

**SÜT SAĞIM SİSTEMLERİNDE DEĞİŞKEN DEVİRLİ  
VAKUM POMPASININ KULLANILMASI İLE ELDE EDİLEN  
KAZANIMLARIN BELİRLENMESİ**

**Kemalettin KESKİN**

**Yüksek Lisans Tezi  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Erkan GÖNÜLOL  
2019**

**T.C.  
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SÜT SAĞIM SİSTEMLERİNDE DEĞİŞKEN DEVİRLİ VAKUM POMPASININ  
KULLANILMASI İLE ELDE EDİLEN KAZANIMLARIN BELİRLENMESİ**

**Kemalettin KESKİN**

**BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: PROF. DR. ERKAN GÖNÜLOL**

**TEKİRDAĞ-2019**

**Her hakkı saklıdır**

Prof. Dr. Erkan GÖNÜLOL danışmanlığında, Kemalettin KESKİN tarafından hazırlanan “Süt Sağım Sistemlerinde Değişken Devirli Vakum Pompasının Kullanılması ile Elde Edilen Kazanımların Belirlenmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Anabilim Dalı’da Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU

*İmza:*

Üye: Prof. Dr. Harun YALÇIN

*İmza:*

Üye: Prof. Dr. Erkan GÖNÜLOL (Danışman)

*İmza:*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### SÜT SAĞIM SİSTEMLERİNDE DEĞİŞKEN DEVİRLİ VAKUM POMPASININ KULLANILMASI İLE ELDE EDİLEN KAZANIMLARIN BELİRLENMESİ

#### KEMALETTİN KESKİN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erkan GÖNÜLÖL

Hayvansal üretimde yüksek verimli ve kaliteli ürün yetiştirmek ana amaç olurken bir taraftan da girdi maliyetleri minimize etmek gerekmektedir. Önemli girdi maliyetlerinden birisi de enerjidir. En yoğun enerjinin kullanıldığı hayvansal üretim alanı ise süt hayvancılığıdır. Bu çalışmada süt sağım sistemi vakum pompasının elektrik motoruna invertör takılmış ve böylece vakum pompasına değişken devir özelliği kazandırılmıştır. Vakum pompası değişken devir öncesi ve sonrası ölçülen ve hesaplanan parametrelerle elde edilen kazanımlar tespit edilmiştir. Denemeler Lüleburgaz, Kırklareli’de bulunan bir süt sığırcılığı işletmesinde sürdürülmüştür. Araştırmada elde edilen sonuçlar şu şekildedir: Değişken devir öncesi 88,616 kWh/gün olan ortalama günlük elektrik enerjisi tüketimi değişken devir sonrası 55,816 kWh/gün’e düşmüştür. Her iki dönem arasında yapılan tasarruf 32,800 kWh/gün ve tasarruf oranı %37,014 olarak hesaplanmıştır. Değişken devirli vakum pompası devreye alınmadan önce sağılan birim süt miktarına ilişkin spesifik enerji tüketimi; (SETs), 14,192 kWh/ton, iken devreye alındıktan sonra 8,597 kWh/ton’a düşmüştür. İşletmede bir yılda birim sağmal ineğe ilişkin spesifik enerji tüketimi (SETi) de; 161,724 kWh/inek-yıl’dan 101,864 kWh/inek-yıl’a düşmüştür. Invertör ve vakum basın algılayıcı için yatırımın geri dönüş süresi (ROİ) 1,18 yıl bulunmuştur. Değişken devir öncesi vakum pompası yanında 90,3 dB, süt odasında 81,2 dB ve sağımhanede 87,3 dB olan gürültü değerleri, değişken devir sonrası sırasıyla 79,8 dB, 78,1 dB ve 69,3 dB’e olarak ölçülmüştür. Vakum pompası tarafından ortalama günlük harcanan yağ miktarları değişken devir öncesi 96 ml/gün ve değişken devir sonrası 62 ml/gün olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada elde edilen sonuçların paylaşımıyla oldukça sınırlı düzeyde kullanımı olan değişken devirli vakum pompasının yaygınlaşması sağlanacaktır.

**Anahtar kelimeler:** vakum pompası, değişken devir, enerji verimliliği, süt hayvancılığı

2019, 31 Sayfa

## **ABSTRACT**

MSc. Thesis

### **DETERMINING SOME SAVING PARAMETERS OF VARIABLE SPEED VACUUM PUMP USED IN MILKING SYSTEMS**

**KEMALETTİN KESKİN**

Tekirdağ Namık Kemal University  
Graduate School of Natural Applied Sciences  
Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Erkan GÖNÜLÖL

The main purpose of livestock production is to achieve high yield and quality product. On the other hand, to minimize production cost is to be necessary. One of the main production cost is energy. Among the livestock productions, the most intensive energy consuming is taken place in dairy farms. By means of providing variable speed vacuum pump, an inverter was installed at the electric motor of vacuum pump in this study. Due to obtaining saving parameters, the trials were done before and after variable speed vacuum pump. The research was held in a dairy farm that is located in Luleburgaz, Kırklareli. Following are the results of the study: Before the variable speed vacuum pump daily electric energy consuming was 88,616 kWh/day and the after it was reduced to 55,816 kWh/day. The saving was 32,800 kWh/day and the percentage of saving was 37,014%. Before the variable speed vacuum pump specific energy consuming based on amount of harvested milk (SETs) was found as 14,192 kWh/ton and the after it was found to be 8,597 kWh/ton. At the same stages, specific energy consuming based on per cow that milk in a year (SETi) was 161,724 kWh/cow-year and 101,864 kWh/cow-year respectively. The return of investment (ROI) was calculated as 1,18 year for the investment of the inverter and the vacuum pressure sensor. Noise level values before the variable speed vacuum pump were; 90,3 dB nearby the vacuum pump, 81,2 dB in milk room and 87,3 dB at milking parlor. And the after values at the places were found to be 79,8 dB, 78,1 dB and 69,3 dB respectively. Before variable speed vacuum pump oil consumption of vacuum pump was 96 ml/day and the after this was measured with 62 ml/day. Variable speed vacuum pumps which have been already using in farms are very limited numbers. Hopefully, by sharing this results farms will be willed to use the system.

**Key words:** vacuum pump, variable speed, energy efficiency, dairy farm

**2019, 31 Pages**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÇİZELGE DİZİNİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİL DİZİNİ</b> .....	<b>v</b>
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÖNZÖZ</b> .....	<b>vii</b>
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>7</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>13</b>
3.1. Materyal.....	13
3.2. Yöntem.....	18
3.2.1. Elektrik Enerji Tüketim Değerlerinin Tespiti.....	18
3.2.2. Spesifik Enerji Tüketim Değerlerinin (SET) Tespiti.....	19
3.2.3. Yatırımın Geri Dönüş Süresinin (ROI) Hesaplanması.....	20
3.2.4. Gürültünün Tespiti.....	20
3.2.5. Vakum Pompası Yağ Tüketimi Tespiti.....	21
3.2.6. İstatistiksel Analiz.....	21
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA</b> .....	<b>22</b>
4.1. Elektrik Enerjisi Tüketimine Ait Bulgular ve Tartışma.....	22
4.2. Spesifik Enerji Tüketim Değerlerine (SET) Ait Bulgular ve Tartışma.....	24
4.3. Yatırımın Geri Dönüş Süresine Ait (ROI) Bulgular ve Tartışma.....	25
4.4. Gürültü Ölçümüne Ait Bulgular ve Tartışma.....	26
4.5. Vakum Pompası Yağ Tüketimi Bulguları ve Tartışma.....	27
<b>5. SONUÇ</b> .....	<b>28</b>
<b>6.KAYNAKLAR</b> .....	<b>29</b>

## ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Vakum pompasının teknik özellikleri.....	14
Çizelge 3.2. Elektrik motorunun teknik özellikleri.....	15
Çizelge 3.3. İnvörtörün teknik özellikleri.....	16
Çizelge 3.4. Elektrik enerjisi analizörü teknik özellikleri.....	17
Çizelge 3.5. Gürültü ölçerin teknik özellikleri.....	18
Çizelge 4.1. Elektrik enerjisi tüketimine ait bulgular.....	22
Çizelge 4.2. Spesifik enerji tüketimlerine (SET) ait bulgular.....	25
Çizelge 4.3. Gürültü ölçümüne ait bulgular.....	26
Çizelge 4.4. Vakum pompası yağ tüketimine ait bulgular.....	27

## ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Süt hayvancılığında elektrik enerjisi tüketim noktaları ve oranları (Ludington ve ark. 2004) .....	1
Şekil 1.2. Şematik süt sağım sistemi; (1) elektrik motoru, (2) vakum pompası, (3) yedek vakum deposu, (4) vakum regülatörü, (5) vakum-sıvı tuzak, (6) vakummetre, (7) pulsatör hava hattı, (8) süt hattı, (9) pulsatör, (10) meme başlığı, (11) pençe, (12) uzun süt hortumu, (13) uzun pulsatör hortumu, (14) süt kabı, (15) süt basma pompası (Roşça ve ark. 2013) .....	3
Şekil 1.3. Süt sağım sistemlerinde kullanılan vakum regülatörün şematik şekli; (1) gövde, (2) ağırlık, (3) serbest hava giriş açıklığı, (4) ana vakum hattı (Roşça ve ark. 2013) .....	4
Şekil 1.4. Süt sağım sistemlerinde değişken devirli vakum pompasının kullanımı; (1) ana vakum hattı, (2) süt hattı, (3) pulsatör, (4) vakum basınç algılayıcısı, (5) süt kabı, (6) vakum pompası, (7) elektrik motoru, (8) invertör (Roşça ve ark. 2013) .....	5
Şekil 3.1. Delibalta süt sığırcılığı işletmesinin sağım sistemi.....	13
Şekil 3.2. İntertör panosu (kapalı ve açık durumda ve vakum basıncı algılayıcı.....	16
Şekil 3.3. Elektrik enerjisi analizörü ekranı.....	17
Şekil 3.4. Elektrik enerjisi analizöründen verilerin bilgisayara aktarılması.....	19
Şekil 3.5. Sağımhane çukurunda gürültü ölçümü.....	21
Şekil 4.1. Vakum pompasına değişken devir kazandırma öncesi gün içinde harcanan enerji.....	23
Şekil 4.2. Vakum pompasına değişken devir kazandırma sonrası gün içinde harcanan enerji.....	24



## **SİMGELER DİZİNİ**

SET	: Spesifik enerji tüketimi
SETs	: Sağılan birim süt miktarına ilişkin spesifik enerji tüketimi
SETi	: Bir yılda birim sağmal ineğe ilişkin spesifik enerji tüketimi
ROI	: Yatırımın geri dönüş süresi
ETA	: Enerji dağıtım şirketi tarifesi
SAB	: Satın alım bedeli

## ÖNSÖZ

Enerji verimliliği geniş anlamda, tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden, ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesi şeklinde tanımlanmıştır. Üretim alanlarımız olan sanayi, ulaşım, hizmet ve tarım sektörlerin tamamında enerji verimliliği çalışmaları yapılmaktadır. Bir Tarım Makinaları Bölümü mezunu Ziraat Mühendisi olarak yüksek lisans çalışmamı tarımda enerji verimliliği konusunda yapmayı arzuladım. Yoğun elektrik enerjisi kullanımını olan süt sığırcılığının vakum sistemlerinde yapmış olduğum bu çalışmada oldukça iyi sonuçlar elde ettik. Pek çok üreticinin gelecekte bu sonuçlardan yararlanmasını umuyorum.

Bu tez çalışmamın her aşamasında bana yardımlarını esirgemeyen Danışman Hocam Prof. Dr. Erkan GÖNÜLOL'a

Desteklerinden dolayı çalıştığım kurum olan Esenyurt Belediyesi'ne

Denemeler sırasında her zaman yanımda olan Elektrik Teknisyeni Nuri AKSU'ya

Deneme yerinin sağlanması ve ekipman desteğini veren Kurtsan firmasına,

Denemelerin sağlıklı yürütülmesini sağlayan Delibalta Çiftliği yönetimi ve çalışanlarına,

Her zaman yanımda olan ve beni destekleyen sevgili aileme...

Teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ocak 2019

Kemalettin KESKİN  
Ziraat Mühendisi

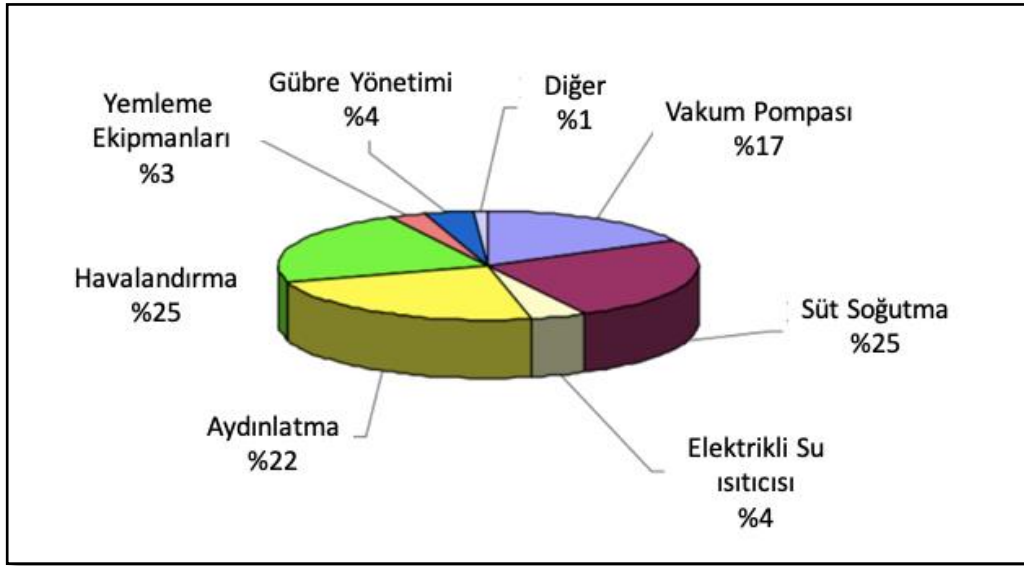
## 1. GİRİŞ

Tarımsal üretimde yüksek verim ve kaliteli ürün yetiştirmek ana amaç olurken bir taraftan da girdi maliyetlerini minimize etmek gerekmektedir. En önemli girdi maliyetlerinden birisi ise enerjidir. Bitkisel üretimde başlıca enerji kaynağı petrol iken, hayvansal üretimde özellikle entansif hayvancılıkta elektrik enerjisi öne çıkmaktadır. En yoğun elektrik enerjisinin kullanıldığı hayvansal üretim alanı süt hayvancılığıdır. Orta ve büyük işletmelerin tamamında sağmal hayvan sayısının elliden fazla olması nedeniyle sağım işlevi, sağım sistemleriyle yürütülmektedir. Sağılan süt, soğutma tankına gönderilir. Sağım ve soğutma tankının yıkanması otomatik olarak yapılır. Hayvanların dışkıları barınaklardan alınır ve depolanır. Ayrıca, işletmeden işletmeye farklılık göstermekle beraber kullanılan fan sistemleri, aydınlatma sistemleri, yem kırma-ezme makineleri gibi birçok noktada elektrik enerjisi kullanılmaktadır.

Süt hayvancılığında en önemli elektrik enerjisi kullanım noktaları şöyle sıralanabilir (Ludington ve ark (2004));

- Süt hasadı (sağım)
- Süt Soğutma
- Aydınlatma
- Havalandırma (fanlar)
- Yıkama sistemleri ve su ısıtma
- Su sistemleri (hidroforlar)
- Hava kompresörleri

Ludington ve ark. (2004) tarafından aynı çalışmada bildirdiğine göre bahsedilen noktalarda en fazla elektrik tüketimi %25 ile süt soğutma, ardından %25 ile havalandırma, %22 aydınlatma ve %17 ile süt sağım sistemi vakum pompasında olmaktadır (Şekil 1.1). Ancak ülkemizde havalandırmanın ve aydınlatmanın ABD’de gibi etkin kullanılmadığı düşünüldüğünde süt soğutma ve süt sağım oranları çok daha fazla olacaktır.



**Şekil 1.1.** Süt hayvancılığında elektrik enerjisi tüketim noktaları ve oranları (Ludington ve ark. 2004)

Enerji verimliliği çalışmalarında kullanılan en önemli indeks, birim ürün başına harcanan enerji (özellik enerji) kullanımınıdır. Bu da spesifik enerji tüketimi (SET) olarak adlandırılır. Süt hayvancılığında SET, sağılan birim süt miktarına ilişkin spesifik enerji tüketimi (SETs; kWh/ton) veya bir yılda birim birim sağmal ineğe ilişkin spesifik enerji tüketimi (SETi; kWh/inek-yıl) olarak tanımlanmıştır. Türkiye'deki modern hayvancılık işletmelerinin özgül elektrik enerjisi tüketimi değerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan araştırmada, 235 adet işletme değerlendirilmiştir. İşletmelerin ortalama değerleri 114,14 kWh/ton ve 741,32 kWh/inek-yıl olarak tespit edilmiştir. (Duman ve ark. 2013). Bu değerlerin hem yüksek hem de işletmeler arası büyük farklılıklar göstermiş olması enerji verimliliği çalışmalarının gereğini doğurmuştur. Sanayide çok uzun zamandır yapılan çalışmaların tarımda özellikle de en fazla elektrik enerji tüketiminin yapıldığı süt sığırcılığında yapılmalıdır.

Enerji verimliliği çalışmalarının, yoğun elektrik enerjisi tüketim noktalarında başlanması gerekmektedir. Süt soğutmada, sağılan sütü eşanjör sistemleriyle ön soğutma yapmak, soğutma tanklarında yüksek verimli kompresörlerin kullanımı veya soğutma tanklarına takılan ısı geri kazanım üniteleri ile harcanan enerji düşürülmektedir. Aydınlatmada tasarruflu led sistemleriyle oldukça iyi yol alınmaktadır.

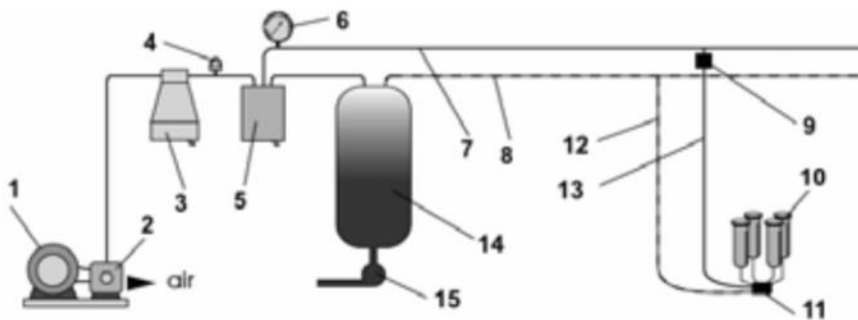
Son yıllarda yüksek tüketim noktalarından süt sağım sistemi için hayvancılığı gelişmiş ülkelerde yapılan çalışmalar, değişken devirli vakum pompalarıyla sağım işlevini yürütmektir. Bu amaçla, süt sağım sistemlerinde vakum pompasını tahrik eden elektrik motoruna invertör

takılmaktadır. Bu sistem doksanlı yılların sonlarında kullanılmaya başlanmış ve iki binli yılların başında da ticari olarak üretilip satılmaya başlanmıştır. (Sanford 2003a).

Şekil 1.2’de bir süt sağım sistemini oluşturan elemanlar şematik olarak gösterilmiştir. Buna göre, süt sağım sistemlerinde vakum, bir vakum pompası yardımıyla sağlanır ve bir elektrik motoru tarafından tahrik edilir. Vakuma, sütün sağılması ve iletimi yanı sıra memelerde masaj işlemi yapan pulsatör için gereksinim duyulur. Sistemde vakum basınç değeri vakummetreden okunabilir ve bu değer regülatör sayesinde sabit tutulur.

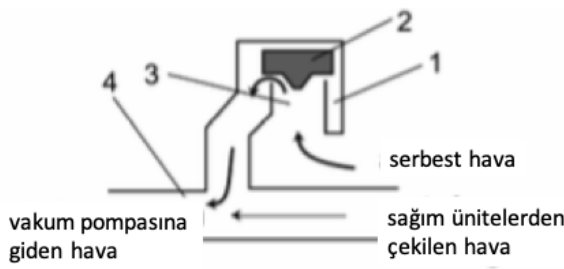
Devamlı aynı hızda dönen pompa, sağım başlıkları, pulsatörler, regülatör ve sistemde oluşan kaçaqlardan hava çeker. Hava kaçaqları, düzenli ve düzensiz hava kaçaqları olmak üzere iki kısımda incelenebilir. Düzenli hava kaçaqları sağım sisteminin montajından kaynaklanmaktadır. Düzensiz hava kaçaqları ise sağım süresince sağım başlıklarının takılması veya ineğin sağım başlığını çıkarması gibi oluşan durumlarda meydana gelir.

Sağım sistemlerinde sağım boyunca aynı seviyede bir vakum basınç değerinin olması gerekmektedir. Bu değer sistemden sisteme değişmekle beraber 42-44 kPa arasında olmaktadır. Yüksek basınç değeri meme dokularına zarar verir. Düşük basınç ise hem memede sağılacak sütün tamamının sağılmaması hem de belirli seviyeden sonra sağım başlıklarının memeden düşmesi ile sonuçlanır. Bir diğer husus sağım boyunca vakum basınç seviyesinin stabil olmasıdır. Sağım süresince oluşan vakum dalgalanmaları hastalıklı memeden sağlıklı memeye hastalık etmenini bulaştırır.



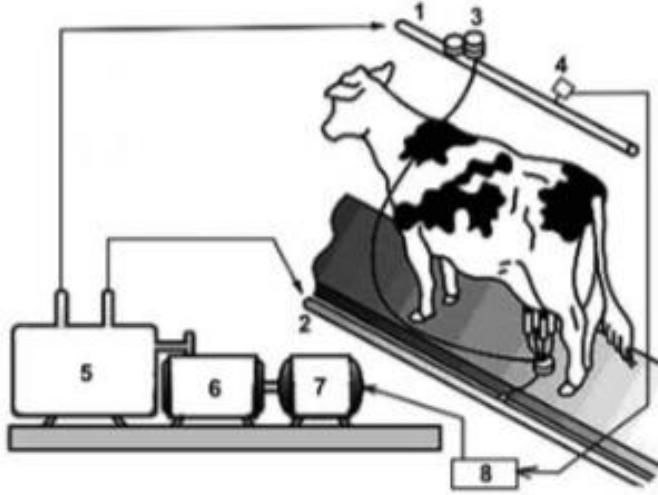
**Şekil 1.2.** Şematik süt sağım sistemi; (1) elektrik motoru, (2) vakum pompası, (3) yedek vakum deposu, (4) vakum regülatörü, (5) vakum-sıvı tuzak, (6) vakummetre, (7) pulsatör hava hattı, (8) süt hattı, (9) pulsatör, (10) meme başlığı, (11) pençe, (12) uzun süt hortumu, (13) uzun pulsatör hortumu, (14) süt kabı, (15) süt basma pompası (Roşca ve ark. 2013)

Sağım sırasında oluşan düzensiz vakum kaçaqları sistemin vakum basınç değerinin değiştirmektedir. Bu değişim basınç regülatörü sayesinde standartların öngördüğü sınırlar içinde tutulur. Sağım sistemlerinde ağırlık prensibine göre çalışan vakum regülatörleri kullanılır (Şekil 1.3). Sağım sisteminde öngörülen vakum değeri bu ağırlığa bağlı ayar mekanizması ile ayarlanır. Ağırlık düşey yönde doğrusal olarak hareket eder. Öngörülen vakum değerinin yükselmesiyle ağırlık yukarı doğru hareket eder ve bu arada hava giriş deliği açılır. Hava giriş deliğinden sisteme serbest hava girişi olur ve böylece sistemin vakum basınç değeri regüle edilir.



**Şekil 1.3.** Süt sağım sistemlerinde kullanılan vakum regülatörün şematik şekli; (1) gövde, (2) ağırlık, (3) serbest hava giriş açıklığı, (4) ana vakum hattı (Roşca ve ark. 2013)

Vakum pompası, devamlı bir şekilde maksimum hızla çalıştırılarak sistemden sabit debide hava çeker. Oysa çoğu zaman bu denli debi değerine ihtiyaç duyulmaz. Tüm sağım başlıkları memelere takılır vaziyette yani asıl sağım süresince vakum basınç değerinin artmaması için vakum regülatöründen sisteme serbest hava (atmosfer havası) çekilir. Sisteme çekilen bu serbest hava aslında kayıp enerjidir. Vakum pompasının değişen koşullarda (düzensiz hava kaçaqlarında) ihtiyaç duyduğu kadar havanın çekmesi için devrinin bu koşullara uygun değiştirilmesi gerekmektedir. Vakum pompasının devrinin değişimi, elektrik motorunun frekansının yani besleme geriliminin değişimi ile yapılmaktadır. Besleme gerilimi (pompa devri) ise sağım sisteminin vakum basınç değerini ölçen algılayıcı tarafından gelen sinyallerle belirlenir (Şekil 1.4). Değişken devirli vakum pompasıyla sistemden, ihtiyaç duyulan kadar hava çekilir. Bu da vakum pompasının devrinin değişimi ile sağlanır. Bu durumda, geleneksel sistemlerde bulunan vakum regülatörüne ihtiyaç duyulmaz (Roşca ve ark. 2013). Temel anlamda ihtiyaç duyulan kadar enerji tüketimini sağlamaktadır. Bu tür hız kontrol cihazlarıyla enerji tasarrufu sağlamak en çok fan, pompa ve turbo-kompresör sistemlerinde kullanılan asekron motor tiplerinde mümkündür.



**Şekil 1.4.** Süt sağım sistemlerinde değişken devirli vakum pompasının kullanımı; (1) ana vakum hattı, (2) süt hattı, (3) pulsaör, (4) vakum basınç algılayıcısı, (5) süt kabı, (6) vakum pompası, (7) elektrik motoru, (8) invertör (Roşça ve ark. 2013)

Sanford (2003a) yaptığı çalışmada 4 ayrı işletmede değişken devirli vakum pompalarıyla %37'den %68'e kadar enerji tasarrufu sağlamışlardır. Murgia ve ark. (2008) bildirdiklerine göre yıllık 84 kWh/inek-yıl olan vakum pompası SETi değerinin değişken devirli vakum pompalarıyla 52-58 kWh/inek-yıl değerlerine düştüğünü vurgulamıştır. Ludington ve Johnson (2003); Kraatz ve Berg (2007); Edens ve ark. (2003); Ludington ve ark (1990) yaptıkları çalışmalarında benzer şekilde değişken devirli vakum pompaları kullanımıyla enerji tüketimi konusunda oldukça fayda sağlandığını vurgulamışlardır.

Enerji tasarrufu sağlayan sistemler ilk yatırım bedellerinin yüksek olması nedeniyle çok sınırlı kullanım alanı bulmuştur. Bu nedenle enerji verimliliği çalışmalarında satın alınacak sistemin mutlaka yatırımı geri dönüş süresinin verilmesi gerekmektedir. Bu değer yatırımcının kararını oldukça etkilemektedir. Nitekim, Sanford (2003a), Upton ve ark. (2005) ve Anonim (2011) çalışmalarında değişken devirli vakum pompasıyla kazanılan enerjinin yanı sıra yatırımın geri dönüş sürelerini de vermişlerdir. Bunları sırasıyla; 3 ve 4,5 yıl olarak vermişlerdir.

Değişken devirli vakum pompalarıyla enerji kazanımı yanı sıra pompa ve elektrik motorundan kaynaklanan gürültü seviyesinde de düşüş sağlanmaktadır. Gürültü seviyesinin yüksekliği ve maruz kalındığı süre gerek çalışanların sağlığı gerekse inek konforu bakımından oldukça önemlidir. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmeliğe göre 8 saat boyunca sürekli olarak maruz kalınan 85

dB'den daha yüksek şiddette gürültü insan sağlığına zarar verir (Anonim 2013). Bu değer inekler için de referans değer olarak alınmıştır (Psenka ve ark. 2016). Pazzona ve ark (2003) yaptıkları çalışmada değişken devirli vakum pompası kullanımıyla gürültü seviyesinde 12-24 dB azalma saptamışlardır. Anonim (2011) ve Sanford (2003a) yaptıkları çalışmalarda değişken devirli vakum pompalarıyla gürültü seviyesinde düşmeler olacağı vurgulanmıştır.

Değişken devirli vakum pompalarının kullanımının bir avantajı da vakum pompalarının servis ve bakım maliyetlerinde azalmadır. Pompaların aynı zamanda ekonomik ömürleri de uzamaktadır (Anonim 2011, Sanford 2003a)

Bu tez çalışmasında değişken devirli vakum pompası kullanımı ile elde edilebilecek kazanımlar tespit edilmiştir. Denemeler Kırklareli, Lüleburgaz'da bulunan ve 2x12-24 sağım üniteli bir sağım sistemine sahip bir işletmede sürdürülmüştür. İşletmede halihazırda kullanılan vakum pompasına invertör takılarak değişken devirli yapılmıştır. Vakum pompasına değişken devir kazandırmadan önce ve sonrası elektrik enerjisi tüketim ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sonucunda kazanılan elektrik enerjisi tespit edilmiştir. Bunu yanı sıra spesifik enerji tüketimleri (SET) ve yatırımının geri dönüş süresi (ROI) değerleri de hesaplanmıştır. Araştırmada ayrıca, değişken devir öncesi ve sonrası işletmenin farklı noktalarındaki gürültü düzeyleri ve vakum pompası yağ tüketimi de ölçülmüştür. Bu çalışmada elde edilen sonuçların paylaşımıyla oldukça sınırlı düzeyde kullanımı olan değişken devirli vakum pompasının yaygınlaşması sağlanacaktır. Ayrıca, sektörel olarak enerji tüketiminin azaltılması ve enerji verimliliği sağlayan diğer uygulamaların da farkındalığını artıracaktır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Edens ve ark. (2003) Tennessee Üniversitesi Araştırma Çiftliğinde 14 yıl boyunca elektrik enerjisi tüketim bilgileri incelemiştir. Bu veriler ışığı altında en fazla enerji tüketiminin süt odası bölümünde olduğu tespit edilmiştir. Burada süt soğutma, vakum pompası, su ısıtma ve kompresör tüketim noktaları mevcuttur. Sağılan hayvan sayısı, süt miktarı gibi değerlerle birlikte enerji tüketim indeksleri belirlenmiştir. Sağılan hayvan sayısı dolayısıyla sağım süresi enerji tüketimini sınırlı bir şekilde etkilediği tespit edilmiştir. Sütün kalitesi, dış hava sıcaklığı vs gibi toplanan parametrelerin ise %74'ü enerji tüketimi ile doğrudan ilişkisi tespit edilmemiştir. kWh/inek/yıl olan enerji tüketim indeksinin inek sayısındaki düşüşüyle çok fazla etkili olmadığı belirlenmiştir. Çalışmada daha sonra enerji verimliliğine geçilmiştir. Çiftlikte her sağımda tespit edilen 1.10 kWh/inek oranının, Avrupa Ülkeleri ortalamasının (0,4-1,19) biraz üzerinde bulunmuş ve bu değeri değişken devirli vakum pompası kullanımıyla düşürülebileceği vurgusu yapılmıştır.

İtalya'da 15 ayrı çiftlikte gürültü ölçme ve enerji tüketimleri incelenmiştir. Çiftliklerin bazılarında değişken devirli vakum pompası varken bazılarında ise konvansiyonel regülatör bulunmaktadır. Değişken devirli vakum pompalarında %56-%87'e kadar enerji tasarruf sağlandığı belirtilmiştir. Aynı tip pompaların kullanıldığı çiftliklerin farklı bölgelerinde (sağımhane, süt odası, vakum pompası yanı) yapılan gürültü ölçümlerinde de 12-24 dB düşüş gözlenmiştir. Değişken devirli vakum pompaları, elektrik motorlarının ilk çalıştırma akımını düşürdüğü için kırsal kesimde büyük avantaj sağlamaktadır (Pazzone ve ark 2003).

Sanford (2003a), ABD'de değişken devirli vakum pompası kullanan işletmelerin oranı %20'yi bulmuştur. Bu sistemler enerji tüketimlerini %37'den %68'e kadar düşürmüşlerdir. İnvertör, vakum basınç sensörlerinden aldığı sinyal ile elektrik motorunun voltajını ve frekansını değiştirmektedir. Oldukça hassas çalışan bu sistemleri tozdan uzak tutmak ve periyodik bakımlarını aksatmamak gerekir. Değişken devirli vakum pompaların bir diğer avantajları gürültü seviyesini düşürmek, vakum pompasının ekonomik ömrünü uzatmak, yağ tüketimini azaltmak ve bakım periyotlarını uzatmak şeklinde sıralanabilir. Vakum pompası kapasitesi iyi seçilmelidir. Yüksek kapasiteli vakum pompasında değişken devir uygulamasında beklenen tasarruf sağlanamaz. Bunun nedeni; aşırı ısınan pompanın devri düşürülerek soğutma işlemini yeterli bir şekilde yapılamamasıdır. Çalışmada 5 kW gücünde bir elektrik motorunun

günde 11 saat çalışmasıyla değişken devirli hale getirilmesi yatırımının geri dönüş süresi 4 yıl olarak hesaplanmıştır.

Değişken devirli vakum pompalarının kullanımı yaklaşık sekiz yıldır hızla yayılmaktadır. Ancak bu sistemlerde ne kadar enerji tasarrufu sağlandığı hakkında bu zamana kadar yeterli yayın yapılmamıştır. 4 ayrı işletmede vakum pompalarında invertör kullanmış ve %37'den %68'e kadar enerji tasarrufu sağlamışlardır. Bu değerler tahmin edilen değerlerden %10 civarı daha düşük çıkmıştır. Çalışmada, değişken devirli dört çiftlikte sadece bir sağıma katılarak sağımda sağım başlığına çekilen hava miktarları da tespit edilmiştir. Buna göre çiftliklerde sağım başlığına düşen hava 28-88 L/min bulunmuştur. Sağım başlığına düşen hava tüketimi, sağım sisteminin büyüklüğü, sağılan inek sayısı, sağım süresi gibi hiçbir değişkene bağlı olmadığı belirlenmiştir. Ancak, sağım başlıklarının takılma-çıkarılma sistemi, uzun süt hortumu çapı ve uzunluğu gibi faktörlere bağlı bulunmuştur. Araştırmada ayrıca, çiftliklerde kullanılan tüm vakum pompalarının standartların öngördüğü değerlerden daha yüksek bulunmuştur (Sanford 2003b).

Murgia ve ark. (2008), süt sığırcılığında enerji yönetiminin amaçladıkları araştırmada 14 süt sığırcılığı işletmesi denemeye almışlardır. Bu işletmelerde 40-300 arasında sağmal inek varlığı bulunmaktadır. Sağım, süt soğutma, aydınlatma, havalandırma ve gübre yönetim noktalarında yapılan çalışmalar öncesinde tüketimlerin 314 kWh/inek-yıl ile 630 kWh/inek-yıl arasında tespit edilmiştir. Daha sonra tüm enerji tüketim noktalarında tüketimler hesaplanmıştır. Sonuçlardan birisi; 84 kWh/inek-yıl olan vakum pompası enerji tüketiminin değişken devirli vakum pompalarıyla 52-58 kWh/inek-yıl değerine düştüğü şeklindedir.

Sağım sistemlerinde vakum pompa kapasitesi ve buna bağlı elektrik motor gücünün seçimi elektrik enerjisi tüketimi açısından oldukça önemlidir. Elektrik motoru devamlı tam devir dönerek vakum pompasını tahrik eder bu da sağım sisteminden sürekli bir şekilde aynı miktarda havayı emer. Hava emilirken, regülatör havanın miktarına göre sisteme dışarıdan hava vererek sistem vakum seviyesini sabitlemektedir. Özellikle sağım durumunda dışarıdan herhangi bir serbest hava girişi olmadığı durumlarda regülatörden neredeyse vakum pompasının çektiği havanın tamamı gelmektedir. Bu hava miktarı aslında kayıp enerji demektir. Elektrik motoruna konulacak bir devir değiştirici ile hem enerji tasarrufu sağlanacak hem de devamlı tam devir çalışan elektrik motorunun ömrünü de uzatacaktır (Miroslav 2010).

Anonim (2011), sağım sistemlerinde yıkama sırasında, sağım başlıklarının memeden dūřmesi veya geçici kaçaklarda pompanın tam devirde dönmesinin gerekli olduğu vurgulanmıştır. Normal sağım koşullarında yukarıda anılan durumlardan neredeyse yarısı kadar hava sistemden çekilmesi yeterlidir. Değişken devirli vakum pompalarıyla bu hava miktarı ayarlanmakta ve çoğunlukla pompa oldukça dūřük devirle çalışmaktadır. Değişken devirli vakum pompalarının kullanımıyla aşağıda sıralanan faydalar sağlanır;

- Değişken devirli vakum pompalarında geleneksel pompalara nazaran daha az vakum dalgalanmaları oluşmaktadır. Bu da bulaşık olan memeden sağlıklı memeye hastalık etmenlerin bulaşmasını engellemektedir.
- Vakum pompasının devir sayısı dūřtüđu için bakım için gerekli zamanı uzamakta aynı zamanda kullanım ömrü artmaktadır.
- Elektrik motorunun devrinin dūřürölmesi daha az gürültölü çalışmasını sağlamaktadır. Bu da inek konforu ve çalışan sağlığı açısından olumlu bir durumdur.
- Elektrik motorunun devrinin dūřmesi harcanan elektrik enerjisini de dūřürmektedir. Tasarruf miktarı iřletmeden iřletmeye deđişmekle beraber yatırımın geri dönüř süresi ortalama üç yıl bulunmuřtur.

Sağım sistemlerinde vakum, asenkron motor tarafından aynı hızda tahrik edilen pompalar tarafından yapılmaktadır. Vakum seviyesinin kararlığı ise sisteme serbest hava girişini ayarlayan regölätörler tarafından yapılmaktadır. Bu sistemde kayıp enerji çoktur. Çalışmada, vakum pompasını tahrik eden asenkron motorun devri değiştirilerek, sağım sisteminde sabit vakum altında gereksinim duyulan kadar havanın çekilmesi sağlanmıştır. Laboratuvar çalışmalarında başarılı olan sistem, Mendel Üniversitesi Araştırma Çiftliğinde de denenmiştir (Kudelka 2012).

Prikrly ve ark. (2010) sağım sistemlerinde vakum pompası için harcanan elektrik enerjisi çiftliklerde oldukça önemli bir tüketim noktası haline getirdiğini belirtmişlerdir. Sistem içinde gerekli olan vakum değer değişmekle beraber elektrik motoru devamlı aynı devirde dönmektedir. Bu çalışmada da vakum pompaları için bir invertör geliştirilmiştir. Ancak invertör kullanılması durumunda bazı güvenlik tedbirlerinin alınması gerektiği de bildirilmiştir. Bunlar, vakum pompasına takılan ve ani ve aşırı yüklemelerde rotoru koruyan sistem ile elektrik motorunda termik şalterlerdir.

Türkiye'deki modern hayvancılık işletmelerinin özgül elektrik enerjisi tüketimi değerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan araştırmada, 235 adet işletme değerlendirilmiştir. İşletmelerin ortalama SET değerleri 114,14 kWh/t-yıl ve 741,32 kWh/inek-yıl olarak tespit edilmiştir. İşletmeler sağmal inek kapasitelerine göre 26-50, 51- 100, 101-200 ve 200 üzeri olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflarda elde edilen sonuçlar sırası ile, 116,36 kWh/t ve 789,95 kWh/inek, 105,33 kWh/t ve 639,40 kWh/inek, 91,86 kWh/t ve 568,35 kWh/inek, 81,91 kWh/t ve 563,75 kWh/inek olarak saptanmıştır (Duman ve ark. 2013).

Rosça ve ark. (2013) sağım sisteminde stabil bir vakum seviyesi sağlamak için sistemden vakum pompası aracılığıyla havanın çekilmesi gerektiği bildirmişlerdir. Sistem için hava, pulsatörlerden, sağım başlıklarından, süt ölçerlerden ve kaçaklardan girmektedir. Geleneksel sağım sistemlerinde vakum pompası maksimum hızla çalıştırılarak sistemden hava çekilir. İhtiyaç duyulandan fazla hava vakum regülatöründen çekilir. Değişken devirli vakum pompasıyla sistemden, ihtiyaç duyulan kadar hava çekilir. Bu da vakum pompasının devrinin değişimi ile sağlanır. Bu durumda, geleneksel sistemlerde bulunan vakum regülatörüne ihtiyaç duyulmaz. Değişken devirli vakum pompasıyla kullanımıyla elektrik enerjisi kullanımında çok büyük tasarruflar sağlanır. Çalışmada, vakum dalgalanmaları geleneksel sağım ve değişken devirli vakum pompasıyla kullanımı ile tespit edilmiştir. Laboratuvarda yapılan çalışma iki aşamalı olarak sürdürülmüştür. Birinci aşamada; sağım sırasında meme başı tapası çıkarılıp hemen takılmış böylece sisteme serbest hava girişi sağlanmıştır. Bu durumda geleneksel vakum regülatörlü sistem ile değişken devirli vakum pompası sisteminin vakum dalgalanmaları kaydedilmiştir. İkinci aşamada; normal sağım koşullarında, yine geleneksel ve değişken devirli sisteminde ayrı ayrı pulsatör değerleri ve vakum ölçümleri (pulsatör test cihazı ile) yapılmıştır. Çalışma sonucuna göre hem birinci aşama hem de ikinci aşamada değişken devir kullanımı vakum dalgalanmalarında oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Veriler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur Pulsasyon değerlerinde bulunan fark ise önemsiz bulunmuştur.

Sağım sistemini tek bir vakum deposu olarak düşünülerek laboratuvar koşullarında yapılan çalışmada, depoya bir vakum pompası ve bir de serbest hava girişi sağlamak amacıyla bir sağım başlığı takılmıştır. Sağım başlığına sırasıyla 10, 20 ve 30 saniye süresince serbest hava girişi sağlanmıştır. Bu durumda oluşan vakum değerleri kaydedilerek matematiksel model geliştirilmiştir. Daha sonra bu model baz alınarak vakum pompasına invertör (değişken devirli) tasarımı yapılmıştır (Rosça ve ark. 2014).

Duman (2014) tarafından çiğ süt üretim işletmelerinde elektrik enerjisi maliyetlerinin ve enerji verimliliğini etkileyen unsurların saptanması amacıyla yapılan çalışmada, 3 farklı kapasiteye sahip işletmenin sağım ve soğutma sistemleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında sağım sistemlerinin enerji tüketimlerini belirlemek amacı ile vakum pompalarının enerji tüketimleri enerji analizörü kullanılarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, sağım sistemlerinin işletmenin elektrik enerjisi tüketiminde %16-%27 oranlarında paya sahip olduğu, özgül elektrik enerjisi tüketimi değerlerinin 0,012 kWh/L, 0,038 kWh/L ve 0,047 kWh/L olarak değişkenlik gösterdiği, genel olarak sağım sistemlerinde elektrik enerjisi kullanımının yüksek olduğu ve işletmelerde değişken devirli vakum pompasının kullanılmadığı tespit edilmiştir.

Robert ve ark. (2014) geleneksel sistemle sağımlarda enerji tüketimlerinin ne denli yüksek olduğu vurgusu yapılarak değişken devirli vakum pompası tasarımı için Siemens G-120 invertörü ve beraberinde Siemens Starter 4.04 yazılımı kullanmışlardır. Bu ikili sayesinde piyasada bulunan diğer sistemlere oranla daha fazla elektrik enerjisi tasarrufu ve daha az vakum dalgalanmaları tespit etmişlerdir.

Sağım sisteminde kullanılan değişken devirli vakum pompasında sistemden çekilen hava miktarı motor devrinin invertör yardımıyla değişimi ile sağlanmaktadır. Değişken devirli vakum pompasında kullanımıyla enerji tüketiminde oldukça büyük düşüşler elde edilmiştir. Bu sistem sayesinde sağım sistemi vakum dalgalanmalarında da azalma görülmüştür. Çalışmada, sağım sistemi vakum pompası için bir devir değiştirici (invertör) geliştirilmiştir. Geliştirilen devir değiştirici laboratuvar koşullarında sağımın simüle edildiği bir sistemde denenmiştir. Denemeler sonucunda sağım başlığı otomatik çıkarıcısının vakum kesme süresiyle vakum pompası devrinin değişimi bir matematiksel modelle açıklanmıştır. Böylece, sağım sistemine en fazla serbest hava girişi olan meme başlıkları vakum kesicilerinin zamanlaması ayarlanmış ve sistemde minimum vakum dalgalanması sağlanmıştır (Roşca ve ark. 2015).

Upton ve ark. (2015) araştırmalarının amacı süt soğutma, su ısıtma ve sağım sistemlerinin kullanıldığı iki ayrı işletmede enerji verimliliği çalışmasıdır. Sütün plakalı ön soğutucu ile geçirildikten sonra soğutma, sıcak suyun güneş kolektöründen alınması ve sağım sisteminde değişken devirli vakum pompası kullanımı ile oldukça önemli enerji kazanımı sağlanmıştır. Enerji tüketiminin düşmesiyle bir düşük tarifeye geçen işletmelerde yatırımı geri dönüş süresinde de önemli kazanımlar sağlanmıştır. İşletmelere yapılan tüm enerji verimliliği çalışmalarının ilk yatırım tutarının geri dönüş süresi ortalama beş yıl olarak hesaplanmıştır.

Duman Altan (2017) tarafından çiğ süt üretim işletmelerinde enerji yönetim sistemi altyapısının oluşturulması amacı ile yapılan enerji etüdü ölçümlerinde, sürekli çalışan vakum pompasının günlük enerji tüketiminin 60,38 kWh, vakum pompası SET değerinin 0,002 kWh/L olduğu, tüketim değerinin maksimum 6 kW'a çıktığı ve ortalama tüketimin 4,2 kW olduğu belirlendiğinden, işletmede kullanılan 7,5 kW kapasiteli vakum pompasının doğru bir seçim olduğu ve enerji kazanımı sağlamak için hız sürücüsü kullanımının doğru bir uygulama olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, vakum pompasını tahrik eden motorun verimlilik sınıfı düşük olduğundan, daha verimli bir motor kullanımı durumunda potansiyel bir enerji kazanımının mümkün olabileceği belirtilmiş ve söz konusu yatırımın geri dönüş süresi 5,3 yıl olarak hesaplanmıştır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Denemeler, Kırklareli İli, Lüleburgaz İlçesi, Kayabeyli Köyü'nde bulunan Delibalta Süt Sığırcılığı İşletmesinde Şubat 2018-Mayıs 2018 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. İşletme 300 sağmal hayvan kapasitelidir. Mevcut ineklerin tamamı Holstein ırkıdır.

İşletmede 2x12-24 sağım ünitesi, hızlı çıkış, paralel tip sağım sistemi mevcuttur (Şekil 3.1). Sağım sistemi elektronik sürü yönetim sistemine sahiptir. İneklere takılı bulunan tasmalar sayesinde, tanımlama, kızgınlık ve geviş sayısının elektronik takibi yapılabilmektedir. Her sağımda ineklerin bireysel süt tartımı yanı sıra sütün sıcaklık, renk ve elektriksel iletkenlik değerleri de elektronik olarak ölçülür. Tasmadan ve sağımdan alınan tüm veriler sürü yönetim sistemi yazılımına gönderilir.



Şekil 3.1. Delibalta süt sığırcılığı işletmesinin sağım sistemi

Vakum sistemi, hareketini bir elektrik motorundan alan vakum pompası, yedek vakum depoları, ana vakum hattı ve pulsator hattından oluşmaktadır. Vakum pompası ve bunu tahrik eden elektrik motoruna ait teknik özellikler Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Vakum pompasının teknik özellikleri

<b>Özellik</b>	<b>Değer</b>
Tip	Döner elemanlı, yağlı
Palet sayısı	4
Palet uzunluğu (mm)	289
Palet genişliği (mm)	87
Palet kalınlığı (mm)	5,6
Rotor çapı (mm)	125
Rotor genişliği (mm)	280
Silindir iç çapı (mm)	155
Silindir genişliği (mm)	419
Rulman no	2 X 6306 Açık
Yağ deposu hacmi (litre)	1
<b>Hareket İletim Sistemi</b>	
Elektrik motoruna bağlı kasnak iç çapı (mm)	130
Vakum pompasına bağlı kasnak iç çapı (mm)	150
Kayış tipi	17X1450 V Tipi



**Çizelge 3.2.** Elektrik motorunun teknik özellikleri

Özellik	Değer
Güç (kW)	7,5
Çalışma gerilimi (V)	400
Akım (A)	16
Çalışma frekansı (Hz)	50
Devir (1/min)	1455
Cos $\varphi$	0,76

Denemelerde aşağıda markası, modeli ve teknik özellikleri verilen cihazlar kullanılmıştır.

**İnvertör ve vakum basınç algılayıcı:** Araştırmada vakum pompası elektrik motoruna değişken devir kazandırmak için E-Zee Nu Pulse marka, Reflex model invertör ve buna bağlı vakum basıncı algılayıcı kullanılmıştır (Şekil 3.2). Elektrik motorunun gücü olan 7,5kW'ya uyumlu “7,5 HP, 12 AWG, 4 kontaktörlü 30 A Cont” tip invertörün seçimi yapılmıştır. İnvertörün teknik özellikleri Çizelge 3.3'te verilmiştir. İnvertöre bağlı vakum basınç algılayıcısı elektronik bir vakummetre ve dijital ekranından oluşmaktadır.



Şekil 3.2. İnvörtör panosu (kapalı ve açık durumda) ve vakum basıncı algılayıcı

Çizelge 3.3. İnvörtörün teknik özellikleri

Özellik	Değer
Nominal çıkış kapasitesi (kVA)	14,3
Nominal çıkış akımı (A)	18
Uygulanabilir motor gücü (kW)	7,5
Aşırı yükleme toleransı	Nominal akımın %120
Taşıyıcı frekans (kHz)	2-15
Faz/nominal voltaj (V)	3 faz/AC 380-480



**Çizelge 3.5.** Gürültü ölçerin teknik özellikleri

Özellik	Değer
Ölçüm aralığı (dB)	Düşük: 30-100 Yüksek: 60-130
Hassasiyet (dB)	±1,5
Frekans aralığı (Hz)	31,5-8000
Pil (V)	9
Ölçüm sıcaklığı (°C)	0-40 (<% 80 nem)
Depolama sıcaklığı (°C)	-10-60 (<% 70 nem)

### 3.2. Yöntem

Denemeler vakum pompasına değişken devir özelliği kazandırmadan önce ve kazandırdıktan sonra olmak üzere iki süreçte gerçekleştirilmiştir. Her iki durumda da elektrik enerjisi tüketim değerleri, gürültü ve vakum pompası yağ tüketimi ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca, tüketilen enerji değerlerinden spesifik enerji tüketimleri ve yatırımın geri dönüş süreleri hesaplanmıştır. Ölçüm ve hesaplamalara ait yöntemler aşağıda ayrıntılı şekilde verilmiştir;

#### 3.2.1. Elektrik Enerjisi Tüketim Değerlerinin Tespiti

Elektrik enerjisi analizörü, vakum pompası elektrik panosunun hemen yakınına monte edilmiş ve elektrik motoru besleme hattına bağlanmıştır. İnvörtör takılmadan önce bir hafta süresince kaydedilen ölçümler kontrol edilmiş ve bir sorun görülmemiştir. Ardından ölçümlere iki hafta daha devam edilmiş ve üçüncü haftanın sonunda depolanan veriler bilgisayara alınmıştır (Şekil 3.4). Elektrik enerjisi tüketimi için analizörden “çıkış aktif enerji” parametresi kullanılmıştır.



**Şekil 3.4.** Elektrik enerjisi analizöründen verilerin bilgisayara aktarılması

Daha sonra invertör devreye alınmış ve vakum pompasına değişken devir özelliği kazandırılmıştır. Buna göre; invertörün bulunduğu pano, vakum pompası elektrik panosunun hemen yanına duvara asılmıştır. İntertöre bağlı vakum basınç algılayıcısı da invertör panosunun yakınına yerleştirilmiştir. İntertörün elektrik motoru ve vakum basıncı algılayıcısına bağlantıları yapılmıştır. Vakum basıncı algılayıcısı, algılama noktası ana vakum hattından olacak şekilde bağlanmıştır. Montaj yerleri, kullanılan kablo çeşitleri ve kablolama sistemi invertör kullanım kılavuzuna uygun olarak yapılmıştır. Yıkama vakum basıncı değeri; 50 kPa ve sağım vakum basıncı değeri; 44 kPa algılayıcıya sırasıyla girilerek kalibrasyonu yapılmış ve değişken devirli vakum pompası sistemi devreye alınmıştır.

Değişken devirli vakum pompası devreye alındıktan sonra, tıpkı öncesinde olduğu gibi enerji tüketim verileri üç hafta boyunca kaydedilmiş ve ardından veriler bilgisayara yüklenmiştir.

### **3.2.2. Spesifik Enerji Tüketim Değerlerinin (SET) Tespiti**

Araştırmada iki farklı SET değeri hesaplanmıştır. Bunlar; sağılan birim süt miktarına ilişkin “SETs” (kWh/ton) ve bir yılda birim sağmal ineğe ilişkin “SETi” (kWh/inek-yıl)’dır.

Ölçüm yapılan günlere ilişkin günlük ortalama sağılan süt miktarı işletmenin sürü yönetim sisteminden alınmış ve SETs hesaplanmıştır. Son bir yılda sağılan ortalama inek sayısı yine sürü yönetim sisteminden alındıktan sonra SETi belirlenmiştir.

### 3.2.3. Yatırımın Geri Dönüş Süresinin (ROI) Hesaplanması

Vakum pompasına değişken devir özelliği kazandırmak için edinilen invertör ve vakum basıncı algılayıcısı takımının satın alım bedeli, günlük elektrik enerjisinden kazanım ETİg ve enerji dağıtım şirketinin tarifesi değerlerinden yatırımın geri dönüş süresi eşitlik 3.1'de hesaplanmıştır.

$$ROI = \frac{SAB}{EKg \times ETA} \times \frac{1}{365} \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

ROI; Yatırımın geri dönüş süresi (yıl)

EKg: Günlük elektrik enerjisinden kazanım (kWh/gün)

ETA: Enerji dağıtım şirketi tarifesi (\$/kWh)

SAB: Satın alım bedeli (\$)

### 3.2.4. Gürültünün Tespiti

İnvertör devreye alınmadan ve alındıktan sonra çalışanlar ve ineklerin maruz kaldığı gürültü ölçümleri, vakum pompası yakınında, süt odasında ve sağımhanede olmak üzere üç bölgede yapılmıştır (Şekil 3.5). Sağım başlığı takarken oluşan vakum kaçağından kaynaklanan ayrıca, aynı anda vakum pompası devri yükseldiği için ortamın gürültü seviyesi yükseltmektedir. Bu nedenle, gürültü ölçümleri sağım başlığı takma işlemlerinin yapılmadığı tüm başlıkların hayvanlara takılı vaziyette yani tam sağım zamanda yapılmıştır.



**Şekil 3.5.** Sağımhane çukurunda gürültü ölçümü

### **3.2.5. Vakum pompası yağ tüketimi tespiti**

Vakum pompasına değişken devir kazandırmadan önce ve sonrasında pompanın yağ tüketimi birer aylık sürelerde tespit edilmiştir. Tüketim, pompanın 1 litrelik yağ deposuna eklenen yağ ve ölçüm günü depoda kalan yağ miktarları toplanarak belirlenmiştir. Tüketilen toplam yağ miktarından ortalama günlük tüketim hesaplanmıştır.

### **3.2.6. İstatiksel Analiz**

Vakum pompasına değişken devir kazandırma öncesi ve sonrası ölçülen günlük elektrik enerjisi tüketim değerlerinin öncelikle standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Ölçülen değerler birbirlerine yakın olması nedeniyle standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri oldukça küçük çıkmıştır. Bu nedenle veriler, herhangi bir istatistiksel teste tabii tutulmadan doğrudan ortalamaları alınarak değerlendirilmiştir.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

##### 4.1. Elektrik Enerjisi Tüketimine Ait Bulgular ve Tartışma

Vakum pompasına değişken devir kazandırma öncesi ve sonrası günlük tüketilen elektrik enerjisi değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Her iki durum için de 22 günlük veriler kullanılmıştır. Değişken devir öncesinde verilerin standart sapması 4,608 ve sonrasında 3,056 olarak hesaplanmıştır. Varyasyon katsayısı ise sırasıyla %5,200 ile %5,474 bulunmuştur. Veriler arasındaki farklılıklar oldukça düşük olması nedeniyle her iki dönemde tüketilen günlük enerji değerleri, ortalamalar alınarak değerlendirilmiştir.

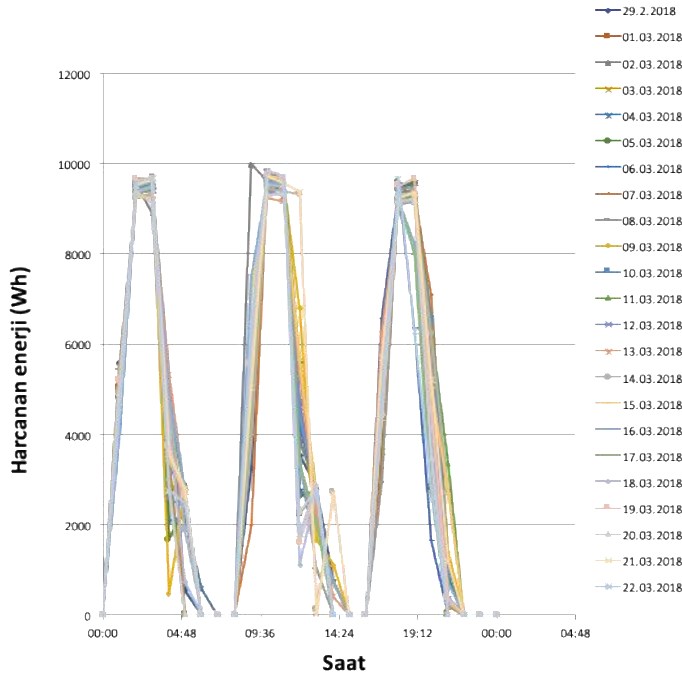
Çizelge 4.1. Elektrik enerjisi tüketimine ait bulgular

DEĞİŞKEN DEVİR ÖNCESİ GÜNLER	ORTALAMA TÜKETİM (kWh/gün)	DEĞİŞKEN DEVİR SONRASI GÜNLER	ORTALAMA TÜKETİM (kWh/gün)
16.03.2018	89,533	8.04.2018	52,585
17.03.2018	83,868	9.04.2018	52,278
18.03.2018	89,133	10.04.2018	54,813
19.03.2018	88,588	11.04.2018	53,108
20.03.2018	86,596	12.04.2018	58,186
21.03.2018	87,867	13.04.2018	49,846
22.03.2018	82,575	14.04.2018	56,539
23.03.2018	87,075	15.04.2018	57,877
24.03.2018	84,103	16.04.2018	52,867
25.03.2018	91,158	17.04.2018	56,083
26.03.2018	92,242	18.04.2018	54,813
27.03.2018	95,174	19.04.2018	62,163
28.03.2018	88,861	20.04.2018	61,325
29.03.2018	91,231	21.04.2018	58,61
30.03.2018	96,411	22.04.2018	55,986
31.03.2018	94,642	23.04.2018	57,023
1.04.2018	90,861	24.04.2018	55,363
2.04.2018	81,411	25.04.2018	56,266
3.04.2018	85,81	26.04.2018	57,746
4.04.2018	88,786	27.04.2018	52,312
5.04.2018	81,808	28.04.2018	58,702
6.04.2018	97,177	29.04.2018	56,961
7.04.2018	83,266	30.04.2018	52,305
<b>ORTALAMA</b>	<b>88,616</b>	<b>ORTALAMA</b>	<b>55,816</b>
<b>STD SAPMA</b>	<b>4,608</b>	<b>STD SAPMA</b>	<b>3,056</b>
<b>VAR.KAT. (%)</b>	<b>5,2</b>	<b>VAR.KAT. (%)</b>	<b>5,474</b>

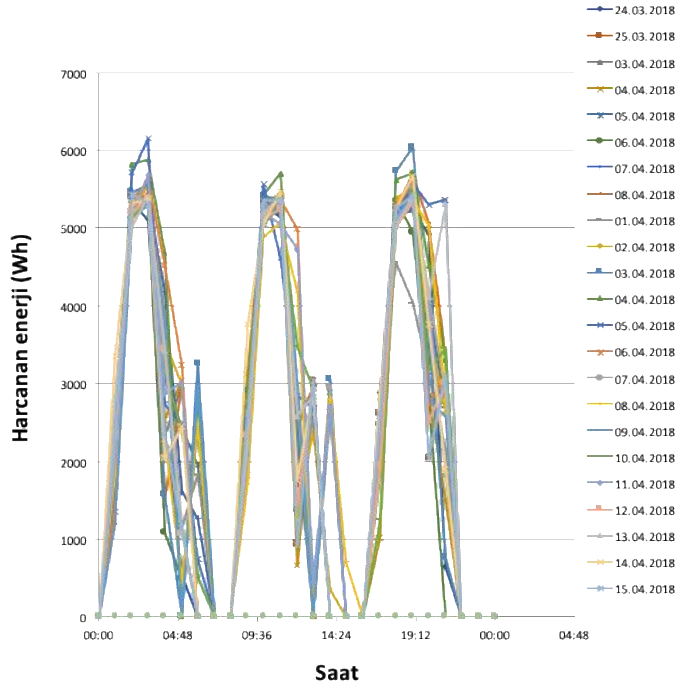


Değişken devir öncesi 88,616 kWh/gün olan ortalama günlük elektrik enerjisi tüketimi değişken devir sonrası 55,816 kWh/gün'e düşmüştür. Her iki dönem arasında yapılan kazanım 32,800 kWh/gün ve kazanım oranı %37,014 olarak hesaplanmıştır.

Vakum pompasına değişken devir kazandırma öncesi ve sonrası gün içinde harcanan enerji verilerinin grafikleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de görülmektedir. Grafiklerden işletmenin günde 3 sağım yaptığı ve sağımların başlama saatlerinin çok düzenli olduğu izlenebilmektedir. Sağım, gece 00:00'da, sabah 08:00'da, ve akşam 16:00'da olmak üzere sekizer saat ara ile yapılmaktadır. Her sağım ve ardından sistemin yıkanması 4 saati bulmaktadır. Günlük eğrilerinin birbirine yakın olması işletmede sağım rutinin çok iyi yapıldığını göstermektedir. Vakum pompasına değişken devir kazandırma öncesi maksimum enerji tüketimi 10 000 Wh'lara ulaşırken, değişken devir sonrası bu değer 6 000 Wh'larda kalmaktadır.



Şekil 4.1. Vakum pompasına değişken devir kazandırma öncesi gün içinde harcanan enerji



**Şekil 4.2.** Vakum pompasına değişken devir kazandırma sonrası gün içinde harcanan enerji

Sanford (2003a) yaptığı çalışmada 4 ayrı işletmede değişken devirli vakum pompalarıyla %37'den %68'e kadar enerji tasarrufu sağlamışlardır. Benzer bir şekilde bu çalışmada da tasarruf oranı %37,014 bulunmuştur. Murgia ve ark. (2003) ise yaptıkları çalışmada değişken devirli pompalarla %56-%87 arasında tasarruf sağlandığı belirtilmiştir. Ludington ve ark (1990), Ludington ve Johnson (2003), Edens ve ark. (2003), Kraatz ve Berg (2007), Prikrly ve ark (2010), Anononim (2011), Upton ve ark. (2015) çalışmalarında değişken devir uygulamasıyla önemli oranlarda tasarruf elde edilebildiği vurgulanmıştır.

#### **4.2. Spesifik Enerji Tüketim Değerlerine (SET) Ait Bulgular ve Tartışma**

Araştırmada, spesifik enerji tüketim değerleri olan, SETs ve SETi değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. SETi hesaplamasında kullanılan ortalama günlük sağılan süt (ton/gün) ve ortalama günlük sağmal inek sayısı (inek/gün) da aynı çizelgede gösterilmiştir.

Değişken devirli vakum pompası devreye alınmadan önce bir ton süt sağımı için harcanan enerji (SETs), 14,192 kWh/ton, devreye alındıktan sonra 8,597 kWh/ton'a düşmüştür. İşletmede sağmal inek başına, sağım sisteminde bir yılda harcanan enerji değeri; (SETi) de 161,724 kWh/inek-yıl'dan 101,864 kWh/inek-yıl'a düşmüştür.

#### Çizelge 4.2. Spesifik enerji tüketimlerine (SET) ait bulgular

Değerler	Öncesi	Sonrası
SETs (kWh/ton)	14,192	8,597
SETi (kWh/inek-yıl)	161,724	101,864
Ortalama günlük sağılan süt (ton/gün)	6,244	6,492
Ortalama günlük sağılan inek sayısı (inek/gün)	197	

Murgia ve ark. (2008), yıllık 84 kWh/inek-yıl olan vakum pompası enerji tüketiminin değişken devirli vakum pompalarıyla 52-58 kWh/inek-yıl değerlerine düştüğünü vurgulamışlardır. Her ne kadar düşüş oranı bu çalışmadakine benzerse de tüketim miktarları neredeyse yarısı kadardır. Araştırmada tüketim oranlarının bu denli yüksek çıkmasının sebebi, vakum pompası ve elektrik motorunun standartların öngördüğü kapasiteden çok daha büyük olduğu ve sağım zamanında boşa harcanan zamanın çokluğu şeklinde açıklanabilir.

Bu, araştırmada tespit edilen SETi (161,724 kWh/inek-yıl) değeri, Duman ve ark. (2013) araştırmalarında işletmedeki tüm ekipmanların harcadığı toplam enerjinin (563,75 kWh/inek-yıl) %28'ine karşılık gelmektedir. Bu oran Ludington ve ark. (2004) sağım için harcanan enerji oranının (%17) üzerindedir. Bunun nedeni ise ülkemizdeki işletmelerde yeterli düzeyde yapay havalandırma sistemlerinin (fanların) henüz etkin kullanılmıyor olmasındandır.

#### 4.3. Yatırımın Geri Dönüş Süresine (ROI) Ait Bulgular ve Tartışma

İnvertör ve vakum basın algılayıcı için yatırımın geri dönüş süresi (ROI) hesaplamasında aşağıdaki değerler alınmıştır;

- Günlük elektrik enerjisinden kazanım EKg; 32,8 kWh/gün (Çizelge 4.1),
- Enerji dağıtım şirketi tarifesi ETA; 0,13 \$/kWh (1 ABD doları 5,4 Türk Lirası),
- Satın alım bedeli 1850 \$

Değerler formüldeki yerlerine konulduğunda bu araştırma için ROI 1,18 yıl bulunmuştur. Görüldüğü gibi bu enerji verimliliği yatırımı çok kısa bir sürede geri dönmektedir. Oysa, Sanford (2003b), Upton ve ark. (2005) ve Anonim (2011) çalışmalarında değişken devirli vakum pompasına geçiş için yapılan yatırımın geri dönüş sürelerini sırasıyla; 4,5 ve 3 yıl olarak vermişlerdir. Bu araştırmada yatırımın geri dönüş süresinin çok daha kısa bulunmasının

nedenini teknoloji geliştikçe bu tür yatırım bedellerinin düştüğü şeklinde açıklanabilir. Bir başka neden ise Türkiye’de tarım işletmelerine özgü bir elektrik fiyatlandırmasının yapılmamasıdır. Tarımsal işletmelerin tamamına sanayi işletmelerinin enerji fiyatlandırması uygulanmaktadır.

#### 4.4. Gürültü Ölçümüne Ait Bulgular ve Tartışma

İnsan sağlığı ve inek konforu için önemli olan gürültü düzeyi, değişken devirli vakum pompasını devreye almadan önce ve sonrasında vakum pompası yanı, süt odası ve sağımhanede yapılan ölçümlerin sonuçları Çizelge 4.3’te verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Gürültü ölçümüne ait bulgular

Ölçüm yerleri	Öncesi	Sonrası
Vakum pompası yanı (dB)	90,3	81,2
Süt odası (dB)	87,3	79,8
Sağımhane (dB)	85,1	77,6

Değişken devir öncesi vakum pompasında 90,3 dB olarak ölçülen gürültü seviyesi, değişken devir sonrası 81,2 dB olarak ölçülmüştür. Süt odasında öncesinde 87,3 iken sonrasında 79,8 olmuştur. Sağımhanede ise değerler 78,1 dB’den 69,3 dB’e düşmüştür.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmeliğe göre 8 saat boyunca sürekli olarak maruz kalınan 85 dB’den daha yüksek şiddette gürültü insan sağlığına zarar verir (Anonim 2013). Bu değer inekler için de referans değer olarak alınmıştır (Psenka ve ark. 2016). Vakum pompasına değişken devir özelliği kazandırmadan önce tüm ölçüm noktalarındaki değer, bu kritik eşiğin üzerindeyken değişken devir sonrasında bir miktar düşüş göstermiştir. Gürültü düzeyinin değişken devir sonrası süt odası ve sağımhanede beklenenden daha yüksek çıkmasının sebebi süt odasında çalışan süt soğutma tankı ve sağımhanedeki pulsatörler ve süt aktarma pompası gibi sesli çalışan ekipmanlardır. Pazzona ve ark (2003) yaptıkları çalışmada değişken devirli vakum pompası kullanımıyla gürültü seviyesinde 12-24 dB azalma saptamışlardır. Anonim (2011) ve Sanford (2003a) yaptıkları çalışmalarda değişken devirli vakum pompalarıyla gürültü seviyesinde düşmeler olacağı vurgulanmıştır.

#### 4.5. Vakum Pompası Yağ Tüketimine Ait Bulgular ve Tartışma

Vakum pompasına değişken devir kazandırma öncesi ve sonrası pompa tarafından ortalama günlük yağ tüketimi (mL/gün) Çizelge 4.4'te verilmiştir. Buna göre değişken devir öncesi 96 ml/gün olan yağ tüketimi, değişken devir sonrası 62 ml/gün'e düşmüştür. Kazanım 34 mL/gün yani yılda 12,410 L/yıl olmaktadır.

**Çizelge 4.4.** Vakum pompası yağ tüketimine ait bulgular

<b>Durum</b>	<b>Öncesi</b>	<b>Sonrası</b>
Ortalama günde yağ tüketimi (mL/gün)	96	62
Günde kazanım (mL/gün)	34	

Değişken devir sonrası vakum pompalarında yağ tüketiminin azalması pompanın bakım ve servis periyotlarının uzaması bu da ekonomik ömrün artması anlamına gelmektedir. Genellikle yağlı tip vakum pompalarının kullanıldığı sağım sistemlerinde üç günde bir yağ kontrolü, üç ayda bir genel temizlik, altı ayda bir pompanın içinin temizliği ve iki yılda bir de paletlerin değişimi yapılmaktadır. Değişken devir kazandırılan vakum pompasının iç temizliği 8 ayda bir ve paletlerin değişimi 3 yıla kadar uzatılabilir.

Anonim (2011) ve Sanford (2003a) bildirdiklerine göre değişken devirli vakum pompalarının kullanımının bir avantajı da vakum pompalarının servis ve bakım maliyetlerinde bir azalma olacağı aynı zamanda pompaların ekonomik ömürlerinin de uzayacağı şeklindedir.

## 5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında değişken devirli vakum pompası kullanımı ile elde edilen kazanımlar tespit edilmiştir. Denemeler Kırklareli, Lüleburgaz'da bulunan ve 2x12-24 sağım üniteli bir sağım sistemine sahip bir işletmede sürdürülmüştür. İşletmede halihazırda kullanılan vakum pompasına invertör takılarak değişken devirli yapılmıştır.

Ölçümler sonucunda ortalama günlük elektrik enerjisi tüketimi tespit edilmiştir. Bunu yanı sıra spesifik enerji tüketimleri (SET) ve yatırımının geri dönüş süresi (ROI) değerleri de hesaplanmıştır. Araştırmada ayrıca, işletmenin farklı noktalarındaki gürültü düzeyleri ve vakum pompası yağ tüketimi de ölçülmüştür.

Araştırmada elden edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

- Değişken devir öncesi 88,616 kWh/gün olan ortalama günlük elektrik enerjisi tüketimi değişken devir sonrası 55,816 kWh/gün'e düşmüştür. Her iki dönem arasında yapılan tasarruf 32,800 kWh/gün ve tasarruf oranı %37,014 olarak hesaplanmıştır.
- Değişken devirli vakum pompası devreye alınmadan önce bir ton süt sağımı için harcanan enerji; (SETs), 14,192 kWh/ton, devreye alındıktan sonra 8,597 kWh/ton'a düşmüştür. İşletmede sağılan inek başına, sağım sisteminde bir yılda harcanan enerji değeri de; (SETi) 161,724 kWh/inek-yıl'dan 101,864 kWh/inek-yıl'a düşmüştür.
- İinvertör ve vakum basın algılayıcı için yatırımın geri dönüş süresi (ROI) 1,18 yıl bulunmuştur.
- Değişken devir öncesi vakum pompasında 90,3 dB olarak ölçülen gürültü seviyesi, değişken devir sonrası 81,2 dB olarak ölçülmüştür. Süt odasında öncesinde 87,3 iken sonrasında 79,8 olmuştur. Sağımhanede ise değerler 78,1 dB'den 69,3 dB'e düşmüştür.
- Vakum pompası tarafından ortalama günlük harcanan yağ miktarları değişken devir öncesi 96 ml/gün, değişken devir sonrası 62 ml/gün ölçülmüştür. Kazanım 34 L/gün yani yılda 12,410 L/yıl olmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçların paylaşımıyla oldukça sınırlı düzeyde kullanımı olan değişken devirli vakum pompasının yaygınlaşması sağlanacaktır. Ayrıca, sektörel olarak enerji tüketiminin azaltılması ve enerji verimliliği sağlayan diğer uygulamaların da farkındalığını artıracaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- Anonim (2011). EnSave, Milking Vacuum Pump Variable Speed Drive, <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjE463lh7nfAhXGjqQKHYijBxsQFjAAegQICBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.usdairy.com%2F~%2Fmedia%2Fusd%2Fpublic%2Fensavemilkingvacuumpumpvariable-speeddrive.pdf&usg=AOvVaw29la9cFprwyPFtPxz2FxJH> (erişim tarihi, 20.12.2018)
- Anonim (2013). Çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik, sayı: 28721. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130728-11.htm> (erişim tarihi, 05.01.2019)
- Duman A, Gönülo E, Ülger P, Demir C (2013). Determination of dairy cattle farm energy utilization index in Turkey. 5. International Conference “Energy Efficiency & Agricultural Engineering”, Ruse Bulgaria.
- Duman A (2014). Süt Sağım Mekanizasyonunda Enerji Maliyetlerinin ve Enerji Verimliliğini Etkileyen Unsurların Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi. Tekirdağ.
- Duman Altan A (2017). Çiğ Süt Üretim İşletmesinde Enerji Yönetim Sistemi Altyapısının Oluşturulması. Doktora Tezi. Namık Kemal Üniversitesi. Tekirdağ.
- Edens WC, Pordesimo LO, Wilhelm LR (2003). Energy use Analysis of Major Milking Center Compenents at a Dairy Experiment Station. Applied Engineering in Agriculture, 19:6:711-716.
- Kraatz S, Berg W (2007). Energy demand for milking cows. ASAE Annual Meeting, 074175, Michigan, USA.
- Kudelka J, Fryc J, Kukla R (2012). Controls operations of the vakuum pump of the milking machine by frequency converter. MendelNet International PhD Student Conference, 1101-1107, Czech Republic.
- Ludington D, Johnson (2003). Dairy Farm Energy Audit Summary. Ithaca, NY DLTech Inc, New York, USA.
- Ludington DC, Johnson EL, Kowalski JA, Mage AL (2004) Dairy Farm Energy Management Guide. Southern California Edison, 160s, California, USA.
- Miroslav P, Josef M, Jiri K (2010). The possibilities of reduction of milking energy 4th consumption. 4th Onternational Confrence on Trends In Agricultural Engineering, 505-509, Czech Republic.
- Murgia L, Caria M, Pazzona A (2008). Energy use and management in dairy farms. International Conference: Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems, Ragusa, Italy.

- Pazzona A, Murgia L, Zanini L, Capasso M, Reinemann DJ (2003). Dry test of vacuum stability in milking machines with conventional regulators and adjustable speed vacuum pump controllers. ASAE Annual International Meeting, Paper Number: 033013, Las Vegas, Nevada, USA.
- Prikryl M, Maloun J, Klima J (2010). The possibility of Reduction of Milking Energy Consumption. Trends in Agricultural Engineering, 505-509.
- Psenka M, Sistkova M, Mihina S, Galik R (2016). Frequency Analysis of Noise Exposure of Dairy Cows in The Process of Milking. Res. Agr. Eng, Volume 62, 2016 (4): 185-189.
- Robert R, Jan K, Jiri F (2014). Electromotor and vacuum pump set up and measurement of basis parameters by frequency converter Siemens G-120 for milking equipment. 21st International PhD Student Conference, 573-577, Czech Republic.
- Roşca R, Carlescu P, Tenu I, Chirila C (2013). Preliminary Researches Regarding The Use of A Vfd Controller For The Vacuum Pump Of The Mechanical Milking Machine. Lucrari Ştiinţifice-Seria Zootehnie (University of Agricultural Sciences and Veterinary Iasi), 59:292-298.
- Roşca R, Carlescu P, Tenu I, Chirila C (2014). Validation of The Model of A Milking Machine Vacuum System By The Means of Teatcup Fall-Off Tests. Lucrari Ştiinţifice-Seria Zootehnie (University of Agricultural Sciences and Veterinary Iasi), 62:169-174.
- Roşca R, Carlescu P, Tenu I, Ciorap R (2015). Vacuum regulation with a VFD Controller: Preliminary Tests and Modeling of the Vacuum System. 7th International Conference on Information and communication Technologies in Agriculture, Food and Environment (HAICTA 2015), 202-215, Kavala, Greece.
- Sanford SA (2003a). Vacuum systems; variable speed vacuum pump. <https://learningstore.uwex.edu/Assets/pdfs/A3784-05.pdf> (erişim tarihi, 21.12.2018)
- Sanford SA (2003b). Milking system air consumption when using a variable speed vacuum pump. ASAE Annual International Meeting, Paper Number: 033014, Las Vegas, Nevada, USA.
- Upton J, Murphy M, De Boer IJM, Koerkamp PWGG, Shallo L (2015). Investment Appraisal Of Technology Innovations On Dairy Farm Electricity Consumption. Journal of Dairy Science, 98:2:898-909.



## ÖZGEÇMİŞ

Kemalettin KESKİN, 26/02/1982 yılında Erzincan'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul Esenyurt'ta tamamladı. Erzurum Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümünden 2006 yılında “Ziraat Mühendisi” olarak mezun oldu. 2010 yılında Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2010 yılında Esenyurt Belediyesi'nde Kontrol Mühendisi olarak göreve başlayan KESKİN, 2017 yılından bu yana Esenyurt Belediyesinde Park ve Bahçeler Müdürlüğü görevini sürdürmektedir. Kemalettin KESKİN, evli ve iki kız çocuk babasıdır.