



**T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TÜRK MÜZİĞİ ANABİLİM DALI
TÜRK MÜZİĞİ BİLİM DALI**

**RAST MAKÂMI PERDE FREKANSLARININ SU
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

**Murat SAĞRICI
ORCID-ID: 0009-0004-7962-8649**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN:
Prof. Dr. Mehmet GÖNÜL**

KONYA-2026



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü



TEZ KABUL FORMU

Öğrencinin	Adı Soyadı	Murat SAĞRICI
	Numarası	23813101027
	Ana Bilim / Bilim Dalı	Türk Müziği
	Programı	Yüksek Lisans
	Tez Danışmanı	Prof.Dr. Mehmet GÖNÜL
	Tezin Adı	Rast Makâmı Perde Frekanslarının Su Üzerindeki Etkileri

Yukarıda adı geçen öğrenci tarafından hazırlanan başlıklı bu çalışma .../.../.... tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sıra No	Danışman ve Üyeler		
	Unvanı	Adı ve Soyadı	İmza
1			
2			
3			



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü



Öğrencinin	Adı Soyadı	Murat SAĞRICI		
	Numarası	23813101027		
	Ana Bilim / Bilim Dalı	Türk Müziği		
	Programı	Tezli Yüksek Lisans		
		Doktora		
	Tezin Adı	Rast Makâmı Perde Frekanslarının Su Üzerindeki Etkileri		

BİLİMSEL ETİK SAYFASI

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını bildiririm.

Murat SAĞRICI

İmzası



ÖZET

Öğrencinin	Adı Soyadı	Murat SAĞRICI		
	Numarası	23813101027		
	Ana Bilim / Bilim Dalı	Türk Müziği		
	Programı	Tezli Yüksek Lisans	X	
		Doktora		
	Tez Danışmanı	Prof.Dr. Mehmet GÖNÜL		
	Tezin Adı	Rast Makâmı Perde Frekanslarının Su Üzerindeki Etkileri		

Bu çalışma, temassız bir ortamda akustik levitasyon yöntemiyle havada sabit tutulan su damlalarına uygulanan ses frekanslarının, özellikle Türk müziği makâm sistemine ait Rast makâmı perde frekanslarının, suyun yüzeyinde oluşturduğu geometrik desenler üzerindeki fiziksel etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmada, suyun herhangi bir yüzeyle temas etmeden yalnızca frekans uyarımı altında sergilediği davranışları gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda 40 kHz taşıyıcı ultrasonik dalgalarla oluşturulan kararlı bir akustik alan içerisinde su damlaları havada asılı tutarak farklı perde frekanslarına maruz bırakılması sağlanmıştır.

Çalışmada belirli frekansların su yüzeyinde daha düzenli titreşimli desenler oluşturması gözlemlenmiş, ayrıca 440 Hz'in su üzerindeki etkileri, yakın frekanslarla farkları ortaya konarak deneysel gözlemlerle incelenmiş, mukayeseler yapılmıştır. Bu yönüyle bu çalışma, Türk müziği makâm sisteminin fiziksel ve titreşimsel temelleriyle ilgili veriler sunmaktadır. Çalışmanın sonucunda, temassız akustik levitasyon ortamında su damlacıklarına uygulanan müzikal frekansların, özellikle Türk müziği makâm sistemine ait perde frekanslarının, suyun fiziksel davranışları ve geometrik düzenli desen oluşumları üzerinde ölçülebilir etkiler meydana getirdiğini kanıtlarıyla ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Türk Müziği, Makâm, Rast Makâmı, Simatik, Kimatik, Akustik Levitasyon, Ses, Frekans, Nota, Perde, Su, Su Fiziği.



ABSTRACT

Author' s	Name and Surname	Murat SAĞRICI		
	Student Number	23813101027		
	Department	Turkish Music		
	Study Programme	Master's Degree (M.A.)	X	
		Doctoral Degree (Ph.D.)		
	Supervisor	Prof.Dr. Mehmet GÖNÜL		
	Title of the Thesis/Dissertation	The Physical Effects of Pitch Frequencies of the Rast Maqam on Water		

This study aims to investigate the physical effects of sound frequencies applied to water droplets stably suspended in air through the method of acoustic levitation in a contactless environment, with particular emphasis on the pitch frequencies of the Rast maqam within the Turkish music modal system, and the geometric patterns formed on the surface of the water. In the research, the behaviors exhibited by water solely under frequency excitation, without any contact with a solid surface, are observed. To this end, water droplets are levitated within a stable acoustic field generated by 40 kHz carrier ultrasonic waves and are exposed to various pitch frequencies. It is hypothesized that certain frequencies induce more regular vibrational and geometric surface patterns on the water droplets. Furthermore, the comparative evaluation of the 432Hz and 440Hz reference tunings is intended to be correlated with historical, theoretical, and experimental observations. In this respect, the study provides empirical data concerning the physical and vibrational foundations of the Turkish music modal system. Ultimately, the findings demonstrate that musical frequencies applied to water droplets in a contactless acoustic levitation environment particularly pitch frequencies derived from the Turkish maqam system produce measurable effects on the physical behavior of water and the formation of geometric surface patterns, thereby offering an interdisciplinary perspective that bridges musicology, acoustics, and the physics of water.

Key Words: Turkish Art Music, Maqam (Modal System), Rast Maqam, Cymatics, Kymatics, Acoustic Levitation, Sound, Frequency, Musical Note, Pitch, Water, Water Physics

TEŞEKKÜR

Türk müziği hakkında değerli bilgi ve tecrübelerini aktaran, deney süreç ve ekipman kurulum ve tasarımlarına yönlendirici katkıda bulunan Sayın Prof. Dr. Mehmet GÖNÜL hocama, Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Türk Müziği Anabilim Dalı'nın akademisyenlerine, deneyin yazılım kısmındaki yardımlarından dolayı Northeastern Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden Prof. Mohammad E. TASLİM ve Los Alamos Laboratuvarı'nda çalışan Dr. Zilong FANG'a, deneyin elektronik düzeneğinin Türkiye'ye getirilmesinde yardımcı olan Ezgi MÜHÜRÇÜ'ye geliştirilmesindeki fikirleri için Uğur ALTINTIRMIK, Nejdi ŞİMŞEK ve Yusuf ADIBELLİ' ye, deneyin kamera kayıt aşamasının ilerlemesinde yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen Murat GÖRGÜLÜ ve Celal KAYA' ya, bu süreçte desteklerini her zaman hissettiğim çocuklarım Cansın ve Lena SAĞRICI ile sevgili eşim Sema SAĞRICI' ya, aileme ve üzerimde emeği bulunan herkese teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Titreşim	7
1.2. Frekans	8
1.3. Perde	9
1.4. La (A ₄) = 440Hz'nin Tartışmalı Tarihi	16
1.5. Suyun Önemi	17
1.6. Araştırmanın Konusu	21
1.7. Araştırmanın Problemi	21
1.7.1 Araştırmanın Alt Problemleri	21
1.8. Araştırmanın Amacı	22
1.9. Araştırmanın Önemi	22
1.10. Araştırmanın Sınırlılıkları	22
1.11. İlgili Araştırmalar	24
1.12. Tanımlar	27
2. YÖNTEM	29
2.1. Araştırma Yöntemi	29
2.2. Araştırmanın Deseni	29
2.3. Veri Toplama Araçları	29
2.3.1. Deney Düzenekği	30
2.3.2. TinyLev Düzenekğinin Taşıyıcı İskeleti	35
2.3.3. Arduinio Nano	36
2.3.4. L298N Çift Motor Sürücü Kartı	37
2.3.5. SK35L DC 0.6-30V	38
2.3.6. XY- PWM1 Frekans Ayarlayıcısı	39
2.3.7. Şırınga Kızağı	40
2.3.8. Ses Yalıtımlı Kasa	41
2.3.9. USB Dijital Mikroskop	42
2.3.9.1. USB Mikroskop 3D Ayarlanabilir Ayaklık	43
2.3.9.2. Program	44
2.3.9.3. Wacom Tablet DTH 1300	44
2.4. Veri Analizi	45

3. BULGULAR ve YORUMLAR	46
3.1. Rast Makâmının Perde Sistemi ve Seyri.....	46
3.2. Rast Makâmının Perde Frekansları	47
3.3. Rast Makâmının Perdelerinin Su Üzerindeki Etkileri	48
3.3.1. Rast (Sol) Perdesi	48
3.3.2. Dugâh (La) Perdesi	50
3.3.3. Buselik (Si) Perdesi	54
3.3.4. Çargâh (Do) Perdesi	56
3.3.5. Neva (Re) Perdesi	58
3.3.6. Hüseyini (Mi) Perdesi	60
3.3.7. Acem (Fa) Perdesi	62
3.3.8. Eviç (Fa#) Perdesi.....	64
3.3.9. Gerdaniye (Sol) Perdesi	66
3.4. Müzik Enstrümanlarının Akor Sisteminde kullanılan 440Hz, Rast Makamı Perde ve Ses Sistemiyle Uyumu	68
3.4.1. Rast Makâmını Oluşturan Perde Frekanslarının, Batı Müziğinde Karşılık Gelen Nota Frekanslarının Oluşturduğu Geometrik Desenler.....	68
3.4.1.1 Re Notası	68
3.4.1.2. Mi Notası.....	70
3.4.1.3. Fa Notası	72
3.4.1.4. Sol Notası	76
3.4.1.5. La Notası	78
3.4.1.6. Si Notası	83
3.4.1.7. Do Notası	85
3.4.1.8. Do# Notası	87
3.4.1.9. Re Notası	89
3.4.2. Havada Asılı Duran Bir Su Damlasına 432Hz ve 440Hz Frekansları Uygulandığında Oluşturduğu Geometrik Desenler Nelerdir ve Ayırt Edici Fiziksel Farklar 93	
3.4.2.1. 432Hz Frekansı	93
3.4.2.2. 440Hz Frekansı	105
3.4.2.3. 432Hz ile 440Hz Karşılaştırıldığında Ayırt Edici Fiziksel Farklar	114
4. SONUÇ	120
4.1. Sonuçlar	120
4.1.1. 432Hz Frekansın Su Üzerinde Etkilerine İlişkin Sonuçlar.....	124
4.1.2. 440Hz Frekansın Su Üzerinde Etkilerine İlişkin Sonuçlar.....	125
4.1.3. 432Hz ile 440Hz Karşılatırmasına İlişkin Tablo ve Sonuçlar	126

4.2.Öneriler	133
KAYNAKÇA.....	135
EKLER	143
EK-1.1. RAST MAKÂMI PERDE FREKANSLARININ SU ÜZERİNDEKİ FİZİKİ ETKİLERİ VİDEO VE RESİMLERİ.....	143

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 4.1. Rast Makâmı Perdelerinde Su Damlasında Gözlemlenen Geometrik Desenler.....	120
Tablo 4.2. Rast Makâmının Batı Müziği Karşılıklarında Gözlemlenen Geometrik Desenler.....	123
Tablo 4.3. 432Hz ile 440Hz Frekanslarının Oluşturduğu Şekiller.....	126

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1. Frekanslar (Canyakan, 2013, s. 6).....	8
Şekil 1. 2. Titreşim- Ses Dalgaları- Sinyal (Canyakan, 2013, s. 9).....	9
Şekil 1. 3. Titreşen Bir Telin Bölümleri ile Doğuşkanları (Kaya, 2022, s. 41).....	11
Şekil 1. 4. Telin Salınımıyla Oluşan Dalgalar (Kaya, 2022, s. 44).....	12
Şekil 1. 5. Akustik Dalgaların Yoğunlaştığı Bölge	23
Şekil 1. 6. Rast Makâmı Nota Frekans Değerleri	24
Şekil 2. 1. Dairesel Bir Kaptaki Suyun Oluşturduğu Simatik Şekiller.....	30
Şekil 2. 2. Chladni Plakasındaki Kum Tanelerinin Oluşturduğu Simatik Şekiller	30
Şekil 2. 3. TinyLev Akustik Levitasyon Cihazı.....	31
Şekil 2. 4. Kuru Buz	32
Şekil 2. 5. Akustik Alan Boşlukları	33
Şekil 2. 6. Faz Düğümleri.....	34
Şekil 2. 7. TinyLev Düzeneginin Taşıyıcı İskeleti.....	35
Şekil 2. 8. Arduinio Nano	36
Şekil 2. 9. L298N Çift Motor Sürücü Kartı	37
Şekil 2. 10. SK35L DC 0.6-30V	38
Şekil 2. 11. XY- PWM1 Frekans Ayarlayıcısı	39
Şekil 2. 12. Şırınga Yuvası.....	40
Şekil 2. 13. Ses Yalıtımlı Kasa 1.....	41
Şekil 2. 14. Ses Yalıtımlı Kasa 2.....	41
Şekil 2. 15. USB Dijital Mikroskop	42
Şekil 2. 16. USB Mikroskop 3D Ayarlanabilir Ayaklık.....	43
Şekil 2. 17. Wacom Tablet DTH 1300.....	44

Şekil 3. 1. Rast (Sol) Perdesi (147-148 Hz %15 Görev Döngüsü 17 V).....	48
Şekil 3. 2. Rast (Sol) Perdesi (147-148 Hz %10 Görev Döngüsü 17 V).....	49
Şekil 3. 3. Dugâh (La) Perdesi (165 Hz %15 Görev Döngüsü 16 V).....	50
Şekil 3. 4. Dugâh (La) Perdesi (165 Hz %15 Görev Döngüsü 16 V).....	51
Şekil 3. 5. Dugâh (La) Perdesi (165 Hz %30 Görev Döngüsü 16 V).....	52
Şekil 3. 6. Dugâh (La) Perdesi (165 Hz %30 Görev Döngüsü 16 V).....	53
Şekil 3. 7. Buselik (Si) Perdesi (185 Hz %20 Görev Döngüsü 16 V).....	54
Şekil 3. 8. Buselik (Si) Perdesi (185 Hz %20 Görev Döngüsü 16 V).....	55
Şekil 3. 9. Çargâh (Do) Perdesi (196Hz %15 Görev Döngüsü 16 V).....	56
Şekil 3. 10. Çargâh (Do) Perdesi (196Hz %15 Görev Döngüsü 16 V).....	57
Şekil 3. 11. Neva (Re) Perdesi (218Hz %20 Görev Döngüsü 17 V).....	58
Şekil 3. 12. Neva (Re) Perdesi (218Hz %20 Görev Döngüsü 17 V).....	59
Şekil 3. 13. Hüseyini (Mi) Perdesi (247-248Hz %30 Görev Döngüsü 17 V).....	60
Şekil 3. 14. Hüseyini (Mi) Perdesi (247-248Hz %30 Görev Döngüsü 17 V).....	61
Şekil 3. 15. Acem (Fa) Perdesi (262-263Hz %60 Görev Döngüsü 17 V).....	62
Şekil 3. 16. Acem (Fa) Perdesi (262-263Hz %60 Görev Döngüsü 17 V).....	63
Şekil 3. 17. Eviç (Fa#) Perdesi (278Hz %55 Görev Döngüsü 17 V).....	64
Şekil 3. 18. Eviç (Fa#) Perdesi (278Hz %55 Görev Döngüsü 17 V).....	65
Şekil 3. 19. Gerdaniye (Sol) Perdesi (292Hz %65 Görev Döngüsü 16 V).....	66
Şekil 3. 20. Gerdaniye (Sol) Perdesi (292Hz %65 Görev Döngüsü 16 V).....	67
Şekil 3. 43. Re Notası (293-294Hz %45 Görev Döngüsü 15 V).....	68
Şekil 3. 44. Re Notası (293-294Hz %45 Görev Döngüsü 15 V).....	69
Şekil 3. 45. Mi Notası (329-330Hz %80 Görev Döngüsü 17 V).....	70
Şekil 3. 46. Mi Notası (329-330Hz %80 Görev Döngüsü 17 V).....	71
Şekil 3. 47. Fa Notası (369-370Hz %50 Görev Döngüsü 16 V).....	72
Şekil 3. 48. Fa Notası (369-370Hz %50 Görev Döngüsü 16 V).....	73
Şekil 3. 49. Fa Notası (369-370Hz %55 Görev Döngüsü 16 V)y.....	74
Şekil 3. 50. Fa Notası (369-370Hz %55 Görev Döngüsü 16 V).....	75
Şekil 3. 51. Sol Notası (392Hz %70 Görev Döngüsü 17 V).....	76
Şekil 3. 52. Sol Notası (392Hz %70 Görev Döngüsü 17 V).....	77
Şekil 3. 53. La Notası (440Hz %50 Görev Döngüsü 15 V).....	78
Şekil 3. 54. La Notası (440Hz %55 Görev Döngüsü 15 V).....	79

Şekil 3. 55. La Notası (440Hz %60 Görev Döngüsü 15 V)	80
Şekil 3. 56. La Notası (440Hz %65 Görev Döngüsü 15 V)	81
Şekil 3. 57. La Notası (440Hz %70 Görev Döngüsü 15 V)	82
Şekil 3. 58. Si Notası (493-494Hz %40 Görev Döngüsü 18 V)	83
Şekil 3. 59. Si Notası (493-494Hz %40 Görev Döngüsü 18 V)	84
Şekil 3. 60. Do Notası (523-524Hz %70 Görev Döngüsü 17 V)	85
Şekil 3. 61. Do Notası (523-524Hz %70 Görev Döngüsü 17 V)	86
Şekil 3. 62. Do# Notası (554-555Hz %55 Görev Döngüsü 16 V)	87
Şekil 3. 63. Do# Notası (554-555Hz %55 Görev Döngüsü 16 V)	88
Şekil 3. 64. Re Notası (587-588Hz %55 Görev Döngüsü 16 V)	89
Şekil 3. 65. Re Notası (587-588Hz %55 Görev Döngüsü 16 V)	90
Şekil 3. 66. Re Notası (587-588Hz %80 Görev Döngüsü 16 V)	91
Şekil 3. 67. Re Notası (587-588Hz %80 Görev Döngüsü 16 V)	92
Şekil 3. 21. 432Hz %35 Görev Döngüsü 15 V	93
Şekil 3. 22. 432Hz %35 Görev Döngüsü 15 V	94
Şekil 3. 23. 432Hz %40 Görev Döngüsü 15 V	95
Şekil 3. 24. 432Hz %40 Görev Döngüsü 15 V	96
Şekil 3. 25. 432Hz %45 Görev Döngüsü 15 V	97
Şekil 3. 26. 432Hz %45 Görev Döngüsü 15 V	98
Şekil 3. 27. 432Hz %50 Görev Döngüsü 15 V	99
Şekil 3. 28. 432Hz %50 Görev Döngüsü 15 V	100
Şekil 3. 29. 432Hz %55 Görev Döngüsü 15 V	101
Şekil 3. 30. 432Hz %55 Görev Döngüsü 15 V	102
Şekil 3. 31. 432Hz %60 Görev Döngüsü 15 V	103
Şekil 3. 32. 432Hz %60 Görev Döngüsü 15 V	104
Şekil 3. 33. 440Hz %50 Görev Döngüsü 15 V	105
Şekil 3. 34. 440Hz %50 Görev Döngüsü 15 V	106
Şekil 3. 35. 440Hz %55 Görev Döngüsü 15 V	107
Şekil 3. 36. 440Hz %55 Görev Döngüsü 15 V	108
Şekil 3. 37. 440Hz %60 Görev Döngüsü 15 V	109
Şekil 3. 38. 440Hz %60 Görev Döngüsü 15 V	110
Şekil 3. 39. 440Hz %65 Görev Döngüsü 15 V	111

Şekil 3. 40. 440Hz %65 Görev Döngüsü 15 V	112
Şekil 3. 41. 440Hz %70 Görev Döngüsü 15 V	113
Şekil 3. 42. 440Hz %70 Görev Döngüsü 15 V	114

BÖLÜM I

1. GİRİŞ

Türk mûsikîsi; Cumhuriyetimizin tarihsel ve kültürel temelini oluşturan, kökleri Selçuklu'ya ve devamında Osmanlı medeniyetine uzanan geniş bir coğrafyanın ve çok katmanlı kültürel yapının ürünü olarak teşekkül etmektedir. Bu müzik geleneği, Türklerin ve birlikte yaşadıkları farklı etnik toplulukların icra alanlarına sundukları katkılar sayesinde çeşitli formlarda eserler ortaya koymakta ve zamanla özgün ve zengin bir birikime ulaşmaktadır. Yüzyılların tecrübesi ve kültürel birikimiyle şekillenen bu eserler, 20. yüzyıla kadar resmî ve özel kurumlarda, ibadethanelerde, tarikat çevrelerinde ve farklı mekânlarda yaşatılmakta; meşk geleneği çerçevesinde hocadan talebeye, nesilden nesile sözlü ve ezbere dayalı aktarım yoluyla günümüze intikal etmektedir (Gönül, 2023, s. 1).

Türk mûsikîsi, kendine özgü yapısal bileşenleri ve ayırt edici karakteristikleriyle diğer müzik geleneklerinden farklılaşan özgün bir müzik anlayışı olarak değerlendirilmektedir. Bu özgünlüğün başlıca unsurlarından biri, kuramsal sisteminin makâmsal bir temele dayandırılmış olmasıdır. Makâm kavramının XV. yüzyılda Abdülkâdir Merâgî tarafından terimsel bir içerik kazanarak ilk kez kullanıldığı kabul edilmektedir. Eski edvâr metinleri incelendiğinde ise müziğin, kâinâtın temel unsurları olarak görülen hava, su, ateş ve toprak ile ilişkilendirilerek ele alındığı ve bu unsurlar çerçevesinde düzenli ve bütüncül bir sistem içerisinde yapılandırıldığı görülmektedir (Yahya Kaçar, 2008, s. 145).

Râzî (ö. 932), Kindî (ö. 865), Fârâbî (ö. 950) ve İbn Sînâ (ö. 1037) gibi bilim, felsefe, tıp, sanat ve kültür alanlarında eserler kaleme almış düşünürlerin çeşitli çalışmalarında, makâm kavramına dair açıklamalara ve sınıflandırmalara yer verildiği anlaşılmaktadır. Bu çerçevede özellikle Fârâbî'nin *Kitâbü'l-Mûsikî'l-Kebîr* adlı eserinde, makâmların insanın ruhsal yapısı üzerindeki etkilerinin incelendiği ve günün belirli zaman dilimlerinde bireyler üzerinde ortaya koyabileceği faydalara ilişkin değerlendirmelerde bulunduğu görülmektedir. Bu yaklaşımlar, Türkiye'de müzik terapi alanının tarihsel gelişimini ele alan çok sayıda çalışmada da sıkça başvuru alan ve

benzer görüşler doğrultusunda ele alınan önemli örnekler arasında yer almaktadır (Ak, 2013; Yiğitbaş, 1972).

Rast Makâmı, Klasik Türk Mûsikîsi geleneği içinde tarihsel sürekliliği en eski dönemlere kadar uzanan ve köklü bir geçmişe sahip makâmlar arasında yer almaktadır. Farsça kökenli olup “doğru”, “düzgün” ve “hakikat” anlamlarını içeren “Rast” terimi, makâmın tarihsel arka planına ve kadim niteliğine vurgu yapmaktadır. Rast makâmına ilişkin kuramsal yapıya ve icra uygulamalarına dair ilk örneklerin XIV. yüzyılda Sefiyüddin Abdülmümin tarafından kaleme alınan eserlerde yer aldığı görülmektedir. Abdülkâdir Merâgî’ye (1360-1435) ait *Kâr-ı Muheşşem*, *Kâr-ı Nâtık* ve *Sofyan Nakış Bestesi* gibi eserleri de kapsayan toplam on üç Rast bestesi, bu makâmın günümüze ulaşan en eski örnekleri arasında kabul edilmektedir. Bununla birlikte Benli Hasan Ağa’ya (1360-1435) ait peşrev ve saz semâîleri, Rast makâmında bestelenmiş erken dönem saz mûsikîsi eserleri kapsamında değerlendirilmektedir (Aksoy vd., 2024, s. 29). Rast makâmı, sistemci okul yaklaşımı ile Rauf Yekta Bey’in ortaya koyduğu kuramsal yapı içerisinde temel dizi olarak tanımlanmakta ve Rast dizisi esas alınarak ele alınmaktadır. Sistemci okulda on iki makâmdan oluşan *edvâr-ı meşhûre* içerisinde konumlandırılan bu makâm, günümüzde de bazı müzik çevreleri tarafından geçerliliğini sürdüren bir anlayış olarak benimsenmektedir (Kutluğ, 2020).

Fârâbî’ye göre Türk mûsikîsi makâmlarının insan ruhu üzerindeki etkileri belirli sınıflamalar doğrultusunda değerlendirilmektedir. Bu çerçevede Rast makâmının, bireyde sükûnet ve neşe duygularını uyandırarak ruhsal bir ferahlama oluşturduğu ifade edilmektedir (Somakçı, 2003, s. 136).

Rast makâmının tarihsel kökeni ve başlıca özellikleri dikkate alındığında, Türk mûsikîsi geleneği içerisinde geçmişi en eski dönemlere uzanan ve yaygın biçimde bilinen makâmlar arasında bulunduğu, ana makâm olarak kabul edildiği ve dizi yapısının ana dizi niteliği taşıdığı belirtilmektedir (Özkan, 2007).

Birçok nazarî yaklaşımda ve bizim de benimsediğimiz görüş doğrultusunda, makamların anası olarak nitelendirilen ve ümmü’l-makâm şeklinde ifade edilen Rast makamı dizisi, Türk mûsikîsinde doğal dizi olarak kabul edilmektedir. Bu dizinin perdeleri üzerinde, yine doğal nitelik taşıyan farklı makamlar kendi özgün seyir

karakterleri çerçevesinde rahatlıkla icra edilebilmekte; aynı yapı üzerinden çeşitli genişlemeler ve çeşitlemeler gerçekleştirilebilmektedir (Gönül, 2023, s. 307).

Rast makâmının tarihsel gelişim süreci içerisinde geçmiş dönemlerden günümüze değin birçok müzik çevresi tarafından ana dizi olarak kabul edildiği ve bu çerçevede uygulandığı görülmektedir. Klasik Türk mûsikîsi geleneğinde ise Rast makâmı, “ümmü’l-makâmât” kavramı kapsamında ele alınmakta ve temel makâm özelliği taşıdığı yönünde değerlendirilmektedir (Başara, 2009, Cilt 13). Bu çerçevede “ümmü’l-makâmât” kavramı, tarihsel literatürde “makâmların annesi” anlamını ifade edecek biçimde kullanılmakta ve bu anlam doğrultusunda isimlendirilmektedir (Özkan, 2007, ss. 461-462).

Urmevî, *Kitâbü’l-Edvâr* adlı eserinde perde ve aralık kavramlarını ve ses sistemini ayrıntılı biçimde açıklamaktadır. Urmevî’nin on yedi sesli bir sistemi esas aldığı ve bu sesleri ebced harfleri aracılığıyla sembolleştirdiği görülmektedir. İki nokta arasında gerilmiş bir telin titreşimi sonucunda elde edilen sesi başlangıç sesi olarak kabul etmekte; telin bir ucunu A harfiyle, diğer ucunu ise M harfiyle temsil etmektedir. Telin orta noktasını YH harfleriyle göstererek yarım oranı (1/2) elde etmekte; bu oran üzerinden teli farklı biçimlerde bölerek on yedi sesli sistemi oluşturan sesleri ve bunlara karşılık gelen oranları belirlemektedir (Tohumcu, t.y.).

Sefiyüddin’in *Kitâbü’l-Edvâr* adlı eseri, Mevlânâ Mübarek Şah’ın *Şerhü’l-Edvâr*’ı ve Abdülkâdir’in *Câmi’ü’l-Elhân*’ı incelendiğinde, Rast makâmının yegâh perdesi temelinde kurgulandığı ve günümüzde yegâh olarak isimlendirilen dizi ile benzerlik gösteren bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Dizinin şematik gösterimi ise aşağıdaki şekildedir (Kutluğ, 2020, s. 160).

Rast makâmını yegâh perdesi temelinde kurmuşlar ve ilk beş sese sırasıyla şu isimleri vermişlerdir: Kaba Re perdesi Yegâh, Kaba Mi perdesi Dügâh, Kaba Fa diyez perdesi Segâh, Sol perdesi Çargâh ve Lâ perdesi Pençgâh olarak adlandırılmaktadır. II. Sultan Murad Han döneminde yetişen ve kaleme aldıkları eserlerle nazârî literatüre önemli katkılarda bulunan Hızır bin Abdullah ile Bedr-i Dilşâd ise, on iki makâm arasında yer alan Rast makâmını yegâh perdesi merkezli yapıdan alarak rast perdesine

taşıymışlar ve dizi kurgusunu bu değışiklik doğrultusunda yeniden şekillendirmişlerdir (Kutluğ, 2020, s. 161).

Bu makâmın donanımında “si” perdesi koma bemol, “fa” perdesi ise bakiye diyez işaretiyle belirtilmektedir. Rast makâmının yeden perdesinin Irak olduğu ifade edilmektedir. Seyir özellikleri bakımından hem inici hem çıkıcı nitelikler sergilemekte; aynı zamanda ağırbaşlı ve dengeli bir karakter göstermektedir. Bu yapısal özellik doğrultusunda genişleme hareketi pest bölgeye, yani durak perdesinin alt sahasına yönelmektedir. Bu çerçevede güçlü perde konumunda bulunan Neva üzerindeki rast dörtlüsü, simetrik bir yaklaşımla Yegâh perdesine taşınmakta ve Yegâh üzerinde teşekkül eden Rast dörtlüsü aracılığıyla makâmın genişleme özelliğı ortaya konulmaktadır (Özkan, 2014, ss. 137-142).

Bazı ezgisel kurgularda ilgili dizi, bakiye diyezli Eviç perdesi yerine natürel Acem perdesi temel alınarak oluşturulmaktadır. Bu durumda Neva perdesi üzerindeki Rast çeşnisi, Buselik çeşnisi niteliğine dönüşmektedir. Meydana gelen bu yapı, nazarı açıdan müstakil bir makâm dizisi olarak kabul edilmektedir. Rast beşlisi üzerine Buselik dörtlüsünün eklenmesiyle meydana gelen bu dizi, kaynaklarda Acem’li Rast dizisi şeklinde isimlendirilmektedir (Özkan, 2014, ss. 137-142).

Merâgî’nin de küçük aralıkları Urmevî’nin *Kitâbü’l-Edvâr*’ında kaydedildiğı biçimiyle benimsediğı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte Merâgî, mücenneb aralığı için 13/11 ve 13/12 oranlarını önermekte; bu oranlar daha sonraki nazariyatçılar tarafından “mücenneb-i kebîr” (büyük mücenneb) ve “mücenneb-i sağır” (küçük mücenneb) şeklinde adlandırılmaktadır. Merâgî’nin söz konusu terimleri *Şerhü’l-Kitâbü’l-Edvâr* adlı eserinde kullandığı, ancak bu aralıkların uygulamada yaygın biçimde kullanılmadığını ayrıca ifade ettiğı görülmektedir. Sonuç itibarıyla Urmevî’nin dörtlü, beşli, sekizli, onikili, onüçlü ve onaltılı (iki sekizli) olmak üzere altı temel büyük aralık tespit ettiğı; Merâgî’nin de aynı aralık anlayışını sürdürdüğü anlaşılmaktadır (Tohumcu, t.y.).

Abdülbâkî Nâsır Dede ile Kantemiroğlu’nun nota sistemleri doğrultusunda Rast makâmına ilişkin yaklaşım incelendiğinde, bu makâmın rast dörtlüsü çerçevesinde ilk melodik gelişimini sergileyen bir yapı olarak tanımlandığı

anlaşılmaktadır. Bu perspektifte Rast makâmı, seyir özelliğini rast dörtlüsü temeli üzerine inşa eden ve melodik karakterini bu yapı üzerinden şekillendiren bir makâm olarak değerlendirilmektedir (Kutluğ, 2020, s. 162). Abdülbâkî Nâsır Dede, Kantemiroğlu'nun tanımına benzer şekilde, Rast makâmının seyrine rast perdesinden başlanacağını; devamında dügâh, segâh ve çargâh perdelerinin gösterileceğini, daha ileri tiz alanlara yönelmeden segâh, dügâh ve tekrar rast perdesine dönülerek karar kılınacağını ifade etmektedir. Bununla birlikte pest bölgede gerçekleştirilecek genişlemelerde seyrin yegâh perdesine kadar uzanabileceği belirtilmektedir (Çubukcu, 2025, s. 35).

H. Saadettin Arel, Dr. Suphi Ezgi ve Salih Murat Uzdilek, Rauf Yekta Bey tarafından başlatılan nazarî çalışmaları daha ileri bir düzeye taşımakta; müşterek araştırmaları aracılığıyla mûsikîmizin özellikle akustik yönünü ve kuramsal yapısının büyük bir kısmını sistematik biçimde ortaya koymaktadırlar. Bu çalışmalar sonucunda Türk mûsikîsi ses sisteminde yirmi dört eşit olmayan aralığın mevcut olduğu temellendirilmektedir. Arel, Ezgi ve Uzdilek, Batı müzik sisteminin Türk mûsikîsinin gereksinimlerini bütünüyle karşılamadığını belirlemekte bu doğrultuda donanım işaretlerini yeniden düzenleyerek mûsikîmizin ses örgüsüne ve icra pratiğine uygun bir sistem geliştirmektedirler. Bu çabalar neticesinde, günümüzde Türk mûsikîsi nazariyatının temelini oluşturan Arel–Ezgi–Uzdilek sistemi teşekkül etmektedir (Ergöz, 1994, ss. 11-12). Nihayetinde H. Sâdettin Arel (1880–1955), Suphi Ezgi (1869–1962) ve S. Murat Uzdilek (1891–1967) tarafından geliştirilen nota yazım sistemi; Batı müziği notasını esas almakta, ancak Türk mûsikîsine özgü perde ve aralıkları ifade edebilmek amacıyla özel perde ve işaret sembollerini de içermektedir. Bu yaklaşım doğrultusunda şekillenen sistem, Arel–Ezgi–Uzdilek sistemi olarak anılmakta ve günümüzde Türk mûsikîsinin eğitim-öğretim süreçlerinde ve icra pratiğinde temel başvuru çerçevesi olarak kullanılmaktadır (Gönül, 2023, s. 2).

Arel'in Çargâh perdesi çıkış noktası kabul edilerek tiz yönde on bir tam beşli ve yine aynı başlangıç perdesinden hareketle tiz istikamette on iki tam dörtlü elde edilmesi suretiyle kurulan yirmi dört eşit olmayan aralıklı sistemin, Türk mûsikîsini açıklamada en elverişli kuramsal model olduğu yönünde yaygın bir kanaat oluşmaktadır. Bu yaklaşımın, bu bağlamda, Safiyüddin'in sistemini ve sonraki

dönemlerde ortaya konulan birçok kuram önerisini geride bıraktığı değerlendirilmektedir (Yılmaz, 2020, s. 2349).

Geleneğin en eski ve yerleşmiş makâmlarından biri olması, geniş bir repertuvar birikimine sahip bulunması ve farklı nazarî sistemlerde temel dizi olarak kabul edilmesi nedeniyle bu çalışmada inceleme konusu olarak Rast makâmı seçilmiştir (Özçifci, 2020, ss. 11-12). Bu nedenle Rast makâmının sahip olduğu frekans değerlerinin, su üzerindeki etkilerinin incelenmeye değer olarak düşünülmüştür.

Fizikte dalgalar, enerjinin görece yavaş bir biçimde taşınması ya da enerji yayılımı olarak tanımlanmakta ve bu süreç dalga oluşumu ile açıklanmaktadır. Mekanik dalga, enerjinin maddesel bir ortam içerisinde (hava gibi) iletilmesini sağlayan dalga türü olarak ifade edilmektedir. Ses, havada yayılım gösteren mekanik dalgalara örnek teşkil etmektedir. Dalgaların yavaşlaması, hareket etmesi ya da ortam içerisinde yayılması, söz konusu ortamın yapısını değiştirmemektedir. Yalnızca enerjinin aktarımını gerçekleştirmektedir. Bu durum, fizik yasaları çerçevesinde, tüm nesnelerin kendilerine özgü bir doğal frekansa sahip olduğunu ve bu frekansın, nesnenin titreşim gösterebildiği frekans değerini ifade ettiğini göstermektedir. Sesin yansıma olgusu, ışığın yansıma mekanizmasına benzer bir süreç izlemektedir. Yansıtıcı bir yüzeyin yeterli uzaklıkta bulunması durumunda, sesin ilk yayılımından sonra geri dönen ve yankı olarak algılanan bir ses işitilmektedir. İlk sesin ardından duyulan bu yansıyan sesler, ekolar olarak adlandırılmaktadır. Ekolar, bazı durumlarda özgün ses kadar net bir biçimde algılanabilmektedir. İnsan sesi, mağara ortamlarında duvarlardan yansıma gerçekleşmesi nedeniyle daha yüksek ve belirgin şekilde işitilmektedir. Benzer biçimde, ses yalıtımı bulunmayan yapılar veya müzik stüdyolarında da ses dalgalarının yansıması meydana gelmektedir. Ekolar, özellikle engebeli arazi yapılarında, kayalık bölgelerde ve benzeri doğal ortamlarda ortaya çıkabilmektedir (Christianto vd., 2024, s. 3). Dalgaların fiziksel nitelikleri, enerjinin ortam içerisinde nasıl aktarıldığını açıklamakla sınırlı kalmamakta, bununla birlikte ses olgusunun hangi mekanizmalarla ortaya çıktığını ve nasıl algılandığını açıklayan temel kuramsal yapıyı da meydana getirmektedir.

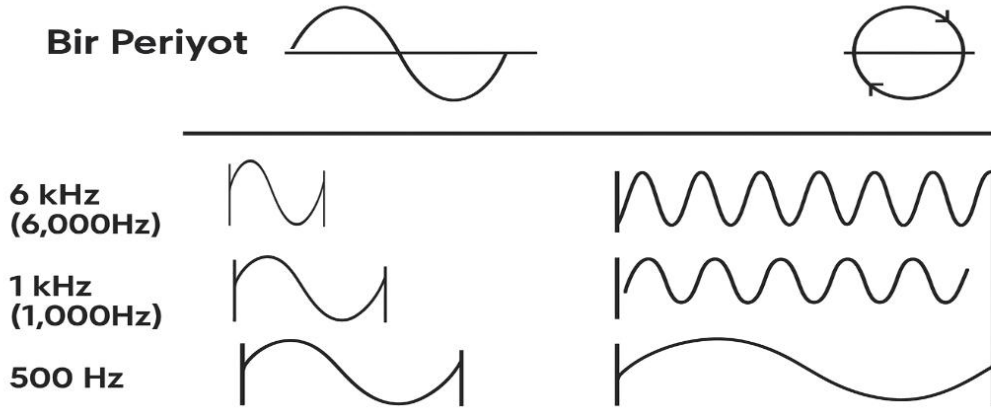
Her türlü ses kaynağı, fiziksel olarak titreşim hareketi gerçekleştirmektedir. Çoğu durumda bu titreşimler çıplak gözle algılanamamaktadır. Örneğin, insanlarda ve birçok hayvan türünde ses üretimi, ses tellerinin titreşimi sonucunda meydana gelmektedir. Rüzgâr çanlarından elde edilen sesler, siren sesi, rüzgârın oluşturduğu ısıklık ve gök gürültüsü gibi akustik olaylar, hava kütleleri içerisinde oluşan dalgalanmalardan kaynaklanmaktadır. Ses dalgaları boyuna dalga niteliği taşımaktadır. Çünkü hava gibi ortamlarda elastikiyet yalnızca sıkışma ve genleşme (gerilme) yönündeki deformasyonlara olanak tanımaktadır. İnsanlar ve hayvanlar, sesi algılayabilmek için özelleşmiş bir duyu organına sahiptirler. Bu organ, hava basıncında meydana gelen son derece küçük değişimlere duyarlılık gösteren yüksek hassasiyetli bir algılayıcı olarak işlev görmektedir. Kulak, ses dalgalarının titreşimsel hareketini belirli bir duyuşal uyarana dönüştürmekte ve bu uyarı bilinç düzeyinde ses olarak algılanmaktadır. Bununla birlikte, gerçekleşen her titreşim işitsel bir algı oluşturmamaktadır (Yun & Jiali, 2024, s. 6).

1.1. Titreşim

Canyakan, S. (2013), Küçük genlikli ve düzenli hareketler titreşim olarak adlandırılmakta olup, bu hareketler denge konumu çevresinde gerçekleşen mekanik salınımlar şeklinde tanımlanmaktadır. Söz konusu salınımlar, bir sarkacın periyodik devinimine benzer biçimde düzenli olabildiği gibi, çakıllı bir zeminde ilerleyen bir tekerleğin düzensiz hareketinde olduğu üzere düzensiz bir karakter de sergileyebilmektedir. Bu noktada belirleyici unsur, sesin ortaya çıktığı kaynaktaki titreşimlerin niteliğidir. Sesin, kaynağında meydana gelen titreşimlerle başladığı ve bu titreşimlerin havadaki molekülleri dışa doğru ittiği ifade edilmektedir. Bu moleküller, zincirleme biçimde birbirlerini itmekte ve bu etkileşim süreci, sesin bir iletim ortamı içerisinde yayılmasına olanak sağlamaktadır. Başka bir ifadeyle, kaynaktan yayılan ses, ortamın sabit hava basıncı üzerinde düzenli ve periyodik bozulmalar oluşturmaktadır. Dalga formu niteliği taşıyan bu bozulmalar titreşim olarak adlandırılmaktadır. Titreşimler, hava basıncında meydana gelen ani değişimler şeklinde tanımlanabilmektedir. Ses dalgaları ise bu titreşimlerin hava molekülleri arasında ardışık olarak iletilmesiyle yayılmakta ve bu süreç sonucunda sesin işitilmesi gerçekleşmektedir (Canyakan, 2013, s. 5).

1.2. Frekans

İnsan kulağı, yaklaşık 16Hz ile 20kHz arasındaki sesleri algılayabilmektedir. 20kHz'nin üzerindeki dalgalar, ultrasonik dalgalar olarak tanımlanmakta olup, insan işitme organları tarafından algılanamamaktadır (Eraydın, 2006, s. 4).

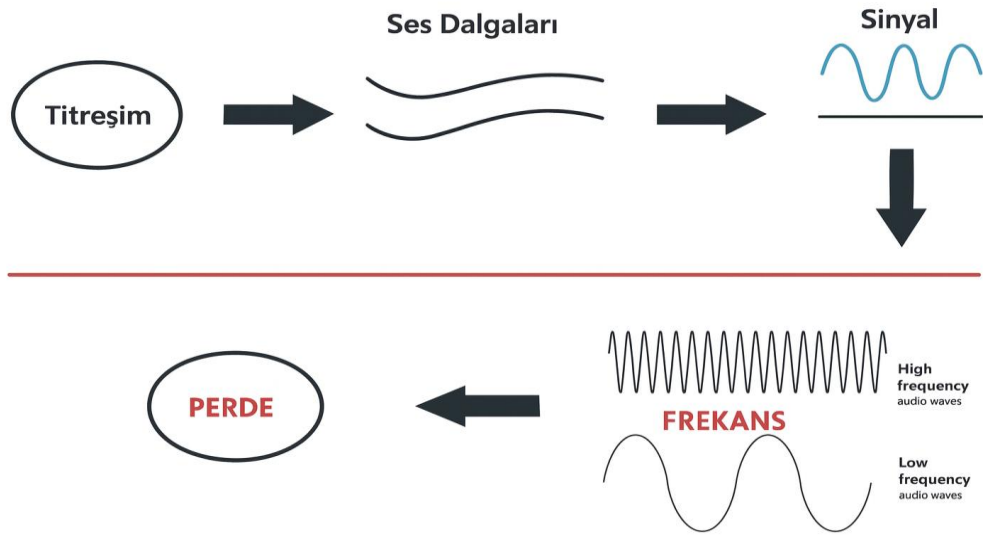


Şekil 1. 1. Frekanslar (Canyakan, 2013, s. 6).

Genlik, titreşim süreci boyunca ortam noktalarının denge konumlarından gösterdiği en büyük sapma miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bir dalgaının genliği, sesin şiddeti gibi algısal niteliklerin belirlenmesinde etkili olmaktadır. Dalga boyu (λ), titreşimlerin aynı faz durumunda meydana geldiği iki nokta arasındaki en kısa uzaklık olarak ifade edilmektedir. Periyot (T), bir dalgaının tam bir titreşim çevrimini tamamlaması için geçen zaman süresini belirtmektedir. t , N adet titreşimin gerçekleştiği zaman aralığını temsil etmektedir. Frekans (ν), birim zaman içerisinde meydana gelen titreşim sayısını ifade etmekte olup hertz (Hz) birimi ile ölçülmektedir. Hız (v) ise dalgaının birim zaman başına aldığı yol olarak tanımlanmakta ve dalgaının ortam içerisindeki yayılma hızını göstermektedir (Yun & Jiali, 2024, s. 6).

1.3. Perde

Öncelikle titreşimler ortaya çıkmakta ve bu titreşimler ses dalgaları biçiminde periyodik sinyallere dönüşmektedir. Söz konusu periyodik sinyaller frekanslara karşılık gelmekte ve bu frekanslar, armonikler ve rezonans gibi diğer fiziksel etmenlerin de etkisiyle perde olgusunu meydana getirmektedir. Bu aşamalar bütünü, perdenin doğrulanabilmesi açısından gerekli bir süreci oluşturmaktadır (Canyakan, 2013, ss. 8-9).



Şekil 1. 2. *Titreşim- Ses Dalgaları- Sinyal* (Canyakan, 2013, s. 9).

İnsanın işitme sistemi, varyasyonların saniye başına en az 20 kez gerçekleşmesini, ancak saniyede 20.000’kezden daha fazla olmamasını gerektirmektedir. Bir saniye içerisinde meydana gelen varyasyon sayısı, sesin frekansı olarak tanımlanmakta ve Hertz (Hz) birimi ile ifade edilmektedir. Bu çerçevede insan kulağı, 20Hz ile 20.000Hz aralığında bulunan frekanslara sahip sesleri algılayabilmektedir. 20.000Hz değeri çoğunlukla 20kHz şeklinde ifade edilmektedir. Bununla birlikte, 20Hz’nin altında yer alan frekanslardaki basınç değişimleri de ses kapsamına dâhil edilmekte ve bu tür sesler genellikle “infrasound” olarak

adlandırılmaktadır. 20kHz'nin üzerindeki frekanslara sahip sesler ise işitilebilir aralığın dışında kalmakta ve ultrasound terimiyle tanımlanmaktadır (Eraydın, 2006, s. 4).

Perde frekansının algılanması, insan işitsel sistemi ve sesin çözülmesi bakımından belirleyici bir öneme sahiptir. Dinleyiciler, eş zamanlı olarak gerçekleşen çok sayıda sesin müzikal perdelerini ayırt edebilmekte ve bu karmaşık yapı içerisinde belirli bir sesi akustik açıdan ayırtırmak amacıyla perde bilgisini etkin biçimde kullanabilmektedirler. Perde, sesin algısal bir niteliği olarak tanımlanmakta olup fiziksel açıdan sinyalin saniyedeki tekrar sayısına, başka bir ifadeyle periyodiklik özelliğine karşılık gelmektedir (Öztürk & Akan, 2018, s. 1335).

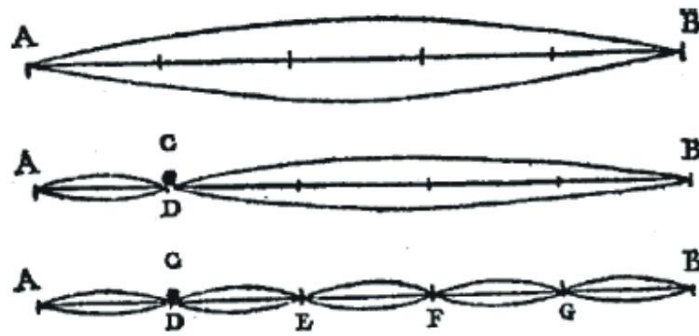
Müziği oluşturan sesler yani perdeler, rastlantısal nitelik taşımamakta, belirli frekans değerlerine sahip seslerden meydana gelmekte ve bu sesler arasında doğal bir bağ bulunmaktadır. Çok sesli olarak tanımlanan müzik yapısı, karmaşık ses bileşenlerinin bir araya gelmesine dayanmaktadır. Tek sesli müzikte dahi, yalnızca tek bir melodinin icra edildiği durumlarda işitilen ses, gerçekte tekil bir ses olmayıp yankılanan birçok sesin birleşimi sonucunda oluşan karmaşık bir ses bütünlüğü niteliği taşımaktadır. Yankılanan herhangi bir ses bulunmasa bile, ardışık olarak üretilen seslerden birinin beyinde işleme süreci devam ederken, başka bir sesin uyarıcılarının gelmesiyle beyinde bir bütünleşme gerçekleşmekte ve sesler, çok sesli müzikte olduğu gibi bu bütünleşmenin ortaya çıkardığı algısal sonuçlara göre değerlendirilmektedir (Eraydın, 2006, s. 7).

Nota yazımı uygulamalarında, elde edilen temel titreşim frekansı değerinin belirli bir nota adıyla ilişkilendirilmesi gerekmektedir (Öztürk & Akan, 2018, s. 4).

Dünyada yaygın olarak kullanılan Klasik Batı müziğinde benimsenen ses sisteminde on iki farklı nota sınıfı yer almaktadır. Her bir nota sınıfı, frekans değerleri birbirlerinin tam katı olacak biçimde ilişkilenen sesleri kapsamaktadır. Örneğin, 110, 220, 440, 880 vb. frekans değerlerine sahip sesler La (A) olarak adlandırılmaktadır. Aynı nota sınıfı içerisinde art arda gelen iki ses arasındaki aralık oktav olarak tanımlanmaktadır. Bir oktav bünyesinde yer alan on iki notanın frekansları arasında belirli ve düzenli bir matematiksel ilişki bulunmaktadır (Ocak, 2022, s. 21). Yunan

akort kuramı, Pisagor'un matematiksel armoni yaklaşımları aracılığıyla bu yapıların yeniden ortaya konulmasını mümkün kılmaktadır (McClain, 1984, s. 3). Pisagor, uzunluğu 12 birim olan bir teli iki eşit parçaya ayırarak oktav aralığını elde etmiştir. Elde edilen 6 birimlik tel, 12 birimlik tele kıyasla bir oktav daha tiz ses üretmektedir. Pisagor, uzunluğu 8 birim olan tel aracılığıyla beşli aralığı, 9 birimlik tel yardımıyla ise dörtlü aralığı ortaya koymuştur. Dört sesin birlikte işitilmesi durumu “tetrakord” kavramı ile tanımlanmış ve bu yapı müzik teorisinin temel unsurlarından biri olarak kabul edilmiştir. Pisagor, telin 8/9 oranındaki uzunluğunu kullanarak bir tam ton elde etmiş ve bir nota üzerine altı kez tam ton eklenmesi sonucunda yaklaşık olarak aynı notanın oktavına ulaşıldığını göstermiştir. Ortaya çıkan bu küçük frekans farkı Pisagor Koması olarak adlandırılmaktadır. Bununla birlikte, zaman içerisinde akort sistemi geliştirilmiş ve bir oktav on iki eşit yarım tona bölünmüştür. Tampere sisteminde tam beşli aralığı yedi yarım ton, dörtlü aralığı ise beş yarım ton içermektedir (Eraydın, 2006, s. 22).

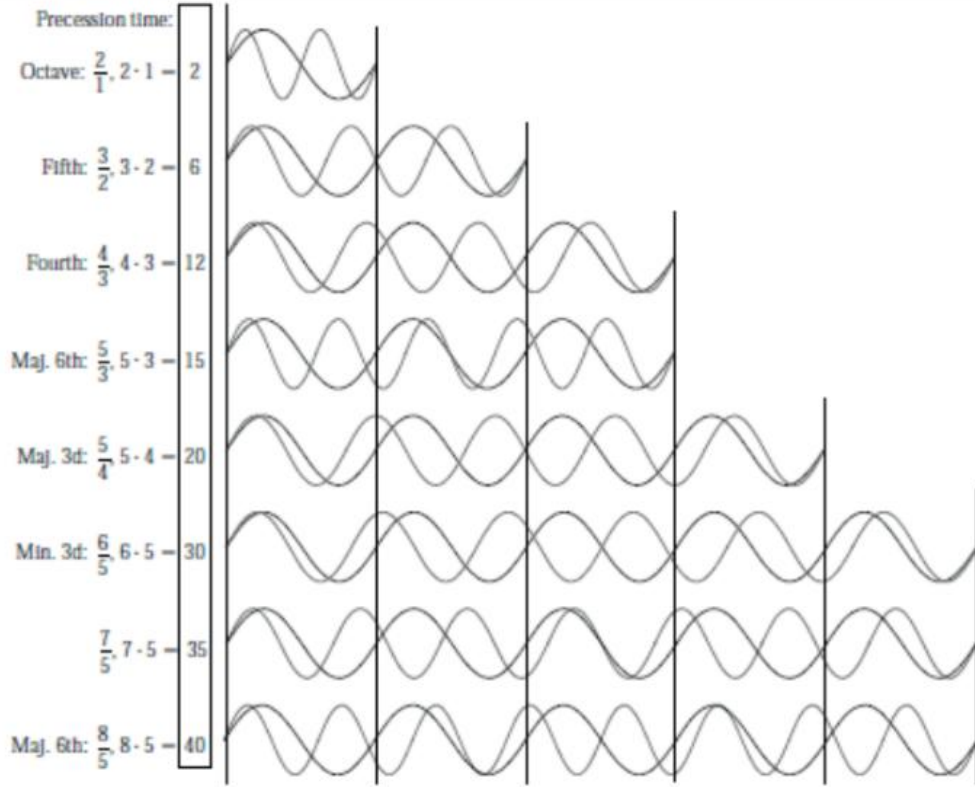
Monokord üzerinde gerçekleştirilen tel bölünmeleri ile doğuşkanlar arasında bir ilişki bulunduğu kabul edilmektedir. Telin bölünme oranları ile monokord üzerinde kalan tel uzunluğu, doğuşkan dizisinin ilk dört doğuşkanını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, tel üzerindeki bölünmelerin sayısı arttıkça, bölünme sayısı ile orantılı biçimde daha fazla doğuşkanın elde edilebildiği ifade edilmektedir (Kaya, 2022, s. 40).



Şekil 1.3. *Titreyen Bir Telin Bölümleri ile Doğuşkanları* (Kaya, 2022, s. 41).

Sinüzoidal kavramı, sinüs dalgası biçimine sahip olma durumunu ifade etmektedir. Sinüs hareketi, basit harmonik hareketin matematiksel bir modellemesi

olarak tanımlanmaktadır (Loy, 2011, s. 7). Bu doğrultuda, uzun ve kalın bir tel parçasında telin salınım hareketi sırasında söz konusu dalgalanma gözlemlenebilmekte ve doğru parçasının her bir alt ve üst bölümü, ilgili frekans değerine karşılık gelmektedir (Kaya, 2022, s. 43).



Şekil 1. 4. *Telin Salınımıyla Oluşan Dalgalar (Kaya, 2022, s. 44).*

Notaların harmonografisi, müzik ve fizik arasındaki ilişkiyi derinlemesine anlamaya yardımcı olmaktadır. Ses dalgalarının harmonikleri müzikal tını ve armoniyi belirlerken, harmonografin ürettiği görsel desenler bu harmoniklerin fiziksel bir temsilini sunmaktadır. Bu durum, notaların yalnızca işitsel değil, aynı zamanda görsel bir deneyim olarak da incelenebileceğini göstermektedir.

Bir keman telinin farklı titreşim modlarında salınım göstermesi durumunda, her bir titreşim biçimi farklı bir sesin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Benzer bir yaklaşımla, temel bir sicimin titreşim modları da ayrı parçacık durumları olarak

tanımlanmaktadır. Sicimlerin bu titreşim hallerinden biri, yerçekimi alanının kuantumu olarak kabul edilen graviton ile ilişkilendirilmektedir. Tüm temel parçacıkların, bu sicim titreşim durumlarından oluştuğu varsayılmaktadır (Zwiebach, 2009, s. 7).

El Kindî, sayı kavramı olmaksızın varlıkların niceliksel olarak belirlenmesi mümkün olamayacağı gibi; çizgi, yüzey, cisim, zaman ve hareketin de varlık alanına çıkması söz konusu olamazdı. Bu çerçevede matematik, geometri, astronomi ve müzik gibi bilim disiplinlerinin ortaya çıkması da imkânsız hâle gelirdi olarak ifade etmiştir. Müziğin matematiksel niteliğine dikkat çekmekte ve müziğin, evrensel düzeni temsil eden yapısal bir karakter taşıdığını vurgulamaktadır (Sarioğlu, 2013, s. 22).

Klasik Türk Müziği nağme yapısı, repertuarı ve çalgı çeşitliliğiyle köklü bir geçmişe sahip olmakta ve Osmanlı İmparatorluğu'nun siyasal ve kültürel gücüyle paralel biçimde gelişen zarif ve güçlü bir sanat anlayışını yansıtmaktadır. Ezgilerine ve icra biçimlerinde görülen kendine özgü nitelikler, bu müziği ayrıcalıklı kılmaktadır. Hem Batılı hem de Doğulu araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Batı müziğinden farklı olarak çok sayıda ayrıntı ve özelliği bünyesinde barındıran bu müzik geleneğinin iki temel unsuru bulunmaktadır: melodik yapı ve ritmik yapı. Evren içerisindeki ritimlerin ve seslerin bir yansıması olarak ortaya çıktığı kabul edilen bu müzik türü, tarihsel süreç içerisinde ayrıntılı biçimde incelenmiş ve sistematik bir çerçeveye oturtulmaya çalışılmıştır. Onuncu yüzyıldan günümüze kadar melodik yapı üzerine gerçekleştirilen çalışmalar, bu yapının yalnızca kulağa hoş gelen seslerden ibaret olmadığını ortaya koymaktadır. Kullanılan diziler, önem arz eden perdeler, seyir anlayışı ve frekans değerleri gibi çok boyutlu unsurlar, bu yapının kapsamlı biçimde ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Geçmişte farklı adlandırmalar altında sınıflandırılan bu yapılar, günümüzde ise “makâm” kavramı altında bir araya getirilmiş bulunmaktadır (Yahya Kaçar, 2008, s. 146).

İslam Medeniyeti tarihinde, özellikle tasavvuf düşüncesine mensup sûfiler, müzikle yakından ilgilenmektedir. Bu sanatı uygulamakta ve savunmaktadırlar. Sûfiler, müziğin aklî ve sinirsel rahatsızlıkların tedavisinde etkili olduğuna dikkat çekmektedirler. Bu tarihsel süreçte yaşamış olan önemli Türk-İslam âlimleri ve

hekimlerinden Zekeriya Er-Razi (854-932), Farabi (870-950) ve İbn Sina (980-1037), müzikle tedavi yaklaşımının, özellikle ruhsal hastalıkların tedavisinde, bilimsel temellerinin oluşturulmasında belirleyici rol üstlenmişlerdir (Somakçı, 2003, s. 134).

İslam toplumunda müzikle ilgilenen kişiler, müziğin insanlara Allah tarafından verilmiş bir armağan olduğunu düşünülmüş ve Allah'ı anarken ruhsal bir hale geçmek için kullanmışlardır. İlk dönemlerden biri olan Zünnûn el-Mısri, müziğin ilahi bir kaynaktan geldiğini, doğru bir niyetle dinlendiğinde kişiyi gerçeğe ulaştırabileceğini, nefse yönelik dinlendiğinde ise yanlış bir yola sürükleyebileceğini belirtmiştir. Mevlâna Celaleddin Rumi ise, müzik, Allah sevgisiyle dolu insanlar için ruhun besinidir. Çünkü onda Allah'a kavuşma umudu vardır diyerek, Mevlevilerin Allah'ı anarken müziği kullanarak ruhsal bir hale daha çabuk geçmelerine yardımcı olduğunu ifade etmiştir (Gönül & Yıldırım, 2017, s. 267).

İnsanlık tarihinin tüm evrelerinde varlığını sürdüren müziğin, insan sağlığı üzerinde son derece olumlu etkiler ortaya koyduğunun gözlemlenmesi, tarihsel süreç boyunca müzikle tedavi uygulamalarının pek çok toplumda yaygın biçimde kullanılmasına zemin hazırlamaktadır. Müziğin terapötik amaçlarla değerlendirildiği en eski uygarlıklar arasında Sümerler, Babiller, Asurlar, Şaman toplulukları, Çin medeniyeti, Eski Mısır ve Antik Yunan yer almaktadır. Milattan sonra ise Endülüs, Emevî, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerine ait İslam coğrafyasındaki şifahanelerde müzik, çeşitli ruhsal ve bedensel rahatsızlıkların tedavisinde yaygın ve sistemli bir yöntem olarak uygulanmaktadır (Koç, 2016, s. 52).

İslam tarihinde, Sufilerin müzikle ilgilenip ruhsal hastalıkların tedavisinde kullanımına dair kayıtlar bulunmaktadır. Bu dönemde yaşamış olan Zekeriya Er-Razi, Farabi ve İbni Sina gibi bilginler, ruhsal hastalıkların tedavisinde müziğin önemini vurgulamışlardır. Özellikle Farabi, “Musiki ul Kebir” adlı eserinde müziğin astronomi ve fizikle ilişkisini ele almış ve Türk Müziği makâmlarının insanın ruh haline olan etkilerini detaylı bir şekilde sınıflandırmıştır. Farabi'ye göre, her makâmın insan üzerinde farklı ruh hallerini etkilediği belirtilmiştir. Örneğin, Rast makâmının insana sefa (neşe-huzur) verdiği, Kuçek makâmının hüzn ve elem, Büzürk makâmının korku hissi uyandırdığı ifade etmiştir. İbni Sina ise, Farabi'nin müzik üzerine çalışmalarından

ilham alarak tıp alanında müziği kullanmış ve hastaların zihinsel ve ruhsal güçlerini arttırmanın, onlara cesaret vermenin ve onları iyileştirmenin en iyi yollarından birinin müzik dinletmek olduğunu belirtmiştir. İbni Sina'nın “Kitabü-ş Şifa” adlı eserinde, “Tedavinin en etkili yollarından biri hastanın akıl ve ruh güçlerini arttırmak, ona hastalıkla daha iyi mücadele etmek için cesaret vermek, hoş gider hale getirmek ve sevdiği insanlarla bir araya getirmektir” şeklinde ifade ettiği müziğin önemi, ruh sağlığının korunması ve iyileştirilmesindeki rolüne dikkat çekmektedir (Koç, 2016, s. 53).

Koç, E. (2016), Türk Müziği makâmalarının ruh üzerine olan etkilerini şöyle sıralamaktadır. Rast makâmı, kişide huzur, dinginlik ve neşe hissi uyandırarak ruhsal dengeyi desteklemektedir. Rehavi makâmı, dinleyicide süreklilik ve ebediyet düşüncesini çağrıştırmakta ve bu yönüyle metafizik bir derinlik oluşturmaktadır. Kuçek makâmı, insanda hüznün, içsel sarsıntı ve duygusal yoğunluk meydana getirmektedir. Bu sayede melankolik bir atmosfer oluşturmaktadır. Büzürk makâmı ise bireyde tedirginlik ve kaygı temelli duyguları harekete geçirerek korku merkezli bir etki yaratmaktadır. İsfahan makâmı, dinleyiciye hareket enerjisi kazandırmakta ve aynı zamanda güven duygusunu pekiştirmektedir. Neva makâmı, kişiye içsel ferahlık, keyif ve haz duyguları sunarak ruhsal rahatlama sağlamaktadır. Uşşak makâmı, bireyde neşelenme ve gülme eğilimini artırmakta, bu yönüyle olumlu duygulanımı güçlendirmektedir. Zırgüle makâmı, dinleyicide gevşeme ve uykuya meyil oluşturmaktadır. Böylece sakinleşmeye yönelik bir etki göstermektedir. Saba makâmı, insanda cesaret ve güç duygusunu tetiklemekte, aynı zamanda psikolojik dayanıklılığı artırmaktadır. Buselik makâmı da benzer biçimde kişiye kuvvet ve direnç aşılayarak ruhsal güçlenmeye katkı sunmaktadır. Hüseyini makâmı, bireyde huzur, sükûn ve içsel rahatlık hissi uyandırmakta ve bu yönüyle ruhsal stabiliteyi desteklemektedir. Hicaz makâmı ise dinleyicide alçakgönüllülük, tevazu ve içe dönüklük gibi duyguları güçlendirerek kişilik gelişimine manevi bir derinlik katmaktadır (Koç, 2016, s. 53).

İnsanların duygu, düşünce ve yaşantılarını estetik bir düzen içerisinde ritmik ve melodik ses dizileri yoluyla ifade etme biçimi müzik olarak tanımlanmaktadır. Müziğin, insan yaşamı içerisinde üstlendiği çok boyutlu işlevlerin yanı sıra, çeşitli disiplinlerle etkileşim hâlinde olan bir bilim alanı niteliği taşıdığı bilinmektedir.

Yüzyıllar boyunca insan hayatında önemli bir yer edinmiş olan müzik, yalnızca duygusal etkileriyle sınırlı kalmamaktadır. Aynı zamanda bazı hastalıkların tedavi süreçlerinde de anlamlı bir rol üstlenmektedir (Şen & Akbaş, 2025, s. 122).

1.4. La (A₄) = 440Hz'nin Tartışmalı Tarihi

Müzik tarihinde La sesi (A₄) için kabul edilen frekans değeri, uzun süre boyunca evrensel ve sabit bir standart oluşturamamıştır. Dönemsel, coğrafi ve kültürel koşullara bağlı olarak önemli değişimler göstermiştir (Ellis, 1880, ss. 294-297). Özellikle 17. yüzyıldan 19. yüzyıla kadar Avrupa'da şehirler, saraylar ve müzik kurumları kendi referans akort sistemlerini kullanmıştır. Bu durum La sesinin farklı frekans değerleriyle icra edilmesine yol açmıştır (Ellis, 1880, ss. 295-296).

Sanayi Devrimi sonrasında müzik enstrümanlarının seri üretiminin yaygınlaşması, yerel perde anlayışlarının sürdürülebilirliğini ortadan kaldırmış ve evrensel bir referans frekans ihtiyacını zorunlu kılmıştır (Barbour, 1951, ss. 185–199). Bu bağlamda 1939 yılında Londra'da gerçekleştirilen Uluslararası bir Konferansı'nda La perdesi için 440Hz değeri önerilmiş, ve kabul edilmiştir (Gribenski, 2019; Haynes, 2002).

Ellis, A.J (1980), Müzik perdelerinin tek ve sabit bir değere sahip olmadığını, aksine dönemlere, ülkelere ve kullanılan çalgılara göre önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Çalışmanın bu kısmı özellikle Avrupa'daki pratik perde değerlerinin A=440Hz standardından daha düşük olduğunu göstermektedir. Farklı ölçüm yöntemleriyle (titreşim sayımı, tonometreler, diyapazonlar ve organ boruları) elde edilen verileri karşılaştırmakta ve Fransa'da 19. yüzyıl boyunca yaygın olarak kullanılan perde anlayışının yaklaşık $A \approx 435\text{Hz}$ civarına sabitlendiğini belgelemektedir. Daha sonra “*Diapason Normal*” olarak adlandırılıp, özellikle Paris merkezli oekstralarda referans değer hâline gelmiştir. Modern dönemde benimsenen perdelerin (örneğin A=440 Hz) endüstriyel üretim ve uluslararası standartlaşma sürecinin bir sonucu olduğu ima edilmektedir (Ellis, 1880, ss. 294-296). Bu bağlamda La perdesinin tarihsel süreç boyunca tekil ve değişmez bir frekans değeri taşımadığı, aksine dönemsel, coğrafi ve pratik koşullara bağlı olarak sürekli değişkenlik göstermektedir.

1.5. Suyun Önemi

Su, tüm canlılar için yaşamın ve hayatın gerçek kaynağı olarak kabul edilmektedir. Canlıların hayatı için vazgeçilmez bir ögedir (Bilgiç & Abdelhamid, 2019, s. 60; Sarı, 2016, s. 9; Yalçınkaya, 2021, s. 63). İnsan yaşamının ve biyolojik canlılığın devamlılığı için en temel doğal kaynaklardan biridir (Avcı, 2021, s. 4). Su yaşamdır (Firidin, 2015, s. 53). Birçok gelenekte, yaşamın başlangıç noktası olarak değerlendirilen su, aynı zamanda evrendeki düzenin oluşmasını ve sürekliliğinin sağlanmasını mümkün kılan en temel unsur olarak kabul edilmektedir (Fidan, 2021, s. 4).

İnsanlar tarafından üretilemeyen su, doğal bir kaynaktır. Yeryüzünün %70'i suyla kaplıdır, fakat bu suyun yalnızca %3'ü içilebilir tatlı su olarak kabul edilmektedir. Ulaşılabilir tatlı su kaynakları ise bu %3'lük kısmın sadece %1'ini temsil etmektedir (Doğan, 2023, s. 176). Hayatın sürdürülmesi ve organizmaların temel bileşenleri üzerindeki hayati önemi göz önünde bulundurulduğunda, suyun en önemli unsur olduğu açık olarak görülmektedir. Canlı olsun cansız olsun, tüm varlıklar için su vazgeçilmezdir (Bilik, 2024, s. 293). Bu nedenle insanlık tarihinin her döneminde kaçınılmaz bir öge olarak görülmüştür (Oymak, 2010, s. 36). Doğanın canlılara sunduğu en önemli yaşam kaynaklarından biri sudur. Su, hayatın kaynağı ve yaşamın sürekliliğidir. Bu gerçek, Eski Çağlardan günümüze kadar değişmeden gelmiştir (Özdemir, 2021, s. 119).

İnsanın yaşam döngüsünün her evresinde, beslenme, dolaşım, solunum, boşaltım ve üreme gibi temel biyolojik işlevlerin yerine getirilebilmesi için su vazgeçilmez bir madde niteliği taşımaktadır. Bunun yanı sıra su, yaşam alanlarının oluşumunda kritik bir bileşen olmasının ötesinde, kendi başına bir yaşam ortamı olma özelliği de göstermektedir. Yaşam için zorunlu bir gereksinim olan suyun varlığı ve niteliği, sağlıklı bir yaşam çevresinin sürdürülebilmesi bakımından son derece büyük bir önem arz etmektedir (Akın & Akın, 2007, s. 105).

Su olmasaydı gezegenimiz üzerinde yaşamın ortaya çıkması mümkün olmayacak ve Dünya bütünüyle büyük bir çöl görünümü kazanacaktı. Güncel bilimsel veriler doğrultusunda, Dünya'nın Güneş Sistemi içerisinde suyun üç farklı fiziksel

hâlde bir arada bulunduğu tek gezegen olduğu kabul edilmektedir. Su, Dünya üzerindeki zengin biyolojik çeşitliliğin temelini oluşturmaktadır. Tüm canlı organizmalar için yaşamsal bir besin kaynağı niteliği taşımaktadır. İnsanlar açısından değerlendirildiğinde, vücuttaki metabolik süreçlerin sağlıklı bir biçimde sürdürülebilmesi için günlük en az iki litre su tüketimine ihtiyaç duyulmaktadır. Su, organizmaların hem içsel hem de dışsal yaşam süreçlerinde belirleyici bir rol üstlenmektedir. Hayvanlar, bitkiler ve insanlar için vücut yapısının yaklaşık %50 ile %80'inin sudan oluşması gerekmektedir. Su kıtlığı ya da kirlenmiş içme suyu nedeniyle organizmalar hastalanmakta ve yaşamlarını yitirebilmektedir. Aşırı, yetersiz ya da kirli su kullanımı ise insan yaşamını doğrudan tehlikeye sokmaktadır. Bu nedenle su, yalnızca insanlar açısından değil, tüm çevresel sistemler bakımından da merkezi bir öneme sahip bulunmaktadır. Su, yeryüzü manzaralarını biçimlendirmekte ve bitki ile hayvan yaşamının şekillenmesinde büyük ölçüde belirleyici olmaktadır (José, 2004, s. 4).

İnsanlık, varoluşunun başlangıcından itibaren suyla sürekli bir etkileşim hâlinde bulunmakta ve bu durum suyun insan yaşamında merkezi bir konum edinmesine yol açmaktadır. Bu bağlamda, tarihin farklı dönemlerinde suyun doğal ve hayat verici nitelikleri, ona atfedilen anlamların temel kaynağını oluşturmaktadır. Bu nedenle su, dinî inançlar ve uygulamalar içerisinde önemli bir işleve sahip bulunmaktadır (Sezal, 2018, s. III). Su, her zaman sosyal ve kültürel yaşamın temelinde bulunmaktadır (Oestigaard, 2005, s. 9). Su insanların düşünce, inanç ve hayal alemlerinde de yoğun etkilere sahiptir. Dinler Tarihi ve Din Fenomenolojisi disiplinlerinde de rolü ve önemi büyük ölçüde bulunmaktadır (Sayım, 1996, s. 127). Su, varoluşun özü olarak değerlendirilmekte ve taşıdığı derin anlamlar doğrultusunda yaşamsal bir unsur niteliği taşımaktadır. Tüm kültürel yapılarda korunma amacıyla kutsallıkla çevrelenen su, zaman içerisinde meydana gelen değişim ve dönüşümlere rağmen özsel niteliğini hiçbir zaman yitirmemektedir. Değişen dönemlerin gereksinimlerine bağlı olarak biçimsel farklılıklar gösterse de suya atfedilen temel ve özsel anlamın sürekliliğini koruduğu kabul edilmektedir (Şayhan, 2018, s. 85).

İnsanlık tarihi süresince, suyun yaşamın kaynağı olma niteliği nedeniyle ona kutsal bir değer atfedilmiş ve tek yaratıcı olmayan bazı inanç sistemlerinde suyu yüce bir varlık olarak yüceltildiği de görülmektedir. Bununla birlikte su, dinî arınma süreçlerinde bir araç olarak kullanılmaktadır. Bazı topluluklar, suyun iyileştirici niteliklerinden yararlanarak ondan şifa beklerken, kimi kültürlerde su güç ve iktidarın simgesi olarak kabul edilmektedir. Mitoloji, edebiyat, falcılık ve büyü gibi alanlarda su, merkezi bir unsur olarak yer almaktadır. Zaman içerisinde şairler, falcılar, medyumlar, muska yazarlar ve büyü uygulayıcıları tarafından çeşitli amaçlarla bir araç niteliğinde kullanıldığı görülmektedir. Bu nedenle, suyun etkilerini ve ona yüklenen anlamları bütüncül biçimde kavrayabilmek için farklı bakış açılarıyla ele alınmasının yararlı olacağı değerlendirilmektedir (Erbaş, 2004, s. 242). Arınma, dini bir uygulama olmanın ötesinde, huzur ve güven arayışında olan insanların manevi ihtiyaçlarını da karşıladığı anlaşılmaktadır (Tural, 2023, s. 84).

Suyun, canlıların varlığını sürdürebilmesi ve yaşamın devamlılığı açısından hayati bir öneme sahip olması, pek çok dinde suya kutsal nitelikler atfedilmesine neden olmaktadır. İlkel kabile inançlarından ilahî dinlere uzanan geniş bir yelpazede, bu dinlerin kutsal metinlerinde ve mitolojik anlatılarında suya ilişkin önemli ifadelere rastlanmasının mümkün olduğu görülmektedir (Karakurt, 2020, s. 10).

Dini faaliyetler, kültürel mirasında derin köklere sahiptir. Milyonlarca insan kutsal banyolar yapar, dini etkinlikler gerçekleştirmektedirler (Bhatnagar vd., 2016, s. 1). Bazı kültürlerde, yaratılışın, yaşamın, varlıkların ortaya çıkışının, üremenin, büyümenin ve gelişmenin temel unsuru olarak değerlendirilen suya yücesel nitelikler yüklenmiştir. Bu nedenle su, dinî inanç ve ibadet pratiklerinin konusu hâline gelmiştir. Dinler Tarihi ve Din Fenomenolojisi disiplinlerinin inceleme alanı içerisinde yer almıştır (Ulutürk, 2009, s. 1). Bu nedenle suya, günahlardan arınma, saflaşma ve yaratıcıya ulaşma gibi anlamlar atfedilmiş, böylece ulvi mekân ile insan arasında bir bağ kurulması hedeflenmiştir (Yolcu, 2014, s. 100).

Pek çok kültürde su, yaşamın kökeni ve kozmik düzenin sürekliliği bakımından temel bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Suyun yenileyici, iyileştirici ve arındırıcı

nitelikleri, tarihsel süreç içerisinde ona kutsal bir değer atfedilmesine zemin hazırlamaktadır. Gerek ilkel kabile inanç sistemlerinde gerekse ilahî kaynaklı dinlerde, suyun çeşitli dinî, sembolik ve mitolojik anlatılar içerisinde kutsal bir öge olarak ele alındığı görülmektedir. İnsanların ölümsüzlüğe ulaşma arzusunu suyun derinliklerinde gizli olduğuna inanılan mistik bitkilerle ilişkilendirmeleri, kutsal su kaynaklarına duyulan inanç, sucul varlıkların kutsanması, hastalıkların şifalı sular aracılığıyla tedavi edilmeye çalışılması, suya temas yoluyla günahlardan arınılacağına ve bu sayede kurtuluşa erişileceğine inanılması, suya atfedilen kutsallığın çeşitli örnekleri arasında yer almaktadır (Fidan, 2021, s. 4). Suyun iyileştirici ve arındırıcı gücüne yönelik inanç, Türk mitolojisi, efsane anlatıları ve destan geleneği içerisinde de yansımalarını bulmaktadır (Türkyılmaz, 2013, s. 89). Su, yalnızca biyolojik yaşamın sürekliliği açısından değil, aynı zamanda kültürel ve dinî bağlamlar içerisinde de derin bir anlam içeriği taşımaktadır. Yaşamın kaynağı olarak değerlendirilen su, insanlık tarihi boyunca kutsal bir nitelik kazanmakta ve maddi varoluşun ötesinde simgesel bir unsur olarak ele alınmaktadır. Dinî pratiklerde arınma, iyileşme ve yeniden doğuşun sembolü olarak kabul edilen su, bununla birlikte evrensel düzenin sağlanmasında etkili bir öge olarak görülmektedir. Bu nitelikleri çerçevesinde, suyun doğal dünyanın ritmik ve titreşimsel yapısıyla ilişkilendirilmesinin yerinde olacağı değerlendirilmektedir.

Gönül, (2023), Ritim kavramını açıklarken müziğin içindeki ritim kavramı ile yaşamın içindeki ritim kavramını birleştirerek aradaki bağı bize tek bir metafor halinde açıklamıştır. Gönül'e göre ritim, genel olarak kısa süreler içermekle birlikte, zaman içinde belirlenmiş ve doğal döngülerde uyumlu bir şekilde tekrar eden çeşitli uzunluktaki hareketleri ifade etmektedir. Bireyin kalp atış ritminden yürüyüş sırasındaki adım düzenine, dakikalar, günler, haftalar, aylar, mevsimler, yıllar ile Dünya'nın ve evrenin hareketlerine kadar her şey belirli bir ritme sahiptir. Bu sistemlerden herhangi birinde meydana gelebilecek küçük düzensizlikler ve gecikmeler, genel uyumun bozulmasına yol açmaktadır (Gönül, 2023, s. 85).

Nahl Sûresi'nin 4. ayeti "İnsanı bir nutfeden (damla sudan) yarattı, bir de bakarsın o natûk bir muhâsım kesilmiştir" (Yazır, 2021, s. 834). Bu ayette vurgulanan temel nokta, suyun yalnızca fiziksel bir unsur olmanın ötesinde, canlılığın başlangıcını

temsil eden ve sürekliliğini mümkün kılan vazgeçilmez bir koşul olarak konumlandırılmakta olmasıdır. İslam düşünce sistemi içerisinde su, canlıların yaşam düzenini mümkün hâle getiren temel ve zorunlu bir unsur olarak kabul edilmektedir. Bu anlayış, insanın yaratılışındaki hikmetin kavranmasına yönelik bir kapı aralamaktadır. Bu çerçevede su, insanın fitratını meydana getiren temel yapı taşlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Su nasıl ki temizleyici, arındırıcı ve hayat verici nitelikler taşımakta ise, insanın fitratı da doğuştan saf, duru ve iyiliğe yönelimli bir özellik sergilemektedir. Bu bağlamda su ile insan arasındaki ilişkinin yalnızca biyolojik bir çerçevede değil, aynı zamanda ahlaki, psikolojik ve metafizik boyutlarda da anlam kazandığı görülmektedir.

1.6. Araştırmanın Konusu

Bu çalışmanın konusu, “Temassız bir ortamda havada tutulan su damlasına uygulanan Türk müziği makâmlarından Rast makâmının perdelerinin frekanslarının suyun moleküler yapısı, yüzey gerilimi ve oluşturduğu desenler üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi” olarak belirlenmiştir.

1.7. Araştırmanın Problemi

Araştırmanın problem cümlesi, “*Rast Makâmı Perde Frekanslarının Su Üzerindeki Etkileri Nelerdir?*” olarak belirlenmiştir.

1.7.1 Araştırmanın Alt Problemleri

Bu araştırmada aşağıdaki alt problemlere yanıt aranmıştır:

1. Rast makâmının perde sistemi nasıldır?
2. Rast makâmının perde frekansları nelerdir?
3. Rast makâmının perdelerinin su üzerindeki etkileri nelerdir?
4. Müzik enstrümanlarının akor sisteminde kullanılan 440 Hz, Rast makâmı perde ve ses sistemiyle uyumlu mudur?

1.8. Araştırmanın Amacı

Bu çalışma, akustik levitasyon düzeneği kullanılarak temassız bir ortamda havada tutulan su damlaları üzerine uygulanan frekansların etkilerini tespit etmek ve bu yolla Türk müziği makâmsal sisteminde kullanılan perdelerin, su üzerindeki etkilerini ve suyun yüzey gerilimi üzerinde nasıl desenler oluşturduğunu ortaya koymaktır.

1.9. Araştırmanın Önemi

Bu araştırma;

- Su üzerinde frekansların etkilerinin tespit edilecek olması bakımından,
- Titreşim etkilerinin su üzerindeki etkilerini doğrudan gözlemlenmesine olanak tanınması bakımından,
- Müzik alanına deneysel yeni bir bakış açısı getirmesi bakımından,
- Türk müziğin ana makâm dizisi olan Rast makâmının perdelerinin su üzerindeki etkilerinin tespit edilmiş olması bakımından,
- Türk müziği makâm perdelerine ait frekansların su üzerindeki geometrik etkilerini konu alan çalışmaların son derece sınırlı olması nedeniyle, alandaki önemli bir boşluğu doldurması bakımından,
- Frekansların su üzerinde oluşturduğu düzenli, uyumlu veya karmaşık titreşimsel davranışların mühendislik, yapı akustiği, mimari tasarım, denizaltı teknolojileri, sağlık bilimleri, müzik terapisi ve müzikoloji gibi farklı disiplinler arası yenilik getirmesi bakımından,
- Suyu frekanslar uygulandığında tepki vermeden önce ilk olarak kendi içinde hortumsu bir hareket sergilemesinden dolayı, “Suyun frekansa verdiği tepkinin geçici mi yoksa belirli bir hafıza eğilimi gösterip göstermediği” sorusuna bilimsel bir çerçevede yanıt aramış olması bakımından önem arz etmektedir.

1.10. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırma,

- Katkısız içme suyunun test süreçlerinde kullanılmasıyla,

- Su damlalarının transdüserlere göre hangi yükseklikte konumlandırılacağı, kuru buz kullanılarak akustik dalgaların yoğunlaştığı bölgenin tespit edilmesiyle,



Şekil 1. 5. *Akustik Dalgaların Yoğunlaştığı Bölge*

- Her damla için sırayla tüm görev döngüsü oranları denenmesiyle,
- Türk müziğinin Rast makâmına ait perde frekans değerleri olarak Prof. Dr. Mehmet GÖNÜL'ün verdiği frekans değerleri ile,

TÜRK MÜZİĞİNE GÖRE	ÖLÇÜLEN FREKANS	BATIYA GÖRE	TUNERE GÖRE
SOL	147-148	RE	293-294
LA	165	Mİ	329-330
Sİ	185	FA	369-370
DO	196	SOL	392
RE	218	LA	440
Mİ	247-248	Sİ	493-494
FA	262-263	DO	523-524
FA#	278	DO#	554-555
SOL	292	RE	587-588

Şekil 1. 6. *Rast Makâmı Nota Frekans Değerleri*

- Havada asılı duran su damlası 1-30 dk süre ile gözlemlenmiş olmasıyla sınırlandırılmıştır.

1.11. İlgili Araştırmalar

Deng, R. (2021), akustik bir durgun dalga alanında levitasyonla havada tutulan sıvı damlalarının alternatif akustik uyarım altında sergiledikleri osilasyon davranışlarını incelemektedir. Araştırmada özellikle iki temel titreşim modunu incelemiştir. İlk olarak “yıldız-şekilli” osilasyonu incelenmiş ikinci olarak da damlanın ekvator düzleminde gerçekleşen bükülme (bending) osilasyonu incelenmiştir. Deneyleri su, gliserol ve çeşitli su-gliserol karışımları kullanılmaktadır. Damlaların davranışları üstten ve yandan yüksek hızlı kameralar aracılığıyla ayrıntılı biçimde kaydedilmektedir. Çalışmada kullanılan TinyLev sistemi, düşük maliyeti sayesinde kararlı bir akustik alan oluşturmakta ve damlaların temassız biçimde incelenmesine olanak sağlamaktadır. Damlaların çap, kalınlık, mod sayısı ve rezonans frekansları görüntü analizi ve MATLAB tabanlı ölçüm araçlarıyla hesaplanmaktadır. Çalışma sonucu sıvıların viskozite ve yüzey gerilimi gibi fiziksel özelliklerinin temassız

yöntemlerle belirlenmesine yönelik önemli bilimsel ve teknolojik katkılar sağlamaktadır (Deng, 2021).

Watanabe, Hasegawa ve Abe (2018), ultrasonik faz dizisi kullanılarak havada temas gerektirmeden sıvı damlacıklarının kontrol edilmesine yönelik yeni bir yaklaşım geliştirmektedir. Araştırmada, damlacıkların akustik alan içinde levite edilmesi, taşınması, birleştirilmesi ve aktif biçimde karıştırılması amaçlanmaktadır. Tüm bu işlemler herhangi bir fiziksel temas olmaksızın gerçekleştirilmektedir. Faz ayarı ile oluşturulan durgun dalga bölgelerinin damlacıkları kararlı bir biçimde havada tutabildiği gösterilmektedir. Damlacık yüzeyinde rezonans modların oluşturulması için iletilen ultrasonik sinyalin genliği belirli frekanslarda modüle edilmektedir. Mod uygulanmadığında karışmanın yaklaşık 60 saniyede tamamlandığını, ancak rezonans mod uygulanması hâlinde bu sürenin yaklaşık 10 saniyeye düştüğünü ortaya koymaktadır. Akustik potansiyelin uygun şekilde ayarlanmasıyla damlacıkların kontrollü biçimde birleştirilebildiğini ve rezonans yüzey osilasyonlarının karışmayı difüzyona kıyasla çok daha etkin bir hâle getirdiğini göstermektedir. Bu yönüyle sistem, biyomedikal uygulamalardan malzeme bilimine kadar geniş bir alanda temassız sıvı yönetimi için yenilikçi bir platform sunmaktadır. Çalışma, ultrasonik faz dizilerinin havada sabit duran sıvı damlacıklarının hem geometrik şekil kontrolü hem de aktif karıştırma sağlayabildiğini göstermektedir (Watanabe vd., 2018).

Shen, Wei ve Xie (2010), ultrasonik akustik levitasyon altında havada askıda tutulan sıvı damlacıklarında gözlemlenen sektöryal salınımların deneysel olarak nasıl uyarıldığını ve bu salınımların fiziksel karakteristiklerini ayrıntılı biçimde incelemektedir. Araştırmada, yaklaşık 22 kHz taşıyıcı frekansa sahip bir ultrasonik alan içinde levite edilen su damlacıklarının, ikinci moddan yedinci moda kadar salınımlara zorlanabildiği gösterilmiştir. Deneysel bulgular, bu salınımların doğrudan bir dış kuvvetle değil, taşıyıcı ultrasonik alanın modülasyonu sonucu damlacığın doğal frekansını periyodik olarak değiştirilmesiyle ortaya çıktığını ortaya koymaktadır. Çalışmada özellikle, akustik basınç altında damlacığın başlangıçta yassı bir şekle sahip olmasının, modlardan frekans bakımından ayrışmasını sağladığı ve böylece bu modların yüksek genliklere ulaşabilmesini mümkün kıldığı vurgulanmaktadır. Ayrıca, salınım frekanslarının, modülasyon sona erdikten sonra da değişmeden devam etmesi,

modülasyonun yalnızca enerji kayıplarını telafi eden bir uyarım rolü üstlendiğini ve sistemin doğal dinamiklerini değiştirmedikini ortaya koymaktadır (Shen vd., 2010).

Wan, Fredericks ve Saylor (2013), akustik bir alan içinde levite edilen sıvı bir damlacığın şekil salınımlarını inceleyerek, özellikle literatürde yıldız damla (star drop) olarak adlandırılan iki boyutlu desenlerin oluşum mekanizmasını açıklamayı amaçlamaktadır. Araştırmada, ultrasonik bir duran dalga alanı içerisinde askıda tutulan sıvı damlacığın, akustik alan şiddetinin artırılmasıyla disk benzeri bir forma zorlandığı ve bu denge durumunun, alan şiddetinin periyodik olarak modüle edilmesi hâlinde kararsız hâle gelerek şekil mod salınımlarına dönüştüğü gösterilmektedir. Yüzey gerilimi ile akustik basınç arasındaki denge, damlacığın doğal rezonans frekanslarında uyarılmasıyla bozulmakta ve damlacığın çevresi boyunca ilerleyen dalgalar oluşarak yıldız biçimli loblu desenler meydana gelmektedir. Çalışmada, oluşan desenlerdeki lob sayısının damlacık yarıçapı, sıvının fiziksel özellikleri ve akustik alanın modülasyon frekansı gibi parametrelere bağlı olarak değiştiği ortaya konulmuştur (Ran vd., 2013).

Brunet ve Snoeijer (2011), sıvı damlacıklarının periyodik uyarım veya hava yastığı üzerinde levitasyon koşulları altında eksensel simetrisini kaybederek yıldız benzeri geometrilere dönüşmelerini, deneysel gözlemler ve kuramsal çerçeveler eşliğinde sistematik biçimde ele almaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde, damla modlarının, mekanik titreşim, akustik alan veya manyetik alan gibi altında parametrik rezonans yoluyla nasıl kararsız hâle geldiği ve bu kararsızlığın, damla çevresi boyunca duran dalgalar oluşturarak çok loblu yıldız şekillerini ortaya çıkardığı açıklanmaktadır. İkinci aşamada yazarlar, bu yıldız damla olgusunun yalnızca haricî olarak dayatılmış bir periyodik zorlamayla sınırlı olmadığını, Leidenfrost durumu ya da sabit hava akışıyla oluşan hava yastığı gibi sezgisel olarak “zamansız” görünen sistemlerde dahi ortaya çıkabildiğini göstermektedir (Brunet & Snoeijer, 2011).

Ritchie (2023), müziğin yalnızca işitsel bir olgu olarak değil, işitsel, görsel ve fiziksel boyutları eş zamanlı olarak içeren çok duyulu bir deneyim olarak nasıl yeniden kurgulanabileceğini, cymatics (kimatik) bilimi aracılığıyla ayrıntılı biçimde ele almaktadır. Laura Ritchie ve Jill Jarman’ın solo çello için bestelediği “Resonance” adlı eserin icrasında, her bir müzikal perdenin matematiksel olarak doğru kimatik

imgelerle, müziksel frekansların fiziksel yapılarını görünür kılan yenilikçi bir performans modeli geliştirmiştir. Çalışmada tarihsel kimatik geleneği ile çağdaş müzik algısı, sinestezi, bedenlenmiş müzik deneyimi ve algısal bütünleşme kuramları bir araya getirilmiştir. Fiziksel olarak canlı üretimi güncel teknolojilerle mümkün olmayan kimatik desenlerin, “Kimatik Frekans Emülatörü” yazılımı kullanılarak sanal plakalar üzerinde üretilmiş, çello repertuarındaki dört oktavlık perde alanına eşleştirilmiş ve böylece her notaya özgü, frekans temelli görsel bir karşılık oluşturulmuştur. Bu bağlamda kimatik temelli görselleştirmelerin çağdaş müzik performansında kullanılması, algısal derinlik ve disiplinler arası bir önem taşımakta olduğunu ortaya koymaktadır (Ritchie, 2023).

1.12. Tanımlar

Simatik-Kimatik(Cymatik): Ses ve titreşim frekanslarının, bir ortam (kum, su, sıvı yüzeyleri vb.) üzerinde oluşturduğu düzenli geometrik desenleri inceleyen disiplin olarak tanımlanmaktadır (Yun & Jiali, 2024, s. 1).

Faz: Elektrik geriliminde evre; safha (*Türk Dil Kurumu*, 2026).

Rezonans: Düzgün itmelerin etkisiyle bir salınım genliğinin artışı, titreşim (*Türk Dil Kurumu*, 2026).

Ultrasonik Dönüştürücü (Transdüser): “Temel olarak en çok kullanılan iki tip ultrasonik dönüştürücü vardır. Bunlardan ilki elektromanyetik akustik dönüştürücülerdir (electromagnetic acoustic transducer EMAT). EMAT, elektromanyetik mekanizmaları kullanarak temassız ses üretimi ve alımı yapar” (Kabukcu, 2015, s. 7).

Chladni Deseni: “Chladni deseni süperpoze etmeyi ve frekans parametresine bağlı olarak desenlerin değişimini kapsar” (Battal, 2023, s. 5).

Akustik Levitasyon: “Durağan dalga ile akustik levitasyon tekniğinde bir ses kaynağı ile bir yansıtıcı arasında durağan dalga elde edilir. Akustik ses basıncı elde edilen durağan dalga formunun düğüm noktaları etrafında doğrusal bir yay gibi davranarak parçacıkları bu düğüm noktalarına çeker ve bu şekilde parçacıklar havada tutulabilir” (Kandemir, 2014, s. vi).

f_{mod} (Modülasyon Frekansı): “Taşıyıcı dalganın frekansı, bilgi işaretine bağlı olarak değiştirilir” (Ay, 2010, s. 7).

V_0 : Bir elektrik sinyalinin ulaşabildiği en yüksek voltaj değeri olarak tanımlanmaktadır (Sedra, 2016, ss. 6-7).

Görev Döngüsü: Darbe Genişliği Modülasyonu (PWM), giriş değerine bağlı olarak çıkış darbesinin görev döngüsünü ayarlar (Horowitz & Hill, 2024, s. 888).

BÖLÜM II

2. YÖNTEM

Araştırmanın bu bölümünde, araştırma yöntemine, araştırmanın desenine, veri toplama araçlarına, verilerin analizine, araştırmayla ilgili yapılacak çalışma planına yönelik bilgilere ve açıklamalara yer verilmiştir.

2.1. Araştırma Yöntemi

Bu çalışmada nicel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Nicel araştırma, incelenen durumu kendi bağlamı içinde bütüncül (holistik) bir perspektifle ele almaktadır. Bu yaklaşım, olgu üzerinde etkili olan değişkenleri ortaya koymakta ve çözümlemektedir. Nicel araştırmalarda tasarım, çalışmanın başlangıcında belirlenmekte ve süreç, önceden planlanmış aşamalar doğrultusunda yürütülmektedir (Akarsu & Akarsu, 2019, s. 28).

2.2. Araştırmanın Deseni

Bu çalışmada nicel araştırma yönteminin desenlerinden “deneysel araştırma deseni” kullanılmıştır. Deneysel araştırma deseni araştırmacının yapay olarak oluşturduğu kontrollü bir ortamda incelenmek istenen olgu ya da etkenleri ele alarak, değişkenler arasındaki ilişkileri çözümlemeyi veya neden-sonuç durumlarını karşılaştırmayı amaçlayan çalışmalar olarak ifade edilmektedir (Garip, 2023, s. 13).

2.3. Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama süreci, deneysel olarak oluşturulan akustik levitasyon düzeneği kullanılarak yürütülmektedir. Çalışmada su damlaları, enjektör aracılığıyla sisteme kontrollü bir biçimde aktarılmakta ve damlanın akustik alan içerisinde levitasyon hâlinde stabilize olması sağlanmaktadır. Her bir frekans uygulamasında, damla öncelikle havada kararlı bir konuma getirilmektedir. Ardından, seçilen frekansın damla üzerinde oluşturduğu fiziksel etkilerin gözlemlenebilmesi amacıyla ilgili frekans 1-30 dakika arası süreyle uygulanmaktadır. Rast makâmının oluşturan perde frekansları için Prof. Dr. Mehmet GÖNÜL’ün verdiği frekans değerleri

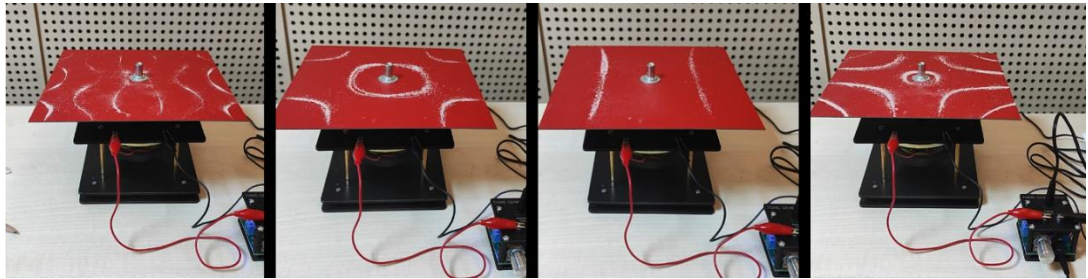
baz alınarak kullanılmıştır. Bu süreç eşzamanlı olarak CD ve fotoğraf kayıtlarıyla belgelenmektedir. Elde edilen tüm veriler sistematik biçimde kayıt altına alınmaktadır.

2.3.1. Deney Düzeneği

Bu çalışmanın ilk çıkış noktası, suyun frekans titreşimlere hangi tepkileri verdiğinin belirlenmesinden doğmaktadır. Çalışmanın başlangıç aşamasında, literatürde yaygın şekilde uygulandığı üzere, bir plaka ya da kap içerisinde bulunan suya bir osilatör aracılığıyla çeşitli frekansların verilmesi planlanmaktaydı. Bu yöntem sayesinde suyun yüzeyinde ortaya çıkan geometrik şekillerin gözlemlenebilmesi hedeflenmekteydi.



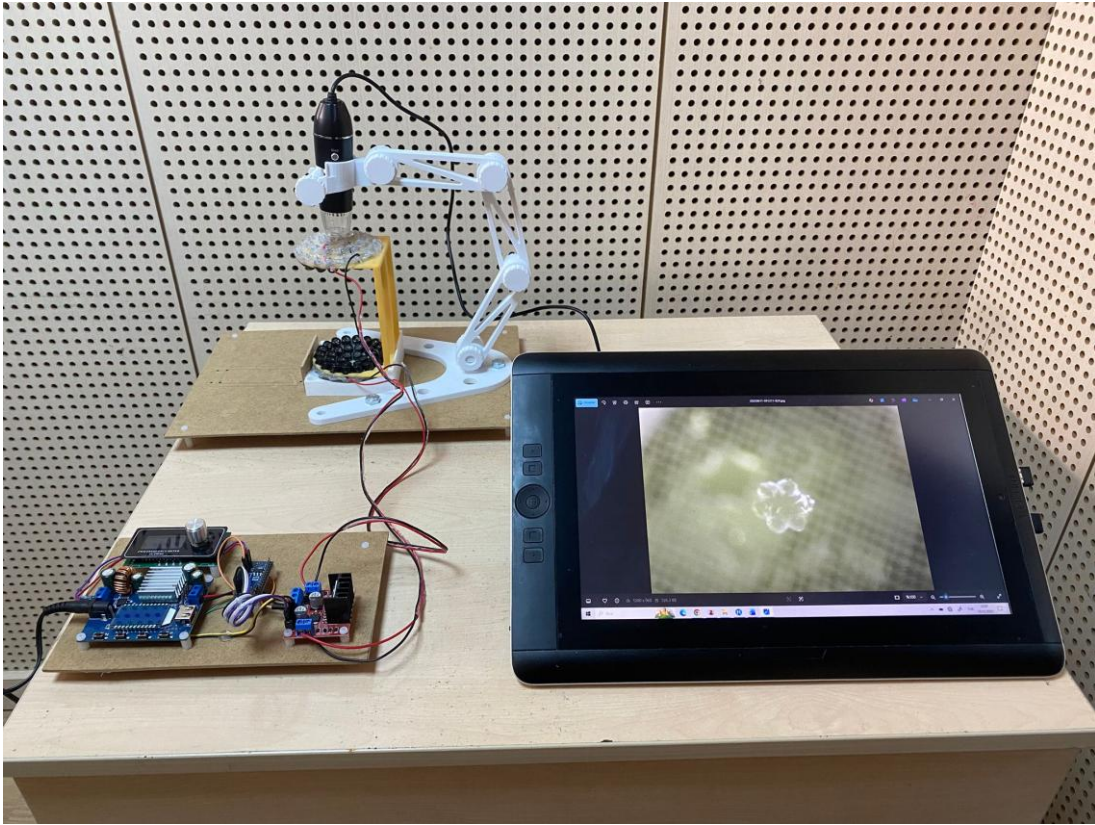
Şekil 2. 1. *Dairesel Bir Kaptaki Suyun Oluşturduğu Simatik Şekiller*



Şekil 2. 2. *Chladni Plakasındaki Kum Tanelerinin Oluşturduğu Simatik Şekiller*

Ancak yapılan ön değerlendirmeler sonucunda, gözlenen desenlerin yalnızca yüzey temasından mı yoksa doğrudan frekans uyarımından mı kaynaklandığı sorusu araştırmanın merkezine yerleşmiştir. Bu soru, suyun fiziksel tepkilerini daha yalın, dış etkenlerden arındırılmış ve kontrollü bir ortamda inceleme gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle çalışmada, suyun herhangi bir yüzeye temas etmeden,

havada kararlı bir şekilde asılı tutulduğu akustik levitasyon yöntemine yönelinmiştir. Bu yaklaşım, suyun yüzey geriliminde meydana gelen değişimlerin doğrudan frekans etkisiyle ilişkisini ortaya koymayı mümkün kılmaktadır. Temassız ortamda gerçekleştirilen akustik levitasyon deneyleri, yüzey etkileşimlerinden kaynaklanabilecek yan etkileri ortadan kaldırmakta ve suyun doğal bütünlüğü korunarak daha sağlıklı gözlemler yapılmasına imkân sağlamaktadır.



Şekil 2. 3. *TinyLev Akustik Levitasyon Cihazı*

Dolayısıyla bu araştırma, suyun frekanslara verdiği fiziksel tepkilerin temassız ortamlardaki davranış farklılıklarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Böylece yüzey değişkeni aradan çıkarılmıştır. Akustik olarak havada sabit tutulan su damlasının belirli frekanslara maruz bırakılması sonucunda ortaya çıkan geometrik desenlerin incelenmesine ve anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

İlk olarak su bir yüzeyle temas etmeden sabitlenebilmesini için 40 kHz frekans aralığında üretilen ultrasonik ses dalgalarından yararlanılmıştır. Alt ve üst taraftan gönderilen ses dalgaları arasında kalan boşluk bölgelerde yer çekimsiz ortamlar oluşmaktadır. Su bu bölgelerde sabit olarak havada asılı kalabilmektedir.



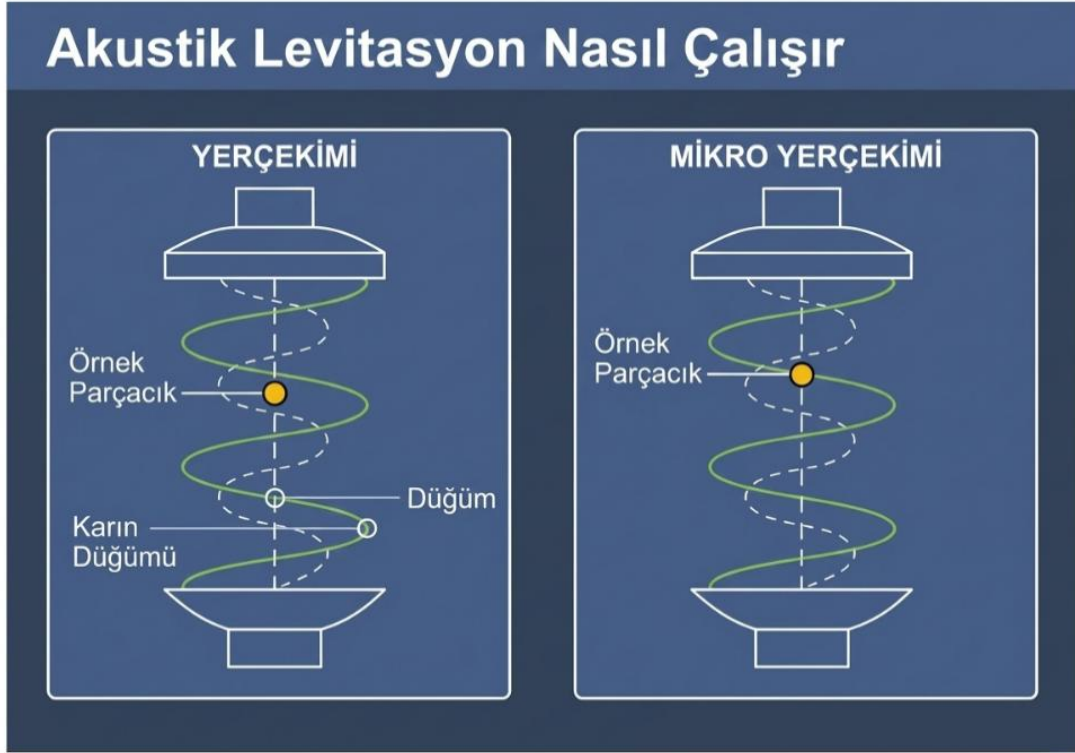
Şekil 2. 4. Kuru Buz

Bu ses dalgalarının birleştiği yerlere ise faz düğümü denilmektedir. Biz dalgaların yoğunlaştığı alanları karanlık bir ortamda kuru buzun ürettiği duman yardımı ile tespit edilmiştir.



Şekil 2. 5. *Akustik Alan Boşlukları*

Faz düğümlerinin yüksekliği ve alçaklığını Arduino pinlerinden verilen çıkışlarla kontrol edilebilmekte ve böylece su damlası aşağıya ve yukarı hareket ettirmek mümkün olmaktadır. Fakat çalışmamızda dalganın en yoğun olduğu bölge olarak yerden yükseklik olarak 7.5 mm baz alınmıştır. Her damla bu bölgede çalışılmıştır.



Şekil 2. 6. *Faz Düğümleri*

Söz konusu ikinci bindirme frekans için şu formül kullanılmıştır.

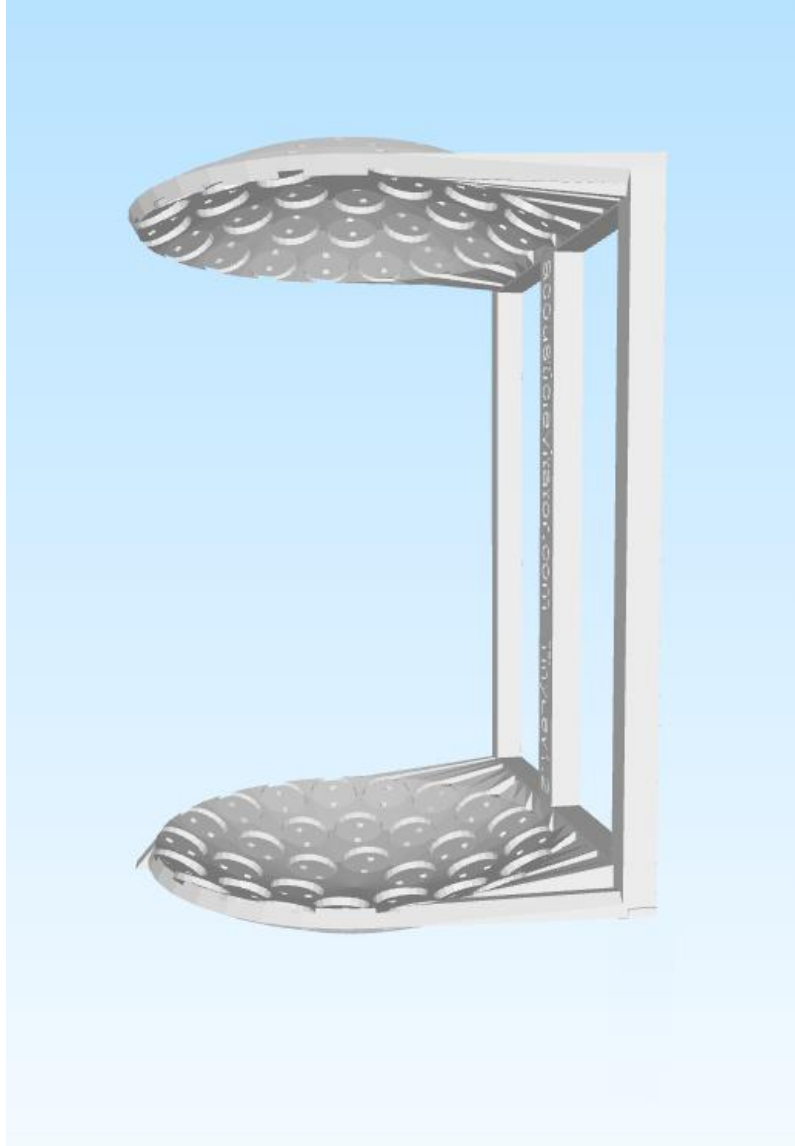
$$f_{\text{mod}} = 1/2T_{\text{mod}}$$

$f_{\text{mod}} = 1/2T_{\text{mod}}$ %50 görev döngüsü nedeniyle. V_0 , damlacığı havaya kaldırmak için uygulanan voltaj genliğidir. $V = V_0$ ve $V = 0$ sırasıyla “açık” ve “kapalı” anlamına gelir.

Formülün işleyiş prensibinden bahsedecek olursak, ($f_{\text{mod}} = 1/2T_{\text{mod}}$), %50 görev döngüsünde frekansın nasıl hesaplandığını göstermektedir. %50 döngüde sinyal süresinin yarısında açık, yarısında kapalıdır. Bu yüzden toplam periyot, açık kalma süresinin (T_{mod}) iki katıdır. ($2 \times T_{\text{mod}}$). Frekans da periyodun tersidir.

2.3.2. TinyLev Düzeneginin Taşıyıcı İskeleti

Sistem toplamda 72 ultrasonik dönüştürücü (transdüser) kullanılmıştır. Alt ve üst yüzeyler mevcuttur. Her bir yüzeyin iç dairesinde 6, orta dairesinde 12 ve dış dairesinde olmak üzere 18 transdüserden meydana gelen 36'şar transdüser yerleştirilmiştir. Aşağıda görüldüğü gibi, üç boyutlu yazıcı teknolojisini kullanarak üretilmektedir.



Şekil 2. 7. *TinyLev Düzeneginin Taşıyıcı İskeleti*

2.3.3. Ardunio Nano

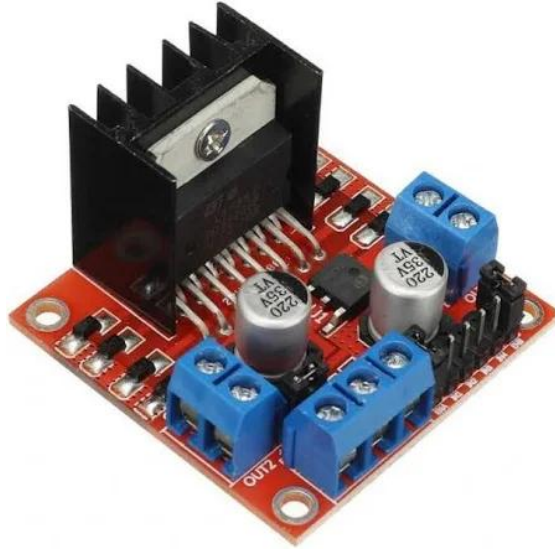
Dönüştürücülerle(transdüserlerle) kare dalga olarak sürekli çıkış sinyalleri elde edilmiştir. Kare dalgalarla çalışma yapılması, dijital sinyal üretimini önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır. Çalışmada kare dalga sinyallerinin üretilmesi için bir Arduino Nano kullanılmış.



Şekil 2. 8. *Ardunio Nano*

2.3.4. L298N Çift Motor Sürücü Kartı

Kullanılan L298N çift motor sürücü kartı, Arduino Nano tarafından üretilen kare dalga sinyallerini dönüştürücülerin çalışmasına uygun seviyelere yükseltmektedir. Arduino'nun doğrudan sağlayamayacağı akım ve gerilim, L298N aracılığıyla ultrasonik dönüştürücülere iletilmektedir. Ayrıca L298N'in sistemde itme-çekme (push-pull) uygulanmasına imkân tanımaktadır. Böylece kanallardan birinin fazı sabit tutulurken diğerinin faz değeri değiştirilerek hapsedilen parçacıkların yukarı veya aşağı yönlü hareketinin sağlanmasına katkı sunmaktadır. Fakat biz deneyimizde kullandığımız su damlalarını sabit yükseklikte çalıştığımız için faz ayarlarını kullanmadık.



Şekil 2. 9. L298N Çift Motor Sürücü Kartı

2.3.5. SK35L DC 0.6-30V

Besleme kaynağı olarak tasarıma ek olarak SK35L DC 0.6–30V ayarlanabilir güç kaynağı eklenmiştir. Böylece, kararlı ve hassas şekilde ayarlanabilir bir doğru akım gerilimi sağlamaktadır. Bu sayede hem sistemde oluşabilecek gerilim dalgalanmalarının önüne geçilmiş hem de deneysel koşulların tekrarlanabilirliği artırılmıştır.



Şekil 2. 10. SK35L DC 0.6-30V

2.3.6. XY- PWM1 Frekans Ayarlayıcısı

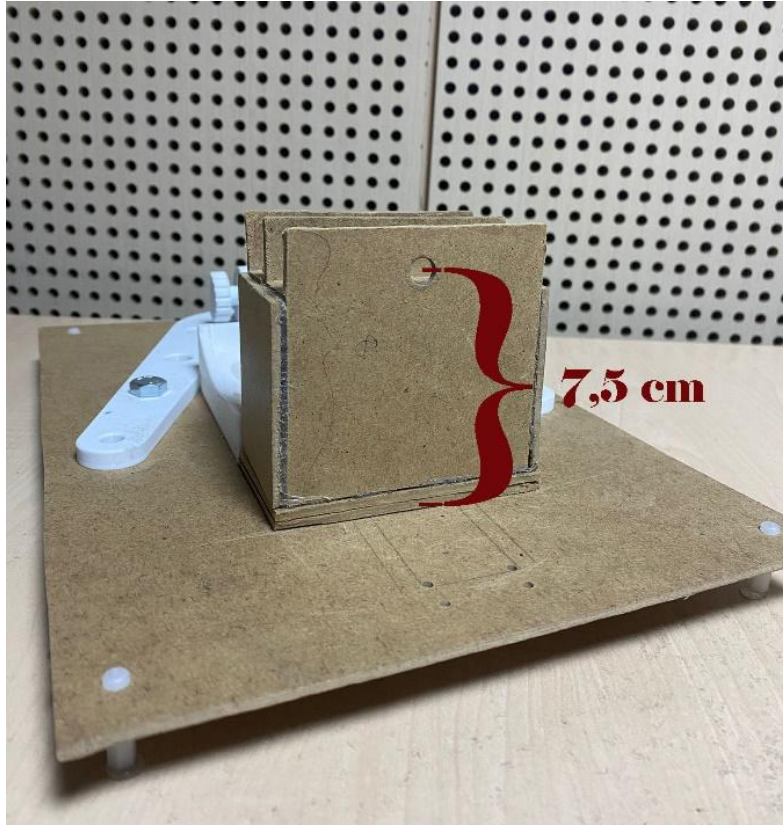
Nota frekans değerlerinin hassas ve kontrollü bir biçimde gerçekleştirebilmek amacıyla XY-PWM1 frekans üretici modülünden yararlanılmıştır. Böylece kullanılacak farklı nota frekanslarının ve ilgili akustik uyarımların doğru, stabil ve kararlı bir şekilde üretilebilmesini sağlamaktadır.



Şekil 2. 11. *XY- PWM1 Frekans Ayarlayıcısı*

2.3.7. Şırınga Kızağı

Deneyisel düzende, kuru buz kullanılarak oluşturulan ses dalgalarının yoğunluk gösterdiği bölgenin tespiti yapılmıştır. Ses dalgalarının toplandığı bölgesinin konumuna göre şırınga yuvasının, yerden 7,5 cm yükseklikte konumlanmıştır. Böylece her damla ve aynı yükseklikte çalışılma imkânı sağlanmış ve standart hale getirilmiştir.



Şekil 2. 12. Şırınga Yuvası

2.3.8. Ses Yalıtımlı Kasa

Ölçümlerin dış çevresel etkilerden bağımsız olarak yürütülebilmesi amacıyla, TinyLev düzeneği ses yalıtımlı bir koruyucu kasa içerisine yerleştirilmiştir. Böylece dış ortamdan gelebilecek istenmeyen akustik girişimleri önemli ölçüde azaltarak deney sürecinin gürültüden arındırılmış bir ortamda gerçekleştirilmesini sağlamıştır.



Şekil 2. 13. *Ses Yalıtımlı Kasa 1*



Şekil 2. 14. *Ses Yalıtımlı Kasa 2*

2.3.9. USB Dijital Mikroskop

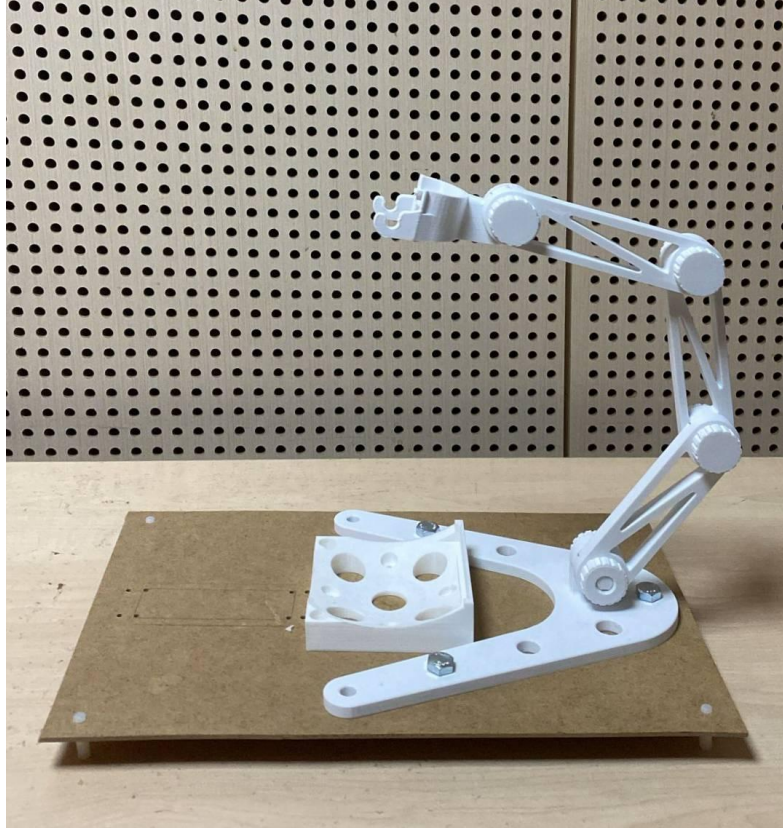
Hareket halindeki bir su damlasının görüntü ve kayıt alabilmek için öncelikle “optik zoom” özelliği olan çeşitli kameralar kullanılmıştır. Fakat bu süreçte hareket halindeki bir su damlasına odaklanma problemleri oluşmuştur. Bu problemi “optik zoom” yerine “digital zoom” kullanarak ortadan kaldırdık. Bu nedenle BPM-220 USB dijital mikroskoptan kullanılmıştır. Mikroskop, USB bağlantısı aracılığıyla bilgisayara bağlanarak fotoğraf ve CD çekimi ile ölçümlerin yapılmasına olanak tanımıştır.



Şekil 2. 15. *USB Dijital Mikroskop*

2.3.9.1. USB Mikroskop 3D Ayarlanabilir Ayaklık

USB dijital mikroskop için ayarlanabilir nitelikte özel olarak tasarlanmış üç boyutlu bir taşıyıcı ayak bastırılmıştır. Bu ayarlanabilir ayaklık, mikroskopun doğru şekilde konumlandırılmasını sağlamıştır.



Şekil 2. 16. *USB Mikroskop 3D Ayarlanabilir Ayaklık*

2.3.9.2. Program

Deney sürecinde elde edilen görsel verilerin kaydedilebilmesi amacıyla, HiView20230724 programından yararlanılmıştır. Bu program, fotoğraf çekimlerini hem de gerçek zamanlı CD kayıtlarını desteklemesi sayesinde, havada asılı hâldeki damlanın yüzeyinde oluşan desenlerin ayrıntılı biçimde kaydedilmesini sağlamıştır.

2.3.9.3. Wacom Tablet DTH 1300

Çalışmada kullanılan USB dijital mikroskobu Wacom Tablet DTH-1300 cihazına bağlayarak görüntü aktarım sürecini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. 17. *Wacom Tablet DTH 1300*

2.4. Veri Analizi

Araştırmada, elde edilen veriler için gözlem aracı kullanılmıştır. Gözlem, araştırma amacına uygun olarak bireylerin, toplulukların ya da doğal ortamların, araştırmacı tarafından doğrudan ya da çeşitli kayıt araçları aracılığıyla sistemli biçimde izlenmesini içeren bir veri toplama sürecini ifade etmektedir. Bu yöntem, özellikle sözel olmayan davranışlara ilişkin bilgiler elde edilebilmesi ve diğer veri toplama tekniklerine kıyasla yapaylık düzeyinin daha düşük olması açısından önemli avantajlar sunmaktadır (Sarıkış & Demir, 2020, s. 4). Araştırmada elde edilen veriler doğrultusunda araştırmanın problem durumu ve alt problemler yorumlanmıştır.

BÖLÜM III

3. BULGULAR ve YORUMLAR

3.1. Rast Makâmının Perde Sistemi ve Seyri

Rast makamı, seyir hareketine karar perdesi olan Rast ekseninde başladığı,

Rast dizisi perdeleri, Rast, Dugâh, Segâh, Çargâh, Neva, Hüseyini, Eviç (çıkışta), Acem (inişte), Gerdaniye olduğu,

Rast ile Çargâh perdesi arasındaki alan ile Rast'tan Yegâh perdesine kadar uzanan ses sahası içerisinde ilk seyrini oluşturduğu,

Seyir esnasında Segâh karakterli kalıpların görülmesi sebebi ile Segâh perdesini önemli bir asma karar noktası hâline geldiği,

Dügâh üzerinde gerçekleştirilen Uşşak nitelikli kalıplar da Dügâh perdesini Rast makamı açısından belirgin bir asma karar işleviyle öne çıkıdığı,

Seyirde Nevâ perdesinin belirgin şekilde vurgulanması ve bu perdeden karar perdesine yönelen nağme yürüyüşlerde Sûzinâk, Nikriz, Pençgâh, Nihâvend ve Rehâvî gibi makamlara geçkilerin sıklıkla tercih edildiği,

Yanı sıra Gerdâniye perdesinin tutulması, Mâhur karakterli geçkilerin ortaya çıkmasına imkân tanıdığı,

Rast makamı dizisi, farklı makam terkipleri içerisinde çeşitli bileşik yapılar hâlinde yer aldığı,

Dizideki diğer perdelerin öne çıkarılması suretiyle Uşşak, Çargâh, Sabâ, Hüseyinî, Eviç, Gerdâniye ve daha pek çok makama geçiş yapılabildiği dolayısıyla Rast makamının doğal ses dizisinden doğan pek çok makam olduğu gözlemlenmiştir.

3.2. Rast Makâmının Perde Frekansları

Prof. Dr. Mehmet Gönül tarafından verilen Rast makâmı perde frekans değerlerine göre,

Rast (Sol) perdesi referans kabul edildiği, Rast (Sol) perdesinin ortalama 147-148Hz yani 147.5Hz kabul edildiği,

Diğer perdelerin bu değere göre oranları hesaplandığında (Oran=İlgili Frekans/147.5Hz),

Dugâh (La) Perdesi 165Hz değerinde olduğu için; $165/147.5=1.11864$ yani yaklaşık 9/8 oranında,

Buselik (Si) Perdesi 185Hz değerinde olduğu için; $185/147.5=1.25424$ yani yaklaşık 5/4 oranında,

Çargâh (Do) Perdesi 196Hz değerinde olduğu için; $196/147.5=1.32881$ yani yaklaşık 4/3 oranında,

Neva (Re) Perdesi 218Hz değerinde olduğu için; $218/147.5=1.47898$ yani yaklaşık 3/2 oranında,

Hüseyini (Mi) Perdesi 247-248Hz değerinde olduğu için Hüseyini (Mi) Perdesi = 247.5Hz düşünüldüğünde $247.5/147.5=1.6780$ yani yaklaşık 5/3 oranında,

Acem (Fa) Perdesi 262-263Hz değerinde olduğu için Acem (Fa) Perdesi = 262.5Hz düşünüldüğünde $262.5/147.5 = 1.77966$ yani yaklaşık 16/9 oranında,

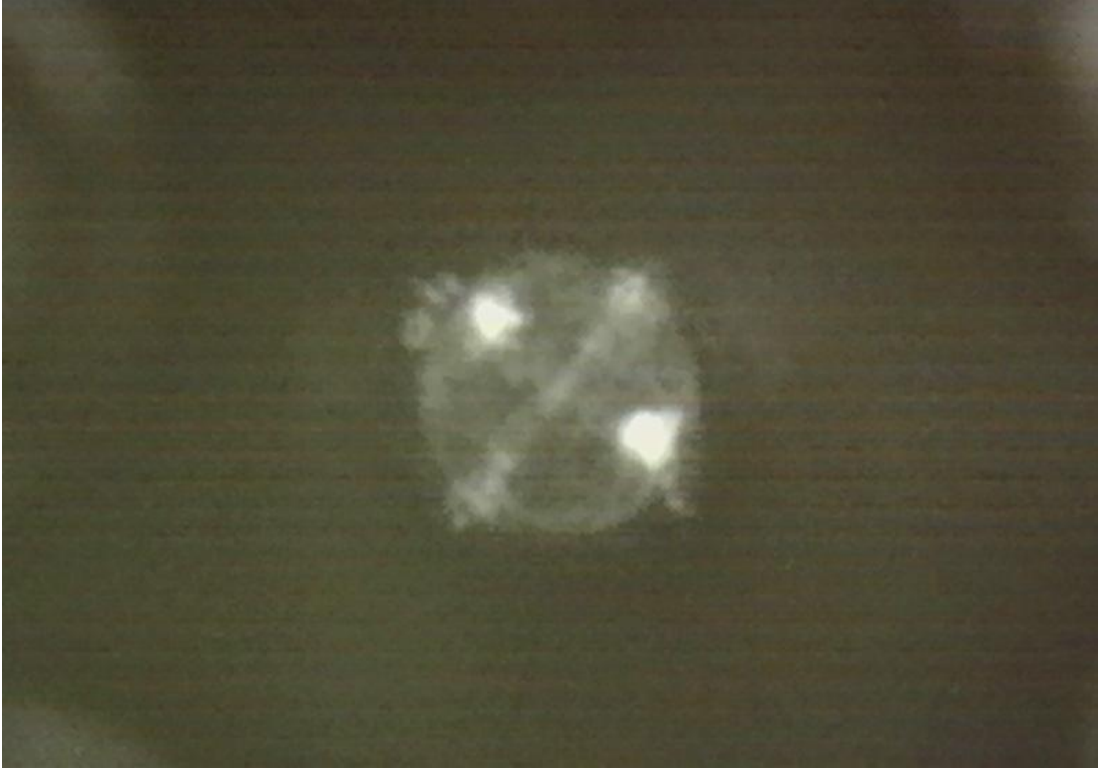
Eviç (Fa#) Perdesi 278Hz değerinde olduğu için; $278/147.5 = 1.88508$ yani yaklaşık 15/8 oranında,

Gerdaniye (Sol) Perdesi 292Hz değerinde olduğu için; $292.5/147.5 = 1.98305$ yani yaklaşık 2/1 oranında olduğu gözlemlenmiştir.

3.3. Rast Makâmının Perdelerinin Su Üzerindeki Etkileri

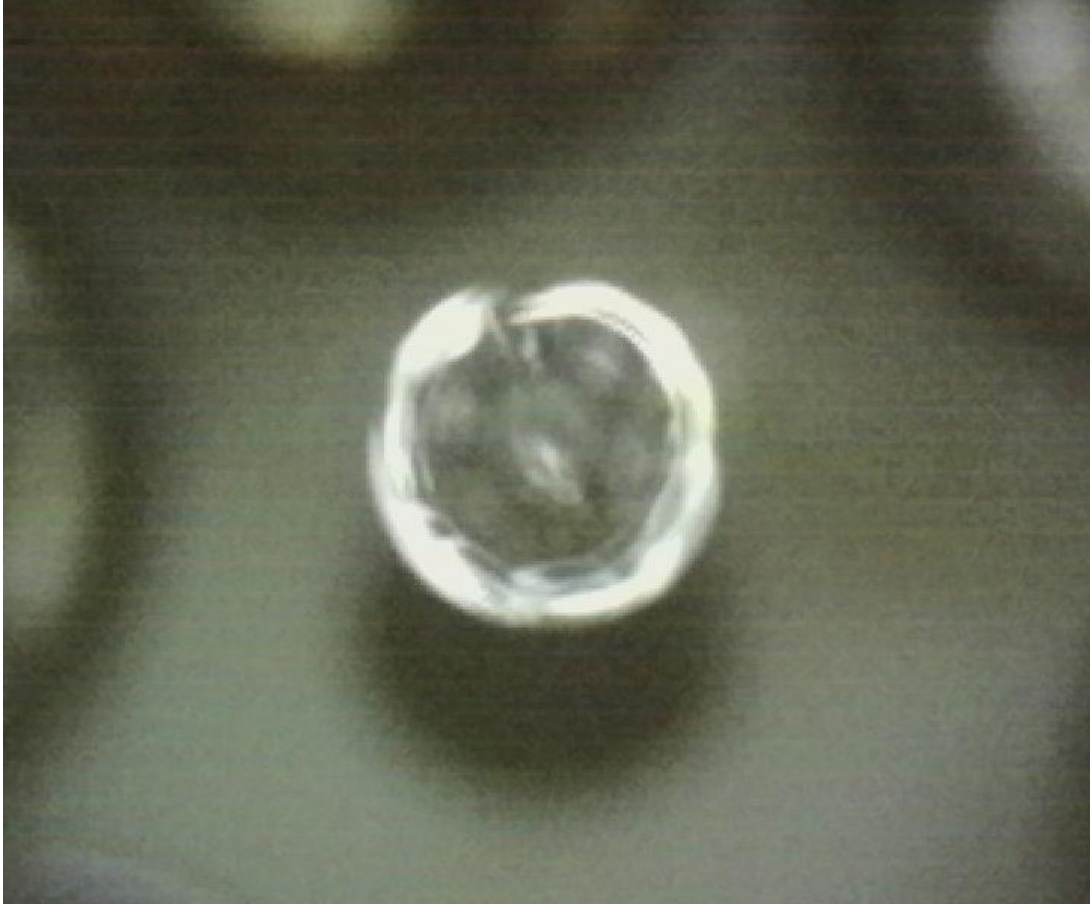
3.3.1. Rast (Sol) Perdesi

Havada asılı tutulan su damlasının, 147-148Hz frekansında, 17 V genlikte ve %15 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği görülmüştür. %15 görev döngüsünde dört köşeli oval bir şekil oluştururken, %10 görev döngüsünde dairesel bir döngü olarak tepki verdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 1. *Rast (Sol) Perdesi (147-148 Hz %15 Görev Döngüsü 17 V)*

Şekil 3.1. de görüldüğü üzere 147-148Hz e tabi tutulan su damlasında küçük şiddetle uygulanan frekans değerleri ile kısa sürede gözle görünür vaziyette temel hareketlenmeler ile şekiller oluştuğu, oluşan şeklin uzun süreli (1,5 dk) muhafaza edildiği, damlanın ekseriyetle saat yönünün tersine dönme hareketi gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 3. 2. *Rast (Sol) Perdesi (147-148 Hz %10 Görev Döngüsü 17 V)*

Şekil 3.2’de gözlemlendiği üzere, 147–148Hz frekans aralığına maruz bırakılan su damlasında, nispeten düşük genlikli (küçük şiddetli) titreşim uygulanmasına rağmen belirgin ve düzenli bir vorteks (hortumsu) hareket oluşturduğu, söz konusu frekans etkisiyle damla içerisinde kusursuza yakın süreklilik arz eden bir iç akış mekanizması meydana geldiği, bu döngüsel hareketin oldukça yüksek hızda gerçekleşmesi sebebiyle, akışın saat yönünde mi yoksa saat yönünün tersine mi ilerlediği net biçimde tespit edilemediği, bu durum, uygulanan frekansın damla içerisinde kararlı fakat yüksek hızlı bir dinamik denge oluşturduğunu göstermekte görsel analiz açısından yön tayinini güçleştirdiği tespit edilmiştir.

3.3.2. Dugâh (La) Perdesi

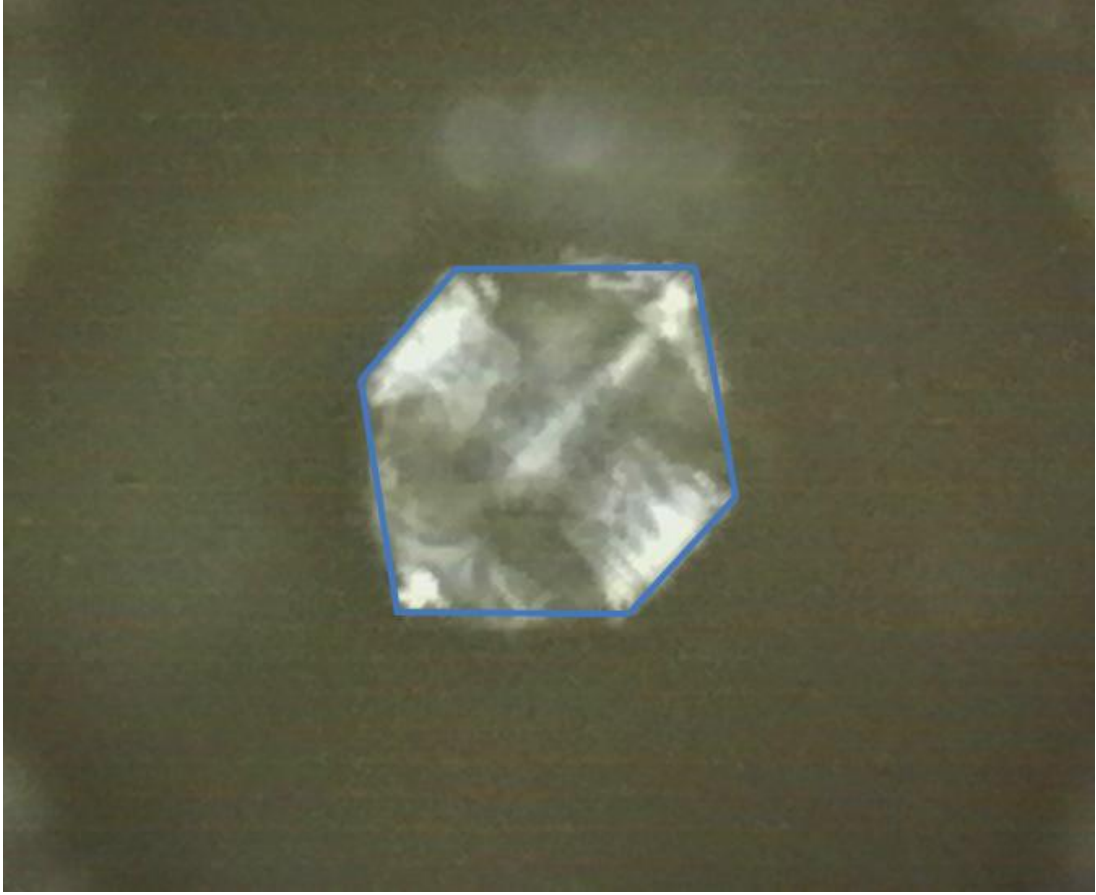
Havada asılı tutulan su damlasına, 165Hz frekansında, 16 V genlikte ve %15 ve %30 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. %15 görev döngüsünde köşeli oval bir altıgen şekil çıktı gözlemlenmiştir. %30 görev döngüsünde ise suyun herhangi iç içe geçmiş 2 daire şeklinde tepki verdiği gözlemlenmiştir.



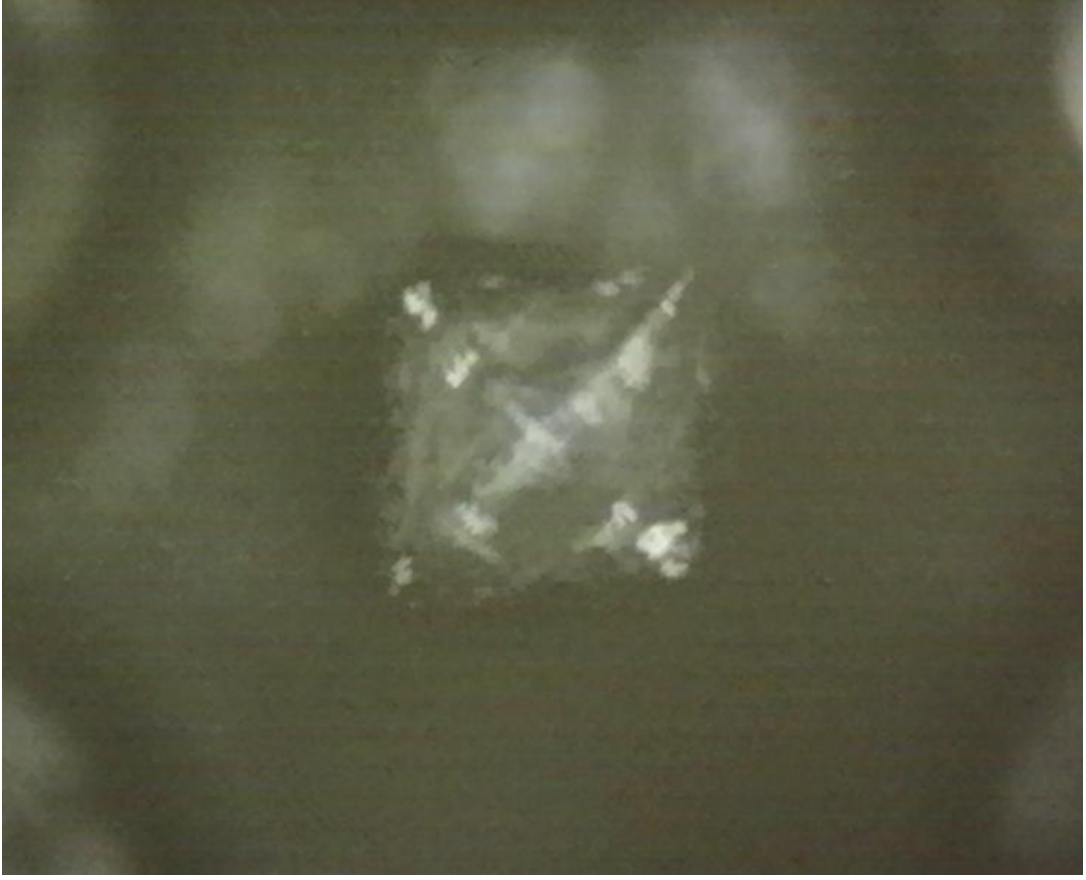
Şekil 3. 3. *Dugâh (La) Perdesi (165 Hz %15 Görev Döngüsü 16 V)*

Şekil 3.3'te gözlemlendiği üzere, 165Hz frekansına maruz bırakılan su damlasında düşük genlikli titreşim uygulanmasına rağmen kısa süre içerisinde gözle seçilebilir düzeyde belirgin yüzey hareketlenmeleri meydana geldiği, bu hareketlenmelerin ilerleyen aşamasında damla formunun tam anlamıyla geometrik bir altıgen olmamakla birlikte, oval karakter taşıyan ve altıgeni andıran simetrik bir yapı kazandığı, özellikle

damlanın iki yan bölgesinden merkeze doğru yönelen dinamik basınç etkilerinin, merkezde karşılaşarak bir tür enerji yoğunlaşması oluşturduğu ve bu karşılıklı etkileşimin altıgen benzeri formun ortaya çıkmasında belirleyici rol oynadığı, bu durumun, uygulanan frekansın damla yüzeyinde yalnızca rastlantısal dalgalanmalar değil, yönlü ve kutupsal bir enerji dağılımı meydana getirdiği tespit edilmiştir.

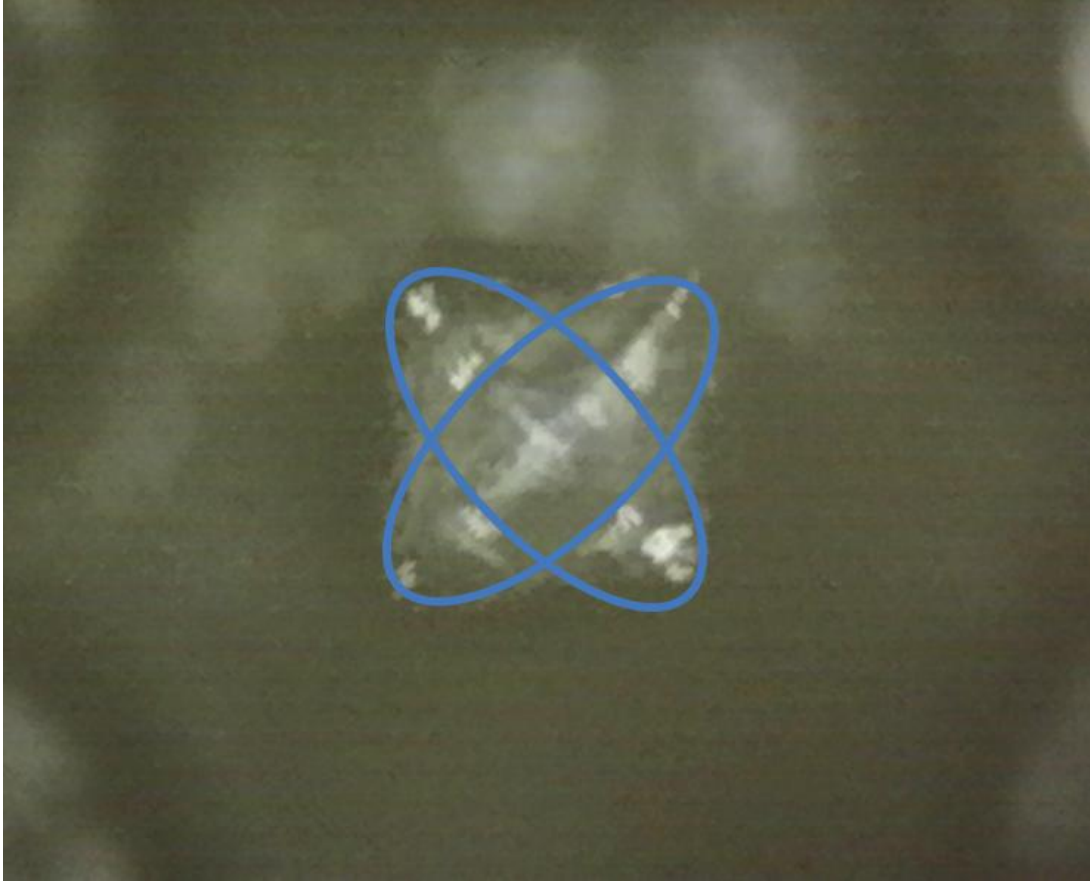


Şekil 3. 4. *Dugâh (La) Perdesi (165 Hz %15 Görev Döngüsü 16 V)*



Şekil 3. 5. *Dugâh (La) Perdesi (165 Hz %30 Görev Döngüsü 16 V)*

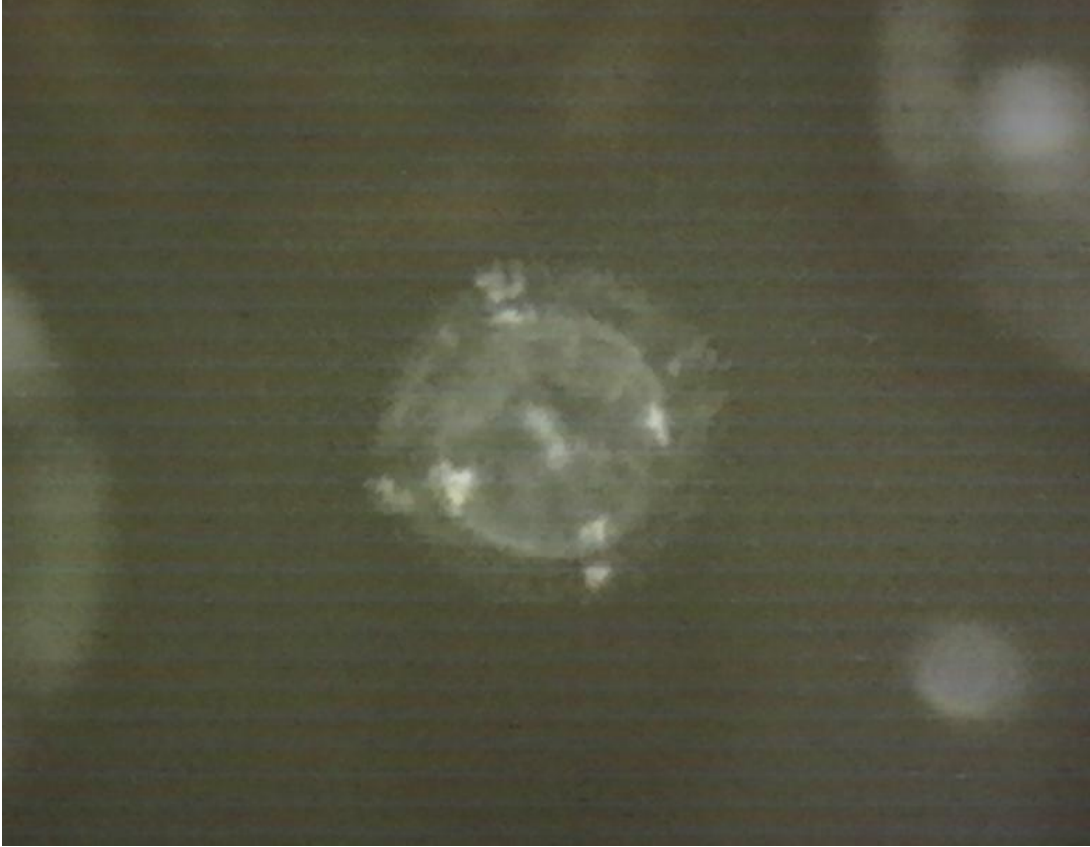
Şekil 3.5’de gözlemlendiği üzere, 165Hz frekansına maruz bırakılan su damlasında orta genlikte uygulanan titreşimler sonucunda kısa süre içerisinde belirgin yüzey hareketlenmeleri ve şekil oluşumları meydana getirdiği, ancak oluşan geometrik formun uzun süreli olarak muhafaza edilemediği yaklaşık 40 sn 1dk arası bir süre muhafaza edilebildiği, bu durumun, orta şiddette uygulanan frekansın damla üzerinde oluşturduğu dinamik etkinin artmasıyla birlikte, damlanın denge yörüngesinden kısmen sapmasına yol açtığı, ayrıca damla içerisindeki dönüş hareketlerinin seri ve ardışık biçimde hem saat yönünde hem de saat yönünün tersine gerçekleştiği, bu çift yönlü dönme karakteri, sistemin tam kararlı bir simetriye ulaşamadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3. 6. *Dugâh (La) Perdesi (165 Hz %30 Görev Döngüsü 16 V)*

3.3.3. Buselik (Si) Perdesi

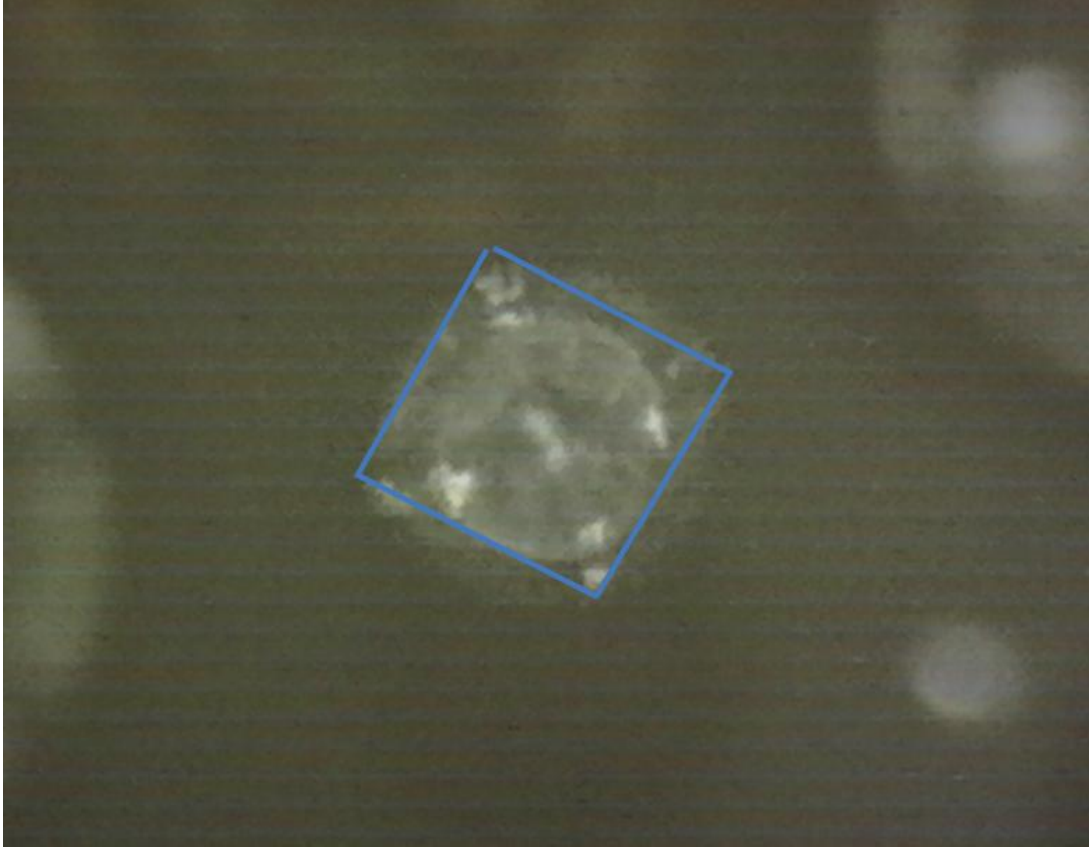
Havada asılı tutulan su damlasına, 185Hz frekansında, 16 V genlikte ve %20 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Köşeleri oval bir kare şekil çıktığı gözlemlenmiştir.



şekil 3. 7. *Buselik (Si) Perdesi (185 Hz %20 Görev Döngüsü 16 V)*

şekil 3.7’de gözlemlendiği üzere, 185Hz frekansına maruz bırakılan su damlasında düşük genlikli titreşim uygulanmasına rağmen kısa süre içerisinde belirgin yüzey hareketlenmeleri meydana geldiği, bu hareketlenmelerin devamında, tam anlamıyla köşeli bir kare formundan ziyade oval karakter taşıyan ve dört köşeli yapıyı andıran simetrik bir şekil oluştuğu, oluşan bu oval-kare formun merkezinde ise dairesel bir çekirdeği andıran ikinci bir yapı olduğu, bu durum, damla içerisinde çevresel ve merkezi enerji dağılımının birlikte organize olduğu, meydana gelen geometrik formun

yaklaşık 1,5 dakika süreyle kararlı biçimde korunabildiği, damlanın dönüş hareketinin ağırlıklı olarak saat yönünün tersine gerçekleştiği, bu yönlü dönme eğilimi, sistem içerisinde belirgin bir akış iskeleti oluşturduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. 8. *Buselik (Si) Perdesi (185 Hz %20 Görev Döngüsü 16 V)*

3.3.4. Çargâh (Do) Perdesi

Havada asılı tutulan su damlasına, 196Hz frekansında, farklı genlikler ve farklı görev döngüleri denenmesine rağmen suyun yüzey yapısını koruduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 9. Çargâh (Do) Perdesi (196Hz %15 Görev Döngüsü 16 V)

Şekil 3.9’da gözlemlendiği üzere, 196Hz frekansına maruz bırakılan su damlasında düşük genlikte uygulanan titreşimler sonucunda damla zarında belirgin ancak kontrollü yüzey hareketlenmeleri ve mikro titreşimler meydana geldiği, bu titreşimlerin, damlanın genel formunu bozucu nitelikte olmadığı aksine sistem içerisinde dengeli bir enerji dağılımı oluşturduğu, oluşan yapının yaklaşık beş dakika boyunca kararlı biçimde muhafaza edildiği, uygulanan frekans değerinin damla üzerinde istikrarlı bir dinamik denge sağladığı, 196 Hz frekansının damla yüzeyinde düzenli ve sürdürülebilir bir titreşim alanı meydana getirdiği, damlanın dairesel

formunu koruması sistemin simetrik yapısını muhafaza ettiğini ve uygulanan frekansın damlanın geometrik bütünlüğünü destekleyici bir etki oluşturduğunu tespit edilmiştir.



Şekil 3. 10. *Çargâh (Do) Perdesi (196Hz %15 Görev Döngüsü 16 V)*

3.3.5. Neva (Re) Perdesi

Havada asılı tutulan su damlasına, 218Hz frekansında, 17 V genlikte ve %20 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. İ içe geçmiş iki elips daire şeklinde bir şekil çıktığı gözlemlenmiştir.



şekil 3. 11. *Neva (Re) Perdesi (218Hz %20 Görev Döngüsü 17 V)*

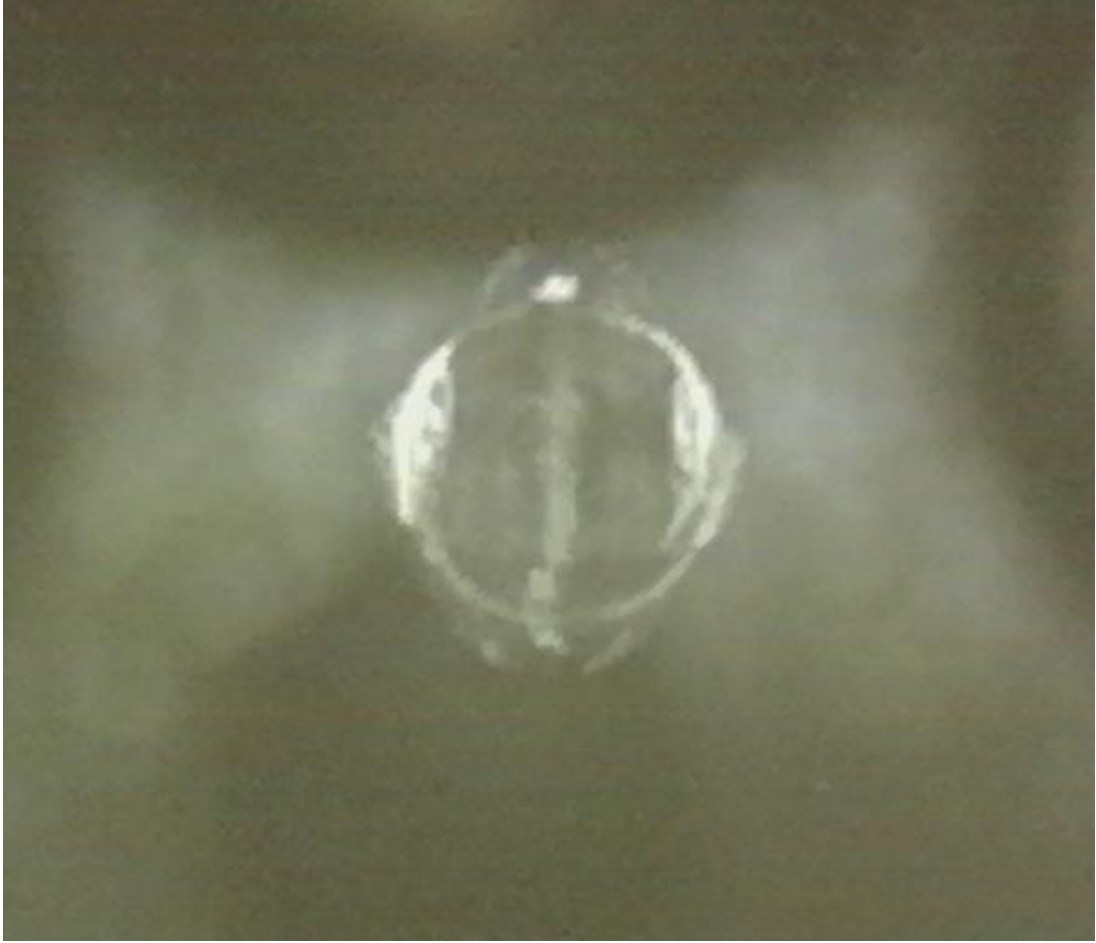
şekil 3.11’de gözlemlendiği üzere, 218Hz frekansına maruz bırakılan su damlasında düşük genlikli titreşim uygulanmasına rağmen kısa süre içerisinde damla üzerinde gözle seçilebilir biçimde i içe geçmiş iki eliptik-dairesel formun oluştuğu, bu çift katmanlı yapı, damla içerisinde merkezî ve çevresel enerji dağılımının eş zamanlı olarak organize olduğunu, uygulanan frekansın yüzeyde rastlantısal dalgalanmalar yerine düzenli ve simetrik bir geometrik yapı meydana getirdiği tespit edilmiştir.



Şekil 3. 12. *Neva (Re) Perdesi (218Hz %20 Görev Döngüsü 17 V)*

3.3.6. Hüseyini (Mi) Perdesi

Havada asılı tutulan su damlasına, 247-248Hz frekansında, 17 V genlikte ve %30 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Aynı Re perdesinde olduğu gibi iç içe geçmiş iki elips daire şeklinde bir şekil çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 13. *Hüseyini (Mi) Perdesi (247-248Hz %30 Görev Döngüsü 17 V)*

Şekil 3.13'te gözlemlendiği üzere, 247–248Hz frekans aralığına maruz bırakılan su damlasında orta genlikte uygulanan titreşimler sonucunda, Nevâ perdesinde elde edilen forma benzer şekilde iç içe geçmiş iki eliptik-dairesel yapı meydana getirdiği, söz konusu frekans aralığının damla yüzeyinde çok katmanlı ve organize bir titreşim modeli oluşturabildiği, oluşan yapı içerisinde, belirli aralıklarla ortaya çıkan ve daktilo

kartuşunun periyodik hareketini andıran salınımların gözlendiği, bu hareketlerin kısa süreli saat yönünün tersine olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. 14. *Hüseyini (Mi) Perdesi (247-248Hz %30 Görev Döngüsü 17 V)*

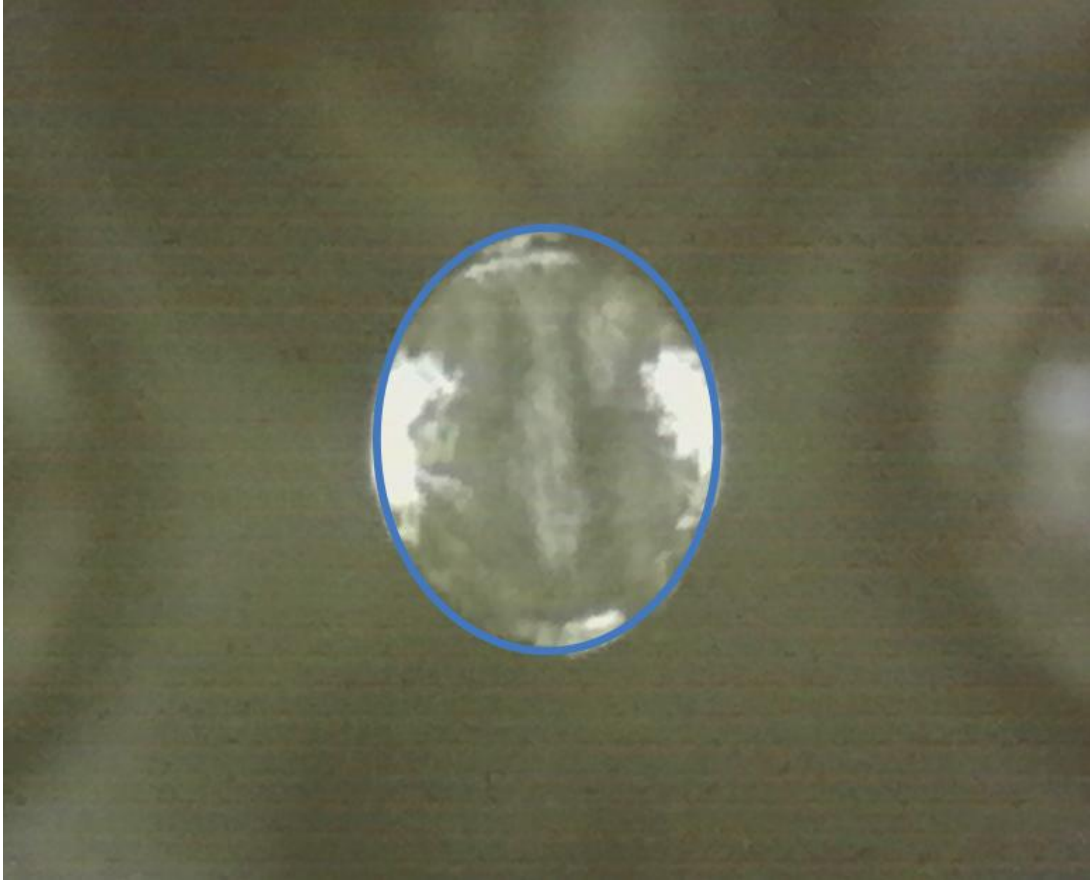
3.3.7. Acem (Fa) Perdesi

Havada asılı tutulan su damlasına, 262-263Hz frekansında, 17 V genlikte ve %60 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Yanlardan basık elips şeklinde bir daire şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 15. *Acem (Fa) Perdesi (262-263Hz %60 Görev Döngüsü 17 V)*

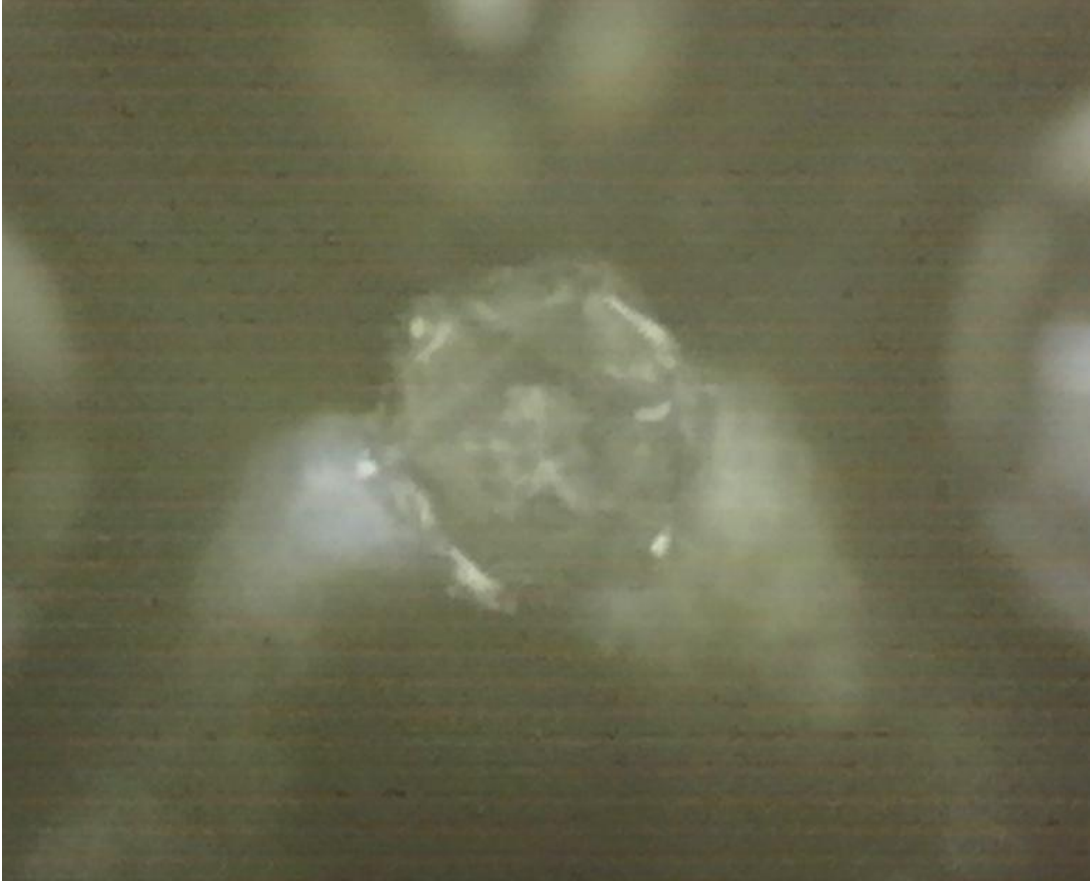
Şekil 3.15'te gözlemlendiği üzere, 262–26Hz frekans aralığına maruz bırakılan su damlasında yüksek genlikte uygulanan titreşimler sonucunda, Dugâh perdesinde elde edilen yapıya benzer biçimde iki yan bölgeden merkeze doğru belirgin enerji yoğunlaşmaları meydana geldiği, iki yandan karşılıklı kutuplardan basınç etkisinin damla formunu yumurtamsı bir geometri oluşturduğu ve saat yönünün tersine döngüsel bir hareket ettiği tespit edilmiştir.



Şekil 3. 16. *Acem (Fa) Perdesi (262-263Hz %60 Görev Döngüsü 17 V)*

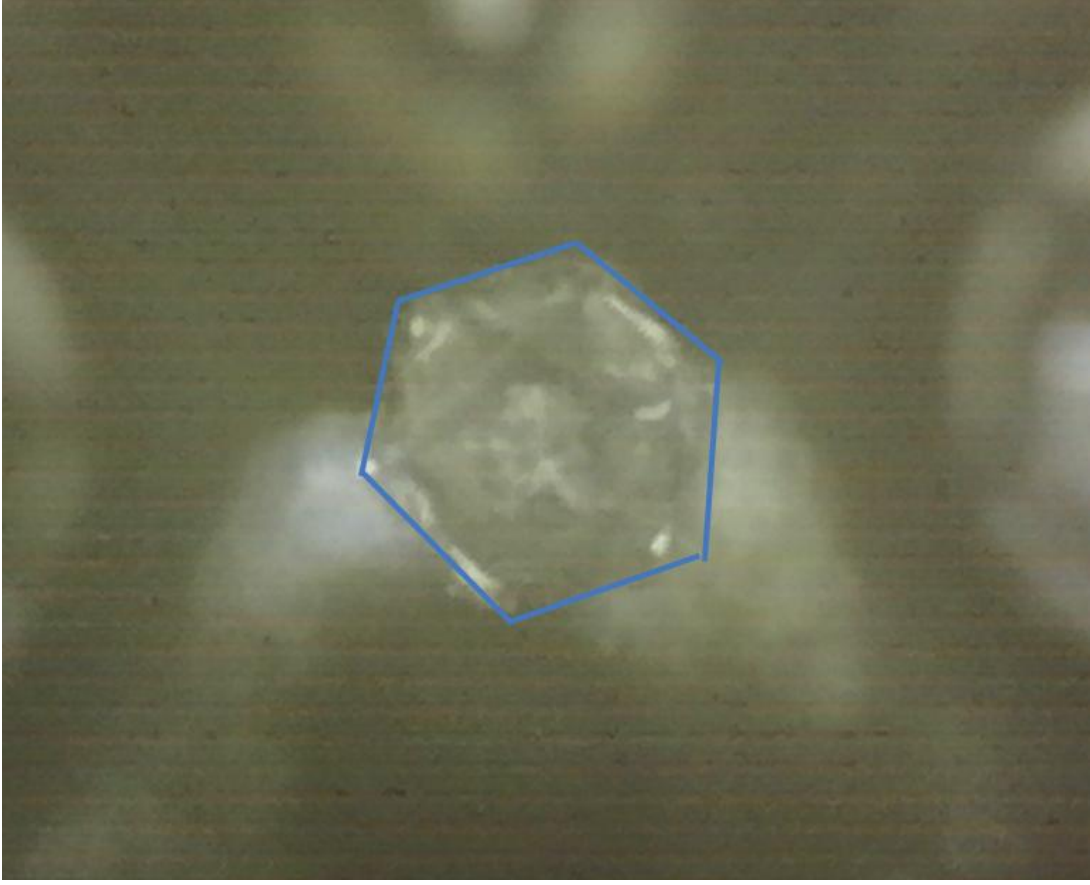
3.3.8. Eviç (Fa#) Perdesi

Havada asılı tutulan su damlasına, 278Hz frekansında, 17 V genlikte ve %55 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Altıgen bir şekil çıktığı gözlemlenmiştir.



şekil 3. 17. *Eviç (Fa#) Perdesi (278Hz %55 Görev Döngüsü 17 V)*

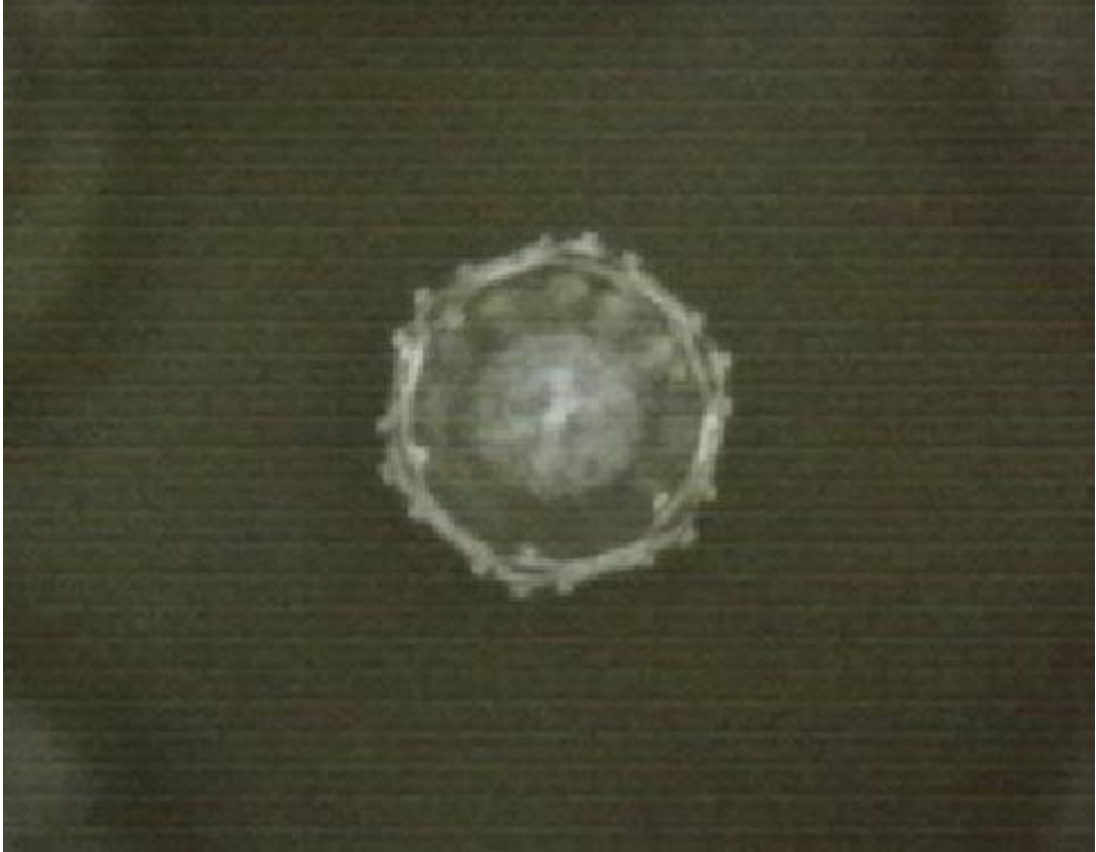
şekil 3.17’de gözlemlendiği üzere, 278Hz frekansına maruz bırakılan su damlasında yüksek genlikte uygulanan titreşimler sonucunda kısa süre içerisinde belirgin ve simetrik altıgen formlar meydana gelmektedir. Oluşan bu geometrik yapının yaklaşık 2–3 dakika boyunca kararlı biçimde muhafaza edilebildiği, damlanın altıgen formda askıda kaldığı süreçte zar yüzeyinde titreşimlerin bir süre daha devam ettiği, ardından yüzey salınımlarının kademeli olarak azalmasıyla birlikte geometrik sınırların daha net ve belirgin hâle geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 3. 18. *Eviç (Fa#) Perdesi (278Hz %55 Görev Döngüsü 17 V)*

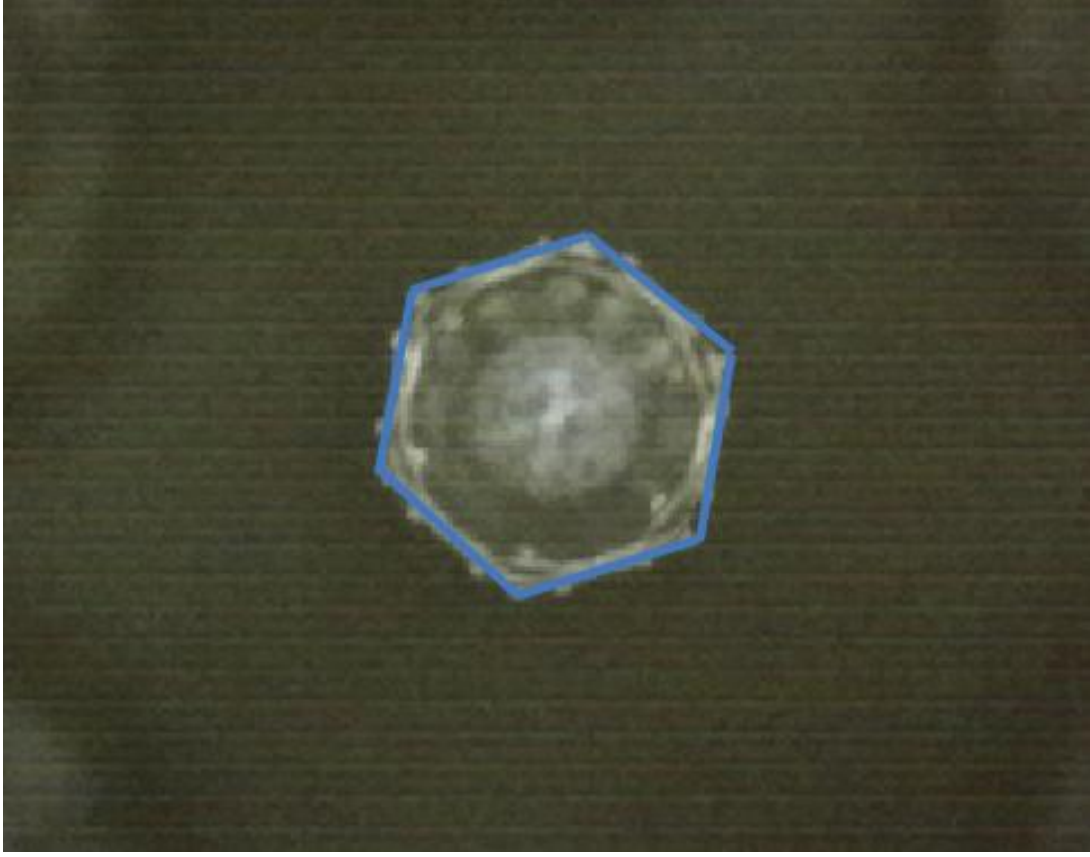
3.3.9. Gerdaniye (Sol) Perdesi

Havada asılı tutulan su damlasına, 292Hz frekansında, 16 V genlikte ve %65 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Fa# perdesindeki benzer bir altıgen bir şekil çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 19. *Gerdaniye (Sol) Perdesi (292Hz %65 Görev Döngüsü 16 V)*

Şekil 3.19’da gözlemlendiği üzere, 292Hz frekansına maruz bırakılan su damlasında yüksek genlikte uygulanan titreşimler sonucunda kısa sürede belirgin ve simetrik altıgen formlar meydana getirdiği, oluşan geometrik yapının klasik altıgen sınırların ötesinde, kar tanesini andıran radyal ve dallanmış bir desen karakteri sergilediği, ayrıca damlanın hem saat yönünde hem de saat yönünün tersine rotasyonel hareketler gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 3. 20. *Gerdaniye (Sol) Perdesi (292Hz %65 Görev Döngüsü 16 V)*

Rast makâmına ait perde frekanslarında, özellikle düşük ve orta frekans aralıklarında, iç içe geçmiş elipsler, altıgen yıldız modların ortaya çıktığı,

Rast makâmı perde frekanslarında geometrik şekiller daha düşük görev döngülerinde (%15-%65) ortaya çıktığı, dolayısıyla yüksek enerjiye ihtiyaç duymadan yıldız modları üretebildiği,

Rast makâmı perde frekansları arasında geçiş yapıldığında, oluşan geometrik desenlerin keskin ve değişken kırılmalar yerine daha yumuşak kademelerle köşeli formlara geçtiği,

Rast makâmı frekanslarında uygulanan titreşimler sonrasında, su damlası içerisinde gözlemlenen hortumsu veya döngüsel iç hareketin daha kısa sürede sönümlendiği, bu durumun damlanın daha hızlı odaklanmasını sağlayarak desen oluşturduğu gözlenmiştir.

3.4. Müzik Enstrümanlarının Akor Sisteminde kullanılan 440Hz, Rast Makamı Perde ve Ses Sistemiyle Uyumu

3.4.1. Rast Makâmını Oluşturan Perde Frekanslarının, Batı Müziğinde Karşılık Gelen Nota Frekanslarının Oluşturduğu Geometrik Desenler

3.4.1.1 Re Notası

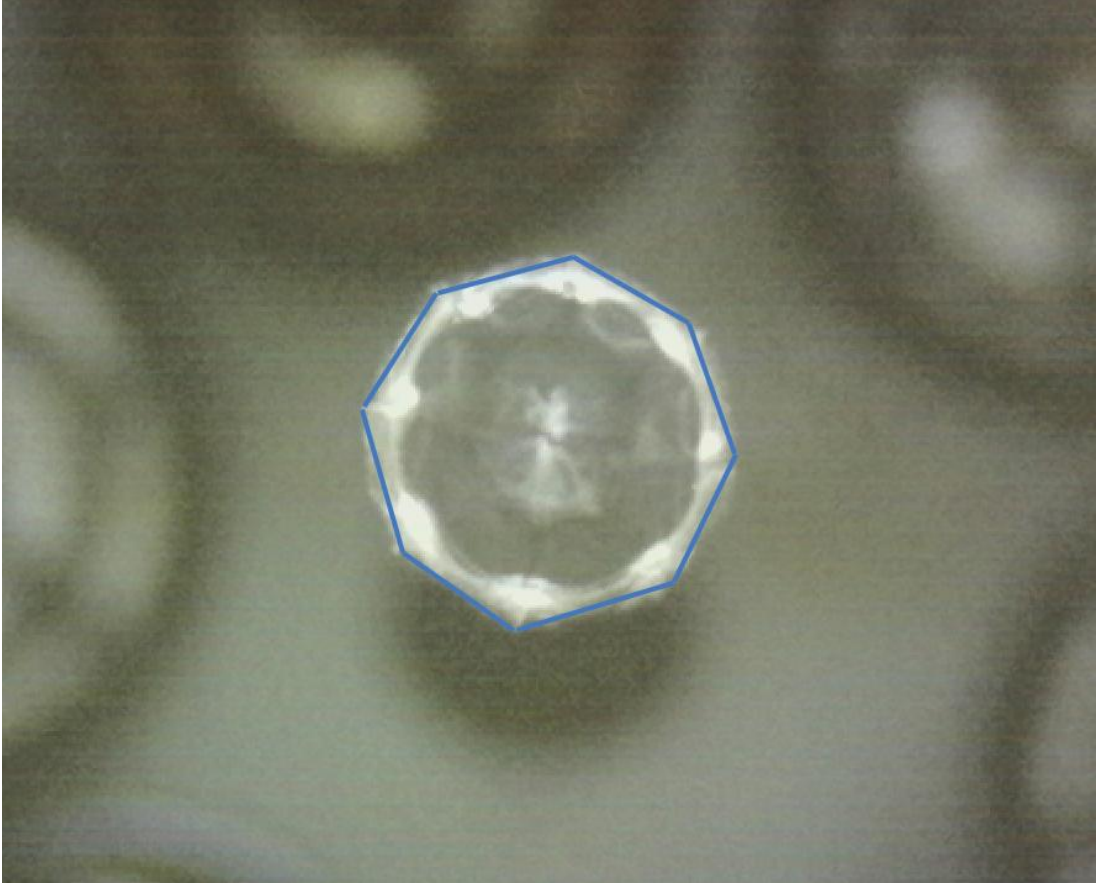
Havada asılı tutulan su damlasına, 293-194Hz frekansında, 15 V genlikte ve %45 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Sekizgen bir şekil çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 21. *Re Notası (293-294Hz %45 Görev Döngüsü 15 V)*

Şekil 3.43'te gözlemlendiği üzere, 293–294Hz frekans aralığına yüksek genlikte maruz bırakılan su damlasında oval karakter taşıyan, sekiz kutuplu sekizgen benzeri

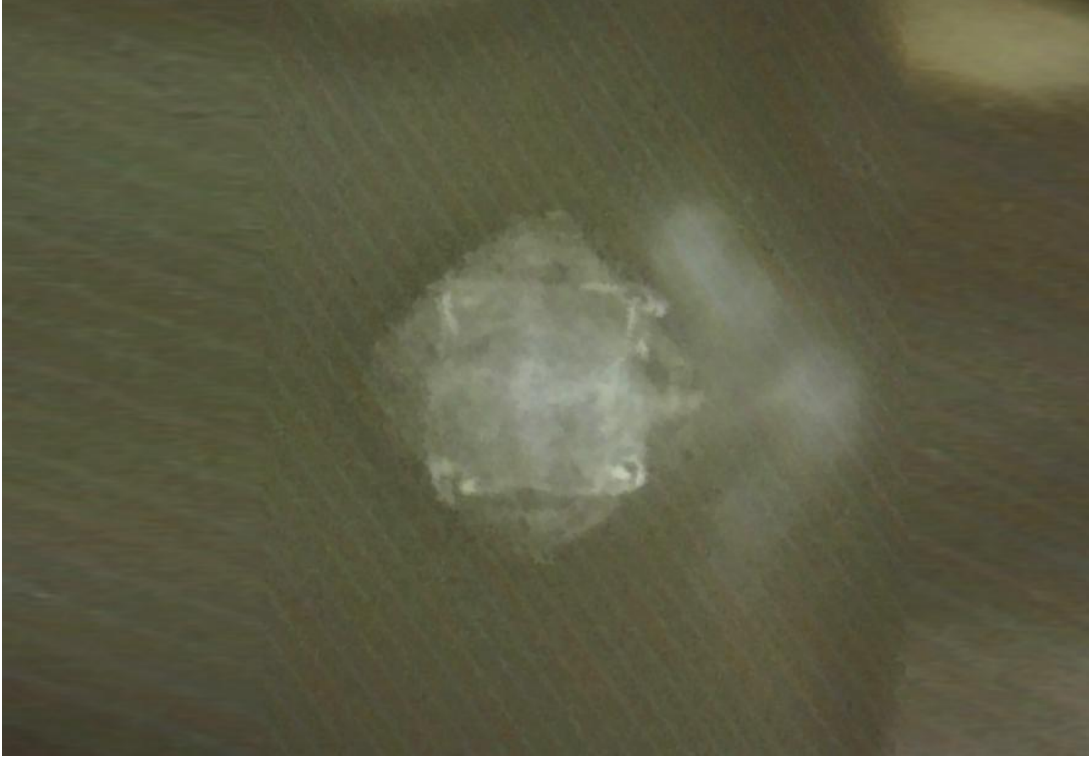
geometrik yapılar meydana geldiği, uygulanan yüksek frekans ve şiddetin etkisiyle damlanın hareketinin sönümlenme sürecinin geciktiği, sistemin kararlı bir denge durumuna geçişinin uzadığı, sönümlenme gerçekleşmeden önce damlanın ağırlıklı olarak saat yönünde rotasyonel hareket sergilediği tespit edilmiştir.



Şekil 3. 22. *Re Notası (293-294Hz %45 Görev Döngüsü 15 V)*

3.4.1.2. Mi Notası

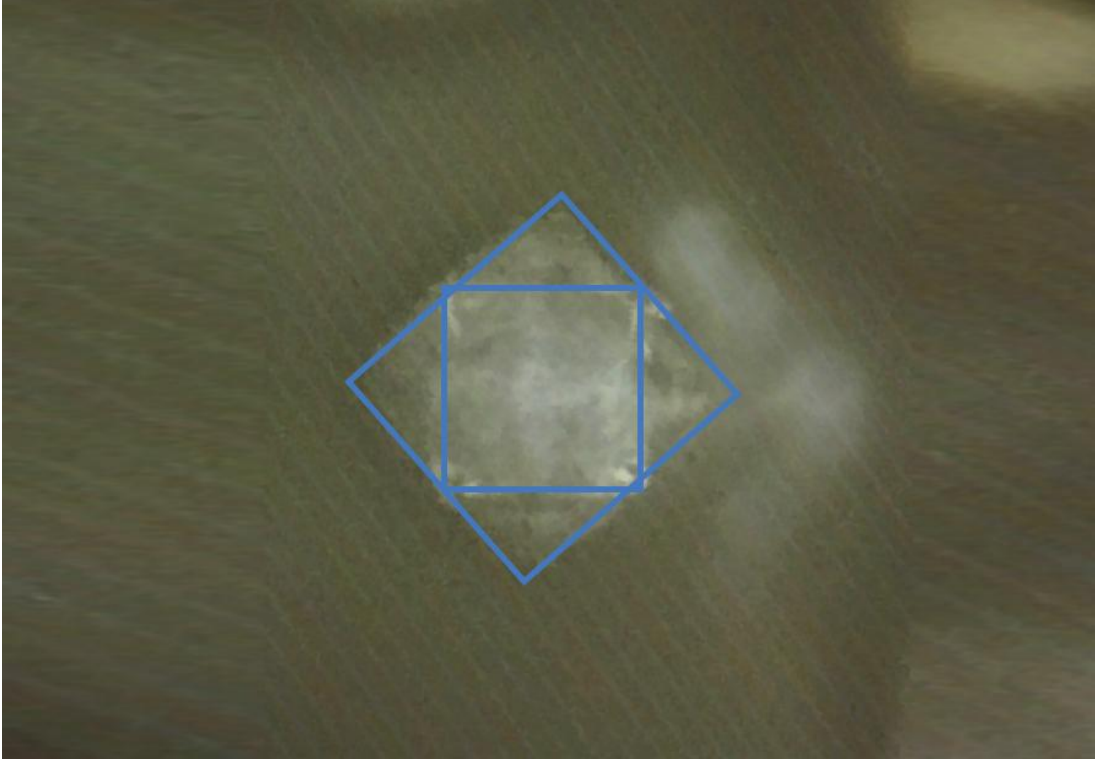
Havada asılı tutulan su damlasına, 329-330Hz frekansında, 17 V genlikte ve %80 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Dışta bir kare, içinde de dışarı taşmayan ikinci bir kare şekil çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 23. *Mi Notası (329-330Hz %80 Görev Döngüsü 17 V)*

Şekil 3.45'te gözlemlendiği üzere, 329–330Hz frekans aralığına çok yüksek genlik ve enerji düzeyinde maruz bırakılan su damlasında iç içe geçmiş kare benzeri geometrik yapılar meydana geldiği, uygulanan yüksek frekans ve enerji yüklemesi nedeniyle damlanın sönümlenme sürecinin belirgin biçimde geciktiği ve sistemin kararlı denge durumuna geçişinin uzadığı, yüksek enerji girdisinin etkisiyle deney sürecinde stabil damla elde etmenin güçleştiği ve çalışılan damla sayısının arttığı, elde edilen geometrik formun diğer frekanslardan belirgin biçimde farklılık göstermesi sistemin doğrusal olmayan bir tepki verdiğini düşündürdüğü, damla zarındaki titreşimlerin

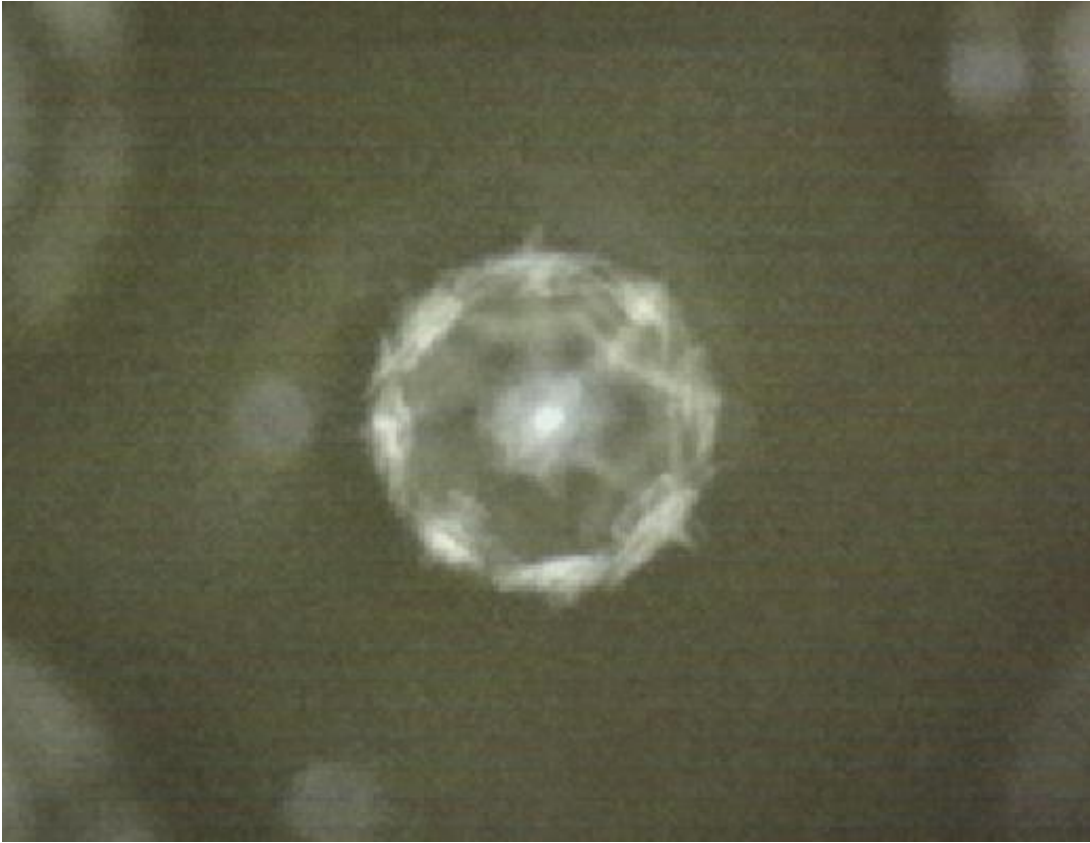
stabilize olamaması ve sönümlenme öncesinde ağırlıklı olarak saat yönünün tersine rotasyonel hareket sergilediği tespit edilmiştir.



Şekil 3. 24. *Mi Notası (329-330Hz %80 Görev Döngüsü 17 V)*

3.4.1.3. Fa Notası

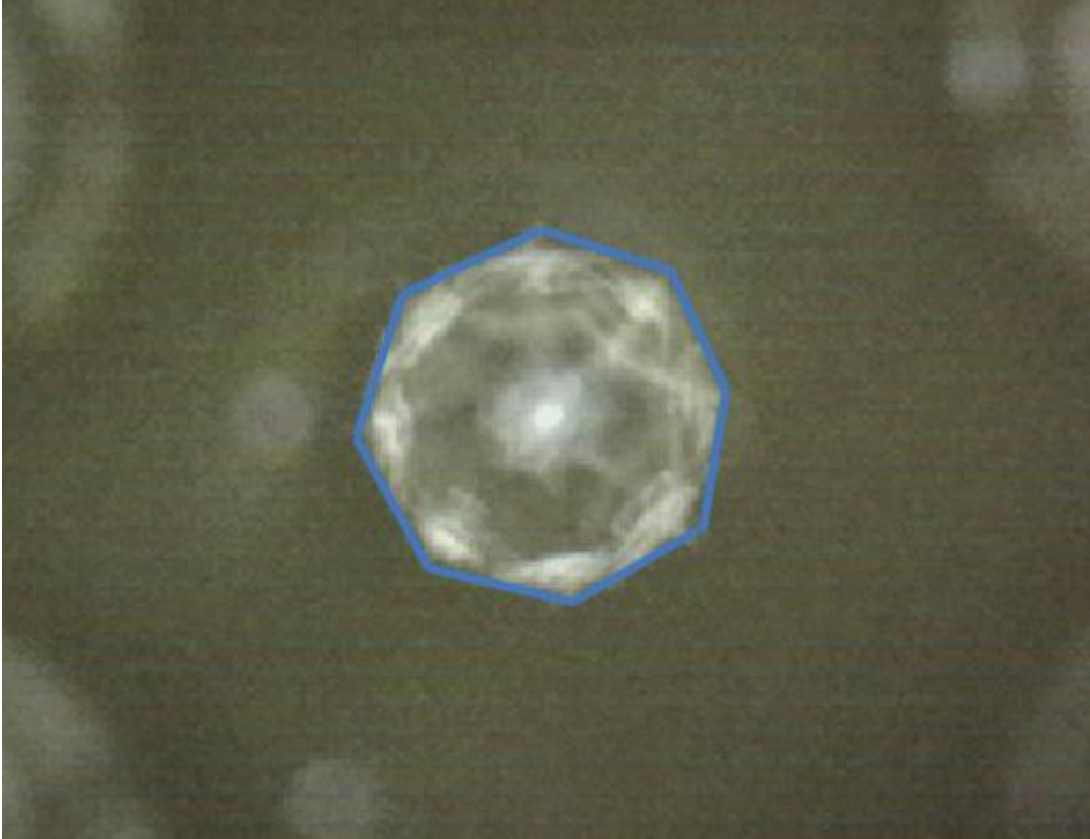
Havada asılı tutulan su damlasına, 370Hz frekansında, 16 V genlikte ve %50 ve %55 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. %50 Görev döngüsünde sekizgen bir şekil gözlemlenirken, % 55 görev döngüsünde ise altıgen bir şekil çıktığı gözlemlenmiştir.



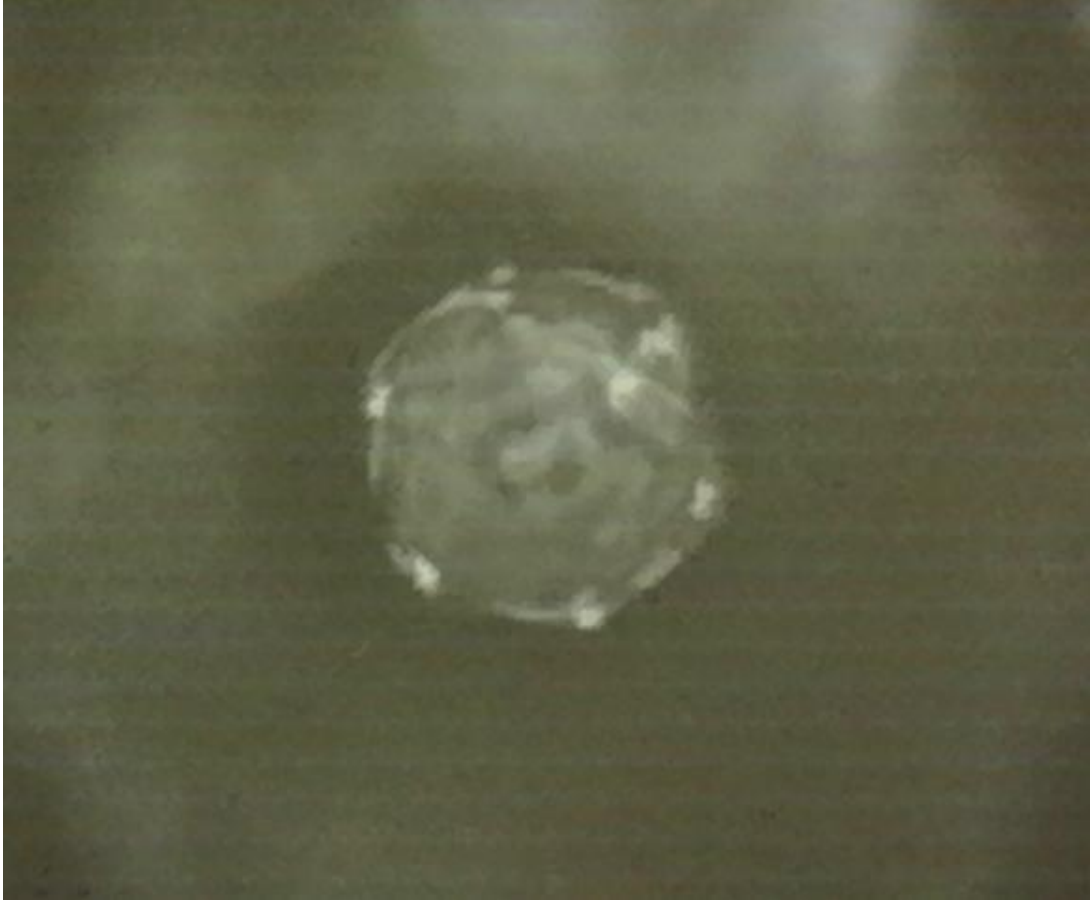
Şekil 3. 25. *Fa Notası (369-370Hz %50 Görev Döngüsü 16 V)*

Şekil 3.47’de görüldüğü üzere, 369–370Hz aralığında ve yüksek enerji seviyesinde uyarılan su damlasında, Mi notasını çağrıştıran ancak altı kenarlı ve oval karakter taşıyan özgün bir form ortaya çıktığı, sisteme aktarılan yoğun enerji nedeniyle damlanın durağan bir faza geçiş süresi belirgin şekilde uzadığı, titreşimlerin sönümlenmesi geciktiği, zaman zaman zar bölgesinde artan yüzey dalgalanmaları görsel olarak düzensiz ve parazitli bir yapı oluşturduğu, net görüntü elde edebilmek

için video kaydının yavaşlatılarak analiz edilmesi gerektiği, yüksek enerji girdisi deneysel süreçte kararlı damla üretimini zorlaştırmakta ve tekrar sayısını arttırdığı, sönümlenme öncesinde damlanın baskın olarak saat yönünün tersine rotasyon gösterdiği tespit edilmiştir.

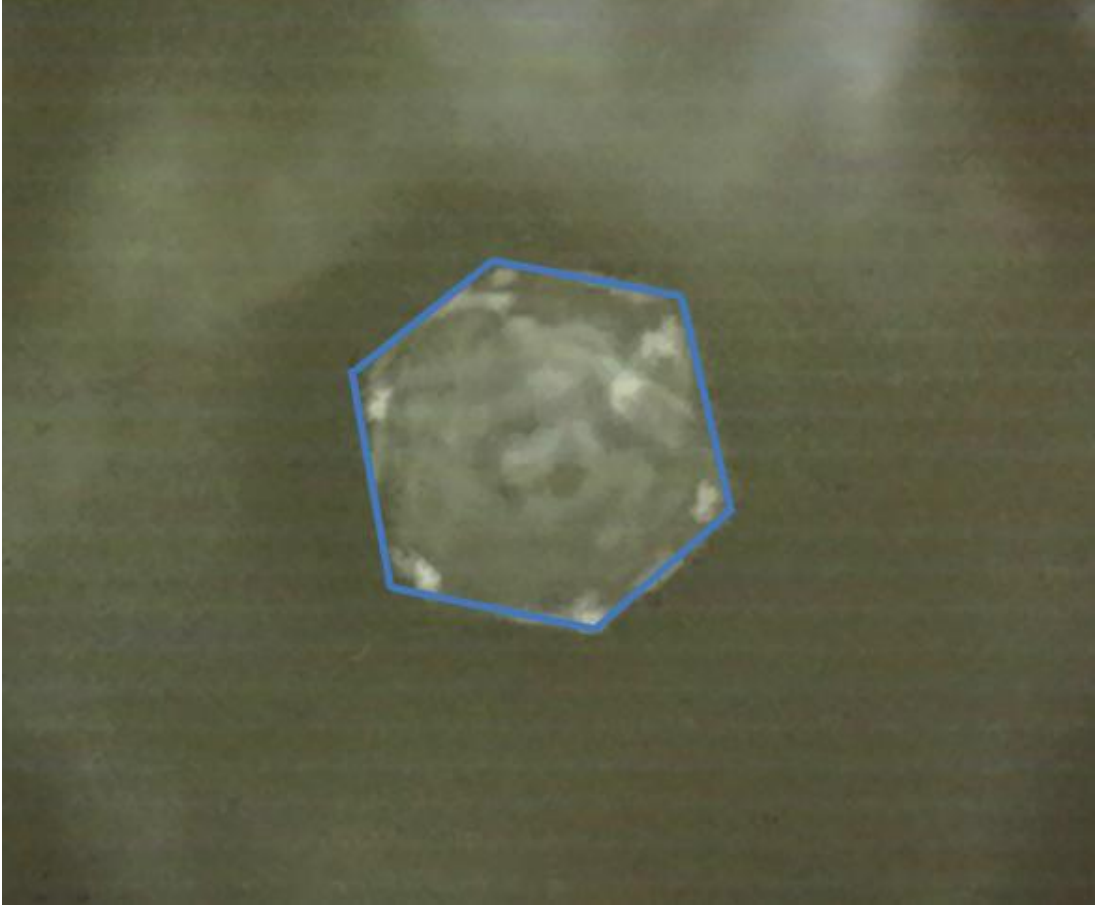


şekil 3. 26. *Fa Notası (369-370Hz %50 Görev Döngüsü 16 V)*



Şekil 3. 27. *Fa Notası (369-370Hz %55 Görev Döngüsü 16 V)y*

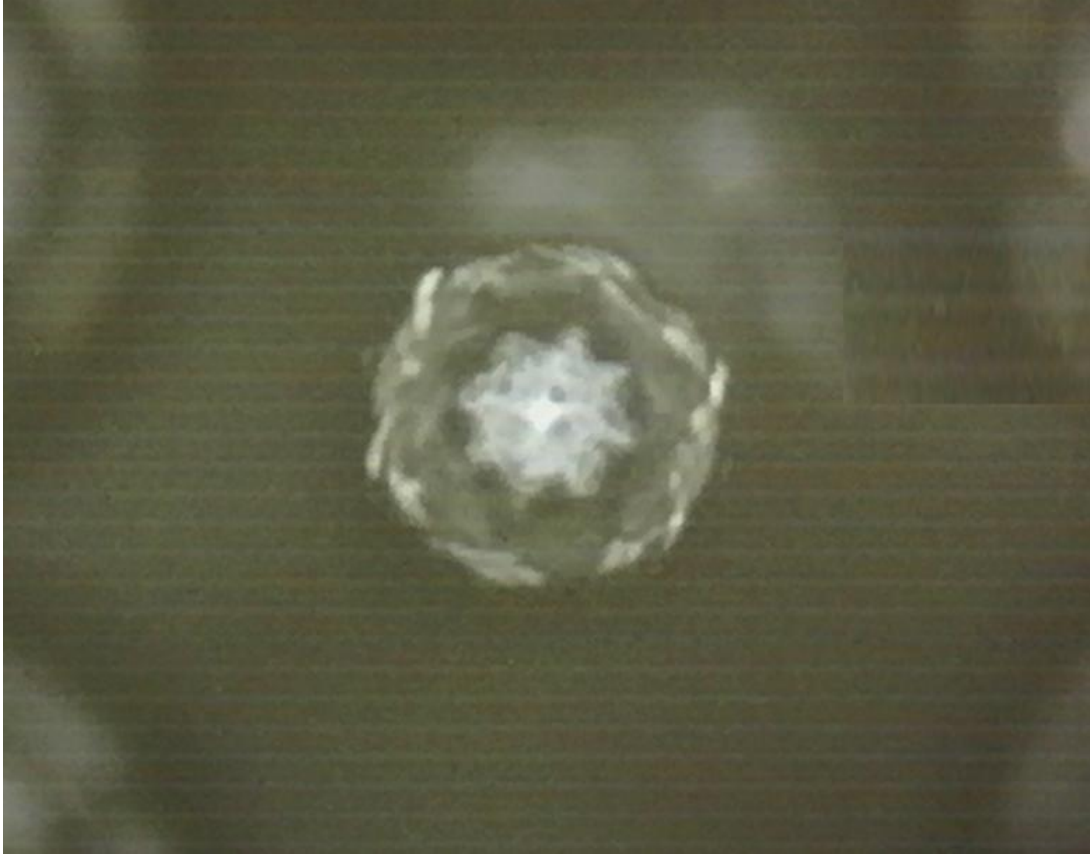
Şekil 3.49’da görüldüğü üzere, 369–370Hz frekans aralığında yüksek şiddet ve enerji koşullarında uyarılan su damlasında altı kutuplu bir altıgen form elde edilmiş olup %50 görev döngüsünde gözlenen oval yapıdan farklı olarak, bu uygulamada daha çok uçurtmayı andıran asimetrik ve özgün bir geometri ortaya çıktığı, yoğun enerji aktarımı nedeniyle sistemin kararlı bir durağan hâle geçiş süresi uzamakta ve tam sönümlenme sağlanamadığı, fotoğrafların yaklaşık 2–2,5 saniyelik hızlı döngü ve ardından 1 saniyelik nispi yavaşlama evresinde elde edildiği damla bütünüyle sönümlenmemiş olsa da zar bölgesindeki titreşimlerin görece dengelendiği tespit edilmiştir.



Şekil 3. 28. *Fa Notası (369-370Hz %55 Görev Döngüsü 16 V)*

3.4.1.4. Sol Notası

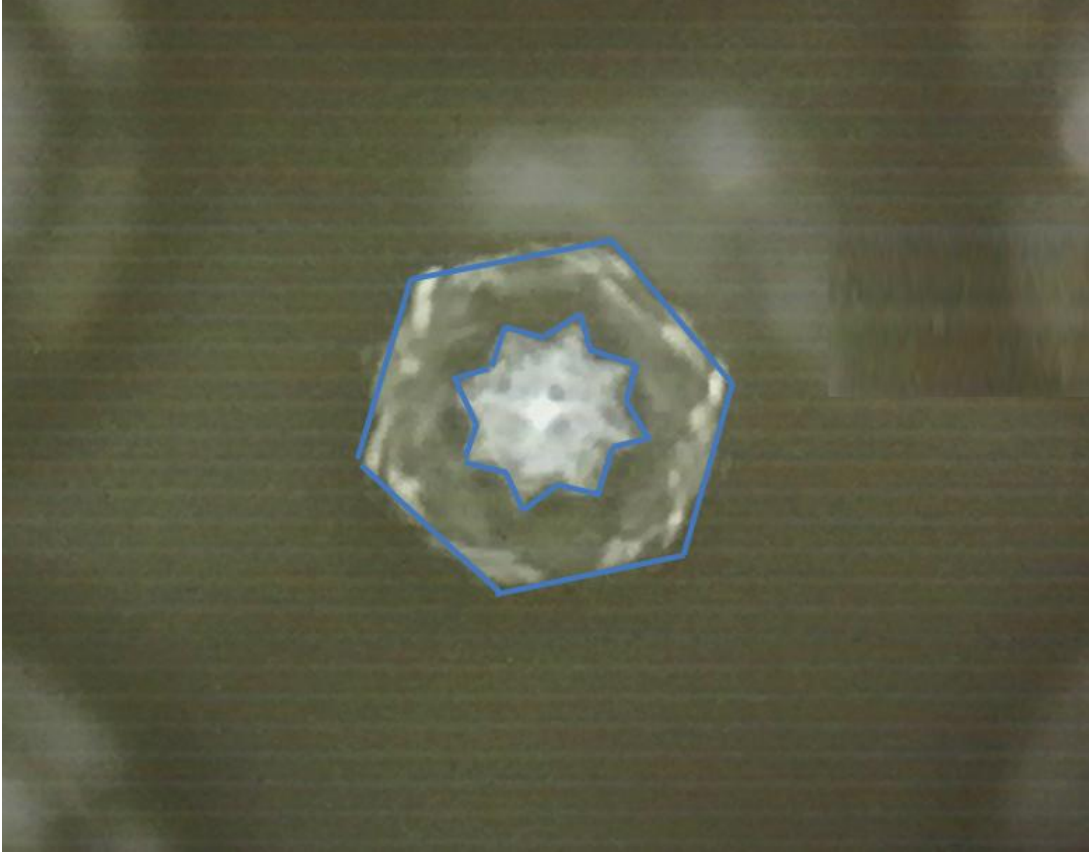
Havada asılı tutulan su damlasına, 392Hz frekansında, 17 V genlikte ve %70 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Dış çerçevede altıgen bir şekil içinde ise küçük bir sekizgen şekil çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 29. *Sol Notası (392Hz %70 Görev Döngüsü 17 V)*

Şekil 3.51’de gözlemlendiği üzere, 392Hz frekansında, çok yüksek şiddette ve çok yüksek enerji düzeyinde uyarılan su damlası, dış sınırlarında belirgin bir sekizgen geometri sergilemekte olduğu, merkez bölgesinde ise bu yapıyı tekrar eden sekizgen karakterli bir çekirdek oluşturduğu, enerji girdisinin yüksek olması nedeniyle sistemin kararlı faza ulaşma süresi uzamakta ve deneysel tekrar sayısında artış gerektirdiği, sönümlenme sürecinin tamamlanmasının ardından zar yüzeyinde belirgin titreşim izine rastlanmadığı, elde edilen görüntünün net ve keskin sınırlar içerdiği, yüksek

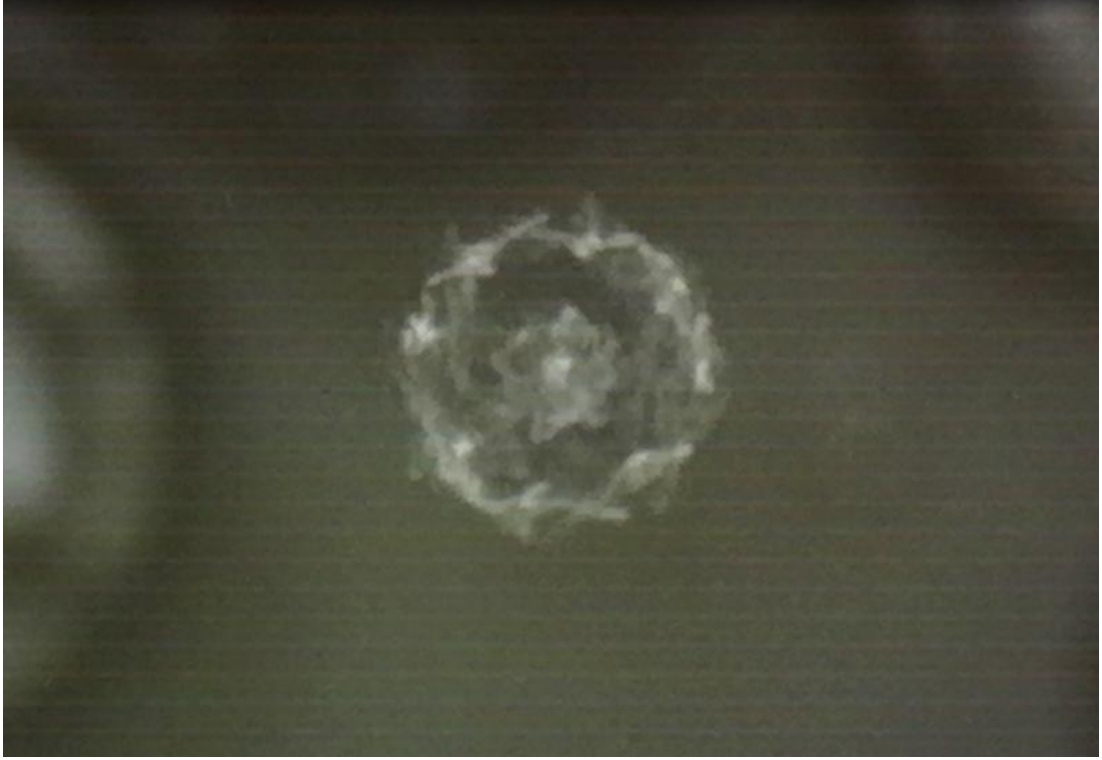
frekans koşullarında sistemin başlangıçta gecikmeli dengeye ulaştığını tespit edilmiştir.



Şekil 3. 30. *Sol Notası (392Hz %70 Görev Döngüsü 17 V)*

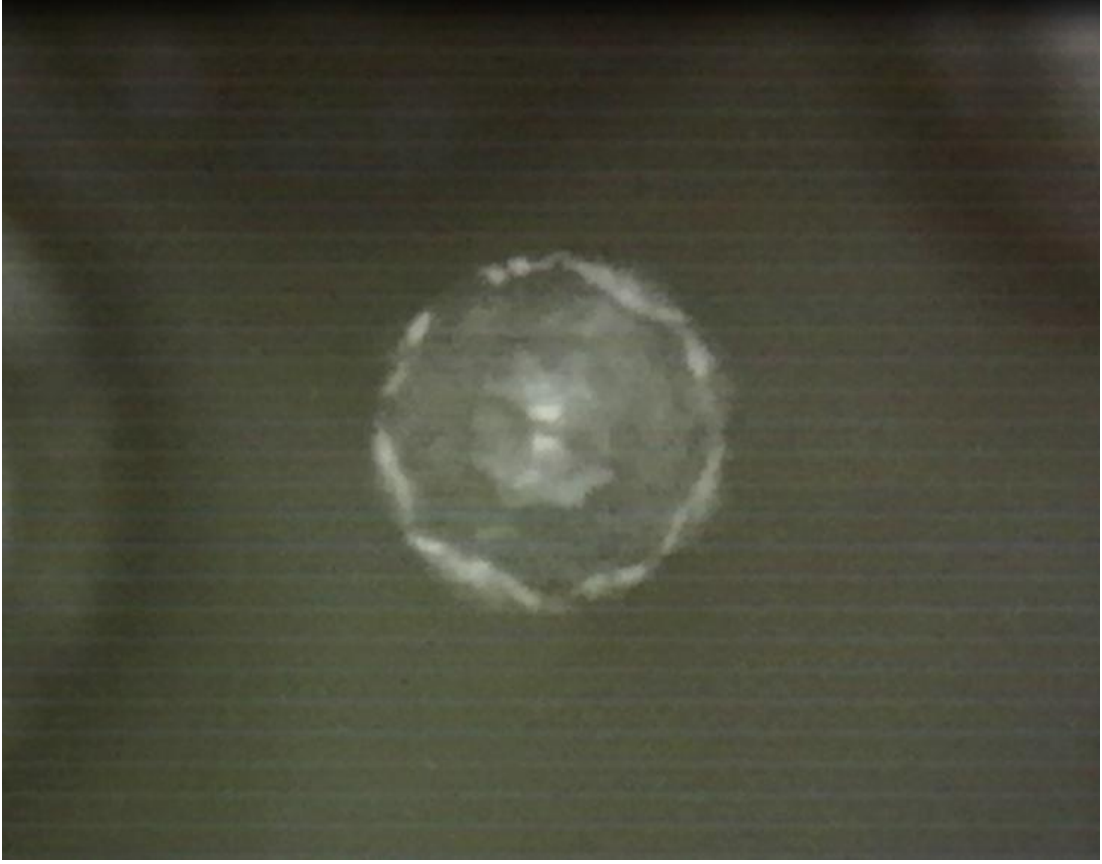
3.4.1.5. La Notası

Havada asılı tutulan su damlasına, 440Hz frekansında, 15 V genlikte ve %50, %55, %60, %65 ve %70 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Elde edilen şekiller aşağıda verilmiştir.



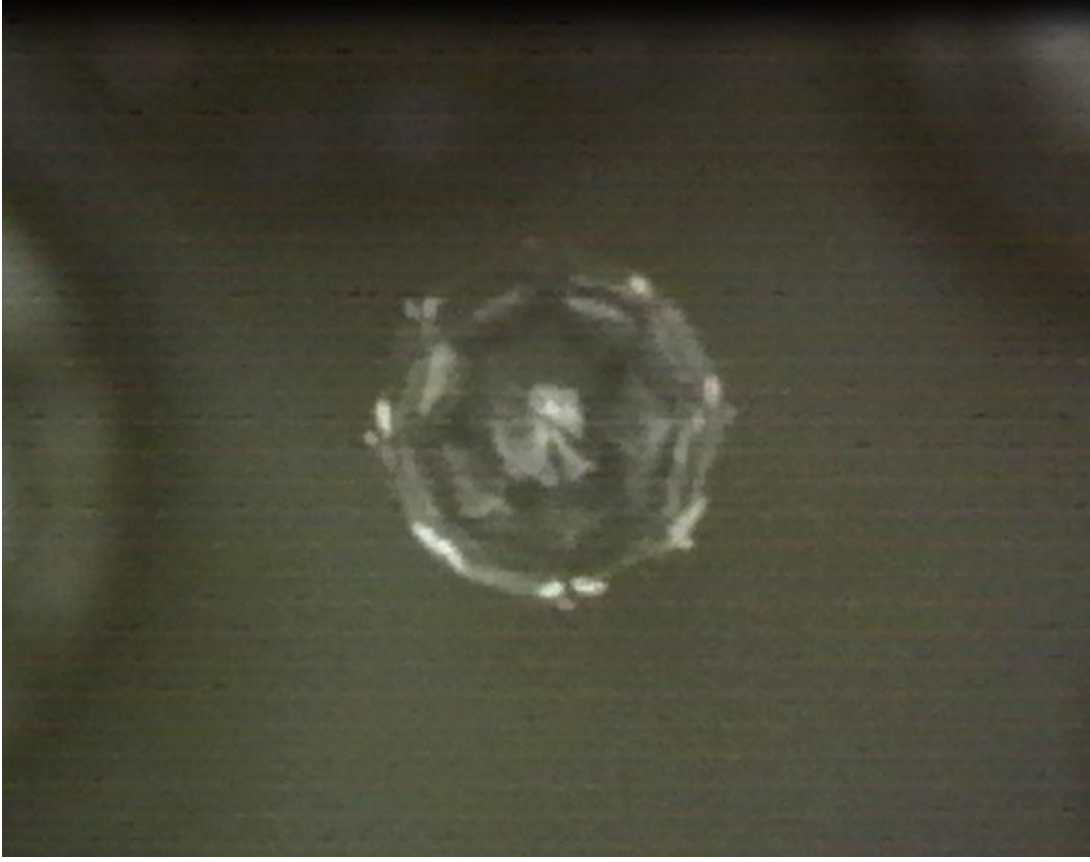
şekil 3. 31. *La Notası (440Hz %50 Görev Döngüsü 15 V)*

şekil 3.53'te incelendiğinde, 440Hz frekansının yüksek şiddet altında uygulanmasıyla su damlasının dış konturunda düzenli bir sekizgen form oluştuğu ancak merkezde bu yapıyı tekrar eden fakat simetrik bütünlüğü tam sağlamayan deformasyona açık bir çekirdek yapısının ortaya çıktığı, yüksek görev döngü girdisi sistemin denge noktasına ulaşma süresini uzatmakta ve deneysel kararlılık için tekrar sayısının artmasına neden olduğu, sönümlenme tamamlandıktan sonra zar yüzeyinde belirgin titreşim izine rastlanmamakla birlikte damlanın konumsal olarak tam sabitlenemediği ve yatay ekseninde salınım hareketi sergilediği tespit edilmiştir.



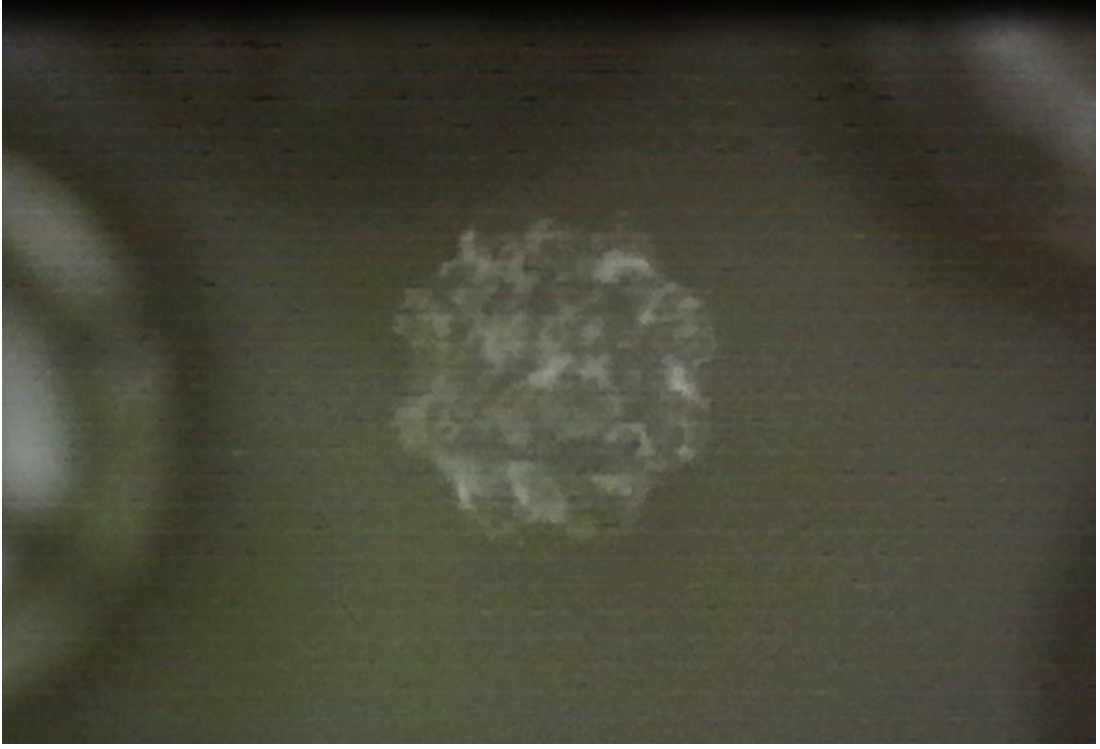
Şekil 3. 32. *La Notası (440Hz %55 Görev Döngüsü 15 V)*

Şekil 3.54'te değerlendirildiğinde, 440Hz frekansının %55 görev döngü şiddetinde uygulanması sonucunda su damlasının dış sınırında düzenli bir sekizgen bir oval yapı oluştuğu, buna karşın merkezde aynı formu tekrar etmeye çalışan ancak tam simetrik bütünlük sağlayamayan ve deformasyona açık bir çekirdek yapısı olduğu, zar ile çekirdek arasındaki bölgede titreşimlerin devam etmesi parazitli ve dalgalı bir görünüme neden olduğu, yüksek şiddet girdisi sistemin kararlı duruma geciktirmekte olduğu, ve deneysel tekrar ihtiyacını arttığı, sönümlenme evresi tamamlandıktan hemen sonra damlanın yeniden saat yönünde yüksek hızda rotasyona geçtiği tespit edilmiştir.



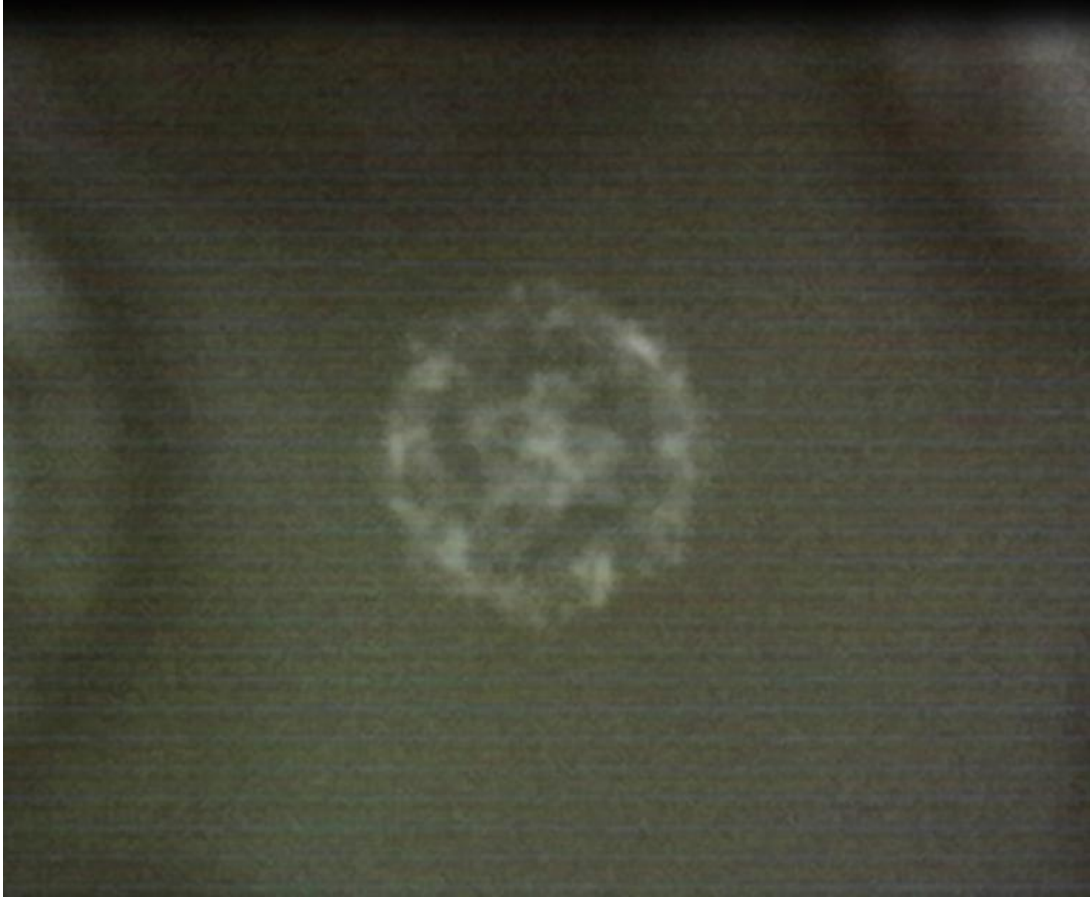
Şekil 3. 33. *La Notası (440Hz %60 Görev Döngüsü 15 V)*

Şekil 3.55 incelendiğinde, 440Hz frekansının yüksek görev döngüsü altında uygulanmasıyla su damlasının dış konturunda oval karakterli, düzenli bir sekizgen yapı görüldüğü, %55 görev döngüsünde gözlenen ara bölge titreşimlerinin aksine, bu uygulamada zar ile çekirdek arasındaki alanın parazitsiz ve net bir görünüme sahip olduğu, merkezde belirgin bir çekirdek oluşumu da görüldüğü, yüksek şiddetli enerji aktarımı sistemin kararlı duruma geçiş süresini uzattığı, deneysel tekrar gereksinimini arttırdığı, sönümlenme sürecinde damlanın hem saat yönünde hem de saat yönünün tersine rotasyon sergilediği, dinamik dengenin tam olarak sabitlenmediği tespit edilmiştir.



Şekil 3. 34. *La Notası (440Hz %65 Görev Döngüsü 15 V)*

Şekil 3.56’da yapılan incelemede, 440Hz frekansının yüksek görev döngüsünde uygulanması sonucunda damlanın diğer görev döngülerine kıyasla daha keskin köşelere sahip bir sekizgen formda olduğu, yüzey titreşimlerinin görünür olmamasına rağmen aşırı gerilme ve basınç etkisi nedeniyle zar yüzeyinde düzensiz girinti-çıkıntılar olduğu dikkat çektiği, yüksek enerji yüklemesi sistemin dengeye ulaşma süresini uzatmakta ve deneysel tekrar sayısını arttırdığı, sönümlenme tamamlanmış görünmesine rağmen damlanın yatay düzlemde salınım hareketi sürdürmesi, mekânsal stabilitenin tam sağlanamadığı tespit edilmiştir.

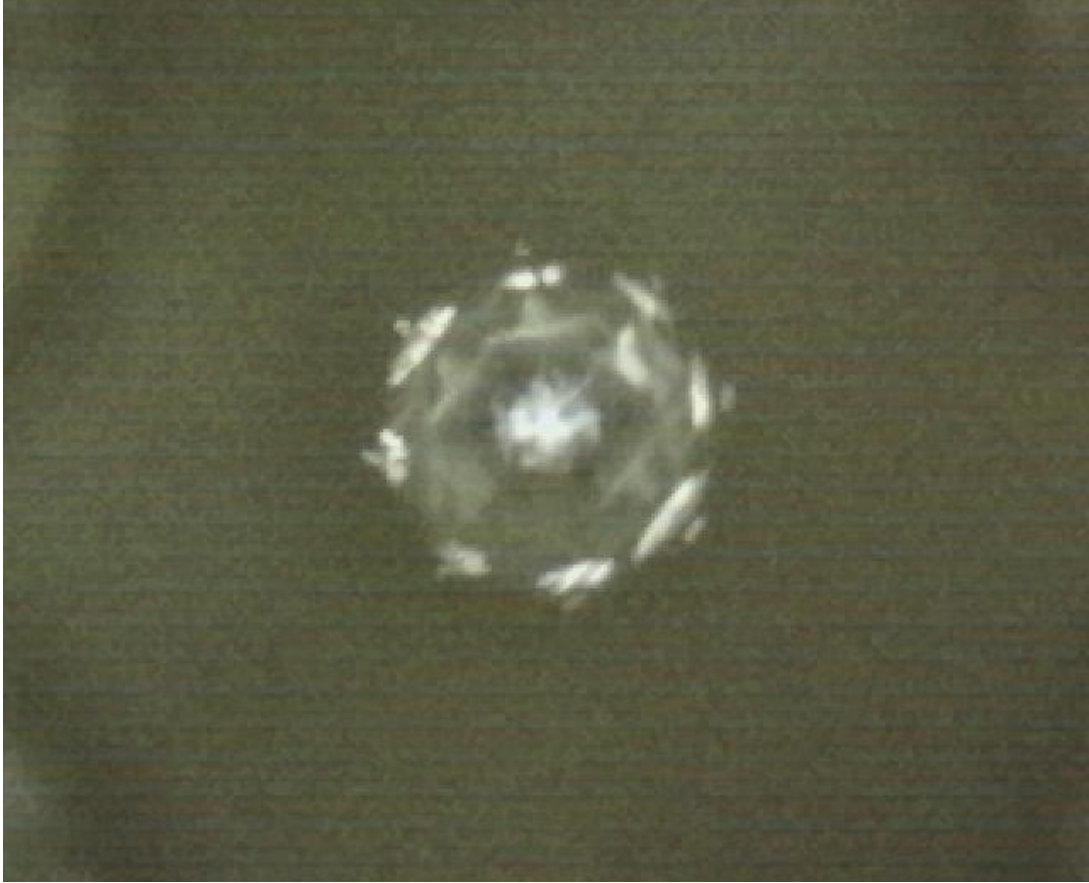


Şekil 3. 35. *La Notası (440Hz %70 Görev Döngüsü 15 V)*

Şekil 3.57 incelendiğinde, 440Hz frekansının en yüksek görev döngüsü altında uygulanmasıyla damlanın sekizgen karakterli ancak yüzeyinde parazitli düzensizlikler barındıran bir form sergilediği, yüzey titreşimleri doğrudan seçilemese de, aşırı mekanik gerilme ve basınç etkisi zar dokusunda düzensiz girinti-çıkıntılara yol açtığı, yoğun şiddetten dolayı deneysel tekrar gereksinimini arttığı, sönümlenmenin tam gerçekleşmemesi nedeniyle net görüntü ancak video kaydının yavaşlatılmasıyla elde edilebildiği tespit edilmiştir.

3.4.1.6. Si Notası

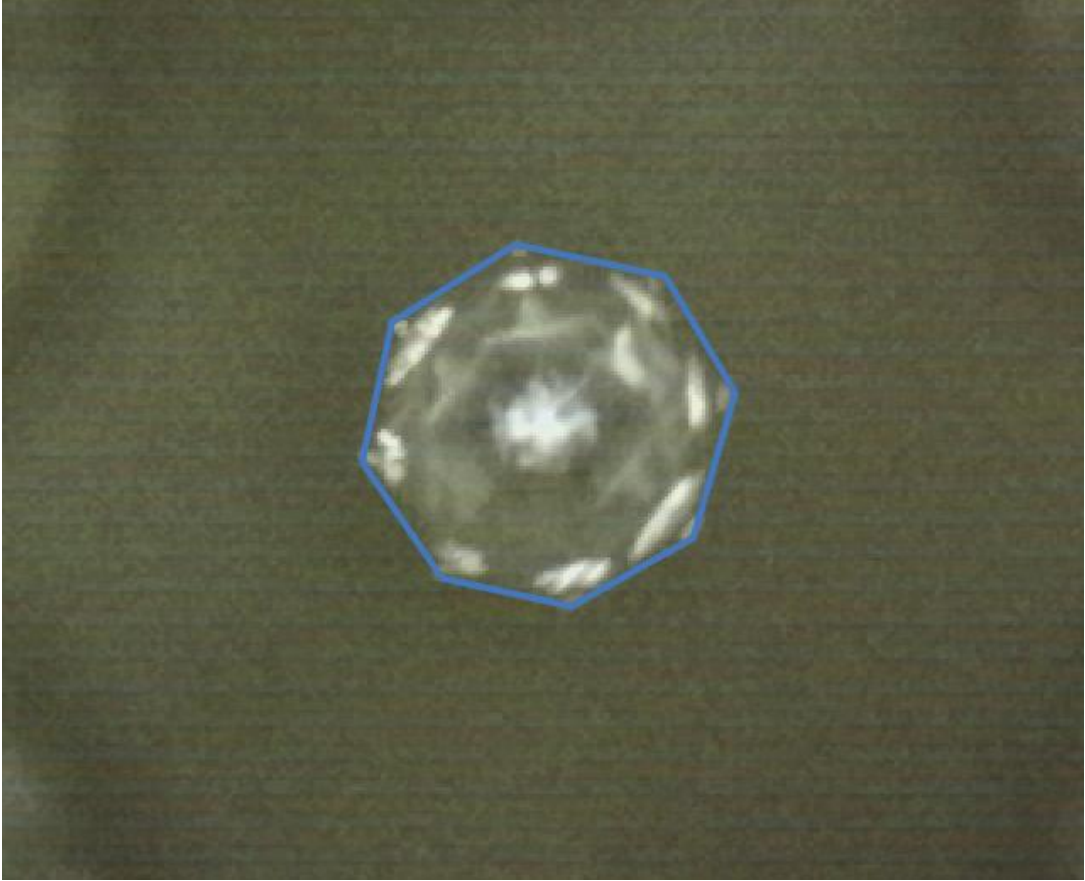
Havada asılı tutulan su damlasına, 493-494Hz frekansında, 18 V genlikte ve %40 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Sekizgen bir şekil çıktığı gözlemlenmiştir.



şekil 3. 36. *Si Notası (493-494Hz %40 Göre Döngüsü 18 V)*

şekil 3.58 incelendiğinde, 493-494Hz frekansının düşük görev döngüsü altında ama yüksek enerjiyle damlanın net oval sekizgen karakterli bir form sergilediği, yüzey titreşimlerinin olmadığı, merkezinde çok köşeli bir çekirdek görüldüğü, yoğun enerjiden dolayı deneysel tekrar gereksinimini arttığı, zaman zaman su damlasının yüksek enerjiden stresi kaldıramayıp patladığı, sönümlenmenin tam gerçekleşmemesi nedeniyle net görüntü ancak video kaydının yavaşlatılmasıyla elde edilebildiği,

sönümlenme tam tamamlanacak gibi olurken tekrar hızlı bir döngüye girdiği tespit edilmiştir.



Şekil 3. 37. *Si Notası (493-494Hz %40 Görev Döngüsü 18 V)*

3.4.1.7. Do Notası

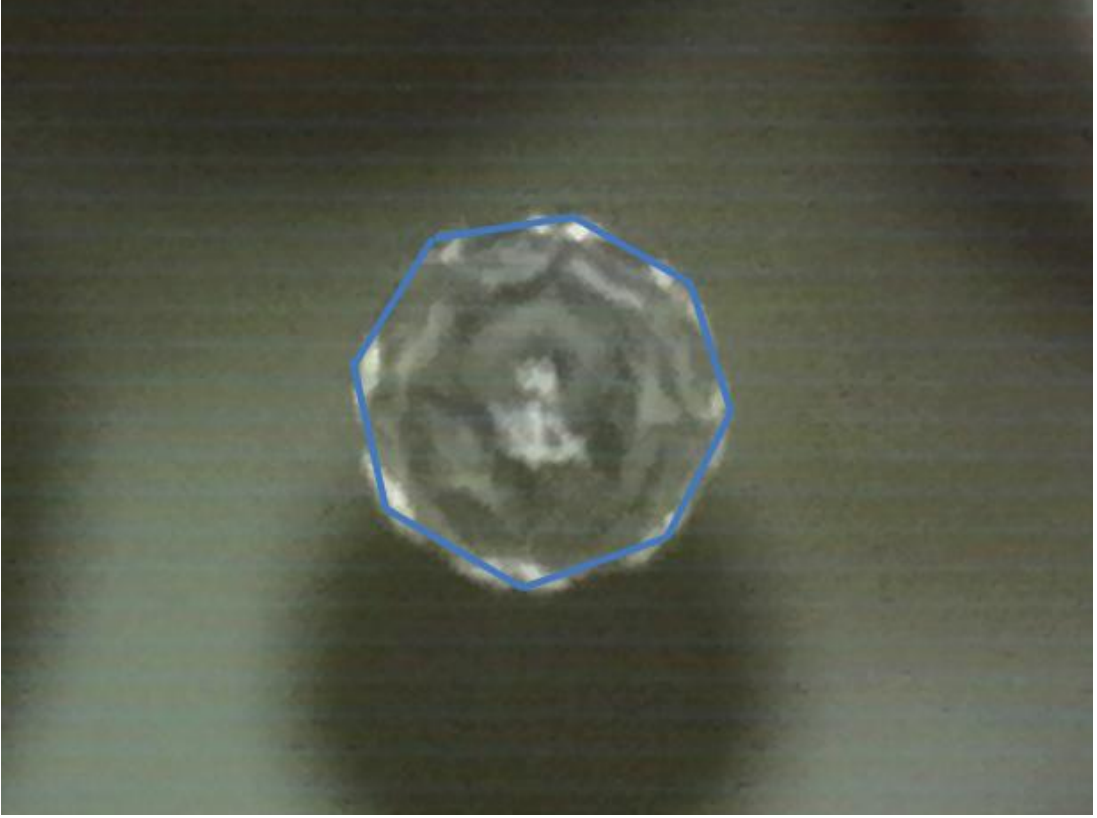
Havada asılı tutulan su damlasına, 523-524Hz frekansında, 17 V genlikte ve %70 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Si notasında oluşan sekizgen gibi benzer bir şekil çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 38. *Do Notası (523-524Hz %70 Görev Döngüsü 17 V)*

Şekil 3.60 analiz edildiğinde, 523–524Hz frekansının çok yüksek görev döngüsü ve çok yüksek enerji koşullarında uygulanması sonucunda damlanın belirgin oval sekiz kutuplu bir yapı sergilediği, zar yüzeyinde gözle seçilebilir titreşim izine rastlanmadığı, merkezde ise Si notasına kıyasla daha küçük ölçekli bir çekirdek oluşumu dikkat çektiği, yoğun enerji aktarımı deneysel süreci zorlaştırmakta olduğu, tekrar sayısını artırmakta ve bazı durumlarda damlanın mekanik gerilimi tolere edemeyerek parçalanmasına yol açtığı, sönümlenmenin tam gerçekleşmemesi nedeniyle net görüntü ancak video kaydının yavaşlatılmasıyla elde edilebildiği,

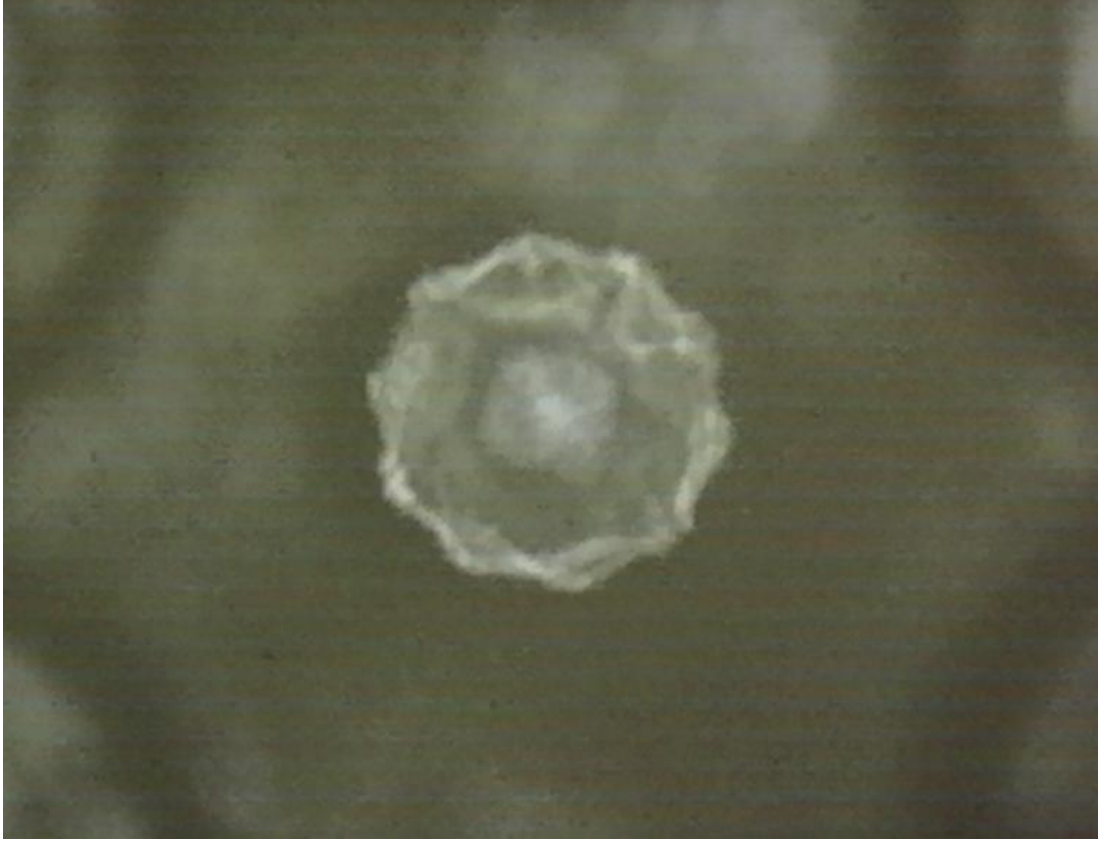
dengeye yaklaşma evresinde damlanın yeniden saat yönünde hızlı bir rotasyona geçtiği tespit edilmiştir.



şekil 3. 39. *Do Notası (523-524Hz %70 Görev Döngüsü 17 V)*

3.4.1.8. Do# Notası

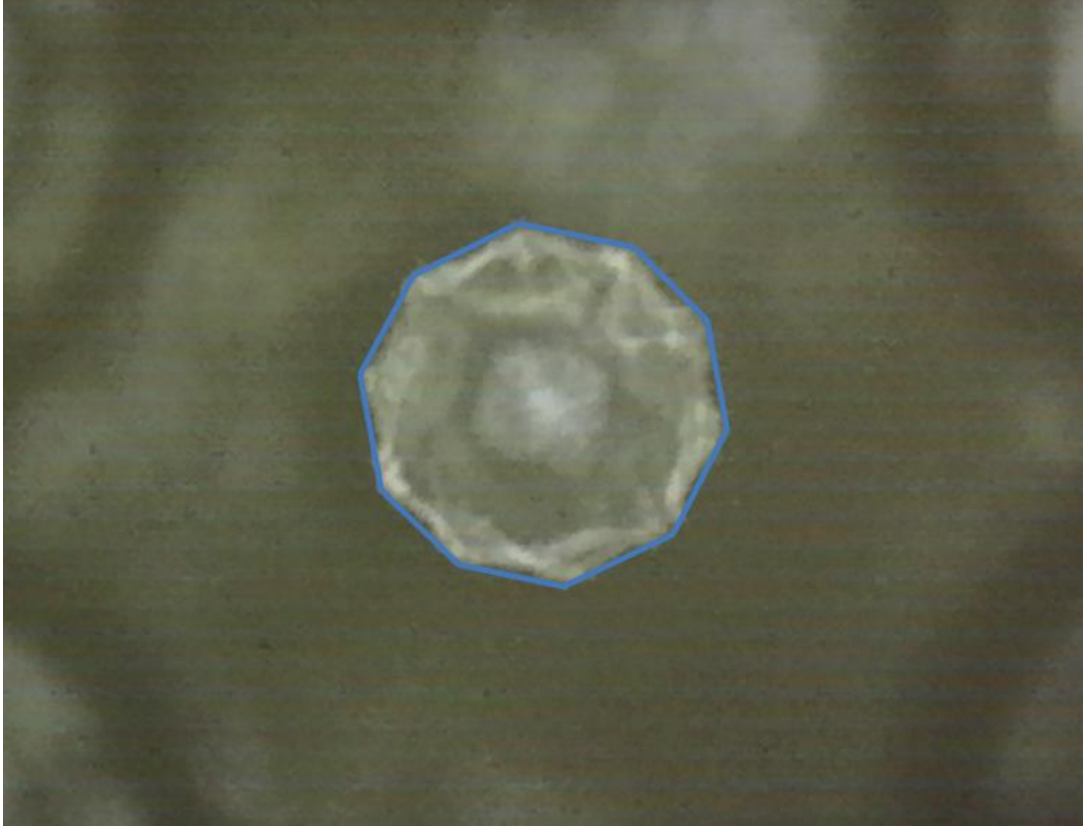
Havada asılı tutulan su damlasına, 554-555Hz frekansında, 16 V genlikte ve %55 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. On Köşeli bir yıldış şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



şekil 3. 40. *Do# Notası (554-555Hz %55 Görev Döngüsü 16 V)*

şekil 3.62’de yapılan değerlendirmede, 554–555Hz frekansının yüksek görev döngüsü ve yüksek enerji altında uygulanmasıyla damlanın oval on kutuplu bir geometri geliştirdiği, merkez bölgesinde belirgin bir enerji yoğunlaşması oluşmakta olup bu çekirdek kararlı bir faza ulaşamamakta ve nabız benzeri salınımlar sergilediği, bu merkezî salınımların zar yüzeyinde oluşan deseni bozucu parazit etkiler ürettiği, sönümlenme evresinde damlanın saat yönünün tersine göstermesi, yüksek frekans ve enerji girdisi nedeniyle damlanın zaman zaman yörüngeden sapması veya

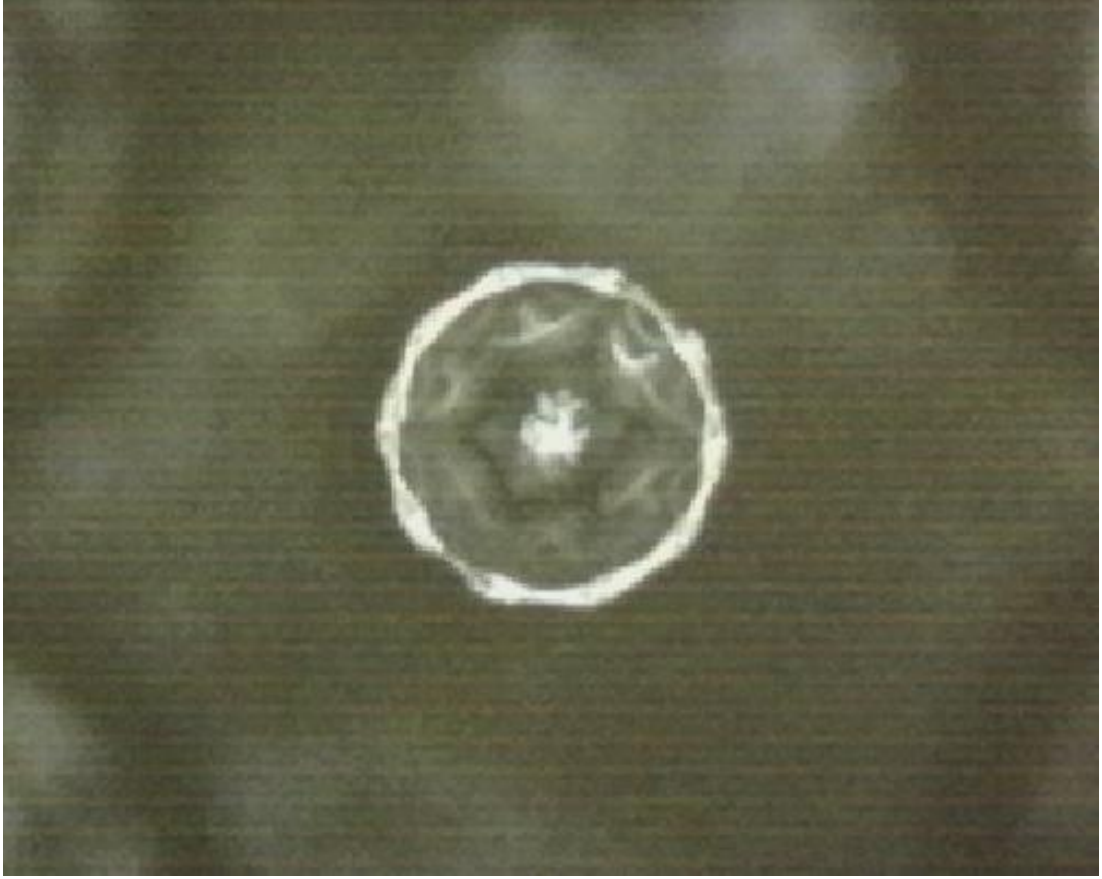
parçalanması, görüntü elde etme sürecini uzatmış (5-6 saat) ve deney süresini belirgin biçimde arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 3. 41. *Do# Notası (554-555Hz %55 Görev Döngüsü 16 V)*

3.4.1.9. Re Notası

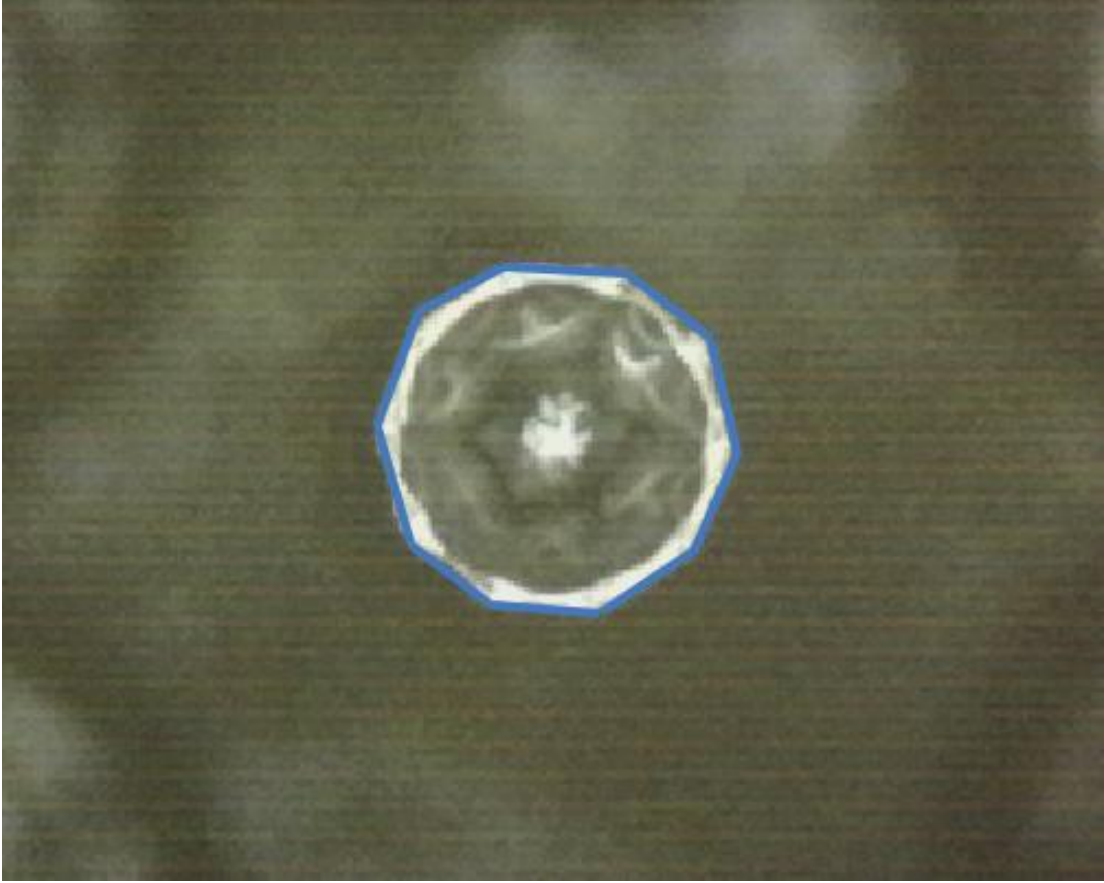
Havada asılı tutulan su damlasına, 587-588Hz frekansında, 16 V genlikte ve %55 ve %80 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Her iki görev döngüsünde de on köşeli bir yıldız şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



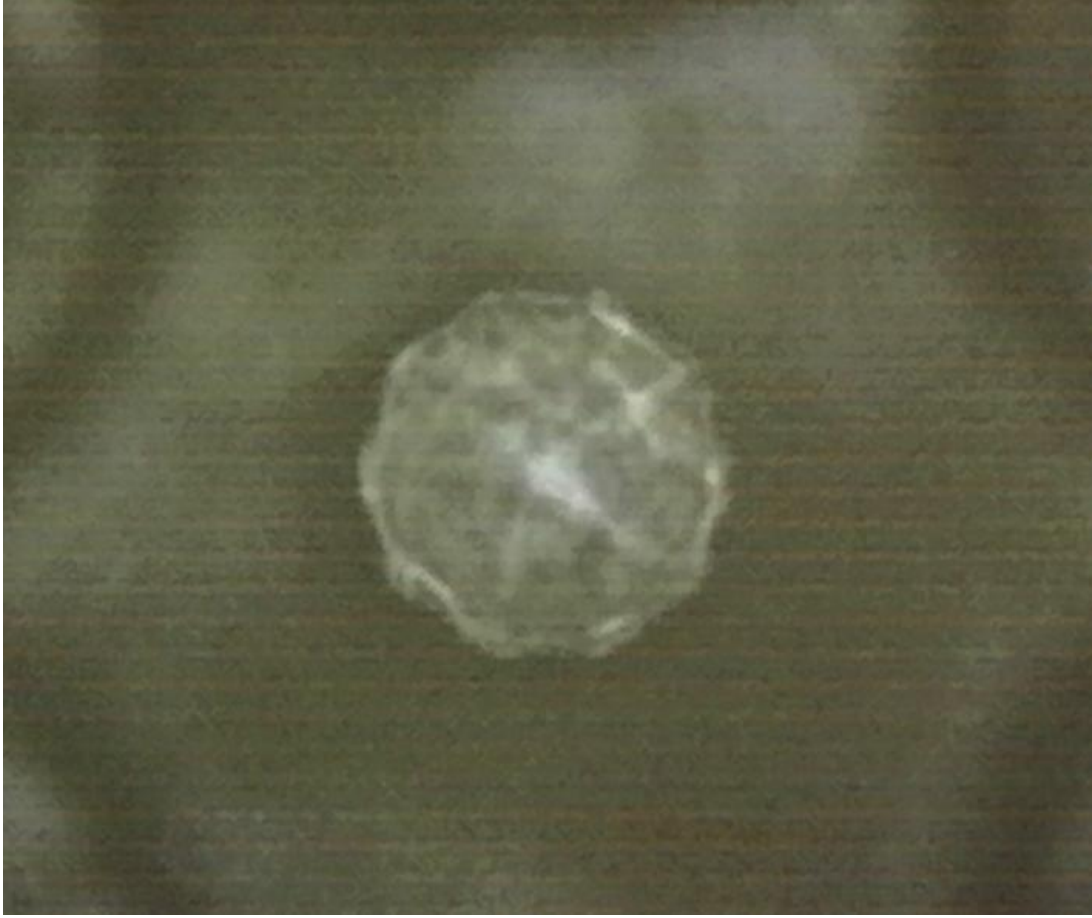
Şekil 3. 42. *Re Notası (587-588Hz %55 Görev Döngüsü 16 V)*

Şekil 3.64 incelendiğinde, 587–588Hz frekansının yüksek görev döngüsü altında uygulanmasıyla damlanın dairesel forma oldukça yakın on kutuplu bir geometri sergilediği, merkezde belirgin bir enerji yoğunlaşması olduğu, zar yüzeyinde ise gözlemlenebilir titreşim izine rastlanmadığı, sönümlenme öncesinde damlanın saat yönünün tersine rotasyon eğilimi gösterdiği, ancak yüksek frekans ve enerji seviyesi aynı Do# notasında olduğu gibi damlanın zaman zaman yörüngeden sapmasına ya da

parçalanmasına neden olmakta bu durumda görüntü elde etme süresini yaklaşık 5–6 saate kadar uzattığı tespit edilmiştir.

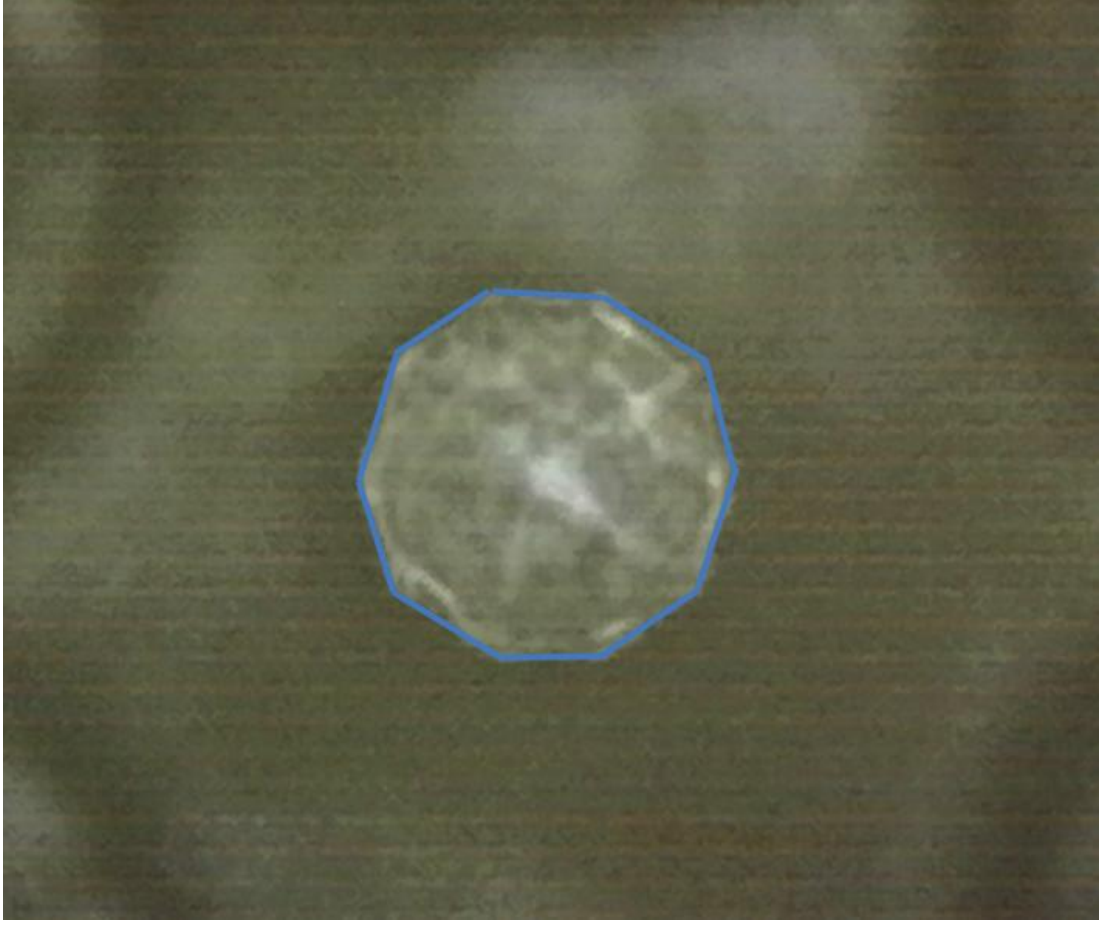


Şekil 3. 43. *Re Notası (587-588Hz %55 Görev Döngüsü 16 V)*



Şekil 3. 44. *Re Notası (587-588Hz %80 Görev Döngüsü 16 V)*

Şekil 3.66’da yapılan analizde, 587–588Hz frekansının çok yüksek görev döngüsü şiddeti uygulanması sonucunda damlanın, %55 şiddet düzeyinde elde edilen forma benzer şekilde daireye yakın on kutuplu bir geometri oluşturduğu, aşırı enerji yüklenmesi nedeniyle damlanın yoğun mekanik gerilim altında bulunduğu, bu gerilimin yüzeyine yansıdığı ve tam bir stabilizasyon sağlanamadığı, çalışma kapsamında uygulanan tüm frekans ve nota denemeleri arasında en yüksek frekans ve enerjiye maruz kalan Re notasının deneysel açıdan en zorlayıcı koşulları oluşturduğu, sönümlenmenin tamamlanmaması nedeniyle net görüntü ancak video kaydının yavaşlatılmasıyla elde edilebildiği, deney süresini yaklaşık 6–6,5 saate kadar uzadığı, sönümlenmeye en yakın evrede damlanın saat yönünün tersine rotasyon gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 3. 45. *Re Notası (587-588Hz %80 Görev Döngüsü 16 V)*

Batı müziğinde karşılık gelen nota frekanslarında, özellikle daha yüksek frekans aralıklarında, sekizgen ve on köşeli yıldız modların ortaya çıktığı,

Batı müziği frekans karşılıklarında geometrik şekiller daha düşük görev döngülerinde (%50-%80) ortaya çıktığı, yani uyarılabilmesi için daha fazla enerji birikimine ihtiyaç duyduğu,

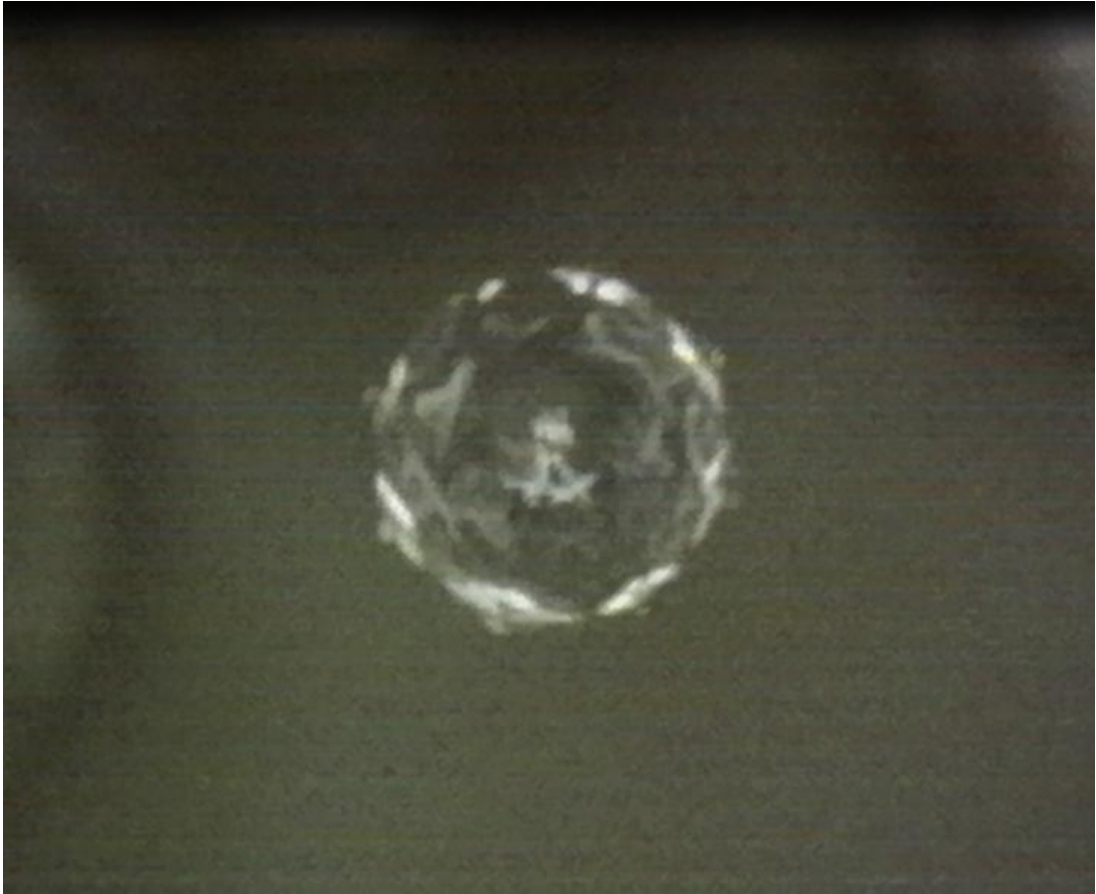
Batı müziği frekanslarında uygulanan titreşimler sonrasında, su damlası içerisinde gözlemlenen hortumsu veya döngüsel iç hareketin daha uzun süre sönümlenmeden devam ettiği, bu durumun, damlanın yüzeyinde geometrik desenlerin oluşumunu geciktirici bir etki yarattığı,

Batı müziği frekanslarında yıldız modlarının ağırlıklı olarak yüksek frekans bölgelerinde ortaya çıktığı, böylece geometrik desen oluşumunun geniş bir frekans aralığına yayılmadığı ve dar bir bantta yoğunlaştığını gözlemlenmiştir.

3.4.2. Havada Asılı Duran Bir Su Damlasına 432Hz ve 440Hz Frekansları Uygulandığında Oluşturduğu Geometrik Desenler Nelerdir ve Ayırt Edici Fiziksel Farklar

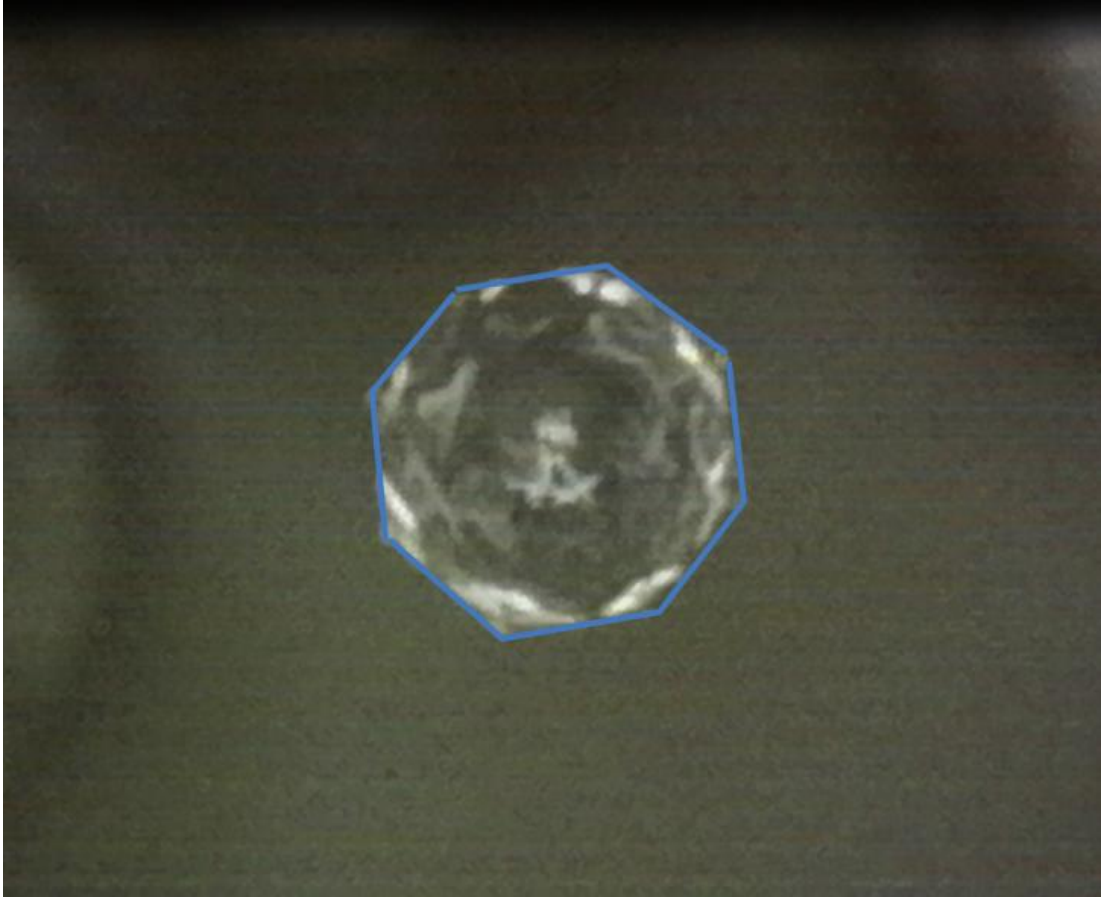
3.4.2.1. 432Hz Frekansı

Havada asılı tutulan su damlasına, 432Hz frekansında, 15 V genlikte ve %35 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Sekizgen bir yıldız şekli gözlemlenmiştir.



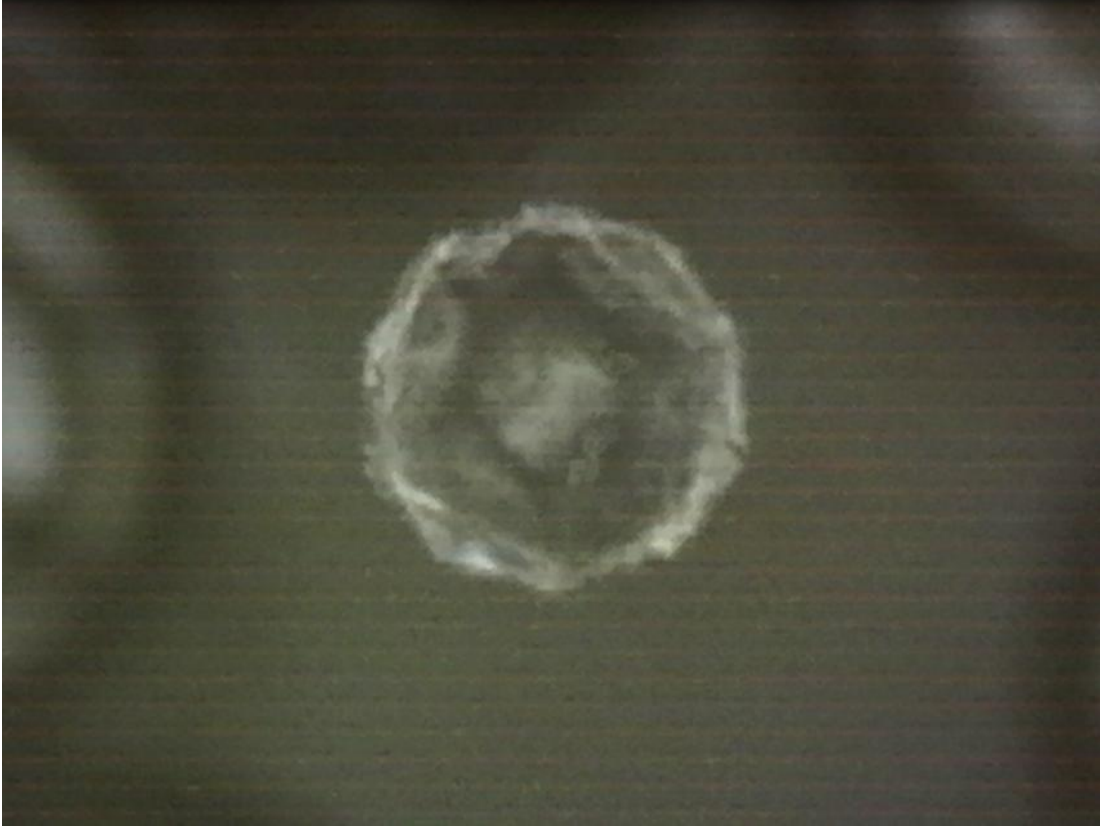
Şekil 3. 46. 432Hz %35 Görev Döngüsü 15 V

Şekil 3.21’de gözlemlendiği üzere, 432Hz frekansına maruz bırakılan su damlasında orta genlikte uygulanan titreşimler sonucunda belirgin yüzey hareketleri meydana gelmekte ve sekizgen karakterli simetrik formların oluştuğu, oluşan yapının kristalimsi bir geometri sergilediği, damla yüzeyinde küçük, köşeli ve düzenli alt formların da belirdiği, damlanın hem saat yönünde hem de saat yönünün tersine rotasyonel hareketler gösterdiği tespit edilmiştir.



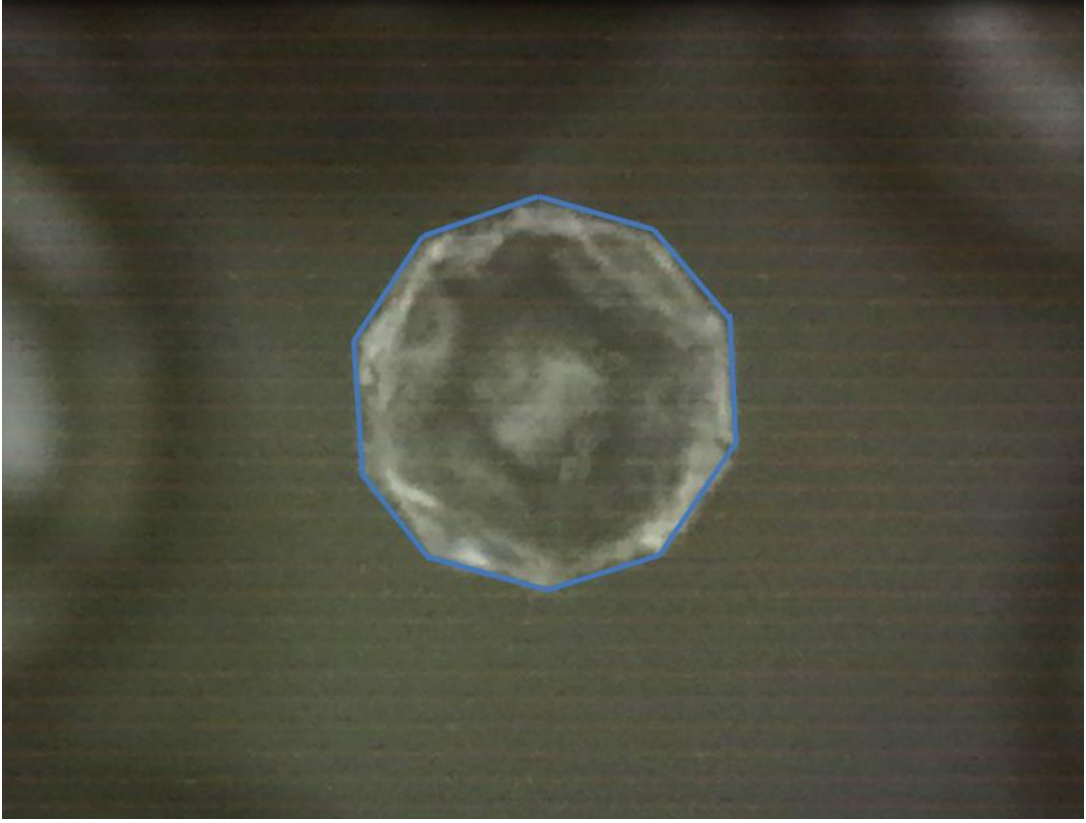
Şekil 3. 47. 432Hz %35 Görev Döngüsü 15 V

432Hz frekansında, 15 V genlikte ve %40 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. On köşeli bir yıldız şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



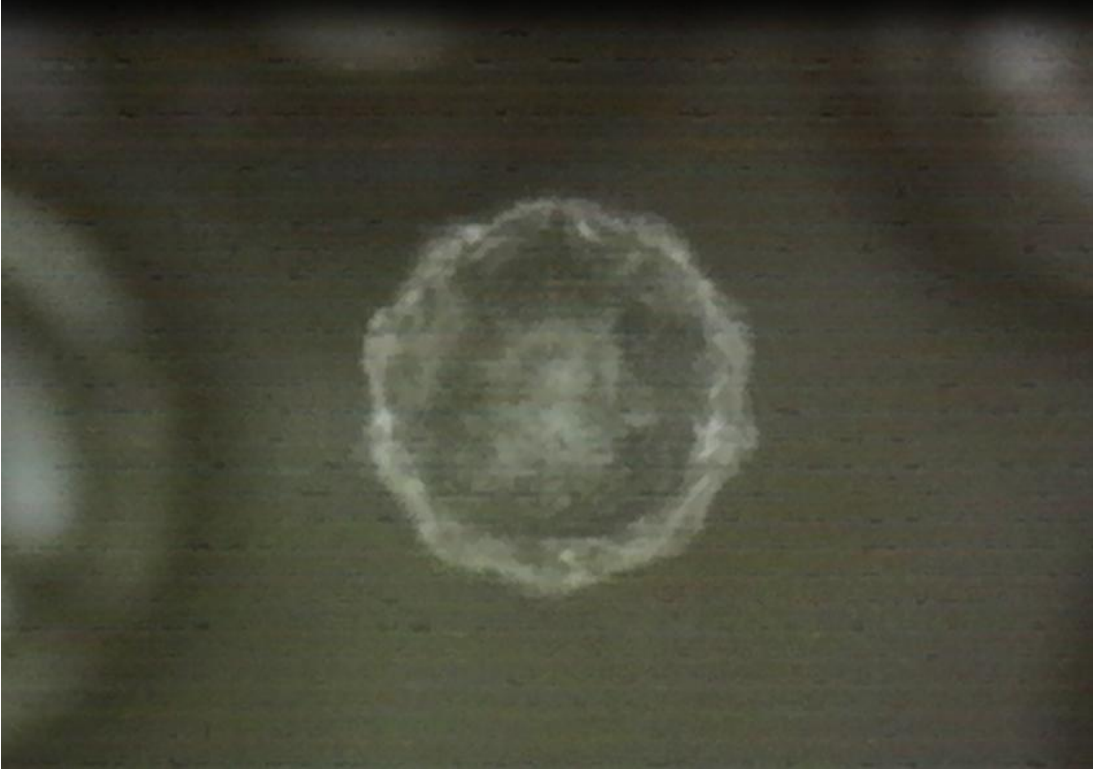
Şekil 3. 48. 432Hz %40 Görev Döngüsü 15 V

Şekil 3.23'te gözlemlendiği üzere, 432Hz frekansına orta genlikte maruz bırakılan su damlasında kısa sürede belirgin yüzey hareketlenmeleri meydana geldiği, %35 görev döngüsünde elde edilen forma kıyasla, bu uygulamada zar yüzeyindeki titreşimlerin devam ettiği ve tam anlamıyla sönümlenmediği, damlanın hem saat yönünde hem de saat yönünün tersine rotasyonel hareketler sergilediği tespit edilmiştir.



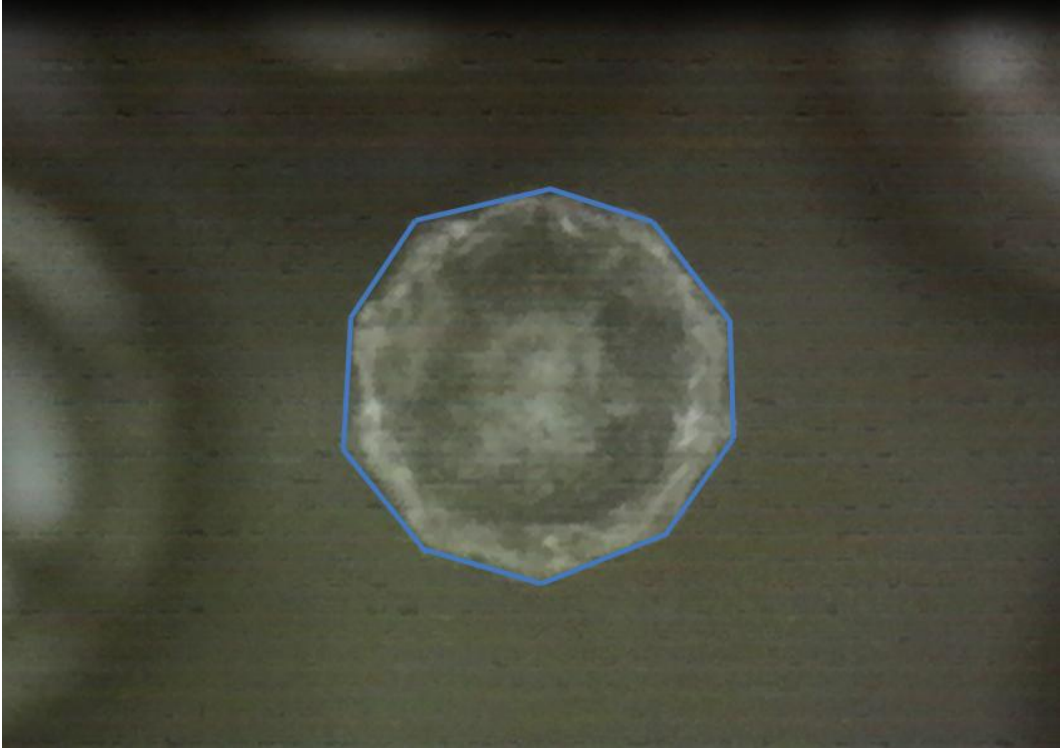
Şekil 3. 49. *432Hz %40 Görev Döngüsü 15 V*

432Hz frekansında, 15 V genlikte ve %45 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. On köşeli bir yıldız şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



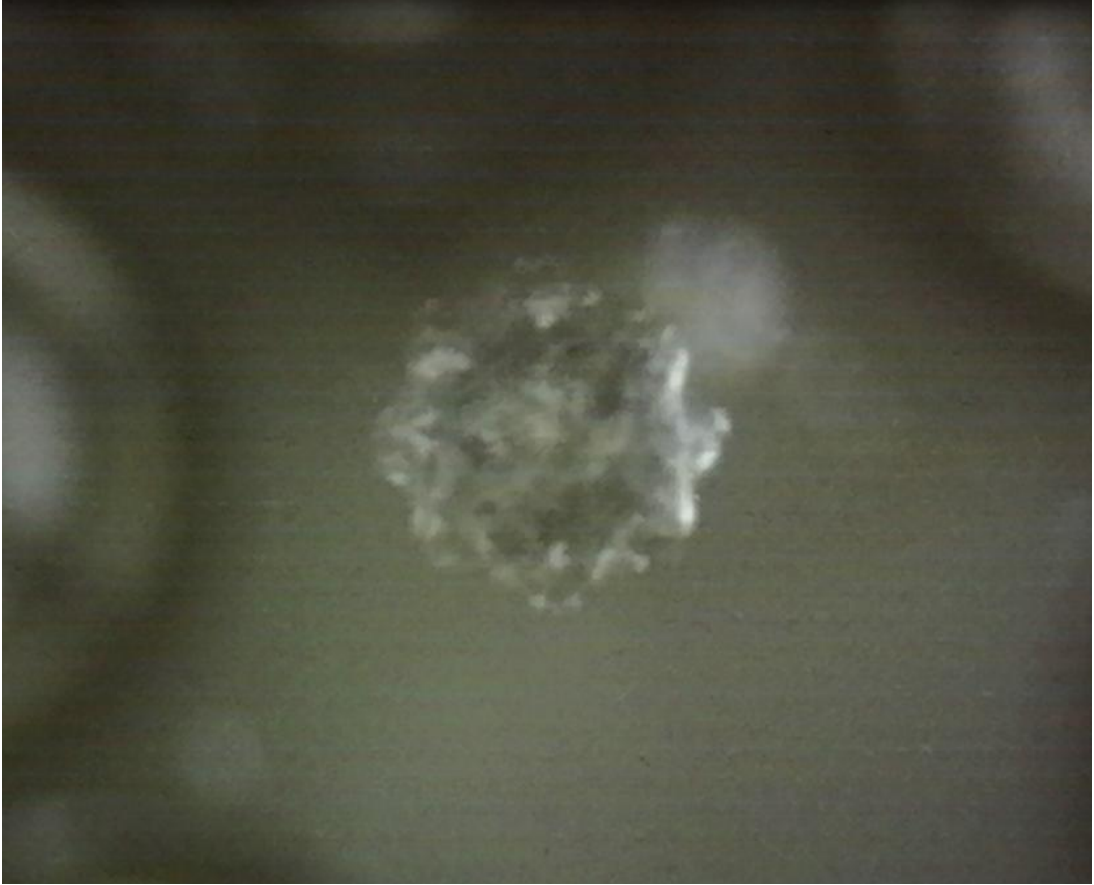
Şekil 3. 50. 432Hz %45 Görev Döngüsü 15 V

Şekil 3.25'te gözlemlendiği üzere, 432Hz frekansına orta genlikte maruz bırakılan su damlasında, %40 görev döngüsüne kıyasla zar yüzeyinde daha yüksek oranlı ve belirgin titreşimler meydana geldiği, damlanın zaman zaman dairesel forma dönmekle birlikte, baskın olarak on köşeli yıldız biçiminde organize olduğu, yıldız formuna geçiş anlarında damla çekirdeğinde belirgin bir merkez yoğunlaşmasının ortaya çıktığı tespit edilmiştir.



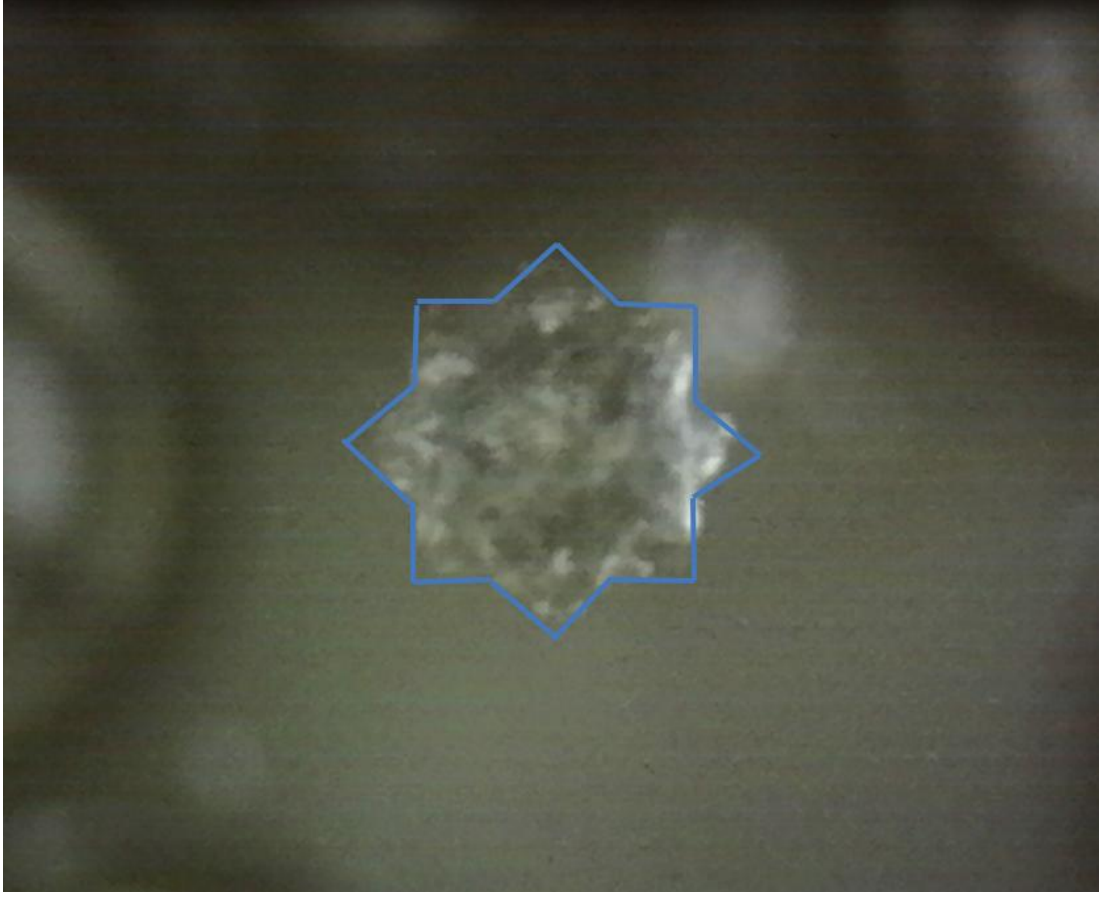
Şekil 3. 51. *432Hz %45 Görev Döngüsü 15 V*

432Hz frekansında, 15 V genlikte ve %50 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Sekiz köşeli bir yıldız şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 52. 432Hz %50 Görev Döngüsü 15 V

Şekil 3.27’de gözlemlendiği üzere, 432Hz frekansına yüksek genlikte maruz bırakılan su damlasında belirgin ve simetrik sekizgen formlar meydana getirdiği, elde edilen sekizgen yapının, %35-%40-%45-%55-%60 görev döngüsü aralığında gözlemlenen diğer 432Hz formlarına kıyasla köşelerinin en keskin ve en sivri şekil olduğu, ortaya çıkan yıldızın Selçuklu yıldızına benzediği, zar yüzeyinde belirgin titreşim izlerinin olmaması, damlanın hem saat yönünde hem de saat yönünün tersine rotasyonel hareket sergilediği tespit edilmiştir.



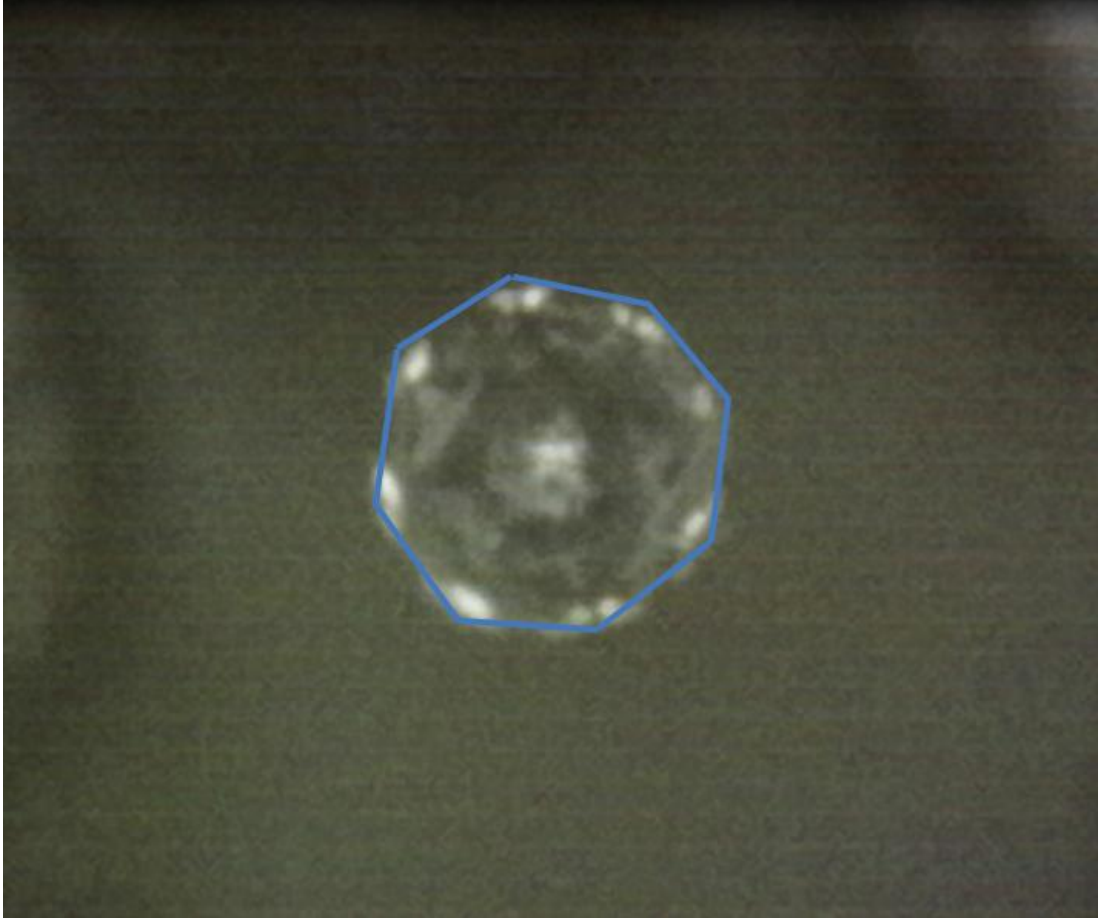
Şekil 3. 53. *432Hz %50 Görev Döngüsü 15 V*

432Hz frekansında, 15 V genlikte ve %55 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Sekiz köşeli bir yıldız şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 54. 432Hz %55 Görev Döngüsü 15 V

Şekil 3.29’da gözlemlendiği üzere, 432Hz frekansına yüksek genlikte maruz bırakılan su damlasında sekiz kutuplu, belirgin simetriye sahip sekizgen formlar meydana geldiği, oluşan yapının çekirdek bölgesinde belirgin bir enerji yoğunlaşmasının ortaya çıktığı, damla zarındaki yüzey titreşimlerinin büyük ölçüde sönümlenmiş olduğu, damlanın sönümlenme sürecinde damlanın hem saat yönünde hem de saat yönünün tersine rotasyonel hareket ettiği tespit edilmiştir.



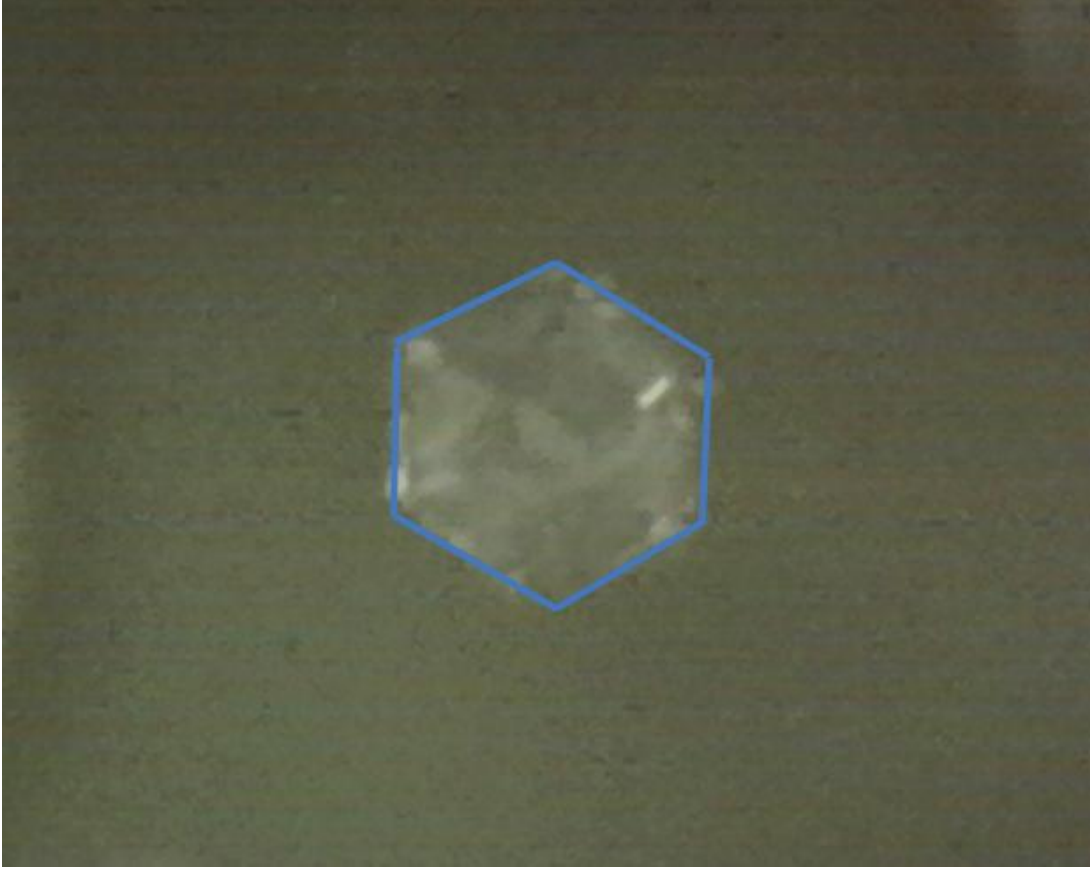
Şekil 3. 55. *432Hz %55 Görev Döngüsü 15 V*

432Hz frekansında, 15 V genlikte ve %60 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Altı köşeli bir yıldız şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 56. 432Hz %60 Görev Döngüsü 15 V

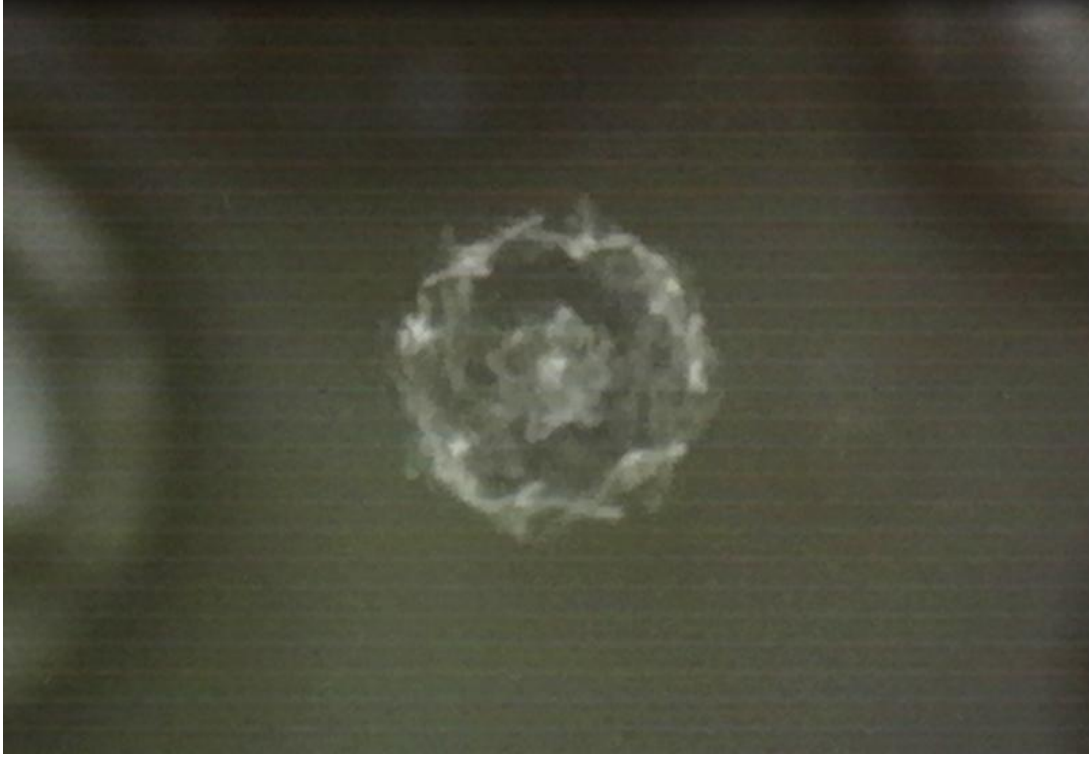
Şekil 3.31’de gözlemlendiği üzere, 432Hz frekansına yüksek genlikte maruz bırakılan su damlasında, altıgen karakterli ve uçurtma formunu andıran belirgin bir geometrik yapı meydana geldiği, oluşan formun zar yüzeyinde titreşimlerin yoğun biçimde devam ettiği ve sönümlenme sürecine girmediği bu nedenle cızırtılı bir görüntünün oluştuğu, merkezî bir enerji çekirdeğinin belirginleşmediği, enerji dağılımının daha çok çevresel ve kenar bölgelerde organize olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. 57. *432Hz %60 Görev Döngüsü 15 V*

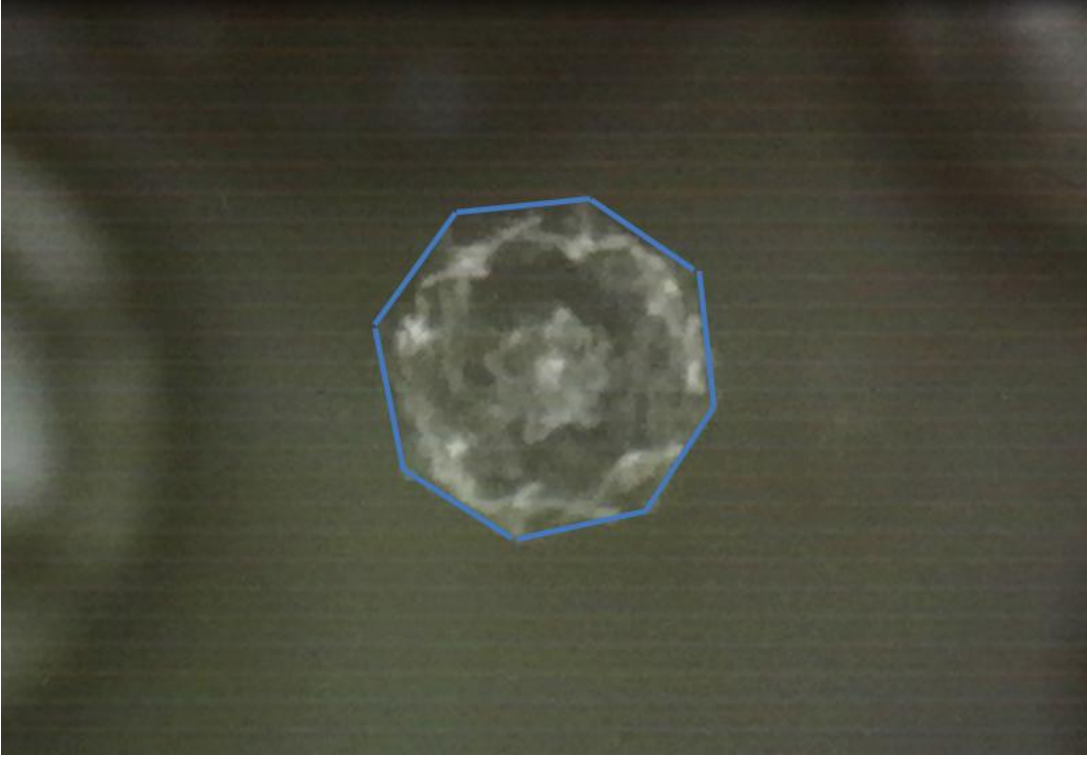
3.4.2.2. 440Hz Frekansı

440Hz frekansında, 15 V genlikte ve %50 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Sekiz köşeli bir yıldız şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



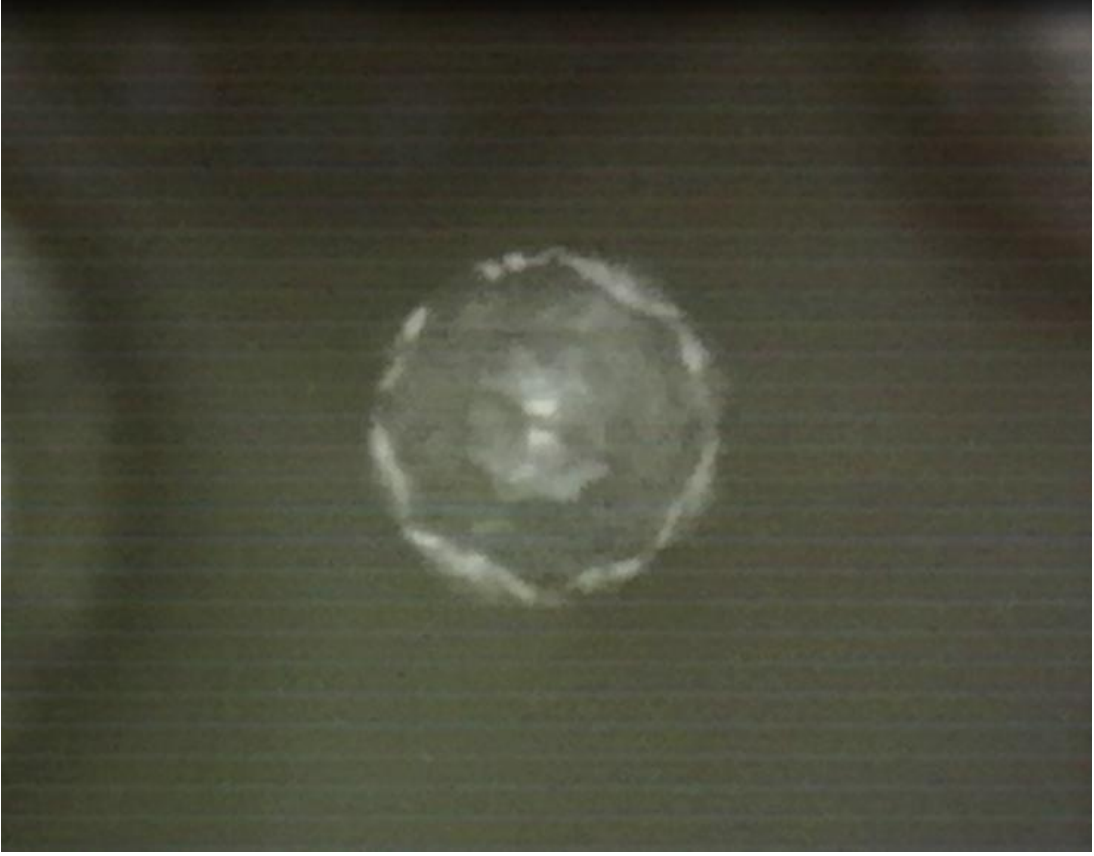
Şekil 3. 58. 440Hz %50 Görev Döngüsü 15 V

Şekil 3.33'te gözlemlendiği üzere, 440Hz frekansına yüksek genlikte maruz bırakılan su damlasında hafif sivri uçlara sahip sekizgen benzeri geometrik formlar meydana geldiği, damla zarında belirgin yüzey titreşimlerinin gözlemlenmemesi ve merkezde kristalimsi bir enerji çekirdeğinin oluştuğu, damlanın ağırlıklı olarak saat yönünde rotasyonel hareket sergilediği, yüksek şiddet koşullarında çevresel titreşim çeşitliliği sınırlı bir etki ortaya koyduğu tespit edilmiştir.



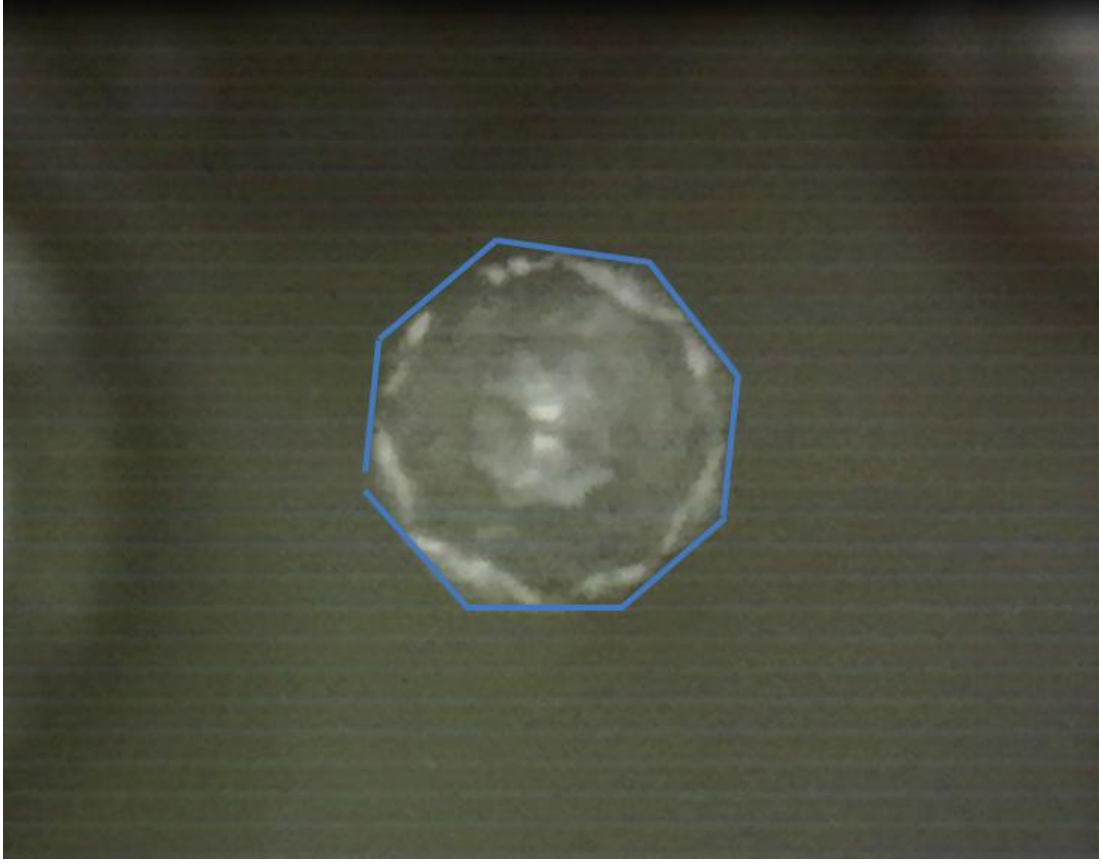
Şekil 3. 59. *440Hz %50 Görev Döngüsü 15 V*

440Hz frekansında, 15 V genlikte ve %55 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Sekiz köşeli bir yıldız şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



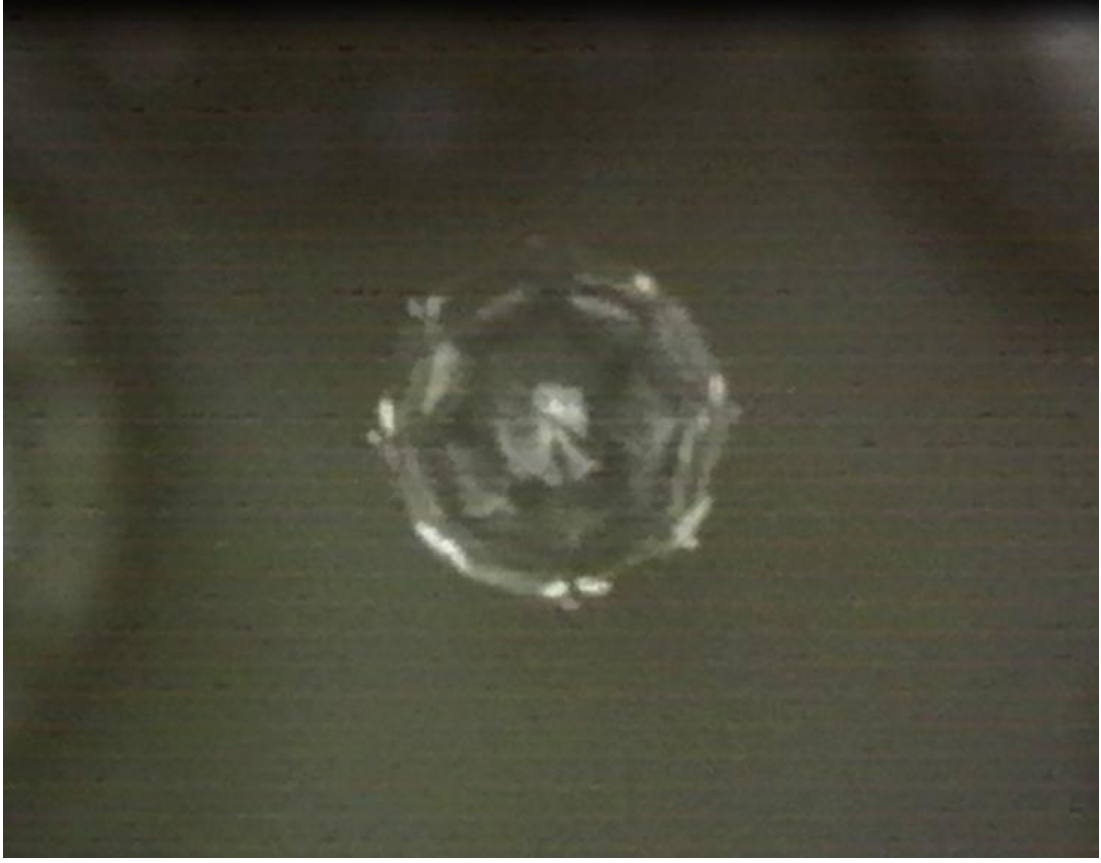
Şekil 3. 60. 440Hz %55 Görev Döngüsü 15 V

Şekil 3.35'te gözlemlendiği üzere, 440Hz frekansına yüksek genlikte maruz bırakılan su damlasında oval karakter taşıyan, sekiz kutuplu sekizgen benzeri formlar meydana geldiği, damlanın merkezinde kristalimsi bir çekirdek yapısının belirginleştiği, %50 görev döngüsüne kıyasla zar ve çekirdek bölgelerinin daha net seçilebildiği ancak bu iki yapı arasındaki bölgede sürekli bir enerji akışına bağlı olarak düzensiz ve cızırtılı bir görünüm oluştuğu, bu durum, enerjinin merkez ve zar bölgelerinde yoğunlaşmasına karşın ara bölgede tam bir stabilite sağlanamadığı tespit edilmiştir.



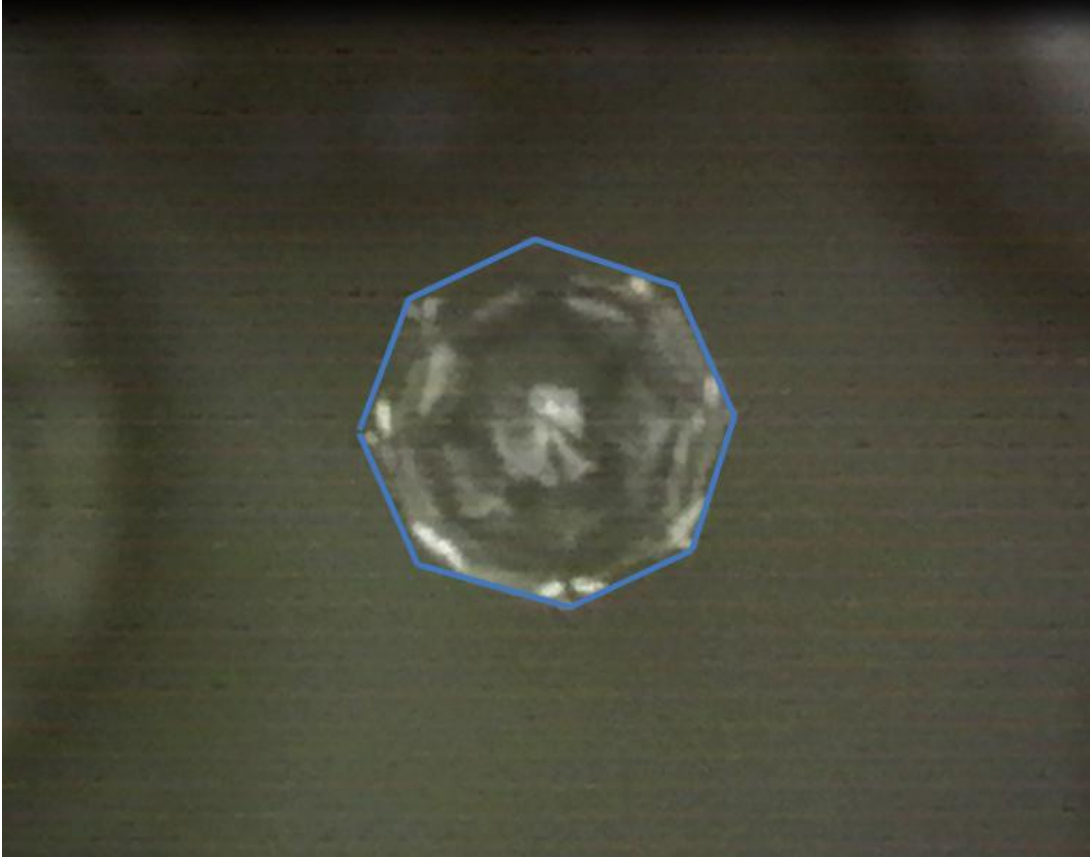
Şekil 3. 61. *440Hz %55 Görev Döngüsü 15 V*

440Hz frekansında, 15 V genlikte ve %60 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Sekiz köşeli bir yıldız şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



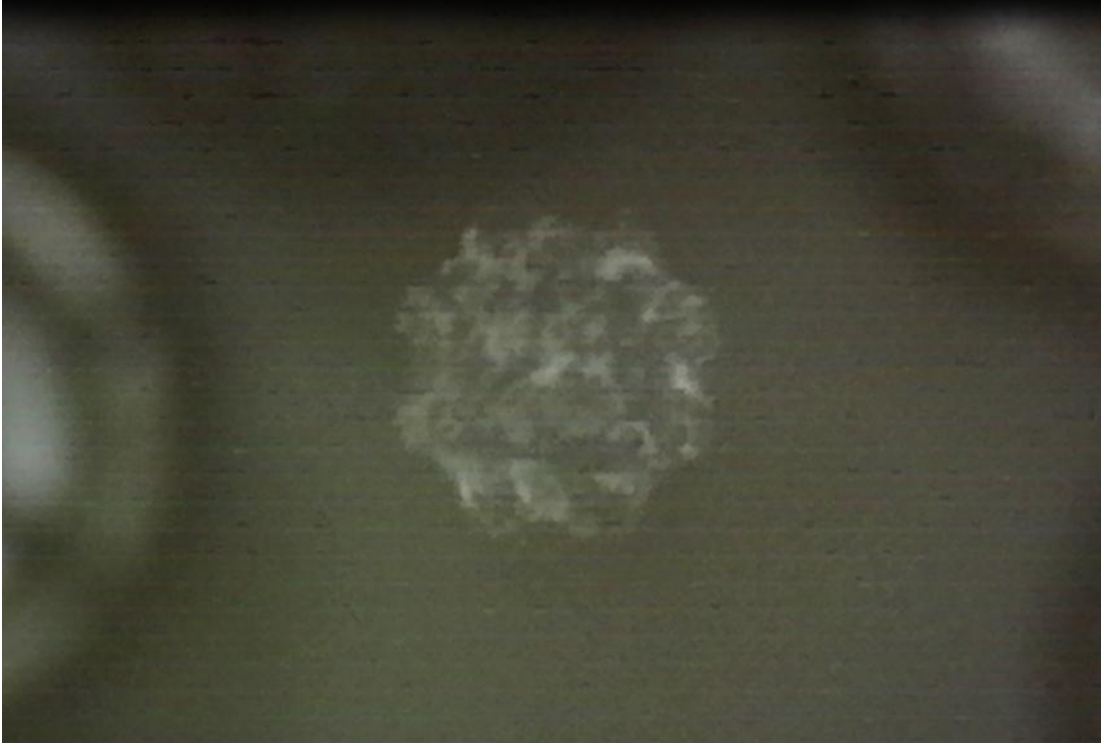
Şekil 3. 62. 440Hz %60 Görev Döngüsü 15 V

Şekil 3.37’de gözlemlendiği üzere, 440Hz frekansına yüksek genlikte maruz bırakılan su damlasında elmas formunu andıran sekizgen benzeri geometrik yapılar meydana geldiği, damla zarındaki yüzey titreşimlerinin büyük ölçüde sönümlenmiş olması, şeklin daha net ve keskin sınırlarla görüntülenmesini sağladığı, damlanın hem saat yönünde hem de saat yönünün tersine rotasyonel hareket sergilediği, yüzey dinamiklerini baskılayarak katı bir geometrik görünüm oluşturduğu tespit edilmiştir.



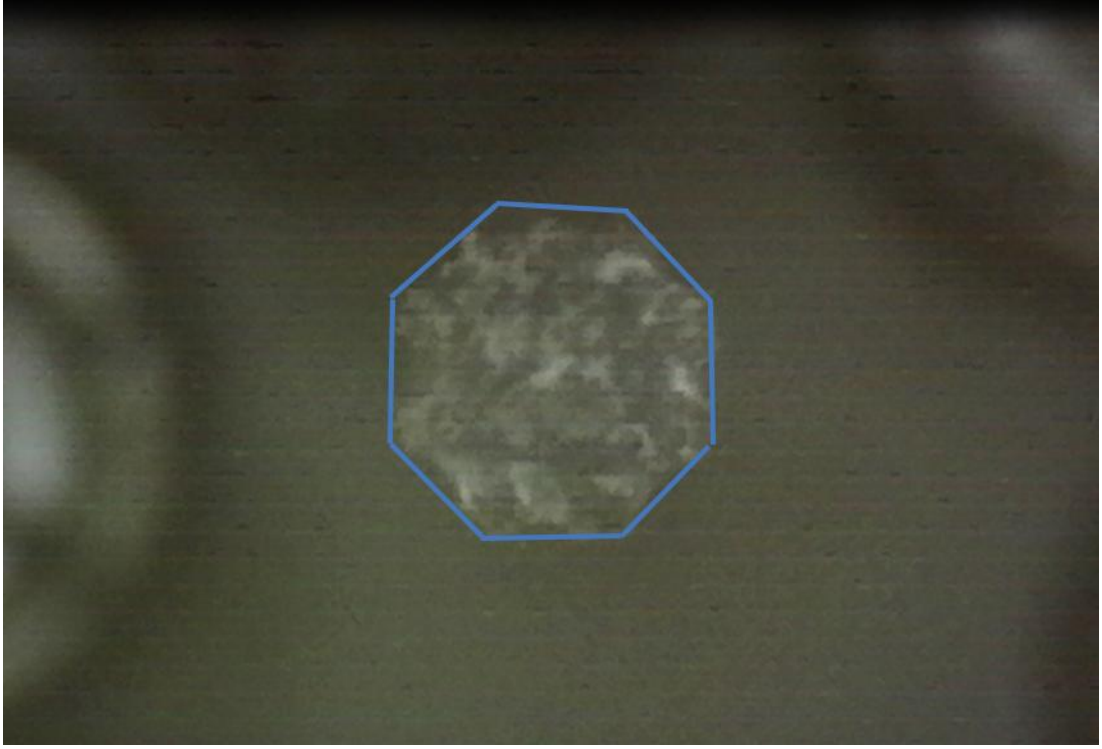
Şekil 3. 63. *440Hz %60 Görev Döngüsü 15 V*

440Hz frekansında, 15 V genlikte ve %65 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Sekiz köşeli bir yıldız şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



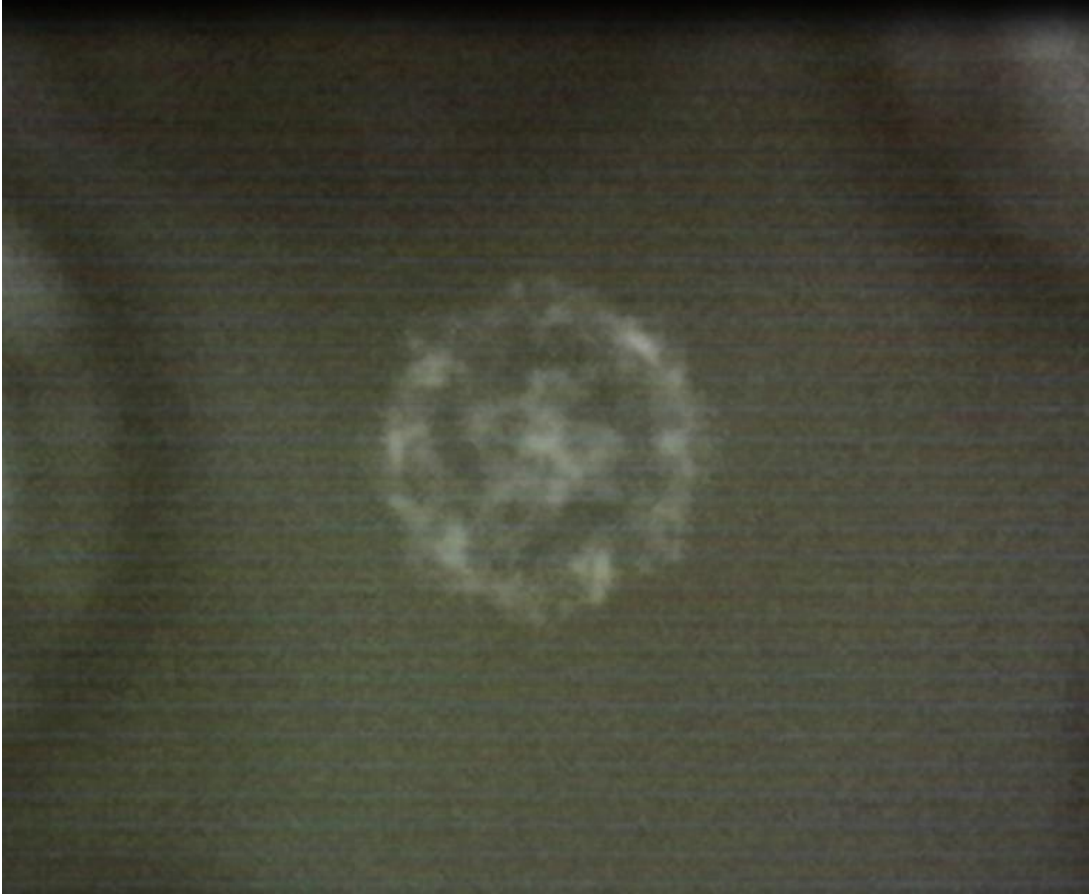
Şekil 3. 64. 440Hz %65 Görev Döngüsü 15 V

Şekil 3.39’da gözlemlendiği üzere, 440Hz frekansına çok yüksek genlikte maruz bırakılan su damlasında sekizgen karakterli geometrik formlar oluşturduğu, uygulanan aşırı enerji yüklemesi sonucunda damla yüzeyinde belirgin basınç yoğunlaşmaları meydana geldiği için yüzeyde deformasyonlara ve çıkıntılı yapısal düzensizliklere yol açtığı, çok yüksek şiddette uygulanan frekansın, sınırlı bir geometrik çeşitlilik sergileyerek çoğunlukla benzer sekizgen formlar ürettiği böylece kapasitesinin kısıtlandığı tespit edilmiştir.



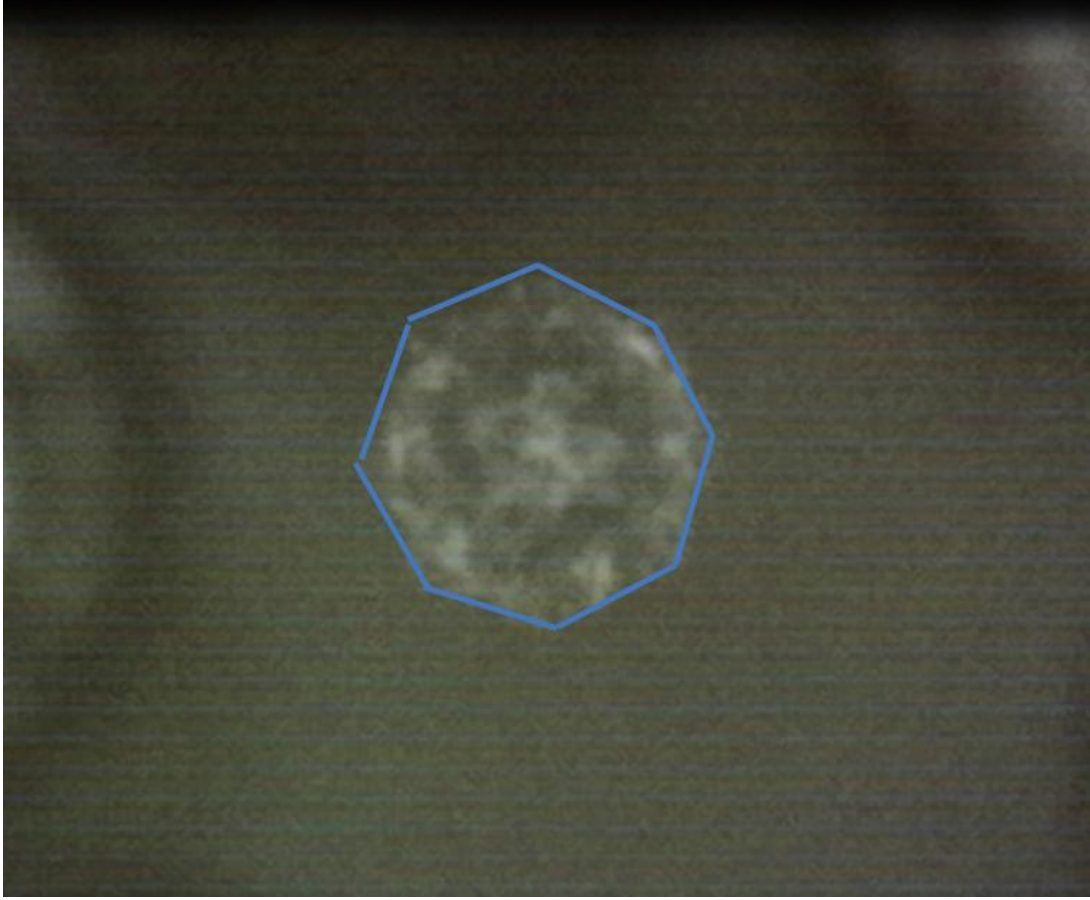
Şekil 3. 65. *440Hz %65 Görev Döngüsü 15 V*

440Hz frekansında, 15 V genlikte ve %70 görev döngüsüne sahip frekansa tepki verdiği fark edilmiştir. Sekiz köşeli bir yıldız şekli çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 66. 440Hz %70 Görev Döngüsü 15 V

Şekil 3.41’de gözlemlendiği üzere, 440Hz frekansına aşırı yüksek genlikte maruz bırakılan su damlasında sekizgen karakterli geometrik formlar meydana geldiği %60 görev döngüsünde elde edilen şekle nazaran köşelerinin daha sivri olduğu; %65 görev döngüsünde elde edilen şekle nazaran köşe keskinliğinin görece azaldığı, ayrıca merkezde kristalimsi bir enerji çekirdeğinin görüldüğü, damlanın hem saat yönünde hem de saat yönünün tersine rotasyonel hareket sergilediği, aşırı yüksek şiddet koşullarında sistemin belirli form tutarlılığı açısından sınırlı bir performans sergilediği tespit edilmiştir.



Şekil 3. 67. 440Hz %70 Görev Döngüsü 15 V

3.4.2.3. 432Hz ile 440Hz Karşılaştırıldığında Ayırt Edici Fiziksel Farklar

432Hz’de mod çeşitliliği daha belirgin olduğu gözlemlenmiştir.

432Hz’de, sabit genlikte (15V), görev döngüsü arttıkça yıldız formunun köşe sayısı değiştiği,

432Hz’de damlacığın şekil değişimlerinin daha çeşitli bir yıldız modları gösterdiği,

440Hz’de çeşitli görev döngülerinde ise 8 köşeli yıldız modu baskın olduğu gözlemlenmiştir.

Her iki frekansta da yıldız formu görülmekle birlikte, 432Hz’de köşe sayısı görev döngüsüne bağlı olarak değişirken, 440Hz’de köşe sayısının değişmediği,

432Hz frekansında düşük görev döngüsünde, daha yüksek köşeli yıldız modlarının ortaya çıkmasına olanak tanırken, 440Hz frekansında yüksek görev döngüsünde yalnızca sekiz köşeli yıldız modu oluştuğu,

Ayrıca TinyLev akustik levitasyon sistemi, deneyler öncesinde belirli bir süre çalıştırılarak kararlı hâle getirilmesi gerektiği ve böylece ses dalgalarının oturması ve akustik alanın kararlı olması açısından gerekli olduğu,

Su damlacığı akustik alan içerisinde havada askıda dururken frekans uygulandığında, öncelikle başlangıç aşamasında damlacığın kendi içerisinde hortumsu bir hareket oluşturduğu gözlemlendiği, bu hareketinin zamanla sönümlendiğinde su damlacığının frekansa belirgin bir şekilde tepki verdiği ya da herhangi bir tepki vermediği, bu döngüsel hareketin sönümlenme süreci mekanik sistemlerde yüksekte bırakılan bir pinpon topunun seke seke durmasının beklemeye ya da sallanan bir salıncığın zamanla durma eğilimi göstermesine benzer bir davranış gibi olduğu,

Frekans değiştirildiğinde sistemin durdurularak su damlacığının yeniden konumlandırılmasının gerekli olduğu, damlacığın önceki deneylerden kaynaklı olarak enerjiye veya frekansa bağlı davranış biçimini koruduğu ve frekans değişmesine rağmen tutarlı tepkiler vermediği, bu durumda, suyun önceki titreşim koşullarından çıkamamış olabileceği,

Su damlacığının boyutunun deney sonuçlarını etkilediği, belirli bir eşik değerin altında kalan küçük damlacıkların uygulanan frekanslara anlamlı bir tepki vermediği, ayrıca, suyun havada askıda kalabilmesi için yalnızca gerilim değerinin değil, görev döngüsü ayarının da belirleyici olduğu, görev döngüsünün sıfır olarak ayarlandığı durumlarda havada kalma durumunun sağlanamadığı,

Su damlasına uygulanan görev döngüsünün ve gerilim düzeyinin minimum seviyede tutulması, daha düşük frekans ve enerji aktarımı koşullarında damlanın düzenli desenler oluşturabilmesine imkân tanıdığı için olumlu bir durum olarak değerlendirilmektedir. Buna karşılık, görev döngüsü ve enerji düzeyinin artmasıyla birlikte sistemde oluşan stres yükselmekte; bu durum suyun düzenek üzerinde kararlı biçimde tutulmasını güçleştirmektedir. Her ne kadar yüksek enerji altında zorlayıcı

biçimde bazı şekiller elde edilebilmekteyse de, uzun süreli uygulamalarda damlanın dış yüzeyinde yer alan ve gözle doğrudan seçilemeyen zar yapısının zarar gördüğü, bu yapının zayıflaması ve yırtılması sonucunda su damlası sistemden ayrılarak düştüğü,

Yaklaşık 110Hz-220Hz oktav frekans bölgesindeki nota ve perdelerde titreşim yoğunluğunun daha yüksek olduğu, bu nedenle su damlacığının havada tutulabilmesi için yaklaşık 17 V ve 16 V gerilim değerinin gerekli olduğu,

Rast makâmı dizisi içerisinde özellikle 247-248Hz'nin üstlerine (mi-fa-fa#-sol sesleri) çıkıldığında, su damlacığının frekansa tepki verebilmesi için daha yüksek gerilim değerlerine ihtiyaç duyulduğu, bu bağlamda, sol sesi civarında gerilim gereksiniminin yaklaşık 18 V seviyelerine kadar yükseldiği,

Frekans değerinin artmasıyla birlikte, normal koşullarda düzgün ve pürüzsüz bir görünüme sahip olan su yüzeyinin, golf topunu andıran mikroskobik çöküntü ve çıkıntılara maruz kaldığı, bu durumun, yüksek frekansın su yüzeyinde oluşturduğu basınç ve titreşim kaynaklı etkilerden kaynaklandığı,

Rast makâmı frekanslarında yüzey yapısının korunduğu yani başka bir deyişle düşük ve kontrollü frekans uygulamalarında su yüzeyinin temel yapısının korunduğu, buna rağmen eliptik ve oval karakterli geometrik formların oluştuğu, buna karşılık, yüksek frekans ve artan enerji düzeylerinde yüzey bütünlüğünün bozulduğu, golf topunu andıran çöküntü ve çıkıntıların meydana geldiği,

Rast makâmı perde frekansları daha çok merkezden çevreye doğru yayılan, yumuşak ve oval geçişli şekiller oluşturduğunu; Batı müziği frekanslarının ise dıştan içe doğru basınç etkisiyle daha köşeli ve keskin hatlı geometriler meydana getirdiğini,

İç içe geçmiş görüntülerin, ışığın kırılması ve yansımaları sonucu ortaya çıktığı, bu optik etki nedeniyle aynı geometrik şekil yüzeyin tamamında eş zamanlı olarak oluşmakta ve katmanlı bir görünüm sergilediği,

Rast makâmı perde frekansları (daha pes frekanslar) uygulamalarında su damlasının yüzey bütünlüğünü büyük ölçüde koruduğu, biçimsel dönüşümün ise daha çok iç yapıda ve sınır hatlarında belirginleştiği, frekans arttıkça damlanın yalnızca içsel

bir desen üretmediği, aksine bütün yüzeyinin gerilim altında kalarak biçimsel olarak dönüştüğü, bu dönüşüm kristalize bir yapı izlenimi verdiği, özellikle kenar bölgelerinde noktasal ve yıldız benzeri çıkıntılar tespit edebildiği,

Rast, Dügâh ve Segâh gibi frekanslarda ise suyun tamamen köşeli bir forma dönüşmediği, daha çok iç içe geçmiş daireler ya da eliptik yapılar içerisinde belirli kesişim noktalarının görünür hâle geldiği, buna karşılık yüksek gerilim ve yüksek enerji koşullarında yüzey genelinde oluşan yaygın pürüzlenme, sivri çıkıntıların tüm yüzeye dağılmasına yol açtığı, bu durum da gözlemlenen yıldız noktalarının sayısal olarak artmış izlenimi vermesine neden olduğu, dolayısıyla düşük frekanslarda sınırlı ve belirli bölgelerde ortaya çıkan köşe ve noktasal etkiler, yüksek frekanslarda yüzeyin tamamına yayılan gerilim kaynaklı bir yapı dönüşümüne evrildiği,

Frekansın kararlı biçimde uygulanması durumunda su yüzeyinde düzenli ve belirgin geometrik formlar oluştuğu, ancak bu şekillerin sağlıklı biçimde meydana gelebilmesi için suyun aşırı yüksek frekans, görev döngüsü ya da voltaj değerlerine maruz bırakılmaması gerektiği, düşük ve kontrollü frekans aralıklarında elde edilen perdelere, suyun kendi yüzey bütünlüğünü koruyarak istenilen eliptik ve dairesel formları üretebildiği, buna karşılık frekans ve enerji düzeyi yükseldikçe suyun yüzey gerilimi değişmekte özellikle suyun dış sınırını oluşturan ve zar ya da çeper olarak ifade edilen ince tabakada belirgin deformasyonlar meydana getirdiği,

Yüksek frekans uygulamalarında karşılıklı faz düzeninde (36 transdüser yukarda, 36 transdüser aşağıda) toplamda çoklu nodal izler meydana getirerek yüzeyde düzenli çukurlaşmalar ürettiği, bu yüzeysel çöküntüler dışarıdan yıldız formu şeklinde algılanmakta olduğu, frekansın niteliğine bağlı olarak sekiz, dokuz ya da on köşeli geometrik görünümeler ortaya çıktığı, dolayısıyla bulgular, frekans yükseldikçe su yüzeyinde gerilimin arttığını ve bunun da yüzey yapısını daha fazla zorlayıcı, deformasyona açık bir etki oluşturduğunu,

Yüzeyde gözlemlenen yıldız biçimli çıkıntıların sayısının artması, suyun daha yüksek düzeyde titreşimsel ve gerilimsel etkiye maruz kaldığını, başka bir ifadeyle, yıldız formundaki yapıların çoğalması, yüzeyin maruz kaldığı fiziksel etkinin yoğunluğunun arttığına işaret ettiği,

Frekanslar tizleştikçe görev döngüleri çok fazla etkileyici olmamakla beraber yüzeyde oluşturduğu şekiller sabitlenmekte olduğu,

Bir cam bardağa doğal frekansına yakın ve yüksek genlikli bir titreşim uygulandığında rezonans oluşmakta ve bu durum bardakta biriken gerilimi artırarak dayanım sınırının aşılmasına ve kırılmaya yol açtığı, benzer biçimde, uzun süre tekdüze ve yoğun bir frekansa maruz kalınması insan üzerinde de gerilim oluşturabilmekte, bu durum psikolojik ve duyuşal dengede olumsuz etkiler meydana getirebilmekte, dolayısıyla frekans ve titreşim düzeyinin belirli sınırları aşması hem fiziksel hem de biyolojik sistemlerde yıkıcı sonuçlar doğurabildiği,

Yüzey deformasyonları, belirli bir düzen içerisinde grafiksel biçimlere dönüşmekte ve görsel olarak izlenebilir geometrik yapılar hâlinde ortaya çıktığı, dolayısıyla artan frekansın, suyun yüzey gerilimi ve dinamik dengesi üzerinde etkide bulunarak pürüzlü bir yapı meydana getirdiği ve bu yapının şekilsel olarak analiz edilebilir nitelik kazandığı,

Bu çalışmada, yüksek frekans uygulamalarında sistemin daha yüksek gerilim değerlerine ihtiyaç duyduğu, bu durum, suyun yapısal bütünlüğünün sınırına yaklaşan bir frekans ve güç aralığına eşğine dayandığı dolayısıyla potansiyel olarak olumsuz bir etki olarak değerlendirildiği,

Suyun, yüksek titreşim koşulları altında yüzey bütünlüğünü koruyarak kararlılığını sürdürmeye çalıştığı, bu çabanın da farklı geometrik şekiller aracılığıyla dışa yansıdığı,

Gerilim ve görev döngüsünün yüksek değerlere çıkarıldığı denemelerde, su damlacığının frekansa tepki verdiği süresinin uzadığı, bazı frekanslarda (örneğin 370Hz'te Fa sesi) su damlacığında gözle görülür bir tepki alınabilmesi için 25 dakikaya yakın bekleme sürelerinin gerektiği,

Gerilim artırıldığında görev döngüsünün azaltıldığı, gerilim düşürüldüğünde ise görev döngüsünün yükseltildiği denemelerde daha kararlı sonuçlar elde edildiği ve aralarındaki denge sağlanmadığında ise su damlasının patladığı, düştüğü, sıçradığı vb. sonuçlar ortaya çıktığı,

432Hz frekansında gerçekleştirilen deneylerde, görev döngüsündeki küçük değişimlerin geometrik şekil üzerinde belirgin dönüşümlere yol açtığı, bu durumun 432Hz frekansının yüksek bir duyarlılık sergilediğini gösterdiği olduğu,

432Hz frekansının görev döngüsündeki değişimlere karşı farklı ve belirgin tepkiler ürettiği gözlemlenirken buna karşılık 440Hz frekansının görev döngüsü değerleri değiştirilse dahi yüzey yapısında kayda değer bir dönüşüm meydana getirmediği,

440Hz'in su üzerinde parametre değişimlerine karşı görece daha düşük duyarlılık gösteren bir frekans olduğu,

440Hz (La Sesi) üzerindeki frekanslarda, su damlacığının frekansa tepki verebilmesi için daha yüksek enerji ve daha yüksek görev döngüsü değerlerine ihtiyaç duyduğu, buna paralel olarak tepki verme süresinin uzadığı,

440Hz referans frekansının yüksek frekans düzeylerinde uygulanması durumunda, su yüzeyinde belirgin bir ahenk ve çeşitlilik oluşturan geometrik düzenlerin yeterince ortaya çıkmadığı tespit edilmiştir.

Batı müziğinde referans alınan ses skalası ve özellikle 440 Hz merkezli akort sistemi belirli bir standart çerçevesinde uygulanmakta olup, buna karşılık Rast makâmı temelinde ele alınan ses skalası ile frekans aralığının daha doğal ve dengeli bir titreşim bölgesinde konumlandığı değerlendirildiği,

440Hz odaklı Batı akort sisteminin su üzerinde belirgin bir etki oluşturabilmesi için daha yüksek gerilim değerlerine ihtiyaç duyduğunu, buna karşılık Rast makâmı ekseninde kullanılan frekans aralıklarının daha düşük gerilim koşullarında dahi yüzeyde kararlı ve bütünlüğünü koruyan formlar meydana getirdiğini gösterdiği, dolayısıyla farklı ses sistemlerinin su üzerindeki etkilerinin, uygulanan frekans bölgesi ve enerji düzeyiyle doğrudan ilişkili olduğu,

İlgili akort aralığının (440Hz) bir oktav altında (220Hz) uygulanmasının daha doğal ve dengeli bir titreşim ortamı sağladığı, su yüzeyinde daha olumlu ve kararlı sonuçlar ortaya koyduğu gözlemlenmiştir.

BÖLÜM IV

4. SONUÇ

4.1. Sonuçlar

Araştırmada belirlenen ana inceleme konusu olan alt problemlere ait sonuçlar, deney gözlem ile elde edilen bulgular doğrultusunda aşağıda sunulmuştur.

Rast makâmının perde sisteminde kendi frekans aralıklarında su üzerinde daha uzun süreli testlere imkân verdiği sonucuna varılmıştır. Rast makamının doğal perdeler olarak adlandırılan sisteminin hem frekans aralığı hem de perde aralıkları açısından su üzerinde daha az gerilim oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Rast Makâmı Perdelerinde Su Damlasında Gözlemlenen Geometrik Desenler

Perde	Frekans (Hz)	Genlik (V)	Görev Döngüsü (%)	Gözlemlenen Şekil
Sol	147-148	17	15	Dört köseli oval
La	165	16	15	Köşeli oval altıgen
La	165	16	30	İç içe geçmiş iki daire
Si	185	16	20	Köşeleri oval kare
Do	196	-	-	Tepki gözlenmedi
Re	218	17	20	İç içe geçmiş iki elips
Mi	247-248	17	30	İç içe geçmiş iki elips
Fa	262-263	17	60	Yanlardan basık elips
Fa#	278	17	55	Altıgen
Sol	292	16	65	Altıgen

Tablo 4. 1. Rast Makâmı Perdelerinde Su Damlasında Gözlemlenen Geometrik Desenler

147–196Hz aralığında uygulanan frekansların, su damlasının yüzey bütünlüğünü bozmak yerine koruyarak geometrik şekiller ürettiği, bu bantta oluşan şekillerin uzun süre muhafaza edilebilmesi enerji aktarımının yüzey gerilimiyle uyumlu bir denge kurabildiği “zorlayıcı değil düzenleyici” bir etki oluşturduğu,

Rast perdesinde (147–148Hz) yüzeyden ziyade iç akış hareketlerinin belirginleştiği, damla içerisinde oluşan vorteks (hortumsu) benzeri döngüsel hareket, yüzey geometrisinden çok içsel enerji dolaşımının aktif olduğu su üzerinde biçimden ziyade dinamik akış düzeni oluşturduğu,

165–185Hz aralığında iç akış ile yüzey geometrisi birlikte organize olduğu merkez-çevre etkileşimi belirginleştiği, ortaya çıkan çift katmanlı veya merkezli yapılar, enerji dağılımının artık yalnızca içinde değil yüzey sınırında da şekillenmeye başladığı, iç akış modundan yüzey rezonans moduna geçiş yapmakta olduğu,

Çargâh (196Hz) frekansında damlanın dairesel formunu büyük ölçüde koruması, bu frekansın yüzey gerilimi ile akustik alan arasında dengeli bir rezonans kurabildiği,

Nevâ ve Hüseyinî perdelerinde iç içe geçmiş eliptik yapılar oluşması, su damlasının merkez ve zar bölgelerinde eş zamanlı fakat farklı yoğunlukta titreşim alanları oluştuğu,

262–292Hz aralığında altıgen formların ortaya çıkması, yüzey geriliminin akustik alanlara uyum sağladığını, düşük bantta görülen oval ve eliptik geçişler, bu bantta daha keskin simetrik yapılara evrildiği, frekans yükseldikçe damla biçiminin akış temelli yapıdan geometri temelli yapıya dönüştüğü,

Rast dizisi boyunca enerji artışı kademeli bir geometri ürettiği, 147Hz’ten 292Hz’e doğru ilerledikçe iç vorteks hareketleri, oval ve eliptik formlar, çift katmanlı yapılar, altıgen ve şeklinde bir geometrik geçiş dizisi gözlemlendiği yani başka bir deyişle kademeli bir rezonans merdiveni oluşturduğu,

Rast perde frekanslarında yüzey deformasyonu sınırlı olduğu, yüksek frekanslarda görülen “golf topu benzeri mikro çöküntüler” veya yoğun pürüzlenmeler olmadığı Yüzey bütünlüğü büyük ölçüde korunduğu, bu durumunda Rast dizisinin uygulandığı frekans aralığının suyun doğal yüzey gerilimi sınırlarıyla daha uyumlu olduğu,

Rast makâmına ait perde frekanslarında, özellikle düşük ve orta frekans aralıklarında, iç içe geçmiş elipsler, altıgen yıldız modların ortaya çıktığı,

Rast makâmı perde frekanslarında geometrik şekiller daha düşük görev döngülerinde (%15-%65) ortaya çıktığı, dolayısıyla yüksek enerjiye ihtiyaç duymadan yıldız modları üretebildiği,

Rast makâmı perde frekansları arasında geçiş yapıldığında, oluşan geometrik desenlerin keskin ve değişken kırılmalar yerine daha yumuşak kademelerle köşeli formlara geçtiği,

Rast makâmı frekanslarında uygulanan titreşimler sonrasında, su damlası içerisinde gözlemlenen hortumsu veya döngüsel iç hareketin daha kısa sürede sönümlendiği, bu durumun damlanın daha hızlı odaklanmasını sağlayarak desen oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

440Hz e göre mukayesi yapılan değerlendirmelere göre;

293Hz ile 588Hz aralığında uygulanan frekanslar incelendiğinde, su damlasının farklı frekans bantlarında belirli geometrik organizasyonlara yöneldiği elde edilen bulguların sistemin tamamen rastlantısal bir şekil üretmediğini tam aksine belirli frekans aralıklarında belirli simetrik modlara geçiş yaptığını,

Alt frekanslarda daha düşük gerilim ve görev döngüsü değerleri yeterli olurken, frekans yükseldikçe su damlasının frekansa tepki verebilmesi için daha yüksek gerilim ve daha yüksek görev döngüsü değerlerine ihtiyaç duyulduğu, yüksek frekanslarda yüzey geriliminin daha fazla zorlandığını ve sistemin rezonansa girebilmesi için daha yoğun enerji aktarımına ihtiyacı olduğu,

Orta frekans bölgesinde (yaklaşık 293–392Hz aralığında) mod geçişleri daha belirgin olduğu, görev döngüsündeki değişimlerin köşe sayısını etkilediği, sekizgen ve altıgen formlar arasında geçişlerin gözlemlendiği,

440Hz ve üzeri baskın mod tekrarları artmakta olduğu, sistem çoğunlukla sekizgen ve on köşeli yıldız modları etrafında organize olduğu, görev döngüsü değişmesine rağmen köşe sayısının değişmemesi, sistemin dar bantlı bir rezonans alanına girdiğini, frekans arttıkça mod çeşitliliğinin genişlemediği,

Bazı frekans aralıklarında dış çerçeve ile merkez arasında farklı simetri yapılarına sahip çift katmanlı geometrilerin olduğu, enerji dağılımının yalnızca yüzey hattında değil, merkez-çevre ekseninde farklı yoğunluk katmanları oluşturduğu,

Yüksek frekanslarda köşelerin sivriliğinin arttığı, ancak aynı zamanda yüzey deformasyonlarının ve basınç yoğunlaşmalarının çoğaldığı, bu durumun form keskinliği ile sistem kararlılığı arasında ters orantılı bir ilişki bulunduğu,

Orta bantta görev döngüsü köşe sayısını değiştirebilirken yüksek bantta çoğunlukla köşe keskinliği ve yüzey basıncı değişmediği, sistemin her frekans için aynı parametre duyarlılığına sahip olmadığı,

293Hz–370Hz aralığında mod geçişleri daha dinamik gözlemlenirken, 440Hz ve üzerindeki bantta geometrik tekrar oranının arttığı, rezonans alanının frekans yükseldikçe daraldığı tespit edilmiştir.

Rast Makâmının Batı Müziği Karşılıklarında Gözlemlenen Geometrik Desenler

Nota	Frekans (Hz)	Genlik (V)	Görev Döngüsü (%)	Gözlemlenen Şekil
Re	293–294	15	45	Sekizgen
Mi	329–330	17	80	İç içe iki kare
Fa	369–370	16	50	Sekizgen
Fa	369–370	16	55	Altıgen
Sol	392	17	70	Dışta altıgen, içte sekizgen
La	440	15	50–70	Sekiz köşeli yıldız
Si	493–494	18	40	Sekizgen
Do	523–524	17	70	Sekizgen
Do#	554–555	16	55	On köşeli yıldız
Re	587–588	16	55 / 80	On köşeli yıldız

Tablo 4. 2. Rast Makâmının Batı Müziği Karşılıklarında Gözlemlenen Geometrik Desenler

Batı müziğinde karşılık gelen nota frekanslarında, özellikle daha yüksek frekans aralıklarında, sekizgen ve on köşeli yıldız modların ortaya çıktığı,

Batı müziği frekans karşılıklarında geometrik şekiller daha düşük görev döngülerinde (%50-%80) ortaya çıktığı, yani uyarılabilmesi için daha fazla enerji birikimine ihtiyaç duyduğunu,

Batı müziği frekanslarında uygulanan titreşimler sonrasında, su damlası içerisinde gözlemlenen hortumsu veya döngüsel iç hareketin daha uzun süre

sönümlenmeden devam ettiği, bu durumun, damlanın yüzeyinde geometrik desenlerin oluşumunu geciktirici bir etki yarattığı,

Batı müziği frekanslarında yıldız modlarının ağırlıklı olarak yüksek frekans bölgelerinde ortaya çıktığı, böylece geometrik desen oluşumunun geniş bir frekans aralığına yayılmadığını ve dar bir bantta yoğunlaştığını sonucuna varılmıştır.

4.1.1. 432Hz Frekansın Su Üzerinde Etkilerine İlişkin Sonuçlar

%35–%60 görev döngüsü aralığında köşe sayısının sekizgen, ongen ve altıgen form arasında değiştiği bu durumun 432Hz’in sistem içinde tek bir baskın mod üretmek yerine çoklu mod geçişlerine izin veren bir hareket karakteri taşıdığını yani 432Hz sabit bir geometri dayatmamakta tam aksine suyun yüzey gerilimi ile evrilen bir geometrik şekillerin ortaya çıktığı,

Düşük ve orta görev döngülerinde (özellikle %35–%45 aralığında) oluşan sekiz ve on köşeli yıldız formlarında merkezî bir enerji yoğunlaşması belirginleşmiş buna karşılık daha yüksek görev döngülerinde (%60) enerji dağılımının çevresel alanlara kaydığı bu durumunda 432Hz frekansında enerji dağılımının merkezden çevreye doğru evrilen bir dağılım sergilediği,

%50 ve %55 görev döngüsünde elde edilen sekizgen formların köşe keskinliğinin artmasına rağmen zar yüzeyindeki titreşimler sönümlenmiş ve dengelenmiş bir yapı gözlemlendiği yani yüksek titreşim altında dahi sistemin kendi iç dengesini kurabildiği,

Özellikle sekizgen formdan ongen forma geçiş anlarında damla çekirdeğinde gözlemlenen enerji sıkışması, sistemin mod değiştirme eşiğinde geçici bir rezonans kilitlenmesi yaşadığı,

Genel fiziksel beklentinin aksine bazı uygulamalarda daha düşük görev döngüsünde daha yüksek köşeli formların ortaya çıkması, sistemin yalnızca enerji miktarına değil, enerji-şiddet oranına da duyarlı olduğunu yani 432Hz frekansının değişimlere karşı hassas bir karakter taşıdığını,

Sekizgen ve ongen formlarda alt formların belirginleşmesi, yüzeyde yalnızca makro geometri değil, mikro ölçekte alt titreşim örgülerinin de oluştuğunu, 432Hz

frekansının yüzey gerilimini yalnızca dış hatlarda değil, alt katmanlarda da organize halde olduğu,

Özellikle %40 ve %60 görev döngüsünde zar yüzeyinde devam eden titreşim izleri, sistemin tam kararlı moda geçmediğini, buna karşılık %50–%55 aralığında belirgin sönümlenme gözlenmesi ise 432Hz frekansının belirli enerji aralıklarında daha verimli bir geometrik sistem ürettiği,

Özellikle %50 görev döngüsünde elde edilen sekizgen formun Selçuklu yıldızını andırması, titreşimsel geometrilerin tarihsel bezeme sanatlarındaki formlarla örtüşebileceğini, bu durum estetik bir yorumdan ziyade, doğada var olan simetrik rezonans örüntülerinin kültürel formlara yansımış olabileceği ihtimalini gündeme getireceği tespit edilmiştir.

4.1.2. 440Hz Frekansın Su Üzerinde Etkilerine İlişkin Sonuçlar

%50, %55, %60, %65, %70 görev döngüsü aralığında köşe sayısının değişmediği ve sekizgen karakterli yıldız formunun baskın kaldığı, sistem içerisinde sınırlı modda kaldığı 440Hz frekansı su yüzeyinde form varyasyonu üretmekten ziyade belirli bir geometrik şekle takılı kaldığı,

Tüm görev döngüsü aralığında damla merkezinde belirgin bir enerji yoğunlaşması gözlemlenmiş olup bu durum enerjinin merkezde toplanma eğilimi gösterdiği,

Özellikle %60 görev döngüsünde zar yüzeyindeki titreşimlerin büyük ölçüde sönümlendiği ve form sınırlarının daha net ve keskin hâle geldiği 440Hz frekansının belirli enerji aralıklarında yüzey dinamiklerini baskılayarak daha katı ve belirgin bir geometrik görünüm oluşturduğu bu durumda suyun şekil arayışına değil, şekil sabitlemeye yöneldiği,

%65 ve %70 görev döngüsünde köşe sayısı değişmemiş ancak yüzeyde deformasyonlar, basınç yoğunlaşmaları ve çıkıntılı düzensizlikler görüldüğü, bu durumun enerji artışının yeni mod üretmek yerine mevcut formu zorladığını, mod genişletmek yerine mevcut rezonans yapısını sıkılaştırmakta ve yüzeyi daha fazla gerilim altına sokmakta olduğu,

%55 görev döngüsünde merkez ve zar bölgeleri belirginleşmiş ancak bu iki bölge arasındaki alanda düzensiz, parazitli bir görünüm olduğu, enerjinin merkezde ve dış sınırdaki yoğunlaşmasına rağmen ara bölgede tam stabilite sağlayamadığını, 440Hz'in çift katmanlı fakat ara bölgede tam senkronizasyon sağlayamayan bir enerji organizasyonu oluşturduğu,

%60 görev döngüsünde köşelerin en net ve keskin hâle ulaştığı; %70'te sivrililiğin artmasına rağmen stabilite sınırına yaklaşıldığı yani 440Hz'in belirli bir eşik aralığında form keskinliği ürettiğini, ancak bu eşik aşıldığında yüzey geriliminin artarak deformasyon riskini yükselttiği,

Görev döngüsü şiddeti arttıkça sistemin yeni form üretme kapasitesinin genişlemediği çoğunlukla benzer sekizgen formun tekrarlandığı, bu durumun 440Hz'in rezonans alanının geniş yelpazeli değil, dar bantlı bir karakter taşıdığı sonucuna varılmıştır.

4.1.3. 432Hz ile 440Hz Karşılaştırmasına İlişkin Tablo ve Sonuçlar

432 Hz ve 440 Hz Frekanslarında Görev Döngüsüne Bağlı Olarak Su Damlasında Gözlemlenen Geometrik Şekiller

Frekans (Hz)	Genlik (V)	Görev Döngüsü (%)	Gözlemlenen Geometrik Şekil
432	15	35	Sekiz köşeli yıldız
432	15	40	On köşeli yıldız
432	15	45	On köşeli yıldız
432	15	50	Sekiz köşeli yıldız
432	15	55	Sekiz köşeli yıldız
432	15	60	Altı köşeli yıldız
440	15	50	Sekiz köşeli yıldız
440	15	55	Sekiz köşeli yıldız
440	15	60	Sekiz köşeli yıldız
440	15	65	Sekiz köşeli yıldız
440	15	70	Sekiz köşeli yıldız

Tablo 4.3. 432Hz ile 440Hz Frekanslarının Oluşturduğu Şekiller

432Hz'de mod çeşitliliği daha belirgin olduğu gözlemlenmiştir. 432Hz'de, sabit genlikte (15V), görev döngüsü arttıkça yıldız formunun köşe sayısı değiştiği,

432Hz’de damlacığın şekil değişimlerinin daha çeşitli bir yıldız modları gösterdiği,

440Hz’de çeşitli görev döngülerinde ise 8 köşeli yıldız modu baskın olduğu gözlemlenmiştir.

Her iki frekansta da yıldız formu görülmekle birlikte, 432Hz’de köşe sayısı görev döngüsüne bağlı olarak değişirken, 440Hz’de köşe sayısının değişmediği,

432Hz frekansında düşük görev döngüsünde, daha yüksek köşeli yıldız modlarının ortaya çıkmasına olanak tanırken, 440Hz frekansında yüksek görev döngüsünde yalnızca sekiz köşeli yıldız modu olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca TinyLev akustik levitasyon sistemi, deneyler öncesinde belirli bir süre çalıştırılarak kararlı hâle getirilmesi gerektiği ve böylece ses dalgalarının oturması ve akustik alanın kararlı olması açısından gerekli olduğu,

Su damlacığı akustik alan içerisinde havada askıda dururken frekans uygulandığında, öncelikle başlangıç aşamasında damlacığın kendi içerisinde hortumsu bir hareket oluşturduğu gözlemlendiği, bu hareketinin zamanla sönümlendiğinde su damlacığının frekansa belirgin bir şekilde tepki verdiği ya da herhangi bir tepki vermediği, bu döngüsel hareketin sönümlenme süreci mekanik sistemlerde yüksekte bırakılan bir pinpon topunun seke seke durmasının beklemeye ya da sallanan bir salıncağın zamanla durma eğilimi göstermesine benzer bir davranış gibi olduğu,

Frekans değiştirildiğinde sistemin durdurularak su damlacığının yeniden konumlandırılmasının gerekli olduğu, damlacığın önceki deneylerden kaynaklı olarak enerjiye veya frekansa bağlı davranış biçimini koruduğu ve frekans değişmesine rağmen tutarlı tepkiler vermediği, bu durumda, suyun önceki titreşim koşullarından çıkamamış olabileceği,

Su damlacığının boyutunun deney sonuçlarını etkilediği, belirli bir eşik değerin altında kalan küçük damlacıkların uygulanan frekanslara anlamlı bir tepki vermediği, ayrıca, suyun havada askıda kalabilmesi için yalnızca gerilim değerinin değil, görev döngüsü ayarının da belirleyici olduğu, görev döngüsünün sıfır olarak ayarlandığı durumlarda havada kalma durumunun sağlanamadığı,

Su damlasına uygulanan görev döngüsünün ve gerilim düzeyinin minimum seviyede tutulması, daha düşük frekans ve enerji aktarımı koşullarında damlanın düzenli desenler oluşturabilmesine imkân tanıdığı için olumlu bir durum olarak değerlendirilmektedir. Buna karşılık, görev döngüsü ve enerji düzeyinin artmasıyla birlikte sistemde oluşan stres yükselmekte; bu durum suyun düzenek üzerinde kararlı biçimde tutulmasını güçleştirmektedir. Her ne kadar yüksek enerji altında zorlayıcı biçimde bazı şekiller elde edilebilmekteyse de, uzun süreli uygulamalarda damlanın dış yüzeyinde yer alan ve gözle doğrudan seçilemeyen zar yapısı zarar görmekte, bu yapının zayıflaması ve yırtılması sonucunda su damlası sistemden ayrılarak düştüğü,

Yaklaşık 110Hz-220Hz oktav frekans bölgesindeki nota ve perdelerde titreşim yoğunluğunun daha yüksek olduğu, bu nedenle su damlacığının havada tutulabilmesi için yaklaşık 17 V ve 16 V gerilim değerinin gerekli olduğu,

Rast makâmı dizisi içerisinde özellikle 247-248Hz'nin üstlerine (mi-fa-fa#-sol sesleri) çıkıldığında, su damlacığının frekansa tepki verebilmesi için daha yüksek gerilim değerlerine ihtiyaç duyulduğu, bu bağlamda, sol sesi civarında gerilim gereksiniminin yaklaşık 18 V seviyelerine kadar yükseldiği,

Frekans değerinin artmasıyla birlikte, normal koşullarda düzgün ve pürüzsüz bir görünüme sahip olan su yüzeyinin, golf topunu andıran mikroskobik çöküntü ve çıkıntılara maruz kaldığı, bu durumun, yüksek frekansın su yüzeyinde oluşturduğu basınç ve titreşim kaynaklı etkilerden kaynaklandığı,

Rast makâmı frekanslarında yüzey yapısının korunduğu yani başka bir deyişle düşük ve kontrollü frekans uygulamalarında su yüzeyinin temel yapısının korunduğu, buna rağmen eliptik ve oval karakterli geometrik formların oluştuğu, buna karşılık, yüksek frekans ve artan enerji düzeylerinde yüzey bütünlüğünün bozulduğu, golf topunu andıran çöküntü ve çıkıntıların meydana geldiği,

Rast makâmı perde frekansları daha çok merkezden çevreye doğru yayılan, yumuşak ve oval geçişli şekiller oluşturduğunu; Batı müziği frekanslarının ise dıştan içe doğru basınç etkisiyle daha köşeli ve keskin hatlı geometriler meydana getirdiğini,

İç içe geçmiş görüntülerin, ışığın kırılması ve yansımaları sonucu ortaya çıktığı, bu optik etki nedeniyle aynı geometrik şekil yüzeyin tamamında eş zamanlı olarak oluşmakta ve katmanlı bir görünüm sergilediği,

Rast makâmı perde frekansları (daha pes frekanslar) uygulamalarında su damlasının yüzey bütünlüğünü büyük ölçüde koruduğu, biçimsel dönüşümün ise daha çok iç yapıda ve sınır hatlarında belirginleştiği, frekans arttıkça damlanın yalnızca içsel bir desen üretmediği, aksine bütün yüzeyinin gerilim altında kalarak biçimsel olarak dönüştüğü, bu dönüşüm kristalize bir yapı izlenimi verdiği, özellikle kenar bölgelerinde noktasal ve yıldız benzeri çıkıntılar tespit edebildiği,

Rast, Dügâh ve Segâh gibi frekanslarda ise suyun tamamen köşeli bir forma dönüşmediği, daha çok iç içe geçmiş daireler ya da eliptik yapılar içerisinde belirli kesişim noktalarının görünür hâle geldiği, buna karşılık yüksek gerilim ve yüksek enerji koşullarında yüzey genelinde oluşan yaygın pürüzlenme, sivri çıkıntıların tüm yüzeye dağılmasına yol açtığı, bu durum da gözlemlenen yıldız noktalarının sayısal olarak artmış izlenimi vermesine neden olduğu, dolayısıyla düşük frekanslarda sınırlı ve belirli bölgelerde ortaya çıkan köşe ve noktasal etkiler, yüksek frekanslarda yüzeyin tamamına yayılan gerilim kaynaklı bir yapı dönüşümüne evrildiği,

Frekansın kararlı biçimde uygulanması durumunda su yüzeyinde düzenli ve belirgin geometrik formlar oluştuğu, ancak bu şekillerin sağlıklı biçimde meydana gelebilmesi için suyun aşırı yüksek frekans, görev döngüsü ya da voltaj değerlerine maruz bırakılmaması gerektiği, düşük ve kontrollü frekans aralıklarında elde edilen perdelerde, suyun kendi yüzey bütünlüğünü koruyarak istenilen eliptik ve dairesel formları üretebildiği, buna karşılık frekans ve enerji düzeyi yükseldikçe suyun yüzey gerilimi değişmekte özellikle suyun dış sınırını oluşturan ve zar ya da çeper olarak ifade edilen ince tabakada belirgin deformasyonlar meydana getirdiği,

Yüksek frekans uygulamalarında karşılıklı faz düzeninde (36 transdüser yukarda, 36 transdüser aşağıda) toplamda çoklu nodal izler meydana getirerek yüzeyde düzenli çukurlaşmalar ürettiği, bu yüzeysel çöküntüler dışarıdan yıldız formu şeklinde algılanmakta olduğu, frekansın niteliğine bağlı olarak sekiz, dokuz ya da on köşeli geometrik görünümeler ortaya çıktığı, dolayısıyla bulgular, frekans yükseldikçe su

yüzeyinde gerilimin arttığını ve bunun da yüzey yapısını daha fazla zorlayıcı, deformasyona açık bir etki oluşturduğunu,

Yüzeyde gözlemlenen yıldız biçimli çıkıntıların sayısının artması, suyun daha yüksek düzeyde titreşimsel ve gerilimsel etkiye maruz kaldığını, başka bir ifadeyle, yıldız formundaki yapıların çoğalması, yüzeyin maruz kaldığı fiziksel etkinin yoğunluğunun arttığına işaret ettiği,

Frekanslar tizleştikçe görev döngüleri çok fazla etkileyici olmamakla beraber yüzeyde oluşturduğu şekiller sabitlenmekte olduğu,

Bir cam bardağa doğal frekansına yakın ve yüksek genlikli bir titreşim uygulandığında rezonans oluşmakta ve bu durum bardakta biriken gerilimi artırarak dayanım sınırının aşılmasına ve kırılmaya yol açtığı, benzer biçimde, uzun süre tekdüze ve yoğun bir frekansa maruz kalınması insan üzerinde de gerilim oluşturabilmekte, bu durum psikolojik ve duysal dengede olumsuz etkiler meydana getirebilmekte, dolayısıyla frekans ve titreşim düzeyinin belirli sınırları aşması hem fiziksel hem de biyolojik sistemlerde yıkıcı sonuçlar doğurabildiği,

Yüzey deformasyonları, belirli bir düzen içerisinde grafiksel biçimlere dönüşmekte ve görsel olarak izlenebilir geometrik yapılar hâlinde ortaya çıktığı, dolayısıyla artan frekansın, suyun yüzey gerilimi ve dinamik dengesi üzerinde etkide bulunarak pürüzlü bir yapı meydana getirdiği ve bu yapının şekilsel olarak analiz edilebilir nitelik kazandığı,

Bu çalışmada, yüksek frekans uygulamalarında sistemin daha yüksek gerilim değerlerine ihtiyaç duyduğu, bu durum, suyun yapısal bütünlüğünün sınırına yaklaşan bir frekans ve güç aralığına eşğine dayandığı dolayısıyla potansiyel olarak olumsuz bir etki olarak değerlendirildiği,

Suyun, yüksek titreşim koşulları altında yüzey bütünlüğünü koruyarak kararlılığını sürdürmeye çalıştığı, bu çabanın da farklı geometrik şekiller aracılığıyla dışa yansıdığı,

Gerilim ve görev döngüsünün yüksek değerlere çıkarıldığı denemelerde, su damlacığının frekansa tepki verdiği süresinin uzadığı, bazı frekanslarda (örneğin 370 Hz'te Fa sesi) su damlacığında gözle görülür bir tepki alınabilmesi için 25 dakikaya yakın bekleme sürelerinin gerektiği,

Gerilim artırıldığında görev döngüsünün azaltıldığı, gerilim düşürüldüğünde ise görev döngüsünün yükseltildiği denemelerde daha kararlı sonuçlar elde edildiği ve aralarındaki denge sağlanmadığında ise su damlasının patladığı, düştüğü, sıçradığı vb. sonuçlar ortaya çıktığı,

432 Hz frekansında gerçekleştirilen deneylerde, görev döngüsündeki küçük değişimlerin geometrik şekil üzerinde belirgin dönüşümlere yol açtığı, bu durumun 432Hz frekansının yüksek bir duyarlılık sergilediğini gösterdiği olduğu,

432 Hz frekansının görev döngüsündeki değişimlere karşı farklı ve belirgin tepkiler ürettiği gözlemlenirken buna karşılık 440Hz frekansının görev döngüsü değerleri değiştirilse dahi yüzey yapısında kayda değer bir dönüşüm meydana getirmediği,

440 Hz'in su üzerinde parametre değişimlerine karşı görece daha düşük duyarlılık gösteren bir frekans olduğu,

440 Hz (La Sesi) üzerindeki frekanslarda, su damlacığının frekansa tepki verebilmesi için daha yüksek enerji ve daha yüksek görev döngüsü değerlerine ihtiyaç duyduğu, buna paralel olarak tepki verme süresinin uzadığı,

440 Hz referans frekansının yüksek frekans düzeylerinde uygulanması durumunda, su yüzeyinde belirgin bir ahenk ve çeşitlilik oluşturan geometrik düzenlerin yeterince ortaya çıkmadığı,

Batı müziğinde referans alınan ses skalası ve özellikle 440Hz merkezli akort sistemi belirli bir standart çerçevesinde uygulanmakta olup, buna karşılık Rast makâmı temelinde ele alınan ses skalası ile frekans aralığının daha doğal ve dengeli bir titreşim bölgesinde konumlandığı değerlendirildiği,

440Hz odaklı Batı akort sisteminin su üzerinde belirgin bir etki oluşturabilmesi için daha yüksek gerilim değerlerine ihtiyaç duyduğunu, buna karşılık Rast makâmı ekseninde kullanılan frekans aralıklarının daha düşük gerilim koşullarında dahi yüzeyde kararlı ve bütünlüğünü koruyan formlar meydana getirdiğini gösterdiği, dolayısıyla farklı ses sistemlerinin su üzerindeki etkilerinin, uygulanan frekans bölgesi ve enerji düzeyiyle doğrudan ilişkili olduğu sonucuna,

İlgili akort aralığının (440 Hz) bir oktav altında (220 Hz) uygulanmasının daha doğal ve dengeli bir titreşim ortamı sağladığı, su yüzeyinde daha olumlu ve kararlı sonuçlar ortaya koyduğu sonucuna varılmıştır.

4.2.Öneriler

Türk müziği makâmlarının tarihsel olarak insan psikolojisi ve ruh hâli üzerindeki etkileri dikkate alındığında, su üzerinde gözlemlenen düzenli veya karmaşık desenlerin müzik terapisi ve psikoakustik (insanların sesi nasıl algıladığını inceleyen bilim dalı) çalışmalarla ilişkilendirilmesi mümkün olabileceği, bu yönde yapılacak çalışmalarda, müziğin fiziksel ve algısal etkileri arasında yeni bağlar kurulmasına katkı sağlayabileceği,

Gelecek araştırmalarda Hüseyini, Hicaz, Uşşak, Segâh, Saba ve Nihavend gibi farklı Türk müziği makâmlarına ait perde frekanslarının su damlası üzerindeki etkileri incelenerek, makâmlar arası geometrik ve titreşimsel farklılıklar karşılaştırmalı biçimde analiz edilebileceği,

440Hz referansının su üzerindeki etkileri açısından her zaman en uygun aralıkta yer almadığı, en azından bir oktav altındaki 220Hz düzeyinin daha dengeli ve kararlı bir titreşim karakteri oluşturduğu, dolayısıyla frekansların tek tip bir referans üzerinden değil, kendi doğal bağlamları ve etkileri çerçevesinde ayrı ayrı ele alınması gerektiği,

Frekansların su yüzeyinde meydana getirdiği geometrik biçimlerin, tarihsel süreç içerisinde cilt sanatı, tezhip ve diğer geleneksel bezeme sanatlarında somut karşılıklar bulmuş olması dikkat çekici bir olgu olarak değerlendirilmesi,

Benzer geometrik düzenlerin mimarî yapılarda, özellikle cami mimarisinde ve çeşitli yapı süslemelerinde gözlemlenmesi, söz konusu formların yalnızca estetik tercihlerden ibaret olmadığını, tabiatta mevcut olan düzen ilkeleriyle ilişkili olabileceğini, bu bağlamda, deneysel çalışmalarda elde edilen yıldız formundaki desenlerin, su yüzeyinde ortaya çıkan geometrik yapılarla örtüşmesi, doğada tespit edilen titreşim temelli şekillerin sanat ve mimarîde yansıma bulmuş olabileceği ihtimalini gündeme getirmekte ve bu paralelliğin disiplinler arası bir yaklaşımla araştırılmasını gerekli kıldığı,

Frekansların su üzerinde oluşturduğu geometrik desenler, mimari akustik, görsel sanatlar, dijital tasarım ve sahne sanatları gibi alanlarda ilham kaynağı olarak

değerlendirilebileceği ve özellikle makâm-geometri ilişkisine dayalı görsel üretimler disiplinler arası yaratıcı çalışmalara zemin hazırlayabileceği,

Müzik teorisinin soyut kavramlarının (frekans, perde, makâm, rezonans) görselleştirilmesi amacıyla, bu tür deneysel düzenekler eğitim ortamlarında kullanılabileceği, böylece müzik ve fizik ilişkisi, öğrencilere somut ve deneysel bir çerçevede aktarılabilceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Ak, A. Ş. (2013). *Avrupa ve Türk-İslam Medeniyetinde Müzikle Tedavi / Tarihi Gelişimi ve Uygulamaları*. Ötüken Neşriyat.
- Akarsu, B., & Akarsu, B. (2019). *Bilimsel Araştırma Tasarımı: Nicel, Nitel ve Karma Araştırma Yaklaşımları*.
- Akın, M., & Akın, G. (2007). Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47(2), Article 2.
- Aksoy, T., Bay, T., & Murat, S. B. (2024). Geçmişten Günümüze Rast Makamı. *İnönü Üniversitesi Kültür ve Sanat Dergisi*, 10(2), 28-41.
<https://doi.org/10.22252/ijca.1542495>
- Avcı, İ. (2021). Dünya’da ve Türkiye’de Su Politikaları ve Su Yönetimi. *İstanbul Bülten*, (168).
- Ay, B. (2010). *Alçak Gerilim Hatları Haberleşmesinde Gürültü Analizi*.
<http://hdl.handle.net/11527/1280>
- Barbour, J. M. (James M. (with Wellesley College Library). (1951). *Tuning and temperament: A historical survey*. East Lansing : Michigan State College Press.
<http://archive.org/details/tuningtemperamen00barb>
- Başara, E. (2009). TRT Repertuvarında Bulunan ve 15-19. Yüzyıllar Arasında Rast Makamında Bestelenmiş Sözlü Eserlerin Form Ve Usulleri Üzerine Bir İnceleme. *Cumhuriyet Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 231-242.
- Battal, A. (2023). Chladni Desenleri ile Deneysel Bir Üç Boyutlu Form Bulma Süreci. *Art-e Sanat Dergisi*, 16(31), 1-13. <https://doi.org/10.21602/sduarte.1274158>

- Bhatnagar, A., Devi, P., & George, M. P. (2016). Impact of Mass Bathing and Religious Activities on Water Quality Index of Prominent Water Bodies: A Multilocation Study in Haryana, India. *International Journal of Ecology*, 2016, e2915905. <https://doi.org/10.1155/2016/2915905>
- Bilgiç, D. E., & Abdelhamid, E. H. (2019). Din ve İnançlarda Suyun Önemi ve Mimariye Yansıması Elhamra Sarayı Örneği. *The Journal of Turk-Islam World Social Studies*, 20(20), Article 20. <https://doi.org/10.16989/TIDSAD.1698>
- Bilik, M. Ş. (2024). Su ve Hayatın Dindeki ve Medeniyetlerdeki Yeri ve Önemi. *Premium e-Journal of Social Science (PEJOSS)*, 8(39), Article 39. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10760581>
- Brunet, P., & Snoeijer, J. H. (2011). Star-drops formed by periodic excitation and on an air cushion – A short review. *The European Physical Journal Special Topics*, 192(1), 207-226. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2011-01375-5>
- Canyakan, S. (2013). *Profesyonel müzik kayıtlarında perde yavaşlamanın performansa yönelik etkileri / Profesyonel müzik kayıtlarında perde düzeltmenin performansa etkileri*. Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Müzik Bilimleri Anabilim Dalı.
- Christianto, V., Susilo, K., & Smarandache, F. (2024). From Cymatics to Sound Therapy: Their Role in Spirituality and Consciousness Research. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4694005>
- Çubukcu, M. S. (2025). Türk Mûsikîsinin Nazarî Kaynakları ve Eserler Işığında Rast Makâmında Seyir ve Perde. *İSTEM*, (45), 271-294. <https://doi.org/10.31591/istem.1647545>

- Deng, R. (2021). *Liquid Droplet Oscillations in an Acoustic Levitator* [Northeastern University]. <https://doi.org/10.17760/D20416615>
- Doğan, M. (2023). Sürdürülebilirlik: Su Ve Suyun Önemi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 10(1), Article 1.
- Ellis, A. J. (1880). *The History of Musical Pitch*.
- Eraydın. (2006). *Müziğin Doğasında Varolan Fizik ve Matematik Öğelerinin Çağdaş Teoremler İçerisinde İncelenmesi*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müzikoloji Anabilim Dalı.
- Erbaş, A. (2004). Muhtelif Dinlerde Su Motifi. *Ekev Akademi Dergisi*, (20), 241-258.
- Ergöz, H. (1994). *Türk Musikisi Ses Sisteminin Xx. Yy Başlarından Günümüze Gelişinin Karşılaştırmalı İncelenmesi*. <http://hdl.handle.net/11527/17871>
- Fidan, M. K. (2021). Kutsal Suyun İzinde: Suya Yüklenen Dini ve Sembolik Anlamlar. *İlsam Akademi Hakemli Dergisi*, 1(1), Article 1.
- Firidin, E. (2015). Su Sorununun, Su Hakkı ve Su Etiği Çerçevesinde Değerlendirilmesi. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(3), Article 3.
- Garip, S. (2023). Sosyal Bilimlerde Nicel Araştırma Geleneği Üzerine Kuramsal Bir İnceleme. *International Journal of Social Science Research*, 12(1), 1-19.
- Gönül, M. (2023). *Türk Müziği Solfej—Makam—Usûl—Dikte Alıştırmaları*. NEÜ Yayınları.
- Gönül, M., & Yıldırım, M. (2017). İslâm Dîninde Mûsikîye Karşıt Görüşlere Mûsikî Penceresinden Bir Bakış. *İstem: İslâm San'at, Tarih, Edebiyat ve Mûsikîsi Dergisi*, XV(30), Article 30. (TDV İslâm Araştırmaları Merkezi).

- Gribenski, F. (2019). Writing the history of the musical note “A”:Between music history and science studies. *Revue d’anthropologie des connaissances*, 133(3), 733-757. <https://doi.org/10.3917/rac.044.0733>
- Haynes, B. (2002). *History of Performing Pitch: The Story of “A”*. <https://doi.org/10.5040/9798216407690>
- Horowitz, P., & Hill, W. (2024). *The Art of Electronics*.
- José, L. (2004). *Warnsignal Wasser*. Druckerei & Verlag Steinmeier.
- Kabukcu, Y. E. (2015). *Ultrasonik Uyarıcı Dizisi Ve Güç Odaklayan Sürücü Devre Gerçeklemesi*. <http://hdl.handle.net/11527/13261>
- Kandemir, M. H. (2014). *Halka şeklinde bir akustik levitasyon sisteminin tasarımı ve uygulanması*. <https://avesis.metu.edu.tr/yonetilen-tez/9faffa9d-578d-4a98-a1c3-b462b6276645/halka-seklinde-bir-akustik-levitasyon-sisteminin-tasarimi-ve-uygulanmasi>
- Karakurt, S. (2020). *Dinlerde Su ile Arınma ve Hristiyanlıkta Vaftiz Anlayışı* [Sosyal Bilimler Enstitüsü İnönü Üniversitesi Dinler Tarihi Bilim Dalı]. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/116262>
- Kaya, İ. (2022). Doğuşkanlar Kuramının Temel Müzik Kuramlarında Yeri ve Önemi. *Akdeniz Sanat*, 16(29), Article 29. <https://doi.org/10.48069/akdenizsanat.907044>
- Koç, E. (2016). Ruhun ve Bedenin Gıdası: Geçmişten Günümüze Müzik ve Tıp. *Konuralp Tıp Dergisi*, 8. <https://doi.org/10.18521/ktd.83286>
- Kutluğ, Y. F. (2020). *Türk Musikisinde Makamlar*. YKY. <https://www.yapikrediyayinlari.com.tr/turk-musikisinde-makamlar-ozel-kutusunda.aspx>

- McClain, E. G. (1984). *The Myth of Invariance: The Origin of the Gods, Mathematics and Music from the Rig Veda to Plato* (First Edition). Nicolas Hays, Ltd.
- Ocak, M. (2022). Müzik ve Simetri. *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*, (655), 18.
- Oestigaard, T. (2005). *Water and World Religions. An Introduction*.
- Oymak, İ. (2010). Anadolu’da Su Kültünün İzleri. *Fırat Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 15(1), Article 1.
- Özçifci, S. (2020). *Makam Müziğine Schenkerian Bakış: Beş Rast Eserin Analizi*.
<https://hdl.handle.net/11655/34213>
- Özdemir, B. (2021). Eski Çağda Su Kültü. *Türkiye Klinikleri Tıp Etiği-Hukuku-Tarihi Dergisi*, 29(1), 119-125. <https://doi.org/10.5336/mdethic.2020-77535>
- Özkan, İ. H. (2007). “Rehavi”, *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi* (C. 34).
Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- Özkan, İ. H. (2014). *Türk Musikisi Nazariyatı Ve Usülleri*. Ötüken Neşriyat.
- Öztürk, B., & Akan, A. (2018). Monofonik Türk Makam Müziği Eserlerinde İyileştirilmiş Değişken Kip Ayrışım Yöntemi İle Temel Frekans Kestirimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2018.
<https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416457>
- Ran, W., Fredericks, S., & Saylor, J. (2013). Shape oscillation of a levitated drop in an acoustic field. *arXiv: Fluid Dynamics*.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Shape-oscillation-of-a-levitated-drop-in-an-field-Ran-Fredericks/0a3a850a746c722d3b9604b88b1ace147a83b3b9>
- Ritchie, L. (2023). Multisensory Music Performance with Cymatic Images. *Music & Science*, 6, 20592043231159065. <https://doi.org/10.1177/20592043231159065>
- Sarı, İ. (2016). *Bütün Ummanlar Su* (1. bs). Net Medya Yayıncılık.

- Sarıkaş, G., & Demir, S. B. (2020). Özel eğitim alanında tamamlanmış lisansüstü tezlerdeki görüşme ve gözlemin psikometrik açıdan incelenmesi. *Kocaeli Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 3(1), 41-56. <https://doi.org/10.33400/kuje.710881>
- Sarioğlu, H. (2013). *Ortaçağ Felsefesi II*. Anadolu Üniversitesi.
- Sayım, H. (1996). Dinlerde Kozmogoni ve Yaratılış Açısından Suyun Değeri. *Erciyes Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 14(9), Article 9.
- Sedra, A. S. (with Internet Archive). (2016). *Microelectronic circuits*. New York : Oxford University Press. http://archive.org/details/microelectronicc0000sedr_x6l5
- Sezal, Z. (2018). *Su Simgeçiliği ve İlahi Dinlerde Arınma*. Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Shen, C., Wei, B., & Xie, W. j. (2010). Parametrically excited sectorial oscillation of liquid drops floating in ultrasound. *Physical Review. E, Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 81(4 Pt 2), 046305. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.81.046305>
- Somakcı, P. (2003). Türklerde Müzikle Tedavi. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(15), Article 15.
- Şayhan, F. (2018). Altay Türklerinin İnanmalarındaki Su Kültünün Mitsel Okuması. *Bilig*, (87), Article 87.
- Şen, Y., & Akbaş, M. (2025). Türkiye’de Müzikle Tedavi Alanında Yapılan Lisansüstü Tezlerin Bibliyografik İncelenmesi. *Art Vision*, 31(54), 121-135. <https://doi.org/10.32547/artvision.1599812>
- Tohumcu, Dr. A. (t.y.). *Türk Müziğinde XIII - XV. Yüzyıl Ses Sistemi ve Makam Teorisi Çalışmalarının Geçmişten Günümüze Uzanan Etkileri* [Musiki Dergisi]. Geliş tarihi 13 Şubat 2026, gönderen <http://www.musikidergisi.net/?p=2583>

- Tural, M. (2023). Psiko-Fenomenolojik Açıdan İslam’da Arınma Ritüelleri. *Türk Din Psikolojisi Dergisi*, (8), 81-111. <https://doi.org/10.59379/tdpd.1344625>
- Türk Dil Kurumu. (2026, Ocak 12). <https://tdk.gov.tr/icerik/basindan/turk-dil-kurumu-mobil-turkce-sozluk-uygulamasi-guncellendi/>
- Türkyılmaz, A. (2013). İslamiyet Öncesi Türklerde Su Kültü ve Günümüze Yansımaları (Water Cult in Old Turks and Its Reflection in Present Day). *Bilim ve Kültür- Uluslararası Kültür Araştırmaları Dergisi*, (4).
- Ulutürk, M. (2009). Dinlerde Su Tasavvurları. *Su Medeniyeti Sempozyumu Bildirileri. Konya*.
<https://scholar.google.com/scholar?cluster=7156680421638749310&hl=en&oi=scholar>
- Watanabe, A., Hasegawa, K., & Abe, Y. (2018). Contactless Fluid Manipulation in Air: Droplet Coalescence and Active Mixing by Acoustic Levitation. *Scientific Reports*, 8(1), 10221. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28451-5>
- Yahya Kaçar, G. (2008). Türk Mûsikîsinde Makam. *İstem*, (11), 145-158.
- Yalçınkaya, F. (2021). Türk Dünyası Masallarındaki Kutsal Su Motifi: Ab-ı Hayat. *Uluslararası Uygur Araştırmaları Dergisi*, (18), Article 18.
<https://doi.org/10.46400/uygur.1004874>
- Yazır, E. M. H. (2021). *Hak Dini Kur'an Dili* (1. bs). T.C. Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı.
- Yılmaz, K. (2020). Arel-Ezgi-Uzdilek ses sistemi üzerine. *Rast Musicology Journal*, 8(1), 2348-2365.
- Yiğitbaş, M. S. (1972). *Musiki İle Tedavi*. Yelken Kitapevi.

- Yolcu, M. A. (2014). Kutsalın Yeniden Üretimi: Kutsal Su İnançları ve Hacıbektaş Zemzem Çeşmesi. *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum*, 3(8), Article 8.
- Yun, G., & Jiali, X. (2024). Research and exploration on cymatics in sound visualization. *E3S Web of Conferences*, 486. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448603002>
- Zwiebach, B. (2009). A First Course in String Theory, Second Edition. *Cambridge University Press*, (673). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511841620>

EKLER

EK-1.1. CD / RAST MAKÂMI PERDE FREKANSLARININ SU ÜZERİNDEKİ FİZİKİ ETKİLERİ VIDEO VE RESİMLERİ