inşası (TL)	175.000	350.000	700.000
Membran konsantresi için buharlaştırma lagün inşası (TL)	25.000	50.000	100.000
Toplam yatırım maliyeti (TL)	200.000	400.000	800.000
İşletme maliyeti (yıllık TL)*	30.000	60.000	120.000

\*25 TL/m<sup>3</sup> karasu olarak kabul edilmiştir.

#### 2.4. Merkezi arıtma

Merkezi arıtma alternatifinde, zeytinyağı işletmelerinde oluşan karasuyun, merkezi bir arıtma tesisine taşınarak arıtılacağı varsayılmıştır. Bunun için, 50 km çaplı servis alanı içinde (en uzak tesis 25 km mesafede) bir arıtma tesisi kurulacağı kabul edilmiştir. Arıtma tesisinin sezon süresince hizmet vereceği varsayılarak kapasite tahmini yapılmıştır. Karasuyun arıtımı için kurulmuş bir merkezi arıtma tesisi örneğinin olmaması sebebiyle, yerinde arıtma alternatifi ile aynı arıtma prosesinin kullanılacağı varsayılmıştır (fiziksel arıtma, kimyasal arıtma, biyolojik arıtma ve ultrafiltrasyon prosesi). Yatırım ve işletme maliyetleri, kapasite büyümesine bağlı olarak yerinde arıtma birim maliyetleri azaltılarak (yaklaşık %40 oranında) alınmıştır. Karasu nakliye bedelleri, seçilen 50 km çaplı servis alanı içinde vidanjör ile taşıma yapılacağı kabulüne göre, sefer sayısı ve birim yakıt maliyetleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Merkezi arıtma tesisinin, özel işletmeler tarafından kurulacağı, işletme ve nakliye maliyetleri dikkate alınarak, arıtma bedelinin zeytinyağı işletmelerine yansıtılacağı kabul edilmiştir. Merkezi arıtma tesisi maliyetleri Tablo 3’te sunulmuştur. Buna göre, merkezi arıtma tesisinde bir metreküp karasuyun arıtılmasının bedelinin nakliye dahil ortalama olarak yaklaşık 36,6 TL olacağı öngörülmektedir. Merkezi arıtma tesisin %20 karla çalışması durumunda, ise zeytinyağı üreticilerinden ortalama olarak 1 metreküp karasu için nakliyesi ile birlikte yaklaşık 44 TL tahsil edileceği öngörülmektedir.

Tablo 3. Merkezi arıtma tesisi maliyetleri.

Kabuller	
Kapasite (m <sup>3</sup> /sezon)	100.000
Günlük atıksu kapasitesi (m <sup>3</sup> /gün)	700
Arıtma yatırım bedeli (TL)	10.000.000
Arıtma işletme bedeli (TL/sezon)	1.000.000
Atıksu nakliyesi için vidanjör adedi*	15
Personel gideri (vidanjör şoförü maliyeti) (TL/sezon)	225.000
Vidanjör amortisman bedeli (TL/sezon)**	562.500

<b>Kabuller</b>	
Toplam günlük transfer mesafesi, km/gün**	2.500
Kilometrede yakıt bedeli (TL/km)	2
Toplam yakıt maliyeti (TL/sezon)****	750.000
Diğer vidanjör giderleri (bakım ve sigorta) (TL/sezon)	200.000
Toplam atıksu nakliye gideri (TL/sezon)	1.737.500
Aritma tesisi amortisman ve işletme bedeli (TL/yıl)*****	2.000.000
Toplam işletme maliyeti (TL/sezon)	3.737.500
Atıksu arıtma maliyeti (TL/m <sup>3</sup> )	36,6
Metreküp atıksu arıtma fiyatı (%20 kar) (TL/m <sup>3</sup> )	44

\* Her biri 15 m<sup>3</sup> kapasiteli

\*\* Vidanjörün ekonomik ömrü 8 yıl ve fiyatı 300.000 TL olarak alınmıştır.

\*\*\* 50 sefer yaptığı ve gidiş dönüş 50 kilometre olduğu kabul edilmiştir

\*\*\*\* Sezonda 150 gün çalışıldığı kabul edilmiştir

\*\*\*\*\* Amortisman bedeli hesabında ekonomik ömür 10 yıl varsayılmış ve yıllık 1 milyon TL alınmıştır.

### 2.5. Buharlaştırma lagünü

Buharlaştırma lagünü yapılması alternatifinde, tesislerde oluşacak karasuyun depolanarak buharlaşmaya bırakılacağı, sızdırmaz özellikte ve derinliği 1,5 metre olan lagünler inşa edileceği kabul edilmiş, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Genelge 10 kriterlerine göre hesap yapılmıştır [26]. Atıksuyun yağ içeriğine bağlı olarak, buharlaşmanın yeterli oranda gerçekleşip gerçekleşmeyeceği, tesis tarafından kontrol edilmeli ve bölgesel olarak ayrıca değerlendirilmelidir. Maliyet hesaplanırken, zeytinyağı tesislerinin kendi bünyelerinde yeterli araziye sahip oldukları varsayılmış ve hesaba arazi bedeli dâhil edilmemiştir. Buna göre, farklı kapasitedeki işletmeler için lagün inşa maliyetleri Tablo 4'te verilmiştir. Lagünlerin yıllık işletme gideri hesabında, lagünlerin inşa bedelinin %2'si oranında bir bakım maliyeti olacağı ön görülmüştür.

Tablo 4. Sezondaki üretim kapasitelerine göre zeytinyağı tesislerinin lagün inşa maliyetleri.

<b>Ortalama zeytin işleme miktarı (ton/sezon)</b>	<b>1.000</b>	<b>2.000</b>	<b>4.000</b>
Atıksu miktarı (m <sup>3</sup> )	1.200	2.400	4.800
Lagünün toplam yüzey alanı (m <sup>2</sup> )	800	1.500	3.200
Lagün inşa maliyeti (TL)	60.000	100.000	180.000

### 3. Bulgular

Türkiye'de 3 fazlı üretim yapan işletmelerdeki dekantörlerin %98'i, 2 fazlı üretime dönüşüm için uygundur (toplam dekantörlerin %78'i dönüşebilir, %20'si kısmen dönüşebilir), yalnızca %2'si dönüşüme uygun değildir ve yeni yatırım gerektirmektedir [23]. Zeytinyağı üreticilerinin 2 fazlı üretime dönüşüm için yatırım maliyetleri Tablo 1'de sunulmaktadır. Buna göre, dönüşebilir tesislerin 2 fazlı üretime geçmek için dekantör başına 10.000-15.000 TL, kısmen dönüşebilir özellikte dekantöre sahip tesislerin dekantör başına 40.000-60.000 TL, dönüşemez özellikte dekantöre sahip ve yeni dekantör yatırımı yapması gereken tesislerin ise kapasitesine göre 130.000-280.000 TL civarında yatırım yapması gerektiği ön görülmektedir. Zeytinyağı işletmelerinin üretim proseslerini 2 fazlı üretime dönüştürmeleri durumunda, ortaya çıkabilecek diğer bir ihtiyaç, prininanın depolanmasıdır. Pirininanın depolanması için, tabanı sızdırmaz özellikte havuzlar ya da silolar kullanılabilir. Bununla birlikte, pirininanın iletilmesi için



pompa ve taşıma helezonu tadilatı ve/veya yatırımı da gerekmektedir. Buna göre, ortalama 2.000 ton/sezon kapasiteli ve dönüştürülebilir özellikte dekantöre sahip bir zeytinyağı işletmesinin, toplam dönüşüm maliyetinin ortalama olarak 80.000 TL civarında olacağı tahmin edilmektedir. Tablo 1’de yer alan dönüşüm maliyetleri dikkate alındığında, Türkiye’deki 3 fazlı zeytinyağı işletmelerinin tamamının 2 fazlı üretime dönüşmesi durumunda, toplam yatırım maliyetinin ortalama 72.339.000 TL seviyelerinde olacağı, bu maliyetin 16.739.000 TL’sinin dekantör dönüşümü için, 3.380.000 TL’sinin yeni dekantör yatırımı için, 22.380.000 TL’sinin ise pirina transferi için helezon ve pompa tadilatı için, 29.840.000 TL’sinin ise pirina depolama (silo, havuz vb.) için kullanılacağı tahmin edilmektedir. Görüldüğü gibi pirina depolama maliyeti önemli yatırım kalemleri arasındadır. Mevcut durumda, 2 fazlı çalışan tesislerin büyük çoğunluğu, mevcut karasu havuzlarını, pirina depolamak için kullanmaktadır ve Türkiye’deki 3 fazlı zeytinyağı tesislerinin %89’u karasu havuzuna sahiptir [23]. Zeytinyağı tesislerinin 2 fazlı üretime dönüşümü sonrası, mevcut karasu havuzlarının pirina depolaması amacıyla kullanılması durumunda, tüm Türkiye geneli için toplam dönüşüm maliyeti yaklaşık 47.000.000-50.000.000 TL mertebesine düşecektir. Türkiye’deki zeytinyağı tesislerinin 2 fazlı üretime dönüşmesi durumunda, dönüşümün 3 farklı üretim kapasitesine sahip zeytinyağı tesislerine olan maliyetleri, gelir ve giderleri, Tablo 5’te sunulmuştur. Tablo 5 incelendiğinde, pirina gelirinin, zeytinyağı işletmeleri için önemli bir gelir kalemi olduğu görülmektedir. Proses değişikliğine bağlı olarak, pirina gelirindeki değişim, yani 3 fazlı pirina geliri (birim fiyatı 80 TL/ton) ile 2 fazlı (birim fiyatı 25-35 TL/ton) arasındaki fark “gelir kaybı” olarak sonuçlara yansımaktadır. Su gideri ise, suyun birim fiyatının yüksek olduğu illerde, önemli sayılabilecek maliyet kalemleri arasında olabilir ve 2 fazlı üretim açısından gider azalması olarak sonuçlara etki edebilir. Bu çalışmada, alternatif bertaraf yöntemleri için fayda ve maliyetler, Tablo 6’da, alternatiflerin zeytinyağı işletmelerine olan yatırım ve 10 yıllık işletme maliyetleri toplamının net bugünkü değerleri (NBD) ise Şekil 2’de verilmiştir. Her bir alternatif için, NBD değerleri, maliyet kalemlerindeki değişiklikler belirlenerek, varsa eğer gelirler (örn. su bedelinden tasarruf, pirina gelirindeki artış vb.) ve giderler (örn. ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti, işletmenin su ve atıksu için ödediği bedeller pirina gelirindeki azalma, vb.) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Buna göre, örneğin 1.000 ton kapasiteli bir zeytinyağı üretim tesisinin, 3 fazlı üretimden, 2 fazlı üretime dönüşmesi durumunda, yıllık olarak su giderlerinde 6.300 TL azalma olması beklenmektedir. Bununla birlikte, atıksu bertarafı için her yıl 540 TL harcanması ve pirina satışından 9.300 TL gelir kaybı (2 fazlı pirina fiyatı 35 TL/ton olduğunda) olması beklenmektedir. Bunun sonucunda, söz konusu tesiste yıllık olarak 3.540 TL’lik bir zarar olabilmektedir. Bir başka ifadeyle, 2 fazlı pirinanın 35 TL/ton bedelle satılması durumunda, 3 fazlı olarak üretim yapan 1.000 ton kapasiteli bir tesisin 3 fazlı üretimden elde edeceği 40.800 TL pirina geliri, 2 fazlı üretime geçildiğinde 31.500 TL’ye düşmektedir. Aradaki 9.300 TL’lik fark, pirina gelirinde azalma olarak yer almaktadır (Tablo ).

2 fazlı pirina bedelinin 25 TL/ton olması durumunda, sezonda 4.000 ton işleyen ve dönüştürülebilir özellikte olan bir zeytinyağı üretim tesisinin 2 fazlı üretime dönüşmesiyle NBD değeri, yaklaşık -506.370 TL olmakta; yerinde arıtma yapıldığında bu değer -1.799.709 TL; merkezi arıtma yapıldığında ise bu değer -1.628.977 TL olmaktadır. Buna göre, 2 fazlı pirinanın fiyatı, 50 TL/ton olduğunda, tesis kapasitelerine bakılmaksızın en uygun seçeneğin 2 fazlı üretime dönüşüm olacağı görülmektedir. Sezonda 4.000 ton işleyen ve dönüştürülebilir özellikteki tesisin 2 fazlı üretime dönüşmesi durumunda, NBD değeri yaklaşık -188.586 TL iken, yerinde arıtma yapıldığında NBD

değeri üzerinden kayıp -1.799.706 TL olmaktadır. Elde edilen sonuçlardan, 2 fazlı üretime geçişte en belirleyici unsurun zeytinyağı işletmelerinin gelirleri arasında önemli yere sahip olan pirina bedeli olduğu görülmektedir. 2 fazlı pirina için ton başına birim fiyatın 25 TL veya 35 TL olması ve işletme bünyesinde yeterli alanın bulunduğu arazi bedelinin ödenmediği durumda, istenen kriterlere getirilmiş lagünlerde buharlaştırma yapmak ekonomik olarak anlamlı görünmektedir (Şekil 2). Ancak çoğu işletmede, yeterli alanın bulunmadığı bilinmektedir. İşletmenin bünyesinde yeterli büyüklükte kullanılmayan arazinin bulunmadığı ve/veya arazi bedelinin söz konusu olması durumunda, bu seçenek ekonomik olarak uygun olmamaktadır. Diğer taraftan, yerinde ve merkezi arıtma alternatifleri, en yüksek maliyetli seçenekler olarak ortaya çıkmaktadır.

Tablo 5. İki 2 fazlı üretime dönüşümün zeytinyağı tesislerine olan maliyeti.

Zeytin işleme kapasitesi	1.000 ton/sezon		2.000 ton/sezon		4.000 ton/sezon	
	2 faz	3 faz	2 faz	3 faz	2 faz	3 faz
Üretilen zeytinyağı miktarı (ton)	237.1	236.8	474.2	473.6	948.4	947.2
Hak yağ miktarı (tesise kalan yağ) (ton)	23.71	23.68	47.42	47.36	94.84	94.72
Zeytinyağı geliri (TL)*	237.100	236.800	474.200	47.600	948.400	947.200
Oluşan pirina miktarı (ton)	900	510	1.800	1.020	3.600	2.040
<b>Pirina geliri **</b>						
2 fazlı pirina fiyatı 25 TL/ton ise	22.500	40.800	45.000	81.600	90.000	163.200
2 fazlı pirina fiyatı 35 TL/ton ise	31.500	40.800	63.000	81.600	126.000	163.200

Tablo 5. (Devamı).

2 fazlı pirina fiyatı 50 TL/ton ise	45.000	40.800	90.000	81.600	180.000	163.200
<b>Toplam pirina ve yağ geliri***</b>	<b>268.600</b>	<b>277.600</b>	<b>537.200</b>	<b>555.200</b>	<b>1.074.400</b>	<b>1.110.400</b>
Üretimde kullanılan su miktarı (m <sup>3</sup> )	310	940	620	1.880	1.240	3.760
Oluşan atıksu miktarı (m <sup>3</sup> )	180	1.200	360	2.400	720	4.800
Su gideri (TL)****	3.100	9.400	6.200	18.800	12.400	37.600
Atıksu gideri (TL)*****	540	-	1.080	-	2.160	-

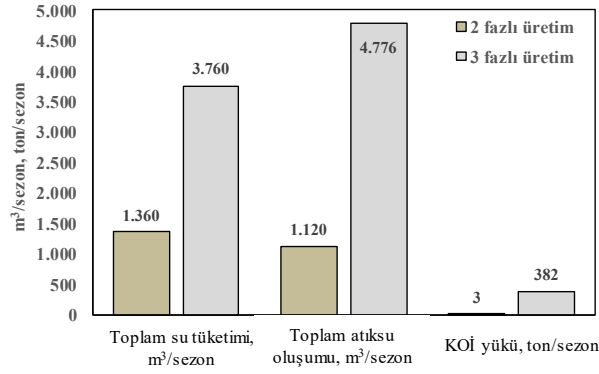
\* 1 litre yağ fiyatı 10 TL

\*\*3 fazlı pirina birim fiyatı sabit ve 80 TL/ton olarak alınmıştır

\*\*\*2 fazlı pirinanın tonu 35 TL, 3 fazlının 80 TL olduğu durumda

\*\*\*\* Su fiyatı, 10 TL/ m<sup>3</sup>

İşletmenin finansal analizinde, çevresel göstergeler arasında yer alan, su kullanımının ve atıksu oluşumunun azalması, su maliyeti ve atıksu uzaklaştırma bedelindeki değişim açısından finansal analize yansıtılmıştır. Çevresel kazanımların, örneğin su kaynaklarının korunması ve çevre kirlenmesinin önlenmesine olan etki ve sağlanacak çevresel faydanın maliyet karşılığı, finansal analiz hesabına dâhil edilememiştir. Çevresel göstergeler açısından karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla, sezonda 4.000 ton zeytin işleyen bir tesisin 2 fazlı ve 3 fazlı üretim yapması durumunda, işletmenin su kullanımı, oluşacak atıksu miktarı ve atıksuyun KOİ yükü tahmin edilmiştir (Şekil 1). Şekil 1 incelendiğinde, 2 fazlı üretimin çevresel faydasının, gerek su tüketimi ve oluşacak atıksu miktarı, gerekse de atıksuyun kirlilik yükü açısından, 3 fazlı üretime kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle oluşacak atıksuyun KOİ yükü açısından, aradaki fark (2 fazlı üretim lehine yaklaşık 125 kat) büyüktür.



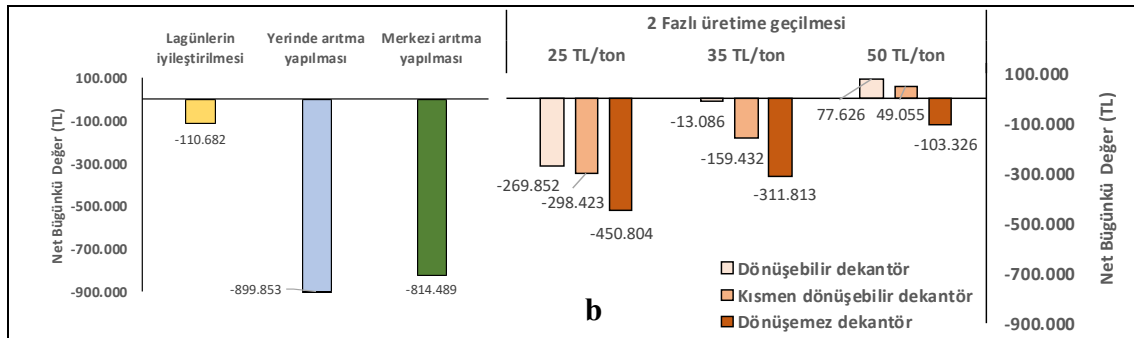
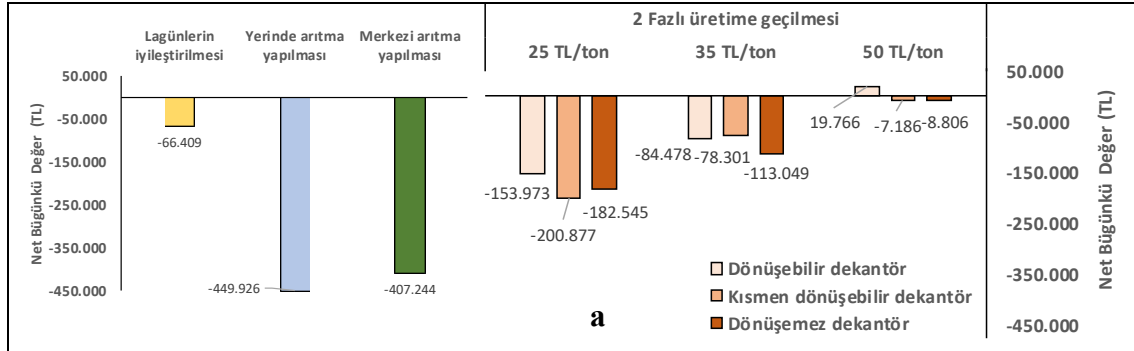
Şekil 1. Sezonda 4.000 ton zeytin işleyen bir tesisin, 2 fazlı ve 3 fazlı üretim yapması durumunda su tüketimi, atıksu oluşumu ve KOİ yükü (Hocaoglu vd. [24]'ten uyarlanmıştır).

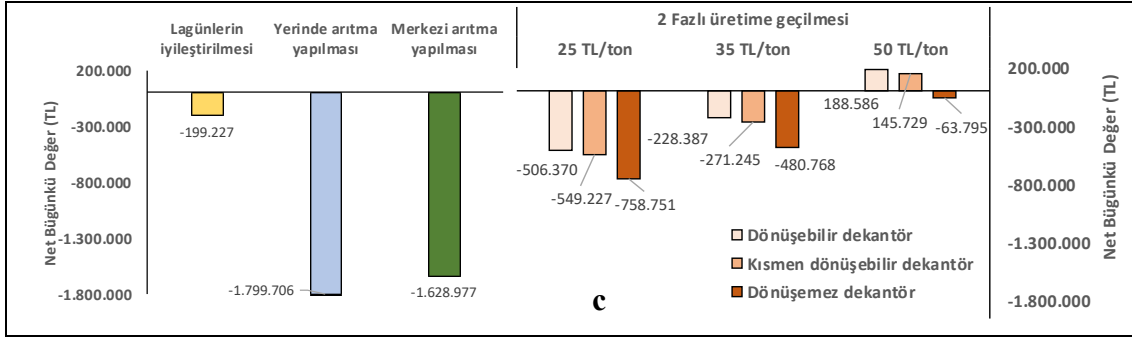
Merkezi arıtma seçeneğinde, atıksuyun tesise taşınması önemli gider kalemleri arasındadır. Merkezi arıtma tesisi, civarındaki zeytinyağı üretim tesislerine en fazla 25 km uzaklıkta olacak şekilde ön görülmüş olsa da, su miktarının ve ihtiyaç duyulan vidanjör sayısının fazla olması, atıksuyun tesise taşınma maliyetlerini arttırmaktadır. Atıksu nakliye maliyetlerini ortadan kaldırmak üzere, zeytinyağı tesislerinin ihtisas OSB içinde toplanması düşünülebilir. Amortisman ve kanalizasyona deşarj bedelleri dâhil birim atıksu arıtma bedelinin (6 TL altına düşmesi durumunda, merkezi arıtma seçeneği, 2 fazlı üretime dönüşüme kıyasla daha ekonomik olabilmektedir (ihtisas OSB'ye taşınmanın bedeli göz ardı edilmiştir). Atıksu deşarj bedelinin 3 TL civarında olduğu göz önüne alındığında, amortisman dahil birim atıksu arıtma bedelin 3 TL altında olması gerektiği görülmektedir. Membran sistemleri ile entegre arıtma teknolojisi ile deşarj standartlarına ulaşabilmenin mümkün olabileceği, değerlendirildiğinde, amortisman dahil birim atıksu arıtma bedelin 3 TL altında olması, günümüz koşullarında gerçekçi görünmemektedir. Bu doğrultuda, OSB'ye taşınma bedeli göz ardı edildiği durumda dahi, merkezi arıtma seçeneğinin zeytinyağı işletmelerine olan maliyeti, 2 fazlı üretime dönüşüme kıyasla yüksektir.

Tablo 6. Farklı alternatiflerin fayda ve maliyetleri.

	1000 ton/sezon	2000 ton/sezon	4000 ton/sezon
<b>Lagünlerin iyileştirilmesi</b>			
Lagün inşa maliyeti, TL	-60.000	-100.000	-180.000
Yıllık bakım maliyeti, TL	-1.200	-2.000	-3.600
<b>Yerinde arıtma yapılması</b>			
Yerinde atıksu arıtma tesisi inşa maliyeti, TL	-175.000	-350.000	-700.000
Lagün inşa maliyeti, TL	-25.000	-50.000	-100.000
Yıllık arıtma tesisi işletme ve bakım maliyeti, TL	-30.000	-60.000	-120.000
Kanalizasyona deşarj (atıksu bertaraf) gideri, TL	-3600	-7.200	-14.400
<b>Merkezi arıtma yapılması</b>			
Yıllık merkezi arıtmaya ödenen bedel, TL	-52.740	-105.480	-210.960
<b>2 Fazlı üretime geçilmesi</b>			
<b>Dönüşebilir dekantöre sahip tesisler için</b>			
Dönüşüm maliyeti, TL (-)	-60.000	-80.000	-125.000
Yıllık su giderinde azalma, TL (+)	6.300	12.600	25.200
Yıllık kanalizasyona deşarj bedeli, TL (-)	-540	-1.080	-2.160
Yıllık pirina gelirin azalma, TL (-)			
25 TL/ton pirina	-18.300	-36.600	-73.200

	1000 ton/sezon	2000 ton/sezon	4000 ton/sezon
35 TL/ton pirina	-9.300	-18.600	-37.200
50 TL/ton pirina	4.200	8.400	16.800
<b><i>Kısmen dönüştürülebilir dekantöre sahip tesisler için</i></b>			
Dönüşüm maliyeti, TL (-)	-90.000	-110.000	-170.000
Yıllık su giderinde azalma, TL (+)	6.300	12.600	25.200
Yıllık kanalizasyona deşarj bedeli, TL (-)	-540	-1.080	-2.160
Yıllık pirina gelirinde azalma, TL (-)			
25 TL/ton pirina	-18.300	-36.600	-73.200
35 TL/ton pirina	-9.300	-18.600	-37.200
50 TL/ton pirina	4.200	8.400	16.800
<b><i>Dönüşürülemez özellikte dekantöre sahip tesisler için</i></b>			
Dönüşüm maliyeti, TL (-)	-180.000	-270.000	-390.000
Yıllık su giderinde azalma, TL (+)	6.300	12.600	25.200
Yıllık kanalizasyona deşarj bedeli, TL (-)	-540	-1.080	-2.160
Yıllık pirina gelirinde azalma, TL (-)			
25 TL/ton pirina	-18.300	-36.600	-73.200
35 TL/ton pirina	-4.800	-18.600	-19.200
50 TL/ton pirina	4.200	8.400	16.800





Şekil 2. Farklı alternatiflerin Net Bugünkü Değerleri a) 1000 ton/sezon kapasiteli tesisi b) 2000 ton/sezon kapasiteli tesisi c) 4000 ton/sezon kapasiteli tesisi.

#### 4. Sonuçlar

Mevcut çalışmada, zeytinyağı üretim tesislerinde oluşan karasuyun bertaraf alternatiflerinin maliyetleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, 1.000, 2.000 ve 4.000 ton/sezon zeytin işleme kapasitesine sahip zeytinyağı üretim tesisleri ele alınmıştır. Alternatiflerin, zeytinyağı işletmelerine olan toplam maliyetleri (ilk yatırım ve 10 yıllık işletme maliyetleri toplamı) arasında önemli farklar bulunmuştur. Buna göre, zeytinyağı işletmeleri açısından, en ekonomik çözüm, 3 fazlı üretimden 2 fazlı üretime geçiş ve işletme bünyesinde yeterli arazinin bulunduğu ve arazi bedeli ödenmediği durumda, lagünün istenen kriterlere göre iyileştirilmesi olmuştur. Ancak arazi bedelinin söz konusu olduğu durumda, 2 fazlı üretime geçiş en ekonomik çözüm olarak görülmektedir.

3 fazlı zeytinyağı işletmelerinin, 2 fazlı üretime dönüşmesinde, işletme maliyetlerini etkileyen en önemli parametrenin, pirina bedeli olduğu belirlenmiştir. 3 fazlı pirinaya ödenen bedel 80 TL/ton iken, 2 fazlı pirinaya ödenen bedelin 25 TL-35 TL/ton seviyelerinden, 50 TL/ton seviyesine yükselmesi durumunda, dönüşümün işletmelere olan maliyetinin ortadan kalkacağı belirlenmiştir. Bu açıdan, pirina üstünden verilecek destek ve teşvikler, sektörün 2 fazlı üretime geçişinin artmasına katkı sağlayabilir.

Türkiye'deki tüm 3 fazlı zeytinyağı işletmelerinin, 2 fazlı üretime dönüşmesi durumunda, toplam yatırım maliyetinin mevcut lagünlerin kullanım kullanılmamasına bağlı olarak, 47-73 milyon TL arasında olacağı tahmin edilmektedir.

Yerinde arıtma ve merkezi arıtma seçenekleri ise, zeytinyağı işletmeleri açısından maliyetin en yüksek olduğu alternatifler olarak bulunmuştur. 25 km bir yarıçap içinde kurulacak merkezi arıtma alternatifinin, yatırım ve işletme maliyeti, yerinde arıtmaya göre düşük olmakla birlikte atıksuyun tesise taşınması en önemli gider olarak ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda, zeytinyağı üretim tesislerinin ihtisas OSB içine taşınması ve atıksu transfer bedelinin ortadan kaldırılması durumu değerlendirilebilir. Bu durumda, OSB'ye taşınma maliyetleri göz ardı edildiğinde, amortisman dahil birim işletme maliyetinin 3 TL/m<sup>3</sup> civarında olduğu bir arıtma teknolojisiyle deşarj standartlarına sağlanabilirse, merkezi arıtma seçeneği 2 fazlı üretime dönüşüm maliyeti seviyesine gelmekte ve ekonomik olarak anlamlı olmaktadır. Ancak, mevcut arıtma teknolojileri ve uygulanabilecek membranla entegre arıtma sistemi özellikleri dikkate alındığında, birim işletme maliyetlerinin söz konusu seviyenin üstünde olacağı ve bu seçeneğin mevcut koşullarda gerçekçi olmadığı söylenebilir.

## Teşekkür

Bu makale, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından desteklenmiş olan “Zeytin Sektörü Atıklarının Yönetimi (ZEYTİNAY)” projesi kapsamında oluşturulmuştur (TÜBİTAK MAM, 2015). Proje sürecinde emeği geçen başta, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri olmak üzere, Tarım ve Orman Bakanlığı, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü (İzmir), Ulusal Zeytin ve Zeytinyağı Konseyi’ne teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- [1] Tunç, M. S., Ünlü, A., Zeytinyağı üretim atıksularının özellikleri, çevresel etkileri ve arıtım teknolojileri, **Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 4, 2, 44-74, (2015).
- [2] Di Mauro, M. D., Giardina, R. C., Fava, G., Mirabella, E.F., Acquaviva, R., Renis, M., D’antona, N., Polyphenolic profile and antioxidant activity of olive mill wastewater from two sicilian olive cultivars: Cerasuola and nocellara etnea, **European Food Research and Technology**, 1-9, (2017).
- [3] Azbar, N., Bayram, A., Filibeli, A., Muezzinoglu, A., Sengul, F., Ozer, A. A review of waste management options in olive oil production, **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, 34, 3, 209-247, (2004).
- [4] Oktav, E., Özer, A., Zeytinyağı endüstrisi atıksularının fiziksel ön arıtımı, İnşaat mühendisleri odası, **Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi**, Antalya, (2005).
- [5] Paraskeva, P., Diamadopoulos, E., Technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment: A review, **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, 81, 1475-1485, (2006).
- [6] Yalılı Kılıç, M., Kestioğlu, K., Kaya, G. Zeytin karasuyunun fiziko-kimyasal arıtılabilirliği. **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 13, 3, 271-276, (2009).
- [7] Gursoy-Haksevenler, B. H., Arslan-Alaton, İ., Evidence of inert fractions in olive mill wastewater by size and structural fractionation before and after thermal acid cracking treatment, **Separation and Purification Technology**, 154, 176-185, (2015).
- [8] Garcia-Ibanez, P., Cabanillas, A., Sanchez, J. M. Gasification of leached orujillo (olive oil waste) in a pilot plant circulating fluidised bed reactor. **Preliminary results. Biomass Bioenergy**, 27, 183–194, (2004).
- [9] Rozzi, A., ve Malpei, F., Treatment and disposal of olive mill effluents, **International Biodeterioration & Biodegradation**, 38, 3, 135-144, (1996).
- [10] Papaioannou, D. A., method of processing waste gases from the drying of olive presscake. **Biological Wastes**, 24, 2, 137-145, (1988).
- [11] Rovatti, M., Bisi, M. ve Ferraiolo, G., High added value products from difficult wastes, **Resources, Conservation and Recycling**, 7, 4, 271–283, (1992).
- [12] Şevik, F., Tosun, İ., Ekinci, K., Composting of olive processing wastes and tomato stalks together with sewage sludge or dairy manure, **International Journal of Environmental Science and Technology**, 13, 5, 1207-1218, (2016).

- [13] Filya, İ., Hanoğlu, H., Canbolat, Ö., Sucu, E., Kurutulmuş pirinanın yem değeri ve kuzu besisinde kullanılma olanakları üzerinde araştırmalar, **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 20, 1, 13-23. (2006).
- [14] Roig, A., Cayuela, M. L., Sanchez-Monedero, M. A., An overview on olive mill wastes and their valorisation methods, **Waste Management**, 26, 9, 960-969, (2006).
- [15] Cayuela, M. L., Sanchez-Monedero, M. A., Roig, A., Two-phase olive mill waste composting: Enhancement of the composting rate and compost quality by grape stalks addition, **Biodegradation**, 21, 3, 465-473, (2010).
- [16] Boğa, M., Zeytinyağı yan ürünlerinin ruminant beslemede kullanım olanakları. **Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 2, 3, 154-59, (2014).
- [17] Karaca, C., Bozoğlu, B., Polat, O., Hatay ili pirina atık miktarının ve enerji potansiyelinin haritalanması, **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 29, 2, 55-60, (2015).
- [18] Keleş, G., Zeytin posasının ruminantlar için besin ve besleme değeri. **Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 3, 10, 780-789, (2015).
- [19] Rincon, B., Rodriguez-Gutierrez, G., Bujalance, L., Fernandez-Bolanos, J., Borja, R., Influence of a steam-explosion pre-treatment on the methane yield and kinetics of anaerobic digestion of two-phase olive mil solid waste or alperujo, **Process Safety and Environmental Protection**, 102, 361-369, (2016).
- [20] Baysan, U., Koç, M., Kaymak-Ertekin, F., 2-fazlı zeytin pirinasının değerlendirilmesinde kurutmanın önemi, **Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 5, 2, 103-112, (2017).
- [21] Öcal, A., Zeytinyağı atıksuyu ve pirinanın bitki yetiştirilmesinde kullanım olanaklarının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2005).
- [22] Görel, Ö., Doymaz, İ., Akgün, N. A., Zeytinyağı fabrikası atıklarının enerji amaçlı kullanım, **Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, İzmir, (2003).
- [23] Hocaoglu S. M., Baştürk I., Haksevenler B. H., Aydoner, C., Türkiye'deki zeytinyağı işletmelerinin üretim prosesleri ve kapasite kullanımları açısından değerlendirilmesi, **Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 5, 7, 724-731. (2017).
- [24] Hocaoglu, S. M., Haksevenler, B. H., Basturk, I., Talazan, P., Aydoner, C., Assessment of technology modification for olive oil sector through mass balance: A case study for Turkey, **Journal of Cleaner Production**, 188, 786-795. 2018.
- [25] Yıldırım, R., Tunalioglu, R., Aydın'da karasu sorunu ve zeytinyağı işletmelerinin çözüme yönelik tercihlerinin incelenmesi, **Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 13, 2, 39-48. (2016).
- [26] ÇŞB, Zeytinyağı tesislerinde oluşan atıksuların yönetiminde uyulması gereken teknik hususlar konulu 2015/10 sayılı Genelge, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2015).
- [27] TÜBİTAK MAM, Zeytin Sektörü Atıklarının Yönetimi, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Kocaeli, (2015).
- [28] Yalılı Kılıç, M., Kaya, G., Kestioğlu, K., Kimyasal, biyolojik ve ileri arıtma yöntemleri ile zeytin karasuyunun arıtımına yönelik bir envanter çalışması. **Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 14, 2, 183-198, (2009).

- [29] Stoller, M., Azizovab, G., Mammadovac , A., Vilardia , G., Di Palmaa , L., Chianese, A., Treatment of olive oil processing wastewater by ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis and biofiltration. **Chemical Engineering Transactions**, 47, 409-414, (2016).
- [30] Salimi Khaligh, S., Yagci, N., Balcik, C., Ozbey, B., Keskinler, B., Olmez-Hanci, T., Dizge, N., Orhon, D., Sozen, S., Particle size distribution analysis of chemically enhanced two-phase membrane filtration for olive mill effluents, **Journal of Chem Technol Biotechnol**, 92, 4, 749–756, (2016).
- [31] Şengül, F., Özer, A., Çatalkaya, E.B., Oktav, E., Evcil, H., Çolak, O., Sağer, Y., Zeytinyağı üretim atıksularının özellikleri, çevresel etkileri ve arıtım: EBSO proje kapsamındaki zeytinyağı işletmeleri için durum tespiti, Karasu karakterizasyonu, karasu arıtılabilirlik çalışmaları ve sonuç raporu, İzmir, (2003).
- [32] Gursoy-Haksevenler, Arslan-Alaton, İ., Treatment of olive mill wastewater by chemical processes: Effect of acid cracking pretreatment. **Water Science Technology**, 69, 7, 1453-1461, 2014.