

**SÜT SAĞIM MAKİNALARININ TEST EDİLMESİ İÇİN
ELEKTRONİK BİR VAKUM-NABIZ KAYIT CİHAZI
TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ**

Yunus YARAR



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜT SAĞIM MAKİNALARININ TEST EDİLMESİ İÇİN ELEKTRONİK BİR
VAKUM-NABİZ KAYIT CİHAZI TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ**

Yunus YARAR
0000-0001-6062-9271

Prof. Dr. Halil ÜNAL
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2020
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Yunus YARAR tarafından hazırlanan “SÜT SAĞIM MAKİNALARININ TEST EDİLMESİ İÇİN ELEKTRONİK BİR VAKUM-NABIZ KAYIT CİHAZI TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Halil ÜNAL

Başkan: Prof. Dr. Ahmet Kamil BAYHAN
0000-0001-6573-9867
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve
Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye: Prof. Dr. Halil ÜNAL
0000-0001-5830-2050
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

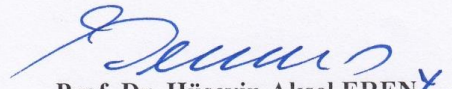


Üye: Prof. Dr. Selçuk ARSLAN
0000-0003-4636-1234
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım


Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü
...../...../.....

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

08 / 07 / 2020

İmza

Yunus YARAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SÜT SAĞIM MAKİNALARININ TEST EDİLMESİ İÇİN ELEKTRONİK BİR VAKUM-NABIZ KAYIT CİHAZI TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

Yunus YARAR

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Halil ÜNAL

Süt sağım makinelerinde kaliteyi ve standartları yükseltmek, sağmal hayvanlarda meme hastalıklarının önüne geçebilmek, sağlıklı ve yüksek süt verimi sağlayabilmek için sağım makinası elemanlarının kontrolünün değişik test cihazları ile ölçülmesi gerekir. Test cihazların çoğu kuru koşullarda, çok azı ise ıslak veya dinamik koşullarda, genellikle de iki ölçüm noktasından vakum-nabız kayıtlarını alabilmektedir. Bu çalışmada, sağım ekipmanlarını ve sağım rutinlerini daha iyi analiz etmek için pulsator veya sağım ünitesindeki belirli noktalardan vakum-nabız kayıtlarını alabilecek, taşınabilir yapıda elektronik bir cihaz tasarımının gerçekleştirilmesi ve bu cihazın uygulamada diğer kayıt cihazları ile karşılaştırılarak performansının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tasarlanan cihaz, 4 adet basınç sensörü kanalından 32 bit işlemci aracılığıyla analog dijital dönüşüm yapabilmektedir. Ortaya çıkan 6 kb/s'lik data SD Kart üzerine kaydedilerek bilgisayar ortamına alınmaktadır. Cihazın enerji gereksinimi Li-Ion pil ve şarj devreleriyle sensör ve arabirimlerin güç ihtiyacı karşılanmıştır. Hayuka ismi verilen tasarım cihazının performansı, pnömatik pulsatorlu seyyar bir süt sağım makinasında, sektörde en çok kullanılan iki farklı marka kayıt cihazı (Exendis-PT V ve GEA-Pulsotest Comfort (V 1.2)) ile paralel olarak bağlanarak vakum-nabız frekans verileri karşılaştırılmıştır. PT V ve V 1.2 cihazlarında ikişer sensör kanalı, Hayuka cihazında ise 4 sensör kanalı olduğundan, cihazların istatistiksel olarak karşılaştırılabilmesi için, Hayuka cihazının 1-2 nolu kanalına Hayuka-A, 3-4 nolu kanalına ise Hayuka-B ismi verilmiştir. Böylece deneylerde 4 farklı cihaz, sağım makinasının 2 farklı sistem vakum basıncında (44 ve 50 kPa) ve her vakumun 9 farklı nabız sayısında (sırasıyla 60, 90, 120, 150, 180, 200, 240, 260 ve 300 dk⁻¹) toplamda 13 adet vakum ve nabız frekans ölçümleri yapılmıştır. Araştırma sonuçlarında bu nabız frekanslarının 5 tanesi değerlendirilmiştir.

Elde edilen karşılaştırmalı test sonuçlarına göre, hem 44 hem de 50 kPa sistem vakum deneylerinde 4 cihazın maksimum nabız vakumu değerlerine ait varyans analizleri incelendiğinde cihaz adı, kanal no, NS set değerleri ile cihaz adı x kanal no, cihaz adı x NS set, kanal no x NS set ve cihaz adı x kanal no x NS set interaksiyonlarının % 1 olasılık düzeyine göre önemli olduğu görülmüştür. Hayuka-A ve Hayuka-B cihazlarının (1) maksimum nabız odası vakumu, (2) ölçülen nabız sayıları, (3) nabız oranları, (4) maksimum vakum evresi ve (5) minimum vakum evresi değerlerinin varyans analizleri ve interaksiyon sonuçlarına göre PT V ve V 1.2 cihazları ile çok büyük oranda benzer sonuçları elde ettiği göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Süt sağım makinası, Meme sağlığı, Tasarım, Maksimum nabız odası vakumu, Nabız sayısı, Nabız oranı, Maksimum vakum fazı, Minimum vakum fazı, Kayıt cihazı.

2020, ix + 77 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC VACUUM-PULSE RECORDER FOR TESTING MILKING MACHINE

Yunus YARAR

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystems Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Halil ÜNAL

In order to increase the quality and standards in milking machines, to prevent udder diseases in dairy animals, and to ensure healthy and high milk yield, the control of the milking machine elements should be measured with different test devices. Most of the test devices are able to take vacuum-pulse records from two measurement points in dry conditions, very few in wet or dynamic conditions. In this study, it is aimed to design a portable electronic device that can take vacuum-pulse records from certain points in the pulsator or milking unit in order to better analyze the milking equipment and milking routines and to determine the performance of this device by comparing it with other recording devices in practice.

The designed device can perform analog to digital conversion through a 32 bit processor through 4 pressure sensor channels. The resulting 6 kb/s data is recorded on the SD Card and taken into the computer environment. The energy requirement of the device was met by the Li-Ion battery and the charging circuits, and the power requirement of the sensors and interfaces. The performance of the design device named Hayuka was connected in parallel with two different brands of recording devices (Exendis-PT V and GEA-Pulsotest Comfort (V 1.2)) in a portable milking machine with pneumatic pulsators and vacuum-pulse frequency data were compared. Since PT V and V 1.2 devices have two sensor channels and Hayuka device has 4 sensor channels, channel 1-2 of the Hayuka device is named Hayuka-A and channel 3-4 is named Hayuka-B in order to compare the devices statistically. Thus, in experiments, 4 different devices were used at 2 different system vacuum pressure of the milking machine (44 and 50 kPa) and 9 different pulse rates of each vacuum (60, 90, 120, 150, 180, 200, 240, 260 and 300 min⁻¹, respectively), A total of 13 vacuum and pulse frequency measurements were made. In the results of the research, 5 of these pulse frequencies were evaluated.

According to the comparative test results obtained, when the variance analysis of the maximum pulsation chamber vacuum values of 4 devices in both 44 and 50 kPa system vacuum experiments are examined, device name, channel number, NS set values and device name x channel number, device name x NS set, channel no x NS set and device name x channel no x NS set interactions were found to be significant compared to 1% probability level. Variance analysis and interaction of (1) maximum pulsation chamber vacuum pressure, (2) measured pulsation rates, (3) pulsator ratio, (4) maximum vacuum phase and (5) minimum vacuum phase values of Hayuka-A and Hayuka-B devices showed that it obtained very similar results with PT V and V 1.2 devices.

Key words: Milking machine, Udder health, Design, Maximum pulsation chamber vacuum, Pulsation rate, Pulsator ratio, maximum vacuum phase, minimum vacuum phase, Recorder.

2020, ix + 77 pages

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamın seimi, cihazın tasarımı, testlerinin yşrştşlmesi ve araştırmanın yazımına kadar her tşrlş desteğini gřrdřęřm danışman hocam Sn. Prof. Dr. Halil ŐNAL'a sonsuz teőekkřr ederim. Tezimdeki cihaz tasarımı sşresince desteğini esirgemeyen Ayaz Kauçuk Plastik ve Kalıp Mak. San. Tic. Ltd. Őti. Ar-Ge Mşdşrş Sn. Kazım KIYAK beye ve cihaz kalibrasyonları ile deney sonuçlarının istatistiki analizlerinde değerli fikirlerini ve katkısını esirgemeyen Sn. Prof. Dr. Ahmet Kamil BAYHAN hocama teőekkřrlerimi ve őřkranlarımı sunarım. Yşksek Lisans eğitimim sşresince maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teőekkřrř bir borç bilirim.

Yunus YARAR
08 / 07 / 2020

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.2. Yöntem.....	17
3.2.1. Tasarım Cihazının Modül Konfigürasyonu.....	17
3.2.2. Blok Şeması.....	18
3.2.3. ESP 32 Wifi Modül.....	18
3.2.4. Lion Pil ve Şarj Devresi.....	19
3.2.5. 3V TO 12V DC-DC Konvertör.....	20
3.2.6. 10 V Voltaj Regülatörü.....	21
3.2.7. Ters Voltaj Koruma Devresi.....	21
3.2.8. Basınç Sensörü.....	22
3.2.9. Diferansiyel Amplifikatör.....	23
3.2.10. RTC Saat Devresi.....	23
3.2.11. SD Kart Devresi.....	24
3.2.12. Voltaj Referans Devresi.....	24
3.2.13. Pil Şarj Durum Devresi.....	25
3.2.14. Cep Telefonu Uygulaması.....	26
3.2.15. Bilgisayar Arayüz Uygulaması.....	27
3.2.16. Tasarım Cihazının Vakum Basıncı ve Nabız Değerleri Yönünden Performans Testleri.....	28
3.2.17. İstatistik Analizi.....	32
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	33
4.1. Vakum-Nabız Kayıt Cihazının Tasarım Sonuçları.....	33
4.2. Vakum-Nabız Kayıt Cihazının Kalibrasyon Test Sonuçları.....	34
4.3. 44 kPa Sistem Vakumunda Cihazların Kuru Denemelerdeki Performans Sonuçları.....	36
4.3.1. Maksimum Nabız Odası Vakumunda (V_{mak}) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları.....	36
4.3.2. Nabız Sayısı ($NS_{ölç}$) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları.....	38
4.3.3. Nabız Oranı (NO) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları.....	40
4.3.4. Maksimum Vakum Evresinin (b fazı, %) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları.....	42
4.3.5. Minimum Vakum Evresinin (d fazı, %) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları.....	44
4.4. 50 kPa Sistem Vakum Basıncında Cihazların Kuru Denemelerdeki Performans Sonuçları.....	46
4.4.1. Maksimum Nabız Odası Vakumunda (V_{mak}) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları.....	46

4.4.2. Nabız Sayısı (NS _{ölç}) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları.....	48
4.4.3. Nabız Oranı (NO) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları.....	50
4.4.4. Maksimum Vakum Evresinin (b fazı, %) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları	52
4.4.5. Minimum Vakum Evresi (d fazı, %) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları	53
5. SONUÇ	56
KAYNAKLAR	59
EKLER.....	62
EK A. 44 kPa sistem vakumunda tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının vakum-nabız frekansları ölçüm sonuçları (60, 90, 120, 150, 180, 200, 240, 260 ve 300 dk-1)..	63
EK B. 50 kPa sistem vakumunda tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının vakum-nabız frekansları ölçüm sonuçları (60, 90, 120, 150, 180, 200, 240, 260 ve 300 dk-1)..	65
EK C. 44 kPa sistem vakum basıncında tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının GLM faktöriyel varyans analizleri ve interaksiyon sonuçları.....	67
EK D. 50 kPa sistem vakum basıncında tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının GLM faktöriyel varyans analizleri ve interaksiyon sonuçları.....	72
ÖZGEÇMİŞ	77

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
°	Derece

Kısaltmalar	Açıklama
cfu	Toplam canlı bakteri sayısı
dk	Dakika
g	Gram
GLM	Genel Lineer Model
Hg	Cıva
Hz	Hertz
inç	Uzunluğu 25,4 mm olan İngiliz uzunluk ölçü birimi
kb	Kilobayt
kgf	Kilogram kuvvet
kPa	Kilo paskal
kW	Kilo Watt
L	Litre
m	Metre
min	Dakika
ml	Mililitre
mm	Milimetre
ms	Milisaniye
mV	Mili Volt
s	Saniye
SCC	Somatik hücre sayısı
V	Volt
WMT	Wisconsin Mastitis Testi
µm	Mikrometre
µs	Mikrosaniye
%	Yüzde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Süt sağım tesisi testlerinde kullanılan bazı vakum-nabız kayıt cihazları (a-VPR100; b-Vacroscope; c-PT IV; d-PT V; e-Pulsotest Comfort (V 1.2))	3
Şekil 1.2. PT V cihazındaki vakum-nabız kaydının sayısal ve grafik gösterimi	4
Şekil 1.3. Pulsotest Comfort (V 1.2) cihazındaki vakum-nabız kaydının sayısal ve grafik gösterimi	5
Şekil 1.4. Meme sağlığı ve süt kalitesi yönetim cihazı	6
Şekil 2.1. Vakum-nabız kayıt cihazının sağım başlığındaki ölçüm noktaları ve cihazın memeliğe bağlantısı	13
Şekil 3.1. Tasarım cihazı (Hayuka) ve karşılaştırma cihazları	15
Şekil 3.2. Tasarım cihazının sağım başlığında ölçüm alabilecek örnek bağlantı noktaları	16
Şekil 3.3. Deney makinası ile Hayuka, Exendis ve Gea cihazlarının test aşaması	17
Şekil 3.4. Tasarım devresinin blok şeması	18
Şekil 3.5. ESP 32 Wifi Modül	19
Şekil 3.6. TP4056 Şarj devresi	20
Şekil 3.7. XL6009 Boost konverter şeması	21
Şekil 3.8. AMS1117 ayarlanabilir voltaj regülatörü şeması	21
Şekil 3.9. Ters voltaj koruması şeması	22
Şekil 3.10. MPX2100AP 100 kpa basınç sensörü	22
Şekil 3.11. Diferansiyel amplifikatör	23
Şekil 3.12. PCF8563T RTC şeması	24
Şekil 3.13. SD kart modülü	24
Şekil 3.14. TL431 Bağlantı şeması	25
Şekil 3.15. Pil Voltaj ölçümü ve durum ledleri	25
Şekil 3.16. Virtuino HMI	26
Şekil 3.17. PYTHON grafik çıktı örnekleri	27
Şekil 3.18. Tasarım cihazı ve diğer iki cihazın deney çalışması	31
Şekil 4.1. Tasarım cihazı ve kalibre cihaz verilerinin grafiksel gösterilişi	35
Şekil 4.2. Prototip vakum-nabız kayıt cihazı ve deney işlemi	35

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Basınç sensörü özellikleri	23
Çizelge 4.1. Kalibre cihaz ile tasarım cihazının veri karşılaştırması	34
Çizelge 4.2. Nabız odası maksimum vakum basıncı (V _{mak}) değerlerine ait varyans analizi sonuçları	36
Çizelge 4.3. Nabız odası maksimum vakum basıncı değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları	37
Çizelge 4.4. Nabız odası maksimum vakum basıncı (V _{mak}) değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları	38
Çizelge 4.5. Ölçülen nabız sayısı (NSölç) değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	38
Çizelge 4.6. Ölçülen nabız sayısı değerlerine ait (NS ölç) cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları.....	39
Çizelge 4.7. Ölçülen nabız sayısı değerlerine ait (NSölç) cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları	40
Çizelge 4.8. Nabız oranı (NO) değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	40
Çizelge 4.9. Nabız oranı değerlerine ait (NO, a+b % olarak) cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları	41
Çizelge 4.10. Nabız oranı değerlerine ait (NO) cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları	42
Çizelge 4.11. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	42
Çizelge 4.12. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları	43
Çizelge 4.13. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları.....	43
Çizelge 4.14. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait varyans analizi sonuçları ..	44
Çizelge 4.15. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları	45
Çizelge 4.16. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları.....	45
Çizelge 4.17. Nabız odası maksimum vakum basıncı (V _{mak}) değerlerine ait varyans analizi sonuçları	46
Çizelge 4.18. Nabız odası maksimum vakum basıncı değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları	47
Çizelge 4.19. Nabız odası maksimum vakum basıncı (V _{mak}) değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları	48
Çizelge 4.20. Ölçülen nabız sayısı (NSölç) değerlerine ait varyans analizi sonuçları....	48
Çizelge 4.21. Ölçülen nabız sayısı değerlerine ait (NS ölç) cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları	49
Çizelge 4.22. Ölçülen nabız sayısı değerlerine ait (NSölç) cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları.....	49
Çizelge 4.23. Nabız oranı (NO) değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	50
Çizelge 4.24. Nabız oranı değerlerine ait (NO, a+b % olarak) cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları	51
Çizelge 4.25. Nabız oranı değerlerine ait (NO) cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları	51
Çizelge 4.26. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	52

Çizelge 4.27. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları	53
Çizelge 4.28. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları.....	53
Çizelge 4.29. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait varyans analizi sonuçları .	54
Çizelge 4.30. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları	54
Çizelge 4.31. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları.....	55

1. GİRİŞ

Bir sağım işleminde optimal sağım verimine ulaşabilmek ve meme sağlığı veya süt kalitesi üzerinde olumsuz etkilerden kaçınmak için ineklerdeki tüm sütün eksiksiz, nazıkçe ve hızlı bir Şekilde sağılması gerekir (Bruckmaier, 2001). Sağım makinesi, süt işletmesinin önemli bir yatırımdır ve üreticinin talimatlarına göre uygun Şekilde tasarlanmalı, temizlenmeli ve bakımı yapılarak kullanılmalıdır (Akam ve ark.,1989). Sağım zaman alıcı ve işgücü yükü fazla olduğu için, dünyanın birçok yerinde ortalama sürü büyüklüğünün artması ve daha yüksek verimli sağım odası kullanımı ile sağımın önemi de artmaktadır (Edwards ve ark., 2014). Vakum seviyesi, nabız ayarları (hızı ve oranı) ve meme lastiği basıncı; süt akış hızı ve sağım hızını etkileyen ana faktörlerden bazılarıdır (Mein ve ark., 2013). Vakum büyüklüğü; sağım süresince süt akışını ve aşırı sağım ya da ters akışın neden olduğu vakum dalgalanmaları sonucu hayvanın meme sağlığını etkilemektedir (Langlois ve ark., 1981; Tamburini ve ark., 2010).

Vakum seviyesi ve nabız odası oranı, süt sağım makinelerinin sağım performansını etkileyen önemli işletme parametreleridir. Sağım makinesi parçalarının tasarımı ve bileşimi, meme lastiklerinin performans özelliklerini etkileyen başlıca unsurlardır (Spencer ve ark., 2007). Meme lastikleri (sağım başlıkları) zellikleri değişkendir ve bu değişkenlik sağım performansını etkiler. O'Shea ve ark. (1983) sağım özelliklerinin nabız hızı, sağım frekansı ve nabız oranlardaki değişikliklerden etkilendiğini bildirmişlerdir.

Süt ineklerinde penenin hatalı tasarımı veya makinenin sağıma uygun Şekilde ayarlanmaması hayvan meme başlarının ve meme uçlarının patojenlere karşı savunma mekanizmalarını düşürerek somatik hücre sayısının ve meme içi enfeksiyonunun artmasına neden olabilir (Hamann ve ark., 1993). Meme dokusu deformasyonunu azaltmanın bir yolu sağımdaki vakum seviyesini düşürmektir.

Ancak çok düşük vakum seviyesi de sağım süresinin uzamasına ve meme başlıklarının daha sık kaymasına veya düşmesine neden olarak hem sağım veriminin hem de hayvan meme sağlığı açısından olumsuz etkilenmesine sebep olabilir.

Süt sağımı sırasında inek ile sağım makinesi arasındaki tek temas, meme başlarının (sağım başlığı demeti meme lastiği içi) içinde gerçekleşmektedir. Makinenin hayvan üzerindeki tüm etkileri bu arayüz üzerinden çalışmak zorundadır. Hayvan memesi üzerindeki emzik lastiğinden gelen mekanik basınç ve meme uçları üzerindeki vakum hareketi ana elemanları oluşturmaktadır. Bunlar süt akışını ve meme dokusunda olası hasarı etkilemektedir. Modern ölçüm ekipmanları, süt sağım koşullarını tam bir sağım boyunca kaydetmeyi ve sağım sürecinin kıyaslanmasını mümkün kılmaktadır. İskandinav ülkelerinde bu tür sistemler sağım danışmanlığı hizmetlerinde on yıldan uzun bir süredir kullanılmakta ve yakın gelecekte yükseltilmiş bir sistem uygulanacaktır (Ronningen, 2010).

Uluslararası Süt Federasyonu (IDF) kapsamındaki bir proje grubu, makine sağımının sağım süresi testleri için temel ölçümler ve değerlendirmeleri üzerinde çalışmaktadırlar. Norveçli Biocontrol şirketi bu gereksinimleri karşılayacak bir vakum kayıt cihazı tasarlamışlardır. Vakum kayıt cihazı řu özelliklere sahiptir: 4 kanallı; 60 kPa'a kadar vakum ölçüm kapasiteli; kanal başına 200 Hz örnekleme frekanslı; şarj edilebilir pille çalışma; kontrol ve veri aktarımı için kablolu veya kablosuz iletişim; gerçek zamanlı veri aktarımı veya daha sonra indirmek için verilerin saklanması şeklinindedir. Gelecekte bu cihaz üzerinde donanımın kapasitesini ve vakum kayıt değerlendirme yöntemlerini kullanmak için mevcut programlar geliştirilecektir. Diğer bir adım, IDF grubundaki diğer kişiler tarafından geliştirilen bir süt akış kaydedicisine entegre olacaktır (Ronningen, 2010).

Diğer taraftan uluslararası gelişmiş sağım sistemleri üretici firmaları başta olmak üzere sektördeki gelişmeleri takip eden diğer süt hayvancılığı ve elektronik firmaları, sağım tesislerinin ISO 5707 ve ISO 6690 standartlarında testlerini gerçekleştirmede yardımcı olabilecek değerlik marka ve modellerde vakum, nabız, hava debisi ölçme ve kayıt cihazları tasarlamışlardır. Uluslararası süt sağım firmalarının bir kısmı sadece kendi üretimleri olan ölçüm cihazlarını test ve araştırmalarda kullanmaktadır. Bunlara DeLaval firmasının VPR 100, VPR 200 cihazları, GEA firmasının Pulsotest Comfort (V 1.2) cihazı örnekleme olarak verilebilir. Diğer yandan sektörde PT IV, PT V, PT VI (Exendis, Meditation, Agri, Fullwood vb. markalarda), Vacuscope vb. en yaygın bilinen cihazlar, sağım

makinası firmaları, araştırma ve deney kuruluşları tarafından kullanılan diğer marka-modellerdir. Süt sağım sistemlerinde kullanılan vakum-nabız ölçüm kayıt cihazlarının bazıları Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Süt sağım tesisi testlerinde kullanılan bazı vakum-nabız kayıt cihazları (a-VPR100; b-Vacuscope; c-PT IV; d-PT V; e-Pulsotest Comfort (V 1.2))

Şekilde 1.1’de verilen vakum-nabız ölçüm kayıt cihazları tasarım farklılıklarına göre değişiklik göstermekle birlikte genellikle aşağıda verilen ölçümleri yapmaktadır:

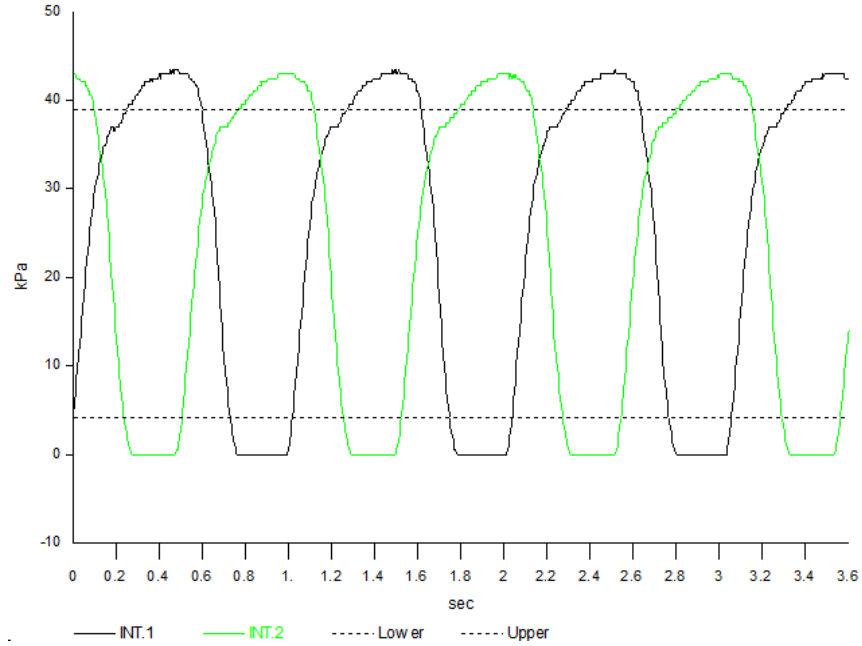
- V_{mak} : Nabız odasında ölçülen maksimum vakum (kPa)
- A : Vakum artış evresi (ms, %)
- B : Maksimum vakum evresi (ms, %)
- C : Vakum azalış evresi (ms, %)
- D : En düşük vakum evresi (ms, %)
- A+B : Süt alım evresi hareket oranı (artan vakum + maksimum vakum) (ms, %)
- C+D : Masaj evresi hareket oranı (azalan vakum + en düşük vakum) (ms, %)
- EFAM : Asıl masaj evresi, D fazı (ms)
- Balans (Limping): Değişken zamanlı nabız aygıtlarında sağım başlığı yarımları arası nabız oranı değeri
- YNO : Yapısal nabız oranı (50/50, 60/40 gibi)
- NS : Nabız hızı (ms, dk⁻¹)
- Süt sağım sisteminin test sonuçlarındaki vakum fazları değişimleri ve nabız değeri grafiği,
- Bir dakikalık kalibrasyon sonunda maksimum, minimum ve ortalama vakum basıncı değerleri ve grafik eğrisi.

Exendis-PT V ve GEA-Pulsotest Comfort (V 1.2) cihazları tarafından ölçülen vakum-nabız kayıtları sırasıyla Şekil 1.2 ve Şekil 1.3'te örnek olarak gösterilmiştir.



index: A033, 05/27/2020 15:34
 FARM: 27052020 TESTER: -----
 CURVE MEASUREMENT
 LABEL: PULSATOR 105
 Vacuum value in kPa

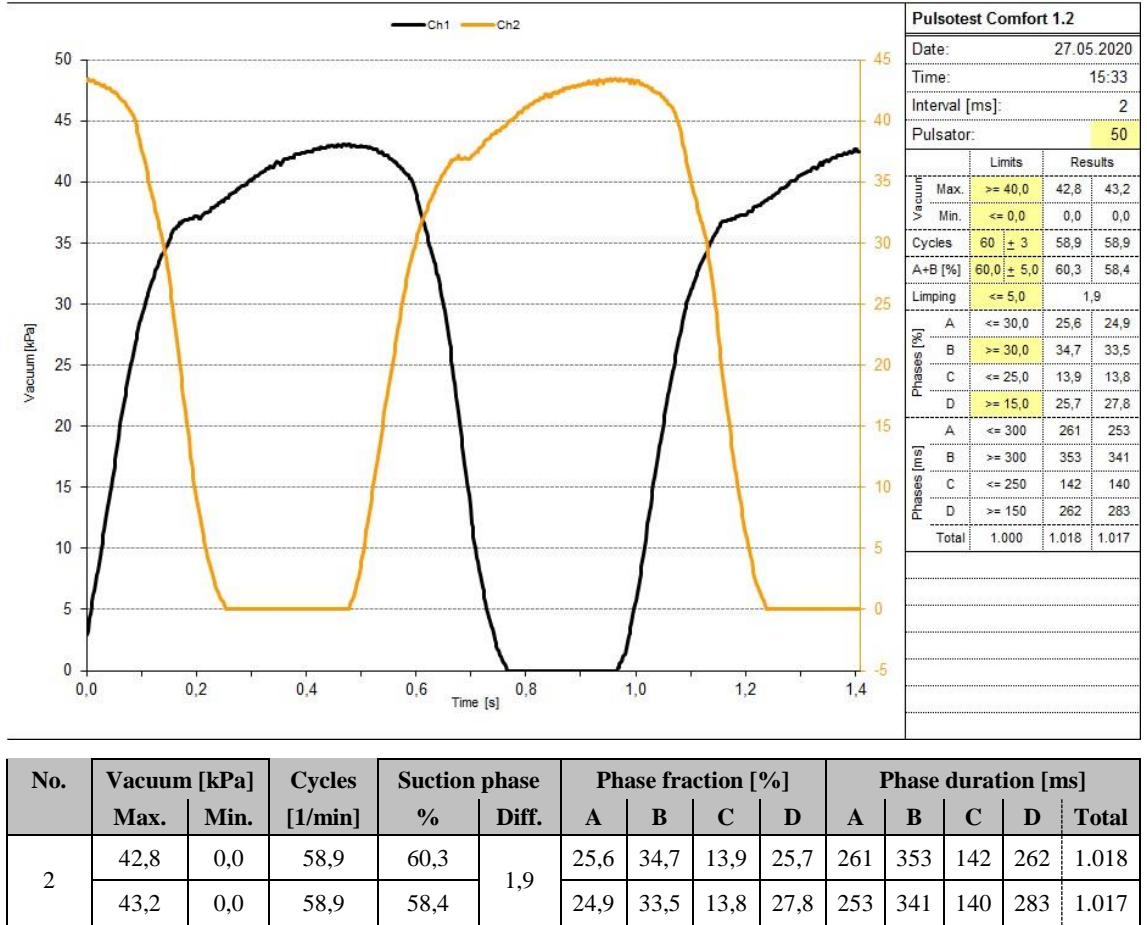
SENSOR	VACUUM kPa	PRESSURE kPa	A ms %	B ms %	C ms %	D ms %	A+B ms %	C+D ms %	LIMP ms %	PULSE ms abız/dk
INT.1 SENSOR	43.3	0.1	258 25.3	341 33.4	135 13.2	286 28.0	599 58.7	421 41.3	15 1.5	1020 58.8
INT.2 SENSOR	43.0	0.2	257 25.2	357 35.0	138 13.5	269 26.3	614 60.1	407 39.9	15 1.5	1021 58.8



Şekil 1.2. PT V cihazındaki vakum-nabız kaydının sayısal ve grafik gösterimi



Pulsation MAKU MASAJ



Şekil 1.3. Pulsotest Comfort (V 1.2) cihazındaki vakum-nabız kaydının sayısal ve grafik gösterimi

Şekil 1.2 ve Şekil 1.3'te verilen ölçüm kriterleri bir sağım makinasının pulsatör vakum-nabız hareket çevrimlerinin en çok kontrol edilen ölçüm değerleridir. Cihazların

çoğunluğu sağım öncesi kuru koşullarda meme lastikleri ve vakum hatlarındaki nabız ve vakum değişimlerini ölçmekte ve cihazların hemen tamamında 2 adet basınç sensör kanalı bulunmaktadır. Cihazlar taşınabilir yapıda üretilmiş olsalar da, bir sağım başlığına monte edilebilecek ve insan kontrolü olmaksızın sürekli kayıt alabilecek özelliklerde değildir. Norveç'te imal edilen ve 4 adet basınç sensörlü ölçüm kanalı olan VaDia isimli cihaz, ıslak testlerde de kullanılabilir şekilde tasarlanmış, kompakt, küçük ve insan kontrolü olmaksızın çalışan bir cihazdır (Biocontrol, 2019) (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Meme sağlığı ve süt kalitesi yönetim cihazı

Bu çalışmada, sağım ekipmanlarını ve sağım rutinlerini daha iyi analiz etmek için sağım başlığı üzerindeki ilgili noktalardan (kısa nabız hortumları, meme lastiği ağzı, kısa süt hortumu, uzun süt hortumu, süt pençesi vb.) vakum-nabız veri kayıtlarını aynı anda 4 kanaldan alabilecek, küçük, kompakt yapıda, inek sağımı süresince bağımsız kayıt özelliğine sahip elektronik bir vakum-nabız kayıt cihazının tasarlanması ve cihazın çalışma performansının kontrol edilebilmesi için sektörde kullanılan iki farklı marka-model nabız-vakum kayıt cihazı ile (Exendis-PT V ve GEA-Pulsotest Comfort (V 1.2)) seyyar bir sağım makinasının sağım başlığında (pulsatörün ikili nabız hortumu) paralel bağlantıları yapılarak ölçüm ve kayıt performansı karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Süt sağım makinalarında vakum ve nabız dalgalanmaları, sağım debisi, sağım süresi vb. araştırmalar ve ölçüm kriterleri, ölçüm cihazları destekli önceki çalışmalar tarih sırasına göre sıralanmıştır.

Galton ve Mahle (1980) geleneksel bir sağım sisteminde ilk buzağılamada meme içi enfeksiyonu olmayan 36 düvenin 60 günlük sağım denemelerini gerçekleştirmişlerdir. Düveler, 10, 12.5, 15 Hg inç'lik vakum seviyelerine, 50:50, 60:40, 70:30 nabız oranına ve 60 dk⁻¹'ye ayarlanmış kombinasyonlarda sağılmıştır. Hayvanların meme uçları sağım bitiminde bir *Staphylococcus aureus* (106 /ml) dezenfektana batırılmıştır. Haftalık çeyrek süt örnekleri ve karma ağır süt örnekleri Wisconsin Mastitis Testi (WMT) ve Somatik Hücre Sayımları (SCC) için incelenmiştir. WMT skoru 15 Hg inç'lik vakum seviyesinde 10 veya 12.5 Hg inç'ten anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Tüm vakum seviyelerinde WMT skoru ve SCC değerleri, 60:40 nabız oranında, 50:50 ve 70:30 oranlarından daha düşük bulunmuştur. Araştırmacılar, verilerin vakum seviyesi arttıkça daha yüksek bir mastitis patojen sıklığı gösterdiğini belirlemişlerdir.

Spencer ve Rogers (1991), Pennsylvania Üniversitesinde süt sığırı işletmelerinde yaklaşık 160 süt ineğinde, 50 kPa karşın 44 veya 42 kPa çalışma vakumlarının memelik kayma sıklığı, ana vakum dalgalanmaları, manuel makine ayarlamaları, sağım başlığı düşmeleri, süt verimi ve sağım süresi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma yöntemine göre her deneme için iki vakum ayarında iki meme lastiği tipi kullanılarak iki ayrı deneme yapılmıştır. Veriler, her bir meme lastiği ve vakum kombinasyonu ile dört sağımdan alınmıştır. Meme lastiği tipi, vakum ve lastik tipi ile vakum etkileşimi, her iki denemede lastik kaymalarının sıklığı ve ana vakum dalgalanmaları ile ilişkili bulunmuştur. Lastik kaymaları, ana vakum dalgalanmaları, manuel ayarlamalar, başlık düşmeleri ve sağım süresi daha düşük işletme vakumlarında artmıştır. Sabah saatlerindeki sağımda akşam saatlerinden daha fazla meme lastiği kayması olmuştur. Sonuçlar, meme lastiği tasarımının ve konstrüksiyonunun ile çalışma vakumunun lastik kaymalarının oluşumunu etkilediğini göstermiştir. Vakum ayarının ve lastik tasarımının optimizasyonu, makinenin sağımını iyileştirebileceği vurgulanmıştır.

Gleeson ve O'Callaghan (1998), akrilonitril içerikli bir formülasyona sahip meme lastiği tasarımının yeni ve kullanıldıktan sonraki dönemlerde sağım performansı üzerindeki değişikliklerini incelemişlerdir. Yazarlar, sağım koşullarında sağım verimi, sağım süresi ve meme lastiği kayması ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir. Yeni ve 4, 5 ve 6 ay kullanılmış olan meme lastikleri ile başarılı sağım performansı elde edilmiştir. Meme lastikleri 7 aylık kullanımdan sonra sağım verimi ve sağım süresi üzerine yetersiz sağım özellikleri oluşturduğu bulunmuştur.

O'Callaghan (1998), nabız hızı (52 veya 61 dk⁻¹) ve nabız oranının (%61 veya %71) eşzamanlı veya alternatif örneklerle sağım verimi, sağım süresi ve sağım başlığı dengesi üzerindeki etkilerini test etmek 88 inek kullanmıştır. Sağım başlığı kararlılığı > 35 l/dk ve > 90 l/dk meme lastiği kayması yaşayan ineklerin yüzdesi cinsinden ifade edilmiştir. Meme lastiği kayması, süt sağım makinesinin meme lastiğinin ağızlık kısmından hızlı bir hava kaçağı olarak tanımlanmıştır. Bir meme lastiği ve sağım başlığı tipi sekiz işlem için kullanılmıştır. İnekler sabah ve 8 h sonrasında yeniden sağılmıştır. Sağım verimi, sağım süresi ve sağım başlığı kararlılığı kayıtları hem sabah hem de akşam süt sağımlarında yapılmıştır. Eşzamanlı bir nabız oranı numunesiyle, sabah sağımlarındaki 52 dk⁻¹ nabız hızı ve %61 nabız oranındaki sağım verimi, 61 dk⁻¹ nabız hızı ve %61 nabız oranına göre daha düşük bulunmuştur. Nabız oranı %71'den %61'e düştüğünde sağım süresi önemli ölçüde uzamıştır. Akşam yapılan süt sağımlarında, meme lastiği kayma değeri >35 l/dk olan ineklerin yüzdesi genel olarak 52 dk⁻¹'de, %61'lik nabız oranı ve eşzamanlı numunesindeki diğer muamele kombinasyonlarından daha yüksek bulunmuştur.

Davis ve ark. (2000), meme lastiği yıpranmasının lastiğin fiziksel yapısı ve sağım özelliklerindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırma 9 hafta sürmüş ve meme lastikleri 80 inekte, günde iki sağım olacak şekilde yapılmıştır. Meme lastikleri 3 farklı sağım ömrü süresince (840, 1680 ve 2520 sağım) test edilmiştir. Yazarlar denemelerinde sağım süresi, ortalama süt debisi, pik süt akış hızı, ortalama nabız odası vakumu ve vakum dalgalanmaları ölçmüşlerdir. Araştırma sonucuna göre meme lastiklerinin belirtilen süreler sonunda eskiyip vakum dalgalanmalarına sebep olduğu ve sağım süresini uzattığı belirlenmiştir.

Dogra ve ark. (2000), sağım başlığı ağırlığının 2.8 kg ve meme lastiği ağız çapı 23 mm olduğu bir sağım makinesiyle 10 adet Murrah mandasını sağmışlardır. Sağım sisteminde  vakum seviyesinin (400, 420 ve 450 mm Hg) ve iki nabız hızının (55 ve 65 dk⁻¹) etkisini incelenmiştir. Hayvan ve vakumun tüm sağım özellikleri üzerinde (süt bırakma süresi üzerindeki vakum hariç) ok önemli etkisi olduğu gözlenmiştir ($P<0.01$). Süt akış hızları, vakum ve nabız hızındaki artışla birlikte artmıştır. Sütü bırakma süresi, sağım süresi, sütü sıyırma süresi, makine süt verimi, sütü sıyırma verimi, toplam süt verimi ve süt akış hızlarının en kk kareler ortalaması sırasıyla 63.13 ± 0.30 s, 4.05 ± 0.04 min, 37.89 ± 0.45 s, 3.608 ± 0.030 kg, 0.148 ± 0.004 kg, 3.756 ± 0.033 kg ve 0.925 ± 0.006 kg/dk bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, 420 mm Hg vakumun ve 65 dk⁻¹ nabız hızının, Murrah cinsi mandaların verimli bir şekilde makineyle sağılması için optimum koşullar olduğunu göstermiştir.

Hillerton ve ark. (2003), meme lastiğinin kullanım ömrünün kullanılan kauçuk türüne ve kauçuğun kimyasal özelliklerine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar, Avrupa'daki meme lastiklerinin genellikle 2500 sağım sayısı veya 6 aylık bir kullanım sonrasında değiştirilmesini tavsiye etmiştir. Çalışmada meme lastikleri ticari bir çiftlikte 6000 sağıma kadar test edilerek, ortalama süt akış hızı, pik süt akış hızı ve meme lastiklerinin kauçuk kimyasal bileşimi, şekil ve yapısal mekanik özellikleri incelenmiştir. 2500 sağım öncesinde meme lastiklerinde yavaş yavaş bozulmalar gözlenmiş ve bu bozulmaların sağım performansını etkilediği belirtilmiş, ancak 2500 sağımda gerçekleşen bu bozulmalar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. 3000 sağımdan sonra ise önemli bozulmalar gözlenmiş ve meme lastiklerinin 2500 sağım sonrasında kullanılması tavsiye edilmemiştir.

Spencer ve Rogers (2003), vakum seviyesi, pulsatör nabız oranı ve optimum sağım performansı özellikleri için meme lastiklerini değerlendirmişlerdir. Değerlendirilen parametreler ise sağım verimi, pik süt akış hızı, ortalama süt akış hızı ve sağım sresidir. 147 sağmal inek bulunan, günde iki kez sağım yapılan bir işletmede 18 gün boyunca yapılan denemelerde farklı vakum ve pulsatör nabız oranı kombinasyonları kullanılmıştır. Her bir vakum ve nabız oranı kombinasyonu ters sıra ile iki kez kullanılmıştır. Kullanılan

vakum değerleri 42, 46 ve 49 kPa, pulsator nabız oranları ise 60:40, 65:35 ve 70:30'dur. Pik süt akış hızı ve ortalama süt akış hızında ayarlanan oranlar ve vakum kombinasyonları arasında önemli farklar bulunmuştur. 65:35 nabız oranındaki sağım verimi, 60:40 ve 70:30 nabız oranlarından daha yüksek elde edilmiştir. Sağım verimi ve inek refahı dikkate alındığında, meme lastikleri için en uygun çalışma vakumu ve nabız oranı sırasıyla 46 kPa ve 65:35 olarak belirtilmiştir.

Spencer ve ark. (2007), vakum ve memelik nabız odası oranının, sağım makinelerinin sağım performansını etkileyen önemli çalışma parametreleri olduğunu, ayrıca sağım makinası malzemelerinin tasarım ve bileşenleri, (meme başı) meme lastiği performans özelliklerini etkileyen ana unsurlar olduğunu bildirmişlerdir. Yazarlar çalışmasında, vakum ve nabız oranının, açık konumda yuvarlak ve çökmüş konumda üçgen şeklinde olan benzersiz bir monoblok silikon bir meme lastiğinin performansına etkilerini incelemişlerdir. Sağım sistemi vakum ayarları 40.6, 43.9 ve 47.3 kPa'a, memelik nabız oranları ise 60:40, 65:35 ve 70:3'a ayarlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre sağım verimi en yüksek 43.9 kPa'lık vakumda elde edilmiştir. Manuel ayarlamalar ve başlangıçlar tüm vakum seviyelerinde ve tüm oranlarda çok düşüktü (<2%). Vakum seviyesi ve nabız oranının etkileşimi; sağım süresi, tepe akış hızı ve ortalama akış hızı için önemli bulunmuş, ancak sağım verimi için önemsiz bulunmuştur. Ortalama ve pik süt akış hızları artan her vakum seviyesinde ve her nabız oranı genişlemesinde artmış, buna karşın sağım süresi azalmıştır.

Korkmaz (2008), çalışmasında, pnömatik pulsatorlerde ortaya çıkan sorunların ortadan kaldırılmasına yardımcı olabilecek, sağım boyunca vakum düzenindeki dalgalanmalardan ve çevresel faktörlerden etkilenmeden, sağım performansı, süt verimi ve meme sağlığı yönünden önemli olan nabız karakteristiklerini koruyabilecek, ülkemizde imal edilen sağım makinalarında kullanılan mevcut ithal elektronik nabız aygıtlarına iyi bir alternatif olabilecek, aynı anda birden fazla nabız aygıtını kontrol edebilmeye uygun, kolay programlanabilen ve otomasyona açık, lojik modül tabanlı elektronik nabız aygıtı kontrol düzenini geliştirmiştir. Araştırmacı, sağım boyunca vakum düzenindeki dalgalanmalardan ve çevresel faktörlerden etkilenmeden nabız aygıtının bir merkezi üniteyle kontrolünü sağlamıştır. Denemeler 40 kPa, 45 kPa, 50 kPa sistem vakum

basıncı değerinde, %70:30, %60:40 ve %50:50 nabız oranı değerlerinde yapılmıştır. Tasarımı yapılan elektronik nabız aygıtı kontrol ünitesinde nabız aygıtının dakikada 60 nabız değeri tüm sistem vakum basıncı değerlerinde koruyup koruyamadığı test edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, lojik modül tabanlı elektronik nabız aygıtının tüm sistem vakum basıncı seviyelerinde ve nabız oranı aşamalarında her iki nabız kanalında da uygun sağım fazı dağılım oranlarına sahip olduğu bulunmuş ve bu değerleri olumsuz evre şartlarından etkilenmeden uzun süreler koruduğunu göstermiştir.

Mein ve Reinemann (2009), nabız frekansının D fazındaki sıkıştırmanın hayvanın memebaşı ucu durumuna, hayvan refahına ve pik süt akış hızına belirgin bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, meme lastiği sıkıştırma basıncına pulsatör nabız oranı, nabız hızı ve memelik kılıfı odasındaki hava basıncı değişim oranlarının da etkili diğer unsurlar olduğu bildirilmiştir. Yazarlar, meme lastiği sıkışmasını D nabız fazı süresince meme lastiği tarafından hayvanın meme i dokusuna uygulanan ortalama sıkıştırma basıncı olarak tanımlamaktadır. Ayrıca D fazı, meme lastiği ile memebaşı ucunun i dokularına uygulanan ve memeden akan sütü durdurmak için gerekli ortalama sıkıştırma basıncı st basıncı olarak ta tanımlanmaktadır. Böylece st basıncı meme lastiği sıkışmasının önemli bir bileşenidir. İnek refahını sağlamak için meme lastiği st basıncı değerinin 8-12 kPa arasında olması istenir. st basıncı değeri 8 kPa'dan kk olduğunda, nabız odasında istenen sıkıştırma basıncı sağlanamaz. Pik süt akış hızı, 14 kPa st basıncı değerine kadar meme lastiğinde devam etmektedir. Ancak, st basıncı değeri 14 kPa'ın üzerine çıkması halinde, ineğin memesinde hiperkeratoz (kötü memebaşı ucu durumu) oluşumu ortaya çıkmaktadır.

Caria ve ark. (2012) mandalar için 37 ve 46 kPa vakum seviyelerindeki sağımın sağım süreleri ve sağım sistemi performansına etkisini karşılaştırmışlardır. Elektronik bir süt akış lerle (Lactocorder) 12 haftalık süre içinde farklı doğurganlık ve laktasyon aşamasında bulunan 450 hayvanın hepsinden rastgele alınan toplam 266 süt akış eğrisini kaydetmişlerdir. Araştırma bulgularına göre, 37 kPa vakum kullanıldığında, etkili sağım sresinde, memeden süt çıkış sresinde önemli bir artış meydana gelmiştir. Ancak, 37 kPa vakum seviyesi süt akmadan önceki gecikme süresini etkilememiştir. Vakum seviyesinin 37 kPa'a düşürülmesi, sağım sistemi verimini 15 manda/h azaltmıştır.

Ronningen ve Postma (2012), sağım-zaman testlerinde meme lastiği ağız bölümü vakum kayıtlarının sınıflandırılması isimli çalışma, 2002-2006 yıllarında Norveç'teki çiftliklerden toplanan verilere dayanmaktadır. 265 süt ineği çiftliğinde 2077 ineğin bir sağımdan yapılan vakum kayıtları analiz edilmiştir. Kayıtlar meme lastiği ağız odası vakumu (MPC) ve kısa süt hortumu için vakum kayıtlarını içermektedir. Süt kalitesi ve meme sağlığı ile ilgili veriler hayvan kaydı ve sürü sağlığı veri tabanlarından alınmıştır. Hayvanların meme boyutları teknisyenler tarafından kaydedilmiş ve uzunluk (kısa/orta/uzun) ve çap (ince/orta/kalın) sınıflandırması üçer sınıfla özelleştirilmiştir. Sonuçlar, MPC vakumunun sağım ünitesinin sağılan ineklere uygunluğu konusunda güçlü bir gösterge olduğunu göstermiştir. Ayrıca, meme lastiği tipi ve boyutlarının öneminin MPC vakumunun kontrolünde büyük önem taşıdığı gösterilmiştir. Araştırmacılar sağım sürecinin değerlendirilmesinde MPC vakumunun kullanım olasılığı yeni vakum kayıt cihazında (VaDia) ölçüldüğünü bildirmişlerdir.

Allcock ve Postma (2013), sağım makinesi enfeksiyonu memeye bulaştırabilir ve meme sağlığını bozabildiğini belirtmişlerdir. Diğer yandan sağım süresi testleri, danışmanların sağım makinesinin yeni meme içi enfeksiyon riskine ne derece katkıda bulunabileceğini belirlemelerini sağladığını bildirmişlerdir. İneklerin meme büyüklüğü ve konumu süt akış hızını değiştirmektedir. Süt akış hızının, yeni meme içi enfeksiyon riski ile pozitif ilişkili olduğu gösterilmiştir. Sağım sırasında toplanan vakum çizgileri (izleri), süt akışı veya fazla sağım ile ilgili sorunları gösterebilmekte ve basınç kayıtları meme lastiği fonksiyonunun değerlendirilmesine yardımcı olabilmektedir. Hafif ağırlıktaki veri kayıt cihazının yorumlanmasına yardımcı olmak için yazılım desteği ile sunulduğunu bildirmektedirler.

Postma (2012) meme sağlığı problemlerinin çoğu kez sağım ekipmanı ve yetersiz sağım rutinleri ilişkili olduğunu bildirmiştir. Yetersiz vakum kapasitesi nedeniyle meme ucu vakum dalgalanmaları, “geri püskürtme” nedeniyle meme uçlarına ulaşan patojenler ve tabiki sağımdan önce yetersiz hazırlık bunlardan bazılarıdır. Çoğu veteriner, ‘sağım süresi testine’ ya da ‘ıslak teste’ aşinadır. Islak testte, sağım sırasında sağım vakumu ve pulsasyon kaydedilir; bu, inek sağımı yaparken sağım ekipmanı ve sağım rutinlerinin

gerçek hayatta nasıl performans gösterdiğinin iyi bir göstergesidir. Veterinerler, bu ıslak testin değerini anlarlar, çünkü bir meme sağlığı sorununun hayvanla ilgili veya ekipmanla ilgili olup olmadığını belirtmelerine yardımcı olur. Buna rağmen, birçok veteriner, algılanan karmaşıklık ve zamandan dolayı ıslak test yapmaya isteksiz davranır. Normalde ıslak bir test yaparken, veteriner sağım odaklanır, yani sağım rutinlerine uyulmaz, ayrıca veterinerin varlığı sağımı bozmaktadır. Yazar, veterinerin sağım odasına bağlı kalmadan, zamanını efektif kullanabileceği başka işlere ayırabilmesi yeni bir vakum kayıt cihazı geliştirdiklerini bildirmiştir. VaDia adı verilen bu cihaz pille çalışmakta ve sağım sırasında vakumu 4 noktadan bağımsız olarak kaydetmektedir. Bu veri kaydedici, bir meme başlığına bantlanacak kadar küçük ve hafif, ıslak testi çok daha kolay, daha hızlı manuel müdahaleye gerek olmaksızın yapabilmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Vakum-nabız kayıt cihazının sağım başlığındaki ölçüm noktaları ve cihazın memeliğe bağlantısı

Özer (2014), seyyar süt sağım makinasının gömülü sistem ile otomasyonu isimli yüksek lisans araştırmasında, pnömatik pulsatörlerde ortaya çıkan sorunların ortadan kaldırılmasını sağlayan, sağım boyunca vakum düzenindeki dalgalanmaların giderilmesi ve çevresel faktörlerin etkilerinin azaltılmasını gerçekleştiren, sağım performansı, süt verimi ve meme sağlığı yönünden önemli olan nabız karakteristiklerini korunmasına yönelik birden fazla nabız aygıtını kontrol edebilmeye uygun, inekleri bireysel olarak tanıyan, süt verimini ölçen, tüm verileri kaydeden bir gömülü sistemin tasarımını gerçekleştirmiştir.

Atigui ve ark. (2015), sağımın iki vakum seviyesinde (38 ve 48 kPa) ve üç nabız hızında (60, 90 ve 120 dk⁻¹) sağım verimi ve süt akış özellikleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Denemeler için geç laktasyonda ve günde bir kez süt sağılan 6 adet Maghrebi devesi kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, devenin sağımını için en iyi ayar kombinasyonunun yüksek vakum ve düşük nabız atışında (48 kPa, 60 dk⁻¹) olduğu belirlenmiştir. Bu vakum ve nabız oranı kombinasyonları kullanıldığında sağım verimi, ortalama ve pik süt akış hızları sırasıyla 3.05 ± 0.30 kg, 1.52 ± 0.21 kg/dk, 2.52 ± 0.21 kg/dk ile en yüksek, sağım süresi ise 3.32 ± 0.31 dk ile en kısa parametreler bulunmuştur. Düşük vakum seviyesi sağım süresini %100'den fazla uzatmış ve sütü doğru şekilde çıkarmak için yeterli olmamış (1.69 ila 2.48 kat daha az süt verimi toplanmış), bunun da nabız hızının zamanlayıcı etkisiyle negatif bir etkileşim yarattığı belirlenmiştir. Daha yüksek nabız sayıları develeri daha iyi uyarmamış, aksine daha düşük süt akış hızları sağlamıştır. Araştırmacılar hayvan özellikleri ve meme lastiği/süt pençesi tasarımının makine sağımını etkilediğini, yüksek vakum seviyesinin meme sağlığı ve meme durumu üzerindeki uzun vadeli etkisini incelemek için daha fazla araştırma yapılması ve etkilerinin doğrulanması gerektiğini bildirmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada tasarlanan yeni teknoloji vakum-nabız ölçme ve kayıt cihazına, Halil, Yunus, Kamil-Kazım isimlerinin ilk hecelerinin birleştirilmesinden oluşan ‘HAYUKA’ ismi verilmiştir (Şekil 3.1).



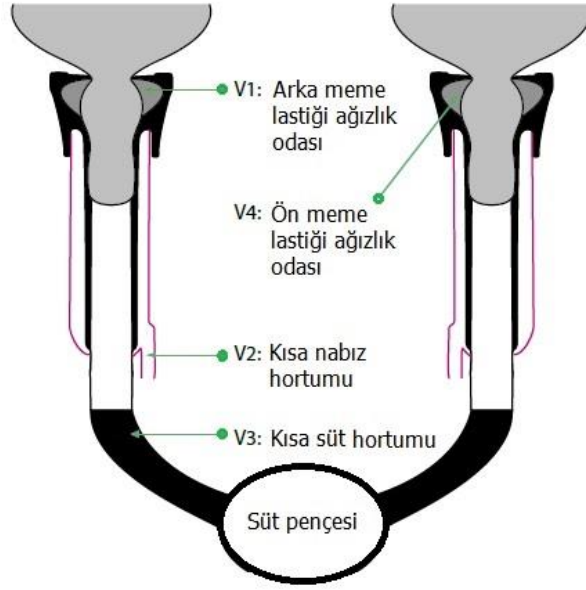
Şekil 3.1. Tasarım cihazı (Hayuka) ve karşılaştırma cihazları

Hayuka cihazı kuru¹, ıslak² ve dinamik³ testlerde sağım ünitesi üzerindeki farklı elemanlar üzerinden (kısa nabız hortumları, meme lastiği ağzı, kısa süt hortumu, uzun süt hortumu, süt pençesi vb.) vakum-nabız veri kayıtlarını 4 basınç sensörü kanalından aynı anda bağımsız alabilecek tasarımda üretilmiştir (Şekil 3.2). Cihaz bu özelliği ile Türkiye’de üretilen ilk vakum-nabız kayıt cihazı olma özelliği taşıyacaktır. Cihazın aynı zamanda sağım başlığı memelik kılıfı üzerine monte edilebilecek kadar küçük boyutta, hafif, kompakt yapıda olması; kir, toz ve su gibi dış etkenlere karşı sızdırmaz özellikte olması amaçlanarak, monte edildiği sağım başlığı üzerinde sağımlar süresince insan kontrolü olmaksızın günün herhangi bir sağım periyodunda (sabah, öğle, akşam sağımları gibi) uzun sürelerde ölçme yapıp verileri kayıt edebilme özelliğine sahip olacaktır. Bu özelliği ile de yine ülkemizde üretilen ilk cihaz olma özelliği taşıyacağı düşünülmektedir.

¹ Sağım dışında makinanın boşta çalıştığı, içinden sadece havanın geçtiği koşulları kapsar.

² Makinanın canlı hayvan olmaksızın çalıştığı, içinden hava ve sıvının (test suyu) geçtiği koşulları kapsar.

³ Makinanın canlı hayvanı sağarken işletmede yapılan test koşullarını kapsar.



Şekil 3.2. Tasarım cihazının sağım başlığında ölçüm alabilecek örnek bağlantı noktaları

Süt sağım makinelerinin verimini arttırmak için tasarlanan bu kayıt cihazı saniyede 1000 veri olarak süt sağımının her aşamasında basınç değişimlerini izleyip bilgisayar ortamına sayısal ve grafiksel olarak aktararak sağım operasyonunun net bir şekilde analiz edilmesini sağlayacaktır. Tasarlanan bu cihaz sağımhane koşullarında öngörülse olarak su geçirmez, titreşime dayanıklı, hafif ve kablosuz çalışabilme özelliklerine sahip olacaktır. Bu koşulları sağlaması için gerek firma, gerekse akademik prosesler göz önüne vakum-nabız veri toplama cihazı geliştirilecektir.

Cihaz, dört kanaldan basınç değişimlerini endüstriyel şartlar için özel olarak dizayn edilmiş 32 bit işlemci aracılığıyla 40/2048 çözünürlük ile analog dijital dönüşüm yapabilecektir. Ortaya çıkan 6 kb/s'lik veri SD Kart üzerine kaydedilerek bilgisayar ortamına alınacaktır. Cihaz enerji gereksinimi Li-Ion pil ve şarj devreleri ile sensörün ve arabirimlerin güç ihtiyacı karşılanacaktır. Cihazın 6 saat şarj ömrü ve 3 saat kesintisiz kayıt yapabilmesi öngörülmektedir.

Tasarım cihazının kalibrasyon testleri sadece kuru koşullarda denenmiş ve çalışma performansı deneyleri için yerli üretim seyyar bir süt sağım makinası kullanılmıştır. Seyyar süt sağım makinası özellik olarak; iki sağım başlıklı, tek güğümlü, iki pulsatörlü, 0,75 kW elektrik motor güçlü, 225 L/dk pompa hava kapasiteli (50 kPa'da) kuru tip

vakum pompalı üretilmiştir. Tasarım cihazının (HAYUKA) çalışma performansı deneylerinde karşılaştırma cihazları olarak Exendis marka PT V ve GEA marka Pulsotest Comfort (V 1.2) cihazı eş zamanlı olarak kullanılmıştır. Şekil 3.3'te seyyar süt sağım makinası, Exendis, Gea ve Hayuka cihazlarının çalışma sırasındaki görünüşü verilmiştir. Karşılaştırma cihazlarının markasından çok modeli-tipi önemli olduğundan, bundan sonraki anlatımlarda Exendis için sadece "PT V", GEA Pulsatest Comfort V 1.2 için sadece "V 1.2" kısaltmaları kullanılmıştır. Tasarım cihazı için sadece "Hayuka" kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Deney makinası ile Hayuka, Exendis ve Gea cihazlarının test aşaması

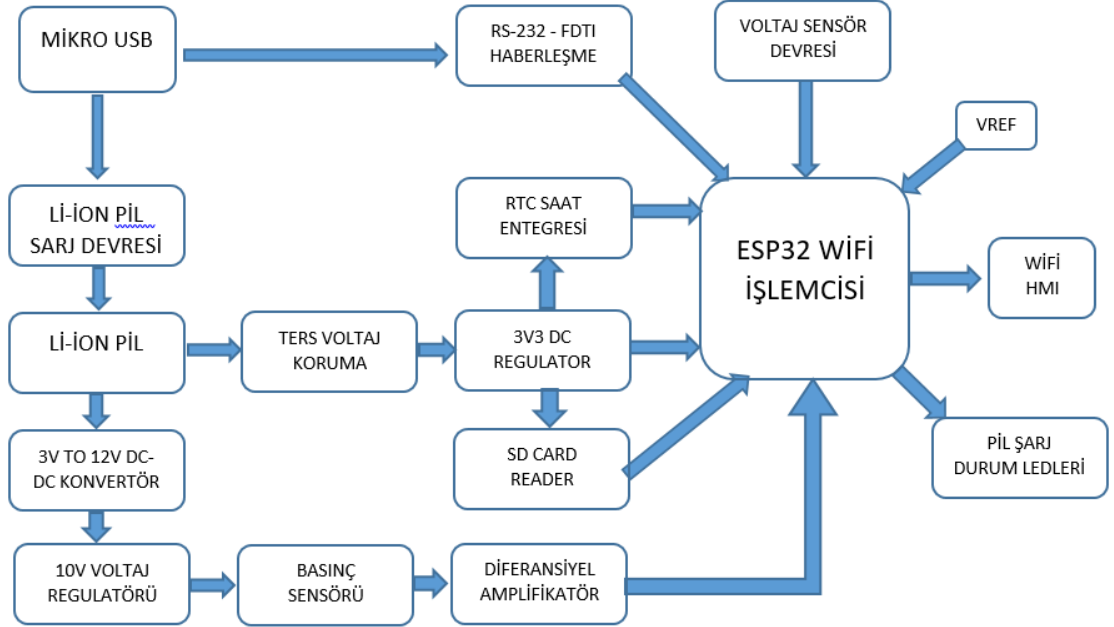
3.2. Yöntem

3.2.1. Tasarım Cihazının Modül Konfigürasyonu

Süt sağım makinelerinde kaliteyi ve standartları yükseltmek, sağmal hayvanlarda meme hastalıklarının önüne geçebilmek, sağlıklı ve yüksek süt verimi sağlayabilmek amacıyla çeşitli deney düzenekleri kullanılmaktadır. Süt sağım makinelerinin verimini arttırmak için tasarlanan veri toplama ve kayıt cihazı saniyede 1000 veri olarak süt sağımının her aşamasında basınç değişimlerini izleyip bilgisayar ortamında grafiksel analiz aracılığıyla sağım operasyonunu net bir şekilde analiz etmemizi sağlayacaktır. Hayuka ismi verilen cihazın amacı, süt verimini arttırmak, hayvanların sağım ömrünü ve kalitesini arttırmak, daha uygun maliyetli süt sağım makinelerinin tasarımını gerçekleştirmektir.

3.2.2. Blok Şeması

Tasarımı tamamlanmış devrenin blok şeması Şekil 3.4'te verilmiştir.



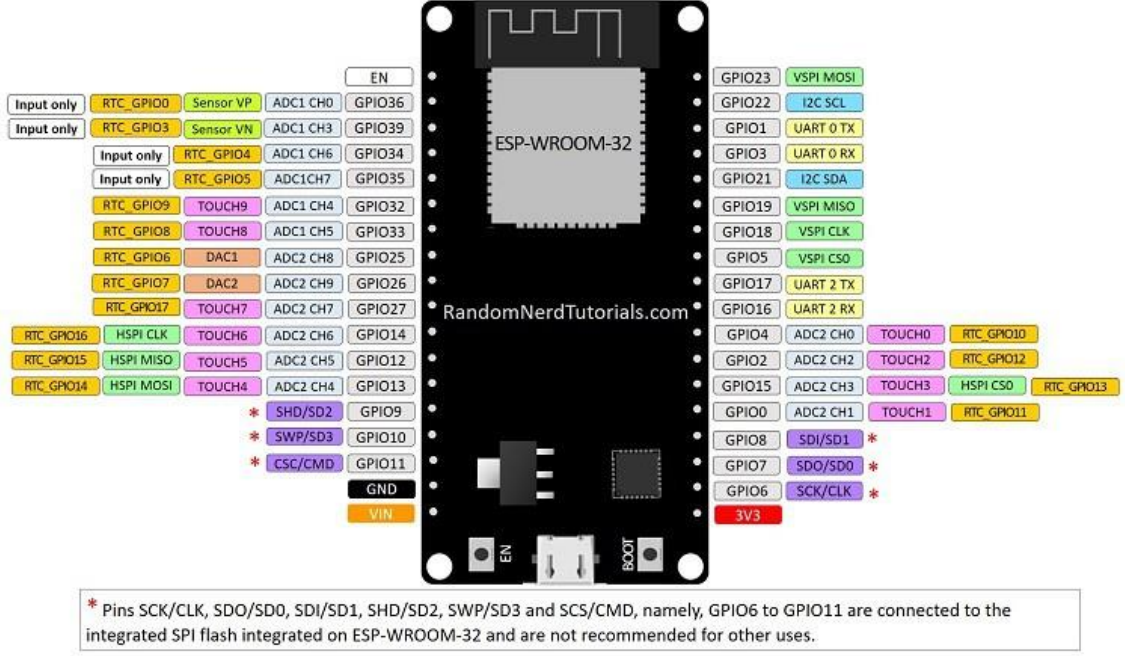
Şekil 3.4. Tasarım devresinin blok şeması

+

3.2.3. ESP 32 Wifi Modül

Araştırmada kullanılan modül, ESP32-WROOM-32, düşük güçlü sensör ağlarından ses kodlama, müzik akışı ve MP3 kod çözme gibi en zorlu görevlere kadar çok çeşitli uygulamaları hedefleyen güçlü, jenerik bir Wi-Fi + Bluetooth modüldür (Şekil 3.5). Bu modülün merkezinde ESP32-D0WDQ6 yongası vardır. Çift çekirdekli Xtensa® 32-bit LX6 MCU ölçeklenebilir ve uyarlanabilir olacak şekilde tasarlanmıştır. Bireysel olarak kontrol edilebilen iki CPU çekirdeği vardır ve CPU saat frekansı 80 MHz ile 240 MHz arasında ayarlanabilir. ESP32, kapasitif dokunmatik sensörlerden, Hall sensörlerinden, SD kart arayüzü, Ethernet, yüksek hızlı SPI, UART, I²S ve I²C'den farklı özelliklere sahiptir. İşlemcinin 32 bit çift çekirdek olması, Düşük güç tüketimi Wİ-Fİ doğrudan desteği ve Uygun fiyatta olması projede kullanımı için ideal duruma getirmektedir (Anonim, 2019a).

ESP32 DEVKIT V1 – DOIT version with 36 GPIOs



Şekil 3.5. ESP 32 Wifi Modül

3.2.4. Lion Pil ve Şarj Devresi

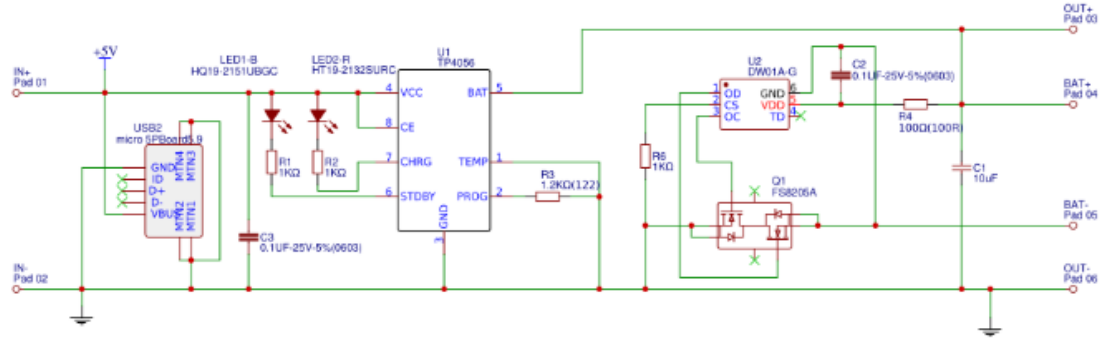
Sabit akım/sabit voltaj doğrusal şarj cihazı ile tam bir tek hücreli Li-Ion pildir. Altındaki soğutucu ile SOP40 paketi TC4056A daha az harici bileşen TP4056'yı taşınabilir uygulamalar için ideal hale getirir. TC4056AUSB güç ve adaptör güç kaynakları için uygundur. Dahili PMOSFET yapımı ve anti-ters şarj yolu nedeniyle, harici izolasyon diyotları gerektirmez (Anonim, 2019b).

Termal geri bildirim, yüksek güç işlemi veya yüksek ortam sıcaklığı koşullarında işlemci sıcaklığını sınırlamak için şarj akımını otomatik olarak ayarlar. Şarj voltajı 4,2 V'ta sabitlenir ve şarj akımı harici olarak bir direnç tarafından ayarlanabilir. Son şamandıra voltajına ulaştıktan sonra şarj akımı 1/10 ayar değerine düştüğünde, TC4056A Şarj döngüsünü otomatik olarak sonlandıracaktır.

Giriş voltajı (AC adaptörü veya USB gücü) kaldırıldığında, TC4056A otomatik olarak düşük akım durumuna girer, pil kaçak akımını 2uA'dan daha azına düşürür. En TC4056A bir güç kaynağı olduğunda kapatma modunda da yerleştirilebilir ve besleme akımını 55uA'ya düşürür.

Şarj ve sonlandırma için pil sıcaklık algılama, düşük voltaj kilitleme, otomatik şarj ve iki LED durum pimini içerir.

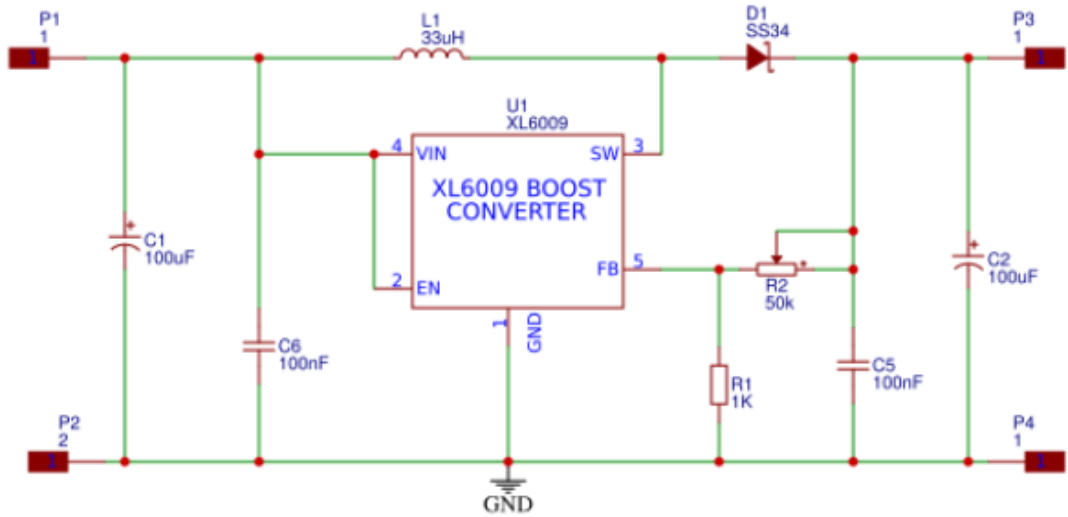
DW01A batarya koruma entegresi, hücreli telefonlar gibi tek hücreli lityum-iyon/polimer bataryayla çalışan sistemler için aşırı şarj, aşırı deşarj, aşırı akım nedeniyle zarar görmemesi ve pil ömrünü düşürmemesi için devreye eklenmiştir (Anonim, 2019c) (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. TP4056 Şarj devresi

3.2.5. 3V TO 12V DC-DC Konvertör

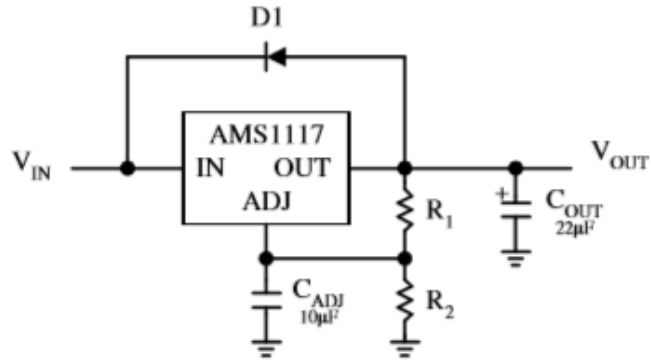
XL6009E1 regülatörü, pozitif veya negatif çıkış voltajları üretebilen 5V-32V Giriş Voltaj aralığına sahip, Maksimum 4A anahtarlama akımı ile sabit 400KHz anahtarlama frekansı olan DC/DC step up dönüştürücüsüdür ve %94'e kadar yüksek verimliliğe sahiptir (Anonim, 2019d). XL6009 regülatörü, taşınabilir elektronik ekipman uygulamaları için özel bir tasarımıdır. XL6009 Boost konverter şeması Şekil 3.7'de verilmiştir (Anonim, 2019e).



Şekil 3.7. XL6009 Boost konverter şeması

3.2.6. 10 V Voltaj Regülatörü

Step up voltaj konvertörünün çıkış gerilimini filtrelemek amacıyla kullanılmıştır. Devre şeması Şekil 3.8’de belirtilmiştir. Çıkış gerilimi R1 ve R2 direnç değerleriyle ayarlanır (Anonim, 2019f).

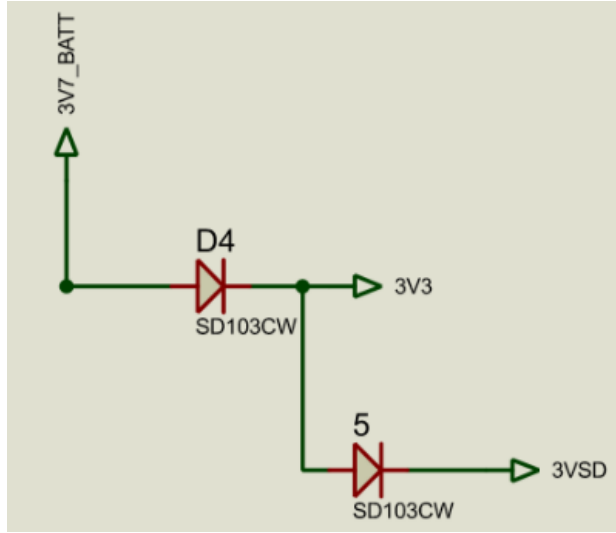


Şekil 3.8. AMS1117 ayarlanabilir voltaj regülatörü şeması

3.2.7. Ters Voltaj Koruma Devresi

Lion pil USB port arasında USB gerilimin doğrudan bağlantısını izole etmek için basit ve etkili shockty diyotlar kullanılmıştır. Eşik gerilimi düşük olduğu için SD103CW diyot modeli kullanılmıştır. Eşik gerilimi 0.4-0.6V aralığında değişmektedir. 3VSD SD kart

Lion şarj olması durumunda 4.2 V verebilmektedir. Pil gerilimi nedeniyle SD kartın zarar görmemesi ve USB gerilimi altında da çalışabilmesi için Şekil 3.9'daki devre kullanılmıştır (Anonim, 2019g).



Şekil 3.9. Ters voltaj koruması şeması

3.2.8. Basınç Sensörü

MPX2100AP serisi cihaz, uygulanan basınca doğrudan orantılı olarak yüksek hassasiyet ve doğrusal voltaj çıkışı sağlayan silikon bir piezorezistif basınç sensörüdür (Anonim, 2019h) (Şekil 3.10). Sensör, gerginlik göstergeli tek yekpare bir silikon diyafram ve çip üzerine entegre ince film direnç ağından oluşur. Mutlak, Diferansiyel ve gösterge konfigürasyonlarında kullanılmaktadır. Besleme gerilimine oranlı $\pm\% 0.25$ doğrusallık mevcuttur.



Şekil 3.10. MPX2100AP 100 kpa basınç sensörü

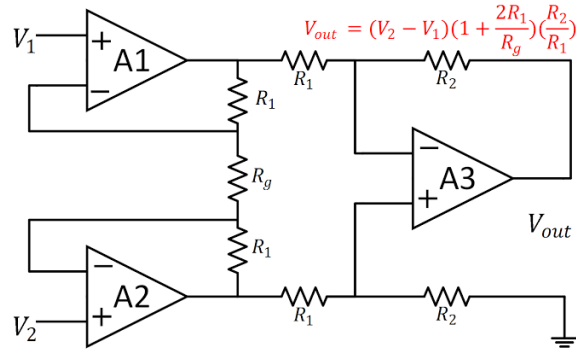
Basınç sensörün teknik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir (Anonim, 2019i).

Çizelge 3.1. Basınç sensörü özellikleri

Parametre	Ölçü değeri
Minimum basınç okuması	0 kPa
Maksimum basınç okuma değeri	100 kPa
Minimum çalışma sıcaklığı	- 40°C
Maksimum çalışma sıcaklığı	+125°C
Besleme gerilimi	10 V DC
Yanıt süresi	1 ms
Analog çıkış	38.5 < arrow > 41.5 mV
Doğruluk	%±0,25

3.2.9. Diferansiyel Amplifikatör

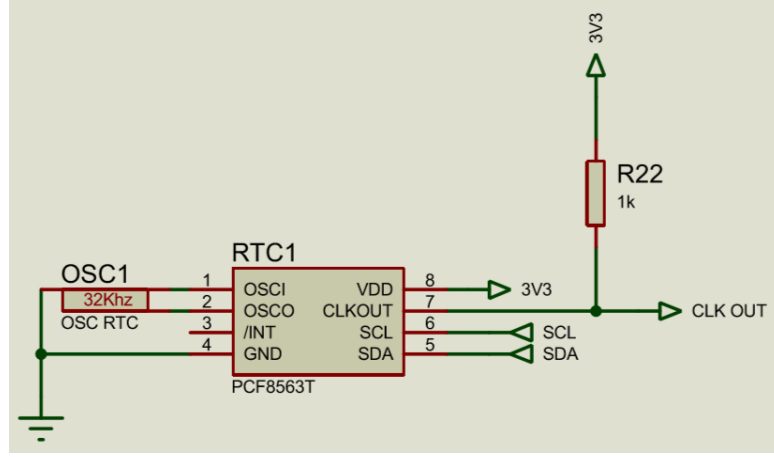
Araştırmada MPX2100AP sensörü çıkışı için diferansiyel amplifikatör kullanılması uygun bulunmuştur (Şekil 3.11). Çıkış gerilim denklemi V_{out} formülü ile belirtilmiştir. Birçok fark kuvvetlendirici uygulamasında kullanılan devre giriş çıkış pinlerini izole ederek ayrıca koruma sağlamaktadır (Anonim, 2019j).



Şekil 3.11. Diferansiyel amplifikatör

3.2.10. RTC Saat Devresi

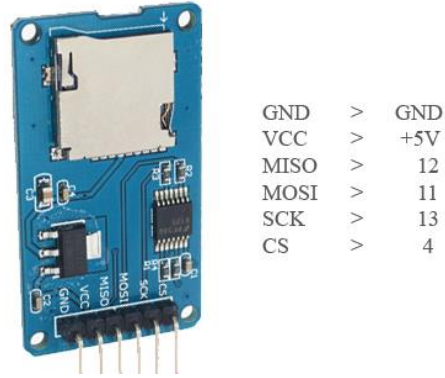
Çalışmada yararlanılan PCF8563T RTC entegresi, 1V 6.5V aralığında çalışabilmesi ve programlanabilir çıkış verebilmesi nedeniyle kullanılmıştır (Anonim, 2019k). Veri kayıt aşamasında reel saate uygun olarak çalışması için devreye eklenmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. PCF8563T RTC şeması

3.2.11. SD Kart Devresi

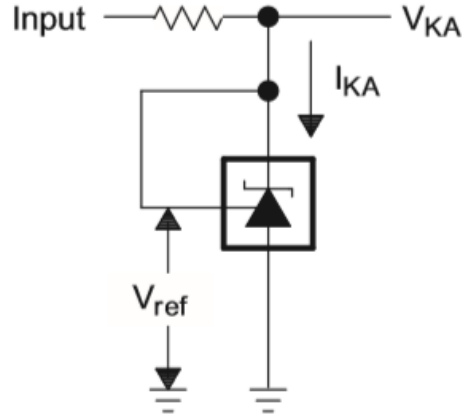
Cihazın daha büyük boyutlarda veri kaydedebilmesi için SD kart ilave edilmiştir (Anonim, 2019l). SD kartlar 1.8-3V arası çalışabilirler. ESP32 doğrudan SD kart kurulumunu desteklediği için ekstra devreye ihtiyaç duymamaktadır. SD kart yardımı ile 8 saate kadar kesintisiz veri kaydedilebilecektir. SD kart modülü Şekil 3.13’de verilmiştir.



Şekil 3.13. SD kart modülü

3.2.12. Voltaj Referans Devresi

Voltaj referans devresi, değişken giriş voltajı durumlarında analog sinyallerin işlemci tarafından hatasız olarak ölçülebilmesini sağlamaktadır (Anonim, 2019m). Analog sinyal girişi olan devrelerde voltaj referans entegresi mutlaka kullanılması gerektiği için bu çalışmada da ilave edilmiştir (Şekil 3.14).

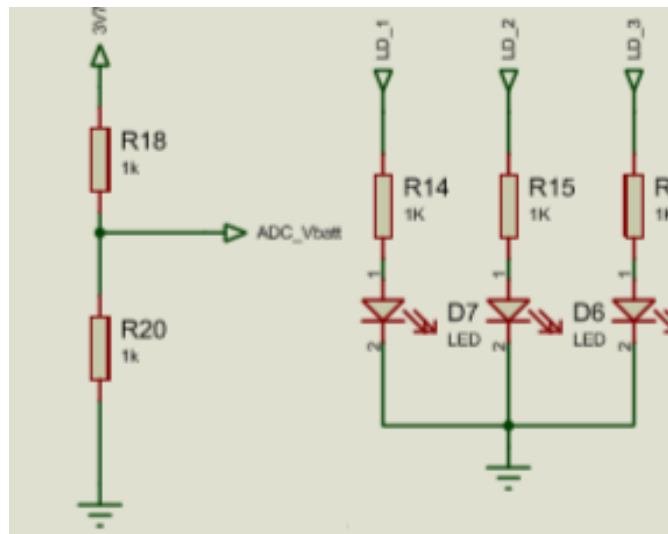


Şekil 3.14. TL431 Bağlantı şeması

Özel olarak vref gerilimi sağlaması için üretilen bu özel entegre referans geriliminin ayarlanabilir olması sebebiyle birçok uygulamada kullanılmaktadır. Esp32 nin giriş geriliminden bağımsız olarak bu gerilim değerini referans almaktadır.

3.2.13. Pil Şarj Durum Devresi

ADC devresinden okunan batarya gerilimi değeri yazılımla hesaplanarak belirlenen gerilim aralıklarında sırasıyla 4.2-3.7 V tam dolu, 3.6-3.3 V orta, 3.2 ve altındaki gerilim düşük voltaj ledini yakacak şekilde yazılım yapılmıştır (Şekil 3.15).



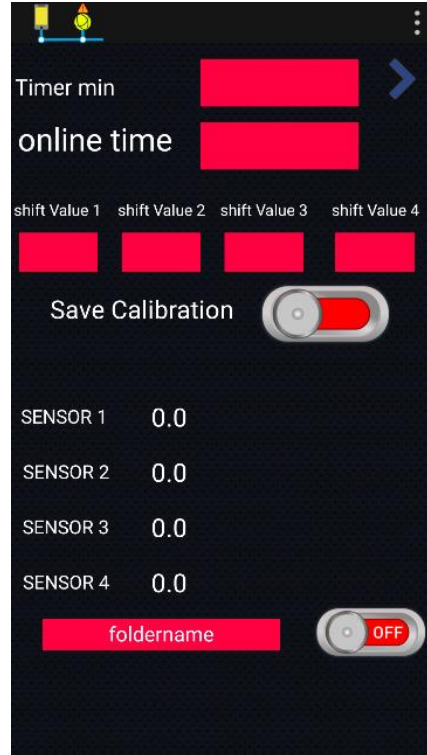
Şekil 3.15. Pil Voltaj ölçümü ve durum ledleri

3.2.14. Cep Telefonu Uygulaması

Virtuino SE, dünyadaki herhangi bir panel için kullanıcılar HMI platformu tarafından özelleştirilebilir. WiFi ve Ethernet bağlantıları destekler, özellikle Arduino projelerini görselleştirir (Anonim, 2019n).

Virtuino SE yazılımı; LED'ler, düğmeler, anahtarlar, değer göstergeleri, enstrümanlar, düzenleyiciler vb. widget'lerle görsel ara yüzler oluşturulan kullanımı kolay, kütüphaneye gerek duymadan HMI ara yüzünde adreslerin ayarlanabildiği bir programdır. Kullandığımız yazılımla cihazı uzaktan izleme aç kapa ve sensör, pil durum haberleşme değerleri 1 sn gibi kısa zamanda yakalanabilmektedir.

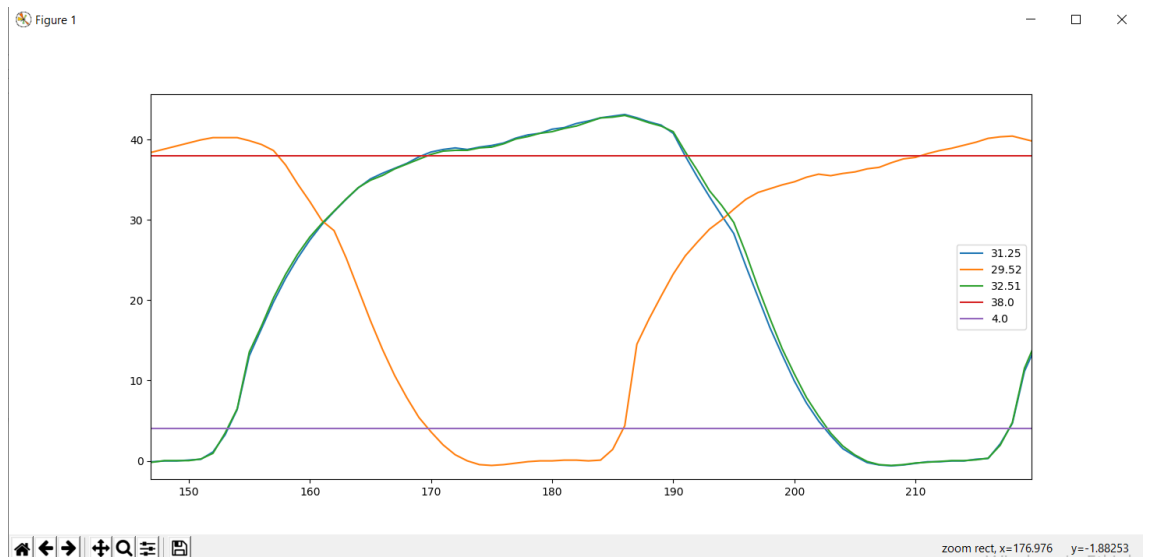
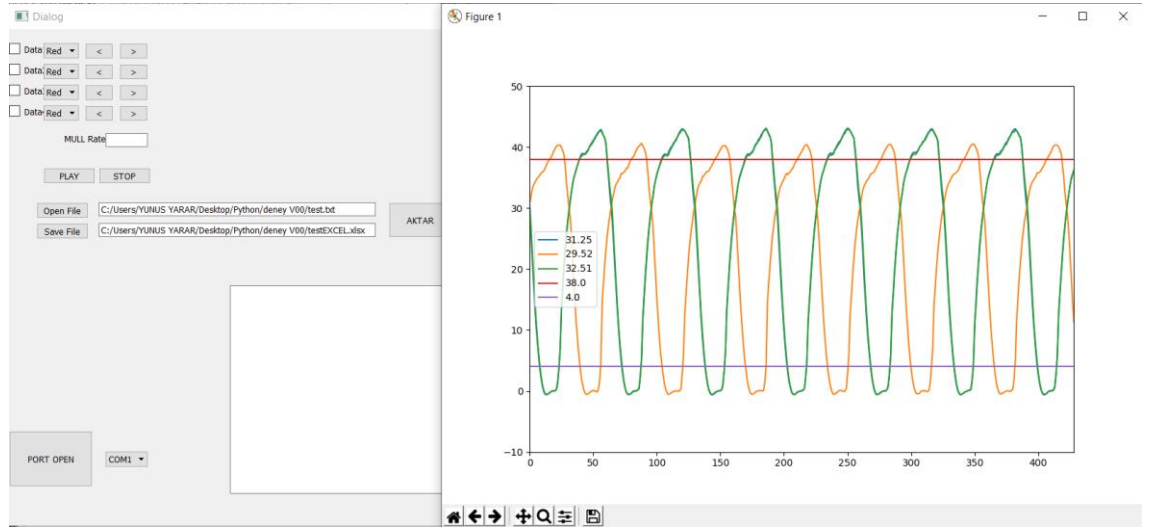
Tasarlanan kayıt cihazındaki veri kayıtlarının açılıp kapatılması, kalibrasyonu, pil şarj durumu ve verilerin anlık alınabilmesi için cep telefonu uygulaması amaçlanmıştır. Virtuino HMI görseli Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16. Virtuino HMI

3.2.15. Bilgisayar Arayüz Uygulaması

Hayuka cihazının kaydettiği veriler “.txt” formatındadır. Bu veriyi Excel formatına dönüştürme ve grafik çizdirmek için PYTHON Matplotlib yazılımı kullanılmıştır (Anonim, 2019o). PYTHON yazılımı son zamanlarda hızla gelişen, kullanımı kolay ve açık kaynak kodlu olduğu için projede tercih edilmiştir. Bilgisayar arayüz uygulamasında kullanılan PYTHON grafik çıktı örneği Şekil 3.17’de verilmiştir (Anonim, 2019p).



Şekil 3.17. PYTHON grafik çıktı örnekleri

3.2.16. Tasarım Cihazının Vakum Basıncı ve Nabız Değerleri Yönünden Performans Testleri

Bu araştırmada tasarımı yapılan Hayuka vakum-nabız kayıt cihazı, PT V ve V 1.2 cihazları eş zamanlı olarak karşılaştırılmıştır. Denemelerde, kayıt cihazlarıyla ölçülen nabız ve vakum basıncı değerleri, TS ISO 3918, 5707 ve 6690 standartlarında öngörülen sağım makinesi terminoloji, yapı, performans ve test koşullarına uygun olarak belirlenmiştir (TS ISO 3918, 2014; TS ISO 5707, 2014; TS ISO 6690, 2014).

Araştırmada karşılaştırma ölçümleri için 3 farklı zamanda ön denemeler gerçekleştirilerek tasarım cihazındaki aksaklıklar belirlenmiştir.

Ön deney-1: Bu denemede tasarım cihazı (Hayuka), PT V ile eş zamanlı olarak karşılaştırılmıştır. PT V ve Hayuka'nın ikişer kanalı birbirine paralel şekilde sağım başlığının sağ ve sol yarımlarındaki birer kısa nabız hortumuna ve memelik dış kılıfı girişine bağlanmıştır. Böylece nabız odasına en yakın noktada testlerin yapılmasına dikkat edilmiştir. Bu denemede inek, keçi ve koyunlar için uygun sayılan nabız hızları (sırasıyla inek için 60 dk⁻¹, keçi için 90 dk⁻¹ ve koyun için 120, 150 ve 180 dk⁻¹ değerlerinde) mekanik pulsatörden ayarlanmıştır. Bazı elektronik pulsatörler masaj özelliğinde üretilmektedir. Çünkü uygulamada ana sağımın sonunda hayvanın meme loblarında kalan az miktardaki sütün salınabilmesi için pulsatörün masaj safhası devreye girerek 20-30 s süreyle yüksek nabız hızlarında meme başlarına uyarım (stimulasyon) yapmaktadır. Çalışmada kullanılan pulsatör mekanik yapıda da olsa, hızlı nabız sayılarında hem pulsatörün hem de ölçüm cihazlarının çalışma kapasiteleri ve hassasiyetlerini belirlemek için artan sayılardaki masaj hızlarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Masaj evresi için 200 dk⁻¹ nabız hızı seçilmiştir. Makinanın sistem vakumu ortalama 43 kPa'a ayarlanmıştır.

Ön deney-2: Bu aşamadaki denemelerde Hayuka cihazı PT V ve V 1.2 cihazları eş zamanlı karşılaştırılmıştır. Cihazların basınç sensörü hortum çıkışları sağım başlığının yine kısa nabız hortumlarına bağlanmıştır. Hayuka'nın 1-2 nolu basınç kanalları V 1.2, 3-4 kanalları da PT V cihazının ikili kanalları ile alternatif zamanlı bağlanmıştır. Bu

deneyde de birinci deneyde olduğu gibi inek, keçi ve koyunlar için uygun sayılan nabız hızlarında (60, 90, 120, 150 ve 180 dk⁻¹) ölçümler yapılmıştır. Bu deneyde de makinanın sistem vakumu 43 kPa'a ayarlanmıştır. Ayrıca masaj evresi için de yine 200 dk⁻¹ nabız hızı seçilmiştir.

Ön deney-3: Üç test cihazı ile yapılan ilk iki deneyde cihazların hortumlarının sağım başlığının kısa nabız hortumlarına yapılan bağlantısı ile alınan ölçüm kayıtlarında nabız frekansları ve vakum basıncı değerleri için hatalı olabilecek sapmalar meydana getirdiği görülmüştür. Bu hatalara sağım başlığı elemanlarının (süt pençesi, meme lastiği, memelik kılıfı, süt ve nabız hortumları gibi) kalitesi, uyumu, montajı gibi unsurların neden olabileceği düşünülmektedir. Bu yüzden sağım başlığı devreden çıkarılarak pulsator çıkışına bağlı ikiz uzun nabız hortumun her birine dört yollu istavroz takılmıştır. Böylece pulsatorün alternatif zamanlı çalışma prensibine uygun olarak üç cihaz (Hayuka, PT V ve V 1.2) paralel bağlanarak eş zamanlı ölçüm ve kayıtları almıştır. Denemeler iki farklı sistem vakum basıncında (44 ve 50 kPa) yapılmıştır. PTV ve V 1.2 model karşılaştırma cihazlarının daha öncede belirtildiği gibi iki basınç sensör kanalı bulunmaktadır. Hayuka cihazının sağım ünitesindeki farklı ölçüm noktalarından da kayıt alabilmesi düşünüldüğünden, 4 basınç sensör kanalı bulunmaktadır. Ön deney-3'te Hayuka cihazının 1-2 nolu kanalları V 1.2, 3-4 kanalları da PT V'in ikili kanallarıyla eşleştirilerek 4 yollu istavrozlara bağlanmıştır. Bu deneyde de büyükbaş ve küçükbaş hayvan cinslerine uyumlu 60, 90, 120, 150 ve 180 dk⁻¹ nabız sayılarında ölçümler yapılmıştır. Masaj evresi nabız hızları için ise 200, 220, 240, 260, 280, 300 ve 320 dk⁻¹ aralıklarındaki hızlarda kayıt alınmıştır. Diğer yandan hem tasarım cihazı hem de diğer iki karşılaştırma cihazının hassasiyetlerini gözlemlemek için testler 350, 400, 450 ve en son 500 dk⁻¹ nabız sayılarına kadar yükseltilmiştir.

Tasarım cihazının ilk üç denemesinde ikili kanallar arası vakum değerlerindeki sapmaların fazla çıkması nedeniyle, cihazda yeniden kalibrasyon deneyleri yapılarak yazılım güncellenmiştir. Buna ait sonuçlar, bulgular ve tartışma bölümündeki 4.1. başlığı, Çizelge 4.1. ve Şekil 4.1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Asıl deney: Bu deney aşamasında Hayuka cihazının 1-2 ve 3-4 nolu basınç kanalları PT V ve V 1.2 model cihazlarla eşleştirilmiştir. PT V ve V 1.2 cihazlarının ikişer ölçüm kanalı olduğundan, bunlar birer cihaz olarak tanımlanmıştır. Hayuka ise 4 kanallı olduğundan 1-2 nolu kanaldan ölçüm yapana Hayuka-A, 3-4 nolu kanaldan ölçüm yapana ise Hayuka-B ismi verilmiştir. Böylece ölçüm verilerinin istatistiki değerlendirmesinde 4 cihaz karşılaştırması yapılmış olarak düşünülmüştür. Asıl deneylerde sağım makinasında iki sistem vakumu (44 ve 50 kPa) uygulanmıştır. Her sistem vakum basıncında ise 9 farklı nabız sayısındaki (sırasıyla 60, 90, 120, 150, 180, 200, 240, 260 ve 300 dk⁻¹) nabız frekansları ölçülmüş ve kayıt edilmiştir. Her nabız sayısı için üç tekerrürlü veri kaydı alınmıştır.

Denemelerde kullanılan mekanik hareketli pnömatik nabız aygıtı (pulsatör) alternatif zamanlı olup, nabız oranı 60/40'da çalışmaktadır. Testler süresince Hayuka, PT V ve V 1.2 cihazları tarafından ölçülen ve kayıt altına alınan toplam 13 adet nabız frekansı verileri sırasıyla aşağıda verilmiştir:

1. Maksimum nabız odası vakumu (kPa olarak) (V_{mak}),
2. Nabız sayısı (dk⁻¹ olarak) (NS_{set} : nabız sayısı set değeri),
3. Nabız oranı (Süt alım evresi hareket oranı, a+b) (% olarak) (NO),
4. Sağım başlığı yarımları arası nabız oranları fark değeri (% olarak) (Aksama=Limping),
- 5-9. Vakum artış evresi (% ve ms olarak) (a evresi),
- 6-10. Maksimum vakum evresi (asıl süt alım evresi) (% ve ms olarak) (b evresi),
- 7-11. Vakum azalış evresi (% ve ms olarak) (c evresi),
- 8-12. Minimum vakum evresi (asıl masaj evresi) (% ve ms olarak) (d evresi),
13. Nabız hareket çevrimi toplamı (ms olarak a+b+c+d toplamı veya nabız sayısı toplamı) (NHC_{top}).

Araştırmadaki tasarım cihazı ve diğer iki karşılaştırma cihazının deney çalışması Şekil 3.18'de verilmiştir.



Şekil 3.18. Tasarım cihazı ve diğer iki cihazın deney çalışması

Çalışmada pulsatörün başarısı ölçülmemekle birlikte elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde bir bakıma pulsatör de kalite olarak test edilmiş olmaktadır. Buna göre standartlarda “*Bir nabız periyodunda sütün sağıldığı ve maksimum vakum evresi olan gevşeme fazı (b) oranının %30’dan, meme başının sıkıldığı en düşük vakum evresi olan masaj fazının da (d) %15’den az olmaması*” istenmektedir (TS ISO 5707, 2014; TS ISO 6690, 2014).

Araştırmada uygulanan 2 farklı sistem vakumu ve 9 farklı nabız sayısında ölçülen ve kayıt edilen 13 farklı nabız frekansı verisinin çokluğu düşünüldüğünde, bunlardan sadece 5’i yorumlanmıştır. Bunlar; 1. Maksimum nabız odası vakumu (kPa olarak V_{mak}), 2. Nabız sayısı (dk^{-1} olarak $NS_{ölç}$), 3. Nabız oranı (% olarak a+b), 4. Maksimum vakum evresi (% olarak b fazı) ve 5. En düşük vakum evresi (% olarak d fazı) şeklindedir. Her bir nabız frekansının istatistiksel varyans analizleri hesaplanmış, ikili ve üçlü interaksiyon karşılaştırmaları yapılmıştır. Bulgular ve tartışma bölümü tümüyle asıl denemeleri kapsamakta ve beş frekansın sadece cihaz adı ortalaması, kanal numarası ortalaması, nabız sayısı set ortalaması, cihaz adı x kanal no, cihaz adı x nabız sayısı set (NS_{set}) değerlerinin Genel Doğrusal Modelin (GLM) varyans analizi ve interaksiyon sonuçları verilmiştir. Üçlü karşılaştırma olan cihaz adı x kanal no x NS set interaksiyonları verilmemiştir. Diğer yandan değerlendirmesi yapılan 5 frekansın kanal no x NS set interaksiyonları ile değerlendirmesi yapılmayan diğer 8 frekansın tüm GLM varyans

analizi sonuçları ve asıl denemelerde 3 cihaz tarafından ölçülen veriler Ekler bölümünde verilmiştir.

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazları tarafından 3 ön denemesinde ölçülen verilerin çok fazla olması ve Hayuka cihazının bir ölçüm kanalı hariç diğer üç kanaldaki basınç sensöründeki vakum değerlerinin sapması fazla olduğundan, bu veriler değerlendirmeye alınmamıştır. Tasarım cihazının devre tasarımıdaki sensör analog çıkış Op Amp yapısının diferansiyel voltaj çıkışı giriş gerilimini yaklaşık olarak 50 kat yükseltmektedir. Bu kazancın oluşmasını sağlayan direnç hassasiyetlerinin $\pm\%5$ civarında olması, arada herhangi bir filtre devresinin olmaması, hatalı ölçüm yapmasına ve ani dalgalanmaları absorbe edemediğinden hatalı veri alınmasına sebep olmaktadır. Cihazın teorik değerlere yakın olan 3 nolu sensörü, çıkış hassasiyeti ideal değere oldukça yakın çıkmıştır. Genel anlamda sensör hatalarının giderilebilmesi daha hassas kazanç dirençleri ve filtreleme kondansatörleri temin edilerek, işlemci girişine sağlıklı sinyal gelmesi sağlanacaktır. Yazılımda yapılacak olan aktif filtreleme fonksiyonları ve her bir sensör için ayrı kalibrasyon değeri hesaplaması yapılarak, cihazın ölçüm sonuçlarının gerçek ölçüm değerlerini hassas bir şekilde yakalayacağı düşünülmektedir. Cihazın a, b, c, d, a+b, c+d ve aksama (limping) değerlerini doğru okuması, sensörlerden hatalı da olsa lineer sinyal gelmesi ve yazılımın her bir çıkış için üst değer kalibrasyonu yapması sayesinde doğru sonuç elde edilmektedir.

3.2.17. İstatistik Analizi

Araştırmada, Hayuka ve karşılaştırma cihazları (PT V ve V 1.2) ile kuru koşullarda yapılan denemelerde sağım makinasının iki farklı sistem vakumu basıncı (44 ve 50 kPa) ve değişik nabız hızları için (60, 90, 120, 150, 180, 200, 240, 260 ve 300 dk⁻¹) elde edilen vakum ve nabız evresi değişkenlerinin (vakum basıncı, nabız sayısı, nabız oranı, a, b, c, d, aksama, nabız hızı vd.) varyans analizi Minitab (Versiyon 17, Texas Üniversitesi, Austin, ABD) ve MS-Excel yazılım programları tarafından gerçekleştirilmiştir. Sonuçların analizinde genel lineer modeli (GLM) ve Fisher çoklu karşılaştırma testleri kullanılmıştır. Aksi belirtilmedikçe, farklar $P<0.05$ 'te anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Vakum-Nabız Kayıt Cihazının Tasarım Sonuçları

Genel ihtiyaçlardan oluşan basit blok çalışma şeması tasarım yönetimini oldukça kolaylaştıracaktır. Materyal ve yöntem bölümünde verilen blok şema (Şekil 3.4), ihtiyaç duyulan fonksiyonları belirlemektedir. Cihazın kompakt ve hafif olabilmesi için mümkün olabildiği kadar küçük batarya yapısı kullanılmalıdır. Öncelikle cihazın en önemli parçası olan basınç sensörü tespit edilmelidir. Süt sağımında gereken vakum ihtiyacı 0-60 kPa aralığındadır. Seçilen sensör bu değere en yakın 100 kPa olan MPX serisi sensör tercih edilmiştir. Sensörün okuma aralığı belirlenir. Sensörün referans değerleri kullanılacak yapının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Besleme gerilimi 10 V DC elde etmek için 3 adet lion pil ($3 \times 3,7 \text{ V} = 11,1 \text{ V}$) kullanılması ve sonrasında 10 V DC ye tekrar değiştirilmesi gerekir. Diğer yöntem ise DC-DC voltaj yükseltici entegre kullanarak 3V-10 V'a gerilim yükseltilebilir.

Cihazın kolay şarj edilebilmesi için USB gerilimi olan 5V ile çalışabilmesi gerekir. Bu durum tek Li-Ion pil kullanılması anlamına gelmektedir.

Sensörün yanıt süresinin 1 ms olması, saniyede 1000 okuma yapılabilmesidir. Analog çıkış $41.5 \text{ mV}/100 \text{ kPa} = 0.415 \text{ mV}/\text{kPa}$ olacaktır. Piyasada mevcut VaDia 0,5 kPa hassasiyetle okuma yapmaktadır. MPX2100Ap sensöründe $0,415 \text{ mV} \times 0,5 = 0,2\text{mV}$ çözünürlükte okuma yapılırsa maksimum verim elde edileceği düşünülmektedir. Mikro denetleyici seçimini bu değer belirleyecektir. Mikro denetleyicilerin analog çalışma yapısı referans geriliminin analog okuma sayısına bölümü $V_{\text{ref}}/x_{\text{bit}}$ ile elde edilir. Piyasada genellikle 10, 12, 16 bit çözünürlüklü analog mikro denetleyiciler bulunmaktadır. $V_{\text{ref}} 1,1\text{V}/1024 = 1 \text{ mV}$ çözünürlüğe sahip olması anlamına gelir. 12 bit için $1,1\text{V}/2^{12} = 1,1\text{V}/4096 = 0,26 \text{ mV}$ çözünürlüğe sahip olacaktır. Hem 12 bit çözünürlüklü hem de saniyede 1000 okuma yapabilecek olan bir mikro denetleyici seçilmelidir.

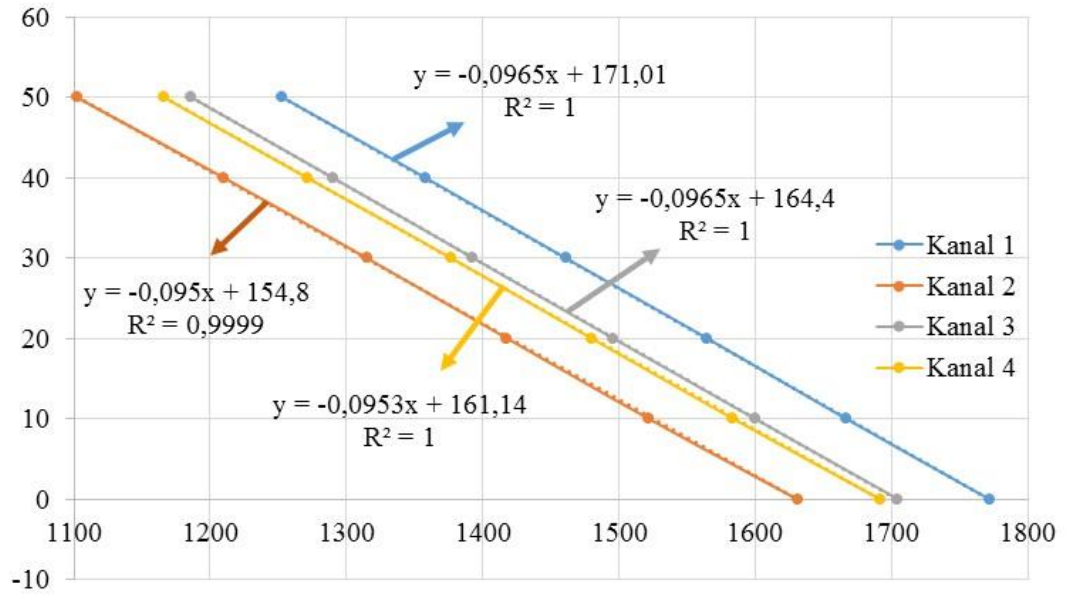
Yapının ana hatları sensör MPX2100AP Mikrodenetleyici ESP32 ve 3-10V gerilim yükseltici belirlenmiştir. Gereken diğer fonksiyonlar saat entegresi, kayıt için SD kart okuyucu, kontrol için buton ve şarj durumu için gösterge eklenmesi kullanım ve uygulama kolaylığı sağlayacaktır. Modüller bir araya getirildiğinde devrenin blok şeması Şekil 3.4'deki gibi gerçekleşmiştir.

4.2. Vakum-Nabız Kayıt Cihazının Kalibrasyon Test Sonuçları

Tasarlanan cihazdaki işlemcinin aldığı veriler bilgisayar ortamında kalibreli kayıt cihazı (DVPM-01 marka dijital vakummetre) ile 50 ml hacimli şırıngada vakum oluşturularak karşılaştırılmış ve elde edilen değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Hem tasarlanan cihaz verileri (mV cinsinden değer) hem de kalibre cihaz verileri (kPa cinsinden değer) grafiksel olarak gösterilmiş ve regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 4.1). Şekilde görüldüğü gibi kalibre cihazdan elde edilen veriler doğrusal bir eğri oluşturmuştur. Şekilde görüldüğü gibi tasarım cihazının her bir kanalından alınan mV sinyal değerlerinin regresyon denklemleri determinasyon katsayıları çok yüksek doğrulukta ($R^2=0,999$ ve $R^2=1$ arasında) bulunmuştur. Cihaz kartının kompakt SMD yüzey montajlı devre elemanlarından yapılması durumunda ise çok daha sağlıklı veri elde edilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca farklı tümleşik entegre sensörler ile hata payı giderilebilecek ve saniyede 1000 veri ile bu hassasiyetteki veriye ulaşabilecektir. Diğer yandan tasarım cihazının yazılımdaki algoritmanın sağlıklı çalışıyor olması, varılmak istenen sonuçların cihazdan elde edilmesi yönünden sevindiricidir. Optimizasyon çalışmaları ile cihaz daha mükemmel hale getirilebilecektir.

Çizelge 4.1. Kalibre cihaz ile tasarım cihazının veri karşılaştırması

Kalibre cihaz (DVPM-01) (kPa)	Tasarım cihazı (HAYUKA)			
	1. Kanal	2. Kanal	3. Kanal	4. Kanal
0	1772	1631	1705	1692
10	1667	1522	1600	1584
20	1565	1418	1496	1480
30	1461	1315	1393	1377
40	1358	1210	1290	1271
50	1253	1102	1186	1166



Şekil 4.1. Tasarım cihazı ve kalibre cihaz verilerinin grafiksel gösterilişi

Tasarlanan ve HAYUKA ismi verilen prototip vakum-kayıt cihazı ve test çalışması Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Prototip vakum-nabız kayıt cihazı ve deney işlemi

4.3. 44 kPa Sistem Vakumunda Cihazların Kuru Denemelerdeki Performans Sonuçları

4.3.1. Maksimum Nabız Odası Vakumunda (V_{mak}) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları

Araştırmadaki 4 cihazın (Hayuka-A, Hayuka-B, V 1.2 ve PT V) nabız odası maksimum vakum basıncı değerlerinin (V_{mak}) varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. V_{mak} değerlerine ait varyans analizi tablosu incelendiğinde cihaz adı, kanal no, NS set değerleri ile cihaz adı x kanal no, cihaz adı x NS set, kanal no x NS set ve cihaz adı x kanal no x NS set interaksiyonlarının % 1 olasılık düzeyine göre önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2. Nabız odası maksimum vakum basıncı (V_{mak}) değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	13,97	4,66	517,62**
Kanal no (B)	1	0,64	0,64	71,00**
NS set (C)	8	63,83	7,98	886,74**
A x B	3	0,78	0,26	28,97**
A x C	24	34,45	1,44	159,54**
B x C	8	0,25	0,03	3,51**
A x B x C	24	0,64	0,03	2,97**
Hata	144	1,30	0,01	
Toplam	215	115,87		

** %1 düzeyinde önemli.

Araştırmanın tümünde, değerlendirmeye alınan 5 ana frekans verisinin varyans analizlerinin sadece **cihaz adı x kanal no** ve **cihaz adı x NS set** interaksiyonlarının sonuçları verilmiş ve yorumlanmıştır. **Kanal no x NS set** ve **cihaz adı x kanal no x NS set** interaksiyonlarının analiz sonuçlarının hem değerlendirmede çok uzun olacağı hem de kanal no’suna ait analiz sonuçlarının cihaz tasarımında doğrudan bağlayıcı özelliğinin olmayacağı düşünülmüştür.

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının nabız odası maksimum vakum basıncı değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda cihaz ortalama değerleri bakımından en yüksek V_{mak} değeri 43,35 kPa ile V 1.2 cihazından elde edilmiştir. Hayuka-A ve Hayuka-

B cihazları ise 43,11 ve 43,12 kPa değerleri ile V 1.2 ve PT V cihazlarının arasında ölçüm kaydı almıştır. Çizelge 4.3'deki her dört cihazın ölçüm sonuçları incelendiğinde, hem 3 tekrürde ölçülen değerler hem de 1. ve 2. kanallardaki basınç değerleri arasında çok küçük farklar vardır. Buna göre V 1.2 cihazının iki kanalı arasında 0,25 kPa, PT V cihazının iki kanalı arasında 0,08 kPa ve Hayuka-A cihazının iki kanalı arasında 0,14 kPa ve Hayuka-B cihazında ise 0,12 kPa gibi bir fark bulunmuştur. TS ISO 6690 (2014) standardı “**4.2. Vakumun ölçümü**” maddesinde “*Vakumu ölçmek için kullanılan cihaz $\pm 0,6$ kPa'dan daha düşük bir hatayla ve $\pm 0,2$ kPa tekrarlanabilirlikle ölçüm yapabilmelidir*” denilmektedir. Çizelge 4.3'de Hayuka cihazının ikili kanalları incelendiğinde, karşılaştırma cihazları gibi $\pm 0,6$ kPa hata aralığında ölçüm başarısı göstermiştir. Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının üçer tekrürlü ölçümlerinde de $\pm 0,2$ kPa aralığını geçmediği görülmüştür. Kanal ortalamaları bakımından en yüksek ortalama V_{mak} değeri 43,11 kPa ile 2 nolu kanaldan alınmıştır. Dört cihazın kanal ortalamasında her iki kanal arasında 0,11 kPa ölçüm farkı bulunmuştur. Cihaz adı x kanal no interaksiyon ortalaması bakımından ise en yüksek V_{mak} değerini 43,47 kPa ile V 1.2 cihazının 2 nolu kanaldaki ölçümü sağlamıştır. Bu değeri 43,22 kPa değeri ile aynı cihazın 1 nolu kanalı izlemiştir. Hayuka-A cihazının her iki kanalından ölçülen 43,04 ve 43,18 kPa vakum basıncı değerleri ile Hayuka-B cihazında ölçülen 43,06 ve 43,18 kPa vakum basıncı değerleri, V 1.2 cihazından sonraki en yüksek değerlerdir. Dört cihazın her iki kanalından ölçülen basınç değerleri arasındaki farklar incelendiğinde, 0,08 kPa ile PT V cihazı en düşük farka sahip bulunmuş, bunu 0,12 ve 0,14 kPa ile Hayuka-B ve Hayuka A izlemiştir. V 1.2 cihazında fark ise 0,25 kPa saptanmıştır.

Çizelge 4.3. Nabız odası maksimum vakum basıncı değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	43.04 c	43.18 b	43.11 b
Hayuka-B	43,06 c	43,18 b	43,12 b
V 1.2	43.22 b	43.47 a	43.35 a
PTV	42.69 d	42.61 e	42.65 c
Kanal no ort.	43,00 b	43,11 a	

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının nabız odası maksimum vakum basıncı değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı set (C) interaksiyon sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda cihaz ortalama değerleri bakımından en

yüksek V_{mak} değeri 43,35 kPa ile V 1.2 cihazından, en düşük değer ise 42,65 kPa ile PT V cihazından elde edilmiştir. Hayuka-A ve B cihazlarının tüm nabız set sayılarındaki vakum değerleri birbirine çok yakın kaydedilmiş olup, karşılaştırma cihazlarının arasında ölçüm değerleri vermiştir. Nabız set sayısının 60 - 300 dk⁻¹ arasındaki denemelerde Hayuka-A ve B cihazlarında yaklaşık 0,9 kPa, V 1.2 cihazında 1,5 kPa, PT V cihazında ise 4,1 kPa gibi bir basınç farkı tespit edilmiştir. Buradan, tasarım cihazının diğer iki cihaza göre daha hassas bir ölçüm kabiliyetine sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.4. Nabız odası maksimum vakum basıncı (V_{mak}) değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	43,75 b	43,53 de	43,30 gh	43,17 hı	42,93 j-l	42,88 k-m	42,80 lm	42,80 lm	42,80 lm	43.11 b
Hayuka-B	43,77 b	43,53 de	43,33 fg	43,16 hı	42,96 jk	42,86 k-m	42,83 k-m	42,83 k-m	42,83 k-m	43.12 b
V 1.2	44,10 a	43,83 b	43,60 c,d	43,47 d-f	43,17 h,ı	43,45 e,f	43,03 ı,j	42,88 k-m	42,60 n	43.35 a
PT V	43,98 a	43,72 bc	43,47 d-f	43,13 ı	42,95 jk	42,75 m	42,22 o	41,73 p	39,88 q	42.65 c
NS Set Ort.	43,90 a	43,65 b	43,42 c	43,23 d	43,00 e	42,99 e	42,72 f	42,56 g	42,03 h	

4.3.2. Nabız Sayısı ($NS_{\text{ölç}}$) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları

Hayuka-A, Hayuka-B, V 1.2 ve PT V cihazlarının ölçülen nabız sayısı değerlerinin ($NS_{\text{ölç}}$) varyans analizi sonuçları incelendiğinde cihaz adı, kanal no, NS set değerleri ile cihaz adı x NS set, kanal no x NS set interaksiyonlarının %1 olasılık düzeyine, cihaz adı x kanal no interaksiyonunun %5 olasılık düzeyine göre önemli olduğu, ancak cihaz adı x kanal no x NS set interaksiyonlarının ise önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Ölçülen nabız sayısı ($NS_{\text{ölç}}$) değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	66	22	262,86**
Kanal no (B)	1	1	1	9,61**
NS set (C)	8	1260432	157554	1878487,53**
A x B	3	1	0	3,68*
A x C	24	38	2	18,64**
B x C	8	2	0	3,06**
A x B x C	24	3	0	1,33öd
Hata	144	12	0	
Toplam	215	1260555		

** %1 düzeyinde önemli; * %5 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Dört cihaz ile ölçülen nabız sayısı değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyonlarının varyans analizi sonucunda cihaz ortalama değerleri bakımından en yüksek nabız sayısı 179,29 dk⁻¹ ile V 1.2 cihazından elde edilmiştir. Hayuka-A ve Hayuka-B cihazları ise hemen hemen birbirine yakın (Hayuka-A 178,06 dk⁻¹; Hayuka-B 178,05 dk⁻¹) ölçümleri kaydetmiştir (Çizelge 4.6). PT V cihazı ise vakum basıncı ölçümünde olduğu gibi en düşük nabız sayısı değerini (177,93 dk⁻¹) vermiştir. Cihazların 1. ve 2. kanalları arasındaki farklar incelendiğinde, en düşük fark 0,01 dk⁻¹ ile Hayuka-B olmuş, bunu 0,03 dk⁻¹ ile Hayuka-A, 0,12 dk⁻¹ ile PT V izlemiştir. En fazla fark ise 0,34 dk⁻¹ ile V 1.2 cihazında ölçülmüştür. Kanal ortalamaları incelendiğinde ise, 1. ve 2. kanallardaki nabız sayısı değerleri arasında 0,12 dk⁻¹ gibi çok küçük fark bulunmuştur. Bu sonuçlar tasarım cihazı ve diğer karşılaştırma cihazlarının hem birbirleri hem de kanalları ölçütünde yüksek doğrulukta ölçüm yapabildiğini göstermiştir.

Çizelge 4.6. Ölçülen nabız sayısı değerlerine ait (NS ölç) cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
HAYUKA-A	178,04 c	178,07 c	178,06 b
HAYUKA-B	178,05 c	178,06 c	178,05 b
V 1.2	179,12 b	179,46 a	179,29 a
PTV	177,87 c	177,99 c	177,93 b
Kanal No ort.	178,27 b	178,39 a	

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarında ölçülen nabız sayısı değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı set (C) interaksiyon sonuçları incelendiğinde, Hayuka-A ve B cihazlarının tüm nabız set sayılarındaki nabız sayısı değerleri birbirine yakın ölçülmüştür (Çizelge 4.7). NS_{set} değerlerinin 60 – 200 dk⁻¹ arasındaki denemelerde dört cihazda ölçülen nabız sayısı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu belirlenmiştir. 240 – 300 dk⁻¹ denemelerde ise V 1.2 cihazının nabız sayıları dakikada 2-3 adet daha fazla saptanmıştır. Hayuka ve PT V cihazları arasındaki farklar çok daha az gerçekleşmiştir. Tasarım cihazının nabız sayısı ölçümünde diğer iki cihaz ile yakın sayılabilecek ölçüm yapabildiği, hatta pulsatörün yüksek nabızlarında (240 dk⁻¹ üzeri) V 1.2 cihazından daha az sapma ile ölçüm kabiliyetine sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.7. Ölçülen nabız sayısı değerlerine ait (NS_{ölç}) cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) etkileşim sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	59,50	89,52	120,72	150,05	180,72	199,39	241,32	261,88	299,47	178,06 b
Hayuka-B	59,50	89,48	120,75	150,08	180,70	199,35	241,22	261,88	299,48	178,05 b
V 1.2	59,52	89,62	121,17	150,83	181,78	200,73	243,40	264,28	302,25	179,29 a
PTV	59,65	89,37	120,53	149,87	180,28	199,20	241,00	262,00	299,50	177,93 b
NS Set Ort.	59,54	89,50	120,79	150,21	180,87	199,67	241,74	262,51	300,17	

4.3.3. Nabız Oranı (NO) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları

Araştırmadaki 4 cihazın (Hayuka-A, Hayuka-B, V 1.2 ve PT V) nabız oranı değerlerinin (NO) varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelge sonuçları incelendiğinde cihaz adı, kanal no, NS set değerleri ile cihaz adı x NS set, kanal no x NS set etkileşimlerinin %1 olasılık düzeyine göre önemli olduğu, ancak cihaz adı x kanal no ve cihaz adı x kanal no x NS set etkileşimlerinin ise önemsiz olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.8. Nabız oranı (NO) değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	18,01	6,00	41,74**
Kanal no (B)	1	165,59	165,59	1151,10**
NS set (C)	8	236,86	29,61	205,82**
A x B	3	0,27	0,09	0,63öd
A x C	24	12,35	0,52	3,58**
B x C	8	3,67	0,46	3,19**
A x B x C	24	1,44	0,06	0,42öd
Hata	144	20,71	0,14	
Toplam	215	458,91		

** %1 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının nabız oranı değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) etkileşim sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda cihaz ortalaması için en yüksek nabız oranı değeri %59,25 ile PT V cihazından elde edilmiştir. Hayuka-A, Hayuka-B ve V 1.2 cihazlarında ise birbirlerine istatistiksel olarak önemsiz yakın değerler elde edilmiştir. Çizelge 4.9’daki her dört cihazın nabız oranı ölçüm sonuçları incelendiğinde, cihazların 1. kanallarındaki değerler arasında en fazla %0,8, 2. kanallarında ise en fazla %0,6 gibi fark vardır. Pulsatörün iki

yarımları (1. ve 2. kanal) arasındaki a+b toplamları (nabız oranları) arasındaki fark standartlara göre %5 geçmemelidir. Bu durum bir bakıma pulsatörün başarı veya başarısızlığını ortaya koyan bir ölçüttür. Denemelerde kullanılan pulsatörün iki yarımları arasında ortalama %1,8 aksama (Limping) değeri bulunmuştur. Cihazların ölçülen nabız oranları arasındaki farklar belirlendiğinde, tasarım cihazında ortalama %1,7, V 1.2 de %1,8 ve PT V cihazında %1,9 gibi aksama değerleri bulunmuştur. Bu da tasarım cihazının diğer iki cihaz ile yine birbirine çok yakın doğrulukta ölçüm yaptığını göstermiştir.

Çizelge 4.9. Nabız oranı değerlerine ait (NO, a+b % olarak) cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	59,51 b	57,79 d	58,65 b
Hayuka-B	59,35 b	57,69 d	58,52 b
V 1.2	59,50 b	57,73 d	58,61 b
PTV	60,18 a	58,32 c	59,25 a
Kanal No ort.	59,63 a	57,88 b	

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının nabız oranı (NO) değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı set (C) interaksiyon sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda cihaz ortalama değerleri bakımından en yüksek NO değeri %59,25 ile PT V cihazında ölçülmüştür. Hayuka-A ve B ile V 1.2 cihazlarında ölçülen nabız oranı değerleri %58,52-58,65 oranlarında saptanmış olup istatistik olarak önemsiz çıkmıştır. Denemelerde kullanılan mekanik pulsatör %60 nabız oranında tasarlanmış bir aygıt olduğundan, özellikle inek sağımına ait 60 dk^{-1} nabız sayısında, dört cihazın nabız oranı ortalaması %60,42 gibi bir doğrulukta bulunmuştur. NS_{set} değerleri arttıkça ölçülen nabız oranları tüm cihazlarda yaklaşık %2-4 oranında azalmıştır. Ancak, her bir NS_{set} 'teki nabız oranları incelendiğinde, Hayuka cihazının ölçtüğü oranlar ile diğer iki cihazın ölçtükleri arasında önemsiz sayılabilecek farklar bulunmuştur. Buradan, tasarım cihazının diğer iki cihaz ile benzer nabız oranı ölçüm kabiliyetine sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.10. Nabız oranı değerlerine ait (NO) cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) etkileşim sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	60,43 ab	59,92 b-d	59,43 d-f	59,02 f-h	58,70 g-j	58,40 ij	57,53 k	57,30 k	57,12 k	58,65 b
Hayuka-B	60,41 ab	59,90 b-d	59,42 d-f	59,03 f-h	58,67 g-j	58,39 ij	57,54 k	57,18 k	56,12 l	58,52 b
V 1.2	60,33 a-c	59,78 cd	59,43 d-f	59,02 f-h	58,63 g-j	58,33 j	57,60 k	57,35 k	57,03 k	58,61 b
PTV	60,52 a	59,97 a-d	59,67 de	59,87 b-d	59,17 e-g	58,92 f-ı	58,33 j	58,50 h-j	58,32 j	59,25 a
NS Set Ort.	60,42 a	59,89 b	59,49 c	59,23 c	58,79 d	58,51 d	57,75 e	57,58 e	57,15 f	

4.3.4. Maksimum Vakum Evresinin (b fazı, %) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları

Tasarım cihazı (Hayuka-A ve Hayuka-B) ve karşılaştırma cihazlarının maksimum vakum evresi (b fazı, % olarak) değerlerinin varyans analizi sonuçları incelenirse; cihaz adı, kanal no, NS set değerleri ile cihaz adı x NS set, kanal no x NS set ve cihaz adı x kanal no etkileşimlerinin %1 olasılık düzeyine göre önemli olduğu, ancak cihaz adı x kanal no x NS set etkileşiminin ise önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	68,43	22,81	333,04**
Kanal no (B)	1	107,84	107,84	1574,55**
NS set (C)	8	5081,36	635,17	9274,24**
A x B	3	2,26	0,75	10,99**
A x C	24	99,15	4,13	60,32**
B x C	8	8,00	1,00	14,60**
A x B x C	24	1,92	0,08	1,17öd
Hata	144	9,86	0,07	
Toplam	215	5378,81		

** %1 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Cihazların maksimum vakum evresi (b) değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) etkileşimlerinin varyans analizi sonucunda cihaz ortalama değerleri bakımından maksimum vakum evresi oranı %48,16 ile PT V cihazından elde edilmiştir. Bunu %47,30 V 1.2 cihazı takip etmiştir. Hayuka-A ve Hayuka-B cihazları ise hemen hemen birbirine yakın (Hayuka-A %46,81; Hayuka-B %46,75) ölçümleri kaydetmiştir (Çizelge 4.12). Cihazların kanalları arasındaki farklar incelendiğinde, en düşük fark %1,19 ile Hayuka-

B olmuş, bunu %1,25 ile Hayuka-A, %1,51 ile V 1.2 izlemiştir. En fazla fark ise %1,70 ile PT V cihazında ölçülmüştür. Kanal ortalamaları incelendiğinde ise, 1. ve 2. kanallardaki nabız sayısı değerleri arasında %1,42 gibi bir fark bulunmuştur. Tasarım cihazının V 1.2 cihazına göre yaklaşık %0,5, PT V cihazına göre %1,3 kadar düşük değer vermesi, b fazının %30 dan az olmaması ilkesini etkileyecek bir hata oranında olmadığını göstermiştir. Tasarım cihazının sertifikalı bir kalibrasyon kuruluşundan onaylı başka bir vakum-nabız ölçme cihazı ile karşılaştırılması hassaslık açısından önemli görülebilir.

Çizelge 4.12. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	47,44 c	46,19 e	46,81 c
Hayuka-B	47,35 c	46,16 e	46,75 c
V 1.2	48,05 b	46,54 d	47,30 b
PTV	49,01 a	47,31 c	48,16 a
Kanal No ort.	47,97 a	46,55 b	

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarında maksimum vakum evresi oranı (b fazı) değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı set (C) interaksiyon sonuçları incelendiğinde, Hayuka-A ve B cihazlarının tüm nabız set sayılarındaki b fazı değerleri birbirine çok yakın gerçekleşmiştir (Çizelge 4.13). NS_{set} değerlerinin 60 – 200 dk^{-1} arasındaki denemelerde dört cihazda ölçülen b fazı değerleri birbirine çok yakın bulunmuş, 240 – 300 dk^{-1} arası denemelerde ise Hayuka-A ve B'nin b fazı oranları V 1.2 ve PT V cihazlarına göre biraz daha fazla sapma (%1-4 arasında) göstermiştir. Tasarım cihazının b fazı oranı ölçümünde de karşılaştırma cihazları ile yakın sayılabilecek ölçüm yapabildiğini göstermiştir.

Çizelge 4.13. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	54,57 a	52,62 b	50,77 c	49,03 e	47,34 g	46,08 ı	42,66 l	40,75 n	37,49 p	46,81 c
Hayuka-B	54,57 a	52,62 b	50,76 c	48,96 e	47,26 fg	46,09 ı	42,60 l	40,61 n	37,30 p	46,75 c
V 1.2	54,43 a	52,52 b	50,83 c	49,20 e	47,58 fg	46,40 ı	43,20 k	41,78 m	39,72 o	47,30 b
PTV	54,70 a	52,80 b	51,08 c	49,50 d	47,73 f	46,92 h	44,00 j	43,32 k	42,93 kl	48,16 a
NS Set Ort.	54,57 a	52,64 b	50,86 c	49,29 d	47,48 e	46,37 f	43,12 g	41,62 h	39,36 ı	

4.3.5. Minimum Vakum Evresinin (d fazı, %) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları

Araştırmadaki 4 cihazın (Hayuka-A, Hayuka-B, V 1.2 ve PT V) en düşük vakum evresi değerlerinin (d fazı, % olarak) varyans analizi sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir. En düşük vakum evresi değerlerine ait varyans analizi tablosu incelendiğinde, cihaz adı, kanal no, NS set değerleri ile cihaz adı x kanal no, cihaz adı x NS set, kanal no x NS set ve cihaz adı x kanal no x NS set interaksiyonlarının % 1 olasılık düzeyine göre önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.14. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	25,76	8,59	265,98**
Kanal no (B)	1	197,19	197,19	6108,32**
NS set (C)	8	164,47	20,56	636,84**
A x B	3	0,47	0,16	4,89**
A x C	24	4,21	0,18	5,44**
B x C	8	2,92	0,37	11,30**
A x B x C	24	1,58	0,07	2,03**
Hata	144	4,65	0,03	
Toplam	215	401,24		

** %1 düzeyinde önemli.

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının en düşük vakum evresi (d fazı) değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda cihaz ortalaması için en yüksek d fazı değeri Hayuka cihazında (%33,61 ile Hayuka-A, %33,60 ile Hayuka-B) bulunmuştur. En düşük d fazı ise %32,76 ile V 1.2 cihazında ölçülmüştür. Tasarım cihazının V 1.2 cihazına göre yaklaşık %0,84, PT V cihazına göre %0,20 kadar daha yüksek değer vermesi, d fazında da %15 dan az olmaması ilkesini etkileyecek bir hata oranında olmadığını, aksine, tasarım cihazında ölçülen d fazının diğer iki cihazdan yüksek çıkmasının meme masajı yönünden faydalı olan bir etki olduğunu göstermiştir. Tasarım cihazının d fazı ölçüm hassaslığı için sertifikalı bir kalibrasyon kuruluşundan onaylı başka bir vakum-nabız ölçme cihazı ile karşılaştırılması durumunda sonuçlar daha aydınlatıcı olacaktır. Çizelge 4.15'teki dört cihazın d fazı ölçüm sonuçları incelendiğinde, cihazların 1. kanallarındaki değerleri

arasında en fazla %0,76, 2. kanallarında ise en fazla %0,95 gibi fark vardır. Kanal ortalamaları incelendiğinde ise, 1. ve 2. kanallardaki nabız sayısı değerleri arasında %1,91 gibi bir fark bulunmuştur.

Çizelge 4.15. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
HAYUKA A	32,59 d	34,62 a	33,61 a
HAYUKA B	32,61 d	34,59 a	33,60 a
V 1.2	31,85 e	33,67 c	32,76 c
PT V	32,50 d	34,31 b	33,40 b
Kanal No ort.	32,39 b	34,30 a	

Hayuka-A, Hayuka-B, V 1.2 ve PT V cihazlarının minimum vakum evresi (d fazı oranı) değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı set (C) interaksiyon sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda cihaz ortalama değerleri bakımından en yüksek d fazı oranı yaklaşık %33,60 Hayuka cihazında ölçülmüştür. Hayuka-A ve B'yi %0,2 daha düşük oran ile PT V ve %0,8 daha düşük oran ile V 1.2 cihazlarında kaydedilmiştir. NS_{set} değerlerinin 60 – 200 dk⁻¹ arasındaki denemelerinde dört cihazda ölçülen d fazı oranları arasındaki fark %1'in altında iken, 240 dk⁻¹'nin üzerindeki NS_{set} değerlerinde sadece V 1.2 cihazında %1'in üzerinde bir azalma oranı saptanmıştır. Tüm NS_{set} değerlerinde Hayuka ve PT V cihazları birbirine çok yakın değerlerde d fazı ölçümü gerçekleştirmiştir. Bu sonuçlarda, tasarım cihazının d fazı oranı ölçümünde de karşılaştırma cihazları gibi hassas ölçüm yapabildiğini göstermiştir.

Çizelge 4.16. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	34,97 a	34,55 b	34,13 c	33,77 d	33,38 f	33,27 f-h	33,09 gh	32,79 ij	32,50 k	33,61 a
Hayuka-B	34,98 a	34,56 b	34,16 c	33,70 d,e	33,41 f	33,27 f-h	33,07 gh	32,79 ij	32,49 k	33,60 a
V 1.2	34,65 b	34,07 c	33,43 ef	33,07 gh	32,55 jk	32,37 kl	31,98 m	31,50 n	31,25 n	32,76 c
PTV	34,93 a	34,57 b	33,92 cd	33,32 fg	33,22 f-h	33,10 gh	33,03 hı	32,37 kl	32,18 lm	33,40 b
NS Set Ort.	34,88 a	34,44 b	33,91 c	33,47 d	33,14 e	33,00 f	32,80 g	32,36 h	32,11 ı	

4.4. 50 kPa Sistem Vakum Basıncında Cihazların Kuru Denemelerdeki Performans Sonuçları

4.4.1. Maksimum Nabız Odası Vakumunda (V_{mak}) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları

Araştırmanın 44 kPa sistem vakum basıncı bölümünde, seçilen bu basınç değeri özellikle süt sığırcılığında alçak süt hatlı sağım sistemleri için esas alınmış bir basınçtır. Araştırmanın 50 kPa sistem vakumu ise, TS ISO 5707 ve TS ISO 6690 standartlarında temel alınan basınç değeridir. Ayrıca sağım tesislerinin yüksek süt hatlıları için de esas alınan basınçtır. 50 kPa basınçta da pulsatörün vakum-nabız frekansları tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazları ile ölçülerek performansları ortaya konulmuştur.

Tasarım cihazı (Hayuka) ve karşılaştırma cihazlarının (V 1.2 ve PT V) 50 kPa sistem vakumunda ölçülen nabız odası maksimum vakum basıncı değerlerinin (V_{mak}) varyans analizi sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. V_{mak} değerlerine ait varyans analizi tablosu incelendiğinde 44 kPa sistem vakumunda olduğu gibi, cihaz adı, kanal no, NS set değerleri ile cihaz adı x kanal no, cihaz adı x NS set, kanal no x NS set ve cihaz adı x kanal no x NS set interaksiyonlarının % 1 olasılık düzeyine göre önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17. Nabız odası maksimum vakum basıncı (V_{mak}) değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	31,13	10,37	2612,23**
Kanal no (B)	1	0,26	0,26	64,28**
NS set (C)	8	79,74	9,97	2509,57**
A x B	3	1,68	0,56	140,66**
A x C	24	61,35	2,56	643,66**
B x C	8	0,20	0,02	6,17**
A x B x C	24	0,62	0,03	6,54**
Hata	144	0,57	0,00	
Toplam	215	175,54		

** %1 düzeyinde önemli.

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının nabız odası maksimum vakum basıncı değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları Çizelge 4.18’de

verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda cihaz ortalama değerleri bakımından en yüksek V_{mak} değeri 49,37 kPa ile V 1.2 cihazından elde edilmiştir. Hayuka-A ve Hayuka-B cihazları ise 49,11 ve 49,16 kPa değerleri ile V 1.2 ve PT V cihazlarının arasında ölçüm kaydı almıştır. Çizelgedeki dört cihazın ölçüm sonuçları incelendiğinde, 1. ve 2. kanallardaki basınç değerleri arasında çok küçük farklar vardır. Buna göre V 1.2 cihazının iki kanalı arasında 0,23 kPa, PT V cihazının iki kanalı arasında 0,21 kPa ve Hayuka-A cihazının iki kanalı arasında 0,06 kPa ve Hayuka-B cihazında ise 0,17 kPa gibi bir fark bulunmuştur. Hayuka cihazının ikili kanalları incelendiğinde, karşılaştırma cihazları gibi $\pm 0,6$ kPa hata aralığında ölçüm başarısı göstermiştir. Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının üçer tekerrürlü ölçümlerinde de $\pm 0,2$ kPa aralığını geçmediği görülmüştür. Kanal ortalamaları bakımından en yüksek ortalama V_{mak} değeri 49,04 kPa ile 2 nolu kanaldan alınmıştır. Dört cihazın kanal ortalamasında her iki kanal arasında 0,07 kPa ölçüm farkı bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Nabız odası maksimum vakum basıncı değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	49,08 d	49,14 c	49,11 b
Hayuka-B	49,08 d	49,25 b	49,16 c
V 1.2	49,25 b	49,51 a	49,37 a
PTV	48,48 e	48,27 f	48,37 d
Kanal no ort.	48,97 b	49,04 a	

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının nabız odası maksimum vakum basıncı değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı set (C) interaksiyon sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda cihaz ortalama değerleri bakımından en yüksek V_{mak} değeri 49,37 kPa ile V 1.2 cihazından, en düşük değer ise 48,37 kPa ile PT V cihazından elde edilmiştir. Hayuka-A ve B cihazlarının tüm nabız set sayılarındaki vakum değerleri birbirine çok yakın kaydedilmiş olup, karşılaştırma cihazlarının arasında ölçüm değerleri vermiştir. Nabız set sayısının 60 dk - 300 dk⁻¹ arasındaki denemelerde Hayuka-A ve B cihazlarında yaklaşık 0,9 kPa, V 1.2 cihazında 1,5 kPa, PT V cihazında ise 5,0 kPa gibi bir basınç farkı tespit edilmiştir. 44 kPa denemelerinde benzer sonuçlar elde edilmişti. Buradan, tasarım cihazının diğer iki cihaza göre daha hassas bir ölçüm kabiliyetine sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.19. Nabız odası maksimum vakum basıncı (V_{mak}) değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	49,78 cd	49,52 f	49,34 gh	49,12 j	48,93 lm	48,87 mn	48,81 no	48,81 no	48,81 no	49,11 b
Hayuka-B	49,77 cd	49,51 f	49,35 g	49,16 ij	48,98 kl	48,92 lm	48,94 lm	48,94 lm	48,94 lm	49,16 c
V 1.2	50,13 a	49,98 b	49,68 de	49,48 f	49,25 hı	49,48 f	49,00 kl	48,75 op	48,63 q	49,37 a
PT V	49,85 c	49,63 e	49,35 g	49,07 jk	48,87 mn	48,67 pq	47,95 r	47,08 s	44,88 t	48,37 d
NS Ort.	49,88 a	49,66 b	49,43 c	49,21 d	49,01 e	48,99 e	48,67 f	48,39 g	47,82 h	

4.4.2. Nabız Sayısı ($NS_{\text{ölç}}$) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları

Hayuka-A, Hayuka-B, V 1.2 ve PT V cihazlarının ölçülen nabız sayısı değerlerinin ($NS_{\text{ölç}}$) varyans analizi sonuçları incelendiğinde cihaz adı, NS set değerleri ile cihaz adı x NS set interaksiyonlarının %1 olasılık düzeyinde önemli olduğu, ancak kanal no, kanal no x NS set, cihaz adı x kanal no x NS set interaksiyonlarının ise önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 4.20). 44 kPa vakum deneylerinde sadece üçlü interaksiyon önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.20. Ölçülen nabız sayısı ($NS_{\text{ölç}}$) değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	37,00	12,00	73,45**
Kanal no (B)	1	0,00	0,00	0,00 öd
NS set (C)	8	1246236,00	155780,00	932984,96**
A x B	3	0,00	0,00	0,74 öd
A x C	24	42,00	2,00	10,59**
B x C	8	1,00	0,00	0,47 öd
A x B x C	24	2,00	0,00	0,48 öd
Hata	144	24,00	0,00	
Toplam	215	1246342,00		

** %1 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Dört cihaz ile ölçülen nabız sayısı değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyonlarının varyans analizi sonucunda cihaz ortalama değerleri bakımından en yüksek nabız sayısı $178,57 \text{ dk}^{-1}$ ile V 1.2 cihazından elde edilmiştir. Hayuka-A ve Hayuka-B cihazları ise hemen hemen birbirine yakın (Hayuka-A $177,55 \text{ dk}^{-1}$; Hayuka-B $177,57 \text{ dk}^{-1}$) ölçümleri kaydetmiştir (Çizelge 4.21). PT V cihazı ise vakum basıncı ölçümünde olduğu gibi en düşük nabız sayısı değerini ($177,88 \text{ dk}^{-1}$) vermiştir. Cihazların 1. ve 2. kanalları arasındaki farklar incelendiğinde, en düşük nabız sayısı farkı $0,01 \text{ dk}^{-1}$

ile PT V’te olmuş, bunu 0,02 dk⁻¹ ile Hayuka-A, 0,11 dk⁻¹ ile Hayuka-B izlemiştir. En fazla fark ise 0,12 dk⁻¹ ile V 1.2 cihazında ölçülmüştür. Kanal ortalamaları incelendiğinde ise, 1. ve 2. kanallardaki nabız sayısı değerleri arasında fark önemsiz bulunmuştur. 44 kPa basınçta ki değerlendirmelerde olduğu gibi, tasarım cihazı ve diğer karşılaştırma cihazlarının hem birbirleri hem de kanalları ölçütünde yüksek doğrulukta ölçüm yapabildiğini göstermiştir.

Çizelge 4.21. Ölçülen nabız sayısı değerlerine ait (NS ölç) cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
HAYUKA-A	177,56 c	177,54 c	177,55 c
HAYUKA-B	177,62 bc	177,51 c	177,57 c
V 1.2	178,51 a	178,63 a	178,57 a
PTV	177,87 b	177,88 b	177,88 b
Kanal No ort.	177,89 a	177,89 a	

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarında ölçülen nabız sayısı değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı set (C) interaksiyon sonuçları incelendiğinde, Hayuka-A ve B cihazlarının tüm nabız set sayılarındaki nabız sayısı değerleri birbirine yakın ölçülmüştür (Çizelge 4.22). NS_{set} değerlerinin 60 - 200 dk⁻¹ arası ve 300 dk⁻¹’deki denemelerde dört cihazda ölçülen nabız sayısı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu belirlenmiştir. 240 - 260 dk⁻¹ denemelerde ise V 1.2 cihazının nabız sayıları dakikada 1,5-2,5 adet arası daha fazla saptanmıştır. Hayuka ve PT V cihazları arasındaki farklar çok daha az gerçekleşmiştir. Tasarım cihazının nabız sayısı ölçümünde diğer iki cihaz ile yakın sayılabilecek ölçüm yapabildiği, hatta V 1.2 cihazından daha az sapma ile ölçüm kabiliyetine sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.22. Ölçülen nabız sayısı değerlerine ait (NS_{ölç}) cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	59,70 p	89,66 o	120,50 n	149,94 m	180,29 k	199,26 ı	238,65 g	260,65 e	299,31 b	177,55 c
Hayuka-B	59,74 p	89,66 o	120,55 n	149,96 lm	180,34 k	199,40 ı	238,62 g	260,62 e	299,23 b	177,57 c
V 1.2	59,77 p	89,87 o	120,75 n	150,57 l	181,50 j	200,30 h	240,45 f	262,93 c	301,00 a	178,57 a
PTV	59,65 p	89,37 o	120,53 n	149,87 m	180,28 k	199,20 ı	241,00 f	262,00 d	299,00 b	177,88 b
NS Set Ort.	59,71 ı	89,64 h	120,58 g	150,09 f	180,60 e	199,54 d	239,68 c	261,55 b	299,63 a	

4.4.3. Nabız Oranı (NO) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları

Araştırmadaki 4 cihazın (Hayuka-A, Hayuka-B, V 1.2 ve PT V) nabız oranı değerlerinin (NO) varyans analizi sonuçları Çizelge 4.23'te verilmiştir. Çizelge sonuçları incelendiğinde cihaz adı, kanal no, NS set değerleri ile cihaz adı x NS set interaksyonlarının %1, kanal no x NS set interaksyonunun %5 olasılık düzeyine göre önemli olduğu, ancak cihaz adı x kanal no ve cihaz adı x kanal no x NS set interaksyonlarının ise önemsiz olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.23. Nabız oranı (NO) değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	10,98	3,66	35,91**
Kanal no (B)	1	350,75	350,75	3441,75**
NS set (C)	8	239,33	29,92	293,55**
A x B	3	0,35	0,12	1,13 öd
A x C	24	5,77	0,24	2,36**
B x C	8	1,90	0,24	2,33*
A x B x C	24	1,56	0,07	0,64 öd
Hata	144	14,68	0,10	
Toplam	215	625,30		

** %1 düzeyinde önemli; * %5 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının nabız oranı değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksyon sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda cihaz ortalaması için en yüksek nabız oranı değeri %59,29 ile PT V cihazından elde edilmiştir. Hayuka-A, Hayuka-B ve V 1.2 cihazlarında ise birbirlerine istatistiksel olarak önemsiz yakın değerler elde edilmiştir. Çizelge 4.24'teki dört cihazın nabız oranı ölçüm sonuçları incelendiğinde, cihazların 1. kanallarındaki değerler arasında en fazla %0,45, 2. kanallarında ise en fazla %0,65 gibi fark vardır. Pulsatörün iki yarımları (1. ve 2. kanal) arasındaki a+b toplamı (nabız oranları) arasındaki fark standartlara göre %5'i geçmemelidir. Bu durum bir bakıma pulsatörün başarı veya başarısızlığını ortaya koyan bir ölçüttür. Denemelerde kullanılan pulsatörün iki yarımları arasında ortalama %2,55 aksama (Limping) değeri bulunmuştur. Cihazların ölçülen nabız oranları arasındaki farklar belirlendiğinde, tasarım cihazında ortalama %2,62, V 1.2 de %2,54 ve PT V cihazında %2,42 gibi aksama değerleri bulunmuştur. Bu da tasarım cihazının diğer iki cihaz ile yine birbirine çok yakın doğrulukta ölçüm performansına sahip olduğunu

göstermiştir. Ancak, tüm cihazların 50 kPa basınçtaki nabız oranı farkları (aksama değeri) 44 kPa denemelerine göre yaklaşık %0,8 daha fazla ölçülmüştür.

Çizelge 4.24. Nabız oranı değerlerine ait (NO, a+b % olarak) cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	60,10 b	57,48 d	58,78 b
Hayuka-B	60,05 b	57,44 d	58,74 b
V 1.2	60,07 b	57,53 d	58,80 b
PTV	60,51 a	58,09 c	59,29 a
Kanal No ort.	60,18 a	57,63 b	

Tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının nabız oranı (NO) değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı set (C) interaksiyon sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda cihaz ortalama değerleri bakımından en yüksek NO değeri %59,29 ile PT V cihazında ölçülmüştür. Hayuka-A ve B ile V 1.2 cihazlarında ölçülen nabız oranı değerleri %58,78, %58,74 ve %58,80 oranlarında saptanmış olup istatistik olarak önemsiz çıkmıştır. Denemenin 60 dk⁻¹ nabız sayısında, dört cihazın nabız oranı ortalaması %60,62 gibi bir doğrulukta bulunmuştur. NS_{set} değerleri arttıkça ölçülen nabız oranları tüm cihazlarda yaklaşık %1,5-2,5 oranında azalmıştır. Ancak, her bir NS_{set}’teki nabız oranları incelendiğinde, Hayuka cihazının ölçtüğü oranlar ile diğer iki cihazın ölçtükleri arasında önemsiz sayılabilecek farklar bulunmuştur. Tasarım cihazının diğer iki cihaz ile benzer nabız oranı ölçüm kabiliyetine sahip olduğu söylenebilir. Hem 44 hem de 50 kPa basınçlarındaki cihaz adı ve nabız sayısı interaksiyon sonuçları birbirilerine benzer bulunmuştur.

Çizelge 4.25. Nabız oranı değerlerine ait (NO) cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	60,65 a	60,04 cd	59,64 d-f	59,20 f-ı	58,86 ı-l	58,57 l-m	57,73 op	57,36 o-r	57,03 r	58,78 b
Hayuka-B	60,63 a	60,03 cd	59,60 d-f	59,25 f-ı	58,85 ı-l	58,45 lm	57,67 o-q	57,20 qr	57,05 r	58,74 b
V 1.2	60,55 ab	60,00 cd	59,62 d-f	59,12 g-j	58,67 j-m	58,58 k-m	57,82 no	57,58 o-q	57,28 p-r	58,80 b
PTV	60,63 a	60,13 bc	59,97 c-e	59,52 e-g	59,37 f-h	59,00 h-k	58,50 lm	58,33 m	58,22 mn	59,29 a
NS Set Ort.	60,62 a	60,05 b	57,71 c	59,27 d	58,94 e	58,65 f	57,93 g	57,62 h	57,39 h	

4.4.4. Maksimum Vakum Evresinin (b fazı, %) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları

Tasarım cihazı (Hayuka-A ve Hayuka-B) ve karşılaştırma cihazlarının maksimum vakum evresi (b fazı, % olarak) değerlerinin varyans analizi sonuçları incelenirse; cihaz adı, NS set değerlerinin %1, kanal no değerinin %5 olasılık düzeyine göre, cihaz adı x kanal no, cihaz adı x NS set, kanal no x NS set ve cihaz adı x kanal no x NS set ise önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	351,80	117,26	4,76**
Kanal no (B)	1	103,90	103,85	4,22*
NS set (C)	8	5571,10	696,38	28,27**
A x B	3	78,00	25,99	1,05 öd
A x C	24	555,90	23,16	0,94 öd
B x C	8	228,30	28,54	1,16 öd
A x B x C	24	586,20	24,43	0,99 öd
Hata	144	3547,80	24,64	
Toplam	215	11022,90		

** %1 düzeyinde önemli ; * %5 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Cihazların maksimum vakum evresi (b) değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyonlarının varyans analizi sonucunda cihaz ortalama değerleri bakımından en yüksek vakum evresi oranı %48,15 ile PT V cihazından elde edilmiştir. Bunu %46,17 Hayuka-A cihazı takip etmiştir. Hayuka-A ve B cihazları hemen hemen birbirine yakın (Hayuka-B %45,85) ölçüm yapmıştır (Çizelge 4.27). Cihazların kanalları arasındaki farklar incelendiğinde, en düşük fark %0,0 ile Hayuka-B olmuş, bunu %0,65 ile Hayuka-A, %1,69 ile PT V izlemiştir. En fazla fark ise %2,31 ile V 1.2 cihazında ölçülmüştür. Kanal ortalamaları incelendiğinde ise, 1. ve 2. kanallardaki nabız sayısı değerleri arasında %1,39 gibi bir fark bulunmuştur. Tasarım cihazının 1-2 kanalı olan Hayuka-A ve 3-4 kanalı olan Hayuka-B cihazı ile karşılaştırma cihazlarının %45-48 arasında ölçüm yapması, b fazının %30'dan az olmaması ilkesini etkileyecek bir hata oranında olmadıklarını göstermiştir.

Çizelge 4.27. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
HAYUKA A	45,85 a-c	46,50 a-c	46,17 ab
HAYUKA B	45,85 a-c	45,85 a-c	45,85 b
V 1.2	46,58 a-c	44,27 bc	45,42 b
PTV	49,00 a	47,31 ab	48,15 a
Kanal No ort.	46,82	45,43	

Maksimum vakum evresi oranı (b fazı) değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı set (C) interaksiyon sonuçları incelendiğinde, Hayuka-A ve B cihazlarının 260-300 dk⁻¹ nabız sayıları hariç diğer tüm nabız sayısı set sayılarındaki b fazı değerleri birbirine çok yakın gerçekleşmiştir (Çizelge 4.28). NS_{set} değerlerinin 60 – 200 dk⁻¹ arasındaki denemelerinde Hayuka-A ve B ve V 1.2 cihazlarında ölçülen b fazı değerleri birbirine çok yakın bulunmuş, 240 - 260 dk⁻¹ denemelerinde ise Hayuka-A ve B'nin b fazı oranları V 1.2 cihazına göre yaklaşık %1,5 sapma göstermiştir. Tasarım cihazının 1-2 kanalı olan Hayuka-A cihazının 300 dk⁻¹ nabız set sayısındaki b fazı diğer cihazlar gibi azalış göstermemiş, tersine tüm cihazlardan yüksek bulunmuştur. Bu deneme sırasında 1 ve 2. kanalda muhtemel bir parazit oluşmuştur.

Çizelge 4.28. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	53,98 ab	51,72 a-c	49,66 a-e	47,65 a-f	45,41 c-h	43,75 d-ı	39,81 g-j	37,46 ıj	46,41 ch	46,71 ab
Hayuka-B	53,95 ab	51,72 a-c	49,66 a-e	47,69 a-f	45,39 ch	43,70 d-ı	39,70 g-j	37,22 ıj	33,70 j	44,74 b
V 1.2	53,88 ab	51,63 a-c	49,67 a-e	47,68 a-f	45,47 c-h	44,07 d-ı	40,70 f-j	39,08 h-j	36,63 ıj	45,42 b
PTV	54,67 a	52,80 a-c	51,08 a-d	49,95 a-e	47,73 a-f	46,92 b-g	44,00 d-ı	43,32 e-ı	42,93 e-ı	48,15 a
NS Set Ort.	54,12 a	51,97 ab	50,02 b	48,24 bc	46,00 c	44,61 cd	41,05 de	39,27 e	39,85 e	

4.4.5. Minimum Vakum Evresi (d fazı, %) GLM Faktöriyel Varyans Analizi Sonuçları

Minimum vakum evresi değerlerinin (d fazı, % olarak) varyans analizi sonuçları Çizelge 4.29'da verilmiştir. Varyans analizi tablosu incelendiğinde, kanal no değerleri %1, cihaz adı değerleri %5 olasılık düzeyinde önemli görülmuş, ancak NS set değerleri ile cihaz adı

x kanal no, cihaz adı x NS set, kanal no x NS set ve cihaz adı x kanal no x NS set interaksiyonlarının önemsiz olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.29. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	112,75	37,58	2,76*
Kanal no (B)	1	485,70	485,70	35,62**
NS set (C)	8	179,83	22,48	1,65 öd
A x B	3	67,20	22,40	1,64 öd
A x C	24	324,97	13,54	0,99 öd
B x C	8	95,39	11,92	0,87 öd
A x B x C	24	336,05	14,00	1,03 öd
Hata	144	1963,75	13,64	
Toplam	215	3565,64		

** %1 düzeyinde önemli; * %5 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Minimum vakum evresi (d fazı) değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda cihaz ortalaması için en yüksek d fazı değeri Hayuka-A cihazında (%33,58) bulunmuştur. En düşük d fazı ise %31,75 ile V 1.2 cihazında ölçülmüştür. Ancak tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının minimum vakum evresi yüzde değerleri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Çizelge 4.30'daki dört cihazın d fazı ölçüm sonuçları incelendiğinde, cihazların 1. kanallarındaki değerleri arasında en fazla %1,99, 2. kanallarında ise en fazla %2,97 gibi fark vardır. Kanal ortalamaları incelendiğinde ise, 1. ve 2. kanallardaki nabız sayısı değerleri arasında %3,0 gibi bir fark bulunmuştur.

Çizelge 4.30. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
HAYUKA A	31,16 c	36,00 a	33,58
HAYUKA B	31,22 c	33,99 ab	32,60
V 1.2	30,48 c	33,03 bc	31,75
PT V	32,47 bc	34,31 ab	33,38
Kanal No ort.	31,33 b	34,33 a	

Minimum vakum evresi % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı set (C) interaksiyon sonuçları incelendiğinde, 60-300 dk⁻¹ arasındaki nabız set sayılarında tüm cihazların d fazı oranları sırasıyla %34,41 - %33,10 arasında ölçülmüştür. Nabız sayıları arasındaki d fazı oranlarının farkları önemsiz bulunmuştur. 60 dk⁻¹ nabız sayısında

minimum vakum evresi oranı %34,80 (PT V) ile %34,02 (V 1.2) arasında bulunmuş, tasarım cihazı ise bu iki karşılaştırma cihazı arasında ölçüm yaparak, doğruluğu yüksek bir cihaz olduğu düşünülmektedir. Tasarım cihazının 60-300 dk⁻¹ arasındaki set sayılarında ölçülen d fazı oranları karşılaştırma cihazları ile çok yakın bulunmuştur. Sadece Hayuka-A cihazının ölçümünde sapma meydana gelmiştir. 50 kPa'ın tüm NS_{set} değerlerinde Hayuka ve PT V cihazları birbirine çok yakın değerlerde d fazı ölçümü gerçekleştirmiştir. Bu sonuçlarda, tasarım cihazının d fazı oranı ölçümünde de karşılaştırma cihazları gibi hassas ölçüm yapabildiğini göstermiştir.

Çizelge 4.31. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	34,40 ab	33,90 b	33,34 b	32,97 b	32,38 b	32,17 b	31,86 b	31,45 b	30,78 a	33,58
Hayuka-B	34,42 ab	33,89 b	33,38 b	32,99 b	32,38 b	32,23 b	31,95 b	31,48 b	30,77 b	32,60
V 1.2	34,02 b	33,37 b	32,67 b	32,05 b	31,70 b	31,20 b	30,72 b	30,38 b	29,68 b	31,75
PTV	34,80 ab	34,57 ab	33,92 b	33,32 b	33,22 b	33,10 b	33,03 b	32,37 b	32,18 b	33,38
NS Set Ort.	34,41 a	33,93 ab	33,32 ab	32,83 ab	32,42 ab	32,18 ab	31,89 ab	31,42 b	33,10 ab	

5. SONUÇ

Vakum-nabız frekansı kayıt cihazının (Hayuka) gerek tasarımın gerekse karşılaştırmalı test cihazları yapılan uygulama deneylerinin sonuçları aşağıda verilmiştir:

- Tasarım cihazının genel ihtiyaçlardan oluşan blok çalışma şeması, tasarım yönetimini oldukça kolaylaştırmış ve ihtiyaç duyulan fonksiyonları belirlemiştir.
- Cihazın kompakt ve hafif olabilmesi için mümkün olabildiği kadar küçük batarya yapısı kullanılmalıdır.
- Süt sağımında gereken vakum ihtiyacı 0-60 kPa aralığında olduğundan, bu değere en yakın 100 kPa olan MPX serisi sensör tercih edilmiştir.
- Sensörün okuma aralığı belirlenmiş ve besleme gerilimi 10 V DC elde etmek için 3 adet lion pil ($3 \times 3,7 \text{ V} = 11,1 \text{ V}$) kullanılması ve sonrasında 10 V DC ye tekrar değiştirilmesi gerektirmiştir. Sonraki aşamada DC-DC voltaj yükseltici entegre kullanarak 3V-10 V'a gerilim yükseltilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, cihazın kolay şarj edilebilmesi için USB gerilimi olan 5V ile çalışabilmesi gerekir. Bu durum tek Li-Ion pil kullanılması anlamına gelmektedir.
- Sensörün yanıt süresinin 1 ms olması, saniyede 1000 okuma yapılabilmesidir. Analog çıkış $41.5 \text{ mV}/100 \text{ kPa} = 0.415 \text{ mV}/\text{kPa}$ olacaktır. Piyasada mevcut VaDia 0,5 kPa hassasiyetle okuma yapmaktadır. MPX2100Ap sensöründe $0,415 \text{ mV} \times 0,5 = 0,2 \text{ mV}$ çözünürlükte okuma yapılırsa maksimum verim elde edileceği düşünülmektedir.
- Mikro denetleyici seçimini bu değer belirleyeceğinden, mikro denetleyicilerin analog çalışma yapısı referans geriliminin analog okuma sayısına bölümü $V_{\text{ref}}/x_{\text{bit}}$ ile elde edilir. Piyasada genellikle 10, 12, 16 bit çözünürlüklü analog mikro denetleyiciler bulunmaktadır. $V_{\text{ref}} 1,1\text{V}/1024 = 1 \text{ mV}$ çözünürlüğe sahip olması anlamına gelir. 12 bit için $1,1\text{V}/2^{12} = 1,1\text{V}/4096 = 0,26 \text{ mV}$ çözünürlüğe sahip olacaktır. Hem 12 bit çözünürlüklü hem de saniyede 1000 okuma yapabilecek olan bir mikro denetleyici seçilmelidir.
- Hayuka cihazının yapısal ana hatları sensör MPX2100AP Mikrodenetleyici ESP32 ve 3-10V gerilim yükseltici belirlenmiştir. Sonraki aşamasında cihaza diğer fonksiyonların (saat entegresi, kayıt için SD kart okuyucu, kontrol için buton ve şarj

durumu için gösterge) eklenmesi kullanım ve uygulama kolaylığı sağlayacaktır. Modüller bir araya getirildiğinde devrenin blok şeması tamamlanmış olacaktır.

- Hayuka tasarım cihazının en önemli avantajı cep telefonu üzerinden takip edilebilmesidir. Cihazın daha verimli çalışabilmesi için Bluetooth 4.0 ve üzeri sistemler, 32 bit endüstriyel mikro denetleyiciler kullanılarak tüm matematiksel işlemlerin cihazda yapılmasıyla oluşabilecek hataların anlık olarak giderilebilmesi planlanmıştır. Her bir tasarım güncellemesi için son kullanıcı geri bildirimleri de göz önünde bulundurulacaktır.
- Hayuka tasarım cihazı, hayvanın sağım fizyolojisini olumsuz etkileyen düzensiz vakum dalgalanmalarını saptaması, gereksiz sağım süresinin önüne geçebilecek sağlıklı sonuçlar elde ederek meme sağlığını koruması, süt verimi ve sağım kalitesi artışı ile kaliteli meme lastikleri ile diğer ekipmanların tasarımına önemli katkısı olacağı düşünülmektedir.
- Tasarım cihazındaki işlemcinin aldığı veriler bilgisayar ortamında kalibreli kayıt cihazı (DVPM-01 marka dijital vakummetre) ile 50 ml hacimli şırıngada vakum oluşturularak yapılmış karşılaştırma sonuçlarına göre tasarım cihaz verileri (mV cinsinden değer) ve kalibre cihaz verilerinin (kPa cinsinden değer) regresyon eşitlikleri yüksek determinasyon katsayıları vermiştir. Bu da cihazın her bir basınç sensörünün oldukça hassas vakum ve nabız frekanslarını verebileceğini göstermiştir.
- Cihaz kartının kompakt SMD yüzey montajlı devre elemanlarından yapılması durumunda ise çok daha sağlıklı veri elde edilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca farklı tümleşik entegre sensörler ile hata payı giderilebilecek ve saniyede 1000 veri ile bu hassasiyetteki veriye ulaşabilecektir.
- Tasarım cihazının yazılımdaki algoritmanın sağlıklı çalışıyor olması, varılmak istenen sonuçların cihazdan hassas şekilde elde edilebileceğini göstermiştir. Optimizasyon çalışmasıyla cihaz daha mükemmel hale getirilebilecektir.
- Süt sağım makinelerinin verimini arttırmak için tasarlanan veri kayıt cihazı saniyede 1000 veri olarak süt sağımının her aşamasında basınç değişimlerini izleyip bilgisayar ortamına sayısal ve grafiksel olarak aktarılarak sağım operasyonunu net bir şekilde analiz edilebilmesini sağlayacaktır. Tasarlanan cihaz kuru, ıslak ve dinamik koşullarda aynı anda 4 kanaldan vakum-nabız kayıtlarını alabilecek,

küçük, kompakt, su sızdırmaz yapıda ve kablosuz çalışabilme özellikleri kazandırılacaktır.

- Yapılan uygulama test sonuçlarına göre, 44 ve 50 kPa sistem vakumu deneylerinde 4 cihazın maksimum nabız odası vakum değerlerine ait varyans analizleri incelendiğinde cihaz adı, kanal no, NS set değerleri ile cihaz adı x kanal no, cihaz adı x NS set, kanal no x NS set ve cihaz adı x kanal no x NS set interaksiyonlarının % 1 olasılık düzeyine göre önemli bulunmuştur.
- Hayuka-A ve Hayuka-B cihazlarının (1) maksimum nabız odası vakumu, (2) ölçülen nabız sayıları, (3) nabız oranları, (4) maksimum vakum evresi ve (5) minimum vakum evresi değerlerinin varyans analizleri ve interaksiyon sonuçlarına göre PT V ve V 1.2 cihazları ile çok büyük oranda benzer sonuçları elde ettiği göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Akam, D.N., Dodd, F.H., Quick, A.J. 1989.** Milking, milk production hygiene and udder health. FAO Animal Production and Health Paper, (78), 119 p.
- Allcock, J., Postma, E., 2013.** Understanding dynamic milking machine tests. Livestock, 18(2), 24-29.
- Anonim, 2019a.** ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use? <https://www.empastore.com/esp32-wifi-bt-ble-mcu-modul-esp-wroom-32->(Erişim tarihi: 12.12.2019).
- Anonim, 2019b.** Tp4056 Protect Lipo charge. <https://easyeda.com/MustafaDUT/Tp4056-Protect-Lipo-charge->(Erişim tarihi: 12.12.2019).
- Anonim, 2019c.** DW01A batarya koruma entegresi. <https://h5.tr.aliexpress.com/item/32974609061.html->(Erişim tarihi: 12.12.2019).
- Anonim, 2019d.** XL6009E1 Datasheet – Regulator – XLSEMI. <http://www.datasheetgo.com/xl6009e1-datasheet-regulator/->(Erişim tarihi: 12.05.2019).
- Anonim, 2019e.** XL6009 Boost konverter şeması. <https://easyeda.com/hkat105/xl6009/->(Erişim tarihi: 12.12.2019).
- Anonim, 2019f.** AMS1117 ayarlanabilir voltaj regülatörü şeması. https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Ams1117&gclid=CjwKCAiA1fnxBRBBEiwAVUouUpXrBVVOdxgfBYB4o9gxCRga0Fn3Lg0JDPQIwlCeRkBIJyVC0WkSBoCHn0QAvD_BwE-(Erişim tarihi: 12.12.2019).
- Anonim, 2019g.** Ters voltaj koruması devre şeması. https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Sd103cw&gclid=CjwKCAiA1fnxBRBBEiwAVUouUutJwHsjQ0wJYZH3cIaXDIGRpV8XetKP10inCXy4bnXWXbgeTXZDhBoCOsYQAvD_BwE-(Erişim tarihi: 15.12.2019).
- Anonim, 2019h.** MPX2100AP 100 kpa Basınç sensörü. <https://www.tme.com/au/en/details/mpx2100ap/pressure-sensors/nxp-freescale/->(Erişim tarihi: 15.12.2019).
- Anonim, 2019i.** 100 kPa On-Chip Temperature Compensated and Calibrated Silicon Pressure Sensors. <https://tr.rsdelivers.com/product/nxp/mpx2100ap/nxp-basn-sens%C3%B6r-mutlak-hava-iin-maksimum-basn/9227314->(Erişim tarihi: 15.12.2019).
- Anonim, 2019j.** Beyond measure: instrumentation amplifiers. <https://hackaday.com/2016/03/18/beyond-measure-instrumentation-amplifiers/->(Erişim tarihi: 05.01.2020).
- Anonim, 2019k.** PCF8563 Real-time clock/calendar. <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/PCF8563.pdf->(Erişim tarihi: 05.01.2020).
- Anonim, 2019l.** Micro SD Card Module. http://www.manelssoft.com/projects/arduino_microsd_data_logging.aspx-(Erişim tarihi: 05.01.2020).
- Anonim, 2019m.** TL431A, B Series, NCV431A, B Series, SCV431A Programmable Precision References. <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/TL431-D.PDF->(Erişim tarihi: 05.01.2020).
- Anonim, 2019n.** Virtuino SE. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.virtuino.virtuino_se-(Erişim tarihi: 05.01.2020).
- Anonim, 2019o.** Pyplot tutorial. <https://matplotlib.org/tutorials/introductory/pyplot.html->(Erişim tarihi: 05.01.2020).
- Anonim, 2019p.** Use Python to plot Surface graphs of irregular Datasets. <https://fabrizioguerrieri.com/blog/2017/9/7/surface-graphs-with-irregular-dataset->(Erişim tarihi: 05.01.2020).

- Atigui, M., Marnet, P.G., Barmat, A., Khorchani, T., Hammadi, M. 2015.** Effects of vacuum level and pulsation rate on milk ejection and milk flow traits in Tunisian dairy camels (*Camelus dromedarius*). *Trop. Anim. Health Prod.*, 47: 201–206.
- Besier, J., Bruckmaier, R.M. 2016.** Vacuum levels and milk-flow dependent vacuum drops affect machine milking performance and teat condition in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 99: 3096–3102.
- Besier, J., Lind, O., Bruckmaier, R.M. 2016.** Dynamics of teat-end vacuum during machine milking: types, causes and impacts on teat condition and udder health – a literature review. *J. Appl. Anim. Res.*, 44: 263–272.
- Biocontrol, 2019.** Manage udder health and milk quality. [http://www.biocontrol.no/products/vadia-\(Erişim tarihi: 10.11.2019\)](http://www.biocontrol.no/products/vadia-(Erişim tarihi: 10.11.2019)).
- Borkhus, M., Rønningen, O. 2003.** Factors affecting mouthpiece chamber vacuum in machine milking. *J. Dairy Res.*, 70: 283-288.
- Bruckmaier, R.M. 2001.** Milk ejection during machine milking in dairy cows. *Lives. Prod. Sci.*, 70 (1): 121–124.
- Caria, M., Boselli, C., Murgia, L., Rosati, R., Pazzona, A. 2012.** Effect of vacuum level on milk flow traits in Mediterranean Italian buffalo cow. *Ital. J. Anim. Sci.* 11: 137–139.
- Davis, M.A., Reinemann, D.J., Mein, G.A. 2000.** Remove from marked records relationships between physical characteristics and milking characteristics of the aging liner. 2000 ASAE Annual International Meeting, Milwaukee, Wisconsin, USA, 9-12 July, pp. 1–29.
- Dogra, P.K., Parmar, O.S., Gupta, S.C. 2000.** Effect of vacuum and pulsation rate on some milking characteristics in Murrah buffaloes. *Bubalus Bubalis*, 6(4) pp.78–82
- Edwards, J.P., Jago, J.G., Lopez-Villalobos, N. 2014.** Analysis of milking characteristics in New Zealand dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 97 (1): 259–269.
- Enokidani, M., Kawai, K., Kuruhara, K. 2015.** Analysis of factors affecting milking claw vacuum levels using a simulated milking device. *Anim. Sci. J.*, 87, 848–854.
- Galton, D.M., Mahle, D.E. 1980.** Effects of vacuum level and pulsation ratio on udder health. NMC Annual Meeting Proceedings 19:39–43.
- Gleeson, D.E., O'Callaghan, E.J. 1998.** A note on the effect of ageing on teatcup liner performance. *Irish J. Agric. Food Res.*, 37(1): 93–95.
- Hamann, J., Mein, G. A. and Wetzel, S. 1993.** Teat tissue reactions to milking: Effects of vacuum level. *J. Dairy Sci.*, 76(4): 1040–1046.
- Hillerton, E., Boast, D., Middleton, N., Ohnstad, I. 2003.** Remove from Marked Records Changes in Milking-Liner Performance with Age. Bulletin of the International Dairy Federation. pp. 35–40.
- Korkmaz, Z. 2008.** Süt sağım makinalarında kullanılabilecek lojik modül tabanlı elektronik nabız aygıtı kontrol düzeni geliştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, ADÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Aydın.
- Langlois, B.E., Cox, J.S., Hemken, R.H., Nicolai, J. 1981.** Milking vacuum influencing indicators of udder health 1, 2. *J. Dairy Sci.*, 64 (9): 1837–1842.
- Mein, G.A., Reinemann, D.J. 2009.** Biomechanics of Milking: Teat - Liner Interactions. An ASABE Meeting Presentation. Paper Number: 09743.
- Mein, G.A., Reinemann, D.J., Thompson, P.D. 2013.** Understanding the milking machine: The contribution of cyclic liner compression to effective pulsation. National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings.
- O'Callaghan, E.J. 1998.** Effects of pulsation characteristics on machine yield, milking time and cluster stability. *Irish J. Agric. Food Res.*, 37 (2): 201–207.

- O'Shea, P., O'Callaghan, E., J., McKenna, B. 1983.** Effect of pulsation rate and phase and pulsator rates on milking characteristics. In *Milking Machine Research at Moore Park, 1978–1982*. An Foras Talúntais. Dublin, Ireland. pp. 71–95.
- Özer, A.S. 2014.** Seyyar süt sağım makinesinin gömülü sistem ile otomasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, SÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Konya.
- Postma, E. 2012.** New technology for milking vacuum diagnostics helps veterinarians better understand and manage udder health problems. In: *Proceedings of the British Mastitis Conference*. Taunton: The Dairy Group; 17 October 2012, p. 87–88.
- Reinemann, D.J., Mein, G.A., Rasmussen, M.D., Ruegg, P.L. 2005.** Evaluating Milking Performance, 1st edn, pp. 1–12. *Bulletin of the International Dairy Federation*, Brussels, Belgium.
- Rønningen, O., Rasmussen, M.D. 2008.** Assessment of teatcup cluster vacuum records in machine milking. *International Conference on Agricultural Engineering: Agricultural & Biosystems Engineering for a Sustainable World, EurAgEng 2008*, 9p.
- Rønningen, O. 2010.** Acquisition and assessment of teatcup cluster vacuum records in milking time tests. *The First North American Conference on Precision Dairy Management 2-5 March, 2010*, 2 p.
- Rønningen, O., Postma, E. 2012.** Classification of mouthpiece chamber vacuum records in milking-time tests. *51st Natl. Mastitis Counc. Ann. Mtg. Proc.*, St. Pete Beach, FL. *Natl. Mastitis Counc. Inc., Madison, WI (2012)*, pp. 219-220.
- Spencer, S.B., Rogers, G.W. 1991.** Effect of vacuum and milking machine on liner slip. *J. Dairy Sci.* 74: 429–432
- Spencer, S.B., Rogers, G.W. 2003.** Optimization of a Milking Machine Liner. *Fifth International Dairy Housing Proceedings of the 29-31 January 2003*. pp. 60–69.
- Spencer, S.B., Shin, J.W., Rogers, G.W., Cooper J.B. 2007.** Effect of vacuum and ratio on the performance of a monoblock silicone milking liner. *J. Dairy Sci.*, 90: 1725–1728.
- Tamburini, A., Bava, L., Piccinini, R., Zecconi, A., Zucali, M., Sandrucci, A. 2010.** Milk emission and udder health status in primiparous dairy cows during lactation. *J. Dairy Res.*, 77(1): 13–19.
- TS ISO 3918, 2014.** Süt Sağım Makinaları-Terimler. Türk Standardları Enstitüsü (TSE), Ekim 2014, 19 s., Ankara.
- TS ISO 5707, 2014.** Süt Sağım Makina Tesisleri-Yapım ve Performans. Türk Standardları Enstitüsü (TSE), Haziran 2014, 47 s., Ankara.
- TS ISO 6690, 2014.** Süt Sağım Makina Tesisleri – Mekanik Deneyler. Türk Standardları Enstitüsü (TSE), Nisan 2014, 42 s., Ankara.

EKLER

EK A. 44 kPa sistem vakumunda tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının vakum-nabız frekansları ölçüm sonuçları (60, 90, 120, 150, 180, 200, 240, 260 ve 300 dk⁻¹)

EK B. 50 kPa sistem vakumunda tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının vakum-nabız frekansları ölçüm sonuçları (60, 90, 120, 150, 180, 200, 240, 260 ve 300 dk⁻¹)

EK C. 44 kPa sistem vakum basıncında tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının GLM faktöriyel varyans analizleri ve interaksiyon sonuçları

EK D. 50 kPa sistem vakum basıncında tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının GLM faktöriyel varyans analizleri ve interaksiyon sonuçları

EK A. 44 kPa sistem vakumunda tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının vakum-nabız frekansları ölçüm sonuçları (60, 90, 120, 150, 180, 200, 240, 260 ve 300 dk⁻¹)

EK A.1. 44 kPa sistem vakumunda tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının vakum-nabız frekansları ölçüm sonuçları (60, 90, 120, 150 ve 180 dk⁻¹)

Parametre	Hayuka-A				Hayuka-B				V 1.2				PT V			
	Kanal -1		Kanal -2		Kanal -3		Kanal -4		Kanal -1		Kanal -2		Kanal -1		Kanal -2	
	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%
Vakum, kPa	43,7		43,8		43,7		43,8		43,9		44,3		43,9		44,1	
a	60	6,0	58	5,7	60	6,0	58	5,7	59	5,9	58	5,8	59	5,9	58	5,8
b	559	55,5	541	53,6	559	55,5	541	53,6	558	55,4	538	53,5	558	55,4	538	53,5
c	47	4,7	46	4,6	47	4,7	46	4,6	52	5,2	51	5,1	52	5,2	51	5,1
d	342	33,9	364	36,1	342	33,9	364	36,1	339	33,6	359	35,7	339	33,6	359	35,7
a+b	619	61,4	599	59,4	619	61,4	599	59,4	617	61,2	596	59,2	617	61,2	596	59,2
c+d	389	38,6	410	40,6	389	38,6	410	40,6	391	38,8	410	40,8	391	38,8	410	40,8
Aksama	20	2,0			20	2,0			21	2,1			21	2,1		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	1008	59,5	1009	59,5	1008	59,5	1009	59,5	1008	59,5	1006	59,6	1008	59,5	1006	59,6
Vakum, kPa	43,4		43,6		43,3		43,7		43,7		43,9		43,7		43,7	
a	50	7,5	48	7,2	50	7,5	48	7,2	49	7,3	48	7,2	49	7,3	48	7,2
b	357	53,2	350	52,2	357	53,2	350	52,2	356	53,2	345	51,6	356	53,2	345	51,6
c	38	5,7	35	5,2	38	5,7	35	5,2	42	6,3	42	6,3	42	6,3	42	6,3
d	226	33,7	238	35,5	226	33,7	238	35,5	222	33,2	233	34,9	222	33,2	233	34,9
a+b	407	60,7	398	59,3	407	60,7	398	59,3	405	60,5	393	58,8	405	60,5	393	58,8
c+d	264	39,3	273	40,7	264	39,3	273	40,7	264	39,5	275	41,2	264	39,5	275	41,2
Aksama	9	1,3			9	1,3			12	1,8			12	1,8		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	671	89,4	671	89,4	671	89,4	671	89,4	669	89,7	668	89,8	669	89,7	668	89,8
Vakum, kPa	43,2		43,4		43,2		43,3		43,5		43,6		43,6		43,3	
a	43	8,7	42	8,5	44	8,9	42	8,5	43	8,7	42	8,5	43	8,6	43	8,6
b	256	51,6	249	50,2	256	51,5	249	50,2	256	51,6	248	50,1	258	51,8	251	50,4
c	31	6,3	32	6,5	31	6,2	32	6,5	36	7,3	35	7,1	32	6,4	31	6,2
d	166	33,5	173	34,9	166	33,4	173	34,9	161	32,5	170	34,3	165	33,1	173	34,7
a+b	299	60,3	291	58,7	300	60,4	291	58,7	299	60,3	290	58,6	301	60,4	294	59,0
c+d	197	39,7	205	41,3	197	39,6	205	41,3	197	39,7	205	41,4	197	39,6	204	41,0
Aksama	8	1,6			9	1,8			9	1,8			7	1,4		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	496	121,0	496	121,0	497	120,7	496	121,0	496	121,0	495	121,2	498	120,5	498	120,5
Vakum, kPa	43,1		43,3		43,1		43,3		43,3		43,6		43,2		43,2	
a	39	9,8	39	9,7	40	10,0	39	9,8	39	9,8	39	9,8	39	9,8	40	10,0
b	200	50,0	192	47,9	200	50,0	192	48,0	200	50,1	192	48,2	205	51,3	195	48,8
c	28	7,0	30	7,5	28	7,0	30	7,5	32	8,0	32	8,0	25	6,3	30	7,5
d	133	33,3	140	34,9	132	33,0	139	34,8	128	32,1	135	33,9	131	32,8	135	33,8
a+b	239	59,8	231	57,6	240	60,0	231	57,8	239	59,9	231	58,0	244	61,0	235	58,8
c+d	161	40,3	170	42,4	160	40,0	169	42,3	160	40,1	167	42,0	156	39,0	165	41,3
Aksama	8	2,0			9	2,3			8	2,0			9	2,3		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	400	150,0	401	149,6	400	150,0	400	150,0	399	150,4	398	150,8	400	150,0	400	150,0
Vakum, kPa	42,9		43,0		42,9		43,0		43,0		43,3		43,0		43,0	
a	39	11,7	37	11,2	39	11,7	36	10,9	37	11,2	36	10,9	39	11,7	38	11,4
b	158	47,6	153	46,2	158	47,4	154	46,5	161	48,6	154	46,7	162	48,6	156	46,8
c	28	8,4	26	7,9	28	8,4	26	7,9	29	8,8	29	8,8	25	7,5	25	7,5
d	107	32,2	115	34,7	108	32,4	115	34,7	104	31,4	111	33,6	107	32,1	114	34,2
a+b	197	59,3	190	57,4	197	59,2	190	57,4	198	59,8	190	57,6	201	60,4	194	58,3
c+d	135	40,7	141	42,6	136	40,8	141	42,6	133	40,2	140	42,4	132	39,6	139	41,7
Aksama	7	2,1			7	2,1			8	2,4			7	2,1		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	332	180,7	331	181,3	333	180,2	331	181,3	331	181,3	330	181,8	333	180,2	333	180,2

EK A.2. 44 kPa sistem vakumunda tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının vakum-nabız frekansları ölçüm sonuçları (200, 240, 260 ve 300 dk⁻¹)

Parametre	Hayuka-A				Hayuka-B				V 1.2				PT V			
	Kanal -1		Kanal -2		Kanal -3		Kanal -4		Kanal -1		Kanal -2		Kanal -1		Kanal -2	
	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%
Vakum, kPa	43,0		42,9		42,8		43,0		43,4		43,5		42,7		42,8	
a	40	13,3	37	12,2	39	13,0	36	11,9	36	12,1	36	12,0	36	12,0	36	12,0
b	138	45,8	137	45,2	139	46,2	136	45,0	141	47,3	136	45,5	144	47,8	139	46,2
c	27	9,0	24	7,9	26	8,6	25	8,3	28	9,4	27	9,0	24	8,0	24	8,0
d	96	31,9	105	34,7	97	32,2	105	34,8	93	31,2	100	33,4	97	32,2	102	33,9
a+b	178	59,1	174	57,4	178	59,1	172	57,0	177	59,4	172	57,5	180	59,8	175	58,1
c+d	123	40,9	129	42,6	123	40,9	130	43,0	121	40,6	127	42,5	121	40,2	126	41,9
Aksama	4	1,3			6	2,0			5	1,7			5	1,7		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	301	199,3	303	198,0	301	199,3	302	198,7	298	201,3	299	200,7	301	199,3	301	199,3
Vakum, kPa	42,7		42,9		42,9		42,9		42,9		43,2		42,3		42,3	
a	38	15,3	36	14,5	39	15,7	35	14,1	36	14,6	35	14,2	36	14,5	36	14,5
b	110	44,2	104	41,8	109	43,8	104	41,8	108	43,7	105	42,7	111	44,6	107	43,0
c	21	8,4	23	9,2	22	8,8	24	9,6	26	10,5	25	10,2	22	8,8	21	8,4
d	80	32,1	86	34,5	79	31,7	86	34,5	77	31,2	81	32,9	80	32,1	85	34,1
a+b	148	59,4	140	56,2	148	59,4	139	55,8	144	58,3	140	56,9	147	59,0	143	57,4
c+d	101	40,6	109	43,8	101	40,6	110	44,2	103	41,7	106	43,1	102	41,0	106	42,6
Aksama	8	3,2			9	3,6			4	1,6			4	1,6		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	249	241,0	249	241,0	249	241,0	249	241,0	247	242,9	246	243,9	249	241,0	249	241,0
Vakum, kPa	42,7		42,9		42,8		42,9		42,7		43,0		41,8		41,6	
a	37	16,2	37	16,3	39	17,0	36	15,9	36	15,8	35	15,4	35	15,3	34	14,8
b	93	40,6	91	40,1	92	40,0	93	41,0	97	42,5	93	41,0	101	44,1	98	42,8
c	25	10,9	23	10,1	25	10,9	20	8,8	26	11,4	25	11,0	21	9,2	21	9,2
d	74	32,3	76	33,5	74	32,2	78	34,4	69	30,3	74	32,6	72	31,4	76	33,2
a+b	130	56,8	128	56,4	131	57,0	129	56,8	133	58,3	128	56,4	136	59,4	132	57,6
c+d	99	43,2	99	43,6	99	43,0	98	43,2	95	41,7	99	43,6	93	40,6	97	42,4
Aksama	2	0,9			2	0,9			5	2,2			4	1,7		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	229	262,0	227	264,3	230	260,9	227	264,3	228	263,2	227	264,3	229	262,0	229	262,0
Vakum, kPa	42,9		42,9		42,8		42,9		42,4		42,7		40,2		39,9	
a	37	18,5	37	18,5	38	19,0	36	18,0	34	17,1	34	17,2	31	15,5	30	15,0
b	73	36,5	73	36,5	73	36,5	73	36,5	80	40,2	78	39,4	87	43,5	85	42,5
c	23	11,5	23	11,5	26	13,0	24	12,0	24	12,1	23	11,6	18	9,0	18	9,0
d	67	33,5	67	33,5	63	31,5	67	33,5	61	30,7	63	31,8	64	32,0	67	33,5
a+b	110	55,0	110	55,0	111	55,5	109	54,5	114	57,3	112	56,6	118	59,0	115	57,5
c+d	90	45,0	90	45,0	89	44,5	91	45,5	85	42,7	86	43,4	82	41,0	85	42,5
Aksama	0	0,0			2	1,0			2	1,0			3	1,5		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	200	300,0	200	300,0	200	300,0	200	300,0	199	301,5	198	303,0	200	300,0	200	300,0

EK B. 50 kPa sistem vakumunda tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının vakum-nabız frekansları ölçüm sonuçları (60, 90, 120, 150, 180, 200, 240, 260 ve 300 dk-1)

EK B.1. 50 kPa sistem vakumunda tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının vakum-nabız frekansları ölçüm sonuçları (60, 90, 120, 150 ve 180 dk⁻¹)

Parametre	Hayuka-A				Hayuka-B				V 1.2				PT V			
	Kanal -1		Kanal -2		Kanal -1		Kanal -2		Kanal -1		Kanal -2		Kanal -1		Kanal -2	
	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%
Vakum, kPa	49,7		49,8		49,7		49,8		50,0		50,3		49,9		49,8	
a	68	6,8	66	6,6	68	6,8	66	6,6	67	6,7	67	6,7	66	6,6	67	6,7
b	556	55,3	528	52,5	556	55,3	528	52,5	556	55,3	526	52,4	559	55,5	529	52,5
c	50	5,0	50	5,0	50	5,0	50	5,0	54	5,4	55	5,5	50	5,0	49	4,9
d	331	32,9	361	35,9	331	32,9	361	35,9	328	32,6	356	35,5	332	33,0	362	35,9
a+b	624	62,1	594	59,1	624	62,1	594	59,1	623	62,0	593	59,1	625	62,1	596	59,2
c+d	381	37,9	411	40,9	381	37,9	411	40,9	382	38,0	411	40,9	382	37,9	411	40,8
Aksama	30	3,0			30	3,0			30	3,0			29	2,9		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	1005	59,7	1005	59,7	1005	59,7	1005	59,7	1005	59,7	1004	59,8	1007	59,6	1007	59,6
Vakum, kPa	49,4		49,6		49,5		49,5		49,9		50,0		49,7		49,7	
a	56	8,4	55	8,2	56	8,4	55	8,2	56	8,4	56	8,4	55	8,2	55	8,2
b	354	52,9	338	50,4	354	52,8	338	50,4	353	52,9	336	50,4	355	53,0	340	50,7
c	41	6,1	41	6,1	42	6,3	41	6,1	44	6,6	44	6,6	40	6,0	40	6,0
d	218	32,6	236	35,2	218	32,5	236	35,2	214	32,1	231	34,6	220	32,8	235	35,1
a+b	410	61,3	393	58,7	410	61,2	393	58,7	409	61,3	392	58,8	410	61,2	395	59,0
c+d	259	38,7	277	41,3	260	38,8	277	41,3	258	38,7	275	41,2	260	38,8	275	41,0
Aksama	17	2,5			17	2,5			17	2,5			15	2,2		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	669	89,7	670	89,6	670	89,6	670	89,6	667	90,0	667	90,0	670	89,6	670	89,6
Vakum, kPa	49,3		49,3		49,3		49,3		49,5		50,0		49,5		49,2	
a	51	10,2	49	9,8	51	10,2	49	9,8	49	9,9	49	9,9	51	10,2	50	10,0
b	253	50,7	241	48,4	253	50,8	242	48,5	253	51,0	240	48,4	254	50,9	244	48,9
c	36	7,2	35	7,0	35	7,0	35	7,0	38	7,7	38	7,7	35	7,0	32	6,4
d	159	31,9	173	34,7	159	31,9	173	34,7	156	31,5	169	34,1	159	31,9	173	34,7
a+b	304	60,9	290	58,2	304	61,0	291	58,3	302	60,9	289	58,3	305	61,1	294	58,9
c+d	195	39,1	208	41,8	194	39,0	208	41,7	194	39,1	207	41,7	194	38,9	205	41,1
Aksama	14	2,8			13	2,6			13	2,6			11	2,2		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	499	120,2	498	120,5	498	120,5	499	120,2	496	121,0	496	121,0	499	120,2	499	120,2
Vakum, kPa	49,1		49,2		49,1		49,3		49,4		49,6		49,3		48,9	
a	47	11,8	46	11,5	46	11,5	47	11,8	46	11,5	46	11,5	46	11,5	45	11,3
b	194	48,5	186	46,5	194	48,6	187	46,8	195	48,9	185	46,4	197	49,1	189	47,3
c	33	8,3	32	8,0	33	8,3	30	7,5	36	9,0	36	9,0	31	7,7	30	7,5
d	126	31,5	136	34,0	126	31,6	136	34,0	122	30,6	132	33,1	127	31,7	136	34,0
a+b	241	60,3	232	58,0	240	60,2	234	58,5	241	60,4	231	57,9	243	60,6	234	58,5
c+d	159	39,8	168	42,0	159	39,8	166	41,5	158	39,6	168	42,1	158	39,4	166	41,5
Aksama	9	2,3			6	1,5			10	2,5			9	2,2		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	400	150,0	400	150,0	399	150,4	400	150,0	399	150,4	399	150,4	401	149,6	400	150,0
Vakum, kPa	48,9		49,1		48,9		49,1		49,1		49,4		48,8		48,8	
a	46	13,8	44	13,2	46	13,9	44	13,2	45	13,6	43	13,0	45	13,5	44	13,2
b	155	46,5	148	44,4	154	46,4	148	44,4	154	46,5	147	44,4	157	47,1	149	44,7
c	29	8,7	28	8,4	29	8,7	29	8,7	32	9,7	32	9,7	28	8,4	28	8,4
d	103	30,9	113	33,9	103	31,0	112	33,6	100	30,2	109	32,9	103	30,9	112	33,6
a+b	201	60,4	192	57,7	200	60,2	192	57,7	199	60,1	190	57,4	202	60,7	193	58,0
c+d	132	39,6	141	42,3	132	39,8	141	42,3	132	39,9	141	42,6	131	39,3	140	42,0
Aksama	9	2,7			8	2,4			9	2,7			9	2,7		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	333	180,2	333	180,2	332	180,7	333	180,2	331	181,3	331	181,3	333	180,2	333	180,2

EK B.2. 50 kPa sistem vakumunda tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının vakum-nabız frekansları ölçüm sonuçları (200, 240, 260 ve 300 dk⁻¹)

Parametre	Hayuka-A				Hayuka-B				V 1.2				PT V			
	Kanal-1		Kanal-2		Kanal-3		Kanal-4		Kanal-1		Kanal-2		Kanal-1		Kanal-2	
	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%
Vakum, kPa	48,9		48,9		48,9		49,0		49,3		49,7		48,6		48,6	
a	46	15,2	43	14,3	45	15,0	44	14,6	44	14,7	43	14,3	43	14,3	44	14,6
b	134	44,4	129	43,0	134	44,7	128	42,5	136	45,3	129	43,0	138	45,8	131	43,4
c	29	9,6	27	9,0	28	9,3	28	9,3	30	10,0	31	10,3	27	9,0	27	8,9
d	93	30,8	101	33,7	93	31,0	101	33,6	90	30,0	97	32,3	93	30,9	100	33,1
a+b	180	59,6	172	57,3	179	59,7	172	57,1	180	60,0	172	57,3	181	60,1	175	57,9
c+d	122	40,4	128	42,7	121	40,3	129	42,9	120	40,0	128	42,7	120	39,9	127	42,1
Aksama	8	2,6			7	2,3			8	2,7			6	2,0		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	302	198,7	300	200,0	300	200,0	301	199,3	300	200,0	300	200,0	301	199,3	302	198,7
Vakum, kPa	48,8		48,8		48,8		49,1		48,7		49,2		48,0		47,9	
a	46	18,4	44	17,5	46	18,3	44	17,5	43	17,3	43	17,2	43	17,1	42	16,7
b	102	40,8	98	38,9	102	40,6	97	38,6	104	41,8	99	39,6	108	42,9	102	40,5
c	26	10,4	26	10,3	26	10,4	26	10,4	29	11,6	28	11,2	24	9,5	24	9,5
d	76	30,4	84	33,3	77	30,7	84	33,5	73	29,3	80	32,0	77	30,6	84	33,3
a+b	148	59,2	142	56,3	148	59,0	141	56,2	147	59,0	142	56,8	151	59,9	144	57,1
c+d	102	40,8	110	43,7	103	41,0	110	43,8	102	41,0	108	43,2	101	40,1	108	42,9
Aksama	6	2,4			7	2,8			5	2,0			7	2,8		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	250	240,0	252	238,1	251	239,0	251	239,0	249	241,0	250	240,0	252	238,1	252	238,1
Vakum, kPa	48,8		48,8		48,8		49,1		48,7		48,8		47,2		46,8	
a	46	19,9	45	19,6	46	20,0	45	19,5	43	18,8	41	18,1	41	17,8	39	16,9
b	86	37,2	84	36,5	87	37,8	84	36,4	91	39,7	87	38,3	98	42,6	94	40,7
c	28	12,1	25	10,9	27	11,7	25	10,8	29	12,7	26	11,5	21	9,1	21	9,1
d	71	30,7	76	33,0	70	30,4	77	33,3	66	28,8	73	32,2	70	30,4	77	33,3
a+b	132	57,1	129	56,1	133	57,8	129	55,8	134	58,5	128	56,4	139	60,4	133	57,6
c+d	99	42,9	101	43,9	97	42,2	102	44,2	95	41,5	99	43,6	91	39,6	98	42,4
Aksama	3	1,3			4	1,7			6	2,6			6	2,6		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	231	259,7	230	260,9	230	260,9	231	259,7	229	262,0	227	264,3	230	260,9	231	259,7
Vakum, kPa	48,8		48,8		48,8		49,1		48,5		48,7		45,2		44,5	
a	47	23,5	46	23,0	47	23,5	47	23,4	41	20,5	41	20,7	35	17,5	35	17,5
b	71	35,5	64	32,0	71	35,5	65	32,3	75	37,5	71	35,9	84	42,0	80	40,0
c	23	11,5	26	13,0	23	11,5	25	12,4	27	13,5	25	12,6	21	10,5	20	10,0
d	59	29,5	64	32,0	59	29,5	64	31,8	57	28,5	61	30,8	60	30,0	65	32,5
a+b	118	59,0	110	55,0	118	59,0	112	55,7	116	58,0	112	56,6	119	59,5	115	57,5
c+d	82	41,0	90	45,0	82	41,0	89	44,3	84	42,0	86	43,4	81	40,5	85	42,5
Aksama	8	4,0			6	3,0			4	2,0			4	2,0		
Nabız hızı, ms ve dk ⁻¹	200	300,0	200	300,0	200	300,0	201	298,5	200	300,0	198	303,0	200	300,0	200	300,0

EK C. 44 kPa sistem vakum basıncında tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının GLM faktöriyel varyans analizleri ve interaksiyon sonuçları

Çizelge C.1. Nabız odası maksimum vakum basıncı (V_{mak}) değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	43,99 a	43,59 c	43,36 e	43,14 f	42,93 ı	42,94 hı	42,66 k	42,53 l	42,06 m	43,00 b
2	43,81 b	43,71 b	43,49 d	43,32 e	43,07 fg	43,03 gh	42,78 j	42,60 kl	42,00 m	43,11 a
NS Set	43,90 a	43,65 b	43,42 c	43,23 d	43,00 e	42,99 e	42,72 f	42,56 g	42,03 h	
Ort.										

Çizelge C.2. Ölçülen nabız sayısı ($NS_{\text{ölç}}$) değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	59,54 j	89,48 ı	120,75 h	150,20 g	180,85 f	199,67 e	241,69 d	262,42 c	299,85 b	178,27 b
2	59,55 j	89,51 ı	120,83 h	150,22 g	180,89 f	199,67 e	241,78 d	262,60 c	300,50 a	178,39 a
NS Set	59,54 ı	89,50 h	120,79 g	150,21 f	180,87 e	199,67 d	241,74 c	262,51 b	300,17 a	
Ort.										

Çizelge C.3. Nabız oranı değerlerine ait (NO) kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	61,44 a	60,68 b	60,23 c	60,10 c	59,83 cd	59,41 de	58,57 g	58,55 g	57,79 h	59,63 a
2	59,41 e	59,10 ef	58,75 fg	58,36 g	57,75 h	57,51 h	56,93 ı	56,61 ij	56,51 j	57,88 b
NS Set Ort.	60,42 a	59,89 b	59,49 c	59,23 c	58,79 d	58,51 d	57,75 e	57,58 e	57,15 f	

Çizelge C.4. Artan vakum evresi (a) % değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	17,56	5,85	152,52**
Kanal no (B)	1	6,06	6,06	157,92**
NS set (C)	8	3073,19	384,15	10010,50**
A x B	3	0,91	0,30	7,90**
A x C	24	41,43	1,73	44,98**
B x C	8	2,56	0,32	8,33**
A x B x C	24	0,77	0,03	0,84öd
Hata	144	5,53	0,04	
Toplam	215	3148,00		

** %1 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Çizelge C.5. Artan vakum evresi (a) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	11,97 a	11,53 b	11,75 a
Hayuka-B	12,04 a	11,53 b	11,77 a
V 1.2	11,45 b	11,19 c	11,32 b
PTV	11,18 c	11,02 d	11,10 c
Kanal No ort.	11,65 a	11,31 b	

Çizelge C.6. Artan vakum evresi (a) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	5,87 p	7,28 o	8,66 n	10,01 m	11,34kl	12,32 ı	14,90 g	16,53 c	18,80 a	11,75 a
Hayuka-B	5,84 p	7,27 o	8,67 n	10,08 m	11,38 lı	12,31 ı	14,96 f-g	16,57 c	18,82 a	11,77 a
V 1.2	5,90 p	7,27 o	8,60 n	9,82 m	11,05 l	12,05 ij	14,40 h	15,57 d	17,32 b	11,32 b
PTV	5,78 p	7,18 o	8,58 n	9,92 m	11,35 k	11,93 j	14,43 h	15,20 e-f	15,38 de	11,10 c
NS Set Ort.	5,85 ı	7,25 h	8,63 g	9,96 f	11,28 e	12,15 d	14,67 c	15,97 b	17,58 a	

Çizelge C.7. Artan vakum evresi (a) % değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	5,90 n	7,30 m	8,71 l	9,99 k	11,48 i	12,36 g	14,94 e	16,26 c	17,91 a	11,65 a
2	5,80 n	7,20 m	8,55 l	9,92 k	11,09 j	11,95 h	14,41 f	15,67 d	17,25 b	11,31 b
NS Set Ort.	5,85 i	7,25 h	8,63 g	9,96 f	11,28 e	12,15 d	14,67 c	15,97 b	17,58 a	

Çizelge C.8. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	55,54 a	53,39 b	51,52 d	50,14 e	48,32 f	47,16 g	43,68 j	42,28 l	39,63 n	47,97 a
2	53,60 b	51,90 c	50,20 e	48,43 f	46,64 h	45,58 i	42,56 k	40,95m	39,09 o	46,55 b
NS Set Ort.	54,57 a	52,64 b	50,86 c	49,29 d	47,48 e	46,37 f	43,12 g	41,62 h	39,36 i	

Çizelge C.9. Azalan vakum evresi (c) % değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	47,80	15,93	151,63**
Kanal no (B)	1	1,50	1,50	14,26**
NS set (C)	8	804,75	100,59	957,39**
A x B	3	1,43	0,48	4,52**
A x C	24	13,79	4,58	5,47**
B x C	8	0,76	0,10	0,916d
A x B x C	24	3,20	0,13	1,276d
Hata	144	15,13	0,11	
Toplam	215	888,36		

** %1 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Çizelge C.10. Azalan vakum evresi (c) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	7,99 b	7,66 c	7,83 b
Hayuka-B	8,03 b	7,71 c	7,87 b
V 1.2	8,68 a	8,61 a	8,65 a
PTV	7,30 d	7,36 d	7,33 c
Kanal No ort.	8,00 a	7,83 b	

Çizelge C.11. Azalan vakum evresi (c) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	4,64 pq	5,58 o	6,41 mn	7,15 kl	7,90 ij	8,32 hi	9,35 f	9,92 de	11,19 b	7,83 b
Hayuka-B	4,64 pq	5,56 o	6,40 mn	7,22 kl	7,89 ij	8,34 hi	9,36 f	10,04 cd	11,37 ab	7,87 b
V 1.2	5,12 o	6,20 n	7,17 kl	7,92 ij	8,80 gh	9,27 fg	10,42 c	11,17 b	11,77 a	8,65 a
PTV	4,58 q	5,52 o	6,33 n	6,83 ln	7,60 jk	7,97 ij	8,53 h	9,12 fg	9,50 ef	7,33 c
NS Set Ort.	4,74 i	5,71 h	6,57 g	7,28 f	8,05 e	8,47 d	9,41 c	10,06 b	10,96 a	

Çizelge C.12. Azalan vakum evresi (c) % değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	4,79 k	5,82 j	6,68 i	7,33 h	8,13 fg	8,55 e	9,53 d	10,15 c	11,14 a	8,00 a
2	4,70 k	5,60 j	6,47 i	7,23 h	7,97 g	8,40 ef	9,30 d	9,98 c	10,77 b	7,83 b
NS Set Ort.	4,74 i	5,71 h	6,57 g	7,28 f	8,05 e	8,47 d	9,41 c	10,06 b	10,96 a	

Çizelge C.13. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	33,82 f	33,53 g	33,07 h	32,62 i	32,02 j	31,93 j	31,86 j	31,32 k	31,33 k	32,39 b
2	35,95 a	35,34 b	34,75 c	34,31 d	34,26 de	34,08 e	33,73 f	33,40 g	32,88 h	34,30 a
NS Set Ort.	34,88 a	34,44 b	33,91 c	33,47 d	33,14 e	33,00 f	32,80 g	32,36 h	32,11 i	

Çizelge C.14. Artan vakum evresi (a) ms değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	108,2	36,06	121,40**
Kanal no (B)	1	58,7	58,70	197,61**
NS set (C)	8	11837,8	1479,73	4981,62**
A x B	3	11,1	3,71	12,48**
A x C	24	169,4	7,06	23,76**
B x C	8	7,0	0,88	2,96**
A x B x C	24	7,1	0,30	1,00öd
Hata	144	42,8	0,30	
Toplam	215	12242,1		

** %1 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Çizelge C.15. Artan vakum evresi (a) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	42,71 a	41,32 b	42,02 a
Hayuka-B	42,82 a	41,31 b	42,06 a
V 1.2	41,15 b	40,26 d	40,70 b
PT V	40,74 c	40,37 cd	40,56 b
Kanal No ort.	41,86 b	40,81 a	

Çizelge C.16. Artan vakum evresi (a) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set								Cihaz Adı Ort.	
	60	90	120	150	180	200	240	260		300
Hayuka-A	59,15 a	48,72 b	43,03 c	39,95 d	37,67 f-h	37,08 g-i	37,02 hı	37,87 fg	37,67 f-h	42,02 a
Hayuka-B	59,00 a	48,72 b	43,00 c	40,27 d	37,93 f	37,02 hı	37,18 f-i	37,93 f-h	37,70 f-h	42,06 a
V 1.2	59,00 a	48,50 b	42,50 c	39,00 e	36,50 ij	35,67 k,l	35,50 k-m	35,33 lm	34,33 n	40,70 b
PTV	58,83 a	48,17 b	42,83 c	39,67 de	37,83 f-h	36,17 jk	35,83 j-l	34,83 mn	30,83 o	40,56 b
NS Set Ort.	59,00 a	48,51 b	42,84 c	39,72 d	37,46 e	36,49 f	36,48 f	36,38 f	35,13 g	

Çizelge C.17. Artan vakum evresi (a) ms değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set								Kanal Adı Ort.	
	60	90	120	150	180	200	240	260		300
1	59,50 a	48,87 c	43,25 e	39,85 g	38,12 h	37,08 ı	37,04 ı	37,17 ı	35,83 j	41,86 b
2	58,49 b	48,15 d	42,43 f	39,59 g	36,80 ı	35,88 j	35,73 j	35,82 j	34,43 k	40,81 a
NS Set Ort.	59,00 a	48,51 b	42,84 c	39,72 d	37,46 e	36,49 f	36,48 f	36,38 f	35,13 g	

Çizelge C.18. Maksimum vakum evresi (b) ms değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	308	194	374,08**
Kanal no (B)	1	2479	2479	4770,03**
NS set (C)	8	4481839	560230	1077845,04**
A x B	3	31	10	20,01**
A x C	24	326	14	26,14**
B x C	8	1444	180	347,27**
A x B x C	24	24	1	1,95**
Hata	144	75	1	
Toplam	215	4486802		

** %1 düzeyinde önemli.

Çizelge C.19. Maksimum vakum evresi (b) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	216,6 c	210,5 e	213,4 b
Hayuka-B	216,4 c	210,4 e	213,6 b
V 1.2	217,2 b	210,0 e	213,6 b
PT V	221,2 a	213,4 d	217,3 a
Kanal No ort.	217,9 a	211,08 b	

Çizelge C.20. Maksimum vakum evresi (b) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set								Cihaz Adı Ort.	
	60	90	120	150	180	200	240	260		300
Hayuka-A	550,3 b	352,7 e	252,3 h	196,2 j	157,2 l	138,7 n	106,1 p	93,4 s	74,1 v	213,4 b
Hayuka-B	550,2 b	352,9 e	252,2 h	195,8 j	151,0 l	138,7 n	105,9 p	93,0 s	74,7 v	213,6 b
V 1.2	548,2 c	351,3 f	251,7 h	195,7 j	159,0 k	138,7 n	106,5 p	94,8 r	78,8 u	213,6 b
PTV	552,2 a	354,3 d	254,3 g	200,0 i	159,0 k	141,3 m	109,5 o	99,2 q	86,0 t	217,3 a
NS Set Ort.	550,2 a	352,8 b	252,6 c	196,9 d	157,5 e	139,3 f	107,0 g	95,1 h	78,7 ı	

Çizelge C.21. Maksimum vakum evresi (b) ms değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	560,0 a	357,8 c	256,0 e	200,3 g	160,4 ı	141,7 k	108,4 m	96,7 o	79,3 q	217,86 a
2	540,4 b	347,8 d	249,3 f	193,5 h	154,7 j	136,9 l	105,6 n	93,5 p	78,1 r	211,08 b
NS Set Ort.	550,2 a	352,8 b	252,6 c	196,9 d	157,6 e	139,3 f	107,00 g	95,11 h	78,7 ı	

Çizelge C.22. Azalan vakum evresi (c) ms değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	517,1	172,37	273,71**
Kanal no (B)	1	21,4	21,41	33,99**
NS set (C)	8	13659,7	1707,46	2711,25**
A x B	3	10,6	3,52	5,59**
A x C	24	62,7	2,61	4,15**
B x C	8	12,3	1,54	2,45*
A x B x C	24	42,6	1,77	2,82**
Hata	144	90,7	0,63	
Toplam	215	14417,1		

** %1 düzeyinde önemli.

Çizelge C.23. Azalan vakum evresi (c) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	29,86 b	28,79 c	29,33 b
Hayuka-B	29,95 b	28,91 c	29,43 b
V 1.2	32,44 a	32,07 a	32,26 a
PT V	28,04 d	28,00 d	28,02 c
Kanal No ort.	30,07 a	29,44 b	

Çizelge C.24. Azalan vakum evresi (c) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	46,37 b	37,35 d	31,90 f	28,65 gh	26,18 jk	25,07 kl	23,27m,n	22,73 n	22,43 n	29,33 b
Hayuka-B	46,40 b	37,23 d	31,87 f	28,95 g	26,17 jk	25,12 kl	23,32 mn	23,02 mn	22,78 n	29,43 b
V 1.2	51,17 a	41,33 c	35,33 e	31,50 f	29,00 g	27,67 hu	25,67 k	25,33 k	23,33 mn	32,26 a
PTV	45,83 b	36,83 d	31,67 f	27,33 ij	25,33 k	24,00 lm	21,33 op	20,83 p	19,00 q	28,02 c
NS Set Ort.	47,44 a	38,19 b	32,69 c	29,11 d	26,67 e	25,46 f	23,40 g	22,98 g	21,89 h	

Çizelge C.25. Azalan vakum evresi (c) ms değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	47,88 a	38,98 c	33,23 e	28,91 g	26,95 h	25,68 ij	23,69 k	23,16 kl	22,27 mn	30,07 a
2	47,00 b	37,48 d	32,16 f	29,31 g	26,39 hu	25,24 j	23,10 k-m	22,80 lm	21,51 n	29,44 b
NS Set Ort.	47,44 a	38,19 b	32,69 c	29,11 d	26,67 e	25,46 f	23,40 g	22,98 g	21,89 h	

Çizelge C.26. Minimum vakum evresi (d) ms değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	493	164	694,12**
Kanal no (B)	1	3708	3708	15666,00**
NS set (C)	8	1672469	209059	883346,19**
A x B	3	3	1	4,45**
A x C	24	19	1	3,31**
B x C	8	1480	185	781,77**
A x B x C	24	25	1	4,45**
Hata	144	34	0	
Toplam	215	1678231		

** %1 düzeyinde önemli.

Çizelge C.27. Minimum vakum evresi (d) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	142,69 d	151,25 a	146,97 a
Hayuka-B	142,74 d	151,21 a	146,98 a
V 1.2	139,37 e	147,33 c	143,35 c
PT V	142,41 d	150,56 b	146,48 b
Kanal No ort.	141,80 b	150,09 a	

Çizelge C.28. Minimum vakum evresi (d) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	352,63 a	231,60 c	169,70 ef	135,13 h	110,93 k	100,10 m	82,30 o	75,15 q	65,15 t	146,97 a
Hayuka-B	352,77 a	231,75 c	169,82 e	134,77 h	111,07 k	100,10 m	82,28 o	75,12 q	65,12 t	146,98 a
V 1.2	348,67 b	227,83 d	165,50 g	131,50 ı	107,50 l	96,83 n	78,83 p	71,50 s	62,00 u	143,35 c
PTV	352,67 a	232,00 c	169,00 f	133,33 ı	110,93 k	99,67 m	82,33 o	74,17 r	64,50 t	146,48 b
NS Set Ort.	351,68 a	230,80 b	168,50 c	133,68 d	110,04 e	99,18 f	81,44 g	73,98 h	64,19 ı	

Çizelge C.29. Minimum vakum evresi (d) ms değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	340,98 b	224,83 d	164,33 f	130,33 h	106,32 j	95,98 l	79,11 n	71,64 p	62,70 r	141,80 b
2	362,39 a	236,76 c	172,68 e	137,03 g	113,77 ı	102,38 k	83,77 m	76,33 o	65,68 q	150,09 a
NS Set Ort.	351,68 a	230,80 b	168,50 c	133,68 d	110,04 e	99,18 f	81,44 g	73,98 h	64,19 ı	

Çizelge C.30. Nabız hareket çevrim toplamı (nabız sayısının ms olarak toplamı) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	148	49	59,58**
Kanal no (B)	1	1	1	1,47öd
NS set (C)	8	13226415	1653302	1999625,94**
A x B	3	2	1	0,81öd
A x C	24	126	5	6,37**
B x C	8	1	0	0,13öd
A x B x C	24	3	0	0,17öd
Hata	144	119	1	
Toplam	215	13226815		

** %1 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Çizelge C.31. Nabız hareket çevrim toplamı (nabız sayısının ms olarak toplamı) değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	431,89 a	431,89 a	431,89 a
Hayuka-B	431,91 a	431,87 a	431,89 a
V 1.2	430,19 b	429,70 b	429,94 b
PT V	431,82 a	431,74 a	431,78 a
Kanal No ort.	431,45 öd	431,30 öd	

Çizelge C.32. Nabız hareket çevrim toplamı (nabız sayısının ms olarak toplamı) değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	1008,5 a	670,5 c	497,0 e	399,8 g	332,0 ı	301,0 k	248,7 m	229,2 p	200,3 r	431,89 a
Hayuka-B	1008,4 ab	670,6 c	496,9 e	400,0 g	332,1 ı	300,9 k	248,7 m	229,1 p	200,4 r	431,89 a
V 1.2	1007,0 b	669,0 d	495,0 f	397,7 h	330,0 j	298,8 l	246,5 n	227,0 q	198,5 s	429,94 b
PTV	1009,50 a	671,33 c	497,83 e	400,33 g	332,83 ı	301,17 k	243,67 m	229,00 p	200,33 r	431,78 a
NS Set Ort.	1000,3 a	670,4 b	496,7 c	399,5 d	331,7 e	300,5 f	246,9 g	228,6 h	199,9 ı	

Çizelge C.33. Nabız hareket çevrim toplamı (nabız sayısının ms olarak toplamı) değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	1008,4 a	670,5 b	496,8 c	399,5 d	331,8 e	300,5 f	246,9 g	228,6 h	200,1 ı	431,45
2	1008,3 a	670,2 b	496,6 c	399,4 d	331,7 e	300,5 f	246,9 g	228,5 h	199,7 ı	431,30
NS Set Ort.	1000,3 a	670,4 b	496,7 c	399,5 d	331,7 e	300,5 f	246,9 g	228,6 h	199,9 ı	

EK D. 50 kPa sistem vakum basıncında tasarım cihazı ve karşılaştırma cihazlarının GLM faktöriyel varyans analizleri ve interaksiyon sonuçları

Çizelge D.1. Nabız odası maksimum vakum basıncı (V_{mak}) değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	49,83 b	49,62 d	49,39 f	49,18 g	48,95 ı	48,93 ı	48,61 k	48,41 l	47,84 m	48,97 b
2	49,93 a	49,70 c	49,47 e	49,23 g	49,07 h	49,04 h	48,74 j	48,38 j	47,79 m	49,04 a
NS Set Ort.	49,88 a	49,66 b	49,43 c	49,21 d	49,01 e	48,99 e	48,67 f	48,39 g	47,82 h	

Çizelge D.2. Ölçülen nabız sayısı ($NS_{\text{ölç}}$) değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	59,72 ı	89,64 h	120,61 g	150,08 f	180,60 e	199,56 d	239,74 c	261,41 b	299,68 a	177,89 a
2	59,71 ı	89,64 h	120,55 g	150,09 f	180,60 e	199,52 d	239,62 c	261,69 b	299,59 a	177,89 a
NS Set Ort.	59,71 ı	89,64 h	120,58 g	150,09 f	180,60 e	199,54 d	239,68 c	261,55 b	299,63 a	

Çizelge D.3. Nabız oranı değerlerine ait (NO) kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	62,08	61,28	60,97	60,53	60,28	59,90	59,13	58,96	58,52	60,18 a
2	59,15	58,82	58,45	58,02	57,59	57,41	56,73	56,27	56,27	57,63 b
NS Set Ort.	60,62	60,05	57,71	59,27	58,94	58,65	57,93	57,62	57,39	

Çizelge D.4. Artan vakum evresi (a) % değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	338,24	112,75	71,73**
Kanal no (B)	1	1,82	1,82	1,166d
NS set (C)	8	4726,00	590,75	375,82**
A x B	3	1,91	0,64	0,406d
A x C	24	262,01	10,92	6,95**
B x C	8	12,15	1,52	0,976d
A x B x C	24	38,19	1,59	1,016d
Hata	144	226,35	1,57	
Toplam	215	5606,67		

** %1 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Çizelge D.5. Artan vakum evresi (a) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	14,26 a	14,37 a	14,31 a
Hayuka-B	14,21 a	13,79 ab	14,00 ab
V 1.2	13,49 ab	13,26 b	13,37 b
PTV	11,21 c	11,02 c	11,11 c
Kanal No ort.	13,29 a	13,11 a	

Çizelge D.6. Artan vakum evresi (a) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	6,69op	8,33m-o	9,98lm	11,57kl	13,48h-j	14,79g-ı	17,89e	19,90cd	26,21a	14,31 a
Hayuka-B	6,69op	8,32m-o	9,94lm	11,57kl	13,49h-j	14,76g-ı	17,92e	19,98cd	23,36b	14,00 ab
V 1.2	6,67op	8,37m-o	9,95lm	11,43kl	13,20ı-k	14,52g-ı	17,12ef	18,50de	20,65c	13,37 b
PTV	5,93p	7,18n-p	8,58mn	9,92lm	11,35kl	12,05jk	14,43g-ı	15,20gh	15,38fg	11,11 c
NS Set Ort.	6,49ı	8,05h	9,61g	11,12f	12,88e	14,03d	16,84c	18,39b	21,40a	

Çizelge D.7. Artan vakum evresi (a) % değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	6,58k	8,10j	9,71hi	11,28g	13,08ef	14,28e	17,06cd	17,71b	20,86a	13,29 a
2	6,41k	8,00j	9,52i	10,97gh	12,67f	13,78ef	16,62d	18,08bc	21,94a	13,11 a
NS Set Ort.	6,49i	8,05h	9,61g	11,12f	12,88e	14,03d	16,84c	18,39b	21,40a	

Çizelge D.8. Maksimum vakum evresi (b) % değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	55,44a	53,07ab	51,06a-c	49,36b-d	47,08c-e	45,57de	41,95e-g	40,19fg	37,66g	46,82 a
2	52,80ab	50,87a-c	48,98b-d	47,12c-e	44,92d-f	43,65ef	40,15g	38,35g	42,04e-g	45,43 a
NS Set Ort.	54,12a	51,97ab	50,02b	48,24bc	46,00c	44,61cd	41,05de	39,27e	39,85e	

Çizelge D.9. Azalan vakum evresi (c) % değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	127,71	42,57	49,43**
Kanal no (B)	1	0,03	0,03	0,046d
NS set (C)	8	1058,53	132,32	153,63**
A x B	3	1,16	0,39	0,456d
A x C	24	51,28	2,14	2,48**
B x C	8	6,82	0,85	0,996d
A x B x C	24	20,69	0,86	1,006d
Hata	144	124,02	0,86	
Toplam	215	1390,24		

** %1 düzeyinde önemli; 6d: önemli değil.

Çizelge D.10. Azalan vakum evresi (c) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	8,98 ab	8,74 b	8,86 b
Hayuka-B	8,73 b	8,56 b	8,64 b
V 1.2	9,45 a	9,42 a	9,43 a
PTV	7,31 c	7,36 c	7,33 c
Kanal No ort.	8,55 a	8,58 a	

Çizelge D.11. Azalan vakum evresi (c) % değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	4,99op	6,04m-o	6,99k-m	7,80i-k	8,72g-j	9,30e-h	10,45de	11,21cd	14,24a	8,86 b
Hayuka-B	4,99op	6,07m-o	7,00k-m	7,74i-k	8,73g-j	9,34e-h	10,44de	11,33cd	12,16bc	8,64 b
V 1.2	5,45n-p	6,58k-n	7,75i-k	8,82f-j	9,60e-g	10,18d-f	11,47cd	12,05bc	13,03ab	9,43 a
PTV	4,62p	5,52n-p	6,33i-o	6,83k-n	7,60j-l	7,97h-k	8,53g-j	9,12e-i	9,50e-g	7,33 c
NS Set Ort.	5,01h	6,05g	7,02f	7,80e	8,66d	9,20d	10,22c	10,93b	12,23a	

Çizelge D.12. Azalan vakum evresi (c) % değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	5,04jk	6,13hi	7,09gh	7,70fg	8,68ef	9,24de	10,36c	11,01bc	11,75ab	8,55 a
2	4,98k	5,98ij	6,95g-i	7,89fg	8,64ef	9,15de	10,08cd	10,84bc	12,72a	8,58 a
NS Set Ort.	5,01h	6,05g	7,02f	7,80e	8,66d	9,20d	10,22c	10,93b	12,23a	

Çizelge D.13. Minimum vakum evresi (d) % değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	32,98a-f	32,71a-f	32,12b-f	31,66c-f	31,12d-f	30,93d-f	30,64d-f	30,12ef	29,74f	31,33 b
2	35,84ab	35,16a-c	34,53a-d	33,72a-e	33,72a-e	33,42a-f	33,14a-f	32,72a-f	36,47a	34,33 a
NS Set Ort.	34,41a	33,93ab	33,32ab	32,83ab	32,42ab	32,18ab	31,89ab	31,42b	33,10ab	

Çizelge D.14. Artan vakum evresi (a) ms değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	2691,50	897,17	205,79**
Kanal no (B)	1	109,40	109,38	25,09**
NS set (C)	8	12413,10	1551,63	355,91**
A x B	3	43,20	14,39	3,30*
A x C	24	441,30	18,39	4,22**
B x C	8	38,70	4,83	1,11öd
A x B x C	24	102,40	4,27	0,98öd
Hata	144	627,80	4,36	
Toplam	215	16467,20		

** %1 düzeyinde önemli; * %5 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Çizelge D.15. Artan vakum evresi (a) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	50,34 a	47,46 c	48,90 a
Hayuka-B	50,21 ab	48,76 bc	49,48 a
V 1.2	48,19 c	47,78 c	47,83 b
PT V	41,04 d	40,37 d	40,70 c
Kanal No ort.	47,44 a	46,02 b	

Çizelge D.16. Artan vakum evresi (a) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set								Cihaz Adı Ort.	
	60	90	120	150	180	200	240	260		300
Hayuka-A	66,88a	55,70c	49,77d	46,25f-ı	44,78h-k	39,46no	45,00h-k	45,80g-j	46,46e-ı	48,90 a
Hayuka-B	66,90a	55,60c	49,55de	46,25f-ı	44,82h-k	44,37h-k	45,08g-k	46,00g-ı	46,82d-h	49,48 a
V 1.2	66,67a	55,83c	49,33d-f	45,50g-j	43,67i-l	43,50i-l	42,67j-m	42,17k-n	41,17l-n	47,83 b
PTV	60,17b	48,17d-g	42,83j-l	39,67m-o	37,83op	36,17p	35,83p	34,83p	30,83q	40,70 c
NS Set Ort.	65,15a	53,83b	47,87c	44,42d	42,78e	40,87f	42,15ef	42,20ef	41,32ef	

Çizelge D.17. Artan vakum evresi (a) ms değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set								Kanal Adı Ort.	
	60	90	120	150	180	200	240	260		300
1	65,93a	54,15b	48,33c	45,03d	43,46d-f	42,72e-g	42,68e-g	42,93d-g	41,77e-g	47,44 a
2	64,38a	53,50b	47,41c	43,81de	42,09e-g	39,03h	41,62e-g	41,47fg	40,87gh	46,02 b
NS Set Ort.	65,15a	53,83b	47,87c	44,42d	42,78e	40,87f	42,15ef	42,20ef	41,32ef	

Çizelge D.18. Maksimum vakum evresi (b) ms değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	4349,00	1450,00	30,15**
Kanal no (B)	1	5143,00	5143,00	106,95**
NS set (C)	8	4463848,00	557981,00	11604,41**
A x B	3	79,00	26,00	0,55öd
A x C	24	1453,00	61,00	1,26öd
B x C	8	2948,00	369,00	7,66**
A x B x C	24	1186,00	49,00	1,03öd
Hata	144	6924,00	48,00	
Toplam	215	4485930,00		

** %1 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Çizelge D.19. Maksimum vakum evresi (b) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	211,73 b	201,03 c	206,38 b
Hayuka-B	211,88 b	201,84 c	206,86 b
V 1.2	212,89 b	202,30 c	207,59 b
PT V	221,11 a	231,41 b	217,26 a
Kanal No ort.	214,40 a	204,64 b	

Çizelge D.20. Maksimum vakum evresi (b) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set								Cihaz Adı Ort.	
	60	90	120	150	180	200	240	260		300
Hayuka-A	542,3 ab	346,2 c	247,2 d	190,7 e	151,1 fg	116,6 ı	100,1 j	86,2 lm	77,0 mn	206,4 b
Hayuka-B	542,0ab	346,1 c	247,2 d	190,9 e	151,0 fg	131,5 h	99,9 j	85,7 lm	67,6 n	206,9 b
V 1.2	541,0b	344,7 c	246,7 d	190,0 e	150,3 fg	132,0 h	101,5 j	89,2 kl	73,0 n	207,6 b
PTV	551,7 a	354,3 c	254,3 d	200,0 e	159,0 f	141,3 gh	109,5 ij	99,2 jk	86,0 lm	217,3 a
NS Set Ort.	554,2 a	347,8 b	248,8 c	192,9 d	152,9 e	130,0 f	102,8 g	90,1 h	75,9 ı	

Çizelge D.21. Maksimum vakum evresi (b) ms değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	557,45a	355,18c	253,99e	197,42g	156,43ı	136,58j	104,97l	92,21m	75,39n	214,40 a
2	531,01b	340,49d	243,71f	188,38h	149,29ı	124,10k	100,54l	87,90m	76,38n	204,64 b
NS Set Ort.	554,23a	347,84b	248,85c	192,90d	152,86e	130,34f	102,75g	90,05h	75,89ı	

Çizelge D.22. Azalan vakum evresi (c) ms değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	1380,30	460,10	210,55**
Kanal no (B)	1	12,20	12,20	5,58*
NS set (C)	8	14572,10	1821,51	833,58**
A x B	3	12,60	4,21	1,93öd
A x C	24	91,90	3,83	1,75öd
B x C	8	24,00	3,00	1,37öd
A x B x C	24	93,70	3,90	1,79*
Hata	144	314,70	2,19	
Toplam	215	16501,40		

** %1 düzeyinde önemli; * %5 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Çizelge D.23. Azalan vakum evresi (c) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	32,52 b	31,26 c	31,89 b
Hayuka-B	32,50 b	32,00 bc	32,25 b
V 1.2	35,18 a	35,15 a	35,16 a
PT V	28,11 d	28,00 d	28,05 c
Kanal No ort.	32,07 a	31,60 a	

Çizelge D.24. Azalan vakum evresi (c) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	49,90b	40,43d	34,88f	31,23gh	29,02h-j	24,71mn	26,23k-m	25,80l-n	24,80mn	31,89 b
Hayuka-B	49,88b	40,67d	34,92f	31,00gh	29,03h-j	28,07jk	26,20k-n	26,08k-n	24,42mn	32,25 b
V 1.2	54,50a	44,00c	38,50de	35,17f	31,67g	30,50g-ı	28,67ij	27,50j-l	26,00k-n	35,16 a
PTV	46,17c	36,83ef	31,67g	27,33j-l	25,33l-n	24,00n	21,33o	20,83op	19,00p	28,05 c
NS Set Ort.	50,11a	40,48b	34,99c	31,18d	28,76e	26,82f	25,61g	25,05g	23,55h	

Çizelge D.25. Azalan vakum evresi (c) ms değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	50,41a	40,97b	35,33c	30,77d	28,84 e	27,68e	25,96f	25,24f	23,52g	32,07 a
2	49,82a	40,00b	34,65c	31,60d	28,68e	25,97f	25,26f	24,87fg	23,59g	31,60 a
NS Set Ort.	50,11a	40,48b	34,99c	31,18d	28,76e	26,82f	25,61g	25,05g	23,55h	

Çizelge D.26. Minimum vakum evresi (d) ms değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	1190,00	397,00	16,22**
Kanal no (B)	1	5992,00	5992,00	244,92**
NS set (C)	8	1632082,00	204010,00	8338,39**
A x B	3	98,00	33,00	1,33öd
A x C	24	564,00	23,00	0,96
B x C	8	3091,00	386,00	15,79**
A x B x C	24	763,00	32,00	1,30öd
Hata	144	3523,00	24,00	
Toplam	215	1647304,00		

** %1 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Çizelge D.27. Minimum vakum evresi (d) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	137,38 d	147,70 ab	142,54 b
Hayuka-B	137,26 d	149,38 a	143,32 b
V 1.2	134,11 d	145,33 bc	139,72 c
PT V	142,07 c	150,56 a	146,31 a
Kanal No ort.	137,70 b	148,24 a	

Çizelge D.28. Minimum vakum evresi (d) ms değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	345,53ab	226,90cd	165,98e	131,93f	107,85g	86,95jk	80,08k-m	72,40no	65,22o-q	142,54 b
Hayuka-B	345,67ab	226,82cd	166,12e	131,98f	107,83g	96,98ı	80,28k-m	72,48no	61,70q	143,32 b
V 1.2	341,33b	222,83d	162,17e	127,67f	104,83gh	93,50ij	76,67l-n	69,33n-p	59,17q	139,72 c
PTV	351,17a	232,00c	169,00e	133,33f	110,67g	99,67hı	82,33kl	74,17mn	64,50pq	146,31 a
NS Set Ort.	345,93a	227,14b	165,82c	131,23d	107,80e	94,28f	79,84g	72,10h	62,65ı	

Çizelge D.29. Minimum vakum evresi (d) ms değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	331,58b	218,99d	159,75f	126,53h	103,46j	93,69k	76,68m	69,13n	59,54o	137,70 b
2	360,27a	235,28c	171,88e	135,93g	112,13ı	94,86k	83,01l	75,06m	65,75n	148,24 a
NS Set Ort.	345,93a	227,14b	165,82c	131,23d	107,80e	94,28f	79,84g	72,10h	62,65ı	

Çizelge D.30. Nabız hareket çevrim toplamı (nabız sayısının ms olarak toplamı) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Cihaz adı (A)	3	729,00	243,00	3,17*
Kanal no (B)	1	0,00	0,00	0,00öd
NS set (C)	8	13029630,00	1628704,00	21220,59**
A x B	3	0,00	0,00	0,00öd
A x C	24	4070,00	170,00	2,21**
B x C	8	1,00	0,00	0,00öd
A x B x C	24	5,00	0,00	0,00öd
Hata	144	11052,00	77,00	
Toplam	215	13045488,00		

** %1 düzeyinde önemli; * %5 düzeyinde önemli; öd: önemli değil.

Çizelge D.31. Nabız hareket çevrim toplamı (nabız sayısının ms olarak toplamı) değerlerine ait cihaz adı (A) ve kanal numarası (B) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	Kanal Adı		Cihaz Adı Ort.
	1	2	
Hayuka-A	435,34 a	435,29 a	435,31 a
Hayuka-B	431,99 a	431,85 a	431,92 ab
V 1.2	430,37 a	430,26 a	430,32 b
PT V	431,74 a	431,70 a	431,72 ab
Kanal No ort.	432,32 a	432,32 a	

Çizelge D.32. Nabız hareket çevrim toplamı (nabız sayısının ms olarak toplamı) değerlerine ait cihaz adı (A) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Cihaz Adı	NS Set									Cihaz Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
Hayuka-A	1004,7a	669,3b	498,0c	400,1d	332,9e	300,9f	251,3gh	260,2g	200,5j	435,3 a
Hayuka-B	1004,4a	669,2b	497,7c	400,1d	332,7e	300,9f	251,5gh	230,2ı	200,5j	431,9 ab
V 1.2	1003,5a	667,3b	496,7c	398,3d	330,5e	299,5f	249,5gh	228,2ı	199,3j	430,3 b
PTV	1008,8a	671,3b	497,8c	400,3d	332,8e	301,2f	243,7h	229,0ı	200,5j	431,7 ab
NS Set Ort.	1005,4a	669,3b	497,6c	399,7d	332,2e	300,6f	249,0g	236,9h	200,2ı	

Çizelge D.33. Nabız hareket çevrim toplamı (nabız sayısının ms olarak toplamı) değerlerine ait kanal numarası (B) ve nabız sayısı (C) interaksiyon sonuçları

Kanal Adı	NS Set									Kanal Adı Ort.
	60	90	120	150	180	200	240	260	300	
1	1005,4a	669,3b	497,5c	399,8d	332,2e	300,6f	248,9g	237,0h	200,2ı	432,3 a
2	1005,3a	669,3b	497,7c	399,7d	332,3e	300,6f	249,0g	236,8h	200,2ı	432,3 a
NS Set Ort.	1005,4a	669,3b	497,6c	399,7d	332,2e	300,6f	249,0g	236,9h	200,2ı	

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yunus YARAR

Doğum Yeri ve Tarihi : İspir, 02.08.1984

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Yıldırım İmam Hatip Lisesi, Bursa – 2001

Ön Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, Uluborlu Meslek Yüksek Okulu, Elektronik Programı, Isparta – 2002

Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bursa – 2013

Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa – 2020

Çalıştığı Kurum(lar)

- Emko Elektronik, Elektronik Tasarım Mühendisi, (2013 - 2015) Bursa.
- ROGEL CNC Otomasyon, Elektronik AR-GE Mühendisi, (2015 - 2016) Bursa.
- Kibar Holding, A.Ş.Bakım Mühendisi, (2016 - 2017) Kocaeli.
- Marelli Mako A.Ş., Elektronik Ar-Ge Mühendisi, (2017 -) Bursa.

İletişim (e-posta) : yunusyrar@gmail.com

Yayınları :