The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication
E-ISSN: 2146-5193
DOI: 10.7456/tojdac

Research Article / Araştırma Makalesi

# *ENSTRÜMAN YAPIMINDA YENİLİKÇİ ÇÖZÜMLER: KAFASIZ KONTRBAS TASARIMI VE AKORT SİSTEMİ*

## *INNOVATIVE SOLUTIONS IN INSTRUMENT MAKING: THE DESIGN OF A HEADLESS DOUBLE BASS AND TUNING SYSTEM*

Özgür TURAN[1]

**ORCID:** Ö.T. 0000-0003-0925-9687

**Corresponding author/Sorumlu yazar:**
[1] Ögür Turan
Anadolu University, Türkiye
**E-mail/E-posta:** ozgur_turan@anadolu.edu.tr

**Received/Geliş tarihi:** 07.01.2026

**Benzerlik Oranı/Similarity Ratio:** %0

**Revision Requested/Revizyon talebi:** 02.03.2026

**Last revision received/Son revizyon teslimi:** 23.03.2026

**Accepted/Kabul tarihi:** 28.03.2026

**Etik Kurul İzni/ Ethics Committee Permission:** Anadolu Üniversitesi Etik Kurulu/ 04.12.2025 /Sayı: 16/72

**Citation/Atıf:** Turan, Ö. (2026). Enstrüman Yapımında Yenilikçi Çözümler: Kafasız Kontrbas Tasarımı ve Akort Sistemi. The Turkish Online Journal of Design Art and Communication, 16 (2), 1183-1209. https://doi.org/10.7456/tojdac.1858148

**Öz**

Bu çalışma, kontrbasın geleneksel yapısında yer alan kafa (salyangoz) bölümünün işlevini yeniden ele alarak, tam akustik gövdeli, kafasız bir kontrbas ve buna entegre tekli lineer alt akort sistemi tasarımını incelemektedir. Araştırma, kafasız mimarinin akustik, ergonomik ve yapısal sonuçlarını ortaya koymayı; özellikle tel titreşim enerjisinin gövdeye aktarımında belirleyici olan ankraj rijitliği, sap kütle dağılımı ve köprü empedansı gibi parametreleri analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışma, tasarım temelli araştırma yaklaşımı doğrultusunda yürütülmüş; kavramsal modelleme, prototip üretimi, icracı odaklı nitel değerlendirmeler ve frekans–zaman alanı akustik analizleri bütüncül bir çerçevede ele alınmıştır. Kafasız kontrbas tasarımının ses kaydı üzerinde gerçekleştirilen spektral analizler, kafasız tasarımda düşük frekans enerji sürekliliğinin korunduğunu, temel frekansın zaman boyunca kararlı seyrettiğini ve *sustain* davranışının kontrbas karakteriyle uyumlu biçimde sürdüğünü göstermektedir. Röportaj ve saha gözlemleri, tasarımın akort stabilitesi, tepki hızı, tını algısı ve uzun süreli çalım konforu açısından güven veren bir kullanım sunduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, akustik başarının kafa kütlesine değil, tel–ankraj–sap–köprü hattında kurulan yapısal koherense dayandığını göstermekte; kafasız kontrbası deneysel bir sapma yerine ölçülebilir ve tekrarlanabilir bir yapım yaklaşımı olarak konumlandırmakta; akustik gövdeli yaylı çalgılarda kafasız mimarinin uygulanabilirliğine dair literatürdeki boşluğu dolduran özgün bir tasarım paradigması önermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çalgı Yapım, Çalgı Tasarım, Kafasız Kontrbas, Akort Sistemi.

**Abstract**

This study reconsiders the functional role of the head (scroll) in the traditional construction of the double bass by examining the design of a fully acoustic, headless double bass integrated with a single linear tailpiece-based tuning system. The research aims to reveal the acoustic, ergonomic, and structural implications of headless architecture, with a particular emphasis on analyzing parameters critical to the transfer of string vibrational energy to the body, such as anchoring stiffness, neck mass distribution, and bridge impedance. Conducted within a design-based research framework, the study adopts a holistic approach encompassing conceptual modeling, prototype fabrication, performer-centered qualitative evaluations, and frequency-domain and time–frequency domain analyses. Spectral analyses of recorded sound samples from the headless double bass demonstrate that low-frequency energy continuity is preserved in the headless design, that the fundamental frequency remains stable over time, and that sustain behavior is maintained in a manner consistent with the characteristic identity of the double bass. Interviews and field observations further indicate that the design offers a reassuring performance in terms of tuning stability, response speed, perceived timbre, and long-term playing comfort. The findings suggest that acoustic success depends not on head mass but on the structural coherence established along the string–anchor–neck–bridge continuum; they position the headless double bass not as an experimental deviation but as a potentially measurable and reproducible construction approach, and propose an original design paradigm that addresses a gap in the literature regarding the applicability of headless architecture in acoustically resonant bowed string instruments.

**Keywords:** Instrument-Making, Instrument-Design, Headless Double Bass, Tuning System.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

## GİRİŞ

Yaylı çalgılar ailesinin en büyük üyesi olan kontrbas, tarihsel süreç boyunca boyutları ve kütlesi nedeniyle taşınma, depolama ve sahne üzerinde konumlandırma açısından ciddi güçlükler barındırmıştır. Bu özellikler, sık seyahat eden profesyonel icracılar için pratik, fiziksel ve ekonomik yükler doğurmaktadır. Dikey çalım pozisyonu, uzun sap geometrisi ve üst bölgede yoğunlaşan kütle dağılımı, icra sırasında denge kontrolünü zorlaştırmakta ve bedensel yüklenmeyi artırmaktadır.

Yaylı çalgı icracılarında kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının yaygınlığı, ergonomi konusunun lojistik bir sorunun ötesinde, doğrudan sağlıkla ilişkili bir alan olduğunu göstermektedir. Sistematik derlemeler, omuz, boyun, sırt ve el bileği kaynaklı yüklenmelerin büyük ve ağır çalgılarla güçlü biçimde ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Rotter et al., 2020, s. 152, s. 171). Bu çerçevede çalgının kütle dağılımı ve ağırlık merkezinin konumu, performans konforu ve uzun vadeli icra sürdürülebilirliği açısından belirleyici parametreler hâline gelmektedir.

Bu sorunlara yanıt üretmek amacıyla geliştirilen sökülebilir ya da katlanabilir saplı kontrbas tasarımları, taşınabilirlik açısından belirli kazanımlar sunsa da, literatürde bu müdahalelerin akustik bütünlük, yapısal rijitlik ve denge üzerinde istenmeyen sonuçlar doğurabildiği belirtilmektedir. Bu durum, ergonomi ve taşınabilirlik hedeflerinin akustik performansla birlikte ele alınmasını zorunlu kılan çok boyutlu bir tasarım problemine işaret etmektedir (Dilworth, 2012, s. 34).

Geleneksel kontrbas yapısında yer alan kafa (salyangoz) bölümü, tel gerginliğini sağlayan burguluk mekanizmasını barındırırken enstrümanın toplam uzunluğunu artırmakta ve üst bölgede yoğun bir kütle oluşmasına yol açmaktadır (Dökmeci ve Tanış, 2023, s. 307). Ağırlık merkezinin yukarı taşınması, denge kontrolünü zorlaştıran temel etkenlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle kafa bölümünün kaldırılması ve akort sisteminin gövdeye entegre edilmesi, taşınabilirlik ve ağırlık merkezi yönetimi açısından güçlü bir tasarım potansiyeli sunmaktadır.

Kafasız (headless) tasarım yaklaşımı, elektro gitar ve elektro bas gibi çalgılarda uzun süredir kullanılmakta; akort kararlılığı, tel gerilimi kontrolü ve ergonomi bakımından olgunlaşmış bir paradigma olarak kabul edilmektedir. Buna karşın bu yaklaşımın tam akustik gövdeli yaylı çalgılara uygulanması sınırlı kalmış, mevcut örnekler çoğunlukla elektrik ya da yarı-akustik sistemler çerçevesinde gelişmiştir (NS Design, t.y.; Yamaha Corporation, t.y.).

Yaylı çalgı formlarının yüzyıllar boyunca büyük ölçüde korunması, 17. yüzyıl İtalyan yapım geleneğinden aktarılan biçimsel kodların zanaatkârlık aktarımındaki belirleyici rolüyle ilişkilidir (Beament, 1997, s. vii). Bu süreklilik, ustalık bilgisinin korunmasına katkı sağlarken biçimsel yeniliklerin yaygınlaşmasını sınırlayan bir yapı oluşturmuştur. Güncel üretim ve analiz teknolojileri bağlamında bu geleneksel yapıların yeniden değerlendirilmesi mümkün hâle gelmiştir (Turan, 2025, s. 40).

Sayısal modelleme ve gelişmiş malzeme bilimi yaklaşımları, çalgı tasarımında biçim, kütle ve rijitlik parametrelerinin daha hassas ve öngörülebilir biçimde yönetilmesine olanak tanımaktadır. Çağdaş akustik çalışmalar, bir yaylı çalgının rezonans davranışının dış biçimle sınırlı kalmadığını; malzeme yoğunluğu, iç sönüm, elastisite ve titreşim aktarım yollarının birlikte oluşturduğu bir sistem davranışıyla belirlendiğini göstermektedir (Bissinger, 2008; Woodhouse, 2014; Wegst, 2006; Bucur, 2019; Değirmenli, 2019; 2019a; 2023; Aytaç, 2023). Bu bulgular, geleneksel formdan kontrollü sapmaların uygun mühendislik ve malzeme tercihleriyle akustik performansı sürdürebileceğini ortaya koymaktadır. Buna karşın literatürde, akustik gövdeli bir kontrbasta kafasız mimarinin sistematik biçimde ele alındığı; ergonomi, akustik performans ve icracı deneyiminin bütüncül bir çerçevede değerlendirildiği çalışmalar sınırlı düzeydedir. Mevcut taşınabilir kontrbas çözümleri, sökülebilir sap ya da kısaltılmış gövde yaklaşımları üzerinden ilerlemekte; kafasız bir akort mimarisini akustik gövdeyle bütünleştirmemektedir.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Bu çalışma, literatürde sınırlı biçimde ele alınan akustik gövdeli kafasız kontrbas[1] mimarisini ve tekli alt-akort sistemini[2] kavramsal, mekanik ve akustik düzlemlerde sistematik biçimde inceleyerek alana özgün bir katkı sunmaktadır. Araştırma, geleneksel lutiye pratiğini deneysel veriler, frekans-zaman alanı analizleri ve yapısal parametreler üzerinden yeniden çerçevelendirmekte; kafasız mimarinin akustik tutarlılığını ölçülebilir göstergelerle temellendirmektedir. Bu yönüyle çalışma, çalgı tasarımında biçimsel müdahalelerin sezgisel yaklaşımlar yerine analitik modelleme, malzeme bilimi ve performans verileriyle doğrulanabileceğini ortaya koymakta; akustik gövdeli yaylı çalgılarda yapısal koherens ile tonal sonuçlar arasındaki ilişkiyi kuramsal ve deneysel düzeyde birlikte ele alan bütüncül bir tasarım paradigması geliştirmektedir.

## YÖNTEM VE TASARIM YAKLAŞIMI

Bu çalışma, uygulamalı tasarım-temelli araştırma (Design-Based Research, DBR) yaklaşımı doğrultusunda yürütülmüştür. Tasarım-temelli araştırma, gerçek bağlamlar içinde geliştirilen yenilikçi tasarımların kuramsal bilgi ile uygulama pratikleri arasında sürekli bir etkileşim üretmesini hedefleyen bir yöntem olarak tanımlanmaktadır (Design-Based Research Collective, 2003; Wang & Hannafin, 2005). Bu yöntem, eğitimden mühendisliğe uzanan geniş bir alanda, prototip geliştirme süreçlerinin sistematik biçimde incelenmesine ve tasarım kararlarının somut çıktılar üzerinden değerlendirilmesine olanak tanır. Araştırmanın amacı, akustik gövdeli kafasız kontrbas ile bu yapıya entegre edilen tekli alt-akort sisteminin akustik performans, ergonomik özellikler ve icracı deneyimi üzerindeki etkilerini bütüncül bir çerçevede ortaya koymaktır. Bu doğrultuda geliştirilen tasarım, biçimsel bir öneri olarak ele alınmamış; mekanik yapı, titreşim davranışı ve kullanıcı etkileşimi gibi parametrelerin birlikte işlediği deneysel bir sistem olarak değerlendirilmiştir. Tasarım süreci boyunca elde edilen bulgular; prototipin işlevsel yeterliliğini sınamak ve de akustik yaylı çalgı tasarımına yönelik kuramsal tartışmalara katkı sağlamak amacıyla analiz edilmiştir.

Öte yandan araştırmanın öncelikli hedefi, geliştirilen tasarımın ilk prototip aşamasında akustik ve ergonomik bakımdan iç tutarlılık sergilediğini göstermektir. Bu nedenle başlangıç evresinde tek bir icracı ve beş gözlemciden elde edilen verilerin, tasarımın performansını değerlendirmek açısından yeterli bir temel sunduğu değerlendirilmiştir. İlerleyen aşamalarda farklı akustik tasarım varyasyonlarının daha geniş örneklemler üzerinden karşılaştırmalı biçimde incelendiği çalışmaların geliştirilmesi öngörülmektedir. İlk bulgular doğrultusunda üretilecek ikinci prototip sonrasında, birden fazla icracının katılımıyla çift kör (double-blind) ve karşılaştırmalı deneysel düzeneklerin uygulanması planlanmaktadır.

Başlangıç değerlendirmesinde tasarımın, akustik açıdan standart bir kontrbasın dinamik karakteristiğiyle karşılaştırılması tercih edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada geniş ölçekli bir örneklem oluşturmak amaçlanmamış; esas olarak tasarımın akustik uygulanabilirliğinin ortaya konması hedeflenmiştir.

### Araştırma Deseni (Tasarım-Temelli Araştırma)

Araştırma deseni, yinelemeli (iteratif) bir DBR çerçevesi içerisinde yapılandırılmıştır. Bu çerçeve, tasarımın kavramsallaştırılması, prototip üretimi, kullanıcı etkileşimi ve değerlendirme aşamalarının birbirini besleyen döngüler halinde ilerlemesini öngörür (Design-Based Research Collective, 2003). Bu bağlamda çalışma üç ana evrede yürütülmüştür:

a) Kavramsal ve kuramsal çözümleme,
b) Mekanik ve akustik tasarımın geliştirilmesi,
c) İcracı odaklı veri toplama ve değerlendirme.

Her evre, önceki aşamadan elde edilen bulgular doğrultusunda revize edilmiş; tasarım kararları literatür ve deneysel geri bildirimlerle doğrulanmıştır.

[1] Tasarım patent tescil no: 2025/003945
[2] Tasarım patent tescil no: 2025/000344

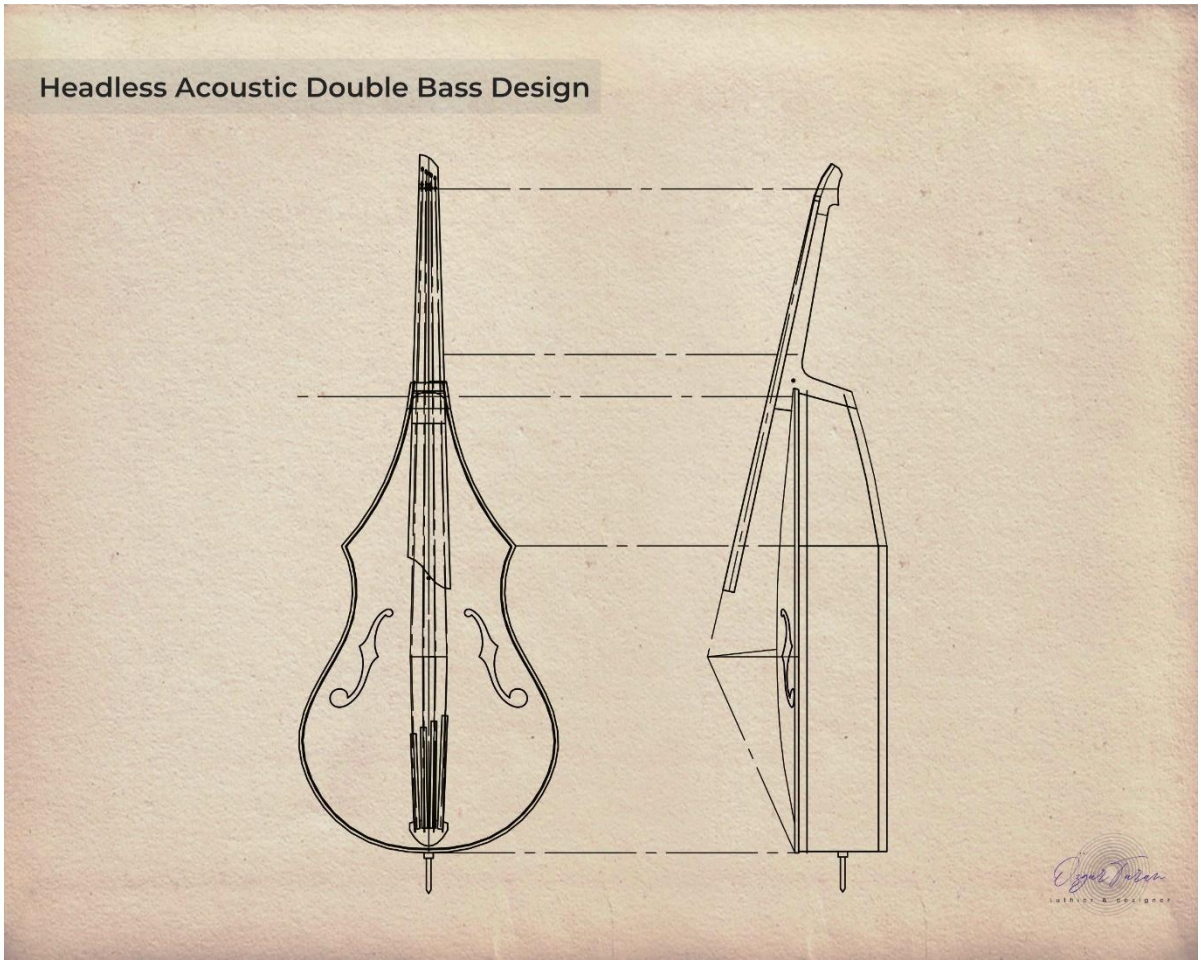


This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

**Kavramsal Modelleme ve Mekanik Tasarım**

Kafasız kontrbas tasarımında tel boyu, ¾ kontrbaslar için yaygın kabul gören 1050 mm ölçek uzunluğu esas alınarak belirlenmiştir. Teller Thomastik Infeld firmasının Spirocore kontrbas tel serisinden seçilmiştir. Tel aralıkları köprüde 25 mm, üst eşikte 10 mm olacak şekilde, kontrbas yapımında yaygın kullanılan standart ölçüler doğrultusunda düzenlenmiştir. Sap, köprü ve kuyruk açıları da ¾ kontrbas tel boyuna uygun olacak biçimde standart değerlerde tutulmuştur. Yanlık yükseklikleri alt bölgede 200 mm, üst bölgede 190 mm olarak planlanmış; arka kapakta açı sonrasındaki sap birleşimi 125 mm olarak belirlenmiştir. Taşınabilirliği artırmak amacıyla gövde genişliği nispeten düşük tutulmuş; alt form genişliği 660 mm, üst form genişliği 380 mm ve gövde form uzunluğu yaklaşık 1048 mm olarak tasarlanmıştır. Bu ölçüler, 17. yüzyıl ortasına tarihlenen Venedik ekolü kontrbaslarının ölçülerine (alt form ≈ 670 mm, üst form ≈ 470 mm, gövde uzunluğu ≈ 1080 mm) yakın değerler göstermektedir. Buna rağmen tasarım, geniş hacimli bir kontrbas karakterini koruyan sonuçlar vermiştir. Derin ve koyu karakterli bir ton elde etmek amacıyla üst kapakta daha yüksek bir bombe yapısı tercih edilmiş ve ahşap malzeme olarak alt frekanslara hızlı tepki veren göknar ağacı seçilmiştir. Gelecek modeller için üst form genişliğinin artırılması, akustik hacim ve rezonans dengesi açısından önemli bir geliştirme alanı olarak öngörülmektedir.

Tasarımın ilk aşamasında, kontrbasın geleneksel kafa (salyangoz) bölümünün işlevi; tel gerginliği, tork dağılımı, akort kararlılığı ve kütle yerleşimi bağlamında analitik olarak incelenmiştir. Literatür, kontrbas gibi büyük yaylı çalgılarda ağırlık merkezinin üst bölgede yoğunlaşmasının denge kontrolünü zorlaştırdığını ve uzun süreli icrada yorgunluk riskini artırdığını ortaya koymaktadır (Beament, 1997; Rotter et al., 2020, s.158; Dökmeci ve Tanış, 2023, s. 307). Bu bulgular, kafa bölümünün yapısal rolünün yeniden değerlendirilmesini gerekli kılan bir çerçeve sunmaktadır.




**Şekil 1.** Kafasız Akustik Kontrbas Tasarımı-Proje Çalışması (Çizim: Ö. Turan)



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Bu değerlendirmeler doğrultusunda, akort mekanizmasının gövdenin alt bölümüne taşındığı kafasız bir mimari kurgulanmıştır. Kavramsal modelleme sürecinde CAD tabanlı yazılımlar (SolidWorks, NX vb.) aracılığıyla tel doğrultusu, gövde–sap geometrisi, ağırlık merkezi konumu ve statik denge parametreleri sayısal olarak belirlenmiş ve projelendirilmiştir (bkz. Şekil 1). Sap uzunluğu azaltılırken tel uzunluğu sabit tutulmuş, böylece frekans ilişkilerinin korunması hedeflenmiştir. Buna karşılık gövde hacmi ile köprü konumu, yeni sınır koşullarına uyum sağlayacak biçimde yeniden düzenlenmiştir. Bu yaklaşım, rezonans davranışının tekil biçimsel özelliklerden çok tel–köprü–gövde etkileşimi üzerinden belirlendiğini vurgulayan kuramsal çerçeveyle örtüşmektedir (Woodhouse, 2014).

**Malzeme Seçimi ve Akustik Gerekçeler**

Malzeme seçimi, çalgı tasarımında yapısal dayanımın ötesinde titreşim iletimi ve iç sönüm davranışı bakımından belirleyici bir role sahiptir. Bu çalışmada gövde yapısında, yaylı çalgı yapım geleneğiyle uyumlu biçimde ladin (üst tabla) ve akçaağaç (arka–yanlar, sap ve köprü) tercih edilmiştir. Tuşe için geleneksel abanoz ağacı kullanılmıştır. Bu malzeme kombinasyonu, düşük yoğunluk ile yüksek elastisite arasında kurduğu denge sayesinde etkin rezonans üretimini desteklemektedir (Wegst, 2006; Bucur, 2019).

Akort mekanizması ve alt donanım bileşenlerinde alüminyum alaşımı (6061-T6) ve pirinç kullanılmış, deneysel aşamada titanyum alaşımları (Ti-6Al-4V) ile de denemeler gerçekleştirilmiştir. Titanyum, yüksek özgül dayanımı ve korozyon direnciyle öne çıkan bir mühendislik malzemesi olmasına karşın, maliyet ve işlenebilirlik kısıtları nedeniyle ileri prototip aşamalarına bırakılmıştır. Seçilen metaller, yoğunluk (ρ), elastisite modülü (E) ve iç sönüm (η) parametreleri açısından karşılaştırılmış; düşük iç sönüm ve yüksek rijitlik özelliklerinin, titreşim enerjisinin iletim zincirinde daha öngörülebilir bir davranış sunduğu değerlendirilmiştir (Bucur, 2019; Callister & Rethwisch, 2020; Bissinger, 2008; Brezas ve ark. 2024; Arbel & Gautier, 2022). Yüzey işlemi olarak anodize (eloksal) kaplama uygulanmıştır. Bu tercih, metal bileşenlerde oksidasyon direncini artırmak ve yüzey sertliğini daha kararlı bir düzeyde tutmak amacıyla yapılmıştır. Böylece mekanik temas yüzeylerinde uzun süreli stabilite sağlanması ve akort mekanizmasının çalışma hassasiyetinin korunması hedeflenmiştir.

**Veri Toplama Teknikleri**

Araştırmada nicel ölçümlerle birlikte nitel veri toplama teknikleri kullanılmıştır. Bu tercih, tasarımın fiziksel performansını ve icracı deneyimini de görünür kılmayı amaçlamaktadır.

**Röportaj (İcracı Odaklı)**

Veri toplama sürecinde, profesyonel bir kontrbas icracısı ile yüz yüze, yapılandırılmış röportaj tekniği kullanılmıştır. Röportaj soruları; ergonomi, akort kullanımı, tonal algı, tepki süresi ve sahne/kayıt deneyimi temaları etrafında hazırlanmıştır. Bu yöntem, tasarım-temelli araştırmalarda kullanıcı deneyiminin derinlemesine anlaşılması için önerilen nitel teknikler arasında yer almaktadır (Kallio ve ark., 2016, s. 2).

**Gözlem**

Röportajlara ek olarak, icracının prototip ile yaptığı prova ve performanslar doğrudan gözlem yoluyla kayıt altına alınmıştır. Gözlem sürecinde: Çalım pozisyonu, Denge davranışı, Akort erişim süresi, Fiziksel geri bildirimler not edilmiştir. Gözlem, röportaj verilerinin bağlamsal doğrulamasını sağlamak amacıyla kullanılmıştır (Patton, 2002, s. 259).

**Etik Süreç**

Araştırma kapsamında insan katılımı sadece icra, röportaj ve gözlem bağlamındadır. Herhangi bir fizyolojik ölçüm, deneysel müdahale veya risk içeren uygulama bulunmamaktadır. Katılımcı, araştırmanın kapsamı ve veri kullanım biçimi hakkında önceden bilgilendirilmiş ve yazılı onam vermiştir. Ses ve görüntü kayıtları yalnızca bilimsel analiz amacıyla kullanılmış; veriler güvenli dijital ortamda saklanmış ve araştırma tamamlandıktan sonra ilgili etik yönergelere uygun biçimde arşivlenmiştir. Bu süreç, nitel araştırmalarda önerilen etik ilkelerle uyumludur.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Çalışmada veri toplama süreci, nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında kontrbas icracısı Esra Kayıkçı ile yapılan bir yarı yapılandırılmış röportaj ile birlikte beş gözlemcinin yer aldığı sistematik gözlem sürecinden elde edilen veriler kullanılmıştır. Gözlemciler, gizliliğin korunması amacıyla metin içerisinde G1, G2, G3, G4 ve G5 şeklinde kodlanarak ifade edilmiştir. Röportaj ve gözlemler, belirlenen araştırma soruları doğrultusunda yürütülmüş; elde edilen veriler betimsel analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Anadolu Üniversitesi 04.12.2025 tarihli 16/72 sayılı Etik Kurul Kararı ile araştırmanın izni alınmıştır.

**Kafasız Kontrbas ve Tekli Alt-Akort Sisteminin Yapısal Tanımı**

Bu bölüm, prototipte benimsenen kafasız mimariyi ve tekli alt-akort mekanizmasını, çalgı akustiği ile yapısal mantık bağlamında açıklamayı amaçlamaktadır. Kafa (salyangoz/scroll) bölümünün kaldırılması, biçimsel bir sadeleştirme adımıyla sınırlı kalmamakta; sap boyunca kütle dağılımını, tel yolunu, tork ve denge ilişkilerini ile akort eyleminin ergonomik çerçevesini yeniden tanımlayan bütüncül bir yapısal müdahale niteliği taşımaktadır (bkz. Şekil 2 ve 3).



**Şekil 2.** Kafasız Akustik Kontrbas Tasarımı-Ön Görünüş (fotoğraf: Ö. Turan)

Yaylı çalgılarda titreşim davranışının dış formdan bağımsız olarak; malzeme özellikleri (yoğunluk, elastisite, iç sönüm) ve titreşim aktarım yollarının birlikte etkileşimiyle belirlendiği yönündeki kuramsal yaklaşımlar, bu tür bir mimari yeniden kurgunun akustik açıdan uygulanabilir olduğunu ortaya koymaktadır.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License



**Şekil 3.** Kafasız Akustik Kontrbas Tasarımı-Gövde Kesiti (fotoğraf: Ö. Turan)

**Kafasız Gövde ve Sap Geometrisi**

Kafasız kontrbas geometrisinin ayırt edici özelliği, salyangoz ve burguluk bölümünün kaldırılmasıyla tel germe ve akort işlevinin alt gövdeye taşınmasıdır (bkz. Şekil 4 ve 5). Bu düzenleme, sap ucundaki kütle ve uzunluğu azaltarak çalgının toplam boyunda belirgin bir kısalma sağlar ve taşıma ile yerleşim süreçlerinde pratik avantaj üretir. Sap ucundan kaynaklanan üst kütlenin azalması, ağırlık merkezinin gövdeye yaklaşmasına yol açar ve dikey kullanımda denge davranışını daha öngörülebilir hâle getirir. Geleneksel burguluk sisteminin zorunlu kıldığı üst uç bileşenlerinin ortadan kalkmasıyla sap–gövde birleşimi daha kompakt ve süreklilik gösteren bir taşıyıcı hat gibi çalışır; bu yapı, özellikle ayakta icrada sol elin dengeleyici yükünü azaltmaya yönelik bir potansiyel sunar (Beament, 1997; Woodhouse, 2014).



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License



**Şekil 4.** Kafasız Akustik Kontrbas Tasarımı-Yan, Sap Görünüşü (fotoğraf: Ö. Turan)

Tasarımın kritik aşamasını, telin etkin titreşen uzunluğunun (skala) korunmasıyla gövde iç hacmi ve köprü konumunun birlikte yeniden ele alınması oluşturur. Yaylı çalgı akustiğinde gövde rezonansları ile tel–köprü etkileşimi, kütle ve rijitlik dağılımı ile enerji aktarım yolları üzerinden tanımlanır. Bu nedenle kafa bölümünün kaldırılması, doğrudan bir akustik kayıp göstergesi olarak değerlendirilmez; belirleyici olan, tel–köprü–tabla hattındaki enerji akışının sürekliliği, köprü basıncının dengesi ve tabla titreşim modlarının uyumudur. Bu yaklaşım, gövde rezonanslarının ve vibro-akustik davranışın analitik ve sayısal yöntemlerle modellenebileceğini ortaya koyan çağdaş literatürle örtüşmektedir (Değirmenli, 2019; 2023; Woodhouse, 2014; Bissinger, 2008; Brezas ve ark. 2024).



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License



**Şekil 5.** Kafasız Akustik Kontrbas Tasarımı-Üst Eşik ve Tel Takım Delikleri (fotoğraf: Ö. Turan)

**Tekli Lineer Alt-Akort Mekanizması**

Kafasız kontrbas tasarımının temelini, akort işlevinin kuyruk/alt eşik bölgesine taşınması oluşturur. Geleneksel burgulu düzenek yerine her tel için bağımsız çalışan tekli lineer çekme–germe modülleri kullanılarak tel gerilimi doğrudan alt gövde üzerinden ayarlanır. Bu düzenleme, sap ucunda tel yolunu uzatan bileşenleri ortadan kaldırır ve akort eylemini icracının doğal erişim alanına yakın, denetimi kolay bir konuma taşır (bkz. Şekil 6 ve 7).

Tekli lineer sistem, her telin ayrı bir dişli–vida mekanizmasıyla kontrol edilmesine dayanır. Bu modüler yapı, tel bazında hassas tolerans ayarı yapılmasına, bakım süreçlerinin sadeleşmesine ve parça değişiminin yerel müdahalelerle gerçekleştirilebilmesine olanak tanır. Tasarım yaklaşımı, gövdeye entegre akort fikrinin *headless* enstrümanlardaki uygulamalarıyla benzer bir çizgide ilerler. Ayırt edici yönü, bu mimarinin tam akustik gövdeli bir kontrbasa uyarlanması ve titreşim aktarım hattının sürekliliğini koruyacak biçimde gövdeyle bütünleştirilmesidir. Elektrik temelli *headless* dik baslarda gövde rezonansı büyük ölçüde elektronik alma ve işleme zinciriyle desteklenirken, bu çalışmada akustik rezonansın korunması ve akort mimarisinin yapısal olarak yeniden konumlandırılması hedeflenmiştir (NS Design, 2025; Yamaha Corporation, 2025).



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License



**Şekil 6.** Tekli Lineer Alt-Akort Mekanizması CAD Ortamındaki 3B Model (Tasarım: Ö. Turan)

Alt-akort sisteminin akustik açıdan belirleyici yönü, telin alt uç bağlantısında kurulan kütle–rijitlik dengesidir. Kuyruk parçası ve alt donanım kütlesinin tonal tepki ve parlaklık üzerindeki etkilerine işaret eden klasik ayar literatürü, bu bölgenin hafif ve yapısal olarak kararlı bileşenlerle kurgulanmasını desteklemektedir (Traeger, 2009). Bu yaklaşım, tel titreşim enerjisinin gövdeye aktarımında sürekliliği güçlendirirken akort stabilitesini yapısal düzeyde güvence altına alır.

Prototipte gövde, yaylı çalgı geleneğiyle uyumlu biçimde akustik açıdan elverişli ahşaplardan (örneğin ladin ve akçaağaç) oluşturulmuş; alt-akort sistemi ise kütle ve rijitliğin daha hassas biçimde yönetilebildiği mühendislik metallerine dayandırılmıştır. Amaç, akort işlevini sap ucundan alt gövdeye taşırken tel–köprü–gövde hattındaki enerji aktarımını zayıflatmayan, rijitliği yüksek ve kütlesi denetimli bir yapı kurmaktır. Bu yaklaşım, elastisite modülü, yoğunluk ve iç sönüm gibi malzeme parametrelerinin titreşim iletimini belirlediğini ortaya koyan vibro-akustik literatürle uyum göstermektedir (Wegst, 2006; Bucur, 2019; Woodhouse, 2014; Brezas ve ark. 2024).

Metal–ahşap bileşiminde iki teknik hedef öne çıkar: iç sönümün denetimi ve rijitlik–kütle oranının dengelenmesi. Ahşabın görece yüksek iç sönümü sert tepkileri yumuşatırken, metal bileşenlerin düşük sönüm karakteri akort mekanizmasında kararlı bir davranış üretir (Wegst, 2006; Bucur, 2019). Yüksek rijitlik sunan metaller, daha küçük kesitlerle çalışmayı mümkün kılarak geometrik kompaktlık ve mekanik güvenlik sağlar (Ashby & Jones, 2012; Callister & Rethwisch, 2020).

Bu çerçevede alüminyum alaşımları mekanik gövde parçalarında, pirinç temas ve dişli yüzeylerinde tercih edilmiş; titanyum ise yüksek özgül dayanımı ve çevresel koşullara karşı yüzey kararlılığı nedeniyle ileri aşamalar için uygun bir seçenek olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak metal–ahşap bileşimi, gövde akustiğini sürdüren ahşap yapı ile akort işlevini stabilize eden metal alt sistem arasında işlevsel bir görev paylaşımı kurmakta ve çalgı akustiğinin formun yanı sıra malzeme seçimi ve enerji aktarım hattı üzerinden de yönlendirilebileceğini ortaya koymaktadır (Woodhouse, 2014; Bucur, 2019).



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License



**Şekil 7.** Kafasız Kontrbas Tasarımı- Tekli Lineer Alt-Akort Mekanizması (fotoğraf: Ö. Turan)

## BULGULAR

Bu bölümde bulgular; (i) tekil icracı röportajı (Esra Kayıkçı Kamalı), (ii) saha/atölye gözlemi ve (iii) tasarıma ait frekans-zaman analizlerinin metinleştirilmiş çıktıları üzerinden bütüncül biçimde sunulmaktadır. Bulgular, akustik çalgılarda rezonans ve yanıt davranışının form-işlev ilişkisinin yanı sıra kütle/rijitlik dağılımı, sönüm ve titreşim iletim yollarının bileşkesinden etkilendiğini vurgulayan çalgı akustiği literatürüyle karşılaştırılmıştır.

### Ergonomi ve Denge

Röportaj verisinde icracı, kullanım sırasında prototipin ağırlık merkezi ve denge hissi bakımından geleneksel kontrbasa göre olumsuz bir fark yaratmadığını belirtmiştir. Bununla birlikte, aynı katılımcının 7'li Likert ölçeğindeki yanıtlarında denge ifadesi en üst düzeyde (7/7) işaretlenmiş; ergonomi/sol el-omuz yükü algısı ise orta-yüksek düzeyde (5/7) değerlendirilmiştir (E. Kayıkçı, kişisel görüşme, 3 Ocak 2026).

Gözlemci 1 (G1) verisi, bu ayrımı daha görünür kılar: gözlemci, salyangoz ve burgu kütlesinin ortadan kalkmasıyla sol el destek yükünün gözlemlenebilir düzeyde azaldığını ve enstrümanın üst bedene yaslanarak rahatsız etmeyen biçimde dengede durabildiğini raporlamıştır. Bununla birlikte kafasız mimarinin ergonomik etkisinin bazı icracılarda dramatik bir his yaratmadan, yük paylaşımını mikro düzeyde dönüştürebileceği anlaşılır. Uzun süreli çalım sonunda ek yorgunluk bildirilmemesi "… herhangi bir yorgunluk yaşatmamaktadır (G1)." Ayrıca G1, icracının şu sözleri sarf ettiğini de ekler:



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

"Salyangoz ve akort burguları olmamasına rağmen enstrümana tahmin ettiğimden daha çabuk alıştım." Gözlemci (G2) ve (G3) ise; Çalgının, icracının üst bedenine yaslanarak kendi ağırlığıyla dengede durabildiği gözlemlemiştir. Salyangoz ve akort burgularının kaldırılması, sol elin taşıdığı destek yükünü belirgin biçimde azaltmış ve daha dengeli bir ağırlık dağılımı sağlamıştır. Bu durum, ağırlık merkezi ve form tasarımının icra ergonomisi gözetilerek kurgulandığını göstermektedir. İcra sırasında omuz ve bilek açılarının doğal sınırlar içinde kaldığı, zorlayıcı postürler oluşmadığı belirlenmiştir. Bulgular, çalgı geometrisinin icracının fiziksel duruşunu destekleyen ergonomik bir yapı sunduğunu ortaya koymaktadır. Oturarak çalımda ise, gövde formu ve kafa/burgu yokluğu sayesinde icracının enstrümana daha rahat "sarılabildiği" ve sol bileğin gerektiğinde icracıya daha yakın konumlanabildiği not edilmiştir (G1; G2). Bu bulgular, yaylı çalgı icrasında duruş ve yüklenme kaynaklı kas-iskelet yakınmalarının yüksek prevalansına işaret eden literatürle birlikte düşünüldüğünde, kafasız yaklaşımın etkisini ani hissedilen dramatik fark yerine mikro-postür ve yük dağılımı düzeyinde tartışmayı daha tutarlı kılar (Rotter et al., 2020, s. 171).

**Akustik Süreklilik ve Tını Algısı**

Röportajda icracı, salyangozun yokluğuna rağmen enstrümanın tonal denge açısından "oldukça iyi" olduğunu; gövde küçülmesine ve geleneksel formdan uzaklaşmaya rağmen bas frekansların "şaşırtıcı derecede dolgun", orta ve tizlerin ise hacim kaybetmediğini belirtmiştir (E. Kayıkçı, kişisel görüşme, 3 Ocak 2026). G1'in gözlem notları bu bulguyu destekler icracı şu yorumu dile getirir: "Sıra dışı bir gövde şekli olmasına ve gövde hacminin küçülmesine rağmen özellikle bas frekanslar hacimli ve doygun."
Ayrıca farklı mekân ve iklimlerde ton karakterinde dramatik değişim yaşanmadığı ("…ton karakterinde herhangi bir değişiklik olmadı… nemli-kuru iklimler… açık alan, kapalı salon…") ve manyetik/piezo dengesinin pratikte olumlu katkı verdiği ifade edilmiştir. Gözlem formundaki kısa alıntılar da aynı yönelimi doğrular: "Sıra dışı bir gövde şekli olmasına ve gövde hacminin küçülmesine rağmen özellikle bas frekanslar hacimli ve doygun (G1)."

Bu noktada kafasız kontrbas özelinde frekans analizleri ek bir kanıt katmanı sunar: zaman–frekans davranışında atak anında geniş bantlı enerji artışı ve ardından enerjinin alt frekanslarda toplanarak yayılması; ayrıca *sustain*'in özellikle 100–300 Hz bandında uzun süre korunması gibi gözlemler, tını sürekliliğinin kafa tarafındaki ek kütleye zorunlu olarak bağlı olmadığını düşündürür (bkz. Bölüm: 4.7. Kafasız Kontrbas Tasarımı Frekans Analizi). Bu nitel bulgu, akustik yaylı çalgılarda rezonans davranışının dış biçimin ötesinde; yapısal rijitlik, kütle dağılımı, sönüm ve titreşim iletim yolları ile birlikte belirlendiğini vurgulayan literatürle uyumludur (Marshall, 1985; Woodhouse, 2014; Bissinger, 2008; Curtin & Rossing, 2010).

**Artikülasyon ve Tepki Süresi**

Röportaj yanıtlarında icracı, enstrümanın hızlı yanıt verme yeteneğinin yüksek olduğunu; *attack–decay–sustain–release* dengesinin geleneksel 4/4 kontrbaslardan "daha farklı olmadığını" ifade etmiştir (E. Kayıkçı, kişisel görüşme, 3 Ocak 2026).[3] *Sustain* ve harmonik devamlılık için de "oldukça tatmin edici" değerlendirmesi yapılmıştır (E. Kayıkçı, kişisel görüşme, 3 Ocak 2026). Gözlem verileri bu beyanı davranışsal düzeyde destekler: *pizzicato* ve *arco* başlangıçlarında enstrümanın son derece atak olduğu; *sustain*'in ise daha küçük ve farklı gövdeye rağmen "belirgin derecede uzun ve tatmin edici" kaldığı not edilmiştir (G1). Aynı şekilde G2, G3, G4 ve G5 gözlemleri de bu sayı doğrular niteliktedir. Ayrıca, tepki süresinin tek bir bileşene indirgenemeyeceğini, ama gövde kütlesi ve malzeme özelliklerinin yanıt üzerinde kritik rol oynadığını vurgulayan yapımcı literatürüyle aynı doğrultuda okunabilir. Buna ek olarak Curtin, çalgılarda tepki süresinin birçok etkene bağlı olduğunu belirtmekle birlikte gövde ağırlığı ve malzeme özelliklerinin birincil belirleyiciler arasında olduğunu ve yeni tasarım/malzeme kombinasyonlarıyla bu yanıt niteliğinin daha erişilebilir hâle gelebileceğini savunur (2006, s. 63–66).

[3]İcracının kafasız kontrbas ile gerçekleştirdiği video ve albüm kayıtları için bkz. *Bozgun Hatıra live @artmosphere* [Video], YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=CGH7veKOwvw ; Kamalı, H. (t.y.). *Into the Blue* [Müzik albümü], Spotify, https://open.spotify.com/intl-tr/album/6uqFoQOtMRxmn8Yxj0W6s1 ; Kamalı, H. (t.y.). *Estate* [Video], YouTube, https://www.youtube.com/shorts/v4lyzj2wfIA



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

**Akort Mekanizmasının Kullanılabilirliği**

Röportajda akort mekanizmasının hızlı ve hassas olduğu değerlendirilmiş; sistemin kusursuz çalışmasının zaman zaman görsel gücün önüne geçtiği vurgulanmıştır. İcracı, alt-akort sisteminin erişimini ve hassasiyetini çok güçlü biçimde olumlar ("Akort sistemine erişim son derece kolay… akordu stabil tutmayı başaran… geleneksel burgu sistemlerindeki hassasiyeti aratmayan…") ve stabilitenin ısı/nem değişimlerinden olumsuz etkilenmediğini belirtir. Bu prototipin "işlevsel güven" ürettiğine işaret eder (E. Kayıkçı, kişisel görüşme, 3 Ocak 2026). G1, icracı ile yapılan röportajı destekler ve gözlem notlarına icracının konu ile ilgili yorumunu ekler: "Enstrüman görsel çekiciliğinin yanında detaylı bir mühendislik uygulamaları ve buluşlar içermektedir." Diğer yandan G2, G3, G4 ve G5'in de desteklediği bu bulgu, ticari taşınabilir/elektrik çözümlerin ergonomi mimarileriyle (ör. gövdeye entegre donanım yaklaşımları) doğrudan karşılaştırma için güçlü bir parametre üretir: bu prototipte erişim ve stabilite yüksek olarak belirginleşmiştir.

**Görsel ve Dokunsal Algı (Görsel Rezonans)**

Röportaj verileri, açıkta konumlanan mekanik yapı ve metal alaşım kullanımının çalım hissi üzerinde doğrudan bir olumlu ya da olumsuz etki üretmediğini; buna karşın metal bileşenlerin "sağlamlık hissi" uyandırdığını ve akort sisteminin işlevine yönelik belirgin bir güven algısı oluşturduğunu göstermektedir (E. Kayıkçı, kişisel görüşme, 3 Ocak 2026). Saha gözlemleri de bu algıyla örtüşmekte; açıkta bırakılan kuyruk ve akort mekanizmasının görsel olarak kolay erişilebilir bulunduğunu ve akort stabilitesi bakımından güven verici bir izlenim yarattığını kaydetmektedir (G1, G2, G3, G4 ve G5). Bu bulgular, "görsel rezonans" kavramının estetik bir niteleme olmanın ötesinde, kullanıcıda dokunsal ve algısal güven üreten bir tasarım sonucu olarak ele alınabileceğini düşündürmektedir. Kelly'nin görsel rezonansı, algısal ve bedensel düzeyde yankı uyandıran bir etki alanı olarak tanımlaması, elde edilen verilerin kuramsal çerçeveye yerleştirilmesini mümkün kılmaktadır (2014, s. 211).

Bu bağlamda kafasız kontrbas tasarımında akort sistemine ait metal bileşenlerin açıkta bırakılması, mühendislik yapısının okunabilirliğini artırmakta ve icracının sistemle kurduğu fiziksel temas olasılığını güçlendirmektedir. Bu durum, algısal düzeyde yakınlık ve güven hissinin oluşmasına katkı sağlayan bir tasarım niteliği olarak değerlendirilebilir. Tartışma bulguları, form ile işlev arasındaki ilişkinin, çalgı tasarımında yalnız teknik performans üzerinden değil, algısal güven ve kullanıcı deneyimi üzerinden de anlam kazandığını ortaya koymaktadır.

**Taşınabilirlik ve Lojistik Deneyim**

Röportajda icracı, gövdenin küçük olması ve ağırlığın azalması nedeniyle taşımanın "kolaylaştığını" ifade eder (E. Kayıkçı, kişisel görüşme, 3 Ocak 2026). Bu bağlamda kafasız kontrbas, yaklaşık olarak en az %25 oranında hacim ve taşıma avantajı sağlamaktadır; bu durum lojistik açıdan göz ardı edilemeyecek bir kazanımdır. Sonuç olarak icracı röportajı ve gözlemcilerin notları çalgının üretim sonrasındaki performansını açıkça ortaya koymaktadır.

**Kafasız Kontrbas Tasarımı Frekans Analizi**

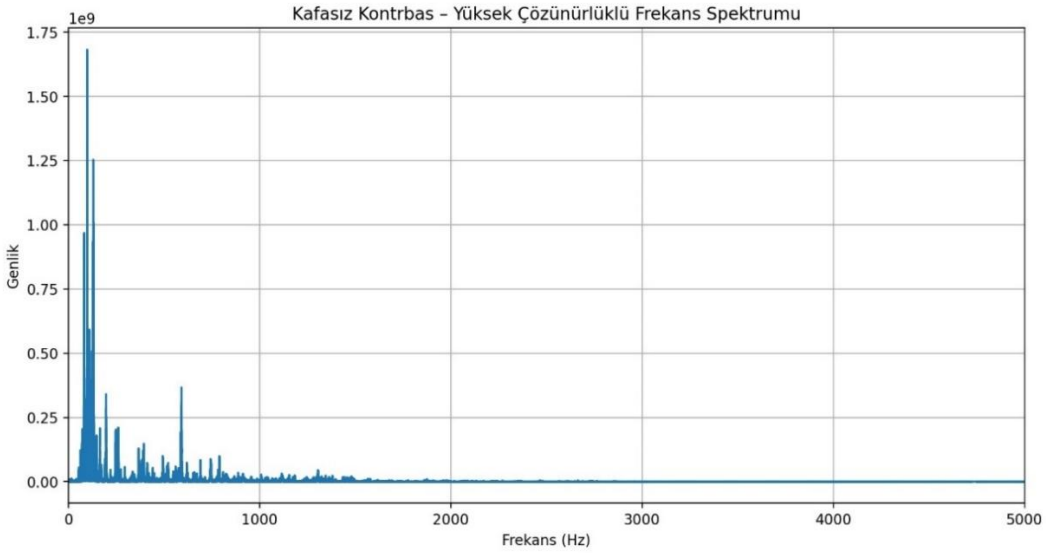
Çalışmanın bu bölümü, süresi yaklaşık 200 saniye olan kafasız kontrbas tasarım kaydı üzerinde gerçekleştirilen frekans alanı ve zaman–frekans alanı çözümlemelerine dayanmaktadır. Kayıt sürecinin ilk aşamasında kontrbasın açık pozisyondaki telleri sırasıyla icra edilerek temel frekans yanıtı ve rezonans özellikleri gözlemlenmiştir. Ardından, çalgının artikülasyon, dinamik tepki ve tını sürekliliği gibi özelliklerini değerlendirebilmek amacıyla basit bir etüt üzerinden ek kayıtlar alınmış ve analiz gerçekleştirilmiştir. Kayıtlar sırasında mikrofon olarak AKG C414 XLS geniş diyaframlı çok yönlü kondenser mikrofon, ses arabirimi olarak Roland Octa-Capture Hi-Speed USB Audio Interface ve kayıt yazılımı olarak Logic Pro kullanılmıştır. Kayıtlar 96 kHz örnekleme frekansı ve 24-bit çözünürlükte gerçekleştirilmiş; analizler aynı örnekleme oranı üzerinden yürütülmüştür. Bu temel kayıt düzeni aracılığıyla çalgının başlıca akustik parametreleri ön değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Çalışmanın amacı, elde edilen kayıtlar üzerinden çalgının ses karakterinin kontrbas için tanımlanan temel akustik tasarım alanı içinde yer aldığını göstermek ve ilk prototip düzeyinde bu sınıflandırmayı doğrulamaktır. Bu nedenle kayıt süreci, ileri düzey prodüksiyon tekniklerinden ziyade, çalgının doğal ses özelliklerini ortaya koyacak sade ve denetlenebilir bir düzen içinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 8'de kafasız kontrbas tasarımına ait ses dosyasının frekans alanını gösteren grafik, sinyalin hangi frekans bileşenlerinde



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

yoğunlaştığını ortaya koyan FFT (Hızlı Fourier Dönüşümü) genlik spektrumudur.

Tasarımda kafa kısmının ortadan kaldırılmasıyla boyun ucundaki kütlenin azalması, tel titreşim enerjisinin gövdeye aktarımını doğrudan etkilemektedir. Tek kanallı ses sinyalinin Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) ile analiz edilmesi sonucunda, enerjinin büyük ölçüde 40–300 Hz aralığında yoğunlaştığı, temel frekansın ve ilk harmoniklerin baskın olduğu görülmüştür. Frekans arttıkça harmonik genliklerin hızla azalması ve 1–2 kHz üzerindeki enerji düşüşü, koyu ve yuvarlak bir tını karakteri sunan kontrbas çalgısına ait olduğunu gösterir. Ayrıca 2–5 kHz bandında belirgin rezonansların bulunmaması, kafasız tasarımın yerel rezonansları azalttığını ve spektral yapıyı sadeleştirdiğini düşündürmektedir. Sonuç olarak, kafasız kontrbas tasarımının, çalgının temel frekans üretimini güçlendiren ve tını karakterini daha derin, merkezî ve sade bir yapıya yönlendiren akustik avantajlar sunduğu söylenebilir.




**Şekil 8.** Kafasız Kontrbas Tasarımı FFT (Hızlı Fourier Dönüşümü) genlik spektrumu

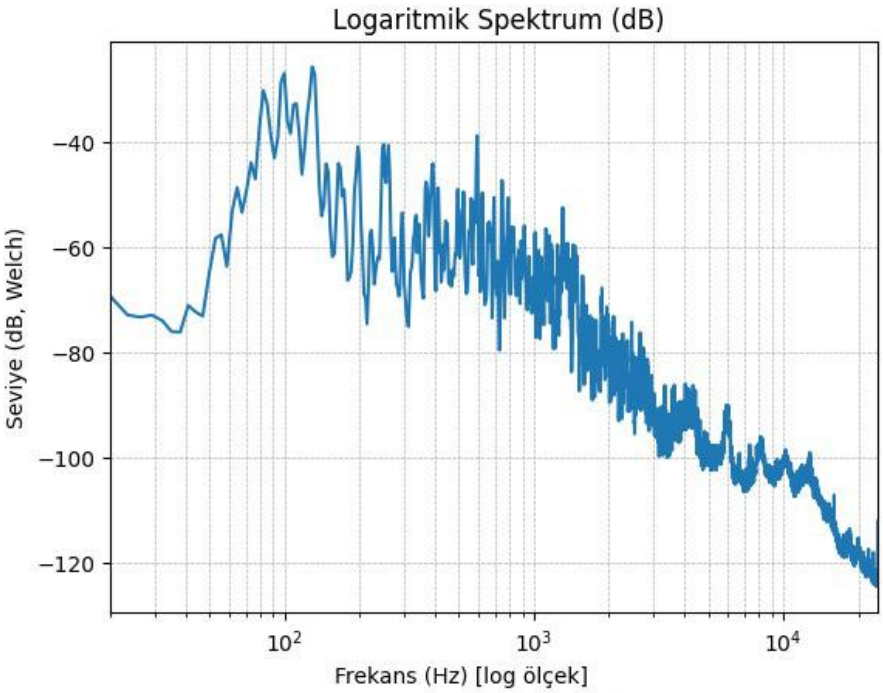
Yapılan analizde benimsenen analitik çerçeve; uzun dönem logaritmik spektrumun Welch yöntemiyle hesaplanmasını (Welch, 1967, s. 70), kısa zamanlı Fourier dönüşümü (STFT) temelli zaman–frekans gösterimlerini, temel frekansın (F0) zamansal izlenmesini ve olay-temelli sustain ölçümlerini kapsamaktadır. Zamana bağlı frekans çözümlemesi için 4096 örneklik Hann penceresi ve 1024 örneklik hop size parametreleriyle kısa zamanlı Fourier dönüşümü (STFT) uygulanmıştır. Temel frekans (F0) izleme işlemi, düşük frekanslı periyodik sinyallerde yüksek doğruluk sağlayan YIN algoritması aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Analizlerin temel amacı, kafasız kontrbas tasarımının akustik davranışını oluşturan yapısal parametrelerin hangi açılardan avantaj ürettiğini, ölçülebilir veriler ve grafiksel çıktılar üzerinden ortaya koymaktır. Bu bağlamda elde edilen bulgular, tasarımın düşük frekans enerji sürekliliği, temel frekans kararlılığı ve *sustain* karakteri bakımından sergilediği davranışların, yapısal bileşenlerle nasıl ilişkilendirilebileceğini açıklamaya yöneliktir.

**Uzun Dönem Logaritmik Frekans Spektrumu**

Şekil 9, tüm kayıt boyunca hesaplanan logaritmik (dB) frekans spektrumunu göstermektedir. Enerjinin belirgin biçimde 40–150 Hz bandında yoğunlaştığı, 200 Hz üzerindeki frekanslarda ise kademeli ve düzenli bir azalma sergilediği gözlenmektedir. Bu dağılım iki açıdan önemlidir: 1) Kontrbas tınısının taşıyıcı bileşenleri olan temel frekans ve alt harmonikler, kayıt boyunca istikrarlı bir enerji zarfı sergilemektedir. 2) Üst frekanslarda ani kopuşlar ya da düzensiz çöküşler bulunmamaktadır; spektral eğri, doğal akustik sönüm karakteri göstermektedir.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License




**Şekil 9.** Logaritmik Spektrum (db)

Dolayısıyla kafasız kontrbas tasarımında karşılaşılabilinecek kütle eksikliği nedeniyle düşük frekans kaybı, bu spektral yapı ile desteklenmemektedir. Aksine, grafik; düşük frekansların kafa bölgesinden ziyade alt ankraj–köprü–gövde sistemi tarafından taşındığını göstermektedir. Bu, kafasız tasarımda tonun yapısal olarak korunabileceğini ortaya koymaktadır.

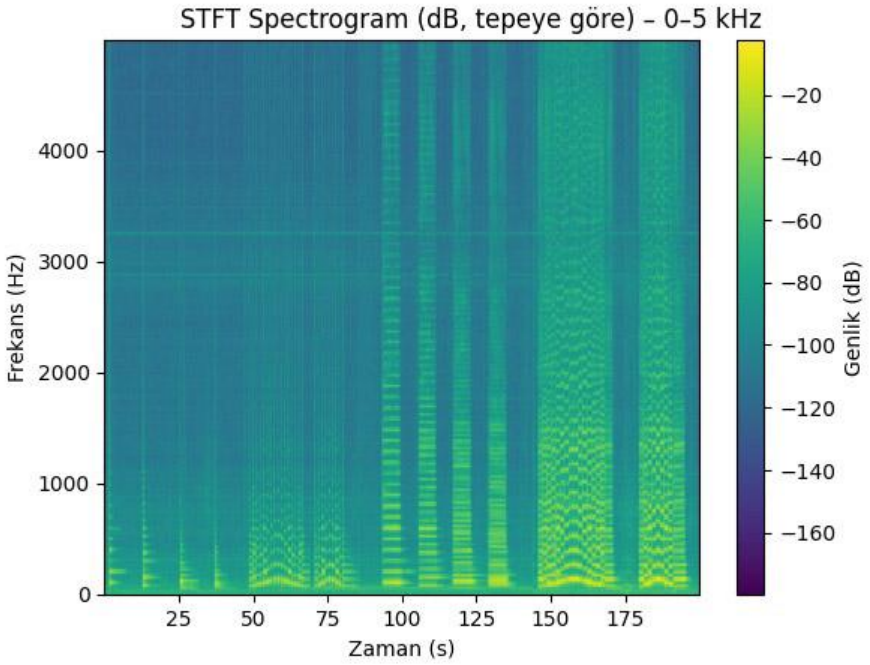
**Zamana Bağlı Spektrum (STFT Spectrogram)**

Şekil 10; tüm kayıt için elde edilen STFT spectrogramını (0–5 kHz) göstermektedir. Zaman ekseni boyunca çok sayıda ses olayı (nota/çekiş) açıkça ayırt edilebilmektedir.[4]

[4] Kısa Süreli Fourier Dönüşümü (STFT), bir ses sinyalinin zaman ekseni boyunca frekans içeriğinin nasıl evrildiğini incelemeye olanak tanıyan bir analiz yöntemidir. Tek bir Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT), sinyalin genel spektral içeriğine dair bütüncül bir görünüm sunarken; STFT, belirli zaman aralıklarında hangi frekans bileşenlerinin etkin olduğunu ortaya koyar. Bu özellik, ses olaylarının zamansal dinamiklerini değerlendirmede STFT'yi özellikle işlevsel kılar. Bu çalışma kapsamında STFT'nin tercih edilme nedeni, *sustain* olgusunun tekil bir büyüklük yerine zaman ve frekans etkileşimiyle tanımlanan bir süreç olmasıdır. Kafasız kontrbas gibi yapısal olarak farklı sınır koşullarına sahip çalgılarda temel soru, sesin hangi frekans bileşeninde ne kadar süreyle varlığını koruduğudur. STFT analizi, *sustain*'in belirli frekans bantlarında zamana bağlı seyrini doğrudan gözlemleme imkânı sağlamıştır. *Sustain*, bir sesin algılanabilir düzeyde kaldığı süre olarak tanımlanır. Akustik literatürde yaygın bir yaklaşım, sinyal genliğinin tepe seviyesinden −40 dB altına inmesini pratik sönüm noktası olarak kabul eder. Bu eşik, insan işitmesi açısından tonun büyük ölçüde kaybolduğu bir düzeye karşılık gelirken, −60 dB gibi daha katı ölçütlere kıyasla yaylı çalgıların doğasına daha uygun bir değerlendirme sunar. Yapılan analizde her notanın temel frekansı çevresinde genliğin −40 dB eşiğine ulaşma süresi ölçülmüş ve bu değer *sustain*'in sayısal olarak ifade edilmesinde kullanılmıştır.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License




**Şekil 10.** STFT Spectrogram

Grafikte dikkat çeken başlıca noktalar şunlardır:

- Her ses olayında atak anında geniş bantlı bir enerji artışı oluşmakta, ardından enerji alt frekanslara yoğunlaşarak zamana yayılmaktadır.
- 100–300 Hz bandı, *sustain* evresinde en uzun süre varlığını koruyan bölge olarak öne çıkmaktadır.
- Üst harmonikler daha hızlı sönümlenirken, temel frekans çevresi sürekliliğini korumaktadır.

Bu zaman–frekans davranışı, kafasız kontrbas için olumlu bir göstergedir. *Sustain*'in temel frekans çevresinde toplanması, tını sürekliliğinin kafa tarafındaki ek kütleye bağımlı olmadığını; enerjinin gövdeye etkin biçimde aktarıldığını göstermektedir. Bu durum, kafasız tasarımda tonal spektral daralma yerine frekans bazlı bir yeniden ağırlıklandırmanın gerçekleştiğini düşündürmektedir.

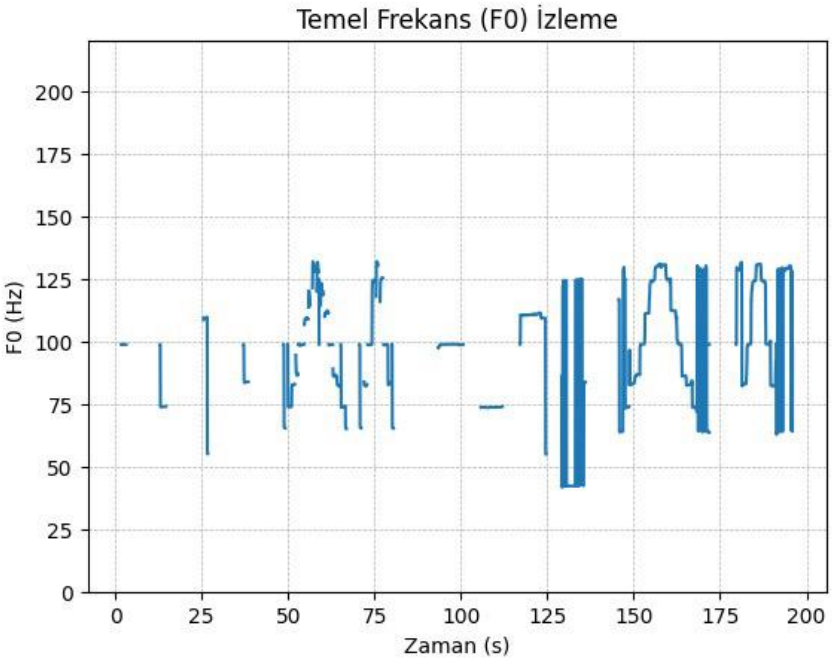
**Temel Frekans (F0) İzleme**

Şekil 11, tüm kayıt boyunca hesaplanan temel frekans (F0) izleme sonucunu sunmaktadır. Grafik, zaman içinde net ve kararlı plato bölgeleri göstermektedir.[5]

[5] Temel frekans (F0), bir sesin algılanan en düşük periyodik bileşeni olup, fiziksel olarak telin saniyedeki tam titreşim döngüsü sayısını ifade eder. Kontrbasta standart orkestral akortta açık tellerin yaklaşık temel frekansları sırasıyla $Mi_1 \approx 41$ Hz, $La_1 \approx 55$ Hz, $Re_2 \approx 73$ Hz ve $Sol_2 \approx 98$ Hz olarak tanımlanır. Akustik analiz bağlamında F0, icra edilen notanın adını belirlemekten ziyade titreşimin zamansal kararlılığını değerlendirmek için kullanılır. Ölçümlerde F0'ın dalgalı veya kararsız seyretmesi, sap ve alt ankraj gibi yapısal elemanların esnekliğinin yüksek olabileceğine işaret edebilirken; F0'ın zaman içinde stabilleşmesi, üst eşik–alt ankraj sınır koşullarının işlevsel olarak sağlıklı olduğuna dair dolaylı bir gösterge sunar. Bu çerçevede F0, intonasyon ölçütü olmaktan çok, çalgının yapısal stabilitesini değerlendirmede kullanılan akustik bir gösterge olarak ele alınmıştır.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

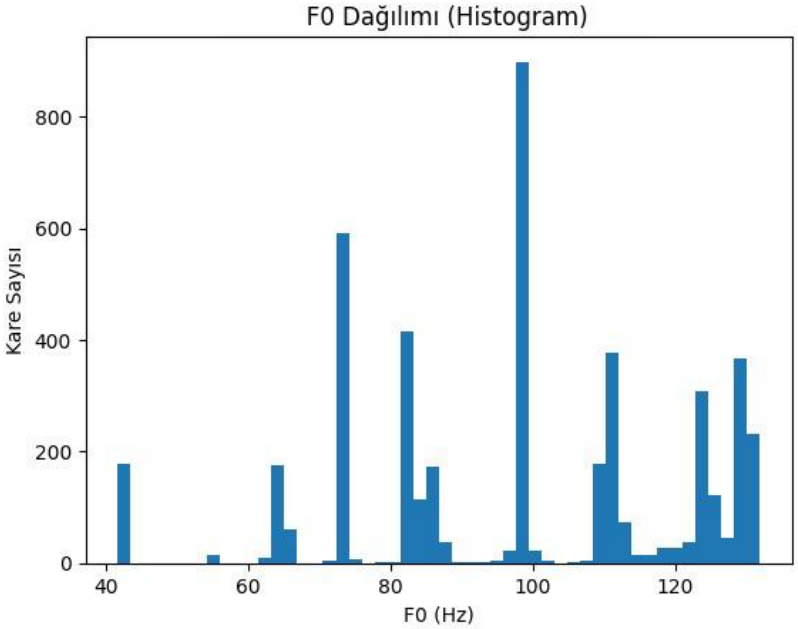



**Şekil 11.** Temel Frekans (F0) İzleme

İstatistiksel olarak: F0 değerleri yaklaşık 41.7 Hz – 131.9 Hz aralığında yer almaktadır. Medyan değer ≈98.8 Hz civarındadır. Ani ve düzensiz frekans sıçramaları gözlenmemektedir.

F0 kararlılığı, tel titreşiminin sınır koşullarının sağlam olduğunu gösterir. Kafa bulunmamasına rağmen temel frekansın bu derece stabil olması, kafasız kontrbasta referans noktasının üst eşikten ziyade alt ankraj ve köprü hattına taşındığını ve bunun akustik olarak sorun yaratmadığını ortaya koymaktadır.

**Olay Bazlı Sustain (−40 dB Eşiği)**




**Şekil 12.** F0 Dağılımı (Histogram)

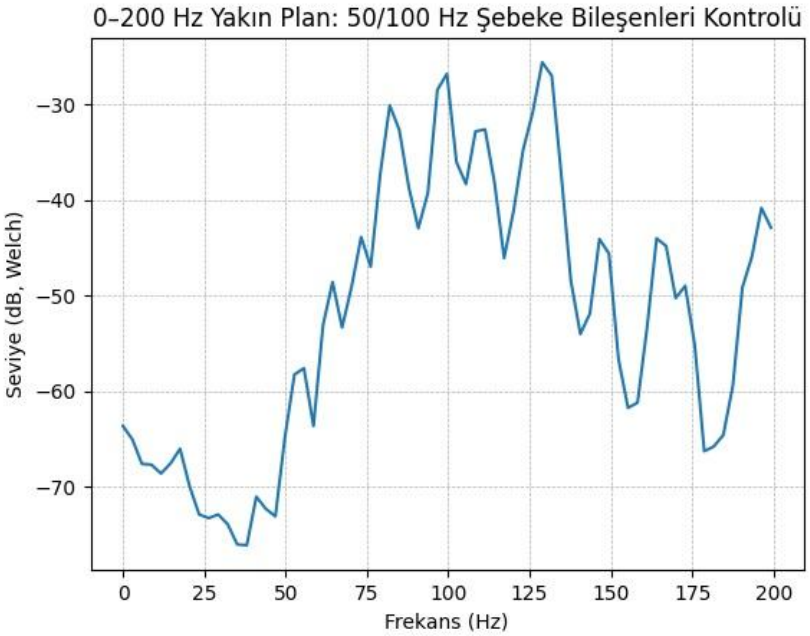
Kayıt boyunca tespit edilen 29 ses olayının 23'ünde, temel frekans bandında "tepeye göre −40 dB" sönüm süresi ölçülebilmiştir. Bu sürelerin şekil 12'de gösterebildiği gibi: Medyanı ≈ 4.65 s, üst yüzde dilimlerde 8–12 s ve üzeri değerlere ulaştığı, bazı olaylarda ise çok uzun süreli *sustain* sergilediği görülmüştür.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Bu sonuçlar, *sustain*'in yapısal olarak zayıf olmadığını; aksine belirli tel çekiş ve notalarda oldukça uzun süre korunabildiğini göstermektedir. Kafasız kontrbasta *sustain* kaybı değil, *sustain*'in hangi frekansta ve nasıl dağıldığı belirleyici görünmektedir. Grafikler, temel frekans çevresindeki *sustain*'in bu tasarımda güvence altına alınabileceğini desteklemektedir.

**50/100 Hz Şebeke Gürültüsü Kontrolü**




**Şekil 13.** Şebeke Bileşenleri Kontrolü

Şekil 13, 0–200 Hz yakın plan spektrumunu göstermektedir. 50 Hz çevresinde belirgin bir dar bant tepe gözlenmezken, 100 Hz civarında ölçülen bileşenin taban gürültüsünden ayrımı sınırlıdır. Tasarımda düşük frekans içeriğinin büyük bölümünün çevresel gürültüden değil, enstrümanın kendisinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Bu, analiz edilen düşük frekans enerjisinin tasarım açısından anlamlı ve güvenilir olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak; tüm grafiklerin birlikte değerlendirilmesi, kafasız kontrbas tasarımının akustik açıdan dezavantajı olmadığını açıkça ortaya koymaktadır. Aksine: Tonal omurga düşük frekanslarda korunmakta (Şekil 9), *Sustain* temel frekans çevresinde istikrarlı biçimde taşınmakta (Şekil 10, Şekil 12), Temel frekans kararlılığı sağlanmakta (Şekil 11), Düşük frekans içeriği çevresel gürültüyle karışmamaktadır (Şekil 12).

Bu bulgular, kafasız kontrbas tasarımında tonun ve *sustain*'in kafa kütlesi ile değil, alt ankraj–köprü–gövde etkileşimi ile belirlendiğini göstermektedir. Dolayısıyla kafasız yaklaşım, estetik veya ergonomik bir tercih olmanın ötesinde, doğru mühendislik ve akustik optimizasyonla tam anlamıyla geçerli bir yapısal çözüm olarak değerlendirilebilir.

**Kafasız Kontrbas Tasarımında Yapısal Koherens ve Akustik Davranış**

Bu bölümde, elde edilen spektral ve zamana bağlı bulgular; ankraj rijitliği, sap kütle dağılımı ve köprü empedansı ekseninde değerlendirilmekte ve kafasız kontrbas tasarımının akustik bakımdan hangi gerekçelerle sürdürülebilir bir yaklaşım sunduğu tartışılmaktadır.

Sunulan nicel aralıklar ve yapısal hedefler, incelenen gerçek kayıtta gözlenen spektral davranışlarla—özellikle düşük frekans enerji sürekliliği, temel frekansın zaman içindeki kararlılığı ve *sustain* dağılımının yapısı ile—fiziksel tutarlılık gösterecek biçimde önerilmektedir. Bununla birlikte bu değerler, bağlayıcı ya da evrensel ölçütler olarak değil; farklı tasarım varyantlarının karşılaştırılmasına ve akustik sonuçların öngörülebilir biçimde yönlendirilmesine olanak tanıyan tasarım pencereleri olarak ele alınmalıdır.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

**Ankraj Rijitliği ve Düşük Frekans Enerji Sürekliliği**

Uzun dönem logaritmik spektrum analizi (Şekil 9) ile kısa-zamanlı Fourier dönüşümü (STFT) spektrogramı (Şekil 10) birlikte değerlendirildiğinde, düşük frekans bandında (yaklaşık 40–150 Hz) akustik enerjinin kayıt süresi boyunca istikrarlı biçimde korunduğu gözlenmektedir. Bu durum, tel titreşim enerjisinin sistemin alt ucunda etkili ve süreklilik arz eden bir biçimde topraklandığını göstermektedir.

Geleneksel kafalı kontrbas tasarımlarında telin üst sınır koşulu; burgu kutusu, kafa kütlesi ve bu bölgenin yapısal rijitliği tarafından tanımlanır. Kafasız kontrbas tasarımında ise bu sınır koşulu işlevsel olarak ortadan kalkmakta; telin dinamik davranışını belirleyen ana referans noktası alt ankraj bölgesi hâline gelmektedir. Bu bağlamda ankraj rijitliği,[6] sadece mekanik dayanım veya yapısal güvenlik parametresi olmaktan çıkarak, doğrudan akustik enerji geri yansımasını belirleyen kritik bir unsur hâline gelir.

Spektral analizlerde düşük frekans bileşenlerinin erken veya ani bir sönüm sergilememesi, alt ankrajın şu özellikleri sağladığını düşündürmektedir:

(i) Tel titreşim enerjisini emen değil geri yansıtan bir sınır koşulu oluşturması,
(ii) Frekans seçici davranış göstermemesi ve
(iii) Özellikle temel frekans çevresinde yüksek mekanik empedans sunması.

Ankraj rijitliğinin yetersiz olduğu sistemlerde, özellikle alt frekanslarda *sustain*'in zayıflaması ve spektral enerjinin erken kaybolması beklenen bir sonuçtur. İncelenen kayıtta bu tür bir davranışın gözlenmemesi, kafasız kontrbas tasarımında ankraj bloğunun yüksek rijitlik–kontrollü kütle dengesiyle ele alındığını göstermektedir. Bu durum, geleneksel tasarımlarda kafa kütlesinin sağladığı sert uç etkisinin, alt ankraj üzerinden işlevsel olarak ikame edilebileceğine dair güçlü bir akustik kanıt sunmaktadır.

Bu bağlamda ankraj rijitliği: hedef mekanik ve akustik aralıklar üzerinden değerlendirilebilir. Uzun dönem spektrum analizi ile kısa-zamanlı Fourier dönüşümü (STFT) sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, 40–150 Hz aralığında anlamlı bir enerji zayıflaması gözlenmemektedir. Bu durum, telin alt ucunda düşük empedanslı ve esnek bir sınır koşulu ile karşılaşmadığını; aksine yüksek empedanslı ve kararlı bir yapısal referans noktasına bağlandığını düşündürmektedir. Böyle bir sınır koşulu, tel titreşiminin temel frekans bileşenleri ile ilk armoniklerinin sistem içinde süreklilik göstermesini destekleyen bir davranış üretir ve düşük frekans enerjisinin erken sönümlenmesini engeller.

Bu bağlamda kafasız kontrbas tasarımında ankraj bloğunun belirli mekanik ve akustik hedefler doğrultusunda kurgulanması gerekmektedir. Tel çekme doğrultusunda tanımlanan eksenel statik rijitliğin, sap–gövde birleşiminde ölçülen rijitlik düzeyinin altında kalmaması hedeflenmelidir. Böylece tel titreşim enerjisinin alt uçta yapısal bir zayıflıkla karşılaşması önlenmiş olur. Tam tel gerilimi altında ankraj bloğunda oluşan yerel deformasyonun çok sınırlı bir düzeyde tutulması beklenir; pratik açıdan bu deformasyonun yaklaşık 0,1 mm mertebesini aşmaması, yapısal kararlılık ve akustik süreklilik açısından uygun bir eşik olarak değerlendirilebilir. Kütle dağılımı açısından ise gereksiz ağırlık artışından kaçınılması önem taşır. Bu nedenle yüksek rijitlik sağlayan, fakat hacmi sınırlı çözümler

[6] Ankraj rijitliği, telin titreşim hareketine karşı ankraj noktasının ne ölçüde yer değiştirdiğini tanımlayan yapısal bir özelliktir. Bu kavram, ankrajın genel olarak "sağlam" olmasıyla sınırlı bir nitelik taşımaz; asıl belirleyici olan, titreşim enerjisi altında sergilediği mekanik tepkidir. Aşırı yumuşak bir ankraj yapısı, telden gelen enerjinin önemli bir bölümünü kendi deformasyonu yoluyla soğurarak titreşimin erken sönmesine ve *sustain* süresinin kısalmasına yol açabilir. Buna karşılık yüksek rijitlik gösteren ancak enerjiyi yapıya dengeli biçimde yayamayan bir ankraj, özellikle üst frekans bileşenlerinin hızla sönümlenmesine neden olarak ses karakterinde kuruluk algısı oluşturabilir. Bu durum, spektral zenginliğin azalmasıyla doğrudan ilişkilidir. Yapılan analizde düşük frekans bileşenlerinin görece iyi korunmuş olması, ankrajın tel–gövde etkileşiminde işlevsel bir sınır koşulu sunduğunu ve titreşim enerjisinin yapıya kontrollü biçimde aktarıldığını düşündürmektedir.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

tercih edilmelidir; yoğun sert ağaç çekirdeklerin metal takviyelerle desteklendiği hibrit yapılar bu yaklaşım için işlevsel bir örnek sunar.

Tanımlanan hedeflerin doğrulanması, doğrudan ve dolaylı ölçüm yöntemleriyle gerçekleştirilebilir. Tel gerilimi altında ankraj bölgesinde lazer tabanlı ölçüm sistemleri ya da mekanik komparatörler kullanılarak mikrosapma miktarları belirlenebilir. Buna ek olarak, tel takılı ve tel sökülü durumlar arasında alt uç rezonans frekanslarının karşılaştırılması, sınır koşulunun tel titreşim davranışı üzerindeki etkisini dolaylı biçimde değerlendirmeye olanak tanır.

Bu tartışma kapsamında elde edilen bulgular, kafasız kontrbas tasarımında alt ankraj rijitliğinin düşük frekans enerji sürekliliğini belirleyen temel akustik parametrelerden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Tanımlanan hedef aralıklar, geleneksel tasarımlarda kafa kütlesi tarafından sağlanan "sert uç" etkisinin, daha kontrollü ve ölçülebilir bir biçimde alt ankraj üzerinden yeniden üretilebildiğini göstermektedir. Bu yaklaşım, kafasız akustik yaylı çalgı tasarımında yapısal koherens ile akustik çıktılar arasındaki ilişkinin nicel olarak kurulmasına imkân tanıyan tutarlı bir tasarım çerçevesi sunmaktadır.

**Sap Kütle Dağılımı ve Temel Frekans Kararlılığı**

Temel frekans (F0) izleme grafiği (Şekil 10), zaman ekseni boyunca belirgin plato bölgeleri sunmakta ve ani frekans salınımlarına işaret etmemektedir. Bu gözlem, tel–sap sisteminde elastik geri beslemenin denetimli bir karakter sergilediğini düşündürmektedir. F0 değerlerinin *sustain* süresince dar bir bantta kalması, frekansın zaman içinde kayma eğilimi göstermemesi ve mikro-periyodik düzensizliklerin ortaya çıkmaması, sapın rezonans bakımından aşırı hafif ya da aşırı esnek bir davranış üretmediğine işaret eder.

Kafasız tasarım bağlamında sap, salt taşıyıcı bir eleman gibi davranmaz; uzunlamasına titreşim dalgalarının iletim ortamı olarak işlev görür. Kafa bölümünün bulunmadığı durumda, sapın uç bölgesindeki kütle dağılımı tel titreşimiyle doğrudan etkileşime girer ve üst sınır koşulunun akustik niteliğini belirler. Bu nedenle sap geometrisi ve kütlesi, tel titreşiminin sürekliliği açısından kritik bir rol üstlenir.

Analiz sonuçları, kafasız kontrbasta sapın üst eşik tarafında ani kütle düşüşleri yaratmayacak biçimde tasarlanması ve işlenmesi gerektiğini göstermektedir. Sap boyunca sağlanan kütle sürekliliği, kafa yokluğunun temel frekans kararlılığı üzerinde olumsuz bir etki üretmediğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, tasarım yaklaşımının salt hafifletme stratejileri üzerinden değil, kütlenin bilinçli ve dengeli biçimde yeniden dağıtılması üzerinden kurgulanması gerektiğine işaret eder.

Bu çerçevede sap kütle dağılımı, etkin kütle ve süreklilik kavramları üzerinden değerlendirilebilir. F0 izleme sonuçları, temel frekansın *sustain* boyunca kararlı kaldığını göstermekte; bu durum, sapın üst eşik bölgesinde ani bir empedans kırılması üretmediğini düşündürmektedir. Tasarım açısından sap boyunca kütlenin monoton ve yumuşak geçişli bir dağılım sergilemesi önem taşır; üst eşik çevresinde ani hafifletmelerden kaçınılması önerilir. Sapın ilk eğilme modunun, açık Mi telinin temel frekansının belirgin biçimde üzerinde, tercihen 150–180 Hz aralığının üstünde konumlanması, tel–sap etkileşiminin kararlılığını destekleyen bir hedef olarak değerlendirilebilir. Rijitliği artırmak amacıyla karbon fiber ya da benzeri yüksek elastisite modülüne sahip takviye elemanları kullanılabilir; bu yaklaşım uygulanırken toplam kütlede keskin düşüşler yaratılmaması gerekir.

Bu hedeflerin doğrulanması için sap serbest hâlde iken darbe testi uygulanarak modal analiz yapılabilir. Ayrıca üst eşik çevresine yerleştirilen ivmeölçerler aracılığıyla titreşim genliklerinin ölçülmesi ve kafalı bir referans sapla karşılaştırılması, kütle dağılımının akustik etkilerini nicel biçimde değerlendirmeye olanak tanır.

Sonuç olarak sap, kafasız yapıda "eksilmiş bir kütle" gibi davranmaz; yeniden dağıtılmış ve işlevsel bir referans kütle niteliği kazanır. Bu yaklaşım, temel frekans kararlılığını koruyan ve tel titreşiminin sürekliliğini destekleyen yapısal bir çözüm olarak değerlendirilebilir.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

**Köprü Empedansı ve Harmonik Enerji Dağılımı**

Harmonik izleme[7] ve kısa-zamanlı Fourier dönüşümü (STFT) sonuçları (Şekil 10 ve Şekil 12), üst harmonik bileşenlerin görece hızlı biçimde sönümlendiğini; temel frekans ile ilk birkaç harmonik bileşenin ise zamana yayılan bir süreklilik sergilediğini ortaya koymaktadır. Bu gözlem, köprü empedansının[8] frekansa bağlı bir aktarım profili sunduğunu ve sistem içinde seçici bir enerji yönlendirme işlevi gördüğünü göstermektedir.

Köprü, tel ile gövde arasındaki başlıca empedans geçiş noktasıdır ve kafasız tasarım bağlamında bu rol daha belirgin hâle gelir. Üst sınır koşulunun sadeleşmesiyle birlikte enerji yönlendirmesi büyük ölçüde alt yapı ve köprü–tabla etkileşimi üzerinden gerçekleşir. Bu nedenle köprü empedansının karakteri, çalgının tınısal kimliği üzerinde belirleyici bir etki üretir.

Grafiklerde gözlenen dağılım, alt harmonik bileşenlerin gövdeye etkin biçimde aktarılırken üst harmoniklerin daha sınırlı bir süre boyunca korunması yönündedir. Bu durum, köprü empedansının düşük frekans aralığında daha geçirgen, yüksek frekans aralığında ise görece daha sönümleyici bir davranış sergilediğini göstermektedir. Böyle bir profil, kontrbasın bas ağırlıklı tını karakteriyle uyumlu bir enerji dağılımı üretir ve çalgının frekans merkezini alt bölgede tutar. Kafasız kontrbas tasarımında köprü empedansı, parlaklık vurgusu üretmekten çok ton merkezinin kararlılığını destekleyen bir araç olarak ele alınmalıdır. İncelenen kayıtlarda bu yaklaşımın tınıyı zayıflatmadığı, aksine kontrbas kimliğini daha belirgin kıldığı görülmektedir. Alt frekansların sürekliliği korunurken, üst harmoniklerin kontrol altında tutulması çalgının spektral dengesini sağlamlaştırmaktadır.

Bu bağlamda köprü empedansı, frekans seçici enerji aktarımı kavramı üzerinden değerlendirilebilir. Harmonik izleme sonuçları, temel frekans ve alt harmoniklerin zamana yayıldığını; üst harmoniklerin daha kısa sürede azaldığını göstermektedir. Bu tablo, köprünün düşük frekanslarda etkin bir aktarım sunduğunu, yüksek frekanslarda ise daha sınırlı bir iletim sağladığını düşündürmektedir.

Tasarım açısından köprü–gövde sisteminin 50–200 Hz aralığında yüksek aktarım verimliliği sunması, 1 kHz üzerindeki bantlarda ise kontrollü bir sönüm üretmesi hedeflenebilir. Aşırı hafif köprü çözümleri üst harmoniklerin belirginleşmesine yol açarak kafasız tasarımda ton merkezinin zayıflamasına neden olabilir. Bu nedenle köprü kütlesi ve kesit geometrisi, alt frekans sürekliliğini destekleyecek biçimde dengelenmelidir. Pratik bir hedef olarak köprü rezonanslarının temel frekansla doğrudan çakışmaması, ilk birkaç harmonik ile yakın bir etkileşim alanında konumlanması uygun görülmektedir. Bu hedeflerin doğrulanması için köprüye uygulanan darbe uyarımı ile lokal frekans yanıtının ölçülmesi önerilebilir. Buna ek olarak, aynı tel gerilimi koşullarında farklı köprü prototipleriyle elde edilen STFT sonuçlarının karşılaştırılması, empedans profilinin harmonik enerji dağılımı üzerindeki etkisini ortaya koyacaktır.

[7] Harmonikler, titreşen bir telin temel frekansa (F0) ek olarak bu frekansın tam katlarında spektral bileşenler üretmesiyle ortaya çıkar. Örneğin F0 = 50 Hz olan bir telde ikinci harmonik 100 Hz, üçüncü harmonik 150 Hz ve dördüncü harmonik 200 Hz olarak gözlemlenir. Bu bileşenlerin genlik dağılımı ve zamana bağlı davranışı, çalgının tınısal karakterinin belirlenmesinde merkezi bir rol üstlenir. Kontrbas bağlamında alt harmoniklerin göreli baskınlığı, çalgının koyu ve derin ses renginin ayırt edici bir özelliği olarak kabul edilir. Gerçekleştirilen analizde birinci ile altıncı harmoniklerin sönümlenme süreçleri izlenmiş; üst harmoniklerin daha kısa sürede zayıflaması, kontrbasın beklenen akustik profiliyle uyumlu ve yapısal açıdan olumlu bir bulgu olarak yorumlanmıştır.

[8] Akustik ve mekanik empedans, bir sistemin titreşim enerjisine karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Fiziksel açıdan empedans, uygulanan kuvvet ile ortaya çıkan hız veya yer değiştirme arasındaki ilişkiyi belirleyen bir büyüklüktür ve titreşim enerjisinin iletimi üzerinde doğrudan etkilidir. Enstrüman yapımı bağlamında teller görece düşük empedanslı elemanlar olarak davranırken, gövde yapısı daha yüksek empedans özellikleri sergiler. Köprü ve alt ankraj gibi ara bileşenler, tel ile gövde arasındaki empedans farkını dönüştüren ve enerji aktarımını düzenleyen kritik yapısal unsurlar olarak işlev görür. Bu bölgelerdeki empedans dengesizliği, titreşim enerjisinin etkin biçimde iletilememesine yol açarak ya erken sönümlenmeye ya da belirli frekanslarda enerji birikimine neden olabilir. Kafasız kontrbas tasarımında sap ve kafa kütlesinin devre dışı kalması, empedans ilişkilerini daha doğrudan ve gözlemlenebilir kılar; bu durum, köprü–ankraj hattındaki dengenin akustik sonuçlarını belirgin hâle getirir.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Sonuç olarak köprü, kafasız kontrbas tasarımında parlaklık üretmeye odaklanan bir bileşen gibi ele alınmaz; ton merkezini düzenleyen ve alt frekans sürekliliğini güvence altına alan bir yapı elemanı olarak konumlanır. Bu yaklaşım, yapısal parametreler ile akustik sonuçlar arasındaki ilişkinin daha öngörülebilir ve ölçülebilir biçimde kurulmasına katkı sağlar.

**Parametrelerin Birlikte Etkisi: Yapısal Koherens**

Tüm grafikler birlikte değerlendirildiğinde, kafasız kontrbas tasarımında elde edilen akustik çıktının tekil bir tasarım değişkenine indirgenemeyeceği açık biçimde görülmektedir. Ankraj rijitliği, sap boyunca sağlanan kütle sürekliliği ve köprünün frekans seçici empedans profili, birbirini tamamlayan bir sistem davranışı üretmektedir. Bu üçlü yapı birlikte çalıştığında düşük frekans enerji içeriğinin korunabildiği (Şekil 9), *sustain* davranışının zamana yayıldığı (Şekil 10 ve Şekil 12) ve temel frekansın kararlı bir izlek sergilediği (Şekil 11) gözlenmektedir.

Bu sonuçlar, kafasız kontrbas tasarımının geleneksel yapının eksiltilmiş ya da sadeleştirilmiş bir türevi gibi ele alınamayacağını göstermektedir. Aksine, tasarım yaklaşımı sınır koşullarının yeniden tanımlandığı alternatif bir yapısal çözüm üretmektedir. Kafa kütlesinin ortadan kaldırılması, sistemde bir eksiklik yaratmaktan çok, enerji aktarım yollarının yeniden düzenlenmesini zorunlu kılan bir tasarım dönüşümü olarak okunmalıdır.

Teknik analizler, akustik başarının temel belirleyicisinin kafa kütlesinin birebir biçimde başka bir noktada çoğaltılması olmadığını ortaya koymaktadır. Belirleyici unsur, tel titreşim enerjisinin ankraj–sap–köprü hattı boyunca kesintisiz ve öngörülebilir bir biçimde yönlendirilmesidir. Ankraj bloğunun yeterli rijitlik sunması, sapın kütle ve rezonans özelliklerinin süreklilik göstermesi ve köprünün düşük frekansları önceliklendiren bir empedans profili sergilemesi durumunda, kafasız kontrbas ergonomik ve akustik açıdan tutarlı bir enstrüman karakteri kazanır. Bu çerçevede yapısal koherens, tek tek bileşenlerin performansından çok, bu bileşenlerin birlikte ürettiği sistem davranışı üzerinden tanımlanmalıdır. Parametreler arasında kurulan bu denge, akustik sonuçların önceden tahmin edilebilir olmasını sağlar ve tasarım sürecini deneysel sezgiden ölçülebilir hedeflere taşır. Aşağıda hedeflenen akustik davranışlar ile ilişkili yapısal parametreler özetlenmektedir:

- Güçlü düşük frekans üretimi: Birincil olarak ankraj rijitliği, destekleyici unsur olarak köprü empedansı.
- Temel frekans kararlılığı (F0): Birincil olarak sap kütle dağılımı, destekleyici unsur olarak ankraj rijitliği.
- Uzamış *sustain* davranışı: Ankraj ve köprü etkileşimi, destekleyici unsur olarak sap rijitliği.
- Belirgin kontrbas karakteri: Birincil olarak köprü empedansı, destekleyici unsur olarak sap rezonansları.

Bu bütüncül değerlendirme, kafasız kontrbas tasarımında yapısal koherensin akustik sonuçlarla doğrudan ilişkilendirilebildiğini ve tasarım parametrelerinin birlikte ayarlanmasının, enstrümanın tonal kimliğini belirleyen temel unsur olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak; tanımlanan hedef değerler, kafasız kontrbas tasarımını sezgisel bir deneme alanı olmaktan çıkararak ölçülebilir, doğrulanabilir ve tekrarlanabilir bir yapım çerçevesine taşımayı amaçlamaktadır. Önceki grafiklerin ortaya koyduğu bulgular, akustik başarının belirleyici unsurunun kafa kütlesinin biçimsel olarak başka bir noktada yeniden üretilmesi olmadığını açık biçimde göstermektedir. Belirleyici olan, tel–gövde–ankraj sisteminin sınır koşullarının bilinçli biçimde yeniden tanımlanması ve bu koşulların enerji aktarımını yönetecek biçimde yapılandırılmasıdır. Bu yaklaşım, kafasız kontrbas tasarımını geleneksel modelin bir varyasyonu olarak değil, kendi iç tutarlılığı olan alternatif bir yapısal paradigma olarak konumlandırmaktadır.

**Tartışma: Bulguların Literatürle Karşılaştırmalı Yorumu ve Özgünlüğü**

Bu çalışmada tek bir profesyonel icracı (Esra Kayıkçı) ile gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış röportaj ve aynı icraya ilişkin saha/atölye gözlemleri, akustik gövdeli kafasız kontrbas ve tekli lineer alt-akort sisteminin hedeflediği kazanımların uygulama düzeyindeki karşılığını açık biçimde ortaya koymaktadır (bkz. Şekil 14). Elde edilen veriler, tonal süreklilik, tını algısı, artikülasyon ve tepki davranışı, akort



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

kararlılığı ve kullanıcı güveni başlıklarında tutarlı bir yakınsama sergilemekte; bu yönleriyle tasarımın işlevsel başarısını desteklemektedir. Mikro-akort ergonomisi ve bakım süreçlerine ilişkin gözlemler ise tasarımın bir sonraki geliştirme evresi için açık ve üretken parametreler sunmaktadır.



**Şekil 14.** Kafasız Kontrbas Tasarımı Stüdyo Kaydı- Esra Kayıkçı

Ergonomi bağlamında, icracı prototipin denge ve ağırlık merkezi hissini kısa vadede alışılmış çalım pratiği içinde doğal karşılamıştır. Buna karşılık gözlem verileri, kafa/salyangoz ve burgu grubunun ortadan kalkmasıyla sol elin dengeyi sürdürme işlevinin hafiflediğini ve enstrümanın üst bedene daha kararlı biçimde yaslanabildiğini göstermektedir. Bu durum, algısal eşik ile dışarıdan izlenebilen mikro yük azalımı arasındaki fark üzerinden anlam kazanmaktadır. Uzun süreli icrada yük dağılımı ve postür ilişkisini ele alan ergonomi literatürüyle birlikte okunduğunda, kafasız tasarımın katkısı kısa süreli fark hissinden çok, süreklilik gösteren konfor kazanımı üzerinden değerlendirilebilir. Bu yaklaşım, ilerleyen çalışmalarda statik moment analizi, zamana bağlı yorgunluk ölçekleri ve video tabanlı postür incelemeleriyle nicel olarak desteklenebilir.

Akustik performans açısından, röportaj ve gözlem bulguları gövde formundaki değişime karşın bas frekansların dolgun kaldığını, orta ve üst bölgelerde hacim algısının korunduğunu ve farklı ortam koşullarında ton karakterinin istikrarlı biçimde sürdüğünü ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, yaylı çalgı akustiğinde rezonans davranışının tek bir geometrik özelliğe indirgenemeyeceğini vurgulayan kuramsal çerçevelerle uyum göstermektedir. Kütle ve rijitlik dağılımı, sönüm özellikleri ve enerji iletim yolları dengeli biçimde kurulduğunda, gövde hacmindeki değişim tonal sürekliliği zedelememektedir. Çalışmada izlenen tasarım yaklaşımı, tel uzunluğunun korunmasıyla birlikte gövde hacmi ve köprü konumunun yeniden düzenlenmesine dayanmakta ve bu yönüyle sağlam bir akustik mantık sunmaktadır. Elde edilen nitel bulgular, ilerleyen aşamalarda karşılaştırmalı impuls ve spektrum ölçümleriyle nicel düzeye taşınabilecek güçlü bir zemin oluşturmaktadır.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Malzeme ve rezonans bağlamında elde edilen veriler, metal alaşımlı alt-akort ve kuyruk sisteminin tını üzerinde olumsuz bir algı yaratmadığını, buna karşılık mekanik sağlamlık ve güven duygusunu belirgin biçimde artırdığını göstermektedir. Bu durum, malzeme-akustik ilişkisinin fiziksel parametrelerin ötesinde dokunsal ve algısal boyutlar üzerinden de ele alınabileceğini düşündürmektedir. Yapı elemanlarının rijitlik ve sönüm özellikleri, tepki ve enerji iletimini yönlendiren temel unsurlar arasında yer almaktadır. Metal ve ahşabın birlikte kullanıldığı alt-akort sistemi, enerji iletim zincirinde kontrollü bir referans noktası oluşturarak tasarımın bütüncül akustik dengesini güçlendirmektedir. Bu yaklaşım, kullanıcı deneyimini teknik tartışmayla aynı düzlemde ele alması bakımından yenilikçi bir katkı sunmaktadır.

Tasarımın literatür ve ürün ekosistemi içindeki konumu değerlendirildiğinde, kafasız kontrbas yaklaşımının belirgin biçimde ayrıştığı görülmektedir. NS Design ve Yamaha SLB serileri, kafasızlık ve kompaktlığı elektronik alma ve modelleme tabanlı çözümlerle ilişkilendirirken; Eminence RN ve Czech-Ease gibi tasarımlar akustik gövdeyi koruyarak taşınabilirliği sökülebilir sap ya da kısaltılmış gövde üzerinden ele almaktadır. Kolstein ve Hemage örnekleri sahne ve seyahat pratiklerine odaklanan, akustik üretimi elektronik destekle birleştiren çizgiler sunmaktadır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen kafasız kontrbas tasarımı, tam akustik gövde rezonansını merkezde tutarak kafasız akort mimarisini uygulamasıyla mevcut yaklaşımlar arasında özgün bir ara alan tanımlamaktadır. Ses kayıtlarına dayalı analizler, enstrümanın akustik karakterinin korunabildiğini ve bu özelliğin ölçülebilir verilerle desteklendiğini göstermektedir. Literatür ve piyasa taraması, kafasız mimarinin ağırlıklı olarak elektrik temelli EUB ekosisteminde konumlandığını, akustik gövdeli sistemlerde taşınabilirlik hedefinin çoğunlukla sökülebilirlik ya da kompaktlaştırma üzerinden ele alındığını ortaya koymaktadır (David Gage String Instruments, t.y.; Eminence, t.y.; NS Design, t.y.; Yamaha Corporation, t.y.). Bu bağlamda önerilen "tam akustik gövde + kafasız akort mimarisi" bileşimi, mevcut sınıflandırmalar içinde dikkat çekici bir tasarım yönelimi sunmaktadır. Çalışmanın özgün değeri, bu yönelimin mühendislik çözümü olarak kalmaması ve icracı deneyimi üzerinden sınanarak akustik, ergonomik ve algısal boyutlarıyla birlikte tartışmaya açılmasıdır.

## SONUÇ

Bu çalışma, kontrbasın geleneksel yapısında yer alan kafa (salyangoz) bölümünün zorunlu bir akustik önkoşul olup olmadığını sorgulayarak, akustik gövdeli kafasız kontrbas ve buna entegre tekli lineer alt-akort sistemi tasarımının uygulanabilirliğini çok boyutlu bir çerçevede ele almıştır. Tasarım-temelli araştırma yaklaşımı doğrultusunda geliştirilen prototip; kavramsal modelleme, mekanik tasarım, malzeme seçimi, icracı odaklı nitel değerlendirmeler ve frekans–zaman alanı analizleriyle birlikte değerlendirilmiştir.

Yaklaşık 200 saniyelik performans kaydı üzerinden gerçekleştirilen Welch tabanlı uzun dönem spektrum analizi, STFT temelli zaman–frekans çözümlemeleri, temel frekans (F0) izleme ve olay-temelli *sustain* ölçümleri; kafasız kontrbas tasarımında düşük frekans enerji sürekliliğinin korunduğunu, temel frekansın zaman boyunca kararlı seyrettiğini ve *sustain* davranışının kontrbas karakteriyle tutarlı biçimde sürdüğünü göstermiştir. Bu bulgular, akustik başarının kafa kütlesinin varlığına indirgenemeyeceğini; tel titreşim enerjisinin ankraj–sap–köprü hattı boyunca kurulan yapısal düzenin belirleyici rol oynadığını ortaya koymaktadır.

İcracıyla gerçekleştirilen röportaj ve saha gözlemleri, tasarımın akort stabilitesi, tepki süresi, tını algısı ve uzun süreli çalım konforu bakımından güven veren bir kullanım sunduğunu göstermiştir. Kafasız mimarinin ergonomik etkisi, ani ve dramatik bir farktan çok, ağırlık merkezi yönetimi ve mikro-yük dağılımı düzeyinde ortaya çıkan bir dönüşüm olarak değerlendirilmiştir. Bu durum, ergonomik kazanımların kısa süreli algıdan ziyade uzun vadeli icra pratikleri bağlamında ele alınması gerektiğine işaret etmektedir.

Sonuç olarak bu çalışma, kafasız kontrbas tasarımını deneysel bir sapma olmaktan çıkarıp ölçülebilir, doğrulanabilir ve tekrarlanabilir bir yapım yaklaşımı olarak konumlandırmaktadır. Elde edilen akustik, ergonomik ve mekanik veriler, akustik gövdeli yaylı çalgılarda kafasız mimarinin ilkesel olarak uygulanabilir olduğunu; uygun tasarım ve mühendislik kararlarıyla akustik tutarlılığın korunabildiğini



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

göstermektedir. Bu bulgular, kontrbas yapımında tarihsel olarak sabit kabul edilen kafa–burgu düzeninin yeniden düşünülmesine olanak tanımakta ve alternatif çözümlerin bilimsel yöntemlerle geliştirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda çalışma, geleneksel lutiye bilgisini çağdaş akustik ve yapısal analiz yöntemleriyle yeniden yorumlayan bir tasarım yaklaşımı önermektedir. Kafasız kontrbas prototipi üzerinden elde edilen sonuçlar; ergonomi, taşınabilirlik ve akustik sürekliliğin tek bir tasarım probleminde birlikte ele alınabileceğini göstermekte, yapısal koherens, ankraj rijitliği ve titreşim iletim hattı gibi parametrelerin çalgı karakterini belirlemedeki rolünü görünür kılmaktadır. Böylelikle çalışma, akustik yaylı çalgı tasarımında biçimsel dönüşümün bilimsel temellerle tartışılabileceğini ortaya koyan ve ileri araştırmalar için kuramsal bir zemin oluşturan özgün bir katkı sunmaktadır.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

**KAYNAKÇA**


Ashby, M. F., & Jones, D. R. H. (2012). *Engineering materials 2: An introduction to microstructures and processing* (4th ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.

Arbel, L., & Gautier, F. (2022). LeMo: An assembly kit for musical acoustics education. *Journal of New Music Research, 51*(2–3), 106–120.

Aytaç, M. (2023). *Kemanın üst kapak kalınlığının köprü hareketliliği ve ses yayılımına olan etkisinin araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Ankara Müzik ve Güzel Sanatlar Üniversitesi.

Beament, J. (1997). *The violin explained: Components, mechanism and sound.* Oxford: Oxford University Press.

Bissinger, G. (2008). Structural acoustics of good and bad violins. *The Journal of the Acoustical Society of America, 124*(3), 1764–1773. https://doi.org/10.1121/1.2956478

Bucur, V. (2019). *Handbook of materials for string musical instruments.* Cham: Springer. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-19175-7

Brezas, S., Katsipis, M., Kaleris, K., Papadaki, H., Katerelos, D. T. G., Papadogiannis, N. A., Bakarezos, M., Dimitriou, V., & Kaselouris, E. (2024). Review of Manufacturing Processes and Vibro-Acoustic Assessments of Composite and Alternative Materials for Musical Instruments. *Applied Sciences*, *14*(6), 2293. https://doi.org/10.3390/app14062293

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2020). *Materials science and engineering: An introduction* (10th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.

Curtin, J. (2006). *Subject to change: Innovation among violinmakers.* Joseph Curtin Studios. https://josephcurtinstudios.com/wp-content/uploads/2017/06/innovation_strings.pdf

Curtin, J., Rossing, T.D. (2010). Violin. In: Rossing, T. (eds) The Science of String Instruments. Springer, (pp. 217–241). New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7110-4_13

David Gage String Instruments. (t.y.). *Czech-Ease™ road bass.* Erişim tarihi 5 Ocak 2026.

Değirmenli, E. (2019). Telli Çalgılardan Ud'un Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Modal Analizi: Vibro-Akustik Modelin Oluşturulmasında Deneysel Verilerin Kullanılması / Modal Analysis Of A Stringed Instrument, Oud, By Using Finite Element Method: Using Experimental Data in The Development Of Vibro-Acoustic Model.

Değirmenli, E. (2019a, October 17–18). Telli çalgılarda titreşim modlarının ses oluşumu üzerindeki etkileri [Konferans bildirisi]. *13. Ulusal Akustik Kongresi ve Sergisi,* Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.

Değirmenli, E. (2023). Titreşim ve ses yayınım analizleri kullanılarak telli çalgılardaki tınısal niteliklerin incelenmesi: Ud örneği. *idil, 12*(104), 525–534. https://doi.org/10.7816/idil-12-104-08

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher, 32*(1), 5–8. https://doi.org/10.3102/0013189X032001005

Dilworth, J. (2012). The violin and bow: Origins and development. In R. Stowell (Ed.), *The Cambridge companion to the violin* (ss. 1–15). Oxford: Oxford University Press.

Dökmeci, S. C., & Tanış, T. O. (2023). Kontrabasın Gelişim Sürecindeki Değişimlerin İcra Standartlarına Etkileri. Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 25(1), 303-328. https://doi.org/10.26468/trakyasobed.1203158

Kallio, H., Pietilä, A.-M., Johnson, M., & Kangasniemi, M. (2016). Systematic methodological review: Developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. *Journal of Advanced Nursing, 72*(12), 2954–2965. https://doi.org/10.1111/jan.13031

Kelly, V. (2014). Metaphors of resonance for visual communication design. *Visual Communication, 13*(2), 211–230. https://doi.org/10.1177/1470357213516909

Marshall, K. D. (1985). Modal analysis of a violin. *The Journal of the Acoustical Society of America, 77*(2), 695–709. https://doi.org/10.1121/1.392338

NS Design. (t.y.). *CR-T electric upright bass.* Erişim tarihi 31 Ekim 2025, https://thinkns.com/instrument/ns-design-electric-upright-bass/ns-design-electric-upright-bass-crt/

Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research & evaluation methods* (3th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Rotter, G., Noeres, K., Fernholz, I., Willich, S. N., Schmidt, A., & Berghöfer, A. (2020). Musicians' musculoskeletal disorders: A systematic review. *International Archives of Occupational and Environmental Health, 93*(6), 605–621. https://doi.org/10.1007/s00420-019-01467-8

Traeger, C. (2009). *Adjusting the double bass: Setup and repair.* San Jose, CA: Henry Strobel




This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Publications.
Turan, Ö. (2022). Çalgı yapımında çevre dostu biyokompozit malzemelerin kullanımı. In Ç. Adar & F. Yıldız (Eds.), *12. Uluslararası Hisarlı Ahmet Sempozyumu Bildiri Kitabı* (ss. 410–421). Ankara: İzge Basın Yayın.
Turan, Ö. (2025). *Enstrüman yapımında yenilikçi yaklaşımlar: Post-zanaatkârlık ve hesaplamalı lutiyelik*. Ankara: Bidge Yayınları.
Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development, 53*(4), 5–23. https://doi.org/10.1007/BF02504682
Wegst, U. G. K. (2006). Wood for sound. *American Journal of Botany, 93*(10), 1439–1448. https://doi.org/10.3732/ajb.93.10.1439
Welch, P. D. (1967). *The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms*. IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics, 15(2), 70–73. https://doi.org/10.1109/TAU.1967.1161901
Woodhouse, J. (2014). The acoustics of the violin. *Reports on Progress in Physics, 77*(11), 115901. https://doi.org/10.1088/0034-4885/77/11/115901
Yamaha Corporation. (t.y.). *SLB300 / SLB300PRO silent bass.* Erişim tarihi 5 Ocak 2026, https://europe.yamaha.com/



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License